สารบัญ

			หน้า
บทที่ 1	**บทนำ**		**1-1**
	1.1	หลักการและเหตุผล	1-1
	1.2	วัตถุประสงค์	1-5
	1.3	โครงสร้างของรายงาน	1-5
บทที่ 2	**การสำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านวิศวกรรม**		**2-1**
	2.1	การสำรวจแนวเส้นทางโครงการและจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ	2-1
		2.1.1 สำรวจและจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map)	2-1
		2.1.2 จัดวางโครงข่ายหมุดหลักฐานควบคุมในแนวราบและแนวดิ่ง (Horizontal & Vertical Control)	2-4
	2.2	การจัดทำแบบแปลนและข้อมูลสำหรับงานจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินเบื้องต้นของโครงการ	2-11
	2.3	การเจาะสำรวจชั้นดิน	2-12
บทที่ 3	**การออกแบบรายละเอียด (Detailed Design) และการจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา**		**3-1**
	3.1	การจัดทำหลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบ	3-1
	3.2	งานออกแบบรายละเอียดแนวเส้นทางรถไฟฟ้า (Track Alignment Design)	3-2
		3.2.1 แนวเส้นทาง	3-2
		3.2.2 ตำแหน่งที่ตั้งสถานี	3-4
		3.2.3 แนวเส้นทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง	3-5
	3.3	งานออกแบบรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโครงสร้างทางวิ่ง และโครงสร้างอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	3-5
		3.3.1 รูปแบบทางด้านสถาปัตยกรรม	3-5
		3.3.2 รูปแบบด้านวิศวกรรมของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าช่วงทั่วไป	3-6
		3.3.3 รูปตัดและมิติของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้ารูปแบบพิเศษ	3-9
		3.3.4 งานฐานรากของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า	3-18
	3.4	งานออกแบบรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมของสถานีและโครงสร้างอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการเดินรถไฟฟ้าและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ภายในสถานี	3-18
		3.4.1 งานสถาปัตยกรรม	3-18
		3.4.2 งานโครงสร้าง	3-59

สารบัญ

			หน้า
	3.4.3	การป้องกันการรบกวนทางสายตาของสถานีและทางวิ่งรถไฟฟ้า	3-70
	3.4.4	การคำนวณหาความกว้างของชานชาลาและพื้นที่สัญจร	3-72
	3.4.5	การวิเคราะห์การอพยพ	3-78
	3.4.6	งานออกแบบภูมิทัศน์	3-81
	3.4.7	การตกแต่งภายในสถานี	3-86
	3.4.8	งานป้าย	3-87
	3.4.9	สิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่คนพิการหรือทุพพลภาพและคนชรา	3-89
3.5		การออกแบบรายละเอียดและจัดทำแผนการรื้อย้ายสาธารณูปโภค	3-92
	3.5.1	ระบบสาธารณูปโภคที่มีอยู่ในปัจจุบัน	3-92
	3.5.2	ระบบสาธารณูปโภคที่มีอยู่ในปัจจุบันที่ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้างของโครงการ	3-95
	3.5.3	แนวทางการออกแบบรื้อย้าย	3-100
	3.5.4	วิธีการรื้อย้ายสาธารณูปโภค	3-100
	3.5.5	แผนการรื้อย้ายสาธารณูปโภค	3-103
3.6		งานออกแบบรายละเอียดศูนย์อำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อการเดินทาง	3-104
	3.6.1	ทางเดินเชื่อมสถานี	3-104
	3.6.2	อาคารจอดและจร (Park & Ride)	3-108
	3.6.3	สถานีการเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะอื่นๆ	3-132
3.7		การออกแบบรายละเอียดการปรับปรุงถนนและทางแยก	3-136
	3.7.1	การปรับปรุงถนน	3-136
	3.7.2	การปรับปรุงสะพานข้ามคลองบางเขน	3-136
	3.7.3	การปรับปรุงทางแยก	3-138
	3.7.4	การออกแบบถนนสายใหม่	3-141
3.8		งานออกแบบรายละเอียดระบบไฟฟ้าและเครื่องกล	3-175
	3.8.1	ขอบเขตการออกแบบ	3-175
	3.8.2	ข้อมูลอ้างอิงสำหรับการออกแบบ	3-175
	3.8.3	การออกแบบรายละเอียด	3-175
	3.8.4	ระบบไฟฟ้ากำลัง	3-176
	3.8.5	ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	3-177
	3.8.6	ระบบประปาและสุขาภิบาล	3-178

สารบัญ

			หน้า
	3.8.7	ระบบดับเพลิงและแจ้งเหตุเพลิงไหม้	3-178
	3.8.8	ระบบลิฟท์และบันไดเลื่อน	3-179
	3.8.9	บทสรุปการออกแบบระบบประกอบอาคาร	3-179
3.9	งานศึกษา เสนอแนะ และจัดทำรายงานวิธีการก่อสร้าง/การผลิตและติดตั้ง		3-179
	3.9.1	โครงสร้างทางวิ่งยกระดับ	3-179
	3.9.2	สถานีและทางเชื่อมต่อ	3-180
	3.9.3	ศูนย์ซ่อมบำรุง	3-181
3.10	จัดทำแผนและขั้นตอนการก่อสร้าง		3-182
	3.10.1	แผนการก่อสร้าง	3-182
	3.10.2	ขั้นตอนการก่อสร้าง	3-182
3.11	งานประมาณราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียด		3-208
3.12	การจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา		3-208
	3.12.1	ข้อพิจารณา	3-208
	3.12.2	การจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา	3-209
	3.12.3	ผลที่ได้รับ	3-216
บทที่ 4	**การออกแบบระบบราง**		**4-1**
4.1	ทั่วไป		4-1
4.2	มาตรฐานและข้อกำหนด		4-2
	4.2.1	ความต้องการทางด้านการเดินรถ	4-2
	4.2.2	มาตรฐานที่อ้างอิงสำหรับการออกแบบ	4-5
	4.2.3	ระยะและขนาดรถไฟ	4-6
	4.2.4	การออกแบบทางกายภาพ	4-8
	4.2.5	เกณฑ์การออกแบบองค์ประกอบระบบราง	4-8
	4.2.6	เกณฑ์การออกแบบโครงสร้างรองรับราง	4-9
4.3	องค์ประกอบปฐมภูมิของระบบราง		4-9
	4.3.1	ราง	4-9
	4.3.2	เครื่องยึดเหนี่ยวราง	4-10
	4.3.3	รางชนิดพิเศษต่างๆ	4-12
	4.3.4	รางจ่ายไฟ	4-14
4.4	อายุการใช้งานขององค์ประกอบต่างๆ		4-16

สารบัญ

			หน้า
บทที่ 1	**บทนำ**		**1-1**
	1.1	หลักการและเหตุผล	1-1
	1.2	วัตถุประสงค์	1-5
	1.3	โครงสร้างของรายงาน	1-5
บทที่ 2	**การสำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านวิศวกรรม**		**2-1**
	2.1	การสำรวจแนวเส้นทางโครงการและจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ	2-1
		2.1.1 สำรวจและจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map)	2-1
		2.1.2 จัดวางโครงข่ายหมุดหลักฐานควบคุมในแนวราบและแนวดิ่ง (Horizontal & Vertical Control)	2-4
	2.2	การจัดทำแบบแปลนและข้อมูลสำหรับงานจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินเบื้องต้นของโครงการ	2-11
	2.3	การเจาะสำรวจชั้นดิน	2-12
บทที่ 3	**การออกแบบรายละเอียด (Detailed Design) และการจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา**		**3-1**
	3.1	การจัดทำหลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบ	3-1
	3.2	งานออกแบบรายละเอียดแนวเส้นทางรถไฟฟ้า (Track Alignment Design)	3-2
		3.2.1 แนวเส้นทาง	3-2
		3.2.2 ตำแหน่งที่ตั้งสถานี	3-4
		3.2.3 แนวเส้นทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง	3-5
	3.3	งานออกแบบรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโครงสร้างทางวิ่ง และโครงสร้างอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	3-5
		3.3.1 รูปแบบทางด้านสถาปัตยกรรม	3-5
		3.3.2 รูปแบบด้านวิศวกรรมของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าช่วงทั่วไป	3-6
		3.3.3 รูปตัดและมิติของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้ารูปแบบพิเศษ	3-9
		3.3.4 งานฐานรากของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า	3-18
	3.4	งานออกแบบรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมของสถานีและโครงสร้างอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการเดินรถไฟฟ้าและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ภายในสถานี	3-18
		3.4.1 งานสถาปัตยกรรม	3-18
		3.4.2 งานโครงสร้าง	3-59

สารบัญ

			หน้า
	3.4.3	การป้องกันการรบกวนทางสายตาของสถานีและทางวิ่งรถไฟฟ้า	3-70
	3.4.4	การคำนวณหาความกว้างของชานชาลาและพื้นที่สัญจร	3-72
	3.4.5	การวิเคราะห์การอพยพ	3-78
	3.4.6	งานออกแบบภูมิทัศน์	3-81
	3.4.7	การตกแต่งภายในสถานี	3-86
	3.4.8	งานป้าย	3-87
	3.4.9	สิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่คนพิการหรือทุพพลภาพและคนชรา	3-89
3.5		การออกแบบรายละเอียดและจัดทำแผนการรื้อย้ายสาธารณูปโภค	3-92
	3.5.1	ระบบสาธารณูปโภคที่มีอยู่ในปัจจุบัน	3-92
	3.5.2	ระบบสาธารณูปโภคที่มีอยู่ในปัจจุบันที่ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้างของโครงการ	3-95
	3.5.3	แนวทางการออกแบบรื้อย้าย	3-100
	3.5.4	วิธีการรื้อย้ายสาธารณูปโภค	3-100
	3.5.5	แผนการรื้อย้ายสาธารณูปโภค	3-103
3.6		งานออกแบบรายละเอียดศูนย์อำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อการเดินทาง	3-104
	3.6.1	ทางเดินเชื่อมสถานี	3-104
	3.6.2	อาคารจอดและจร (Park & Ride)	3-108
	3.6.3	สถานีการเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะอื่นๆ	3-132
3.7		การออกแบบรายละเอียดการปรับปรุงถนนและทางแยก	3-136
	3.7.1	การปรับปรุงถนน	3-136
	3.7.2	การปรับปรุงสะพานข้ามคลองบางเขน	3-136
	3.7.3	การปรับปรุงทางแยก	3-138
	3.7.4	การออกแบบถนนสายใหม่	3-141
3.8		งานออกแบบรายละเอียดระบบไฟฟ้าและเครื่องกล	3-175
	3.8.1	ขอบเขตการออกแบบ	3-175
	3.8.2	ข้อมูลอ้างอิงสำหรับการออกแบบ	3-175
	3.8.3	การออกแบบรายละเอียด	3-175
	3.8.4	ระบบไฟฟ้ากำลัง	3-176
	3.8.5	ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	3-177
	3.8.6	ระบบประปาและสุขาภิบาล	3-178

สารบัญ

			หน้า
	3.8.7	ระบบดับเพลิงและแจ้งเหตุเพลิงไหม้	3-178
	3.8.8	ระบบลิฟท์และบันไดเลื่อน	3-179
	3.8.9	บทสรุปการออกแบบระบบประกอบอาคาร	3-179
3.9	งานศึกษา เสนอแนะ และจัดทำรายงานวิธีการก่อสร้าง/การผลิตและติดตั้ง		3-179
	3.9.1	โครงสร้างทางวิ่งยกระดับ	3-179
	3.9.2	สถานีและทางเชื่อมต่อ	3-180
	3.9.3	ศูนย์ซ่อมบำรุง	3-181
3.10	จัดทำแผนและขั้นตอนการก่อสร้าง		3-182
	3.10.1	แผนการก่อสร้าง	3-182
	3.10.2	ขั้นตอนการก่อสร้าง	3-182
3.11	งานประมาณราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียด		3-208
3.12	การจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา		3-208
	3.12.1	ข้อพิจารณา	3-208
	3.12.2	การจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา	3-209
	3.12.3	ผลที่ได้รับ	3-216
บทที่ 4	**การออกแบบระบบราง**		**4-1**
4.1	ทั่วไป		4-1
4.2	มาตรฐานและข้อกำหนด		4-2
	4.2.1	ความต้องการทางด้านการเดินรถ	4-2
	4.2.2	มาตรฐานที่อ้างอิงสำหรับการออกแบบ	4-5
	4.2.3	ระยะและขนาดรถไฟ	4-6
	4.2.4	การออกแบบทางกายภาพ	4-8
	4.2.5	เกณฑ์การออกแบบองค์ประกอบระบบราง	4-8
	4.2.6	เกณฑ์การออกแบบโครงสร้างรองรับราง	4-9
4.3	องค์ประกอบปฐมภูมิของระบบราง		4-9
	4.3.1	ราง	4-9
	4.3.2	เครื่องยึดเหนี่ยวราง	4-10
	4.3.3	รางชนิดพิเศษต่างๆ	4-12
	4.3.4	รางจ่ายไฟ	4-14
4.4	อายุการใช้งานขององค์ประกอบต่างๆ		4-16

สารบัญ

			หน้า
	4.4.1	การเชื่อมราง	4-16
	4.4.2	แป้นปะทะ	4-17
	4.4.3	รอยต่อขยายตัว	4-19
	4.4.4	ทางข้ามเสมอระดับ	4-19
4.5	โครงสร้างรองรับราง		4-20
	4.5.1	แท่นรองรับราง	4-20
	4.5.2	โครงสร้างรองรับรางในศูนย์ซ่อมบำรุง	4-27
4.6	แผนและวิธีการก่อสร้าง		4-28
	4.6.1	แผนการก่อสร้าง	4-28
	4.6.2	วิธีการก่อสร้าง	4-29
4.7	การประมาณราคาค่าก่อสร้างและจัดทำเอกสารประกวดราคา		4-33
	4.7.1	การประมาณราคา	4-33
	4.7.2	การจัดทำเอกสารประกวดราคา	4-35
บทที่ 5	**การออกแบบเบื้องต้นงานระบบรถไฟฟ้า**		**5-1**
5.1	ภาพรวมของระบบรถไฟฟ้า		5-2
	5.1.1	รูปแบบโดยรวมของระบบที่เหมาะสม	5-2
	5.1.2	สมรรถนะของระบบอาณัติสัญญาณ	5-4
	5.1.3	ขีดความสามารถของระบบจ่ายไฟฟ้า	5-4
	5.1.4	การบูรณาการระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ	5-4
	5.1.5	ความแน่นอนเพียงพอของการให้บริการ และความสามารถในการบำรุงรักษา	5-6
5.2	การปฏิบัติการเดินรถ		5-7
	5.2.1	การออกแบบระบบเพื่อให้สอดคล้องกับปฏิบัติการเดินรถ	5-7
	5.2.2	คุณภาพการให้บริการ	5-8
	5.2.3	รายละเอียดแผนการเดินรถ และจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องใช้	5-9
	5.2.4	การออกแบบเผื่อสำหรับการต่อขยายเส้นทางในอนาคต	5-23
	5.2.5	การบริหารจัดการการเดินรถ	5-23
	5.2.6	การเดินรถปกติ	5-24
	5.2.7	การเดินรถในลักษณะที่ลดระดับการให้บริการลง	5-27
	5.2.8	การปฏิบัติงานในช่วงเหตุการณ์ฉุกเฉิน	5-32

สารบัญ

			หน้า
	5.2.9	ศูนย์ควบคุมกลาง	5-34
	5.2.10	การซ่อมบำรุงรักษา	5-38
5.3	ระบบอาณัติสัญญาณ		5-42
	5.3.1	เทคโนโลยีระบบอาณัติสัญญาณที่เหมาะสม สำหรับระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่	5-42
	5.3.2	ข้อกำหนดการใช้งานของระบบอาณัติสัญญาณ	5-44
5.4	ระบบสื่อสาร		5-45
	5.4.1	ภาพรวมและข้อกำหนดการใช้งานของระบบสื่อสาร	5-45
	5.4.2	การประสานรวมระบบสื่อสารของระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ส่วนที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน (BTS) และส่วนต่อขยายช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ - ลำลูกกา	5-47
	5.4.3	ระบบโทรศัพท์	5-47
	5.4.4	ระบบวิทยุสื่อสาร	5-49
	5.4.5	ระบบเสียงประกาศ	5-50
	5.4.6	ระบบสายส่งข้อมูลหลัก	5-51
	5.4.7	ระบบโทรทัศน์วงจรปิด	5-53
	5.4.8	ระบบนาฬิกาหลัก	5-54
	5.4.9	ระบบไปรษณีย์อิเลคทรอนิคส์	5-56
	5.4.10	ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร	5-56
5.5	ระบบจ่ายไฟฟ้า		5-58
	5.5.1	ภาพรวมของระบบจ่ายไฟฟ้า	5-60
	5.5.2	สถานีไฟฟ้าย่อย	5-61
	5.5.3	ห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า	5-61
	5.5.4	ห้องระบบไฟฟ้าสำหรับระบบบริการอาคาร	5-61
	5.5.5	ระบบกำลังไฟฟ้าสำรอง	5-62
	5.5.6	ระบบรางจ่ายกระแสไฟฟ้า	5-62
	5.5.7	ระบบป้องกันฟ้าผ่า	5-63
	5.5.8	ระบบป้องกันการผุกร่อนเนื่องจากกระแสไฟฟ้ารั่วไหล	5-63
5.6	ระบบควบคุมและเก็บข้อมูล และระบบจัดการอาคารอัตโนมัติ		5-63
5.7	รถไฟฟ้า		5-65

สารบัญ

			หน้า
	5.7.1	ข้อกำหนดการใช้งานของรถไฟฟ้า	5-65
	5.7.2	ลักษณะทางกายภาพ ขนาด มิติ และสมรรถนะของรถไฟฟ้า	5-66
	5.7.3	อุปกรณ์ของระบบอาณัติสัญญาณที่จะติดตั้งบนรถไฟฟ้า	5-69
	5.7.4	สมรรถนะของการให้บริการ เสถียรภาพ และความสั่นสะเทือน	5-69
	5.7.5	เสียง	5-70
	5.7.6	ความปลอดภัยในด้านอัคคีภัย	5-70
	5.7.7	ความสอดคล้องด้านแม่เหล็กไฟฟ้า	5-71
	5.7.8	ประตูรถไฟฟ้า	5-72
	5.7.9	ทางเดินระหว่างตู้รถ	5-73
	5.7.10	สภาพภายในของรถไฟฟ้า	5-73
	5.7.11	ระบบรักษาความปลอดภัยในตัวรถไฟฟ้า	5-74
5.8	ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ		5-75
	5.8.1	ภาพรวมของระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ	5-75
	5.8.2	การออกแบบองค์ประกอบของระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ	5-77
	5.8.3	ข้อกำหนดด้านธุรกิจ	5-81
5.9	ระบบประตูกั้นแนวขอบชานชาลา		5-82
5.10	การประมาณราคาและจัดทำข้อกำหนดด้านเทคนิคระบบรถไฟฟ้า		5-84
	5.10.1	การประมาณราคาเบื้องต้นระบบรถไฟฟ้า	5-84
	5.10.2	การจัดทำข้อกำหนดด้านเทคนิคระบบรถไฟฟ้า	5-89
บทที่ 6	**การออกแบบศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot)**		**6-1**
6.1	การคัดเลือกพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง		6-1
	6.1.1	ความเป็นมา	6-1
	6.1.2	ข้อพิจารณาเปรียบเทียบด้านต่างๆ และการประเมินให้คะแนนโดยภาพรวม	6-5
	6.1.3	สรุปผลการเปรียบเทียบและการประเมินผลให้คะแนนโดยรวม	6-9
6.2	สมมุติฐานการใช้งานศูนย์ซ่อมบำรุง		6-9
	6.2.1	จำนวนรถไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับปฏิบัติการเดินรถ	6-13
	6.2.2	ขนาด และมิติของขบวนรถไฟฟ้า	6-13
	6.2.3	ความต้องการทางด้านการซ่อมบำรุง	6-15
6.3	กิจกรรมหลักของศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ		6-16

สารบัญ

			หน้า
	6.3.1	งานบริหาร และงานควบคุมการเดินรถ	6-17
	6.3.2	การจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า	6-18
	6.3.3	การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า	6-18
	6.3.4	การซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน	6-18
	6.3.5	การจัดเก็บอะไหล่ วัสดุ อุปกรณ์	6-19
6.4	การจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า		6-19
6.5	การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า		6-21
	6.5.1	แนวคิดและจำนวนรางซ่อมบำรุงที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า	6-22
	6.5.2	อุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกในการซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า	6-27
6.6	การซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน		6-42
	6.6.1	โรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน	6-43
	6.6.2	งานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน	6-45
	6.6.3	อุปกรณ์และเครื่องมือซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน	6-47
6.7	การจัดเก็บอะไหล่ วัสดุ อุปกรณ์		6-49
	6.7.1	การจัดเก็บภายในอาคาร	6-49
	6.7.2	การจัดเก็บภายนอกอาคาร	6-51
	6.7.3	การจัดเก็บวัสดุอันตราย	6-52
	6.7.4	โรงเก็บขยะ	6-52
6.8	ผังพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง และการเคลื่อนย้ายขบวนรถ		6-52
	6.8.1	ผังพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต	6-52
	6.8.2	การเคลื่อนย้ายขบวนรถ และพาหนะอื่นๆ ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง	6-54
6.9	การออกแบบสถาปัตย์		6-63
	6.9.1	ข้อคำนึงในการออกแบบ	6-63
	6.9.2	การกำหนดพื้นที่ใช้สอย	6-63
	6.9.3	แนวคิดการออกแบบ	6-64
6.10	การออกแบบวิศวกรรมโครงสร้าง		6-109
6.11	งานออกแบบรายละเอียดงานระบบประกอบอาคารสำหรับอาคารศูนย์ซ่อมบำรุง		6-112
	6.11.1	ขอบเขตการออกแบบ	6-112
	6.11.2	ข้อมูลอ้างอิงสำหรับการออกแบบ	6-113

สารบัญ

หน้า

6.11.3 การออกแบบรายละเอียด 6-113
6.11.4 รายละเอียดงานระบบประกอบอาคาร 6-114
6.12 ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง 6-119
6.13 การประมาณราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียด 6-122
6.13.1 ด้านวิศวกรรม 6-122

บทที่ 7 แผนดำเนินงานโครงการ 7-1
7.1 แผนดำเนินงานโครงการโดยรวม 7-1
7.2 การดำเนินงานโครงการโดยรวม และกิจกรรมหลัก 7-2
7.2.1 การจัดซื้อจัดจ้าง 7-2
7.2.2 การส่งมอบพื้นที่เพื่อการก่อสร้าง 7-3
7.2.3 งานรื้อย้ายสาธารณูปโภค 7-3
7.2.4 งานก่อสร้างโครงสร้างทางวิ่ง และสถานีรถไฟฟ้า 7-3
7.2.5 งานก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง 7-3
7.2.6 งานก่อสร้างศูนย์อำนวยความสะดวก 7-3
7.2.7 งานก่อสร้างและติดตั้งระบบราง 7-4
7.2.8 งานติดตั้งอุปกรณ์ซ่อมบำรุงในศูนย์ซ่อมบำรุง 7-4
7.2.9 งานติดตั้งและทดสอบระบบรถไฟฟ้า 7-4
7.2.10 กำหนดการจัดส่งรถไฟฟ้า 7-4
7.2.11 การทดสอบระบบโดยรวม และทดสอบการเดินรถ 7-5
7.2.12 การคัดเลือกและว่าจ้างผู้ให้บริการเดินรถ 7-5
7.2.13 การคัดเลือกและว่าจ้างที่ปรึกษาบริหาร และควบคุมการก่อสร้างติดตั้งโครงการ และที่ปรึกษาอื่นๆ 7-5
7.2.14 การจัดตั้งศูนย์ประมวลและจัดแบ่งรายได้ 7-5
7.3 กิจกรรมวิกฤติ และสายงานวิกฤติ 7-6
7.4 เป้าหมาย กำหนดเวลา ของกิจกรรมการก่อสร้างหลัก และข้อจำกัดต่างๆ 7-7

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก: หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบ
ภาคผนวก ก.1: หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบแนวเส้นทาง (Track

สารบัญ

หน้า

Alignment)
ภาคผนวก ก.2: หลักเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า
ภาคผนวก ก.3: หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบโครงสร้างสถานี และ Depot
ภาคผนวก ก.4: ขนาดพื้นที่ห้องและความสัมพันธ์ของประโยชน์ใช้สอย รวมทั้งวัสดุที่ใช้ของห้องต่างๆ ภายในสถานี
ภาคผนวก ก.5: หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบงานประกอบอาคาร
ภาคผนวก ก.6: หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบระบบราง (Track Work)
ภาคผนวก ข: มาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม
ภาคผนวก ค: แผนการจัดการสิ่งแวดล้อม
ภาคผนวก ง: บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

บทที่ 1

บทนำ

บทที่ 1 : บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

การพัฒนาระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลได้รับความสำคัญจากทุกรัฐบาล และได้ดำเนินงานมาอย่างต่อเนื่อง โดยได้มีการจัดทำแผนแม่บทฉบับแรกตั้งแต่ พ.ศ. 2537 ตามโครงการแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร (MTMP) ซึ่งเสนอให้พัฒนาโครงข่ายระยะทาง 135 กม. ภายในปี พ.ศ. 2538 - พ.ศ. 2554 และต่อมาได้มีการเสนอแนะระบบขนส่งมวลชนขนาดรองเพื่อเสริมการเข้าถึงของระบบหลักอีก 11 โครงการ ระยะทางรวม 206 กม.

ภายหลังจากปัญหาวิกฤติเศรษฐกิจ พ.ศ. 2540 ก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทั้งด้านฐานะทางการเงินของประเทศและรูปแบบการเดินทางของประชาชน สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) ได้จัดทำแผนแม่บทการขนส่งมวลชนระบบรางในกรุงเทพมหานครและพื้นที่ต่อเนื่อง (URMAP) ขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2543 เพื่อใช้เป็นแผนแม่บทหลักในการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพฯ โดยมีพื้นฐานจากโครงการในแผนแม่บทที่ผ่านมา เสนอแนะแนวคิดโครงข่ายแบบรัศมีและวงแหวนพร้อมกำหนดศูนย์กลางการคมนาคม 3 แห่งเป็นจุดเชื่อมต่อการเดินทาง ได้เสนอแนะโครงข่ายระบบขนส่งมวลชนระยะทางรวม 375 กม. แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 ช่วงของการปรับปรุงการพัฒนา พ.ศ. 2544 - พ.ศ. 2554 เสนอแนะเส้นทาง 141.9 กม.
ระยะที่ 2 ช่วงของการพัฒนาใหม่ที่ยั่งยืน พ.ศ. 2555 - พ.ศ. 2564 เสนอแนะเส้นทาง 158.2 กม.
ระยะที่ 3 เสนอแนะเพื่อการพัฒนาในระยะยาว หลัง พ.ศ. 2565 เสนอแนะเส้นทาง 75.3 กม.

โดยจัดแผนการลงทุนแบบค่อยเป็นค่อยไปตามพื้นฐานสภาวะเศรษฐกิจในขณะนั้น โดยกำหนดงบลงทุนเฉลี่ยปีละประมาณ 16,000 ล้านบาทในช่วง 10 ปีแรกและเพิ่มเป็นเฉลี่ยปีละ 21,000 ล้านบาทในช่วง 10 ปีถัดไป และ ในระยะเวลามากกว่า 20 ปี

อย่างไรก็ตามการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนทางรางเป็นไปอย่างล่าช้า ประกอบกับสถานะทางเศรษฐกิจของประเทศเริ่มมีสัญญาณดีขึ้น สนข. ในฐานะผู้รับผิดชอบหลักในการพัฒนาระบบขนส่งของประเทศได้จัดทำโครงการแปลงแผนแม่บทการขนส่งมวลชนระบบรางในกรุงเทพมหานครและพื้นที่ต่อเนื่องไปสู่การปฏิบัติ (BMT) โดยมุ่งเน้นการจัดทำแผนพัฒนาระยะเร่งด่วนโดยการคัดเลือกโครงการตามแผน URMAP ที่มีความจำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อประชาชนขึ้นมาจัดทำเป็นแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ ระยะที่ 1 เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติ โดยมีระยะเวลา 6 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-พ.ศ. 2552 แผนแม่บทฉบับนี้ยังคงยึดแนวคิดรูปแบบโครงข่ายแบบรัศมีและวงแหวนของแผน URMAP เป็นหลัก และทำการรวบรวมโครงการในแผนของหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรุงเทพมหานคร การรถไฟแห่งประเทศไทย และการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย เข้ามาเพื่อพิจารณาปรับลดแนวเส้นทางที่มีความซ้ำซ้อนและปรับแนวเส้นทางให้สอดคล้องกับการใช้ที่ดินโดยเน้นให้ครอบคลุมพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินหนาแน่นภายในวงแหวนรัชดาภิเษกและกำหนดแนวเส้นทางเชื่อมต่อไปยังแหล่งชุมชนสำคัญภายในเขตวงแหวนรอบนอกหรือรัศมีประมาณ 20 กม. จากศูนย์กลางของเมือง จนได้เป็นแผนแม่บทโครงข่ายระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ ระยะที่ 1 รวมทั้งหมด 7 เส้นทาง ระยะทางรวม 291 กม. ที่ถือเป็นแผนแม่บทที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายและใช้เป็นโครงข่ายหลักดำเนินงานปฏิบัติต่อมา

สำหรับการพัฒนารถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายนั้น คณะรัฐมนตรีมีมติเมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน 2549 เห็นชอบในหลักการแนวทางการพัฒนาระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ตามลำดับความสำคัญจำเป็นเร่งด่วนรวม 4 โครงการ 5 เส้นทาง ได้แก่

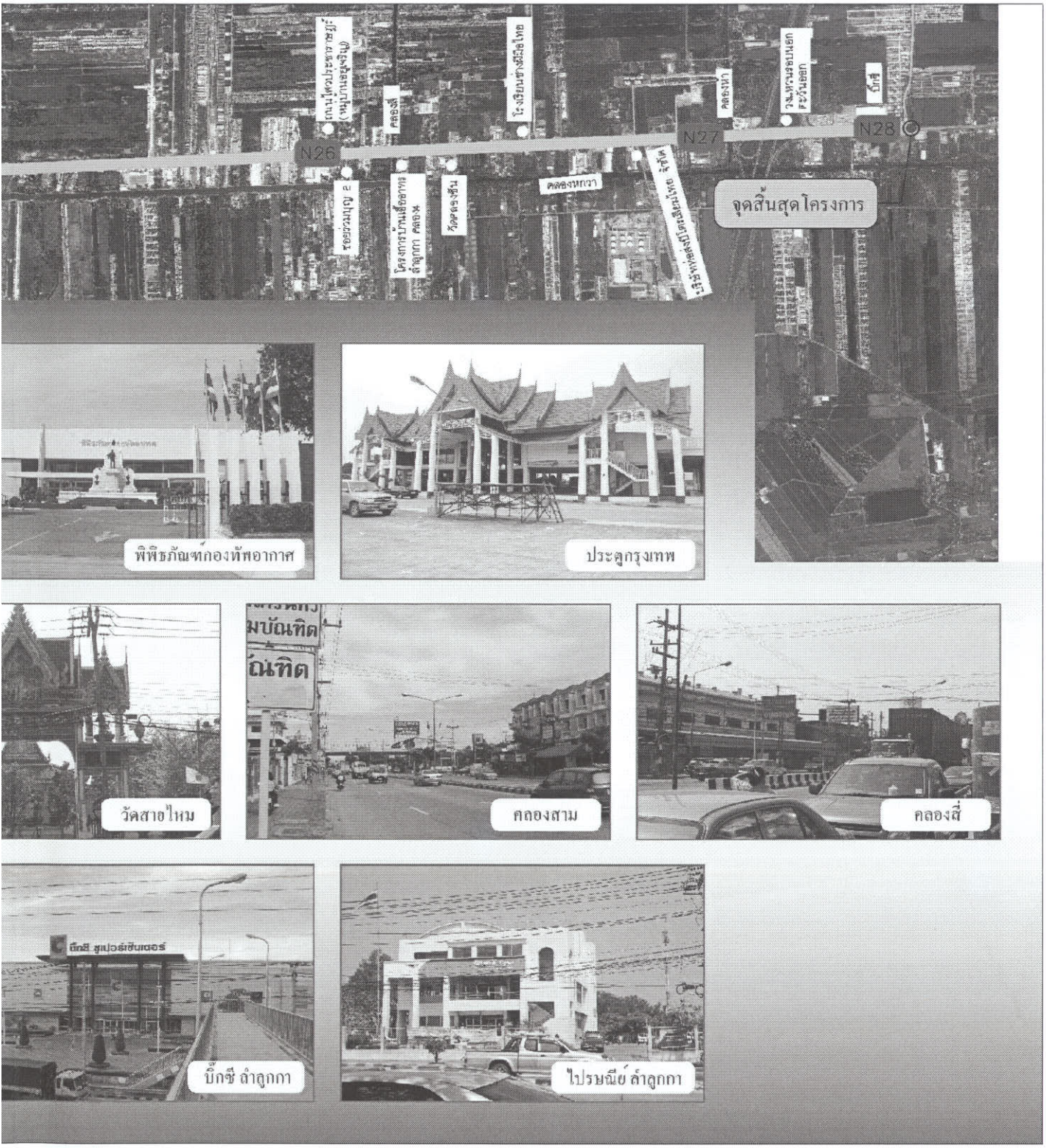
1. โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน (ช่วงหัวลำโพง-บางแค และช่วงบางซื่อ-ท่าพระ)
2. โครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วง (ช่วงบางใหญ่-บางซื่อ)
3. โครงการรถไฟฟ้าสายสีแดง (ช่วงบางซื่อ-รังสิต และช่วงบางซื่อ-ตลิ่งชัน)
4. โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว
    - สายสีเขียวเข้ม (ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่)
    - สายสีเขียวอ่อน (ช่วงอ่อนนุช-สมุทรปราการ)

ซึ่งในปัจจุบันนี้ โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวอ่อน ช่วงอ่อนนุช – สมุทรปราการ และสายสีเขียวช่วงหมอชิต – สะพานใหม่ ได้ดำเนินการออกแบบรายละเอียดแล้วเสร็จ และอยู่ในขั้นตอนของการขออนุมัติรายงานศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ได้มีความเห็นชอบจากคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เมื่อวันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2552 และอยู่ระหว่างการเตรียมงานเพื่อการก่อสร้าง

สำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา คลอง 4 เป็นการดำเนินงานตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2551 ตามข้อเสนอของคณะกรรมการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนทางรางและขนส่งมวลชน ครั้งที่ 1/2551 เมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2551 และมอบหมายให้กระทรวงคมนาคม โดยสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) ศึกษาและออกแบบรายละเอียดโครงการส่วนต่อขยายของสายสีเขียวเข้ม ช่วงสะพานใหม่ถึง ลำลูกกาคลองสี่ เพื่อต่อขยายการดำเนินโครงการจากช่วงหมอชิต- สะพานใหม่ ที่ สนข. ได้ดำเนินการศึกษาและออกแบบรายละเอียด และได้ส่งมอบให้การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทยรับไปดำเนินการก่อสร้างตามมติของคณะรัฐมนตรีในคราวเดียวกัน

ทั้งนี้ การดำเนินงานต่อขยายโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มในช่วงดังกล่าว เป็นการดำเนินงานที่สอดคล้องกับแผนแม่บทการขนส่งมวลชนระบบรางในเขตกรุงเทพมหานครและพื้นที่ต่อเนื่อง (พ.ศ. 2544) ที่ได้แนะนำให้มีการดำเนินงานส่วนต่อขยายไปถึงลำลูกกาที่เป็นหนึ่งในศูนย์ย่อยของกรุงเทพฯ และปริมณฑล มีโครงการพัฒนาและหมู่บ้านจัดสรรเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในบริเวณนี้ ซึ่งในปัจจุบันบริเวณพื้นที่ระหว่างสะพานใหม่ถึงลำลูกกาคลอง 5 (ภายใต้เขตถนนวงแหวนรอบนอกฝั่งตะวันออก) เป็นพื้นที่ที่มีการพัฒนาและเป็นแหล่งที่พักอาศัยของประชาชนแหล่งใหม่ในกรุงเทพฯ ที่มีความเจริญเติบโตสูงมาก ดังนั้น การดำเนินงานจะต้องคำนึงถึงการขยายตัวของเมืองและจะเป็นจุดเชื่อมต่อเมืองบริวาร ได้แก่ จังหวัดปทุมธานี จังหวัดนครนายกกับพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครได้เป็นอย่างดี

การดำเนินการศึกษาและออกแบบรายละเอียดในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการเดินทางของประชาชนเชื่อมโยงระหว่างกรุงเทพมหานครชั้นในและบริเวณชานเมือง ซึ่งจะยังประโยชน์ต่อการกำหนดทิศทางความเจริญเติบโตของเมือง การลดการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล ตลอดจนเป็นการลดการใช้พลังงานเพื่อการเดินทางของประชาชน ขณะเดียวกันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน



ารรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่ – ลำลูกกาคลอง 4

1.2 วัตถุประสงค์

การออกแบบรายละเอียดสำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกาคลองสี่ ซึ่งเป็นส่วนต่อขยายจากสายทางเดิม ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ จะทำให้สามารถดำเนินการก่อสร้างได้อย่างเป็นรูปธรรมเป็นขั้นตอนที่ปฏิบัติได้โดยเร็ว ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงวิธีการจัดการเดินรถให้สามารถเดินรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งคำนึงความสะดวกสบายในการเดินทางของผู้โดยสารและค่าโดยสารเป็นสำคัญ อีกทั้งจะต้องจัดให้สถานีปลายทางของระบบรถไฟฟ้าให้เป็นต้นทางการเดินทางของระบบ Feeder ที่รวมและกระจายผู้โดยสารจากย่านชุมชนปลายทางเข้าสู่ระบบขนส่งมวลชนระบบราง อันเป็นการส่งเสริมให้ระบบขนส่งมวลชนสามารถขนส่งผู้โดยสารจากประตูบ้านไปสู่ประตูที่ทำงาน (door to door) ได้ ซึ่งเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลในการเร่งรัดเพื่อเพิ่มบทบาท ขีดความสามารถ และประสิทธิภาพของการเดินทาง เพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรที่ติดขัดใน กทม. และพื้นที่ต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียพลังงาน และทำให้สภาวะแวดล้อมที่ดีขึ้น

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้น เพื่อนำเสนอผลการออกแบบรายละเอียดของโครงการ โดยนำเสนอแยกเป็น 7 บท ดังนี้

บทที่ 1 : **บทนำ** เป็นการนำเสนอหลักการและเหตุผลของโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ และโครงสร้างของรายงาน

บทที่ 2 : **การสำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านวิศวกรรม** เป็นการนำเสนอการสำรวจแนวเส้นทางและจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ การจัดทำแบบแปลนและข้อมูลสำหรับงานจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน เบื้องต้นของโครงการและการสำรวจด้านวิศวกรรมปฐพีเทคนิคและธรณีวิทยา

บทที่ 3 : **การออกแบบรายละเอียด (Detailed Design) และจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา** กล่าวถึง หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบ การออกแบบรายละเอียดแนวเส้นทางรถไฟฟ้า งานออกแบบรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับสถานี สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ภายในสถานี การออกแบบการรื้อย้ายสาธารณูปโภค สิ่งอำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อการเดินทาง การออกแบบปรับปรุงถนนและทางแยก งานออกแบบระบบไฟฟ้าและเครื่องกล งานศึกษาเสนอแนะและจัดทำรายงานวิธีการก่อสร้าง/การผลิตและติดตั้ง งานจัดทำแผนและขั้นตอนการก่อสร้าง (รวมถึงแผนการจัดการจราจรและสิ่งแวดล้อมระหว่างก่อสร้าง) การประมาณราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียดและการจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา

บทที่ 4 : **การออกแบบระบบราง** กล่าวถึง มาตรฐาน หลักเกณฑ์และข้อกำหนดในการออกแบบ การออกแบบรางและส่วนประกอบ การจัดทำแผนและขั้นตอนการก่อสร้าง การประมาณราคาและการจัดทำเอกสารประกวดราคา

บทที่ 5 : การออกแบบเบื้องต้นงานระบบรถไฟฟ้า กล่าวถึง การออกแบบเบื้องต้นและการจัดทำข้อกำหนดงานระบบรถไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ ระบบอาณัติสัญญาณ ระบบสื่อสาร ระบบจ่ายไฟฟ้า ระบบควบคุมและเก็บข้อมูล รถไฟฟ้า ระบบจัดเก็บตั๋วอัตโนมัติ ระบบประตูกั้นแนวขอบชานชาลา การประมาณราคาและจัดทำข้อกำหนดด้านเทคนิคระบบรถไฟฟ้า

บทที่ 6 : การออกแบบศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot) กล่าวถึงมาตรฐานและการออกแบบศูนย์ซ่อมบำรุง รวมถึงฟังชั่นการใช้งานการออกแบบด้านสถาปัตยกรรมและงานวิศวกรรมโครงสร้าง

บทที่ 7 : แผนดำเนินงานโครงการ กล่าวถึง แผนดำเนินงานโครงการโดยรวม การดำเนินงานโครงการโดยรวม และกิจกรรมหลัก กิจกรรมวิกฤตและสายงานวิกฤต เป้าหมายกำหนดเวลาของกิจกรรมการก่อสร้างหลัก และข้อจำกัดต่างๆ

ภาคผนวก โดยนำเสนอข้อมูลเกี่ยวข้องกับรายงานการออกแบบรายละเอียด

บทที่ 2

การสำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านวิศวกรรม

บทที่ 2: การสำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านวิศวกรรม

2.1 การสำรวจ แนวเส้นทางโครงการและจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ

2.1.1 สำรวจและจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map)

1) งานสำรวจจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

ที่ปรึกษาได้จัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Rectified Aerial Photo) โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียด (Resolution) ของจุดภาพ 0.61 เมตร นำมาปรับแก้ทั้งมาตราส่วนและความเอียงขณะที่บินถ่าย เพื่อนำมาขยายเป็นมาตราส่วน 1:1,000 ใช้เป็นฉากหลังของแบบต่าง ๆ เช่น แบบสำรวจ แบบแสดงภาพตัดของเส้นทาง แบบแสดงระบบระบายน้ำและสาธารณูปโภคต่าง ๆ ตลอดจนแบบแปลนอื่น ๆ แบบแสดงแนวเขตทาง แบบ Plan & Profile และแบบแสดงสาธารณูปโภค เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีประโยชน์หลายอย่างกับโครงการ ได้แก่

(1) นำมาซ้อนทับกับข้อมูลที่เก็บจากสนามจะช่วยให้ผู้ใช้เกิดความเชื่อมั่นสูงขึ้น

(2) ช่วยในการปรับแก้แผนที่ระวางโฉนดที่ดิน

(3) ใช้ในกรณีเกิดข้อพิพาท กรณีโครงการไปปิดทางเข้า-ออกของประชาชน

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

- จัดหารูปถ่ายดาวเทียม (ภาพสี) ปีพ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นปีที่บินถ่ายล่าสุด ความละเอียด 0.61 ม. (เทียบเท่ามาตราส่วน 1:5,000) ซึ่งเหมาะสมกว่าเมื่อเทียบกับรูปถ่ายทางอากาศ (ภาพขาว-ดำ) มาตราส่วน 1:6,000 ที่บินถ่ายล่าสุดปี พ.ศ. 2538 จากกรมแผนที่ทหาร
- กำหนดจุดบังคับควบคุมรูปถ่ายทางอากาศ (Photo Control) โดยจะต้องหมายตำแหน่งของจุดพิกัดที่กำหนดบนรูปถ่ายให้ตรงกับตำแหน่งในภูมิประเทศจริง แล้วทำการหาค่าพิกัดที่แท้จริงของจุดเหล่านี้ในสนาม ที่ปรึกษาจะใช้การสำรวจด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS โยงยึดค่าพิกัดฉากจากหมุดควบคุมทางราบหลัก หรือเดินวงรอบ (Traverse) โยงยึดออกจากหมุดควบคุมทางราบ (ในข้อ 2.1.2 การจัดวางโครงข่ายหมุดหลักฐานควบคุมฯ) คู่ที่อยู่ใกล้ที่สุด
- ขยายจุดบังคับรูปถ่ายดาวเทียม โดยวิธี Aerial Triangulation ซึ่งสามารถเพิ่มจุดบังคับรูปถ่ายดาวเทียมให้มีจำนวนเพียงพอต่อการใช้งาน

- ทำการปรับแก้ภาพถ่ายดาวเทียม ทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PCI Geometica Version 8.2.3
- ต่อภาพที่ปรับแก้แล้วเข้าด้วยกันทั้งโครงการ แล้วจัดแบ่งเป็นระวางภาพแผนที่พร้อมจัดทำสารบัญเพื่อให้ง่ายต่อการจัดเก็บข้อมูลและการนำไปใช้งาน
- สำรวจข้อมูลรายชื่อและจำแนกรายละเอียดต่าง ๆ ที่ปรากฏบนแผนที่ เช่น ความสูงอาคาร ชื่อถนน ชื่อคลอง วัด โรงเรียน เป็นต้น ซึ่งงานในส่วนนี้จะทำขนานกันไปหลังจากจัดหาภาพถ่ายได้แล้ว รวมถึงงานจัดเก็บรายละเอียดเพิ่มเติมหรือแก้ไขในส่วนที่ภาพถ่ายไม่เป็นปัจจุบัน ในหัวข้อถัดไป

แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจะมีความถูกต้อง ทั้งตำแหน่งและทิศทาง อยู่ในรูปแบบ Digital File ง่ายแก่การนำไปใช้ในงานออกแบบรายละเอียดต่อไป

2) งานสำรวจสภาพภูมิประเทศและระบบสาธารณูปโภค

เนื่องจากแผนที่ภาพถ่ายทางดาวเทียมยังมีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น ความไม่เป็นปัจจุบัน ความถูกต้องน้อยกว่างานสำรวจภาคพื้นดิน และสาธารณูปโภคส่วนใหญ่ไม่สามารถมองเห็นจากแผนที่ภาพถ่าย เป็นต้น ดังนั้นในการจัดทำแผนที่แสดงสภาพภูมิประเทศ และสาธารณูปโภค รวมถึงงานจัดทำผังเฉพาะ (Site Plan) บริเวณที่ต้องการความละเอียด ถูกต้องสูง หรือรายละเอียดบริเวณที่อยู่ใกล้ชิดเขตทางยังคงต้องใช้วิธีเก็บรายละเอียดด้วยการสำรวจภาคพื้นดิน

ที่ปรึกษาได้สำรวจโดยใช้กล้องวัดมุมและเครื่องวัดระยะทาง หรือกล้อง Total Station วัดมุมราบ มุมดิ่ง ระยะทาง ความสูงกล้องและเป้า โยงยึดออกจากหมุดควบคุมทางราบไปยังรายละเอียดที่ต้องการเก็บ เมื่อนำมาประมวล ผลก็จะได้ทั้งตำแหน่งและระดับในคราวเดียวกัน

รายละเอียดต่างที่ต้องใช้งานสำรวจภาคพื้นดินเก็บได้แก่

- งานสำรวจภูมิประเทศตามแนวเขตพื้นที่ของโครงการ
- อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ภายในเขตทาง
- ระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ
- บริเวณจุดตัดที่สำคัญ ได้แก่ ถนน สะพาน ทางน้ำ เป็นต้น
- รายละเอียดบริเวณที่อยู่ใกล้ชิดเขตทาง
- บริเวณสถานีรถไฟฟ้าแต่ละสถานี เพื่อยืนยันและตรวจสอบองค์ประกอบและสภาพแวดล้อมของที่ตั้ง
- ศูนย์ซ่อมบำรุง
- อื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับงานออกแบบ

ที่ปรึกษาได้นำข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ทั้งหมด ที่ได้จากการสำรวจภาคพื้นดินนี้ ไปซ้อนทับลงบนแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ ก็จะได้แผนที่แสดงสภาพภูมิประเทศของโครงการที่สมบูรณ์อยู่ในรูปแบบ AutoCAD File ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกเปิดเฉพาะชั้นข้อมูลที่ต้องการได้

3) งานสำรวจวางแนวศูนย์กลางทางรถไฟฟ้า

หลังจากได้แนวเส้นทางรถไฟที่ผ่านการเห็นชอบแล้ว ที่ปรึกษาได้ส่งชุดสำรวจออกไปปักหมุดแนวศูนย์กลางทางรถไฟฟ้า ทุกระยะประมาณ 25 เมตร โดยโยงยึดค่าพิกัดฉากออกจากหมุดควบคุมทางราบที่วางไว้ เพื่อเป็นการตรวจสอบแนวเส้นทางในพื้นที่จริงอีกครั้ง รวมทั้งใช้เป็นหมุดเพื่อจัดทำรูปตัดตามยาวและตามขวางต่อไป

4) งานสำรวจจัดทำรูปตัดตามยาวและตามขวาง

ที่ปรึกษาได้ทำการรังวัดค่าระดับตามรูปตัดตามยาว และตามขวางทุกระยะ 25 เมตร และจุดที่ระดับเปลี่ยนแปลงมาก ด้วยกล้องระดับโดยโยงยึดออกจากหมุดควบคุมทางดิ่งที่อยู่ใกล้ที่สุด แล้วรังวัดต่อเนื่องไปเข้าบรรจบที่หมุดถัดไป ตรวจสอบผลความคลาดเคลื่อนในการเข้าบรรจบต้องไม่มากกว่า 2 ซม.

การสำรวจค่าระดับตามยาวและตามแนวขวางของสภาพพื้นที่ปัจจุบันของสายทาง ที่ปรึกษาได้ดำเนินการทุกระยะ 25 เมตร และทุกจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าระดับ ใช้หมุดควบคุมทางราบรองในการโยงยึดค่าพิกัดและระดับ ค่าระดับตามแนวยาวของจุดเริ่มต้น (กิโลเมตรที่0+000) เท่ากับ 1.378 เมตร (เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกาง) ค่าระดับพื้นดินเดิมที่บริเวณของแนวสายทางทำการออกแบบ สูงที่สุดที่กิโลเมตรที่ 0+300 เท่ากับ 5.760 เมตร ซึ่งเป็นบริเวณของผิวทางบนสะพานข้ามคลองบางเขน ค่าระดับพื้นดินเดิมที่ต่ำที่สุดที่กิโลเมตรที่ 0+600 เท่ากับ 1.302 เมตร ซึ่งเป็นบริเวณของผิวทางหน้ากองพลาธิการทหารอากาศ ส่วนค่าระดับพื้นดินที่จุดสิ้นสุดการสำรวจ (กิโลเมตรที่13+920.778) เท่ากับ 2.834 เมตร

5) งานประมวลผลขั้นสุดท้าย

ผลงานจากการสำรวจทุกประเภทก่อนที่ได้ส่งต่อไปยังผู้ออกแบบ หรือมอบให้ผู้ที่จะนำไปใช้งานจะถูกพิมพ์ให้ชุดสำรวจออกไปตรวจสอบความถูกต้องในพื้นที่จริงก่อนทุกครั้ง เพื่อให้มั่นใจในความสมบูรณ์และถูกต้องเพียงพอสำหรับนำไปใช้งานในขั้นตอนต่อไป

ผลที่ได้รับ

ได้แผนที่ ขนาด A1 และ A3 ที่มีความละเอียดถูกต้อง สำหรับนำไปใช้ในขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1.2 จัดวางโครงข่ายหมุดหลักฐานควบคุมในแนวราบและแนวดิ่ง (Horizontal & Vertical Control)

ข้อพิจารณา

งานสำรวจเพื่อจัดวางโครงข่ายหมุดหลักฐานควบคุมในแนวราบและแนวดิ่ง มีความสำคัญมาก ดังนั้นในการจัดสร้างจะต้องมีความถูกต้องสูง วางอยู่ในที่ซึ่งมั่นคงถาวร ปลอดภัยจากสิ่งที่จะมากระทบกระทั่งโดยง่าย เพราะหมุดดังกล่าวจะใช้สำหรับเก็บรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อจัดทำแผนที่ภูมิประเทศใช้ในการออกแบบรายละเอียด เก็บระดับดินเดิม กำหนดเขตทางในสนาม รวมถึงไว้อ้างอิงในส่วนของการก่อสร้างต่อไปในอนาคต ที่ปรึกษามีขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินงานดังนี้

1) งานจัดวางโครงข่ายหมุดหลักฐานควบคุมในแนวราบ

งานจัดวางโครงข่ายหมุดหลักฐานในแนวราบจะแบ่งงานออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- งานวางหมุดควบคุมทางราบหลัก
- งานวางหมุดควบคุมทางราบรอง

ก. งานวางหมุดควบคุมทางราบหลัก

ที่ปรึกษา ได้ใช้หมุดหลักฐานอ้างอิงทางราบสำหรับโครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ จากหมุดหลักฐาน กทม.หมายเลข GPS-03 PWD BMA และ GPS-15 PWD BMA เพื่อรังวัดขยายผลไปเป็นหมุดควบคุมทางราบหลัก และใช้หมุดหลักฐานอ้างอิงทางดิ่งจากหมุดหลักฐาน กทม.หมายเลข 216 เพื่อรังวัดขยายผลเป็นหมุดควบคุมทางดิ่งหลักและรองต่อไป

สำหรับหมุดควบคุมทางราบหลักนั้น ที่ปรึกษา ได้คำนึงถึง การนำไปใช้งานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยได้สร้างหมุดควบคุมทางราบหลักและรังวัดโดยใช้เทคโนโลยีการรังวัดด้วยเครื่องหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียม GPS (Global Positioning System) ชนิด 2 ความถี่ที่มีความคลาดเคลื่อนของการหาค่าพิกัดทางราบไม่มากกว่า 1 เซนติเมตร +/- 2 ppm ของความยาวเส้นฐาน และใช้วิธีการรังวัดแบบ Static Survey โดยออกแบบการรังวัดให้เป็นแบบโครงข่ายจำนวน 4 คู่รวม 8 หมุด เพื่อใช้สำหรับการขยายวงรอบรังวัด (Traverse) เป็นหมุดควบคุมทางราบรอง และใช้อ้างอิงในการปรับแก้ภาพถ่ายดาวเทียมด้วย ซึ่งหมุดควบคุมทางราบหลักที่รังวัดด้วย GPS และคำนวณปรับแก้เพื่อใช้งานในโครงการนี้ มีดังต่อไปนี้

ชื่อหมุดควบคุมทางราบหลัก	ค่าพิกัดฉาก UTM (WGS 1984)			
	เหนือ (N)	ตะวันออก (E)	ค่าระดับ (ม.)	หมายเหตุ
BMA-05	1541263.764m	675534.096m	-	หมุดหลักฐาน กทม.
BMA-17	1527680.907m	684391.716m	-	หมุดหลักฐาน กทม.
GPS-09	1540620.933m	675655.478m	-	หมุดควบคุมทางราบโครงการการออกแบบระบบรถไฟฟ้า สายหมอชิต-สะพานใหม่
GPS-11	1541015.512m	677113.139m	2.512	
GPS-12	1540795.097m	677134.477m	4.047	
GPS-13	1540843.540m	679605.951m	3.874	
GPS-14	1540825.576m	679790.844m	8.858	
GPS-15	1540957.217m	682204.352m	4.489	
GPS-16	1540963.816m	682487.112m	8.867	
GPS-17	1541038.488m	684004.000m	9.678	
GPS-18	1541061.533m	684264.993m	4.232	

ข. งานวางหมุดควบคุมทางราบรอง

การติดตั้งหมุดควบคุมทางราบรอง ที่ปรึกษาจะติดตั้งโดยมีระยะห่างระหว่างหมุดประมาณ 200 เมตร ตามแนวเส้นทางของรถไฟฟ้า/ริมแนวเขตทาง และบริเวณที่ต้องมีการจัดทำ Site Plan โดยลักษณะหมุดจะใช้น๊อต หรือตะปูคอนกรีต หรือหลักไม้ ที่ปรึกษาจะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพของพื้นที่

การรังวัดหมุดควบคุมทางราบรอง ที่ปรึกษาจะรังวัดโดยการทำเป็นวงรอบปิด (Closed Traverse) เชื่อมระหว่างหมุดควบคุมหลักคู่ที่อยู่ใกล้กัน ส่วนการคำนวณปรับแก้งานวงรอบนั้น จะต้องมีเกณฑ์ความถูกต้องในการเข้าบรรจบดีกว่า 1:10,000 ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการรังวัด ที่ปรึกษาจะใช้กล้อง Total Station ที่มีความละเอียดในการวัดมุม 1 ฟิลิปดา หรือใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (GPS) ในการจัดทำหมุดควบคุมทางราบรอง ที่ปรึกษา ได้ดำเนินการจัดทำเป็นได้ผล ดังต่อไปนี้

ชื่อหมุดควบคุมทางราบรอง	ค่าพิกัดฉาก UTM (WGS 1984)		
	เหนือ (N)	ตะวันออก (E)	หมายเหตุ
G-8/1	1538406.121	674717.309	
G-8/2	1538605.080	674830.459	
G-8/3	1538860.497	674975.792	
G-8/4	1539159.545	675145.555	
BTS-019	1539466.240	675328.779	
BTS-020	1539884.105	675568.869	
B-20/1	1540048.484	675645.911	
B-20/2	1540173.507	675705.611	
B-20/3	1540297.598	675703.658	
G-10/1	1540624.637	675681.570	
G-10/2	1540309.500	675739.369	
G-10/3	1540317.913	675972.986	
G-10/4	1540301.250	676080.889	
G-10/5	1540407.162	676254.586	
BTS-021	1540519.205	676464.462	
BTS-022	1540624.588	676633.220	
B22/1	1540732.255	676836.841	
B22/2	1540756.839	676940.246	
B22/3	1540866.676	677098.387	
G-12/1	1540799.492	677096.914	
G-12/2	1540884.330	677099.845	
G-12/3	1540899.533	677183.756	
G-12/4	1540901.196	677328.070	
G-12/5	1540894.782	677434.355	
G-12/6	1540958.088	677441.602	
G-12/7	1540882.707	677539.286	
G-12/8	1540862.222	677655.220	
G-12/9	1540861.696	677841.818	
G-12/10	1540869.346	678026.093	
G-12/11	1540855.519	678241.673	

ชื่อหมุดควบคุมทางราบรอง	ค่าพิกัดฉาก UTM (WGS 1984)		
	เหนือ (N)	ตะวันออก (E)	หมายเหตุ
G-12/11	1540855.519	678241.673	
BTS-023	1540852.493	678414.572	
BTS-024	1540853.792	678652.323	
B-24/1	1540856.961	678795.607	
B-24/2	1540842.413	678996.261	
B-24/3	1540848.953	679262.307	
B-24/4	1540845.785	679439.050	
G-14/1	1540852.665	679998.030	
G-14/2	1540863.112	680225.557	
G-14/3	1540862.735	680435.225	
G-14/4	1540885.982	680708.714	
BTS-025	1540891.846	680972.771	
BTS-026	1540904.029	681313.976	
B-26/1	1540923.551	681504.413	
B-26/2	1540933.578	681713.338	
B-26/3	1540931.994	681955.613	
G-16/1	1540977.986	682647.355	
G-16/2	1540989.600	682888.540	
BTS-027	1540991.291	683140.161	
BTS-028	1541002.132	683283.901	
B-28/1	1541018.540	683480.960	
B-28/2	1541030.662	683728.765	

ในการรังวัดค่าพิกัดของหมุดควบคุมรองทางราบ ใช้วิธีการเดินวงรอบโดยโยงยึดค่าพิกัดออกจากหมุดควบคุมหลักทางราบ โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของงานรังวัดอยู่ในเกณฑ์งานชั้นที่ 3 ประเภท 1 คือ ยอมให้มีความคลาดเคลื่อนทางมุม (Angular Error) ไม่เกิน $10\sqrt{N}$ ฟิลิปดา เมื่อ N คือ จำนวนมุมที่ทำการรังวัด และความคลาดเคลื่อนในการเข้าบรรจบ (Error of Closure) ไม่ต่ำกว่า 1: 10,000 ซึ่งได้จัดแบ่งการรังวัดออกเป็นวงรอบย่อย ๆ ดังนี้

วงรอบที่ 1 โยงยึดออกจากหมุดควบคุมหลักทางราบ GPS-07 และ GPS-08 เข้าบรรจบหมุดควบคุมหลักทางราบ GPS-09 และ GPS-10 ระยะทางของการเดินวงรอบ 2,860.529 เมตร มีจำนวนมุมที่ทำการรังวัด 12 มุม ได้ค่าความคลาดเคลื่อนทางมุม 0.63 ฟิลิปดา

จากเกณฑ์ที่ยอมให้ 10 ฟิลิปดา * $\sqrt{12}$ = 34.64 ฟิลิปดา ส่วนความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการรังวัด คือ 1: 58,316 ซึ่งไม่ต่ำกว่า 1: 10,000 หมุดควบคุมรองทางราบที่อยู่ในวงรอบที่ 1 ประกอบด้วยหมุด BTS-19 และ BTS-20

วงรอบที่ 2 โยงยึดออกจากหมุดควบคุมหลักทางราบ GPS-09 และ GPS-10 เข้าบรรจบหมุดควบคุมหลักทางราบ GPS-11 และ GPS-12 ระยะทางของการเดินวงรอบ 2,638.234 เมตร มีจำนวนมุมที่ทำการรังวัด 12 มุม ได้ค่าความคลาดเคลื่อนทางมุม 0.78 ฟิลิปดา

จากเกณฑ์ที่ยอมให้ 10 ฟิลิปดา * $\sqrt{12}$ = 34.64 ฟิลิปดา ส่วนความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการรังวัด คือ 1: 184,438 ซึ่งไม่ต่ำกว่า 1: 10,000 หมุดควบคุมรองทางราบที่อยู่ในวงรอบที่ 2 ประกอบด้วยหมุด BTS-21 และ BTS-22

วงรอบที่ 3 โยงยึดออกจากหมุดควบคุมหลักทางราบ GPS-11 และ GPS-12 เข้าบรรจบหมุดควบคุมหลักทางราบ GPS-13 และ GPS-14 ระยะทางของการเดินวงรอบ 2,715.690 เมตร มีจำนวนมุมที่ทำการรังวัด 19 มุม ได้ค่าความคลาดเคลื่อนทางมุม 1.94 ฟิลิปดา

จากเกณฑ์ที่ยอมให้ 10 ฟิลิปดา * $\sqrt{19}$ = 43.59 ฟิลิปดา ส่วนความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการรังวัด คือ 1: 29,595 ซึ่งไม่ต่ำกว่า 1: 10,000 หมุดควบคุมรองทางราบที่อยู่ในวงรอบที่ 3 ประกอบด้วยหมุด BTS-23 และ BTS-24

วงรอบที่ 4 โยงยึดออกจากหมุดควบคุมหลักทางราบ GPS-13 และ GPS-14 เข้าบรรจบหมุดควบคุมหลักทางราบ GPS-15 และ GPS-16 ระยะทางของการเดินวงรอบ 2,419.314 เมตร มีจำนวนมุมที่ทำการรังวัด 11 มุม ได้ค่าความคลาดเคลื่อนทางมุม 1.94 ฟิลิปดา

จากเกณฑ์ที่ยอมให้ 10 ฟิลิปดา * $\sqrt{11}$ = 33.17 ฟิลิปดา ส่วนความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการรังวัด คือ 1: 53,910 ซึ่งไม่ต่ำกว่า 1: 10,000 หมุดควบคุมรองทางราบที่อยู่ในวงรอบที่ 4 ประกอบด้วยหมุด BTS-25 และ BTS-26

วงรอบที่ 5 โยงยึดออกจากหมุดควบคุมหลักทางราบ GPS-15 และ GPS-16 เข้าบรรจบหมุดควบคุมหลักทางราบ GPS-17 และ GPS-18 ระยะทางของการเดินวงรอบ 1,519.311 เมตร มีจำนวนมุมที่ทำการรังวัด 8 มุม ได้ค่าความคลาดเคลื่อนทางมุม 1.45 ฟิลิปดา

จากเกณฑ์ที่ยอมให้ 10 ฟิลิปดา * $\sqrt{8}$ = 28.28 ฟิลิปดา ส่วนความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบจากการรังวัด คือ 1: 62,003 ซึ่งไม่ต่ำกว่า 1: 10,000 หมุดควบคุมรองทางราบที่อยู่ในวงรอบที่ 5 ประกอบด้วยหมุด BTS-27 และ BTS-28

2) จัดวางโครงข่ายหมุดหลักฐานควบคุมในแนวดิ่ง

งานจัดวางโครงข่ายหมุดหลักฐานควบคุมในแนวดิ่งจะแบ่งงานออกเป็น 2 ประเภทเช่นกันได้แก่

- งานวางหมุดควบคุมทางดิ่งหลัก
- งานวางหมุดควบคุมทางดิ่งรอง

ก. งานวางหมุดควบคุมทางดิ่งหลัก

การจัดทำหมุดควบคุมทางดิ่ง ที่ปรึกษาได้จัดสร้างหมุดควบคุมทางดิ่งโดยฝังไว้กับโครงสร้างคอนกรีตที่แข็งแรงและถาวร หรือบริเวณที่มีการรบกวนน้อย เช่น ที่เสาหรือพื้นของสะพานคอนกรีต หรือโคนต้นไม้ใหญ่ เป็นต้น

ในการรังวัดใช้วิธีเดินระดับด้วยกล้องระดับ (Differential Leveling) โดยวิธีวัดไป-กลับ (อ่าน 3 สายใย) ความคลาดเคลื่อนของงานอยู่ในเกณฑ์งานชั้นที่ 3 หรือไม่เกิน $\pm$12 มม. * $\sqrt{k}$ (เมื่อ k = ระยะทางในการเดินระดับมีหน่วยเป็นกิโลเมตร) ที่ปรึกษาได้รังวัดโยงค่าระดับ (ซึ่งใช้ค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง (M.S.L.) จากหมุดหลักฐานทางดิ่งของ สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร ดังนั้นค่าระดับที่ใช้อ้างอิงในโครงการนี้จะเป็นมาตรฐานเดียวกับกรุงเทพมหานคร

สำหรับหมุดควบคุมหลักทางดิ่งในโครงการส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา คลอง 4 ประกอบด้วย BM-7, BM-8, BM-9, BM-10, BM-11, BM-12, BM-13 และ BM-14 โดยผลจากการรังวัดเดินระดับเข้าสู่หมุดควบคุมหลักทางดิ่ง ดังแสดงในตาราง

BM ออก	BM เข้าบรรจบ	ระยะการรังวัด (ม.)	ความคลาดเคลื่อนไป-กลับ (มม.)	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (มม.)
3053	BM-13	1,063.8	3	12.4
BM-13	GPS-15	1,082.0	9	12.5
GPS-15	BM-12	1,238.5	4	13.4
BM-10	TBM-10/1	1,149.2	10	12.9
TBM-10/1	BM-11	1,132.4	1	12.8
3021	BM-9	635.9	1	9.6
3021	TBM-3021/1	1,650.0	11	15.4
TBM-3021/1	BM-10	529.3	2	8.7

BM ออก	BM เข้าบรรจบ	ระยะการรังวัด (ม.)	ความคลาดเคลื่อนไป-กลับ (มม.)	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (มม.)
3025	3023	1,230.5	4	13.3
3023	3022	1,438.2	2	14.4
3053	BM-14	1,526.5	4	14.8

หมายเหตุ BM-7 อยู่ในช่วงการเดินระหว่าง 3025-3023 และ BM-8 อยู่ ในช่วงการเดินระหว่าง 3023-3022

ซึ่งได้ปรับแก้ค่าระดับ เพื่อใช้งานตามตารางดังนี้

ชื่อหมุด	ค่าระดับ (ม.)
BM-07	5.865
BM-08	2.605
BM-09	2.543
BM-10	3.405
BM-11	3.200
BM-12	2.932
BM-13	3.935
BM-14	3.354

ข. งานวางหมุดควบคุมทางดิ่งรอง

การติดตั้งหมุดควบคุมทางดิ่งรอง ที่ปรึกษาได้ใช้หมุดควบคุมทางราบหลักและรองที่ได้ติดตั้งไว้เป็นหมุดควบคุมทางดิ่งรอง

การรังวัดหมุดควบคุมทางดิ่งรอง ที่ปรึกษาได้รังวัดคราวเดียวกันกับงานรังวัดหมุดควบคุมทางดิ่งหลัก

ผลที่ได้รับ

ผลที่ได้จากงานจัดวางโครงข่ายหมุดหลักฐานควบคุมในแนวราบและแนวดิ่งนั้น ทำให้มีหมุดหลักฐานทั้งทางราบและทางดิ่ง กระจายอยู่ทั่วพื้นที่โครงการครอบคลุมอาณาบริเวณทั้งหมดของเส้นทางเดิมและเส้นทางใหม่ ซึ่งง่ายแก่การนำไปอ้างอิงเพื่อออกงานสำหรับกิจกรรมอื่น ๆ ที่มีความจำเป็นต้องใช้ ต่อไป โดยที่ปรึกษาจะจัดทำรายงานการสำรวจที่แสดงรายละเอียดการสำรวจทั้งหมดรวมถึงหมุดหลักฐานควบคุมต่าง ๆ จะมี Description/ภาพถ่ายรายละเอียดที่ตั้งและค่าพิกัดตลอดจนค่าระดับ

2.2 การจัดทำแบบแปลนและข้อมูลสำหรับงานจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินเบื้องต้นของโครงการ

โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 ใช้พื้นที่ส่วนใหญ่ในเขตทางของถนนพหลโยธินและถนนลำลูกกา และต้องการใช้พื้นที่เพิ่มเติมตามความจำเป็น ดังแสดงในตาราง 2.2-1 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2-1 สรุปที่ดินและอาคารภายในเขตทางและพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

พื้นที่ที่ต้องการเพิ่มสำหรับ	ประเภทพื้นที่		พื้นที่ที่ต้องเวนคืน (ไร่-งาน-ตร.วา)		อาคารที่ต้องรื้อย้าย (หลัง)		ค่าทดแทนอสังหาริมทรัพย์เบื้องต้น (บาท)		
	ราชการ	เอกชน	ราชการ	เอกชน	ราชการ	เอกชน	ที่ดิน	อาคาร	รวม
ก่อสร้างสถานี N21	4	0	1 - 0 - 55.08	0 - 0 - 0	0	0	30,945,440	-	30,945,440
ก่อสร้างสถานี N22	2	0	0 - 2 - 31.75	0 - 0 - 0	0	0	15,759,000	-	15,759,000
ก่อสร้างสถานี N23 - ITF	0	12	0 - 0 - 0	21 - 1 - 45.75	0	12	581,111,000	20,158,600	601,269,600
ก่อสร้างแนวเส้นทางช่วง กม. 3+700 - 5+700	0	144	0 - 0 - 0	44 - 1 - 26.84	0	75	553,251,270	91,669,300	644,920,570
ก่อสร้างสถานี N24	0	44	0 - 0 - 0	10 - 0 - 35.75	0	47	104,450,000	60,275,600	164,725,600
ก่อสร้างสถานี N25	0	14	0 - 0 - 0	0 - 0 - 60.94	0	14	1,908,226	-	1,908,226
ก่อสร้างสถานี N26	0	10	0 - 0 - 0	0 - 1 - 30.63	0	10	2,140,546	-	2,140,546
ก่อสร้างสถานี N27	0	1	0 - 0 - 0	0 - 0 - 60.5	0	0	1,645,600	-	1,645,600
ก่อสร้างสถานี N28	0	3	0 - 0 - 0	0 - 2 - 43.5	0	0	5,454,400	-	5,454,400
ก่อสร้าง ITF	0	5	0 - 0 - 0	7 - 0 - 67.8	0	5	52,503,200	6,512,000	59,015,200
ก่อสร้างอาคารซ่อมบำรุง	0	125	0 - 0 - 0	119 - 2 - 14.4	0	32	557,107,350	68,756,650	625,864,000
รวม	**6**	**358**	**1 - 2 - 86.83**	**203 - 2 - 86.11**	**0**	**195**	**1,906,276,032**	**247,372,150**	**2,153,648,182**

หมายเหตุ

ราคาประเมินที่ดิน (บาท/ตร.วา) **ได้จากราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์ รอบบัญชี พ.ศ.2551-2554**

ราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคาร (บาท/ตร.ม.) **ได้จากราคาปานกลางของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย พ.ศ.2551**

รายละเอียดแบบที่แนบท้าย พรฎ. แบบแปลนแสดงเขตทาง แผนที่แสดงรายละเอียดเขตที่ดิน และแนวเขตทาง บัญชีที่ดินในแนวเขตทางและพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน และบัญชีที่ดินในพื้นที่ต่อเนื่องออกไปอีกข้างละ 50 เมตร ได้จัดส่งแยกต่างหากพร้อมกับรายงานฉบับนี้ สำหรับรายละเอียดการประมาณราคาค่าจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินและชดเชยสิ่งปลูกสร้างเบื้องต้น แสดงอยู่ในภาคผนวก ง.

2.3 การเจาะสำรวจชั้นดิน

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการเจาะสำรวจชั้นดินตลอดแนวของโครงการ ความยาวรวม 13.5 กม. และศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟฟ้าของโครงการ จำนวน 40 หลุม (BH-1 to BH-40) โดยมีความลึกประมาณ 60 เมตร ข้อมูลลักษณะการเรียงลำดับชั้นดินที่ได้จากการสำรวจได้ถูกนำมาใช้จัดทำเป็นรูปตัดขวางชั้นดินตามแนวเส้นทางดังแสดงในรูปที่ 2.3-1 ถึง 2.3-4 จากข้อมูลดังกล่าวพบชั้นดินถมหนาประมาณ 1.0-3.0 เมตร จากผิวดิน ต่อจากนั้นเป็นชั้นดินเหนียวอ่อนไปจนถึงชั้นดินเหนียวแข็ง ชั้นทรายแทรกสลับไปจนถึงสิ้นสุดความลึกหลุมเจาะ โดยพบชั้นทรายแทรกสลับกับชั้นดินเหนียวอยู่ประมาณ 2-3 ชั้น ซึ่งจากข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดิน ทั้ง 40 หลุม ในโครงการพบว่า โดยทั่วไปชั้นดินมีการจัดตัวจากบนลงล่างดังนี้

ชั้นดิน	ลักษณะดิน
ดินถม (Fill Material)	ทราย ทรายปนกรวด ปนลูกรัง ดินเหนียวปนทราย สีเทาและสีน้ำตาล หนาประมาณ 1-3 เมตร จากผิวดิน
ดินเหนียวอ่อนมากถึงแข็งปานกลาง (Very soft to medium stiff CLAY)	ดินเหนียว สีเทาอ่อนถึงสีเทาเข้ม และสีเทาปนเขียว มีค่าความเป็นพลาสติกซิตี้สูง มีความหนาตั้งแต่ 6.0 -19.5 เมตร โดยมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 12 เมตร
ดินเหนียวแข็งถึงแข็งมากที่สุด (ชั้นที่ 1) (Stiff to hard CLAY)	ดินเหนียว สีเทาปนน้ำตาลถึงสีเทา และสีน้ำตาลปนเทาถึงสีน้ำตาล มีค่าความเป็นพลาสติกซิตี้สูงถึงต่ำ มีความหนาตั้งแต่ 1.0-12.0 เมตร โดยมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 6 เมตรในหลุมเจาะ BH-7 และ BH-14 พบกระเปาะทรายปนดินเหนียว ทรายปนทรายแป้ง แทรกที่ค่าระดับประมาณ-10.3 และ-15.2 เมตร, รทก. สำหรับหลุมเจาะที่ BH-37 ถึง BH-40 ซึ่งเป็นบริเวณที่ตั้งของ Depot พบชั้นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมากที่สุด มีความหนาตั้งแต่ 15.0-23.5 เมตร
ทรายแน่นปานกลางถึงแน่นมาก (ชั้นที่ 1) (Medium dense to very dense SAND)	ทรายปนทรายแป้ง ปนดินเหนียว สีเทา และสีน้ำตาลปนเทา/ปนเหลืองถึงสีน้ำตาล ขนาดเม็ดละเอียดถึงหยาบ เริ่มพบทรายชั้นที่ 1 นี้ ที่ค่าระดับประมาณ-13.5 ถึง -24.0 เมตร, รทก. ไม่พบทรายชั้นที่ 1 ใน BH-37 ถึง BH-40
ดินเหนียวแข็งถึงแข็งมากที่สุด (ชั้นที่ 2) (Stiff to hard CLAY)	ดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทา/ปนเหลืองถึงสีน้ำตาล และสีเทาปนเขียว มีค่าความเป็นพลาสติกซิตี้สูงถึงต่ำ ไม่พบชั้นดินนี้ใน BH-21 และ BH-32 พบชั้นดินนี้ต่อเนื่องกับดินเหนียวแข็งชั้นแรกที่ BH-37 ถึง BH-40

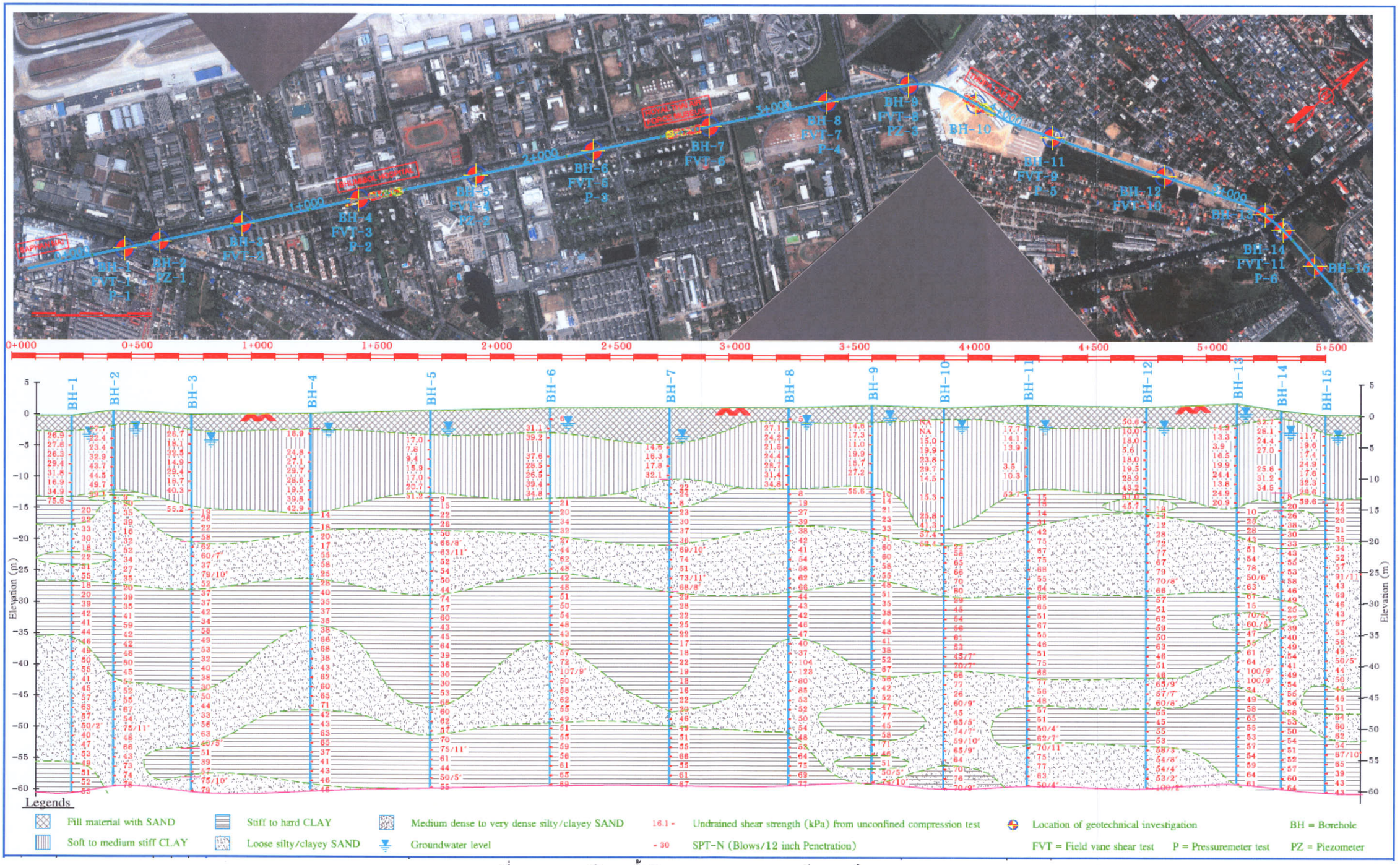
ชั้นดิน	ลักษณะดิน
ทรายแน่นปานกลางถึงแน่นมาก (ชั้นที่ 2) (Medium dense to very dense SAND)	ทรายปนทรายแป้ง ปนดินเหนียว สีเทา และสีน้ำตาลปนเทา/ปนแดงถึงสีน้ำตาล ขนาดเม็ดละเอียดถึงหยาบ เริ่มพบทรายชั้นที่ 2 นี้ที่ค่าระดับประมาณ-24.6 ถึง -47.4 เมตร, รทก.
ดินเหนียวแข็งมากที่สุด (Hard CLAY)	ดินเหนียว สีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาล และสีน้ำตาลปนเทา/ปนเหลือง มีค่าความเป็นพลาสติกซิตี้สูงถึงต่ำ พบที่ค่าระดับประมาณ-39.1 ถึง -55.0 เมตร, รทก. จนสิ้นสุดความลึกของหลุมเจาะ ยกเว้น BH-2 ไม่พบชั้นดินนี้ และยกเว้น BH-3, BH-4, BH-9, BH-11, BH-12, BH-19, BH-20, BH-23, BH-33 และ BH-34 พบทรายแน่นมากที่ก้นหลุม

ดินที่พบตามแนวโครงการสามารถจำแนกตามมาตรฐาน USCS ออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ ดินเหนียว ทรายแป้ง และทราย ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น CH, CL, MH, ML, CL-ML, SM, SP, SC, SP-SM และ SC-SM

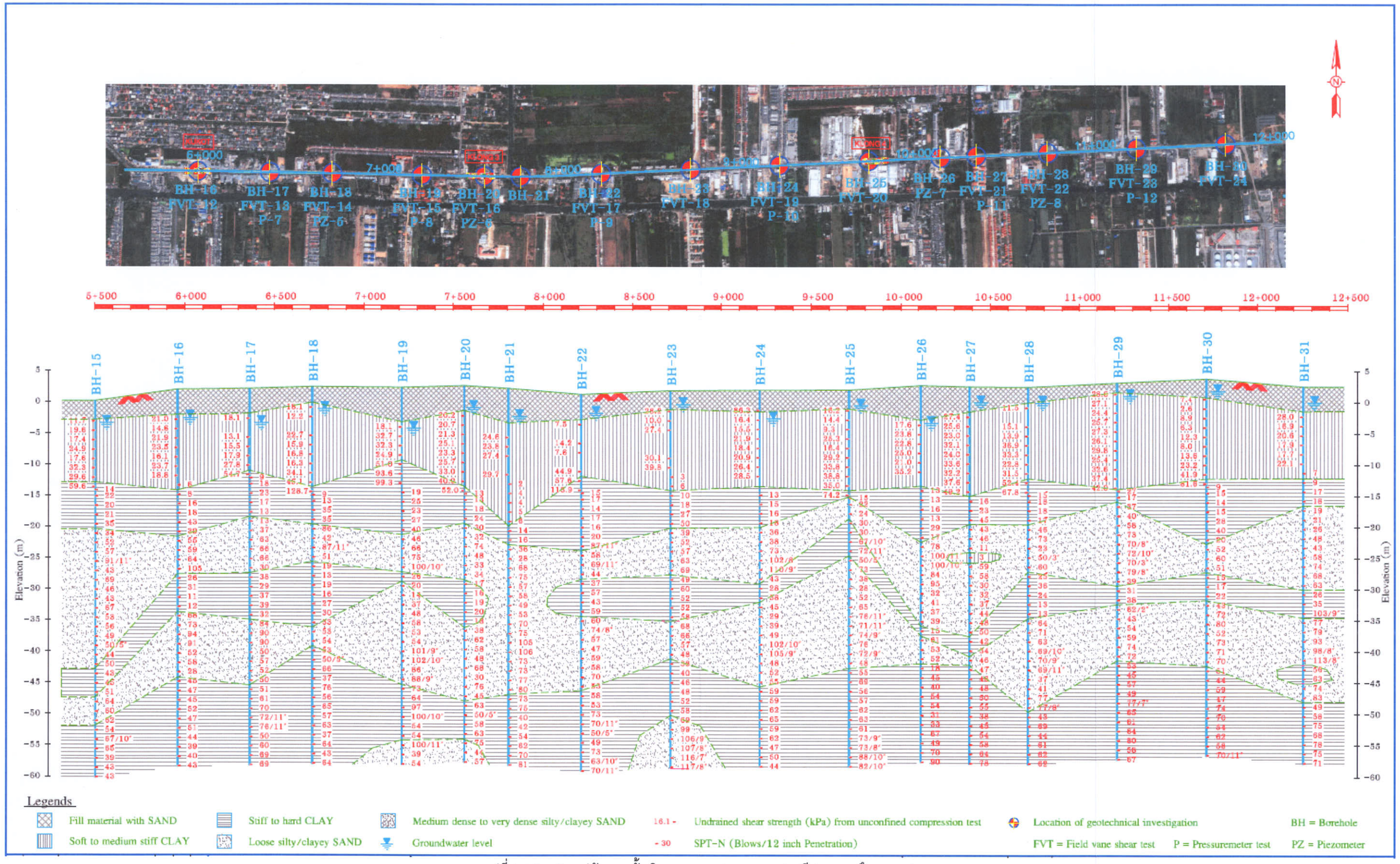
คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินที่ทำการสำรวจและทดสอบ พบว่า ปริมาณน้ำในมวลดินตามธรรมชาติในชั้นดินเหนียวอ่อนมีค่าสูงและลดต่ำลงตามความแข็งของชั้นดินที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ในชั้นทรายมีค่าค่อนข้างต่ำและสม่ำเสมอตลอดทั้งชั้น ส่วนค่าตอกทดลอง (SPT-N) มีค่าปานกลางในชั้น Stiff clay และเพิ่มสูงขึ้นในชั้น Hard clay และสูงมากในชั้นทราย

จากแนวคิดในการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งศูนย์จอดและซ่อมบำรุง จากบริเวณลำลูกกา มาเป็นบริเวณคูคต จึงมีการเจาะสำรวจดินเพิ่มเติมจำนวน 4 หลุม เมื่อนำข้อมูลเจาะสำรวจมาจัดทำเป็นข้อมูลลักษณะการเรียงลำดับชั้นดิน พบว่ามีชั้นดินถมหนาประมาณ 2.0 เมตร จากผิวดินต่อจากนั้นพบชั้นดินเหนียวอ่อนไปจนถึงชั้นดินเหนียวแข็ง ชั้นทรายแทรกสลับไปจนถึงสิ้นสุดความลึกหลุมเจาะ โดยพบชั้นทรายแทรกสลับกับชั้นดินเหนียวอยู่ประมาณ 2-3 ชั้น รูปตัดแสดงการจัดเรียงตัวของชั้นดิน รูปตัดแสดงการจัดเรียงตัวของชั้นดินบริเวณศูนย์จอดและซ่อมบำรุง (คูคต) แสดงไว้ในรูปที่ 2.3-5 และจากข้อมูลการเจาะสำรวจทั้ง 4 หลุม ข้อมูลชั้นดินมีการจัดเรียงตัวจากบนลงล่าง ดังนี้

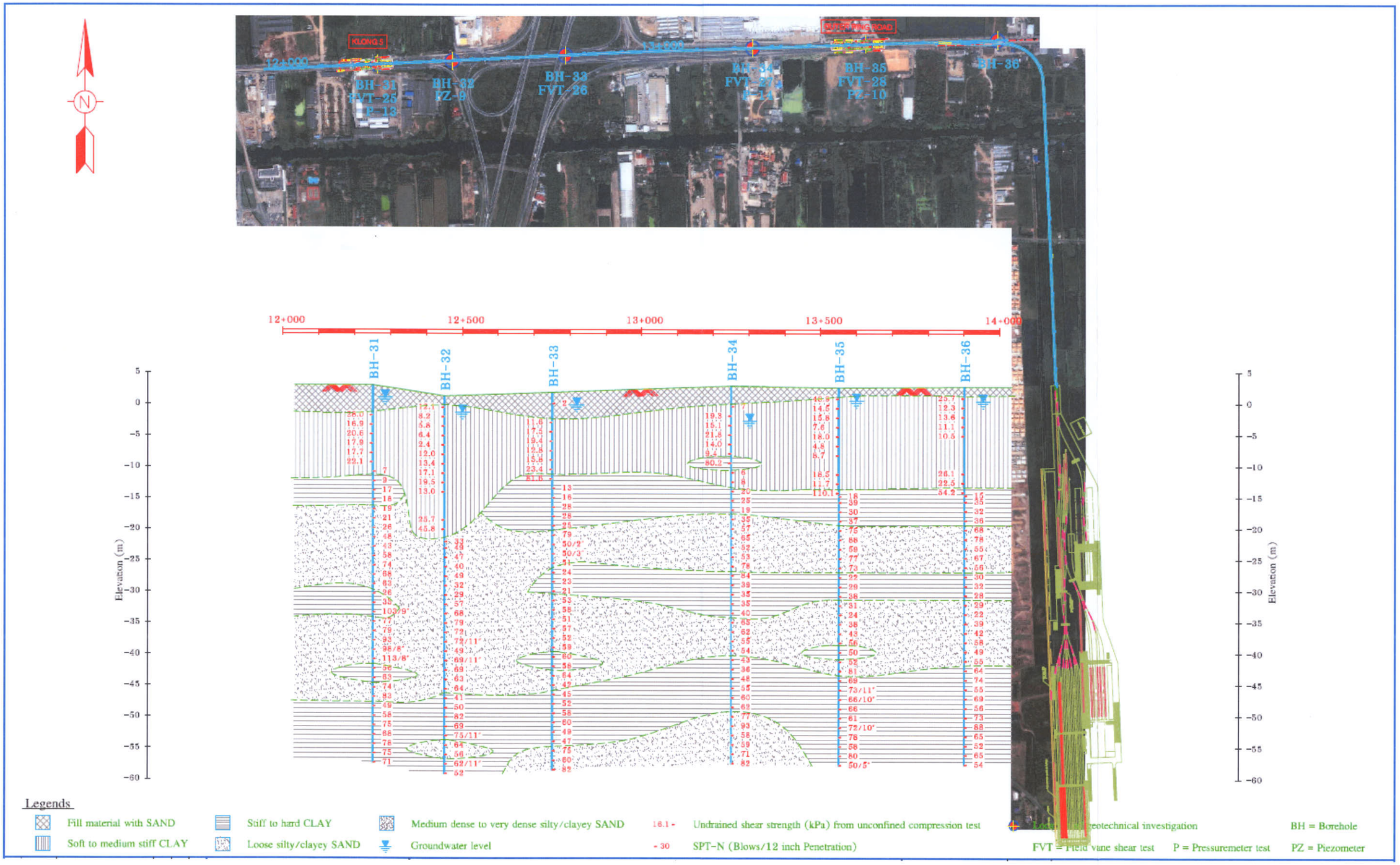
ชั้นดิน	ลักษณะดิน
ดินถม (Fill Material)	ทราย ทรายปนกรวด ปนลูกรัง ดินเหนียวปนทราย สีเทาและสีน้ำตาล หนาประมาณ 2 เมตร จากผิวดิน
ดินเหนียวอ่อนมากถึงแข็งปานกลาง (Very soft to medium stiff CLAY)	ดินเหนียว สีเทาอ่อนถึงสีเทาเข้ม และสีเทาปนเขียว มีค่าความเป็นพลาสติกซิตี้สูง มีความหนาตั้งแต่ 13.0 -17.0 เมตร โดยมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 15 เมตร
ดินเหนียวแข็งถึงแข็งมากที่สุด(ชั้นที่ 1) (Stiff to hard CLAY)	ดินเหนียว สีเทาปนน้ำตาลถึงสีเทา และสีน้ำตาลปนเทาถึงสีน้ำตาล มีค่าความเป็นพลาสติกซิตี้สูงถึงต่ำ มีความหนาตั้งแต่ 1.5-5.0 เมตร โดยมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 3 เมตร
ทรายแน่นปานกลางถึงแน่นมาก(ชั้นที่ 1) (Medium dense to very dense SAND)	ทรายปนทรายแป้ง ปนดินเหนียว สีเทา และสีน้ำตาลปนเทา/ปนเหลืองถึงสีน้ำตาล ขนาดเม็ดละเอียดถึงหยาบ เริ่มพบทรายชั้นที่ 1 นี้ ที่ค่าระดับประมาณ -19.0 ถึง -20.5เมตร, รทก.
ดินเหนียวแข็งถึงแข็งมากที่สุด(ชั้นที่ 2) (Stiff to hard CLAY)	ดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทา/ปนเหลืองถึงสีน้ำตาล และสีเทาปนเขียว มีค่าความเป็นพลาสติกซิตี้สูงถึงต่ำ
ทรายแน่นปานกลางถึงแน่นมาก(ชั้นที่ 2) (Medium dense to very dense SAND)	ทรายปนทรายแป้ง ปนดินเหนียว สีเทา และสีน้ำตาลปนเทา/ปนแดงถึงสีน้ำตาล ขนาดเม็ดละเอียดถึงหยาบ เริ่มพบทรายชั้นที่ 2 นี้ ที่ค่าระดับประมาณ -40.0 ถึง -41.5 เมตร, รทก. ยกเว้น BH-41 เริ่มพบที่ระดับประมาณ -34.0 เมตร
ดินเหนียวแข็งมากที่สุด (Hard CLAY)	ดินเหนียว สีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาล และสีน้ำตาลปนเทา/ปนเหลือง มีค่าความเป็นพลาสติกซิตี้สูงถึงต่ำ พบที่ค่าระดับประมาณ -45.0 เมตร, รทก. จนสิ้นสุดความลึกของหลุมเจาะ ยกเว้น BH-43 และ BH-44 พบทรายแน่นมากที่ก้นหลุม ที่ระดับความลึก -49.0 ถึง -52.0 เมตร, รทก.



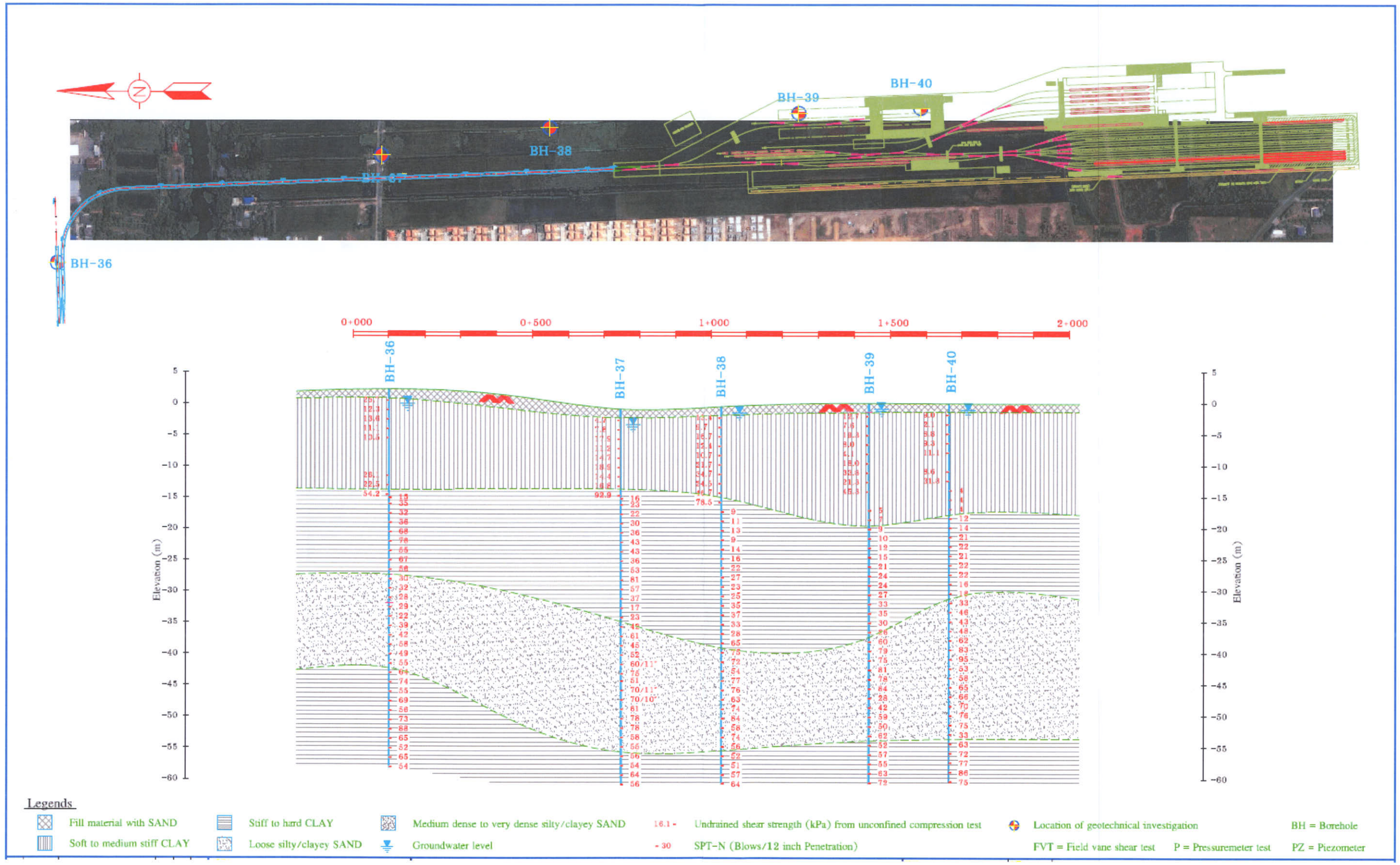
รูปที่ 2.3-1 แสดงรูปตัดขวางชั้นดิน ตามแนวสายทางและสถานี (BH-1 ถึง BH-15)



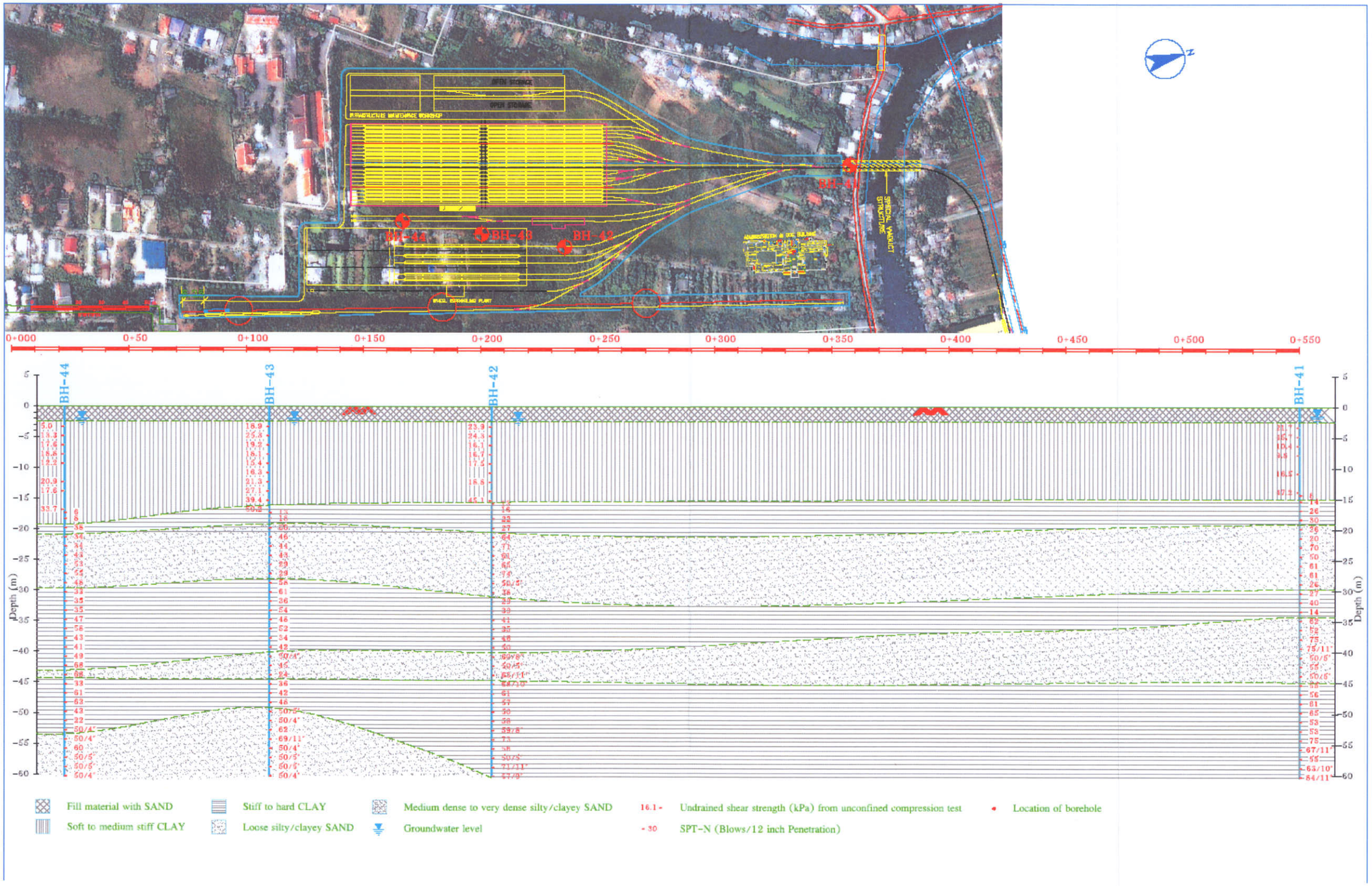
รูปที่ 2.3-2 แสดงรูปตัดขวางชั้นดิน ตามแนวสายทางและสถานี (BH-16 ถึง BH-30)



รูปที่ 2.3-3 แสดงรูปตัดขวางชั้นดิน ตามแนวสายทางและสถานี (BH-31 ถึง BH-36)



รูปที่ 2.3-4 แสดงรูปตัดขวางชั้นดิน บริเวณศูนย์จอด และซ่อมบำรุง (BH-37 ถึง BH-40)



รูปที่ 2.3-5 แสดงรูปตัดขวางชั้นดิน บริเวณศูนย์จอด และซ่อมบำรุง (บริเวณคูคต) (BH-41 ถึง BH-44)

บทที่ 3

การออกแบบรายละเอียด (Detailed Design) และการจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา

บทที่ 3: การออกแบบรายละเอียด (Detailed Design) และการจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา

3.1 การจัดทำรายงานหลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบ

หลักเกณฑ์ และมาตรฐานข้อกำหนดในการออกแบบ ที่ปรึกษาได้ดำเนินการให้สอดคล้องกับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ ซึ่งประกอบด้วย

- หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบแนวเส้นทาง (Track Alignment) และระบบราง แสดงในภาคผนวก ก.1
- หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า แสดงในภาคผนวก ก.2
- หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบโครงสร้างสถานี และ ศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot) แสดงในภาคผนวก ก.3
- ขนาดพื้นที่ห้องและความสัมพันธ์ของประโยชน์ใช้สอย รวมทั้งวัสดุที่ใช้ของห้องต่างๆภายในสถานี แสดงในภาคผนวก ก.4
- หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบงานระบบประกอบอาคาร (M&E Detailed Design Criteria and Standard) แสดงในภาคผนวก ก.5
- หลักเกณฑ์และมา๖ณฐานในการออกแบบระบบราง (Trackwork)
- ข้อกำหนดการออกแบบแนวเส้นทางและระบบราง แสดงในภาคผนวก ก.7

หลักเกณฑ์และมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง นำเสนอรายละเอียดในรายงานฉบับนี้

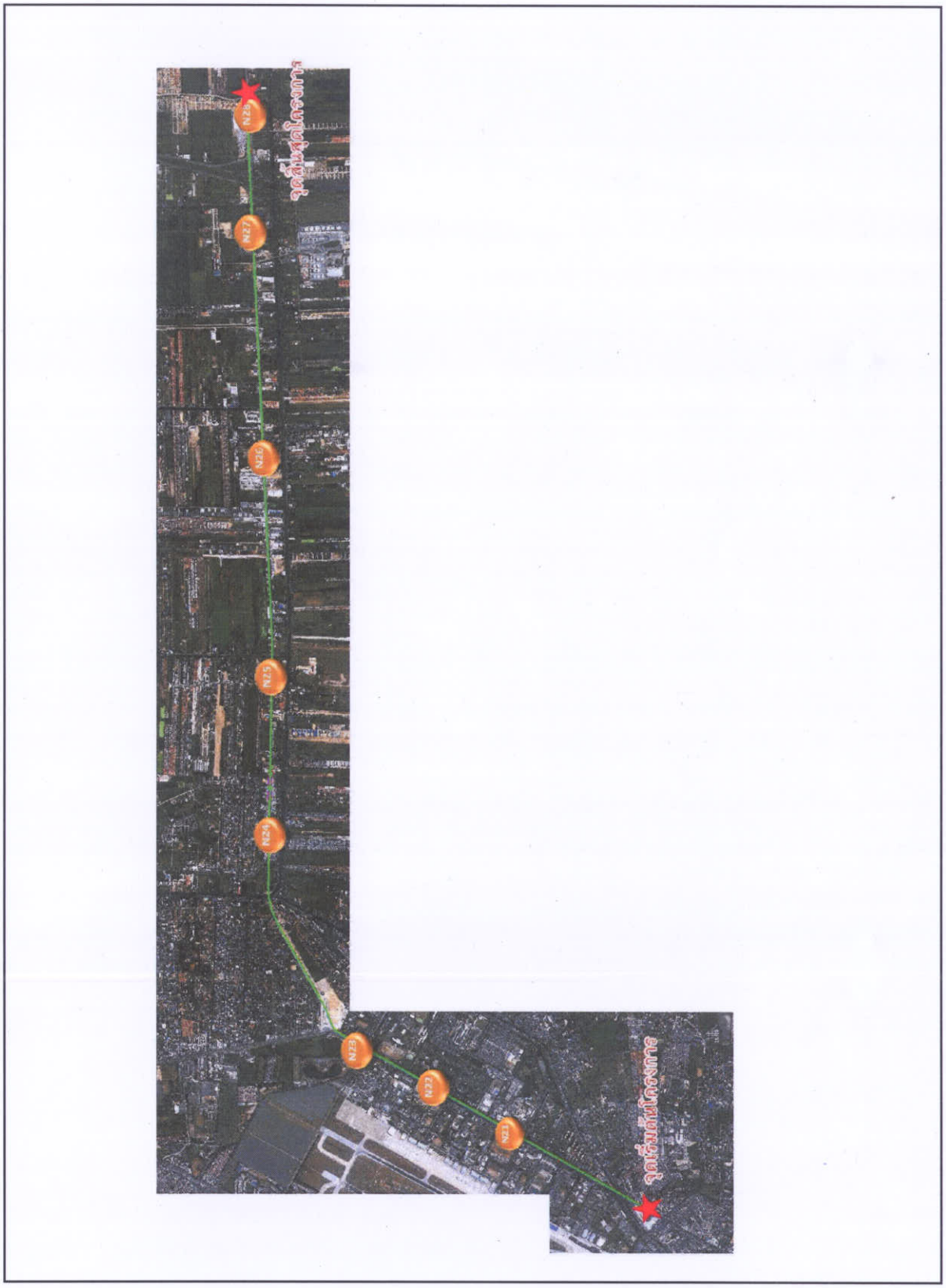
3.2 งานออกแบบรายละเอียดแนวเส้นทางรถไฟฟ้า (Track Alignment Design)

3.2.1 แนวเส้นทาง

แนวเส้นทางของโครงการได้ออกแบบต่อจากส่วนต่อขยายโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ โดยมีความสอดคล้องทางด้านกายภาพและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เพื่อให้มีความต่อเนื่องในการเดินรถ โดยได้กำหนดรายละเอียดแนวเส้นทางเพื่อใช้ในการออกแบบดังต่อไปนี้

- พยายามให้แนวเส้นทางอยู่ในแนวเขตทางเดิมให้มากที่สุด หลีกเลี่ยงการเวนคืน โดยให้แนวเส้นทางอยู่กึ่งกลางของเขตทาง
- หลีกเลี่ยงการก่อให้เกิดผลกระทบกับอาคารใกล้เคียงให้น้อยที่สุด และต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับโบราณสถาน ศาสนสถาน และสถานที่ราชการต่าง ๆ
- แนวเส้นทางสามารถเชื่อมต่อกับโครงการอนาคตและโครงการต่าง ๆ ในอนาคตที่เกี่ยวข้องได้
- แนวเส้นทางต้องทำให้การเดินรถมีประสิทธิภาพมากที่สุดและไม่ก่อให้เกิดปัญหาในการซ่อมบำรุงในภายหลัง
- สอดคล้องกับมาตรฐานการออกแบบของโครงการส่วนต่อขยายสายสีเขียวเข้ม โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร และโครงการรถไฟฟ้ามหานคร ที่สำคัญประกอบด้วย
- โค้งราบมีรัศมีไม่น้อยกว่า 200 เมตร ในช่วงวิกฤตยอมให้ใช้รัศมีต่ำสุดได้ 90 เมตร
- กรณีที่มีการยกโค้งจะต้องมีโค้งต่อ (Transition Curve)
- ในช่วงสถานีจะต้องเป็นทางตรง และมีค่าความลาดชัน 0.000%
- ความลาดชันทั่วไปไม่เกิน 3.500%
- ความเร็วในการออกแบบ 80 KPH

แนวเส้นทางของโครงการมีจุดเริ่มต้นโครงการต่อจากจุดสิ้นสุดของโครงการส่วนต่อขยายช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ บริเวณด้านหน้าตลาดยิ่งเจริญ ประมาณซอยพหลโยธิน 52 แนวเส้นทางจะวิ่งไปตามแนวเกาะกลางของถนนพหลโยธิน แล้วเลี้ยวขวาเข้าบริเวณพื้นที่ประตูกรุงเทพ ช่วงกม.ที่ 25 ของถนนพหลโยธิน รัศมีความโค้งประมาณ 200 เมตร แล้วข้ามคลองสองเรื่อยมาเข้าพื้นที่เอกชนฝั่งลำลูกาและตัดขวาเข้าถนนลำลูกกา รัศมีความโค้งประมาณ 800 เมตร บริเวณด้านข้างของสถานีตำรวจภูธรคูคต แลห้วจึงเบี่ยงเข้าเกาะกลางของถนนลำลูกกา จากนั้นแนวเส้นทางผ่านวงแหวนรอบนอกและสิ้นสุดโครงการ บริเวณด้านหน้าบิ๊กซี สาขาลำลูกกา รวมระยะเส้นทางโครงการประมาณ 13.5 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2.1-1



รูปที่ 3.2.1-1 แนวเส้นทางโครงการและตำแหน่งสถานี

3.2.2 ตำแหน่งที่ตั้งสถานี

การกำหนดที่ตั้งสถานีได้พิจารณาให้สอดคล้องกับความต้องการในการเดินทาง จำนวนผู้โดยสาร พื้นที่ที่ให้บริการ การใช้พื้นที่และแผนการจัดการโดยรอบของสถานี รวมถึงการเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบขนส่งอื่น โดยมีหลักเกณฑ์ในการกำหนดที่ตั้งที่สำคัญดังนี้

- ตำแหน่งต้องอยู่ในที่พื้นที่ชุมชน เพื่อให้ประชาชนได้รับความสะดวกที่สุด
- ตำแหน่งของจุดเชื่อมต่อการเดินทางหรือการทำที่จอดรถจะต้องอยู่ใกล้เคียงกับสถานี
- หลีกเลี่ยงตำแหน่งที่จะก่อให้เกิดการบดบังหรือก่อให้เกิดปัญหาทางด้านทัศนียภาพกับสถานที่ราชการและโบราณสถาน
- หลีกเลี่ยงการเวนคืนที่ดิน และหากมีความจำเป็นต้องออกแบบให้มีการเวนคืนน้อยที่สุด

นอกจากนี้ที่ปรึกษาฯ ได้มีการจัดทำการรับฟังความคิดเห็น และเข้าพบกับสถานที่ราชการที่สำคัญต่าง ๆ เพื่อกำหนดตำแหน่งสถานีให้เหมาะสมกับความต้องการ และเพื่อให้สถานีสามารถรองรับการใช้งาน และอำนวยความสะดวกให้ประชาชนมาใช้บริการมากที่สุด สำหรับสถานีรถไฟฟ้าของโครงการ ได้กำหนดไว้จำนวนทั้งสิ้น 8 สถานี ซึ่งประกอบด้วย

สถานี	ชื่อสถานี	CHAINAGE	บริเวณที่ตั้งของสถานี
N21	สถานีโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช (Bhumibol Adulyadej Hospital Station)	1+706.985	บริเวณด้านหน้าโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช และกรมแพทย์ทหารอากาศ
N22	สถานีพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ (Royal Thai Air Force Museum Station)	2+633.500	บริเวณด้านหน้าพิพิธภัณฑ์กองทัพทหารอากาศ
N23	สถานีกม.25 (KM.25 Station)	3+533.201	บริเวณกม. ที่ 25 ของถนนพหลโยธิน
N24	สถานีคูคต (Khu Khot Station)	6+012.638	เยื้องจากสถานีตำรวจคูคตมาทางตะวันตก 200 เมตร
N25	สถานีคลองสาม (Khlong 3 Station)	7+595.118	บริเวณก่อนถึงสะพานข้ามคลองสาม ซอยเสาวรส
N26	สถานีคลองสี่ (Khlong 4 Station)	9+794.493	ก่อนถึงซอยลำลูกกา 55 ประมาณ 100 เมตร

สถานี	ชื่อสถานี	CHAINAGE	บริเวณที่ตั้งของสถานี
N27	สถานีคลองห้า (Khlong 5 Station)	12+228.658	ก่อนถึงเชิงสะพานข้ามคลองห้า ประมาณ 100 เมตร
N28	สถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก (Eastern Outer Ring Road Station)	13+451.146	บริเวณด้านหน้าห้างสรรพสินค้า บิ๊กซี ลำลูกกา

3.2.3 แนวเส้นทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง

จุดเริ่มต้นของแนวเส้นทางเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุงอยู่ด้านหน้าของสถานีตำรวจคูคต (N24) เส้นทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง จะแยกออกจากแนวเส้นทางหลักด้วยรัศมีโค้งราบ 100 เมตร ตัดผ่านพื้นที่ด้านข้างโรงงานมาสเตอร์ซาย ข้ามคลองหกวาและถนนเรียบคลองและเข้าสู่ระดับพื้นอาคารศูนย์ซ่อมบำรุง สำหรับระดับสันรางของทางวิ่งเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุงนั้น ออกด้วยระดับเดียวกับทางวิ่งหลักที่ + 18.00 เมตร จากนั้นจึงลดระดับลงที่ + 11.011 ก่อนข้ามคลองหกวา และลดระดับสันรางลงที่ + 4.00 เมตร เพื่อเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง โดยถนนเรียบคลองหกวาช่วงที่โครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้ายกข้ามผ่าน โครงการดำเนินการปรับปรุงเป็นทางลอด เนื่องจากช่องลอดระหว่างโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้ากับถนนเดิมไม่เพียงพอ

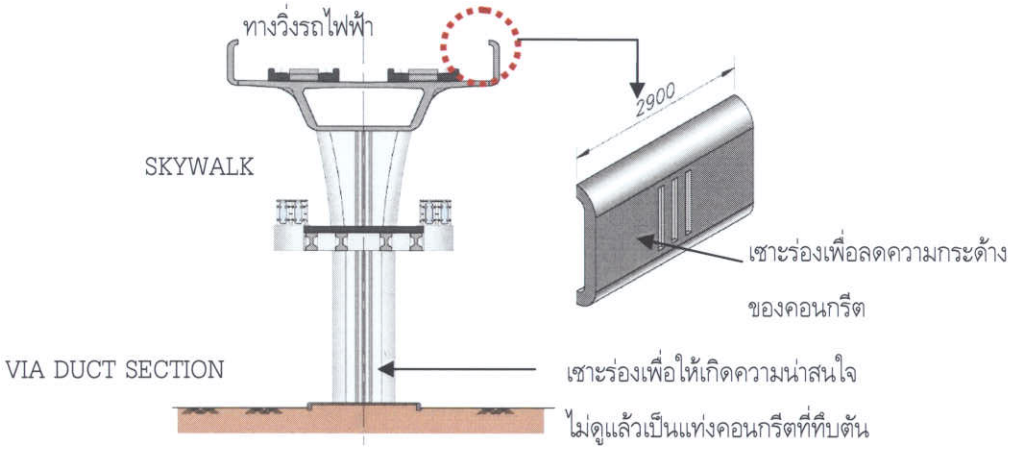
3.3 งานออกแบบรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโครงสร้างทางวิ่งและโครงสร้างอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.3.1 รูปแบบทางด้านสถาปัตยกรรม

การออกแบบรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรมของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับ มีแนวคิดเน้นให้เกิดมุมมองความสวยงามของเสาโครงสร้างและทางวิ่งยกระดับ แต่ยังคงไว้ซึ่งความแข็งแรงของโครงสร้างตามหลักวิศวกรรม มีรายละเอียดดังนี้

- รูปแบบของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับออกแบบให้มีความสอดคล้องกับรูปแบบของสถานี
- การใช้รูปทรงของเสาเป็นรูปคล้ายแคปซูล ทำให้เกิดความรู้สึกเบาโปร่งและทันสมัย การลบมุมของสันเสาโครงสร้างให้โค้งมน เพื่อลดความแข็งกระด้างทำให้เกิดความงามมากขึ้น
- การใช้วิธีเซาะร่องตามแนวดิ่งของเสาโครงสร้าง เพื่อให้เกิดการกระทบของแสงเงา เพิ่มความงามให้กับทัศนียภาพโดยรวมของโครงการและชุมชน และทำให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะสามารถเห็นเสาโครงสร้างในระดับสายตาได้ชัดเจนขึ้นทำให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้น

- ผนังสำเร็จรูปบริเวณทางวิ่งยกระดับที่นำมาติดตั้งตลอดระยะทาง ได้ออกแบบให้มีการเซาะร่องผนัง เพื่อให้เกิดจังหวะที่น่าสนใจแก้ปัญหาความกระด้างของแผ่นผนัง
- โครงสร้างคานของทางวิ่งยกระดับ ออกแบบให้โค้งมนเพื่อสร้างความรู้สึกนุ่มนวลและสอดคล้องกับโครงสร้างเสา



3.3.2 รูปแบบด้านวิศวกรรมของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าช่วงทั่วไป

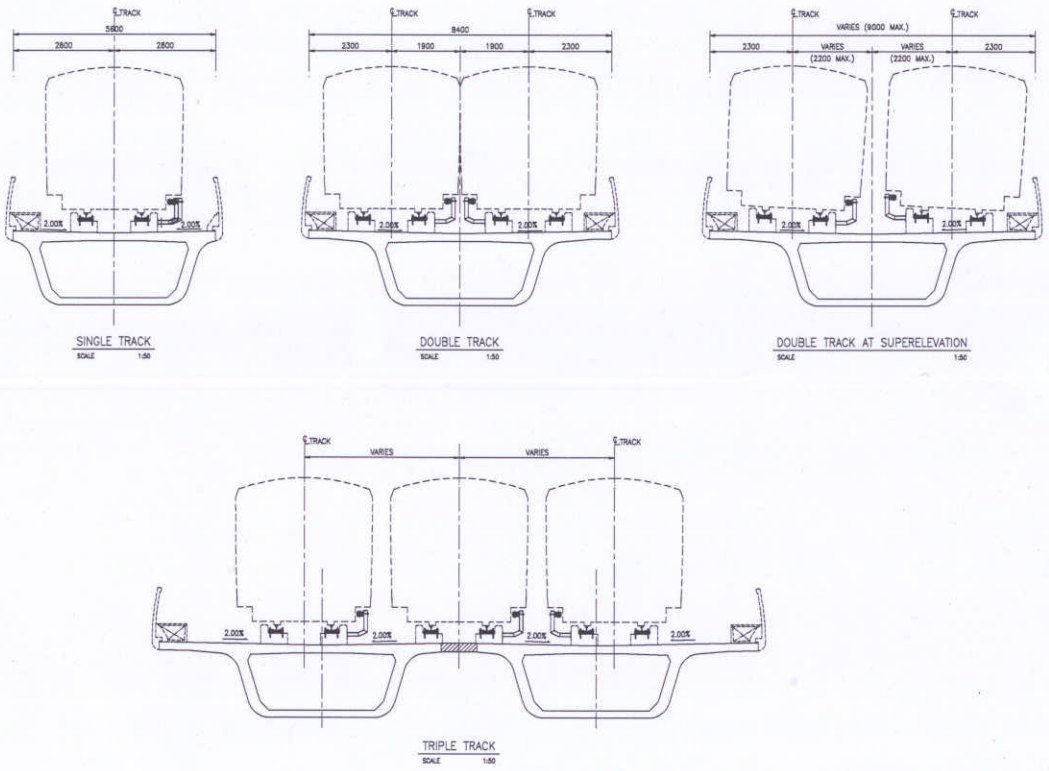
3.3.2.1 รูปตัดและมิติของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า

ที่ปรึกษาเลือกใช้รูปแบบโครงสร้างที่มีรูปตัดและมิติของโครงสร้างสอดคล้องกับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ โดยรูปตัดและมิติของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า มี 4 รูปแบบ คือ

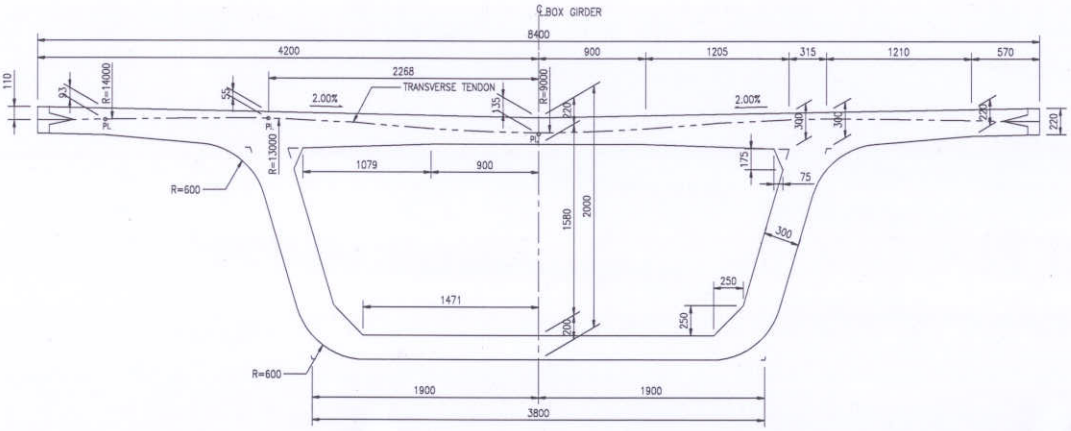
- ระบบรางเดี่ยวจะใช้ระบบคานคอนกรีตรูปกล่องหล่อสำเร็จจากโรงงาน (Segmental Box Girder) มีความกว้างประมาณ 5 เมตร ใช้รองรับระบบรถไฟฟ้า 1 ราง

- ระบบรางคู่ทั่วไปจะใช้ระบบคานคอนกรีตรูปกล่องหล่อสำเร็จจากโรงงาน (Segmental Box Girder) มีความกว้างประมาณ 8.4 เมตร ใช้รองรับระบบรถไฟฟ้า 2 ราง วางห่างกัน 3.8 เมตร จากจุดกึ่งกลางราง
- ระบบรางคู่รับทางโค้งจะใช้ระบบคานคอนกรีตรูปกล่องหล่อสำเร็จจากโรงงาน (Segmental Box Girder) มีความกว้างประมาณ 9 เมตร ใช้รองรับระบบรถไฟฟ้า 2 รางวางห่างกันมากสุดไม่เกิน 4.4 เมตร
- ระบบสามรางจะใช้ระบบคานคอนกรีตรูปกล่องหล่อสำเร็จจากโรงงาน (Segmental Box Girder) ใช้รองรับระบบรถไฟฟ้า 3 ราง

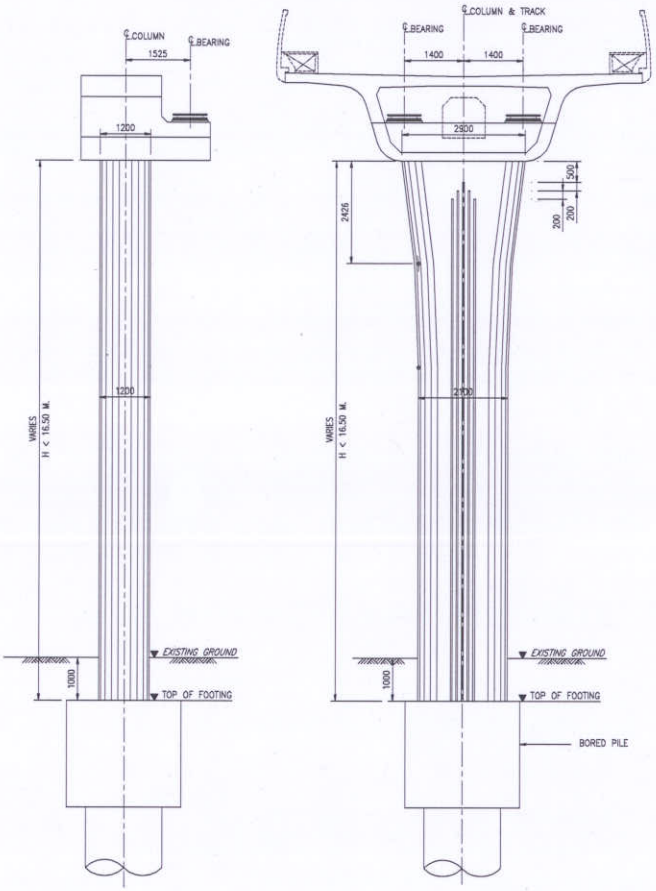
รูปตัดและมิติของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า แสดงในรูปที่ 3.3.2-1 และรูปที่ 3.3.2-2 ส่วนโครงสร้างเสาที่รองรับทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้านั้น ใช้รูปแบบเช่นเดียวกันกับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต — สะพานใหม่ ซึ่งเป็นเสาคอนกรีตขนาดหน้าตัดโดยประมาณ 2.1 x 1.2 เมตร และมีช่วงระยะห่างระหว่างเสา (Span Length) ประมาณ 35 เมตร โดยมีฐานรากเป็นเสาเข็มเดี่ยวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 เมตร รองรับตอม่อและเสาของทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 3.3.2-3



รูปที่ 3.3.2-1 รูปตัดของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าทั่วไป Segmental Box Girder



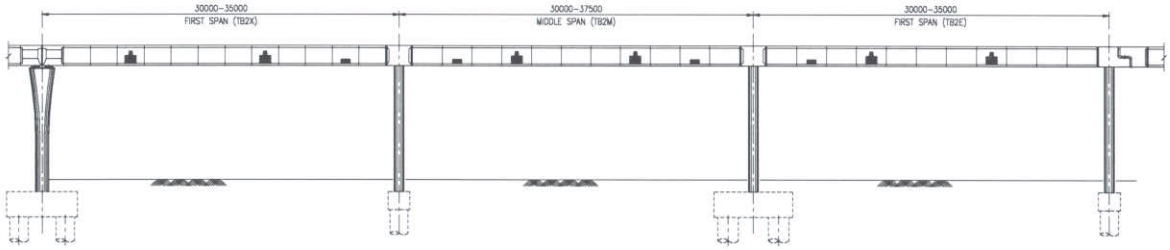
รูปที่ 3.3.2-2 มิติของคานรูปกล่อง



รูปที่ 3.3.2-3 รูปตัดช่วงทั่วไปของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า

3.3.2.2 ความยาวช่วงทั่วไปของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า

ความยาวช่วงทั่วไป (Typical span) ของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า ใช้แบบต่อเนื่อง 3 ช่วง (Continuous 3 Span) ดังรูปที่ 3.3.2-4 ซึ่งเป็นรูปแบบที่เหมาะสม และมีความสอดคล้องกับรูปแบบโครงสร้างของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่



รูปที่ 3.3.2-4 ความยาวช่วงของเสาที่รองรับโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า

3.3.3 รูปตัดและมิติของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้ารูปแบบพิเศษ

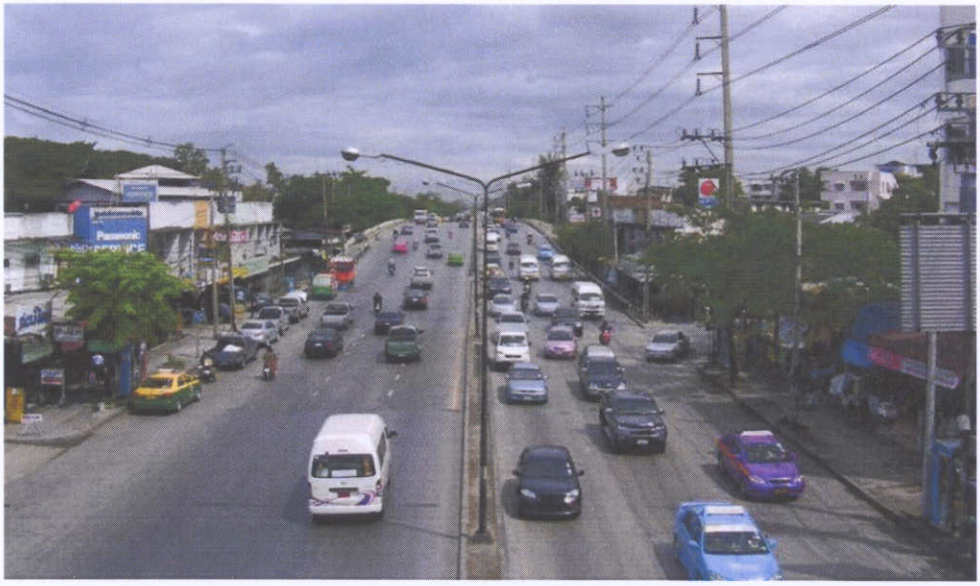
สำหรับโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าช่วงที่ต้องข้ามผ่านสะพานรถยนต์ยกระดับ สะพานข้ามคลอง ช่วงข้ามลำน้ำ และทางแยกต่างๆบนแนวเส้นทาง รวมถึงจุดที่มีโครงการก่อสร้างทางข้ามรถยนต์ยกระดับในอนาคต จำเป็นต้องมีโครงสร้างรูปแบบพิเศษ เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่การวางตอม่อที่ส่งผลให้ความยาวช่วงคานยาวกว่าปกติ ซึ่งมีตำแหน่งที่ต้องพิจารณา 5 ตำแหน่ง ได้แก่

1. ช่วงข้ามคลองบางเขน (ตลาดยิ่งเจริญ)
2. ช่วงข้ามคลองสอง
3. ช่วงข้ามคลองสามและคลองสี่
4. ช่วงข้ามคลองห้า
5. ช่วงข้ามวงแหวนรอบนอกด้านทิศตะวันตก

รายละเอียดเป็นดังนี้

3.3.3.1 ช่วงข้ามคลองบางเขน (ตลาดยิ่งเจริญ)

จากข้อมูลสำรวจพื้นที่บริเวณช่วงคลองบางเขนพบว่า สะพานและถนนบริเวณเชิงลาดมีขนาด 4 ช่องจราจร สำหรับด้านขาออกกรุงเทพฯ และ 3 ช่องจราจรสำหรับด้านขาเข้ากรุงเทพฯ และมีทางเท้าทั้ง 2 ฝั่ง แต่เกาะกลางถนนจะถูกบีบให้เล็กลงเนื่องจากการขยายเป็น 4 ช่องจราจร ทำให้สะพานมีเพียงราวกันชน (Barrier) และถนนมีเพียงเกาะกลางกว้างประมาณ 1.0 เมตร กั้นทิศทางจราจรเท่านั้น รูปที่ 3.3.3-1 แสดงภาพถ่ายบริเวณสะพานข้ามคลองบางเขน เมื่อหันหน้ามองไปในทิศทางออกนอกเมือง รูปที่ 3.3.3-2 แสดงภาพถ่ายของพื้นที่ถนนต่อจากสะพานดังกล่าว ซึ่งด้านขาออกเมือง ถนนได้ขยายจาก 4 ช่องจราจร เป็น 5 ช่องจราจร โดยช่องจราจรด้านซ้ายสุดบังคับให้เลี้ยวซ้ายเข้ากองบิน ถ่ายภาพทางอากาศ (กรมแผนที่ทหาร)



รูปที่ 3.3.3-1 แสดงภาพถ่ายบริเวณสะพานข้ามคลองบางเขน
(เมื่อหันหน้ามองไปในทิศทางออกนอกเมือง)

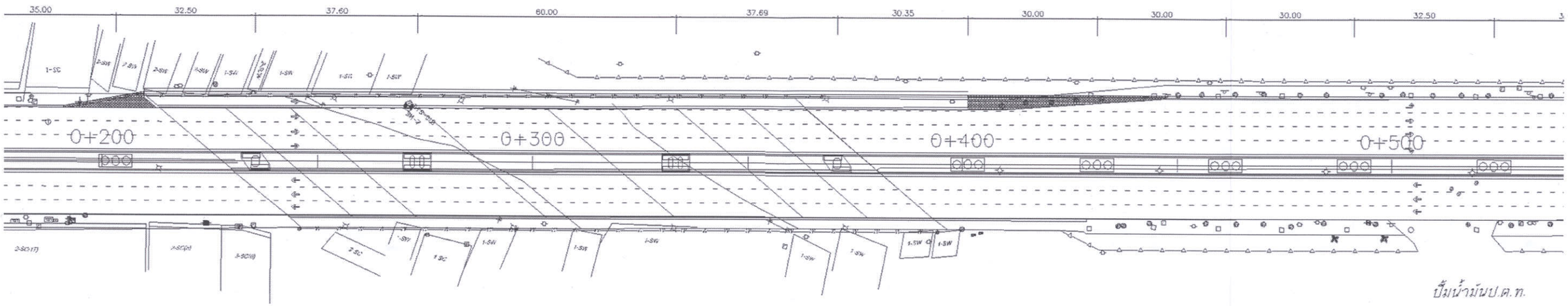
รูปที่ 3.3.3-2 แสดงภาพถ่ายของพื้นที่ถนนต่อจากสะพานข้ามคลองบางเขน
(เมื่อหันหน้ามองไปในทิศทางวิ่งเข้าเมือง)

จากข้อมูลสำรวจโครงสร้างสะพานดังกล่าว พบว่า โครงสร้างสะพานส่วนบนเป็นคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอ มีระยะห่างประมาณ 2.1 เมตร มีช่วงสะพาน 2x15+3x30+2x15 ความยาวรวม 150 เมตร ความยาวสะพานข้างต้นไม่รวมความยาวเชิงลาดสะพาน ซึ่งจากการประสานกับกรมทางหลวงทราบว่า สะพานได้ก่อสร้างมานานแล้ว ทำให้ไม่สามารถหาแบบโครงสร้างสะพานดังกล่าวได้ รูปที่ 3.3.3-3 แสดงภาพถ่ายโครงสร้างสะพานข้ามคลองบางเขน

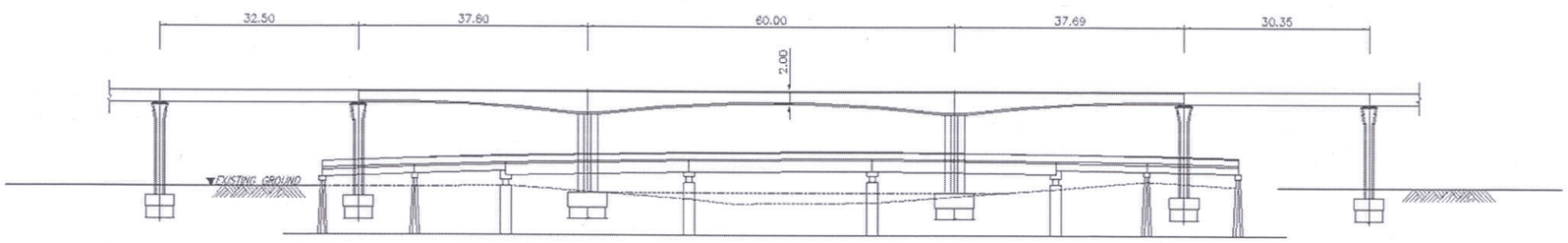
รูปที่ 3.3.3-3 แสดงภาพถ่ายโครงสร้างสะพานข้ามคลองบางเขน

ในการจัดวางโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าช่วงข้ามคลองบางเขน ที่ปรึกษาพิจารณาความเหมาะสมในทุกๆด้าน แล้ว ได้ข้อสรุปว่า ควรใช้เป็นรูปแบบโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้าแบบคานยื่น (Balance Cantilever) ช่วงสะพาน 60 เมตร เนื่องจากมีความเหมาะสมทั้งทางด้านราคาค่าก่อสร้าง วิธีการก่อสร้าง ระยะเวลาการก่อสร้าง และผลกระทบต่อประชาชนด้านการเวนคืน อีกทั้งยังมีความยาวช่วงกลางสะพานที่สามารถก่อสร้างข้ามคลองบางเขนได้โดยไม่ต้องมีตอม่อสะพานวางอยู่ในน้ำ

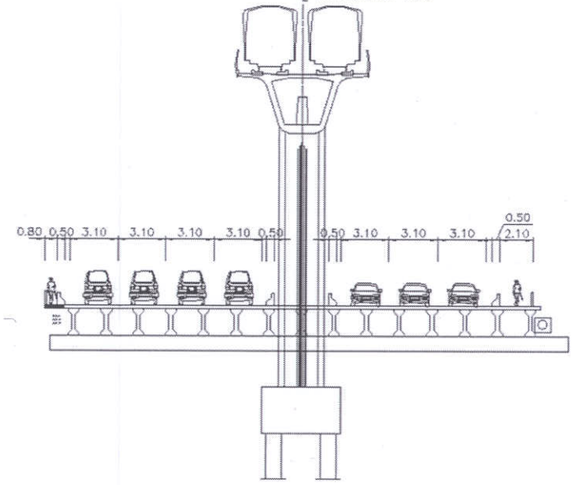
การก่อสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้ารูปแบบนี้ต้องทำการปรับสะพานเดิมบริเวณกลางถนนโดยรื้อคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอออก 1 ตัว เพื่อให้สามารถนำตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้าสอดลงไปได้ รูปที่ 3.3.3-4 แสดงรูปแบบการขยายสะพานให้มีจำนวนช่องจราจรบนสะพานของขาออกจากกรุงเทพมหานคร 4 ช่องจราจรเท่าเดิม โดยนำพื้นที่ทางเท้ามาปรับเป็นถนน และทำโครงสร้างขึ้นมาใหม่เพื่อใช้เป็นทางเท้าทดแทนทางเท้าเดิมที่ถูกใช้เป็นถนน



PLAN
SCALE 1 : 500



ELEVATION
SCALE 1 : 500



SECTION A – A

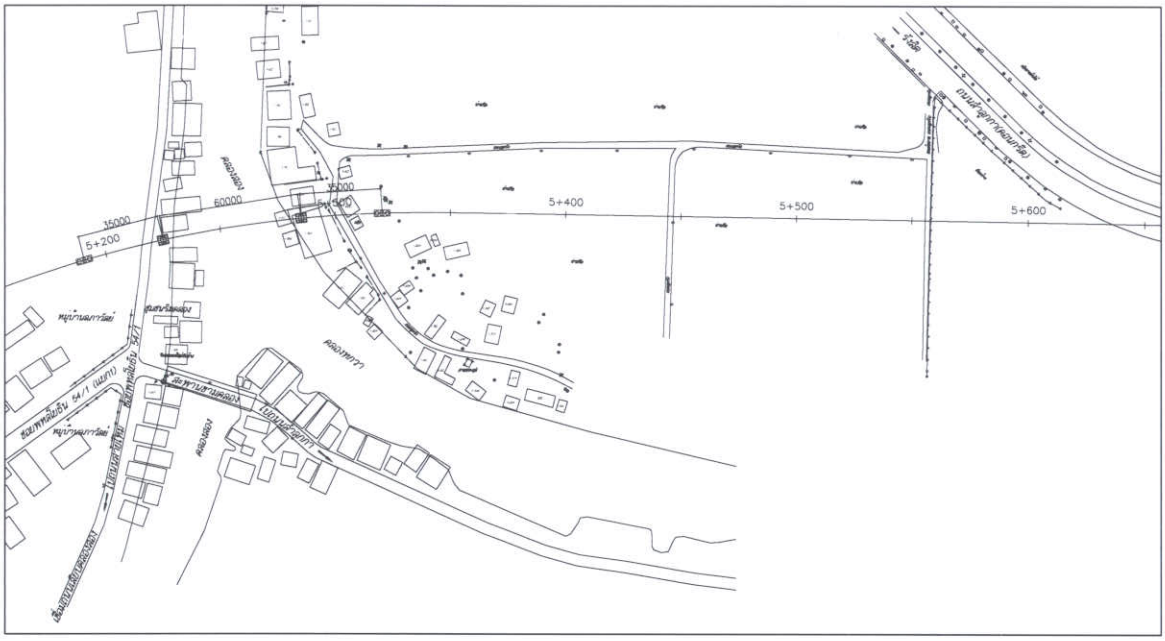
BALANCE CONTINUOUS SPAN 60 M. (4 LANES)
SCALE 1 : 200

รูปที่ 3.3.3-4 รูปแบบการจัดวางตำแหน่งตอม่อ และรูปแบบโครงสร้างข้ามคลองบางเขน

3.3.3.2 ช่วงข้ามคลองสอง

จากการสำรวจพื้นที่บริเวณที่แนวเส้นทางรถไฟฟ้าวิ่งข้ามผ่านบริเวณคลองสอง และจากการสัมภาษณ์ประชาชนที่อาศัยอยู่ริมคลอง พบว่า บริเวณที่แนวเส้นทางรถไฟฟ้าข้ามผ่าน มีบ้านเรือนอาศัยอยู่ริมคลองเป็นจำนวนมาก และมีการใช้เรือหางยาวเป็นพาหนะสัญจรไปมา แต่มีปริมาณการสัญจรน้อย เนื่องจากบนคลองสองทั้งด้านเหนือและด้านใต้ของบริเวณดังกล่าวมีประตูระบายน้ำกั้นอยู่ และบนคลองหกวามีสะพานที่มีระดับความสูงของช่องลอดประมาณ 1 เมตร ขวางอยู่ การสัญจรทางเรือที่เกิดขึ้นเป็นเพียงการเดินทางค้าขายของแม่ค้ากับชาวบ้านที่อาศัยอยู่ริมคลองเท่านั้น รูปที่ 3.3.3-5 แสดงภาพถ่ายบริเวณที่แนวเส้นทางรถไฟฟ้าข้ามผ่านคลองสอง

รูปที่ 3.3.3-5 แสดงภาพถ่ายบริเวณที่แนวเส้นทางรถไฟฟ้าข้ามผ่านคลองสอง



รูปที่ 3.3.3-6 แสดงแปลนของแนวเส้นทางรถไฟฟ้าและตำแหน่งตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้าที่ข้ามผ่านคลองสอง

โครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าในช่วงดังกล่าว เป็นโครงสร้างทางวิ่งแบบคานยื่น (Balance Cantilever) ช่วงสะพาน 60 เมตร ซึ่งเป็นโครงสร้างทางวิ่งที่สามารถข้ามผ่านคลองสองได้โดยไม่มีตอม่อปักอยู่ในลำคลอง ตำแหน่งตอม่อจะอยู่พ้นตลิ่ง รูปที่ 3.3.3-6 แสดงแปลนของแนวเส้นทางรถไฟฟ้าและตำแหน่งตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้าที่ข้ามผ่านคลองสอง

3.3.3.3 ช่วงข้ามคลองสามและคลองสี่

จากข้อมูลสำรวจโครงสร้างสะพานข้ามคลองสามและคลองสี่บนถนนลำลูกกา พบว่า รูปแบบโครงสร้างของสะพานเป็นโครงสร้างสะพานช่วงสั้น มีความยาวช่วงสะพาน 6+8+10+8+6 ความยาวรวม 38 เมตร โครงสร้างสะพานแยกกันในแต่ละทิศทางจราจร โดยมีช่องว่างประมาณ 0.70 เมตร ซึ่งไม่เพียงพอต่อการวางตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้ารูปแบบทั่วไป รูปแบบโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าในช่วงดังกล่าว จึงเป็นโครงสร้างทางวิ่งแบบคานยื่น (Balance Cantilever) ช่วงสะพาน 50 เมตร ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีช่วงสะพานยาวเพียงพอที่สามารถยกข้ามสะพานข้ามคลองสามและคลองสี่ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างสะพานเดิม ทำเพียงการปรับผิวจราจรบริเวณเชิงลาด ส่วนโครงสร้าง Bearing Unit ซึ่งอยู่บริเวณเชิงลาดและเป็นตำแหน่งที่จะต้องวางฐานรากของโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้านั้น งานก่อสร้างเสาเข็มสามารถเจาะทะลุพื้นคอนกรีตของโครงสร้าง Bearing Unit ได้ จึงไม่เป็นอุปสรรคในงานก่อสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้าและไม่ส่งผลเสียต่อ Bearing Unit ของสะพาน

3.3.3.4 ช่วงข้ามคลองห้า

รูปที่ 3.3.3-7 แสดงภาพถ่ายลักษณะโครงสร้างสะพานข้ามคลองห้า ซึ่งเป็นสะพานช่วงสั้น มีความยาวช่วงสะพาน 9x10 เมตร ความยาวรวม 90 เมตร มีทางกลับรถใต้สะพาน 1 จุด ซึ่งสามารถกลับรถได้ทั้ง 2 ทิศทาง โดยเลี้ยวซ้ายเมื่อลงจากสะพานข้ามคลองห้า (ทิศทางมุ่งออกเมือง) เพื่อกลับรถใต้สะพาน พื้นสะพานที่รองรับพื้นถนนเป็นพื้นสะพานแบบหล่อในที่ บริเวณเกาะกลางรองรับด้วยพื้นสะพานแบบ Plank Girder

(ก) โครงสร้างพื้นสะพานบริเวณเกาะกลาง

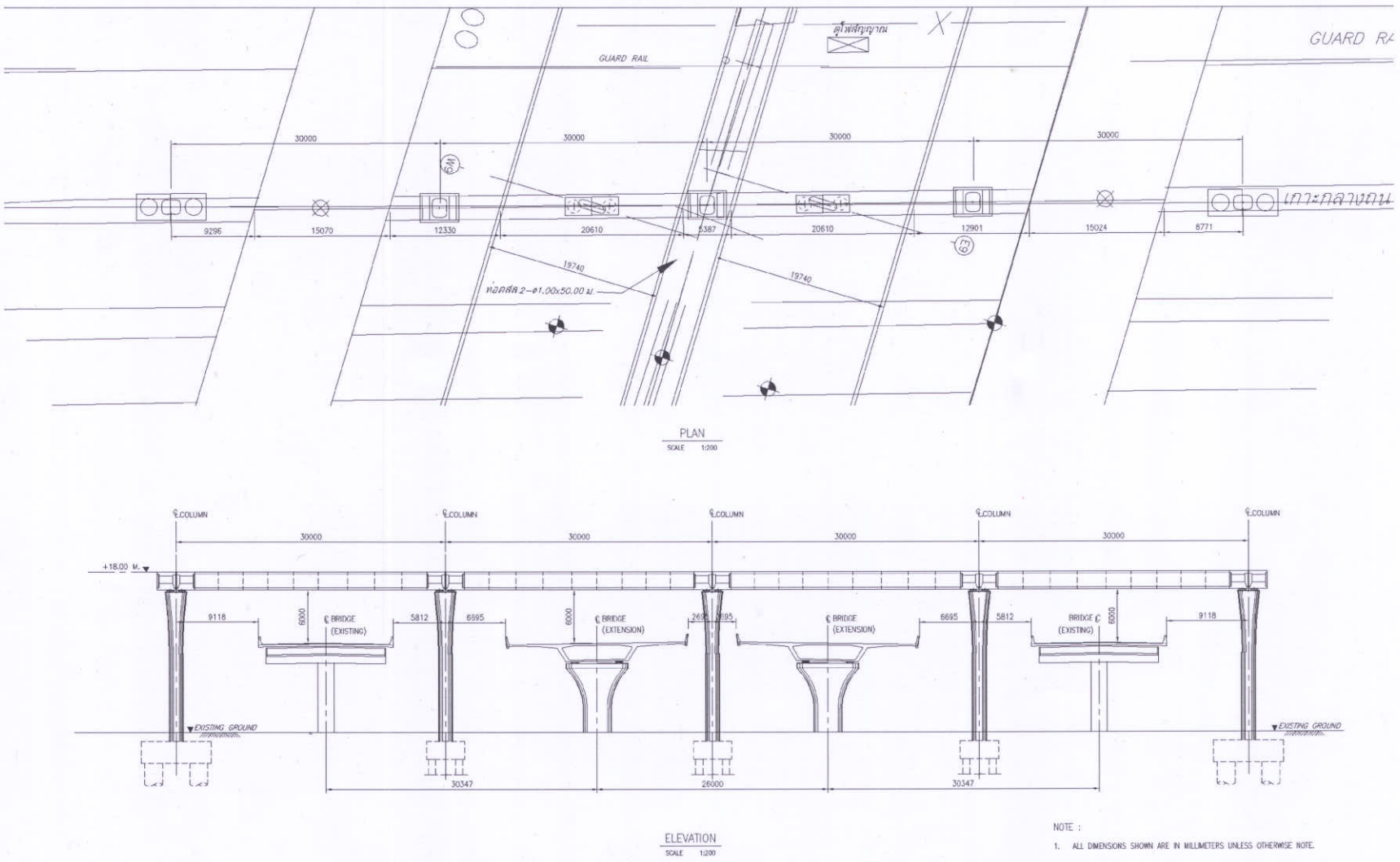
(ข) โครงสร้างพื้นสะพานบริเวณถนน

รูปที่ 3.3.3-7 (ก) และ (ข) ภาพถ่ายลักษณะโครงสร้างสะพานช่วงข้ามคลองห้า

โครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าในช่วงดังกล่าว จึงเป็นโครงสร้างทางวิ่งแบบคานยื่น (Balance Cantilever) ช่วงสะพาน 50 เมตร เช่นเดียวกับช่วงข้ามคลองสามและคลองสี่ เนื่องจากเป็นโครงสร้างทางวิ่งที่สามารถยกข้ามคลองห้าได้ตลอดหน้าตัดลำน้ำ สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างทางวิ่งรูปแบบนี้ต้องทำการรื้อโครงสร้างพื้นสะพานเดิมบริเวณเกาะกลางออกซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นสะพานแบบ Plank Girder เพื่อให้สามารถนำตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้าสอดลงไปได้ และต้องเจาะทะลุพื้นคอนกรีตของโครงสร้าง Bearing Unit บริเวณเชิงลาดสะพานด้วยเช่นกัน ซึ่งงานเสาเข็มสามารถก่อสร้างได้ จึงไม่เป็นอุปสรรคในงานก่อสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า

3.3.3.5 ช่วงข้ามวงแหวนรอบนอกด้านทิศตะวันออก

รูปที่ 3.3.3-8 แสดงการจัดวางตำแหน่งตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้าบริเวณช่วงข้ามวงแหวนรอบนอกด้านทิศตะวันออก ที่ปรึกษาได้ประสานงานขอแบบการขยายระยะสุดท้ายกับกรมทางหลวง เพื่อนำแบบชุดดังกล่าวมาจัดวางตำแหน่งตอม่อของทางวิ่งรถไฟฟ้า ซึ่งจากแบบพบว่าสะพานลอยข้ามถนนลำลูกกาในพื้นที่วงแหวนรอบนอกด้านทิศตะวันออก มีช่องว่างระหว่างราวสะพานกว้างประมาณ 5.3 เมตร ซึ่งเพียงพอสำหรับการวางตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้า โครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้าในช่วงดังกล่าว จึงเป็นโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้ารูปแบบทั่วไปช่วงสะพาน 30 เมตร



รูปที่ 3.3.3-8 แสดงการจัดวางตำแหน่งตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้าช่วงข้ามวงแหวนรอบนอกตะวันออก

3.3.4 งานฐานรากของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า

ฐานรากของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า ที่ปรึกษาออกแบบให้สามารถรองรับโครงสร้างและน้ำหนักบรรทุกจร รวมทั้งแรงด้านข้างที่มากระทำได้อย่างปลอดภัย และมีการทรุดตัวอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงผลกระทบต่อฐานรากที่ไม่ยอมให้ล้ำเข้าไปในผิวจราจร รวมถึงต้องสามารถก่อสร้างได้เร็วเพื่อจะได้คืนผิวจราจรให้เร็วที่สุด รูปแบบฐานรากที่เหมาะสมตามข้อกำหนดดังกล่าว คือ เสาเข็มเจาะเดี่ยวแบบกลม (Bored Pile) ขนาดใหญ่ หรือเสาเข็มเจาะเดี่ยวแบบสี่เหลี่ยม (Barrette Pile) ที่มีปลายเสาเข็มวางตัวอยู่ในชั้นทรายแน่นชั้นที่ 2 หรือเสาเข็มกลุ่ม การใช้เสาเข็มเจาะเดี่ยวขนาดใหญ่ มีข้อได้เปรียบในเรื่องพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างจะน้อยกว่าและประหยัดกว่า และการก่อสร้างสามารถทำได้รวดเร็วกว่า แต่ในกรณีที่มีแรงกระทำด้านข้างสูง เช่น บริเวณช่วงทางโค้งของทางวิ่ง การพิจารณาใช้เสาเข็มกลุ่มจะมีความเหมาะสมกว่า

การออกแบบเสาเข็มต้องพิจารณาทั้งในด้านความสามารถในการรับน้ำหนักในแนวดิ่งและแนวราบ โดยการออกแบบเสาเข็มรับแรงในแนวดิ่งที่ปรึกษาได้คำนึงถึงผลกระทบเนื่องจาก Negative Skin Friction รวมทั้งการลดลงของแรงดันน้ำใต้ดินเนื่องจากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังพิจารณาให้ครอบคลุมถึงกรณีที่แรงดันน้ำใต้ดินกลับคืนสู่สภาพเดิม (hydrostatic) ในอนาคตด้วยเช่นกัน

สำหรับการออกแบบและวิเคราะห์เสาเข็มรับแรงทางด้านข้างที่ปรึกษาใช้วิธี Beam on non-linear Winkler Spring หรือ p-y Curves

3.4 งานออกแบบรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมของสถานีและโครงสร้างอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการเดินรถไฟฟ้าและสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ภายในสถานี

3.4.1 งานสถาปัตยกรรม

3.4.1.1 แนวคิดการออกแบบสถานี

1) การจัดวางผังพื้นของสถานี
   - จัดวางตำแหน่งสถานีบนเกาะกลางถนน โดยแบ่งผังพื้นเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับพื้นดิน ระดับชั้นจำหน่ายตั๋ว และระดับชั้นชานชาลา ตามลำดับ
2) ขนาดของสถานี

   การกำหนดขนาดของสถานีใช้หลักเกณฑ์ ดังนี้
   - กำหนดขนาดของสถานีให้สามารถรองรับขบวนรถไฟฟ้าจำนวน 6 ตู้ ต่อ 1 ขบวน
   - สามารถรองรับจำนวนผู้โดยสารได้อย่างเพียงพอ ทั้งในกรณีปกติและฉุกเฉิน
   - สอดคล้องกับความต้องการพื้นที่ใช้สอยของสถานี ได้แก่ ส่วนของ Operator และส่วนของงานระบบเดินรถ

จากหลักการดังกล่าว ได้กำหนดรูปแบบสถานีตามขนาดที่แตกต่างกันได้ 3 รูปแบบ

รูปแบบ A	ชั้นชานชาลายาว 135 เมตร (ช่วงเสา)	ชั้นจำหน่ายตั๋วยาว 105 เมตร
รูปแบบ B	ชั้นชานชาลายาว 135 เมตร (ช่วงเสา)	ชั้นจำหน่ายตั๋วยาว 120 เมตร
รูปแบบ C	ชั้นชานชาลายาว 135 เมตร (ช่วงเสา)	ชั้นจำหน่ายตั๋วยาว 135 เมตร

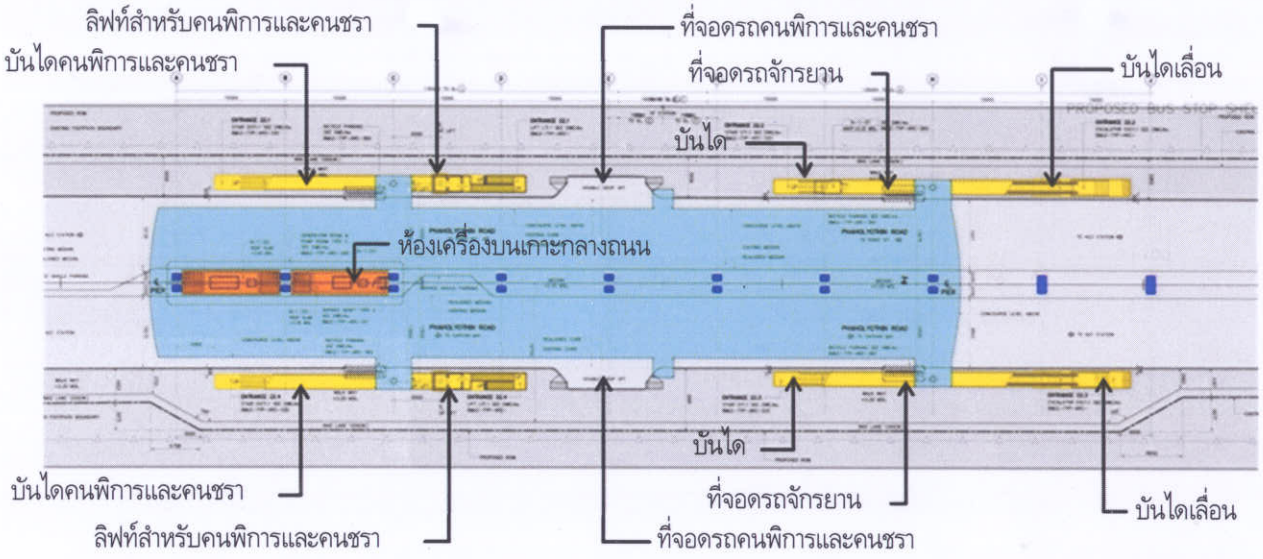
3) คำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่ตั้งสถานี
   - จัดให้มีพื้นที่คลุมดินน้อยที่สุดเพื่อเอื้ออำนวยต่อการระบายอากาศ บริเวณรอบสถานี
   - การจัดตำแหน่งบันได บันไดเลื่อน และลิฟต์ ไม่กีดขวางทางเข้า-ออก ของอาคารโดยรอบ
   - การกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานีไม่ก่อให้เกิดปัญหาการจราจรและสอดคล้องกับสภาพชุมชนโดยรอบ
4) ความปลอดภัย
   - คำนึงถึงการอพยพผู้โดยสาร (Evacuation) ออกจากสถานีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน
   - ออกแบบตามหลักเกณฑ์เพื่อความปลอดภัย เช่น NFPA 130 NFPA 101
   - คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้อาคารทั้งผู้โดยสารและพนักงาน
5) รูปทรงอาคาร
   - ใช้เส้นโค้งเป็นองค์ประกอบหลัก สร้างความรู้สึกของความเคลื่อนไหวและทันสมัย
   - เน้นรูปทรงที่โปร่งเบา
   - มีการใช้รูปลักษณ์ของสถานีเพื่อส่งเสริมเอกลักษณ์ของสภาพแวดล้อมที่ตั้งสถานี
6) การประหยัดพลังงาน
   - ใช้ระบบปรับอากาศเฉพาะส่วนที่จำเป็น
   - รูปทรงที่โปร่ง-โล่ง ทำให้มีการระบายอากาศที่ดี
   - ใช้แสงธรรมชาติเป็นหลักในเวลากลางวัน
7) ความสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ
   - ระยะยื่นของหลังคาสามารถป้องกันแดด-ฝน ได้ดี
8) การใช้วัสดุ-อุปกรณ์
   - เลือกใช้วัสดุที่มีความทนทาน ดูแลรักษาง่าย และมีความปลอดภัย
   - เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงบประมาณ และมีความคุ้มค่า
9) สิ่งอำนวยความสะดวกของคนทุกวัยและคนพิการ
   - ออกแบบในระดับสากล (Universal Design) โดยอำนวยความสะดวกแก่คนทุกวัยและคนพิการ
10) การต่อขยาย
   - ออกแบบให้สามารถต่อขยาย-เพิ่มเติมพื้นที่ใช้สอยได้ในอนาคต และเอื้ออำนวยต่อการเพิ่มทางเข้า-ออกสถานี

3.4.1.2 การจัดวางห้องต่าง ๆ บนสถานี

โดยทั่วไปแบ่งการใช้พื้นที่เป็น 3 ระดับ คือ

1. ชั้น At Grade (ชั้นพื้นดิน)

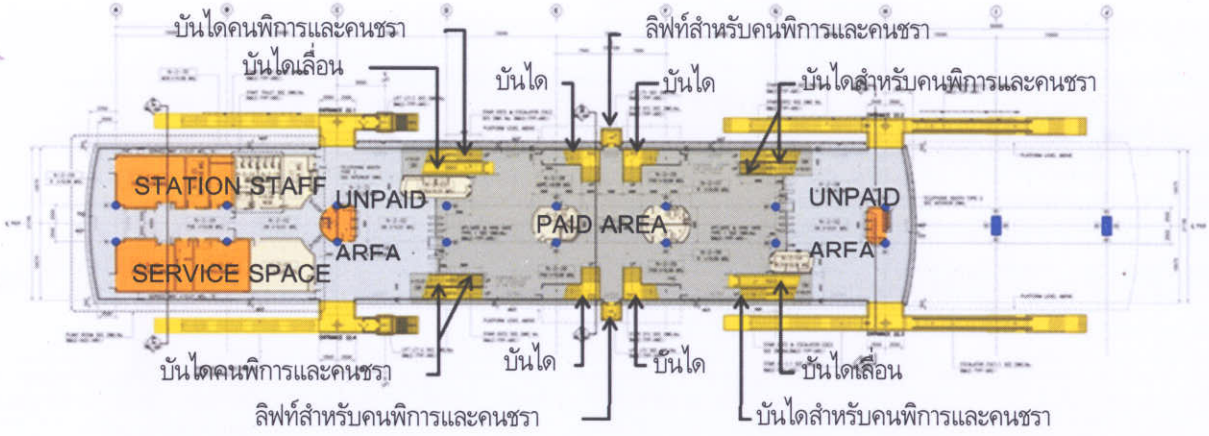
ประกอบด้วยบันไดทางขึ้นสถานี บันไดสำหรับคนพิการและคนชรา บันไดเลื่อน ที่จอดรถจักรยาน, ช่องทางวิ่งรถจักรยาน, หลังคาเชื่อมระหว่างทางลงสถานีกับป้ายรถโดยสาร, ที่จอดรถสำหรับคนพิการ และลิฟต์สำหรับคนพิการและคนชรา เพื่อขึ้นสู่สถานีที่ชั้น Concourse โดยจัดวางห้องเครื่องงานระบบบริเวณเกาะกลางถนนพร้อมจัดให้มีพื้นที่สำหรับจอดรถซ่อมบำรุง



AT GRADE PLAN

2. ชั้น Concourse (ชั้นจำหน่ายตั๋ว)

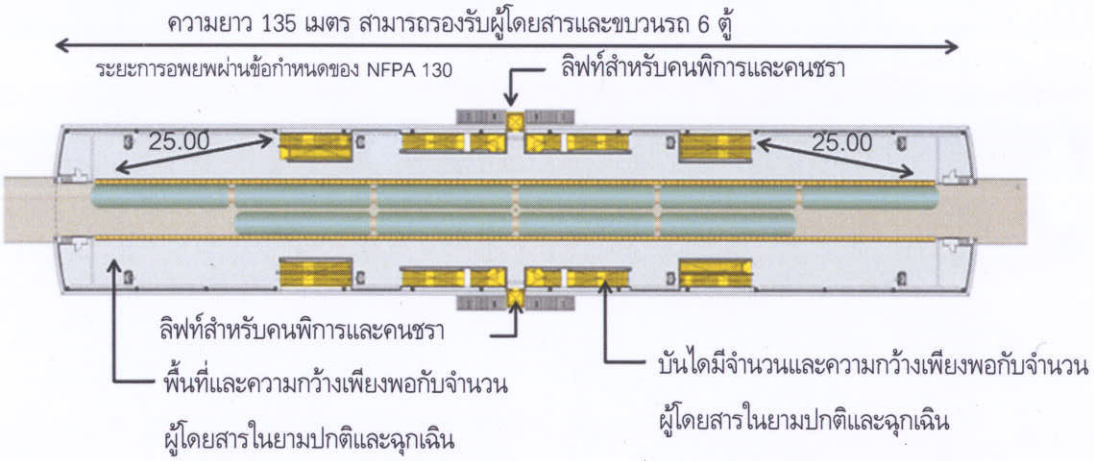
ผู้โดยสารที่ขึ้นมาจากชั้น At Grade จะมาที่ชั้นนี้เพื่อซื้อตั๋วโดยจะเข้ามาในส่วน Unpaid Area หลังจากที่ผ่านการตรวจตั๋วแล้วจะเข้าสู่ส่วน Paid Area และขึ้นสู่ชั้นชานชาลา (ในส่วนพื้นที่ใช้งานของผู้โดยสารแบ่งเป็นส่วน Paid Area และ Unpaid Area โดยส่วนของพนักงานแบ่งเป็น Station Staff และ Service Space ไม่ให้ปะปนกันเพื่อความสะดวกของพนักงาน การซ่อมบำรุง และการดูแลรักษาความปลอดภัย ในส่วนของปลายสถานีทั้ง 2 ด้าน สามารถเชื่อมต่อกับ Skywalk ได้ในอนาคต)



CONCOURSE PLAN

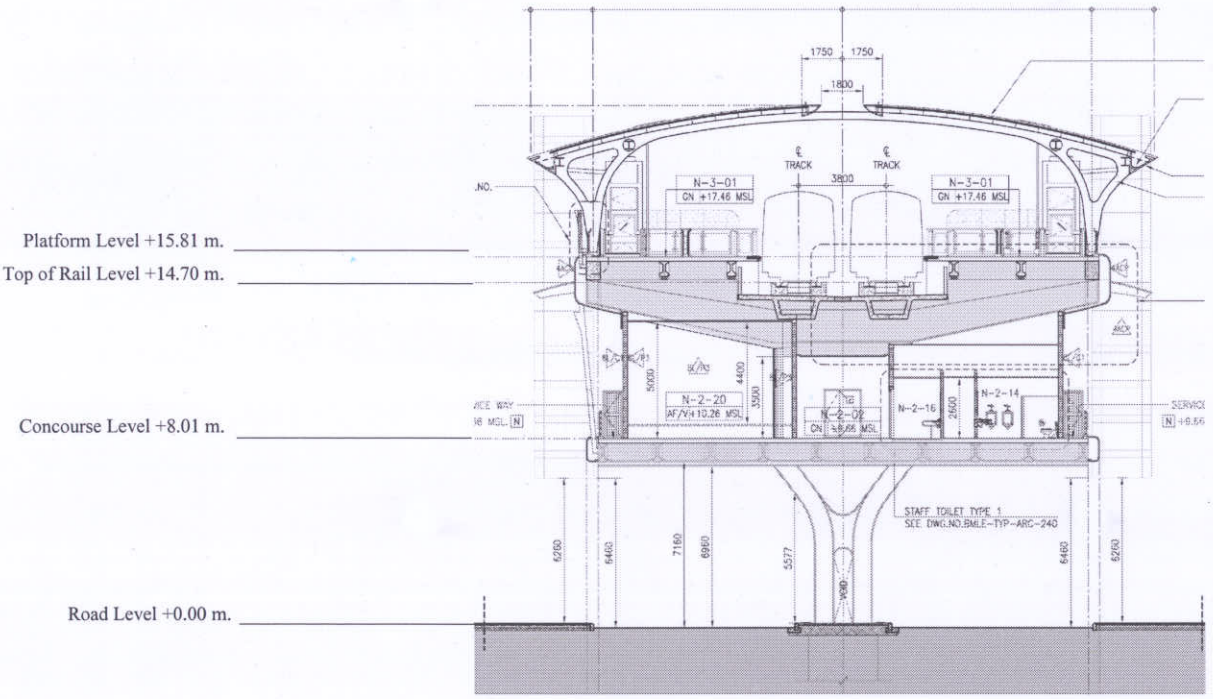
3. ชั้น Platform (ชั้นชานชาลา)

ผู้โดยสารที่ผ่านการตรวจตั๋วในชั้น Concourse เรียบร้อยแล้ว จะขึ้นสู่ชั้นชานชาลา (Platform) โดยบันได บันไดเลื่อน บันไดสำหรับคนพิการและคนชรา และลิฟต์สำหรับคนพิการและคนชรา



PLATFORM PLAN

สำหรับความสูงของสถานีโดยทั่วไประดับสันรางอยู่ที่ระดับ +14.70 เมตร จากระดับพื้นถนน +0.00 เมตร ซึ่งระดับชั้น Concourse อยู่ที่ระดับ +8.01 เมตร และชั้น Platform อยู่ที่ระดับ +15.81 เมตรโดยประมาณ



3.4.1.3 รูปแบบสถานี

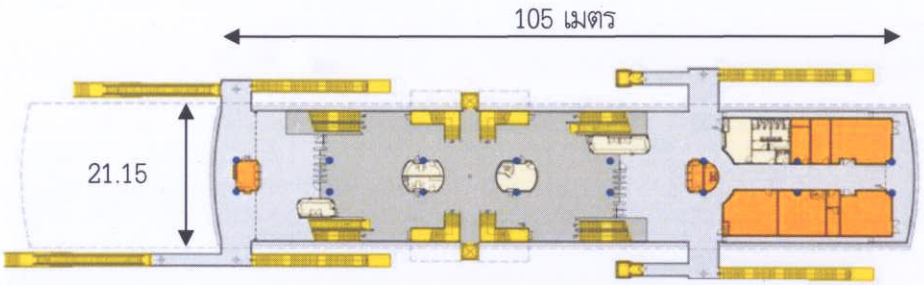
แบ่งรูปแบบสถานีออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

No.	Station Name	Type	Road Level	Level of Station			Top of Rail	Skywalk	Concourse
				At Grade (Footpath)	Concourse	Platform			Paid
N21	Bhumibol Adulyadej Hospital Station	C	+1.50 MSL.	+1.70 MSL.	+9.66 MSL.	+17.46 MSL.	+16.35 MSL.	เข้าในพื้นที่โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดชจากด้านข้างสถานี	790.20
N22	Royal Thai Air Force Museum Station	A	+2.00 MSL.	+2.20 MSL.	+10.01 MSL.	+17.81 MSL.	+16.70 MSL.	-	725.80
N23	KM. 25 Station	B	+2.00 MSL.	+2.20 MSL.	+10.01 MSL.	+17.81 MSL.	+16.70 MSL.	เข้าในพื้นที่ ITF จากด้านข้างสถานี	809.70
N24	Khu Khot Station	C	+2.40 MSL.	+2.60 MSL.	+11.31 MSL.	+19.11 MSL.	+18.00 MSL.	เข้าในพื้นที่ ITF จากด้านข้างสถานี	790.20
N25	Khlong 3 Station	A	+2.45, +3.00 MSL.	+2.65, +3.20 MSL.	+11.31 MSL.	+19.11 MSL.	+18.00 MSL.	-	725.80
N26	Khlong 4 Station	A	+2.45 MSL.	+2.65 MSL.	+11.31 MSL.	+19.11 MSL.	+18.00 MSL.	-	725.80
N27	Khlong 5 Station	A	+3.00 MSL.	+3.20 MSL.	+11.31 MSL.	+19.11 MSL.	+18.00 MSL.	-	725.80
N28	Outer Ring Road Station	C	+3.00 MSL.	+3.20 MSL.	+11.01 MSL.	+18.81 MSL.	+17.70 MSL.	เข้าในพื้นที่ ITF จากด้านข้างสถานี	790.20
Diff.			N/A			1.11			
					7.8				

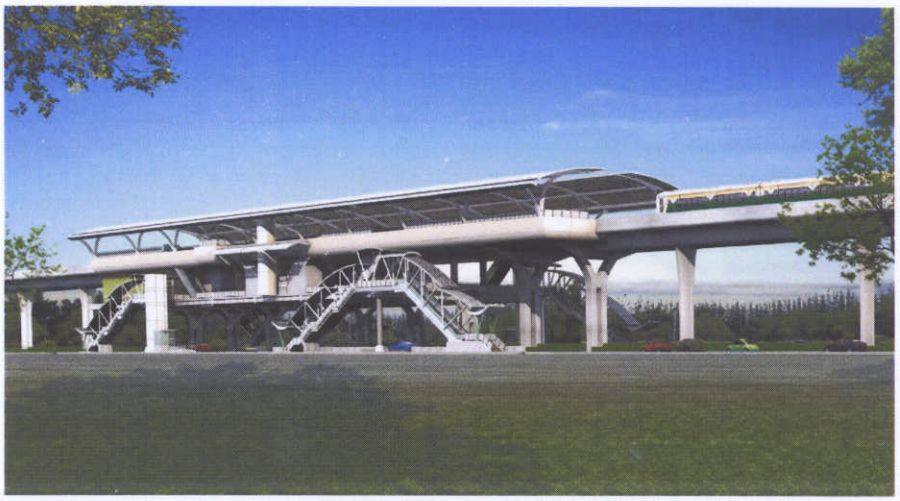
หมายเหตุ : สถานี Type A : ความยาวชั้น Concourse 105 เมตร
B : ความยาวชั้น Concourse 120 เมตร
C : ความยาวชั้น Concourse 135 เมตร

1. สถานี Type A

รูปแบบสถานี	-	Side Platform
ขนาดสถานี	-	ชั้น Concourse กว้าง 21.15 เมตร ยาว 105 เมตร
		ชั้น Platform กว้าง 22.15 เมตร ยาว 135 เมตร
ระยะเสา	-	ชั้น At Grade และ Concourse 15 เมตร
		ชั้น Platform 10.675 เมตร
การรองรับขบวนรถ	-	6 ตู้/ขบวน
สถานีที่ใช้	-	N22, N25, N26 และ N27



แปลนชั้น Concourse

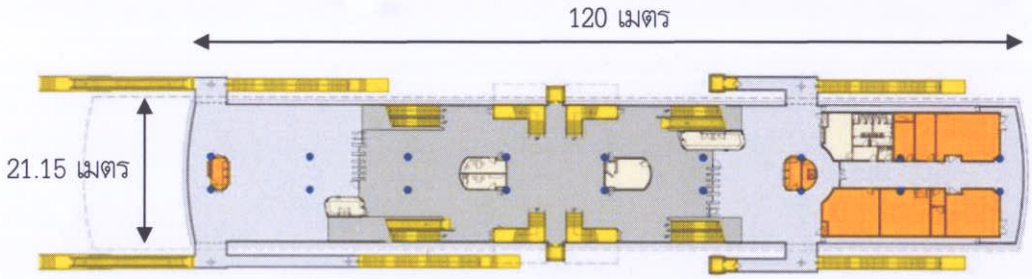


รูปทัศนียภาพสถานี Type A

รูปทัศนียภาพสถานี Type A รูปแบบพิเศษ (N22)

2. สถานี Type B

รูปแบบสถานี	-	Side Platform
ขนาดสถานี	-	ชั้น Concourse กว้าง 21.15 เมตร ยาว 120 เมตร
		ชั้น Platform กว้าง 22.15 เมตร ยาว 135 เมตร
ระยะเสา	-	ชั้น At Grade และ Concourse 15 เมตร
		ชั้น Platform 10.675 เมตร
การรองรับขบวนรถ	-	6 ตู้/ขบวน
สถานีที่ใช้	-	N23

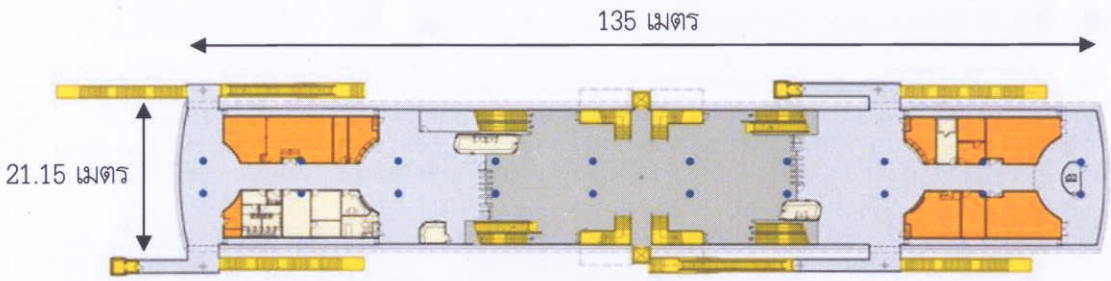


แปลนชั้น Concourse

รูปทัศนียภาพสถานี Type B

3. สถานี Type C

รูปแบบสถานี	-	Side Platform
ขนาดสถานี	-	ชั้น Concourse กว้าง 21.15 เมตร ยาว 135 เมตร
		ชั้น Platform กว้าง 22.15 เมตร ยาว 135 เมตร
ระยะเสา	-	ชั้น At Grade และ Concourse 15 เมตร
		ชั้น Platform 10.675 เมตร
การรองรับขบวนรถ	-	6 ตู้/ขบวน
สถานีที่ใช้	-	N21, N24 และ N28



แปลนชั้น Concourse

รูปทัศนียภาพสถานี Type C

3.4.1.4 สรุปการจัดวางพื้นที่ใช้สอย

การจัดวางห้องต่าง ๆ บนสถานี ปัจจัยที่มากำหนดส่วนใช้สอยและพื้นที่ใช้สอยของสถานี ได้แก่

- รูปแบบสถานี
- ระยะห่างระหว่างสถานี
- ประเภทสถานี ได้แก่ สถานีเปลี่ยนถ่าย ระหว่างทาง หรือปลายทาง

ที่ปรึกษาได้สรุปการจัดพื้นที่ใช้สอยของสถานีในรูปแบบตาราง ดังนี้

ตารางสรุปส่วนใช้สอยในแต่ละสถานี

การแบ่งส่วนต่าง ๆ ในสถานี	No.	รายละเอียด	ชื่อสถานี							
			N21	N22	N23	N24	N25	N26	N27	N28
	A	**At Grade Level**								
Service Space	1	Refuse Storage Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	2	Generator Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	3	Fire Water Tank & Pump Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	B	**Concourse Level**								
Station Staff	4	Station Control Room / Ticket Office	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	5	Cash & Ticket Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	6	Staff Area	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	7	Staff Toilets (Male / Female)	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	8	Disable Toilet	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	9	First Aid Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	10	Police / Security Staff Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	11	Miscellaneous Operation Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	12	Ticket Issuing Machine Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Service Space	13	Refuse Storage Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	14	Station Store Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	15	Station Substation Room 1	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	16	Station Substation Room 2	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	17	Battery Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	18	Communication Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	19	Power Supply Room	◆			◆				◆
	20	Station Cleaner Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	21	Gas Bottle Room	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	22	Traction Substation Room	◆		◆	◆	◆	◆	◆	
	23	Interlocking Room	◆			◆				◆
	24	Interlocking Battery Room	◆			◆				◆
Paid Area	25	Public Area	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Unpaid Area	26	Public Area	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	27	Supervisor								◆
	C	**Platform Level**								
Service Space	28	Emergency Stair, Escalator & Lift	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	29	Platform Service Column	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	30	Platform Area	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆

ตารางแสดงพื้นที่ใช้สอยของสถานี N21

การแบ่งส่วนต่าง ๆ ในสถานี	No.	รายละเอียด	ประมาณพื้นที่เบื้องต้น Minimum (ตร.ม.)	ลักษณะการใช้งาน
	A	**At Grade Level**		
Service Space	1	Refuse Storage Room	6.00	เก็บขยะ, รอการเก็บของรถขยะ กทม.
	2	Generator Room	37.40	ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองและน้ำมันเชื้อเพลิง
	3	Fire Water Tank & Pump Room	66.15	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำสำรองใต้ดิน
	B	**Concourse Level**		
Station Staff	4	Ticket Office	14.10	จำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	5	Station Control Room / Ticket Office	24.50	เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของสถานี งานระบบประกอบอาคาร การติดต่อสื่อสารควบคุมลิฟท์ ควบคุมบันไดเลื่อนรวมถึงการจำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	6	Cash & Ticket Room	21.30	เก็บเงินสด, ตั๋ว, เอกสารสำคัญ ขนถ่ายเงินสดและอุปกรณ์นับเงิน
	7	Staff Area	26.90	ที่เก็บของพนักงาน เอกสาร และที่พักผ่อน ทานอาหาร
	8	Staff Toilets (Male / Female)	37.30	ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ สำหรับพนักงาน
	9	Disable Toilet	4.35	ห้องน้ำ - ส้วม สำหรับผู้โดยสารที่เป็นผู้พิการและคนชรา
	10	First Aid Room	17.10	ที่พักเจ้าหน้าที่ปฐมพยาบาล จัดเก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาลและบางสถานีจะใช้เป็นที่พักของผู้ควบคุมพนักงานเดินรถ
	11	Police / Security Staff Room	12.60	ที่พักเจ้าหน้าที่ตำรวจ และพนักงานรักษาความปลอดภัย
	12	Miscellaneous Operation Room	34.80	ที่พักเจ้าหน้าที่
	13	Ticket Issuing Machine Room (2 ห้อง)	47.65	เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ
Service Space	14	Refuse Storage Room	18.45	เก็บขยะ
	15	Station Store Room	42.00	ห้องเก็บของ
	16	Service Shaft	7.00	ติดตั้งท่อสำหรับระบบอุปกรณ์อาคาร
	17	Station Substation Room 1	47.30	ห้องสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าแรงต่ำให้กับสถานี ประกอบด้วย Auxiliary Transformers, Control Equipment and Relay Panels, 24 kV. Switchgear และ LV Switchboard
	18	Station Substation Room 2	37.60	
	19	Battery Room	21.80	ห้องเก็บ Battery รวมถึง UPS สำหรับงานระบบสื่อสาร
	20	Communication Room	50.05	ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบสื่อสาร
	21	Power Supply Room	25.60	ติดตั้งระบบจ่ายไฟสำรอง
	22	Station Cleaner Room	13.50	เก็บเครื่องมือทำความสะอาด อุปกรณ์และน้ำยา
	23	Gas Bottle Room 1-2 ห้อง	31.15	ติดตั้งถังเก็บสารดับเพลิง
	24	Traction Substation Room	68.35	ห้องสำหรับอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสตรงจ่ายให้ระบบราง
	25	Interlocking Room	58.05	ติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ
	26	Interlocking Battery Room	22.70	ติดตั้ง Battery, Battery Charger สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ระบบอาณัติสัญญาณ
Paid Area	27	Public Area	Varied	-
Unpaid Area	28	Public Area	Varied	-
	29	Supervisor	-	-
	C	**Platform Level**		
Service Space	30	Emergency Stair, Escalator & Lift	-	-
	31	Platform Service Column	-	-
	32	Platform Area	881.5/ข้าง	สำหรับผู้โดยสารที่จะมาใช้รถไฟฟ้าและรองรับผู้โดยสารที่ออกมาจากขบวนรถ

ตารางแสดงพื้นที่ใช้สอยของสถานี N22

การแบ่งส่วนต่าง ๆ ในสถานี	No.	รายละเอียด	ประมาณพื้นที่เบื้องต้น Minimum (ตร.ม.)	ลักษณะการใช้งาน
	A	**At Grade Level**		
Service Space	1	Refuse Storage Room	6.00	เก็บขยะ, รอการเก็บของรถขยะ กทม.
	2	Generator Room	37.40	ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองและน้ำมันเชื้อเพลิง
	3	Fire Water Tank & Pump Room	66.15	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำสำรองใต้ดิน
	B	**Concourse Level**		
Station Staff	4	Ticket Office	14.10	จำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	5	Station Control Room / Ticket Office	24.50	เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของสถานี งานระบบประกอบอาคาร การติดต่อสื่อสารควบคุมลิฟท์ ควบคุมบันไดเลื่อนรวมถึงการจำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	6	Cash & Ticket Room	20.90	เก็บเงินสด, ตั๋ว, เอกสารสำคัญ ขนถ่ายเงินสดและอุปกรณ์นับเงิน
	7	Staff Area	57.20	ที่เก็บของพนักงาน เอกสาร และที่พักผ่อน ทานอาหาร
	8	Staff Toilets (Male / Female)	37.30	ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ สำหรับพนักงาน
	9	Disable Toilet	4.35	ห้องน้ำ - ส้วม สำหรับผู้โดยสารที่เป็นผู้พิการและคนชรา
	10	First Aid Room	13.05	ที่พักเจ้าหน้าที่ปฐมพยาบาล จัดเก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาลและบางสถานีจะใช้เป็นที่พักของผู้ควบคุมพนักงานเดินรถ
	11	Police / Security Staff Room	13.05	ที่พักเจ้าหน้าที่ตำรวจ และพนักงานรักษาความปลอดภัย
	12	Miscellaneous Operation Room	26.70	ที่พักเจ้าหน้าที่
	13	Ticket Issuing Machine Room (2 ห้อง)	20.10	เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ
Service Space	14	Refuse Storage Room	10.50	เก็บขยะ
	15	Station Store Room	31.50	ห้องเก็บของ
	16	Service Shaft	7.00	ติดตั้งท่อสำหรับระบบอุปกรณ์อาคาร
	17	Station Substation Room 1	65.60	ห้องสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าแรงต่ำให้กับสถานี ประกอบด้วย Auxiliary Transformers, Control Equipment and Relay Panels, 24 kV. Switchgear และ LV Switchboard
	18	Station Substation Room 2	52.80	
	19	Battery Room	21.30	ห้องเก็บ Battery รวมถึง UPS สำหรับงานระบบสื่อสาร
	20	Communication Room	51.65	ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบสื่อสาร
	21	Power Supply Room	-	ติดตั้งระบบจ่ายไฟสำรอง
	22	Station Cleaner Room	22.30	เก็บเครื่องมือทำความสะอาด อุปกรณ์และน้ำยา
	23	Gas Bottle Room 1-2 ห้อง	15.45	ติดตั้งถังเก็บสารดับเพลิง
	24	Traction Substation Room	-	ห้องสำหรับอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสตรงจ่ายให้ระบบราง
	25	Interlocking Room	-	ติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ
	26	Interlocking Battery Room	-	ติดตั้ง Battery, Battery Charger สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ระบบอาณัติสัญญาณ
Paid Area	27	Public Area	Varied	-
Unpaid Area	28	Public Area	Varied	-
	29	Supervisor	-	
	C	**Platform Level**		
Service Space	30	Emergency Stair, Escalator & Lift	-	-
	31	Platform Service Column	-	-
	32	Platform Area	881.5/ข้าง	สำหรับผู้โดยสารที่จะมาใช้รถไฟฟ้าและรองรับผู้โดยสารที่ออกมาจากขบวนรถ

ตารางแสดงพื้นที่ใช้สอยของสถานี N23

การแบ่งส่วนต่าง ๆ ในสถานี	No.	รายละเอียด	ประมาณพื้นที่เบื้องต้น Minimum (ตร.ม.)	ลักษณะการใช้งาน
	A	**At Grade Level**		
Service Space	1	Refuse Storage Room	6.00	เก็บขยะ, รอการเก็บของรถขยะ กทม.
	2	Generator Room	37.40	ติดตั้งเครื่องทำเนิดไฟฟ้าสำรองและน้ำมันเชื้อเพลิง
	3	Fire Water Tank & Pump Room	66.15	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำสำรองใต้ดิน
	B	**Concourse Level**		
Station Staff	4	Ticket Office	14.10	จำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	5	Station Control Room / Ticket Office	24.50	เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของสถานี งานระบบประกอบอาคาร การติดต่อสื่อสารควบคุมลิฟท์ ควบคุมบันไดเลื่อนรวมถึงการจำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	6	Cash & Ticket Room	20.90	เก็บเงินสด, ตั๋ว, เอกสารสำคัญ ขนถ่ายเงินสดและอุปกรณ์นับเงิน
	7	Staff Area	26.05	ที่เก็บของพนักงาน เอกสาร และที่พักผ่อน ทานอาหาร
	8	Staff Toilets (Male / Female)	37.30	ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ สำหรับพนักงาน
	9	Disable Toilet	4.35	ห้องน้ำ - ส้วม สำหรับผู้โดยสารที่เป็นผู้พิการและคนชรา
	10	First Aid Room	13.05	ที่พักเจ้าหน้าที่ปฐมพยาบาล จัดเก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาลและบางสถานีจะใช้เป็นที่พักของผู้ควบคุมพนักงานเดินรถ
	11	Police / Security Staff Room	13.05	ที่พักเจ้าหน้าที่ตำรวจ และพนักงานรักษาความปลอดภัย
	12	Miscellaneous Operation Room	18.00	ที่พักเจ้าหน้าที่
	13	Ticket Issuing Machine Room (2 ห้อง)	20.10	เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ
Service Space	14	Refuse Storage Room	10.50	เก็บขยะ
	15	Station Store Room	49.20	ห้องเก็บของ
	16	Service Shaft	7.00	ติดตั้งท่อสำหรับระบบอุปกรณ์อาคาร
	17	Station Substation Room 1	47.30	ห้องสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าแรงต่ำให้กับสถานี ประกอบด้วย Auxiliary Transformers, Control Equipment and Relay Panels, 24 kV. Switchgear และ LV Switchboard
	18	Station Substation Room 2	37.60	
	19	Battery Room	21.30	ห้องเก็บ Battery รวมถึง UPS สำหรับงานระบบสื่อสาร
	20	Communication Room	48.40	ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบสื่อสาร
	21	Power Supply Room	20.00	ติดตั้งระบบจ่ายไฟสำรอง
	22	Station Cleaner Room	10.50	เก็บเครื่องมือทำความสะอาด อุปกรณ์และน้ำยา
	23	Gas Bottle Room 1-2 ห้อง	12.70	ติดตั้งถังเก็บสารดับเพลิง
	24	Traction Substation Room	108.90	ห้องสำหรับอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสตรงจ่ายให้ระบบราง
	25	Interlocking Room	-	ติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ
	26	Interlocking Battery Room	-	ติดตั้ง Battery, Battery Charger สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ระบบอาณัติสัญญาณ
Paid Area	27	Public Area	Varied	-
Unpaid Area	28	Public Area	Varied	-
	29	Supervisor	-	
	C	**Platform Level**		
Service Space	30	Emergency Stair, Escalator & Lift	-	-
	31	Platform Service Column	-	-
	32	Platform Area	881.5/ข้าง	สำหรับผู้โดยสารที่จะมาใช้รถไฟฟ้าและรองรับผู้โดยสารที่ออกมาจากขบวนรถ

ตารางแสดงพื้นที่ใช้สอยของสถานี N24

การแบ่งส่วนต่าง ๆ ในสถานี	No.	รายละเอียด	ประมาณพื้นที่เบื้องต้น Minimum (ตร.ม.)	ลักษณะการใช้งาน
	A	**At Grade Level**		
Service Space	1	Refuse Storage Room	6.00	เก็บขยะ, รอการเก็บของรถขยะ กทม.
	2	Generator Room	37.40	ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองและน้ำมันเชื้อเพลิง
	3	Fire Water Tank & Pump Room	66.15	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำสำรองใต้ดิน
	B	**Concourse Level**		
Station Staff	4	Ticket Office	14.10	จำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	5	Station Control Room / Ticket Office	24.50	เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของสถานี งานระบบประกอบอาคาร การติดต่อสื่อสารควบคุมลิฟท์ ควบคุมบันไดเลื่อนรวมถึงการจำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	6	Cash & Ticket Room	21.30	เก็บเงินสด, ตั๋ว, เอกสารสำคัญ ขนถ่ายเงินสดและอุปกรณ์นับเงิน
	7	Staff Area	26.90	ที่เก็บของพนักงาน เอกสาร และที่พักผ่อน ทานอาหาร
	8	Staff Toilets (Male / Female)	37.30	ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ สำหรับพนักงาน
	9	Disable Toilet	4.35	ห้องน้ำ - ส้วม สำหรับผู้โดยสารที่เป็นผู้พิการและคนชรา
	10	First Aid Room	17.10	ที่พักเจ้าหน้าที่ปฐมพยาบาล จัดเก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาลและบางสถานีจะใช้เป็นที่พักของผู้ควบคุมพนักงานเดินรถ
	11	Police / Security Staff Room	12.60	ที่พักเจ้าหน้าที่ตำรวจ และพนักงานรักษาความปลอดภัย
	12	Miscellaneous Operation Room	34.80	ที่พักเจ้าหน้าที่
	13	Ticket Issuing Machine Room (2 ห้อง)	47.65	เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ
Service Space	14	Refuse Storage Room	18.45	เก็บขยะ
	15	Station Store Room	42.00	ห้องเก็บของ
	16	Service Shaft	7.00	ติดตั้งท่อสำหรับระบบอุปกรณ์อาคาร
	17	Station Substation Room 1	47.30	ห้องสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าแรงต่ำให้กับสถานี ประกอบด้วย Auxiliary Transformers, Control Equipment and Relay Panels, 24 kV. Switchgear และ LV Switchboard
	18	Station Substation Room 2	37.60	
	19	Battery Room	21.80	ห้องเก็บ Battery รวมถึง UPS สำหรับงานระบบสื่อสาร
	20	Communication Room	50.05	ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบสื่อสาร
	21	Power Supply Room	25.60	ติดตั้งระบบจ่ายไฟสำรอง
	22	Station Cleaner Room	13.50	เก็บเครื่องมือทำความสะอาด อุปกรณ์และน้ำยา
	23	Gas Bottle Room 1-2 ห้อง	31.15	ติดตั้งถังเก็บสารดับเพลิง
	24	Traction Substation Room	68.35	ห้องสำหรับอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสตรงจ่ายให้ระบบราง
	25	Interlocking Room	58.35	ติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ
	26	Interlocking Battery Room	22.70	ติดตั้ง Battery, Battery Charger สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ระบบอาณัติสัญญาณ
Paid Area	27	Public Area	Varied	-
Unpaid Area	28	Public Area	Varied	-
	29	Supervisor	-	
	C	**Platform Level**		
Service Space	30	Emergency Stair, Escalator & Lift	-	-
	31	Platform Service Column	-	-
	32	Platform Area	881.5/ข้าง	สำหรับผู้โดยสารที่จะมาใช้รถไฟฟ้าและรองรับผู้โดยสารที่ออกมาจากขบวนรถ

ตารางแสดงพื้นที่ใช้สอยของสถานี N25

การแบ่งส่วนต่าง ๆ ในสถานี	No.	รายละเอียด	ประมาณพื้นที่เบื้องต้น Minimum (ตร.ม.)	ลักษณะการใช้งาน
	A	**At Grade Level**		
Service Space	1	Refuse Storage Room	6.00	เก็บขยะ, รอการเก็บของรถขยะ กทม.
	2	Generator Room	37.40	ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองและน้ำมันเชื้อเพลิง
	3	Fire Water Tank & Pump Room	66.15	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำสำรองใต้ดิน
	B	**Concourse Level**		
Station Staff	4	Ticket Office	14.10	จำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	5	Station Control Room / Ticket Office	24.50	เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของสถานี งานระบบประกอบอาคาร การติดต่อสื่อสารควบคุมลิฟท์ ควบคุมบันไดเลื่อนรวมถึงการจำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	6	Cash & Ticket Room	20.90	เก็บเงินสด, ตั๋ว, เอกสารสำคัญ ขนถ่ายเงินสดและอุปกรณ์นับเงิน
	7	Staff Area	26.05	ที่เก็บของพนักงาน เอกสาร และที่พักผ่อน ทานอาหาร
	8	Staff Toilets (Male / Female)	37.30	ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ สำหรับพนักงาน
	9	Disable Toilet	4.35	ห้องน้ำ - ส้วม สำหรับผู้โดยสารที่เป็นผู้พิการและคนชรา
	10	First Aid Room	13.05	ที่พักเจ้าหน้าที่ปฐมพยาบาล จัดเก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาลและบางสถานีจะใช้เป็นที่พักของผู้ควบคุมพนักงานเดินรถ
	11	Police / Security Staff Room	13.05	ที่พักเจ้าหน้าที่ตำรวจ และพนักงานรักษาความปลอดภัย
	12	Miscellaneous Operation Room	18.20	ที่พักเจ้าหน้าที่
	13	Ticket Issuing Machine Room (2 ห้อง)	25.10	เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ
Service Space	14	Refuse Storage Room	10.50	เก็บขยะ
	15	Station Store Room	91.50	ห้องเก็บของ
	16	Service Shaft	7.00	ติดตั้งท่อสำหรับระบบอุปกรณ์อาคาร
	17	Station Substation Room 1	47.30	ห้องสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าแรงต่ำให้กับสถานี ประกอบด้วย Auxiliary Transformers, Control Equipment and Relay Panels, 24 kV. Switchgear และ LV Switchboard
	18	Station Substation Room 2	37.60	
	19	Battery Room	21.30	ห้องเก็บ Battery รวมถึง UPS สำหรับงานระบบสื่อสาร
	20	Communication Room	48.40	ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบสื่อสาร
	21	Power Supply Room	-	ติดตั้งระบบจ่ายไฟสำรอง
	22	Station Cleaner Room	18.55	เก็บเครื่องมือทำความสะอาด อุปกรณ์และน้ำยา
	23	Gas Bottle Room 1-2 ห้อง	12.70	ติดตั้งถังเก็บสารดับเพลิง
	24	Traction Substation Room	108.90	ห้องสำหรับอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสตรงจ่ายให้ระบบราง
	25	Interlocking Room	-	ติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ
	26	Interlocking Battery Room	-	ติดตั้ง Battery, Battery Charger สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ระบบอาณัติสัญญาณ
Paid Area	27	Public Area	Varied	-
Unpaid Area	28	Public Area	Varied	-
	29	Supervisor	-	
	C	**Platform Level**		
Service Space	30	Emergency Stair, Escalator & Lift	-	-
	31	Platform Service Column	-	-
	32	Platform Area	881.5/ข้าง	สำหรับผู้โดยสารที่จะมาใช้รถไฟฟ้าและรองรับผู้โดยสารที่ออกมาจากขบวนรถ

ตารางแสดงพื้นที่ใช้สอยของสถานี N26

การแบ่งส่วนต่าง ๆ ในสถานี	No.	รายละเอียด	ประมาณพื้นที่เบื้องต้น Minimum (ตร.ม.)	ลักษณะการใช้งาน
	A	**At Grade Level**		
Service Space	1	Refuse Storage Room	6.00	เก็บขยะ, รอการเก็บของรถขยะ กทม.
	2	Generator Room	37.40	ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองและน้ำมันเชื้อเพลิง
	3	Fire Water Tank & Pump Room	66.15	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำสำรองใต้ดิน
	B	**Concourse Level**		
Station Staff	4	Ticket Office	14.10	จำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	5	Station Control Room / Ticket Office	24.50	เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของสถานี งานระบบประกอบอาคาร การติดต่อสื่อสารควบคุมลิฟท์ ควบคุมบันไดเลื่อนรวมถึงการจำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	6	Cash & Ticket Room	20.90	เก็บเงินสด, ตั๋ว, เอกสารสำคัญ ขนถ่ายเงินสดและอุปกรณ์นับเงิน
	7	Staff Area	26.05	ที่เก็บของพนักงาน เอกสาร และที่พักผ่อน ทานอาหาร
	8	Staff Toilets (Male / Female)	37.30	ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ สำหรับพนักงาน
	9	Disable Toilet	4.35	ห้องน้ำ - ส้วม สำหรับผู้โดยสารที่เป็นผู้พิการและคนชรา
	10	First Aid Room	13.05	ที่พักเจ้าหน้าที่ปฐมพยาบาล จัดเก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาลและบางสถานีจะใช้เป็นที่พักของผู้ควบคุมพนักงานเดินรถ
	11	Police / Security Staff Room	13.05	ที่พักเจ้าหน้าที่ตำรวจ และพนักงานรักษาความปลอดภัย
	12	Miscellaneous Operation Room	18.20	ที่พักเจ้าหน้าที่
	13	Ticket Issuing Machine Room (2 ห้อง)	25.10	เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ
Service Space	14	Refuse Storage Room	10.50	เก็บขยะ
	15	Station Store Room	91.50	ห้องเก็บของ
	16	Service Shaft	7.00	ติดตั้งท่อสำหรับระบบอุปกรณ์อาคาร
	17	Station Substation Room 1	47.30	ห้องสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าแรงต่ำให้กับสถานี ประกอบด้วย Auxiliary Transformers, Control Equipment and Relay Panels, 24 kV. Switchgear และ LV Switchboard
	18	Station Substation Room 2	37.60	
	19	Battery Room	21.30	ห้องเก็บ Battery รวมถึง UPS สำหรับงานระบบสื่อสาร
	20	Communication Room	48.40	ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบสื่อสาร
	21	Power Supply Room	-	ติดตั้งระบบจ่ายไฟสำรอง
	22	Station Cleaner Room	18.55	เก็บเครื่องมือทำความสะอาด อุปกรณ์และน้ำยา
	23	Gas Bottle Room 1-2 ห้อง	12.70	ติดตั้งถังเก็บสารดับเพลิง
	24	Traction Substation Room	108.90	ห้องสำหรับอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสตรงจ่ายให้ระบบราง
	25	Interlocking Room	-	ติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ
	26	Interlocking Battery Room	-	ติดตั้ง Battery, Battery Charger สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ระบบอาณัติสัญญาณ
Paid Area	27	Public Area	Varied	-
Unpaid Area	28	Public Area	Varied	-
	29	Supervisor	-	
	C	**Platform Level**		
Service Space	30	Emergency Stair, Escalator & Lift	-	-
	31	Platform Service Column	-	-
	32	Platform Area	881.5/ข้าง	สำหรับผู้โดยสารที่จะมาใช้รถไฟฟ้าและรองรับผู้โดยสารที่ออกมาจากขบวนรถ

ตารางแสดงพื้นที่ใช้สอยของสถานี N27

การแบ่งส่วนต่าง ๆ ในสถานี	No.	รายละเอียด	ประมาณพื้นที่เบื้องต้น Minimum (ตร.ม.)	ลักษณะการใช้งาน
	A	**At Grade Level**		
Service Space	1	Refuse Storage Room	6.00	เก็บขยะ, รอการเก็บของรถขยะ กทม.
	2	Generator Room	37.40	ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองและน้ำมันเชื้อเพลิง
	3	Fire Water Tank & Pump Room	66.15	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำสำรองใต้ดิน
	B	**Concourse Level**		
Station Staff	4	Ticket Office	14.10	จำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	5	Station Control Room / Ticket Office	24.50	เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของสถานี งานระบบประกอบอาคาร การติดต่อสื่อสารควบคุมลิฟท์ ควบคุมบันไดเลื่อนรวมถึงการจำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	6	Cash & Ticket Room	20.90	เก็บเงินสด, ตั๋ว, เอกสารสำคัญ ขนถ่ายเงินสดและอุปกรณ์นับเงิน
	7	Staff Area	26.05	ที่เก็บของพนักงาน เอกสาร และที่พักผ่อน ทานอาหาร
	8	Staff Toilets (Male / Female)	37.30	ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ สำหรับพนักงาน
	9	Disable Toilet	4.35	ห้องน้ำ - ส้วม สำหรับผู้โดยสารที่เป็นผู้พิการและคนชรา
	10	First Aid Room	13.05	ที่พักเจ้าหน้าที่ปฐมพยาบาล จัดเก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาลและบางสถานีจะใช้เป็นที่พักของผู้ควบคุมพนักงานเดินรถ
	11	Police / Security Staff Room	13.05	ที่พักเจ้าหน้าที่ตำรวจ และพนักงานรักษาความปลอดภัย
	12	Miscellaneous Operation Room	18.20	ที่พักเจ้าหน้าที่
	13	Ticket Issuing Machine Room (2 ห้อง)	20.10	เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ
Service Space	14	Refuse Storage Room	10.50	เก็บขยะ
	15	Station Store Room	91.50	ห้องเก็บของ
	16	Service Shaft	7.00	ติดตั้งท่อสำหรับระบบอุปกรณ์อาคาร
	17	Station Substation Room 1	47.30	ห้องสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าแรงต่ำให้กับสถานี ประกอบด้วย Auxiliary Transformers, Control Equipment and Relay Panels, 24 kV. Switchgear และ LV Switchboard
	18	Station Substation Room 2	37.60	
	19	Battery Room	21.30	ห้องเก็บ Battery รวมถึง UPS สำหรับงานระบบสื่อสาร
	20	Communication Room	48.40	ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบสื่อสาร
	21	Power Supply Room	-	ติดตั้งระบบจ่ายไฟสำรอง
	22	Station Cleaner Room	18.55	เก็บเครื่องมือทำความสะอาด อุปกรณ์และน้ำยา
	23	Gas Bottle Room 1-2 ห้อง	12.70	ติดตั้งถังเก็บสารดับเพลิง
	24	Traction Substation Room	108.90	ห้องสำหรับอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสตรงจ่ายให้ระบบราง
	25	Interlocking Room	-	ติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ
	26	Interlocking Battery Room	-	ติดตั้ง Battery, Battery Charger สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ระบบอาณัติสัญญาณ
Paid Area	27	Public Area	Varied	-
Unpaid Area	28	Public Area	Varied	-
	29	Supervisor	-	
	C	**Platform Level**		
Service Space	30	Emergency Stair, Escalator & Lift	-	-
	31	Platform Service Column	-	-
	32	Platform Area	881.5/ข้าง	สำหรับผู้โดยสารที่จะมาใช้รถไฟฟ้าและรองรับผู้โดยสารที่ออกมาจากขบวนรถ

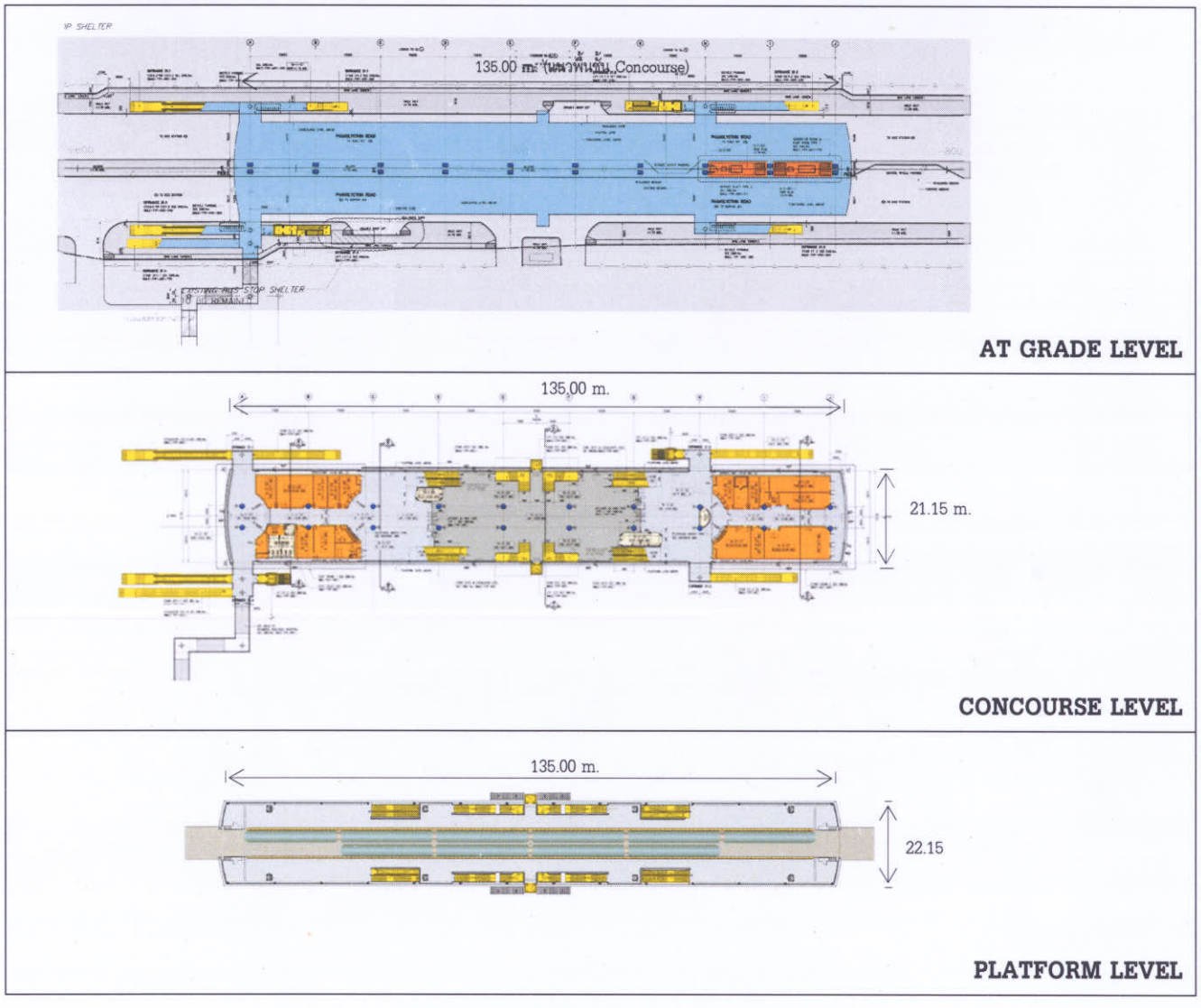
ตารางแสดงพื้นที่ใช้สอยของสถานี N28

การแบ่งส่วนต่าง ๆ ในสถานี	No.	รายละเอียด	ประมาณพื้นที่เบื้องต้น Minimum (ตร.ม.)	ลักษณะการใช้งาน
	A	**At Grade Level**		
Service Space	1	Refuse Storage Room	6.00	เก็บขยะ, รอการเก็บของรถขยะ กทม.
	2	Generator Room	37.40	ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองและน้ำมันเชื้อเพลิง
	3	Fire Water Tank & Pump Room	66.15	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำสำรองใต้ดิน
	B	**Concourse Level**		
Station Staff	4	Ticket Office	14.10	จำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	5	Station Control Room / Ticket Office	24.50	เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของสถานี งานระบบประกอบอาคาร การติดต่อสื่อสารควบคุมลิฟท์ ควบคุมบันไดเลื่อนรวมถึงการจำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย
	6	Cash & Ticket Room	21.30	เก็บเงินสด, ตั๋ว, เอกสารสำคัญ ขนถ่ายเงินสดและอุปกรณ์นับเงิน
	7	Staff Area	26.90	ที่เก็บของพนักงาน เอกสาร และที่พักผ่อน ทานอาหาร
	8	Staff Toilets (Male / Female)	37.30	ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ สำหรับพนักงาน
	9	Disable Toilet	4.35	ห้องน้ำ - ส้วม สำหรับผู้โดยสารที่เป็นผู้พิการและคนชรา
	10	First Aid Room	17.10	ที่พักเจ้าหน้าที่ปฐมพยาบาล จัดเก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาลและบางสถานีจะใช้เป็นที่พักของผู้ควบคุมพนักงานเดินรถ
	11	Police / Security Staff Room	12.60	ที่พักเจ้าหน้าที่ตำรวจ และพนักงานรักษาความปลอดภัย
	12	Miscellaneous Operation Room	18.30	ที่พักเจ้าหน้าที่
	13	Ticket Issuing Machine Room (2 ห้อง)	46.80	เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ
Service Space	14	Refuse Storage Room	10.50	เก็บขยะ
	15	Station Store Room	31.50	ห้องเก็บของ
	16	Service Shaft	10.30	ติดตั้งท่อสำหรับระบบอุปกรณ์อาคาร
	17	Station Substation Room 1	70.95	ห้องสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าแรงต่ำให้กับสถานี ประกอบด้วย Auxiliary Transformers, Control Equipment and Relay Panels, 24 kV. Switchgear และ LV Switchboard
	18	Station Substation Room 2	70.95	
	19	Battery Room	22.15	ห้องเก็บ Battery รวมถึง UPS สำหรับงานระบบสื่อสาร
	20	Communication Room	49.50	ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบสื่อสาร
	21	Power Supply Room	18.50	ติดตั้งระบบจ่ายไฟสำรอง
	22	Station Cleaner Room	13.50	เก็บเครื่องมือทำความสะอาด อุปกรณ์และน้ำยา
	23	Gas Bottle Room 1-2 ห้อง	44.00	ติดตั้งถังเก็บสารดับเพลิง
	24	Traction Substation Room	-	ห้องสำหรับอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าสลับเป็นกระแสตรงจ่ายให้ระบบราง
	25	Interlocking Room	57.55	ติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ
	26	Interlocking Battery Room	18.60	ติดตั้ง Battery, Battery Charger สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ระบบอาณัติสัญญาณ
Paid Area	27	Public Area	Varied	-
Unpaid Area	28	Public Area	Varied	-
	29	Supervisor	15.95	
	C	**Platform Level**		
Service Space	30	Emergency Stair, Escalator & Lift	-	-
	31	Platform Service Column	-	-
	32	Platform Area	881.5/ข้าง	สำหรับผู้โดยสารที่จะมาใช้รถไฟฟ้าและรองรับผู้โดยสารที่ออกมาจากขบวนรถ

3.4.1.5 ที่ตั้งสถานี

1) สถานีโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช : N21 (Bhumibol Adulyadej Hospital Station)

ที่ตั้ง	หน้าโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช
บันได	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาเข้า 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H หน้ากรมการแพทย์ทหารอากาศ ฝั่งขาออกอยู่คู่บันไดเลื่อนบริเวณ Grid เสา A
ชั้น Concourse	จำนวน 4 ชุด อยู่ช่วงกลางของสถานี
บันไดคนพิการและคนชรา	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H อยู่คู่ลิฟต์ ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด อยู่คู่บันไดเลื่อนหน้าโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช (Grid เสา C)
ชั้น Concourse	จำนวน 6 ชุด อยู่ที่ 4 มุมของ Paid Area
บันไดเลื่อน	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา A, ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด หน้าโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช
ชั้น Concourse	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา G, ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา D
ลิฟท์	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด ใกล้ Grid เสา H, ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา A หน้าโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช
ชั้น Concourse	จำนวน 2 ชุด อยู่กึ่งกลางสถานี
Skywalk	ต่อเนื่องกับทางออกบริเวณ Grid เสา A ไปยังหน้าอาคารคุ้มเกล้าของโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช



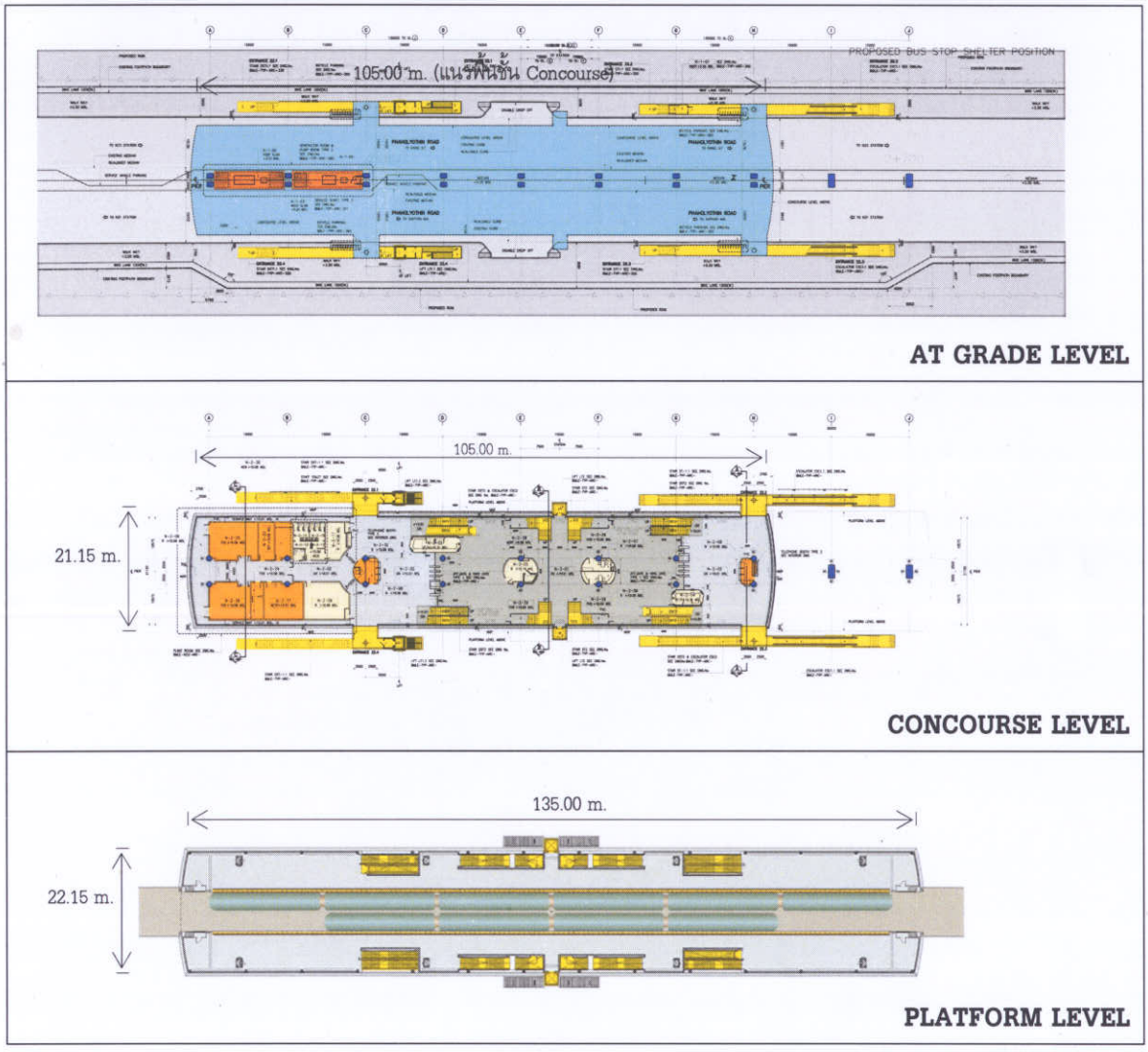
รูปที่ 3.4.1.5-1: แบบผังพื้นสถานีโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช (N21)

ภาพก่อนการก่อสร้างสถานีโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช (N21)

ภาพหลังการก่อสร้างสถานีโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช (N21)

2) สถานีพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ : N22 (Royal Thai Air Force Museum Station)

ที่ตั้ง	หน้าพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ
บันได	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด อยู่คู่บันไดเลื่อนบริเวณหน้าทางเข้าพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด คู่บันไดเลื่อนบริเวณหน้าทางเข้าหอประชุมกานตรัตน์
ชั้น Concourse	จำนวน 4 ชุด อยู่ช่วงกลางของสถานี
บันไดคนพิการและคนชรา	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา C อยู่คู่ลิฟต์ ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา C อยู่คู่ลิฟท์
ชั้น Concourse	จำนวน 6 ชุด อยู่ที่ 4 มุมของ Paid Area
บันไดเลื่อน	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด หน้าทางเข้าพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ, ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณหน้าทางเข้าหอประชุมกานตรัตน์
ชั้น Concourse	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา D ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา G
ลิฟท์	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด ใกล้ Grid เสา C ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด ใกล้ Grid เสา C
ชั้น Concourse	จำนวน 2 ชุด อยู่กึ่งกลางสถานี



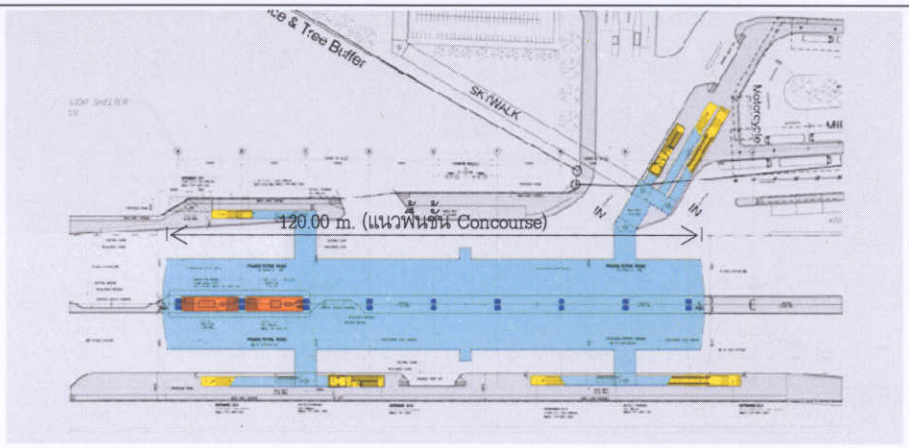
รูปที่ 3.4.1.5-2: แบบผังพื้นสถานีพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ (N22)

ภาพก่อนการก่อสร้างสถานีพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ (N22)

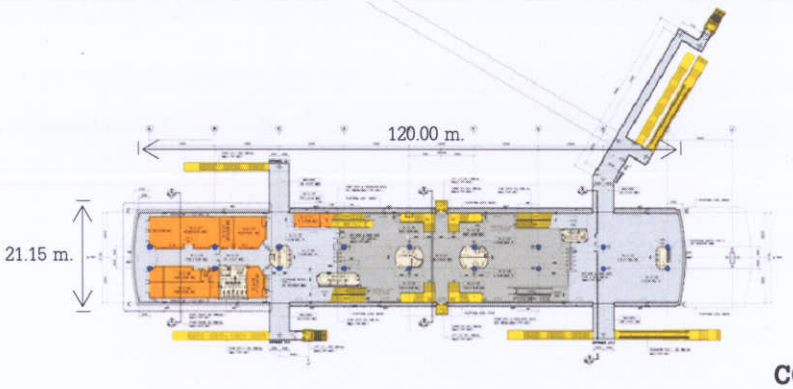
ภาพหลังการก่อสร้างสถานีพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ (N22)

3) สถานี กม. 25 : N23 (KM. 25 Station)

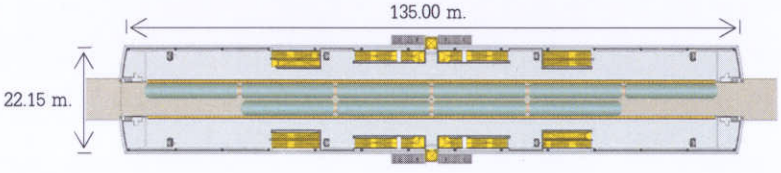
ที่ตั้ง	บริเวณใกล้สี่แยกจันทรุเบกษา
บันได	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด ที่ Grid เสา C และจำนวน 1 ชุด ในฝั่งขาเข้าที่ Grid เสา H คู่กับบันไดเลื่อน
ชั้น Concourse	จำนวน 4 ชุด อยู่ช่วงกลางของสถานี
บันไดคนพิการและคนชรา	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด คู่กับบันไดเลื่อน บริเวณ PTI (จากทางออกที่ Grid เสา H) ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด คู่กับลิฟต์ที่ Grid เสา C
ชั้น Concourse	จำนวน 6 ชุด อยู่ที่ 4 มุมของ Paid Area
บันไดเลื่อน	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ PTI (จากทางออกบริเวณ Grid เสา H) ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H
ชั้น Concourse	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา D ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา G
ลิฟท์	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ PTI (จากทางออกบริเวณ Grid เสา H) ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา C
ชั้น Concourse	จำนวน 2 ชุด อยู่กึ่งกลางสถานี
Skywalk	เชื่อมต่อกับอาคาร Park & Ride (จากทางออกบริเวณ Grid เสา H)



AT GRADE LEVEL



CONCOURSE LEVEL



PLATFORM LEVEL

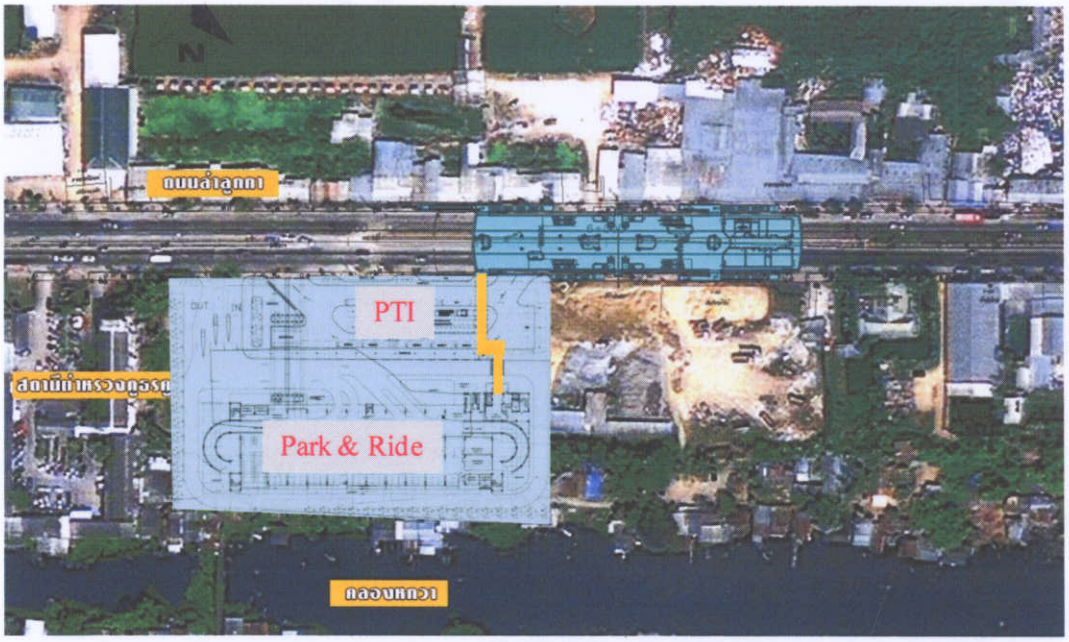
รูปที่ 3.4.1.5-3: แบบผังพื้นสถานี กม. 25 (N23)

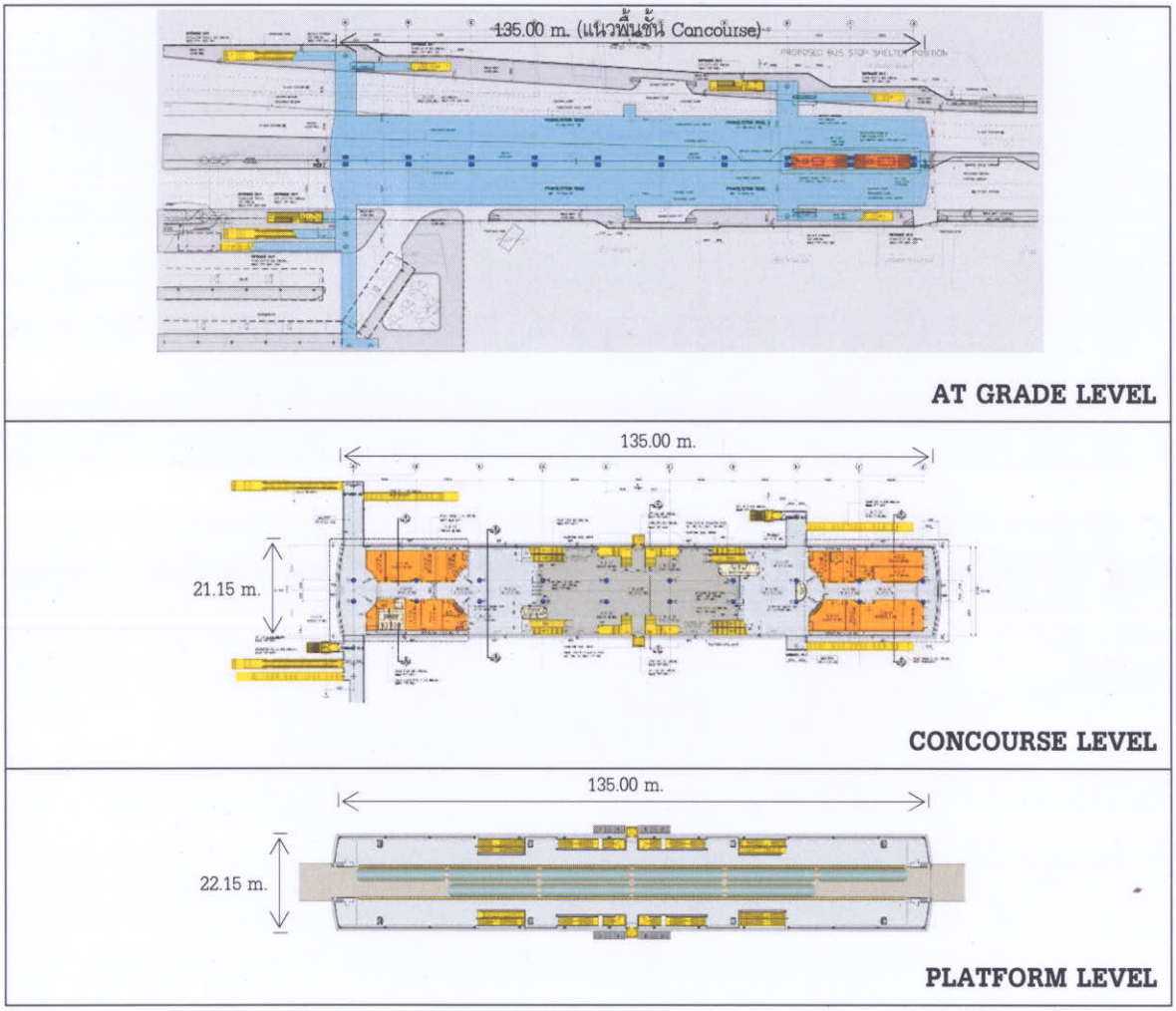
ภาพก่อนการก่อสร้างสถานี กม. 25 (N23)

ภาพหลังการก่อสร้างสถานี กม. 25 (N23)

4) สถานีคูคต : N24 (Khu Khot Station)

ที่ตั้ง	บริเวณใกล้สถานีตำรวจคูคต
บันได	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด คู่บันไดเลื่อนบริเวณ Grid เสา A ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด คู่บันไดเลื่อนบริเวณ Grid เสา H
ชั้น Concourse	จำนวน 4 ชุด อยู่ช่วงกลางของสถานี
บันไดคนพิการและคนชรา	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด คู่กับลิฟต์บริเวณ Grid เสา H ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด คู่กับลิฟต์บริเวณ PTI (จากทางออกที่ Grid เสา A)
ชั้น Concourse	จำนวน 6 ชุด อยู่ที่ 4 มุมของ Paid Area
บันไดเลื่อน	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา A ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด หน้า PTI (จากทางออกที่ Grid เสา A)
ชั้น Concourse	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา G ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา D
ลิฟท์	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H ฝั่งขาเข้าบริเวณ PTI (จากทางออกที่ Grid เสา A)
ชั้น Concourse	จำนวน 2 ชุด อยู่กึ่งกลางสถานี
Skywalk	เชื่อมต่อกับอาคาร Park & Ride (จากทางออกที่ Grid เสา A)





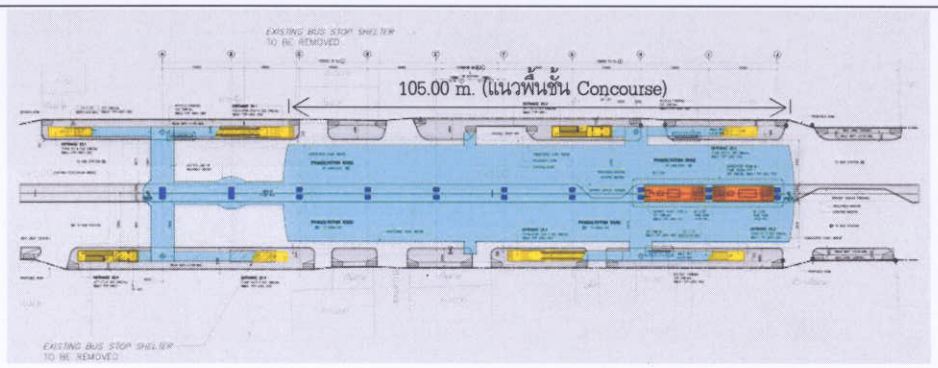
รูปที่ 3.4.1.5-4: แบบผังพื้นสถานีคูคต (N24)

ภาพก่อนการก่อสร้างสถานีคูคต (N24)

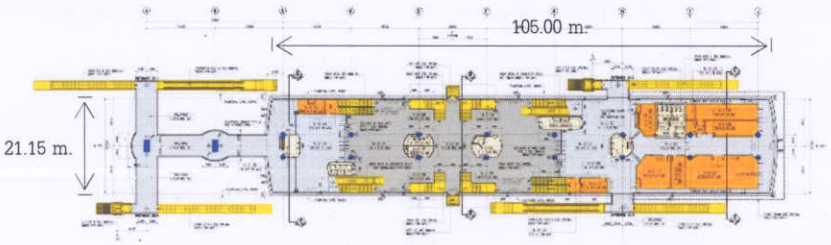
ภาพหลังการก่อสร้างสถานีคูคต (N24)

5) สถานีคลองสาม : N25 (Khlong 3 Station)

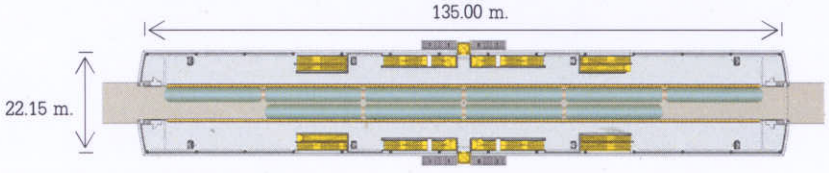
ที่ตั้ง	หน้าซอยเสาวรส ก่อนถึงสะพานข้ามคลองสาม
บันได	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด คู่บันไดเลื่อนบริเวณ Grid เสา A หน้าทางเข้าถนนประชาอุทิศ ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด คู่บันไดเลื่อนบริเวณ Grid เสา H
ชั้น Concourse	จำนวน 4 ชุด อยู่ช่วงกลางของสถานี
บันไดคนพิการและคนชรา	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด คู่กับลิฟต์บริเวณ Grid เสา H ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด คู่กับลิฟท์บริเวณ Grid เสา A
ชั้น Concourse	จำนวน 6 ชุด อยู่ที่ 4 มุมของ Paid Area
บันไดเลื่อน	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา A ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด Grid เสา H
ชั้น Concourse	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา G ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา D
ลิฟท์	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา A ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H
ชั้น Concourse	จำนวน 2 ชุด อยู่กึ่งกลางสถานี



AT GRADE LEVEL



CONCOURSE LEVEL



PLATFORM LEVEL

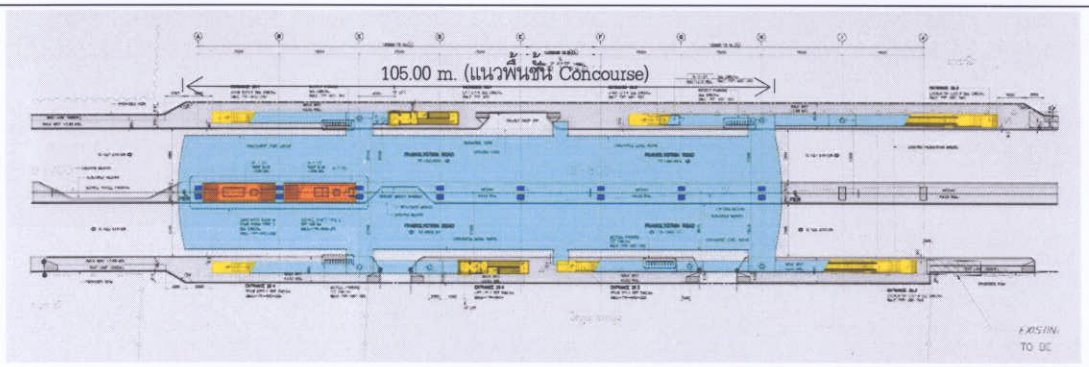
รูปที่ 3.4.1.5-5 : แบบผังพื้นสถานีคลองสาม (N25)

ภาพก่อนการก่อสร้างสถานีคลองสาม (N25)

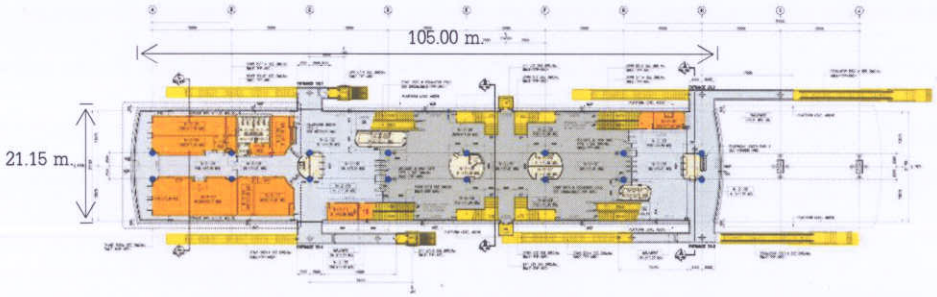
ภาพหลังการก่อสร้างสถานีคลองสาม (N25)

6) สถานีคลองสี่ : N26 (Khlong 4 Station)

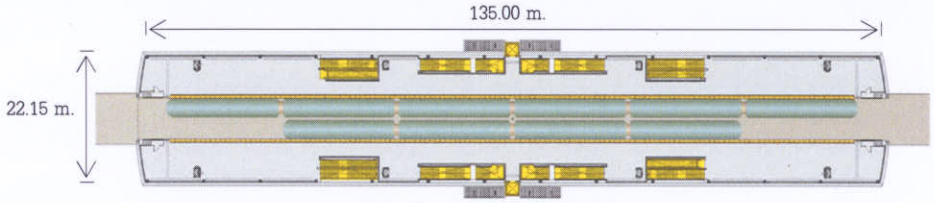
ที่ตั้ง	ก่อนถึงซอยลำลูกกา 55 (ถนนไสวประชาราษฎร์) ประมาณ 100 เมตร
บันได	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H คู่บันไดเลื่อนด้านใกล้ทางเข้าถนนไสวประชาราษฎร์ ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H คู่บันไดเลื่อนด้านทางเข้าถนนเชื่อมเขตสายไหม
ชั้น Concourse	จำนวน 4 ชุด อยู่ช่วงกลางของสถานี
บันไดคนพิการและคนชรา	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด คู่กับลิฟต์บริเวณ Grid เสา C ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด คู่กับลิฟต์บริเวณ Grid เสา C
ชั้น Concourse	จำนวน 4 ชุด อยู่ช่วงกลางของสถานี
บันไดเลื่อน	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H ด้านทางเข้าถนนไสวประชาราษฎร์ ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H ด้านทางเข้าถนนเชื่อมเขตสายไหม
ชั้น Concourse	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา D ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา G
ลิฟท์	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา C ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา C
ชั้น Concourse	จำนวน 2 ชุด อยู่กึ่งกลางสถานี



AT GRADE LEVEL



CONCOURSE LEVEL



PLATFORM LEVEL

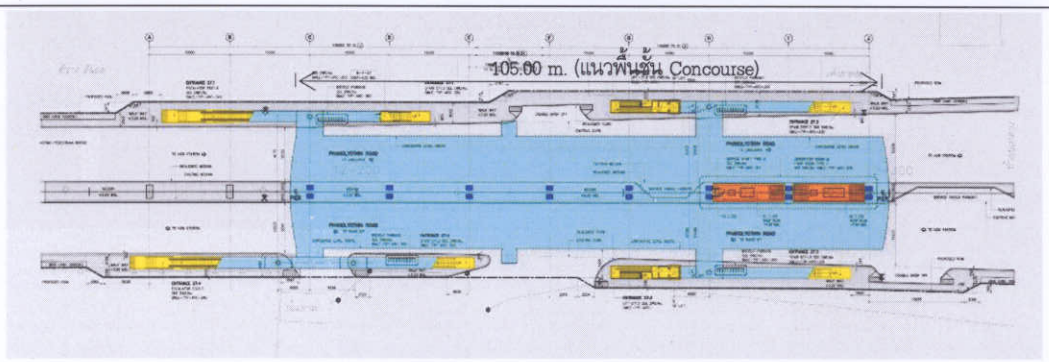
รูปที่ 3.4.1.5-6 : แบบผังพื้นสถานีคลองสี่ (N26)

ภาพก่อนการก่อสร้างสถานีคลองสี่ (N26)

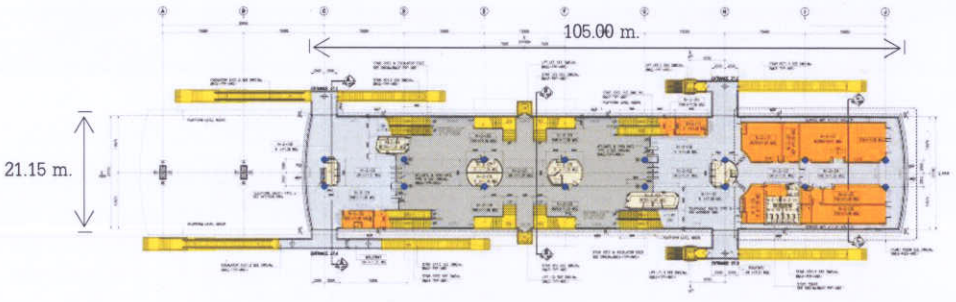
ภาพหลังการก่อสร้างสถานีคลองสี่ (N26)

7) สถานีคลองห้า : N27 (Khlong 5 Station)

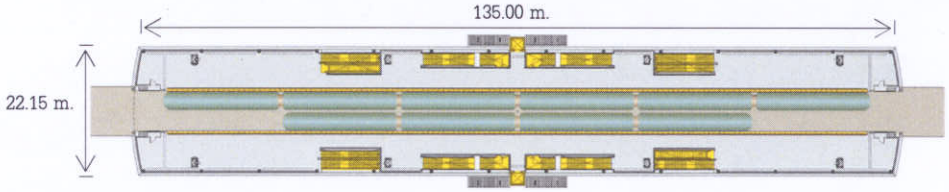
ที่ตั้ง	อยู่ก่อนถึงสะพานข้ามคลองห้า ประมาณ 100 เมตร
บันได	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด คู่บันไดเลื่อนบริเวณ Grid เสา C ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด คู่บันไดเลื่อนบริเวณ Grid เสา C
ชั้น Concourse	จำนวน 4 ชุด อยู่ช่วงกลางของสถานี
บันไดคนพิการและคนชรา	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H คู่กับลิฟต์ด้านสะพานข้ามคลองห้า ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H คู่กับลิฟต์ด้านสะพานข้ามคลองห้า
ชั้น Concourse	จำนวน 6 ชุด อยู่ที่ 4 มุมของ Paid Area
บันไดเลื่อน	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา C ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา C
ชั้น Concourse	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา G ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา D
ลิฟท์	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H
ชั้น Concourse	จำนวน 2 ชุด อยู่กึ่งกลางสถานี



AT GRADE LEVEL



CONCOURSE LEVEL



PLATFORM LEVEL

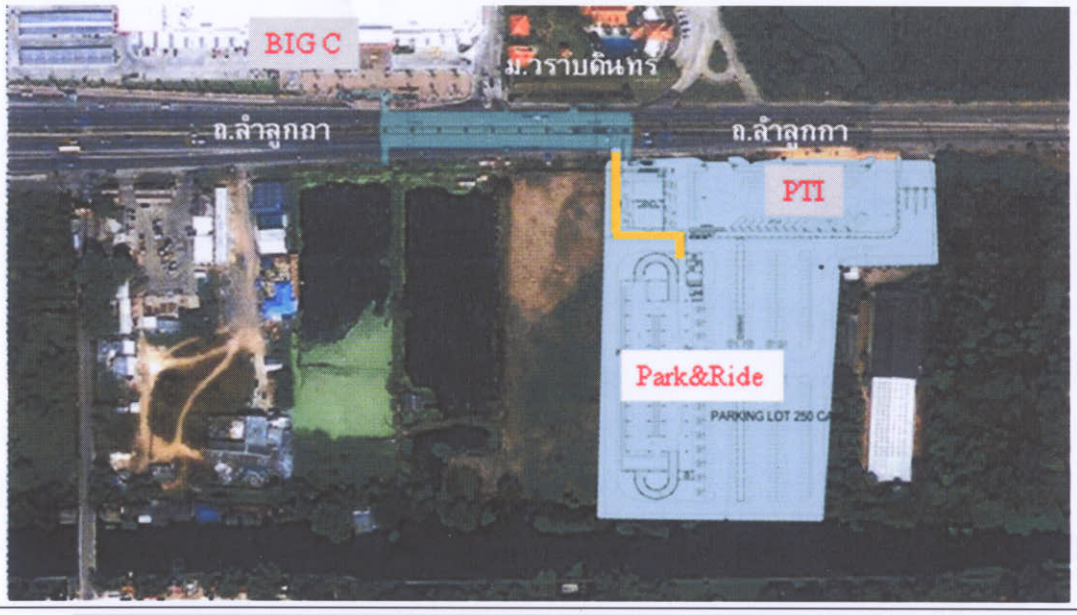
รูปที่ 3.4.1.5-7 : แบบผังพื้นสถานีคลองห้า (N27)

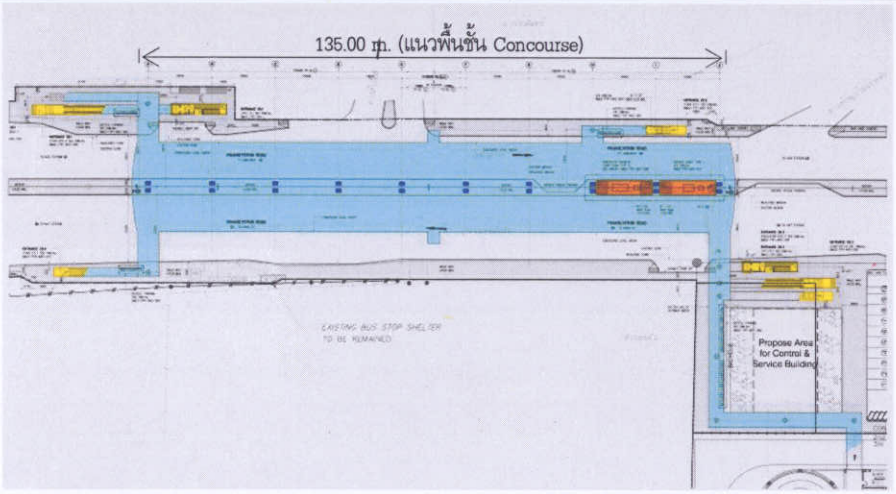
ภาพก่อนการก่อสร้างสถานีคลองห้า (N27)

ภาพหลังการก่อสร้างสถานีคลองห้า (N27)

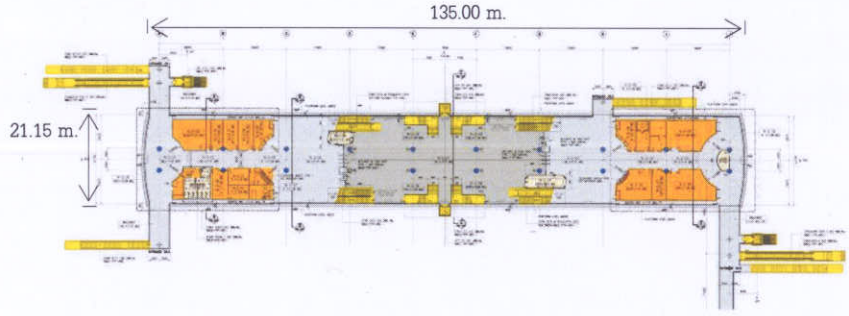
8) สถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก : N28 (Eastern Outer Ring Road Station)

ที่ตั้ง	หน้าห้างสรรพสินค้า Big C และหมู่บ้านวราบดินทร์
บันได	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา H หน้าหมู่บ้านวราบดินทร์
	ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา A
ชั้น Concourse	จำนวน 4 ชุด อยู่ช่วงกลางของสถานี
บันไดคนพิการและคนชรา	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา A หน้าห้างสรรพสินค้า Big C
	ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด หน้า ITF บริเวณ Grid เสา J
ชั้น Concourse	จำนวน 6 ชุด อยู่ที่ 4 มุมของ Paid Area
บันไดเลื่อน	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา A หน้าห้างสรรพสินค้า Big C
	ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด หน้า ITF บริเวณ Grid เสา J
ชั้น Concourse	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา D, ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา G
ลิฟท์	
ชั้น At Grade	ฝั่งขาออกจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา A หน้าห้างสรรพสินค้า Big C
	ฝั่งขาเข้าจำนวน 1 ชุด บริเวณ Grid เสา J หน้า ITF
ชั้น Concourse	จำนวน 2 ชุด อยู่กึ่งกลางสถานี
Skywalk	เชื่อมต่อกับอาคาร Park & Ride ต่อเนื่องจากทางออกสถานีที่ Grid เสา J

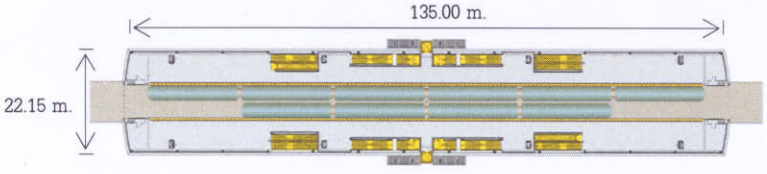




AT GRADE LEVEL



CONCOURSE LEVEL



PLATFORM LEVEL

รูปที่ 3.4.1.5-8 : แบบผังพื้นสถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก (N28)

ภาพก่อนการก่อสร้างสถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก (N28)

ภาพหลังการก่อสร้างสถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก (N28)

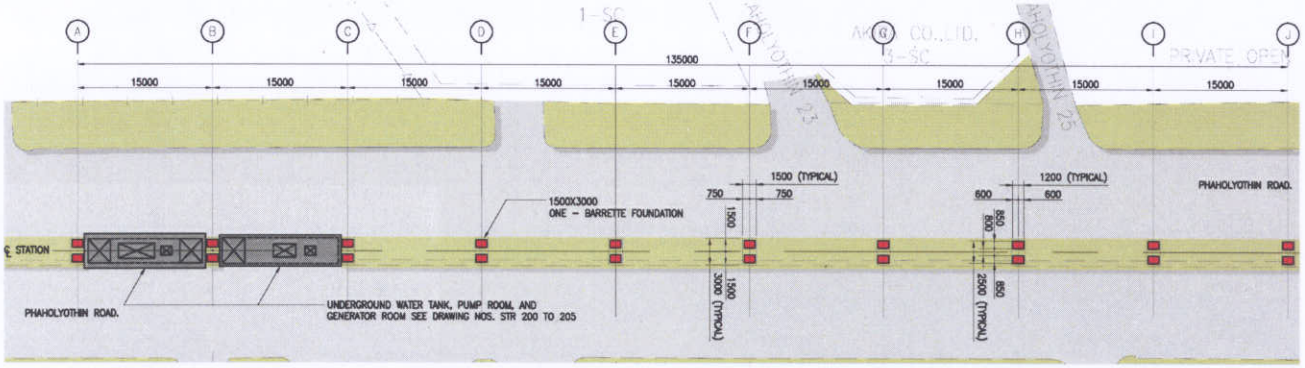
3.4.2 งานโครงสร้าง

3.4.2.1 สถานีทั่วไป

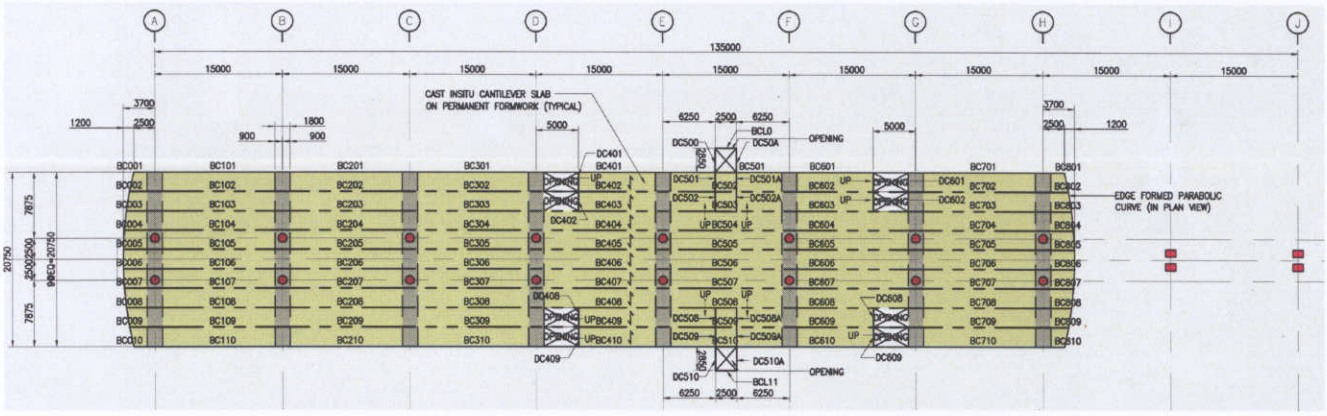
อ้างอิงจากรายงานระยะกลาง ที่ปรึกษาได้เลือกโครงสร้างสถานีที่มีช่วงเสา 15 เมตรเหมือนกับโครงสร้างสถานีของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ มาทำการออกแบบรายละเอียด โดยผลจากการออกแบบ ได้แบบร่างโดยสรุปดังนี้

- ผังของโครงสร้างสถานี

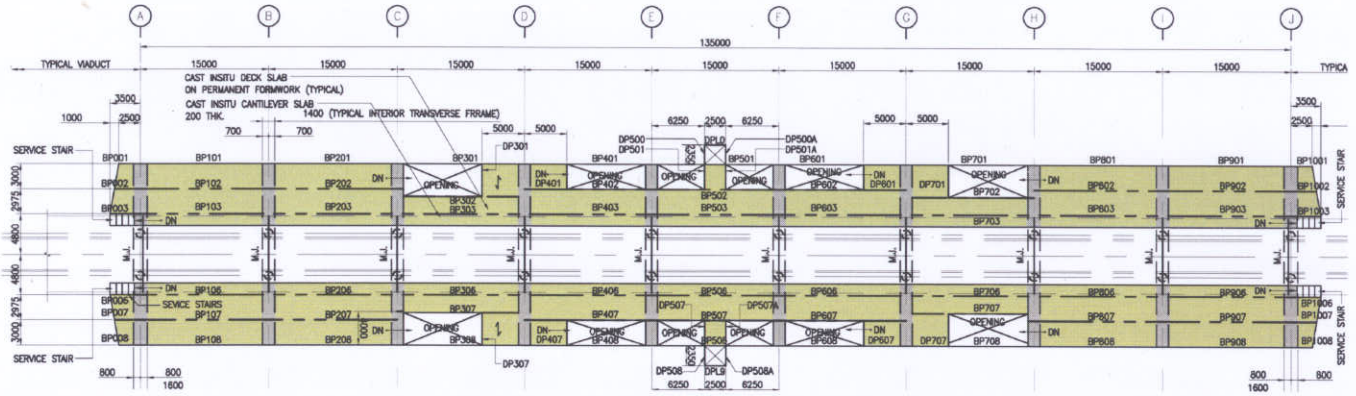
  โครงสร้างสถานี เป็นลักษณะโครงสร้างยกระดับเหนือพื้นผิวถนนที่รองรับโดยเสาอยู่บนเกาะกลางถนน โดยมี 5 ระดับชั้น คือ ระดับถนน ระดับชั้นจำหน่ายตั๋ว ระดับชั้นรองรับโครงสร้างทางวิ่ง ระดับชั้นชานชาลา และ ระดับหลังคา



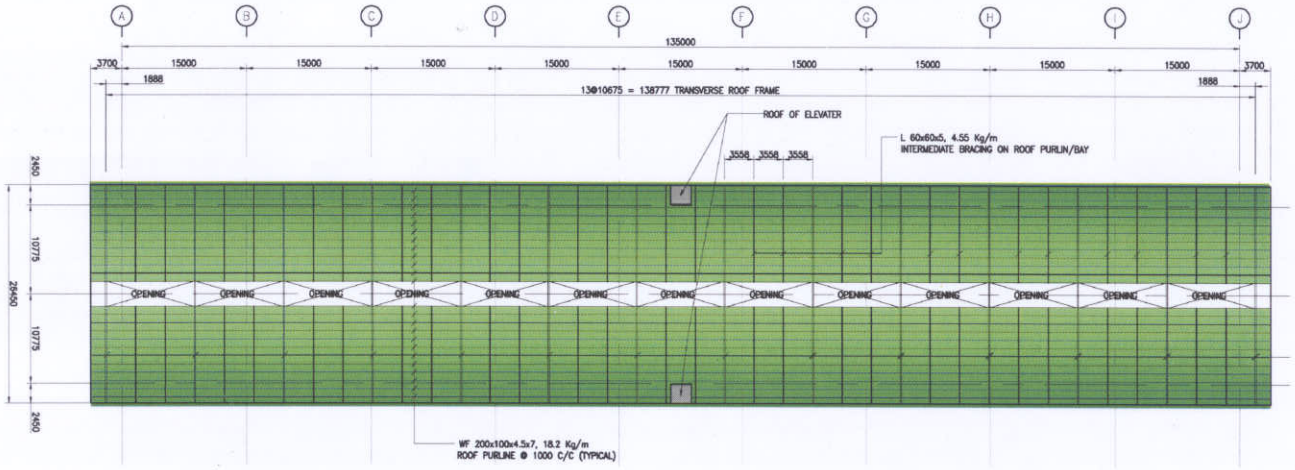
รูป 3.4.2.1-1 Foundation & At-grade Plan ของโครงสร้างสถานีทั่วไป



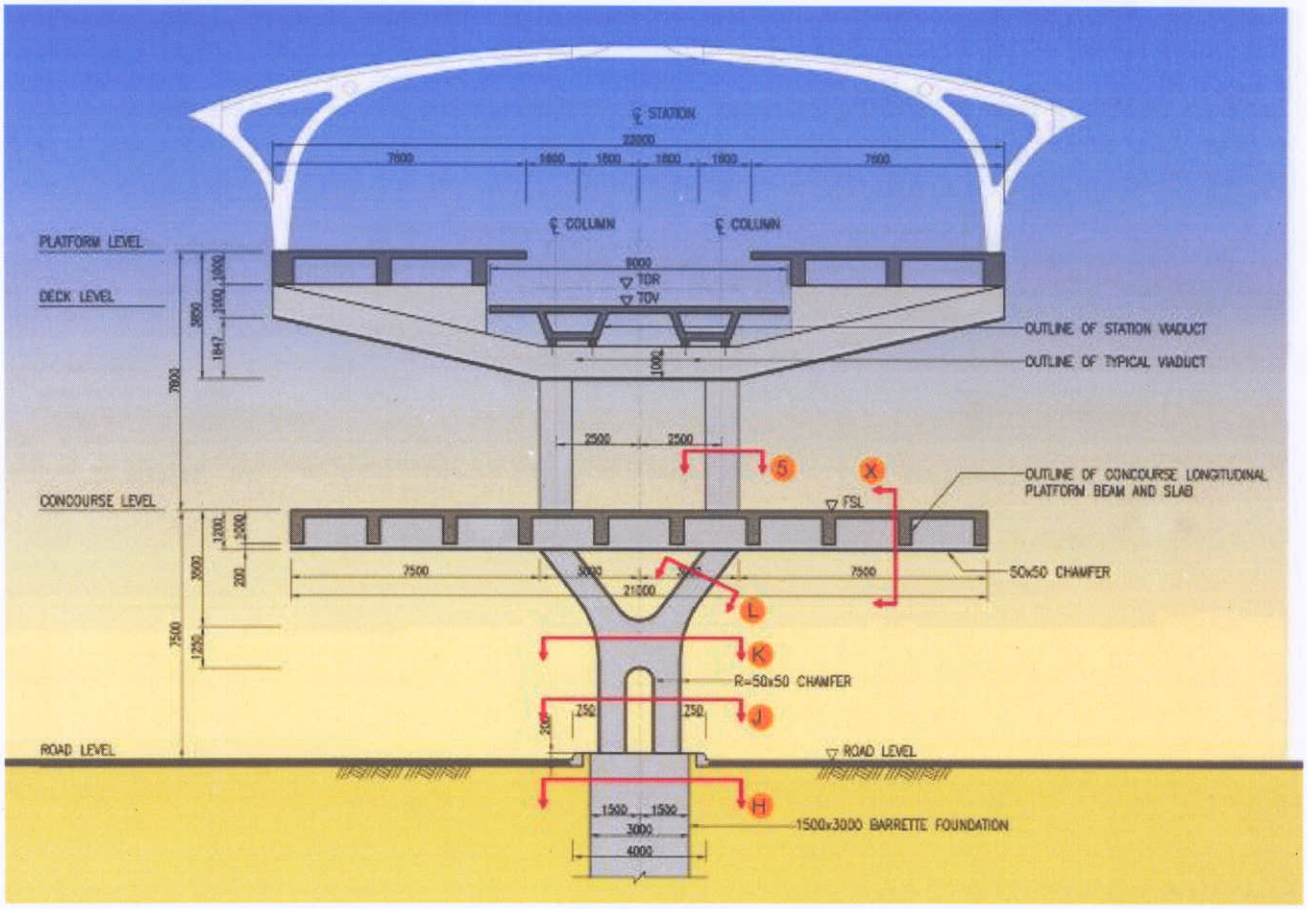
รูป 3.4.2.1-2 Concourse Framing Plan ของโครงสร้างสถานีทั่วไป (105 เมตร)



รูป 3.4.2.1-3 Platform Framing Plan ของโครงสร้างสถานีทั่วไป



รูป 3.4.2.1-4 Roof Framing Plan ของโครงสร้างสถานีทั่วไป



รูป 3.4.2.1-5 รูปตัดของโครงสร้างสถานีทั่วไป

- **รายละเอียดของโครงสร้างสถานีจากการออกแบบ**

เนื่องจากลักษณะโครงสร้างมีลักษณะคล้ายอาคารยกระดับเหนือพื้นผิวถนน ดังนั้นการก่อสร้างจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงปัญหาที่จะเกิดกับการจราจรระหว่างก่อสร้างให้ได้มากที่สุด ซึ่งทำให้ได้โครงสร้างสถานีทั่วไปที่มีระยะเสาห่าง 15 เมตร โดยมีฐานรากเป็นเข็มเจาะชนิด Barrette Pile เดี่ยว โดยที่ไม่ต้องการ Pilecap และเสาเป็นแบบหล่อในที่

โครงสร้างคานตามขวางรองรับชั้นจำหน่ายตั๋วและชานชาลาเป็นชนิดคานหล่อสำเร็จอัดแรงรูปรางน้ำ ยาวประมาณ 20 เมตรซึ่งจะมีน้ำหนักประมาณ 40 ตัน ซึ่งเป็นการออกแบบเพื่อให้สามารถขนส่งและยกติดตั้งได้โดยง่าย ซึ่งหลังจากยกวางในที่แล้วจึงวางลวดอัดแรงแล้วหล่อคอนกรีตในที่ให้เต็มหน้าตัด (infill concrete) เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรง

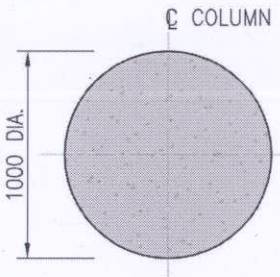
ขณะที่คานตามยาวรองรับชั้นจำหน่ายตั๋วและชานชาลาออกแบบเป็น composite section เป็นชนิดคานหล่อสำเร็จอัดแรงก่อนเต็มหน้าตัดรูปตัว I (I-girder) ยาวประมาณ 15 เมตร ซึ่งออกแบบให้มีขนาดเล็ก และน้ำหนักไม่มาก สามารถขนส่งและติดตั้งได้โดยง่าย และออกแบบให้เป็น integral ซึ่งเทคอนกรีตหล่อในที่อมไปในคานขวางให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อลดความต้องการของ bearing pad และเทพื้นในที่ทับหน้าบนแบบชนิด stay-in-place concrete plank

โครงสร้างรองรับทางวิ่งเป็นรูปกล่อง (box girder) หล่อสำเร็จอัดแรงขนาดเล็ก ยาวประมาณ 15 เมตร โดยแยกเป็นสองชิ้น หนักประมาณ 60 ตันต่อชิ้นซึ่งสามารถยกติดตั้งในที่ได้ง่าย โดยยกแต่ละชิ้นวางในที่แล้วหล่อคอนกรีตเชื่อมปีกเข้าด้วยกัน ส่วนตัวโครงสร้างทางวิ่ง จะออกแบบให้วางอยู่บน elastomeric bearing เพื่อแรงกระแทกและเสียงขณะรถวิ่งเข้าเทียบและออกจากสถานี

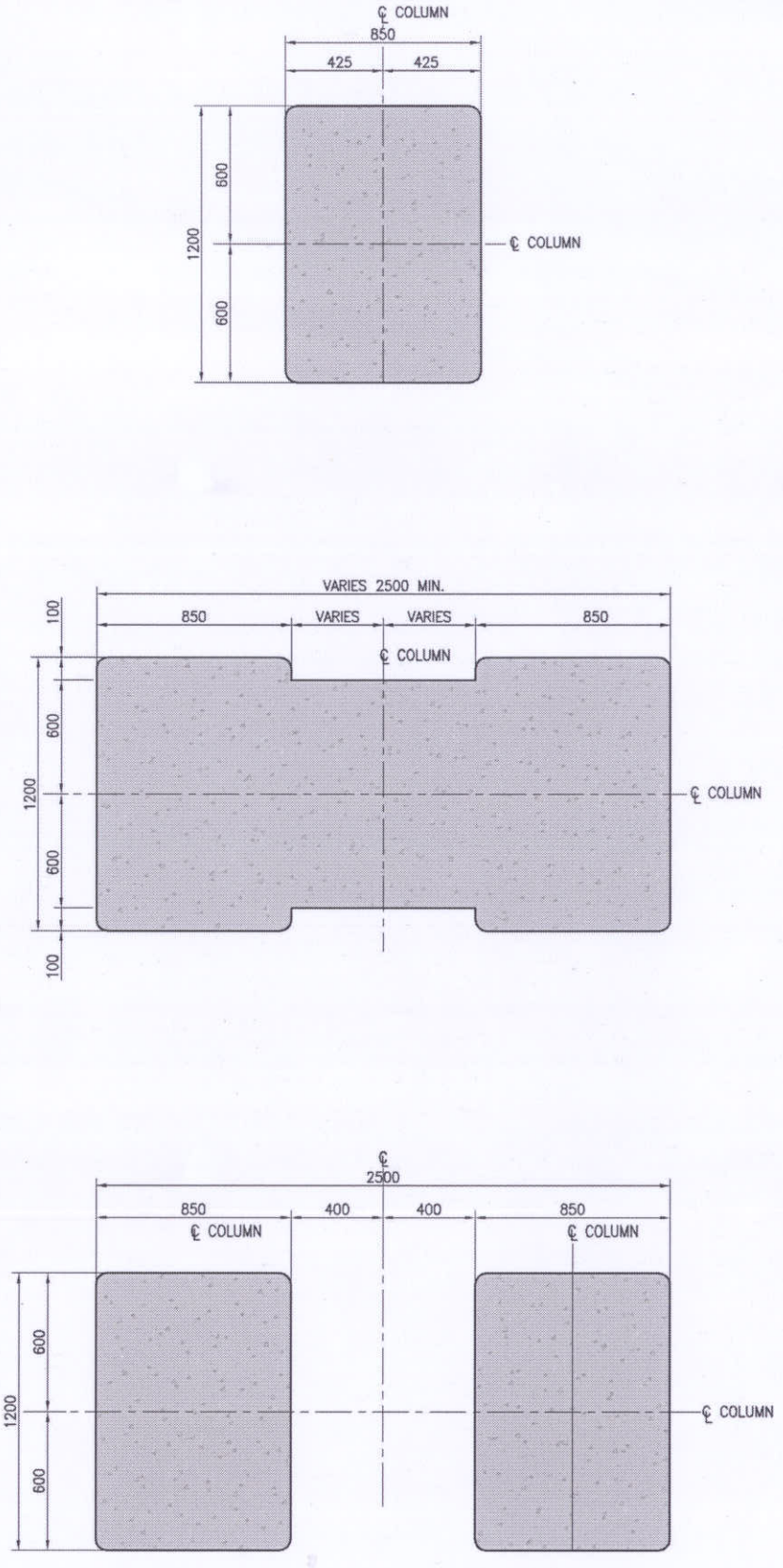
โครงหลังคาเป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ เพื่อเป็นโครงสร้างที่มีช่วงยาวแต่รับน้ำหนักจรไม่มาก และสามารถทำการติดตั้งโดยง่ายและรวดเร็ว โดยระยะห่างระหว่างโครงหลังคาหลัก คือ 10 เมตร

ผลจากการออกแบบรายละเอียดโครงสร้างสถานีทั่วไปมีดังนี้

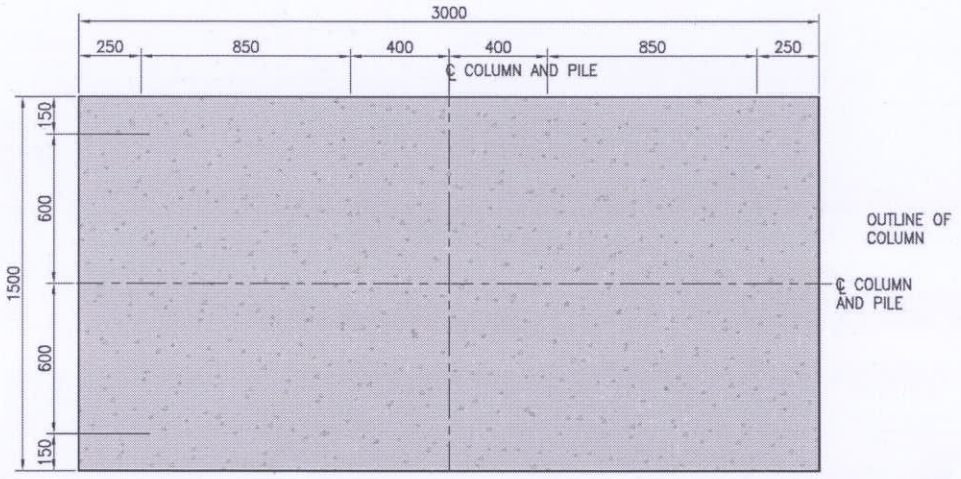
เสาเข็ม	Barrette Pile ขนาด 3.0 x 1.5 เมตร สำหรับเสาสถานี โดยPile tip อยู่ที่ระดับ -60 และรับแรงประมาณ 1800 ตัน Barrette Pile ขนาด 3.0 x 0.8 เมตร ใช้สำหรับห้องเครื่องใต้สถานี
เสาชั้นระดับถนน-ชั้นจำหน่ายตั๋ว	คอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดหน้าตัด 2.5 x 1.0 เมตร
เสาชั้นชั้นจำหน่ายตั๋ว-ชั้นชานชาลา	คอนกรีตเสริมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เมตร สองต้น ระยะระหว่างศูนย์กลางเสาห่างกัน 5.0 เมตร
คานขวางรับชั้นจำหน่ายตั๋ว	Precast Shell ขนาดหน้าตัด 1.6 x 1.2 เมตร
คานขวางรับชั้นชานชาลา	Precast Shell ขนาดหน้าตัด 1.6 x 1.0 เมตร
คานซอยตามยาว	Precast I Girder อัดแรงลึก 1.0 เมตร spacing 2.0 เมตร
โครงสร้างรับทางวิ่ง	Precast Twin Box Girder อัดแรง ลึก 1.0 เมตร
คานตามยาวรับชานชาลา	Precast I Girder อัดแรงลึก 1.0 เมตร spacing 2.5 เมตร
โครงหลังคา	โครงเหล็กรูปพรรณ แบบ built-up section ตามแบบสถาปัตย์ ลึก 0.5 เมตร



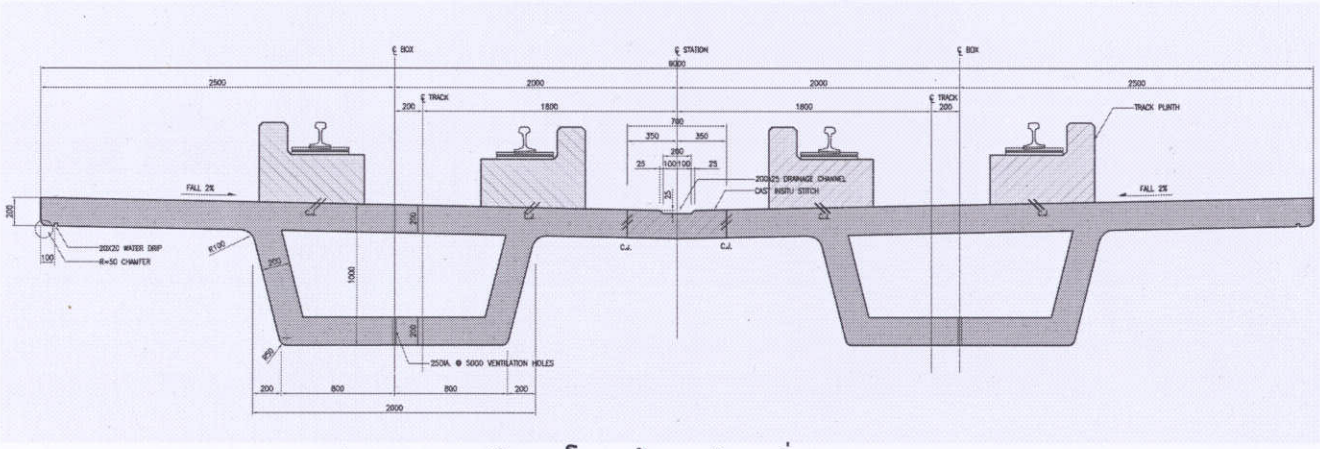
รูป 3.4.2.1-6 รูปตัดของเสาชั้นจำหน่ายตั๋วของโครงสร้างสถานีทั่วไป



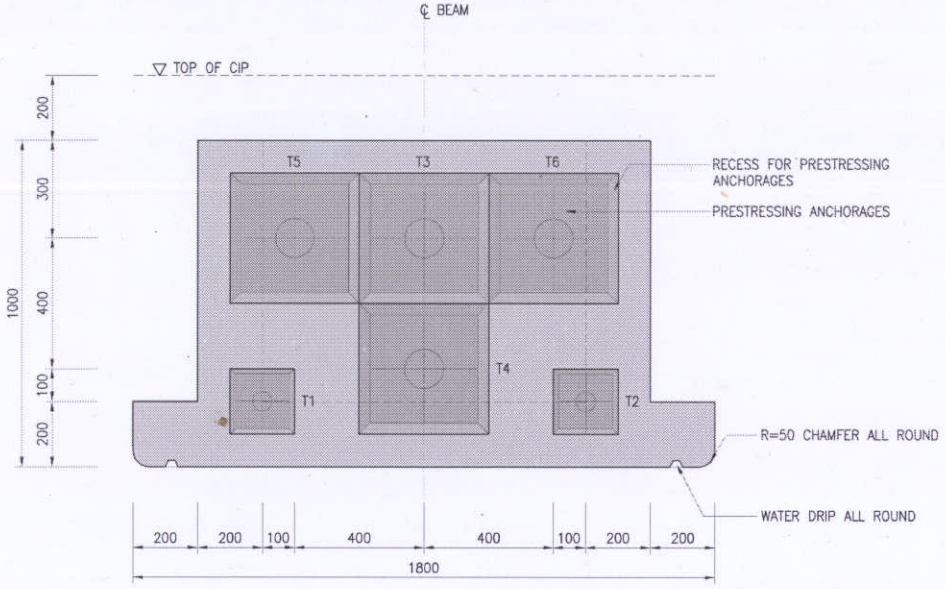
รูป 3.4.2.1-7 รูปตัดของเสาใต้ชั้นจำหน่ายตั๋วของโครงสร้างสถานีทั่วไป



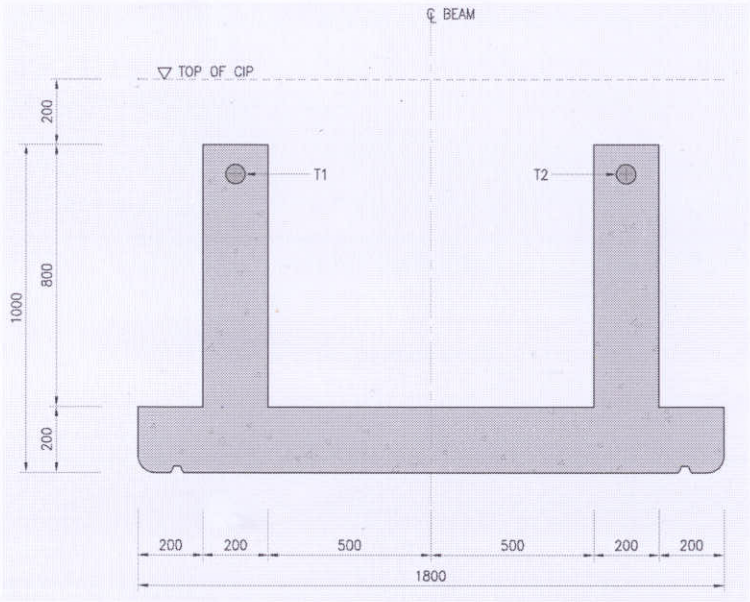
รูป 3.4.2.1-8 รูปตัดของฐานรากรับเสาของโครงสร้างสถานีทั่วไป



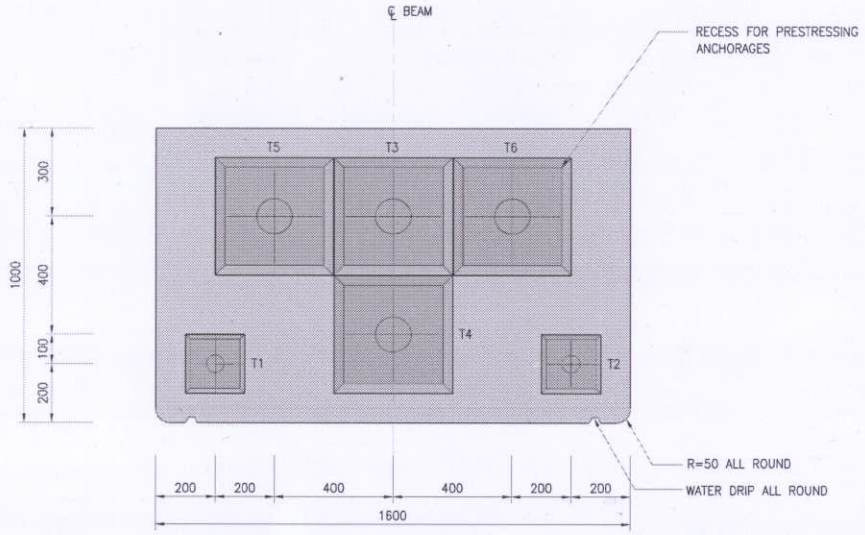
รูป 3.4.2.1-9 รูปตัดของโครงสร้างรองรับทางวิ่ง Precast Twin Box



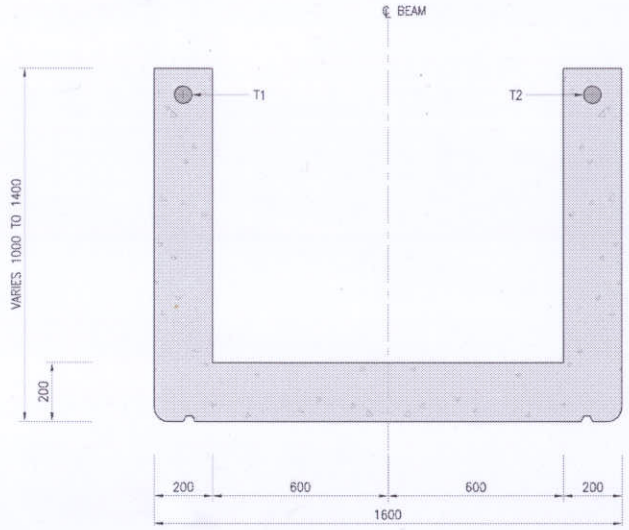
รูป 3.4.2.1-10 รูปด้านของ Precast Concourse Cross Beam Shell



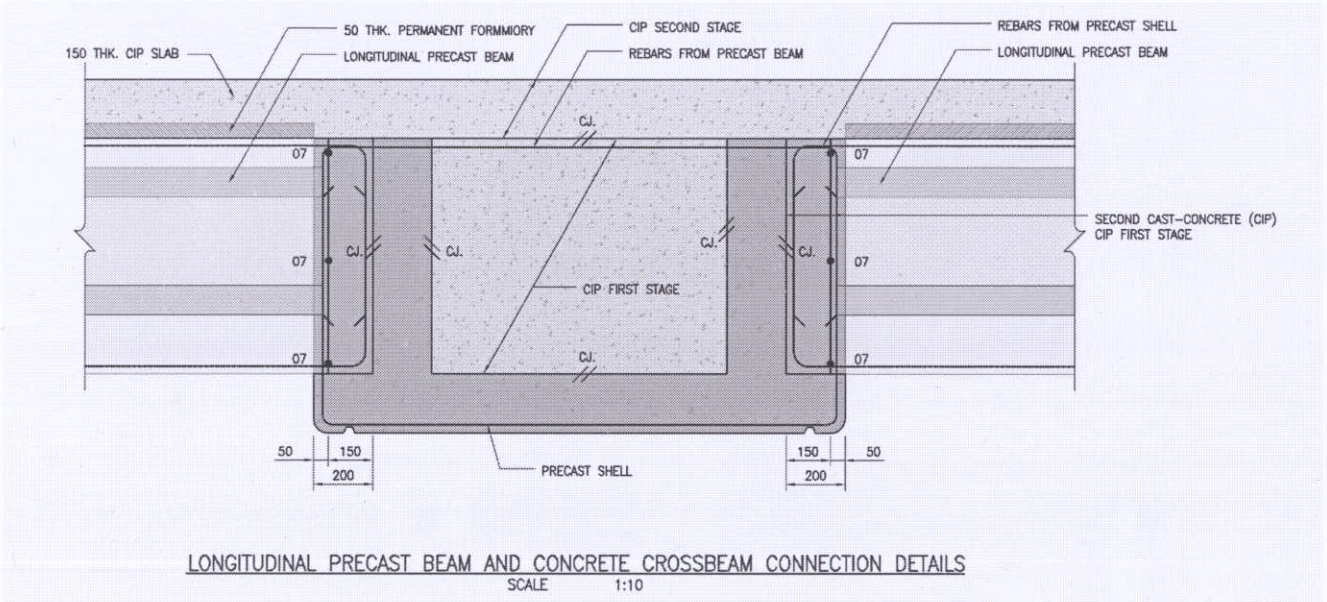
รูป 3.4.2.1-11 รูปตัดของ Precast Concourse Cross Beam Shell



รูป 3.4.2.1-12 รูปด้านแสดงAnchorage Endของ Precast Platform Cross Beam Shell



รูป 3.4.2.1-13 รูปตัดของ Precast Platform Cross Beam Shell

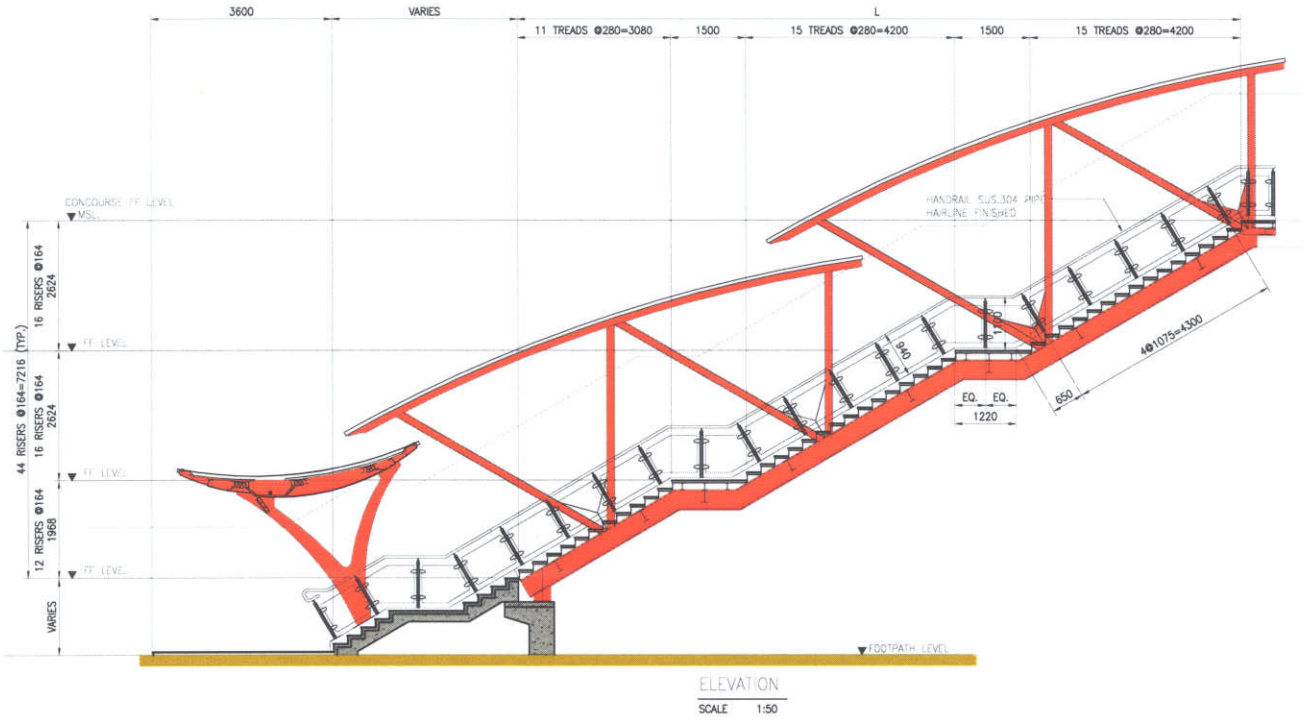


รูป 3.4.2.1-14 รูปตัดของคานตามขวาง แสดงคานตามยาว และพื้น เมื่อเทคอนกรีตหล่อในที่เสร็จแล้ว

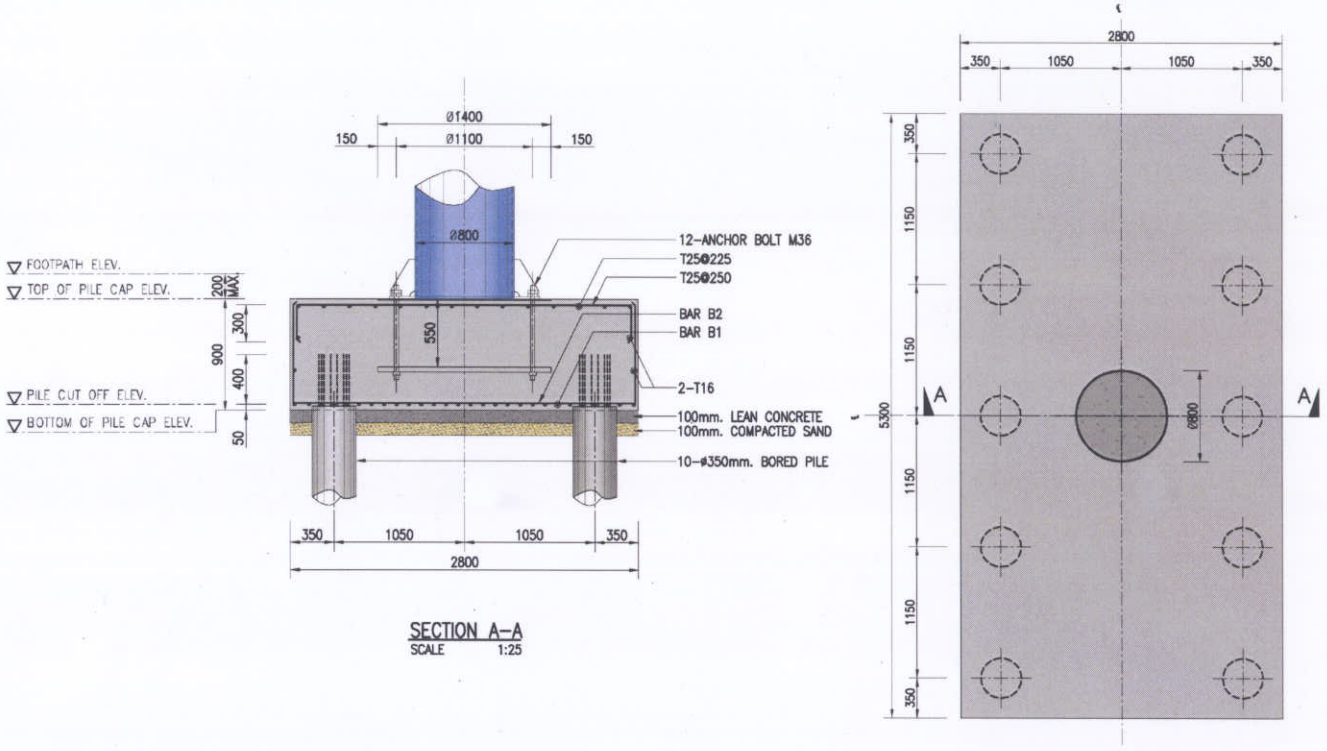
3.4.2.2 โครงสร้างทางเดินขึ้นลงสถานี

รายละเอียดมาตรฐาน (Standard Typical Detail) โครงสร้างทางเดินเชื่อมต่อสถานี บันได และบันไดเลื่อนขึ้นลงสถานี รวมถึงโครงหลังคา เป็นโครงสร้างเหล็ก วางบนฐานรากที่เป็นชนิดเข็มเจาะ โดยมีขนาดคร่าว ๆ ดังต่อไปนี้

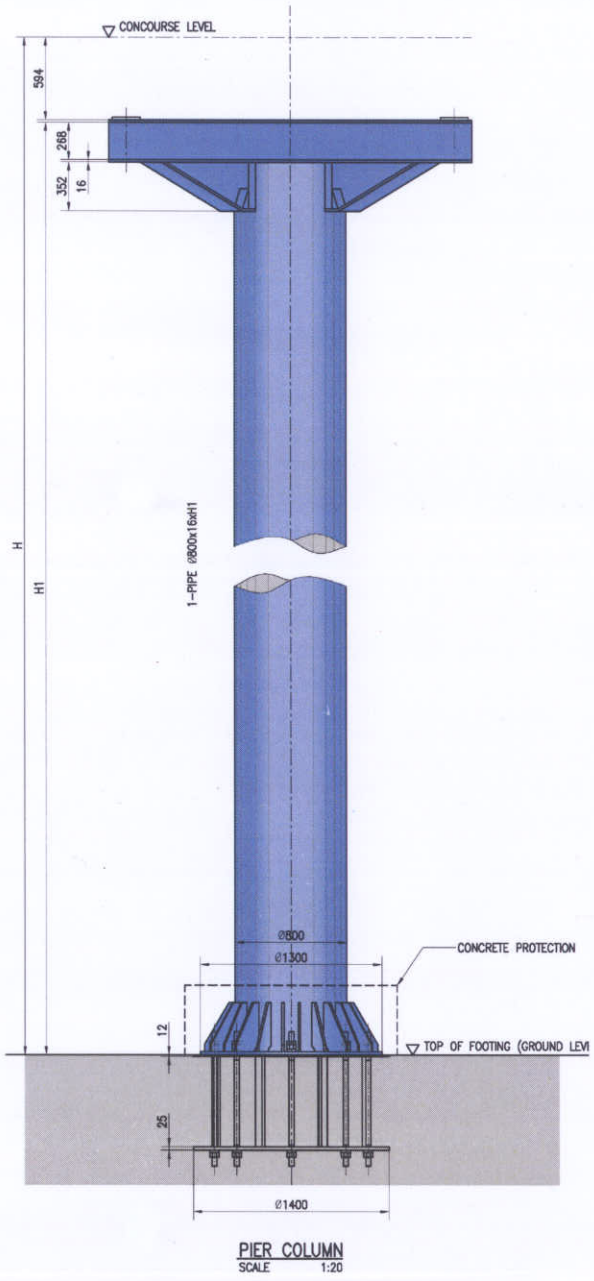
คาน	โครงเหล็กรูปพรรณ ตัวใหญ่ที่สุดลึก 0.6 เมตร
เสารับบันไดและทางเดินเชื่อม	โครงเหล็กรูปพรรณ เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร
พื้นทางเดินเชื่อม	โครงสร้างเหล็ก โครงหลักตามยาวเป็นโครงเหล็กรูปพรรณ ตัวใหญ่สุดลึก 0.65 เมตร โครงหลักตามขวางเป็นโครงเหล็กรูปพรรณ ตัวใหญ่สุดลึก 0.40 เมตร
ฐานรากรับเสาทั่วไป	ขนาด 3.0 x 7.0 x 1.0 เมตร
เสาเข็ม	เข็มชนิดเจาะเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.35 เมตร



รูป 3.4.2.2-1 รูปตัดของโครงสร้างบันไดทางขึ้นสถานี



รูป 3.4.2.2-2 แปลนและรูปตัดของฐานรากรับทางเดินเชื่อมสถานี



รูป 3.4.2.2-3 เสารองรับทางเดินเชื่อมสถานี

3.4.3 การป้องกันการรบกวนทางสายตาของสถานี และทางวิ่งรถไฟฟ้า

เนื่องจากในบางพื้นที่ในเส้นทางรถไฟฟ้าจำเป็นต้องมีมาตรการป้องกันการรบกวนทางสายตาจากผู้โดยสารทั้งจากตัวสถานีและจากบนรถไฟฟ้าในแนวเส้นทางอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมของสถานี ที่ปรึกษาจึงได้มีแนวทางแก้ปัญหาดังกล่าว ดังนี้

1. สถานี ใช้แผงเกล็ด Aluminium ปิดทางด้านข้างของสถานีโดยออกแบบให้มีลักษณะการซ้อนเหลื่อมกันของเกล็ด ทำให้บดบังสายตาได้พร้อมกับการระบายอากาศ โดยนำมาใช้กับสถานี N21, N22 และ N23 (ด้านขาเข้า-ขาออก)

2. ทางวิ่ง ใช้แผงเกล็ด Aluminium ปิดด้านข้างของทางวิ่งรถไฟฟ้า เพื่อให้แผงไม่ต้านกระแสลม ขณะเดียวกันก็สามารถบังสายตาของผู้โดยสารที่อยู่บนรถไฟฟ้าได้ โดยนำมาใช้กับเส้นทางช่วงตั้งแต่ N20 จนถึง N23

3. บันไดและทางเข้าสถานี ในส่วนที่ต้องมีการปิดบังสายตาใช้แผ่น Metal Sheet Siding ปิดเนื่องจากมีน้ำหนักเบาและไม่เปลืองพื้นที่มากนัก

สำหรับตำแหน่งการติดตั้งแผงบังสายตาของสถานีและทางวิ่งเป็นไปตามมติของที่ประชุม โดยผ่านการเห็นชอบจากกองทัพอากาศ มีรายละเอียดดังนี้

1. บริเวณสถานี

N21 และ N22 ติดตั้งในฝั่งขาออกนอกเมืองและหัว-ท้ายสถานี

- ชั้น Platform ติดตั้งตลอดความยาวสถานีและ หัว-ท้ายสถานี มีความสูง 2.00 เมตร จากพื้นชั้น Platform
- ชั้น Concourse บริเวณบันไดขึ้นชั้น Platform ติดตั้งสูงจากพื้นจนถึงฝ้าเพดาน ส่วนบริเวณอื่น ๆ (เฉพาะพื้นที่ ๆ มีผู้โดยสารใช้งาน) ติดตั้งสูงจากพื้น 2.00 เมตร และติดตั้งที่บันไดทางขึ้นสถานีในชั้น At Grade ด้วย

N23 ติดตั้งทั้งฝั่งขาเข้า-ออกนอกเมืองและหัว-ท้ายสถานี)

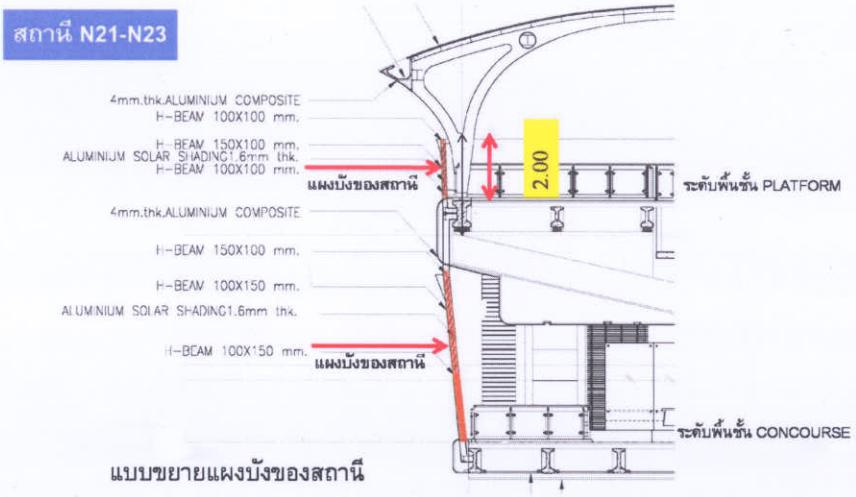
- ชั้น Platform ติดตั้งตลอดความยาวสถานีและ หัว-ท้ายสถานี มีความสูง 2.00 เมตร จากพื้นชั้น Platform
- ชั้น Concourse บริเวณบันไดขึ้นชั้น Platform ติดตั้งสูงจากพื้นจนถึงฝ้าเพดาน ส่วนบริเวณอื่น ๆ (เฉพาะพื้นที่ ๆ มีผู้โดยสารใช้งาน) ติดตั้งสูงจากพื้น 2.00 เมตร และติดตั้งที่บันไดทางขึ้นสถานีในชั้น At Grade ด้วย

2. บริเวณทางวิ่งรถไฟช่วงตั้งแต่สะพานใหม่ - N23

ติดตั้งช่วงตั้งแต่สะพานใหม่-N23 มีความสูง 1.80 เมตรจากพื้นห้องโดยสารรถไฟ

- ช่วงสะพานใหม่-N21-N22-จุดเริ่มต้นพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ ติดตั้งเฉพาะในฝั่งขาออกนอกเมือง
- ช่วงจุดเริ่มต้นพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ - N23 - โค้งทางวิ่งบริเวณประตูกรุงเทพฯ ติดตั้งทั้งฝั่งขาเข้าและขาออก

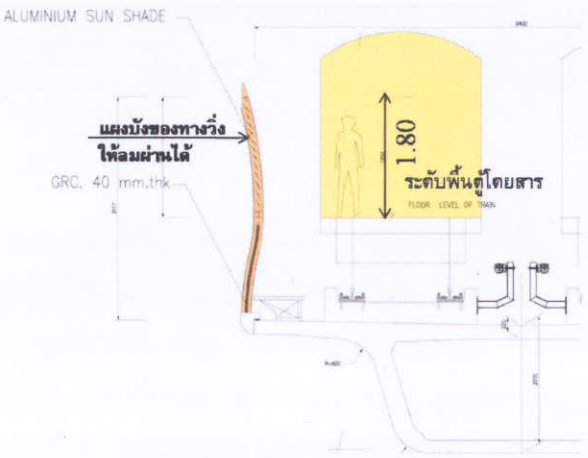
แผงบังสายตาที่สถานี



แบบขยายแผงบังของสถานี

ตัวอย่างทัศนียภาพของสถานี N22 และทางวิ่งรถไฟฟ้า เมื่อติดตั้งแผงบังสายตา

แผงบังที่ทางวิ่งรถไฟฟ้า



แบบขยายแผงบังของทางวิ่ง

3.4.4 การคำนวณหาความกว้างของชานชาลาและพื้นที่สัญจร

ในการคำนวณหาความกว้างของชานชาลาและพื้นที่สัญจรในสถานี (Passenger Flow) ที่ปรึกษาฯ ใช้การคำนวณโดยอาศัยปริมาณผู้โดยสาร (Ridership) ที่คาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารในอนาคตของแต่ละสถานีในช่วง 30 ปีข้างหน้านำมาประมาณการจำนวนผู้โดยสารในชั่วโมงเร่งด่วน (12% ของผู้โดยสารต่อวัน) และแบ่งช่วงการคำนวณออกเป็น 3 ช่วง ๆ ละ 10 ปี ตามระยะเวลาที่รอรถไฟ (Headway) ที่เปลี่ยนแปลงทุก 10 ปี

1. การหาพื้นที่สัญจรในสถานี

ที่ปรึกษาฯ คำนวณหาพื้นที่สัญจรในชั้นชานชาลา โดยใช้จำนวนผู้โดยสารทั้งขาขึ้นและขาลงรวมกันและคิดพื้นที่ 1.2 ม^2 ต่อคน ส่วนพื้นที่สัญจรในชั้นจำหน่ายตั๋วต้องการความคล่องตัวในการสัญจรคิด 1.4 ม^2 ต่อคน ซึ่งถือเป็นระดับความคล่องตัวในการสัญจร (Level of Service = D คือ Walkway) ตามมาตรฐานการออกแบบการสัญจร (Passenger Flow) ของสหรัฐอเมริกา (Station Planning & Design Guideline 1987)

ตารางการหาพื้นที่สัญจรในสถานี จากประมาณการผู้โดยสารปี พ.ศ. 2567 ทิศทางจากลำลูกกา - สะพานใหม่

สถานี	จำนวนผู้โดยสารปี 2567		จำนวนผู้โดยสาร (ชม. เร่งด่วน)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อ 15 นาที)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อนาที)	ระยะเวลารอ (นาที)	ผู้โดยสารบนชานชาลา	ผู้โดยสารบนชั้นจำหน่ายตั๋ว	พื้นที่สัญจร	
	Boarding/Hr.	Alighting/Hr.							ชั้นชานชาลา	ชั้นจำหน่ายตั๋ว
N-28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
N-27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
N-26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
N-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
N-24	4,050	0	4,050	1,215	81	4	324	648	388.80	907.20
N-23	3,290	230	3,520	1,056	70	4	282	563	337.92	788.48
N-22	1,320	130	1,450	435	29	4	116	232	139.2	324.80
N-21	1,190	150	1,340	402	27	4	107	214	128.64	300.16
N-20	1,790	260	2,050	615	41	4	164	328	196.80	459.20

หมายเหตุ 1) ปริมาณผู้โดยสารต่อวัน จากการคาดการณ์จากแบบจำลอง eBUM

2) ผู้โดยสาร ชั่วโมงเร่งด่วน คิด 12% ของต่อวัน

3) ผู้โดยสารช่วง 15 นาที คิด 30% ของชั่วโมงเร่งด่วน

4) ผู้โดยสารบนชานชาลา N20 - N24 ใช้เวลา 4 นาที ในการรอขึ้นรถไฟ

5) พื้นที่ชั้นชานชาลา คิดเป็น 1.2 ตร.ม. / คน

6) พื้นที่ชั้นจำหน่ายตั๋ว คิดเป็น 1.4 ตร.ม. / คน

ตารางการหาพื้นที่สัญจรในสถานี จากประมาณการผู้โดยสารปี พ.ศ.2577 ทิศทางจากลำลูกกา - สะพานใหม่

สถานี	จำนวนผู้โดยสารปี 2577		จำนวนผู้โดยสาร (ชม. เร่งด่วน)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อ 15 นาที)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อนาที)	ระยะเวลารอ (นาที)	ผู้โดยสารบนชานชาลา	ผู้โดยสารบนชั้นจำหน่ายตั๋ว	พื้นที่สัญจร	
	Boarding/Hr.	Alighting/Hr.							ชั้นชานชาลา	ชั้นจำหน่ายตั๋ว
N-28	940	0	940	282	19	6	113	226	135.36	315.84
N-27	680	10	690	207	14	6	83	166	99.36	231.84
N-26	1,020	20	1,040	312	21	6	125	250	149.76	349.44
N-25	810	20	830	249	17	6	100	199	119.52	278.88
N-24	3,630	160	3,790	1,137	76	3	227	455	272.88	636.72
N-23	6,400	440	6,840	2,052	137	3	410	821	492.48	1,149.12
N-22	1,620	230	1,850	555	37	3	111	222	133.2	310.80
N-21	1,460	210	1,670	501	33	3	100	200	120.24	280.56
N-20	2,790	360	3,150	945	63	3	189	378	226.8	529.20

หมายเหตุ 1) ปริมาณผู้โดยสารต่อวัน จากการคาดการณ์จากแบบจำลอง eBUM

2) ผู้โดยสาร ชั่วโมงเร่งด่วน คิด 12% ของต่อวัน

3) ผู้โดยสารช่วง 15 นาที คิด 30% ของชั่วโมงเร่งด่วน

4) ผู้โดยสารบนชานชาลา N20 - N24 ใช้เวลา 3 นาที และ N25 - N28 ใช้เวลา 6 นาที ในการรอขึ้นรถไฟ

5) พื้นที่ชั้นชานชาลา คิดเป็น 1.2 ตร.ม. / คน

6) พื้นที่ชั้นจำหน่ายตั๋ว คิดเป็น 1.4 ตร.ม. / คน

ตารางการหาพื้นที่สัญจรในสถานี จากประมาณการผู้โดยสารปี พ.ศ. 2587 ทิศทางจากลำลูกกา - สะพานใหม่

สถานี	จำนวนผู้โดยสารปี 2587		จำนวนผู้โดยสาร (ชม. เร่งด่วน)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อ 15 นาที)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อนาที)	ระยะเวลารอ (นาที)	ผู้โดยสารบนชานชาลา	ผู้โดยสารบนชั้นจำหน่ายตั๋ว	พื้นที่สัญจร	
	Boarding/Hr.	Alighting/Hr.							ชั้นชานชาลา	ชั้นจำหน่ายตั๋ว
N-28	1,140	0	1,140	342	23	4	91	182	109.44	255.36
N-27	820	10	830	249	17	4	66	133	79.68	185.92
N-26	1,240	30	1,270	381	25	4	102	203	121.92	284.48
N-25	990	30	1,020	306	20	4	82	163	97.92	228.48
N-24	4,430	190	4,620	1,386	92	2	185	370	221.76	517.44
N-23	7,800	530	8,330	2,499	167	2	333	666	399.84	932.96
N-22	1,980	280	2,260	678	45	2	90	181	108.48	253.12
N-21	1,780	250	2,030	609	41	2	81	162	97.44	227.36
N-20	3,400	440	3,840	1152	77	2	154	307	184.32	430.08

หมายเหตุ 1) ปริมาณผู้โดยสารต่อวัน จากการคาดการณ์จากแบบจำลอง eBUM

2) ผู้โดยสาร ชั่วโมงเร่งด่วน คิด 12% ของต่อวัน

3) ผู้โดยสารช่วง 15 นาที คิด 30% ของชั่วโมงเร่งด่วน

4) ผู้โดยสารบนชานชาลา N20 - N24 ใช้เวลา 2 นาที และ N25 - N28 ใช้เวลา 4 นาที ในการรอขึ้นรถไฟ

5) พื้นที่ชั้นชานชาลา คิดเป็น 1.2 ตร.ม. / คน

6) พื้นที่ชั้นจำหน่ายตั๋ว คิดเป็น 1.4 ตร.ม. / คน

สรุปจากการคำนวณหาพื้นที่สัญจรพบว่าแบบสถานีทั้งสามประเภทมีพื้นที่สัญจรเพียงพอที่จะรองรับจำนวนผู้โดยสารได้จนถึงปี 2587 ดังนี้

สถานีแบบ A (N22, N25, N26 และ N27)

- ชั้นชานชาลา ต้องการพื้นที่สัญจร 150 ตร.ม. (ตามแบบ 881 ตร.ม. ต่อ 1 ชานชาลา)
- ชั้นจำหน่ายตั๋ว ต้องการพื้นที่สัญจร 350 ตร.ม. (ตามแบบ 1,337 ตร.ม.)

สถานีแบบ B (N23)

- ชั้นชานชาลา ต้องการพื้นที่สัญจร 493 ตร.ม. (ตามแบบ 881 ตร.ม. ต่อ 1 ชานชาลา)
- ชั้นจำหน่ายตั๋ว ต้องการพื้นที่สัญจร 1,150 ตร.ม. (ตามแบบ 1,629 ตร.ม.)

สถานีแบบ C (N21, N24 และ N28)

- ชั้นชานชาลา ต้องการพื้นที่สัญจร 389 ตร.ม. (ตามแบบ 881 ตร.ม. ต่อ 1 ชานชาลา)
- ชั้นจำหน่ายตั๋ว ต้องการพื้นที่สัญจร 908 ตร.ม. (ตามแบบ 1,680 ตร.ม.)

2. การหาความกว้างของชานชาลา

การคำนวณหาความกว้างจากสูตรทั้งยามปกติ (เฉพาะผู้โดยสารบนชานชาลา) และยามฉุกเฉิน (รวมผู้โดยสารในรถไฟเต็มขบวน) ค่าที่ได้มากกว่าจะเป็นค่าที่นำมาใช้ในการออกแบบแต่จะต้องไม่ต่ำกว่า 3.00 เมตร (ตามแบบเท่ากับ 3.25 เมตร)

ตารางการหาความกว้างของชานชาลา จากประมาณการผู้โดยสารปี พ.ศ. 2567 ทิศทางจากลำลูกกา - สะพานใหม่

สถานี	จำนวนผู้โดยสารปี 2567		จำนวนผู้โดยสาร (ชม. เร่งด่วน)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อ 15 นาที)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อนาที)	ระยะเวลารอ (นาที)	ผู้โดยสารบนชานชาลา	ความกว้าง	
	Boarding/Hr.	Alighting/Hr.						ยามปกติ	ยามฉุกเฉิน
N-28	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000
N-27	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000
N-26	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000
N-25	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000
N-24	4,050	0	4,050	1,215	81	4	324	3.480	3.330
N-23	3,290	230	3,520	1,056	70	4	282	3.103	3.205
N-22	1,320	130	1,450	435	29	4	116	1.631	2.714
N-21	1,190	150	1,340	402	27	4	107	1.553	2.688
N-20	1,790	260	2,050	615	41	4	164	2.058	2.856

หมายเหตุ
1) ปริมาณผู้โดยสารต่อวัน จากการคาดการณ์จากแบบจำลอง eBUM
2) ผู้โดยสาร ชั่วโมงเร่งด่วน คิด 12% ของต่อวัน
3) ผู้โดยสารช่วง 15 นาที คิด 30% ของชั่วโมงเร่งด่วน
4) ผู้โดยสารเต็มขบวนรถ 6 ตู้ เท่ากับ 1,600 คน
5) ความยาวของชานชาลาเท่ากับ 135.00 เมตร
6) ความกว้างชานชาลาใช้ค่าที่ได้มากกว่า

สรุป ในกรณีที่ใช้ความกว้างของชานชาลาเท่ากันทุกสถานี ควรใช้ค่าความกว้างไม่น้อยกว่า 3.48 เมตร ตามค่าที่ได้จากสถานี N24

ตารางการหาความกว้างของชานชาลา จากประมาณการผู้โดยสารปี 2577 ทิศทางจากลำลูกกา - สะพานใหม่

สถานี	จำนวนผู้โดยสารปี 2577		จำนวนผู้โดยสาร (ชม. เร่งด่วน)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อ 15 นาที)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อนาที)	ระยะเวลารอ (นาที)	ผู้โดยสารบนชานชาลา	ความกว้าง	
	Boarding/Hr.	Alighting/Hr.						ยามปกติ	ยามฉุกเฉิน
N-28	940	0	940	282	19	6	113	1.603	2.705
N-27	680	10	690	207	14	6	83	1.336	2.616
N-26	1,020	20	1,040	312	21	6	125	1.709	2.740
N-25	810	20	830	249	17	6	100	1.485	2.665
N-24	3,630	160	3,790	1,137	76	3	227	2.621	3.044
N-23	6,400	440	6,840	2,052	137	3	410	4.248	3.586
N-22	1,620	230	1,850	555	37	3	111	1.587	2.699
N-21	1,460	210	1,670	501	33	3	100	1.491	2.667
N-20	2,790	360	3,150	945	63	3	189	2.280	2.930

หมายเหตุ 1) ปริมาณผู้โดยสารต่อวัน จากการคาดการณ์จากแบบจำลอง eBUM

2) ผู้โดยสาร ชั่วโมงเร่งด่วน คิด 12% ของต่อวัน

3) ผู้โดยสารช่วง 15 นาที คิด 30% ของชั่วโมงเร่งด่วน

4) ผู้โดยสารเต็มขบวนรถ 6 ตู้ เท่ากับ 1,600 คน

5) ความยาวของชานชาลาเท่ากับ 135.00 เมตร

6) ความกว้างชานชาลาใช้ค่าที่ได้มากกว่า

สรุป ในกรณีที่ใช้ความกว้างของชานชาลาเท่ากันทุกสถานี ควรใช้ค่าความกว้างไม่น้อยกว่า 4.30 เมตร ตามค่าที่ได้จากสถานี N23

ตารางการหาความกว้างของชานชาลา จากประมาณการผู้โดยสารปี 2587 ทิศทางจากลำลูกกา - สะพานใหม่

สถานี	จำนวนผู้โดยสารปี 2587		จำนวนผู้โดยสาร (ชม. เร่งด่วน)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อ 15 นาที)	จำนวนผู้โดยสาร (ต่อนาที)	ระยะเวลารอ (นาที)	ผู้โดยสารบนชานชาลา	ความกว้าง	
	Boarding/Hr.	Alighting/Hr.						ยามปกติ	ยามฉุกเฉิน
N-28	1,140	0	1,140	342	23	4	91	1.411	2.641
N-27	820	10	830	249	17	4	66	1.190	2.567
N-26	1,240	30	1,270	381	25	4	102	1.503	2.671
N-25	990	30	1,020	306	20	4	82	1.325	2.612
N-24	4,430	190	4,620	1,386	92	2	185	2.243	2.918
N-23	7,800	530	8,330	2,499	167	2	333	3.562	3.358
N-22	1,980	280	2,260	678	45	2	90	1.404	2.638
N-21	1,780	250	2,030	609	41	2	81	1.322	2.611
N-20	3,400	440	3,840	1152	77	2	154	1.965	2.825

หมายเหตุ 1) ปริมาณผู้โดยสารต่อวัน จากการคาดการณ์จากแบบจำลอง eBUM

2) ผู้โดยสาร ชั่วโมงเร่งด่วน คิด 12% ของต่อวัน

3) ผู้โดยสารช่วง 15 นาที คิด 30% ของชั่วโมงเร่งด่วน

4) ผู้โดยสารเต็มขบวนรถ 6 ตู้ เท่ากับ 1,600 คน

5) ความยาวของชานชาลาเท่ากับ 135.00 เมตร

6) ความกว้างชานชาลาใช้ค่าที่ได้มากกว่า

สรุป ในกรณีที่ใช้ความกว้างของชานชาลาเท่ากันทุกสถานี ควรใช้ค่าความกว้างไม่น้อยกว่า 3.56 เมตร ตามค่าที่ได้จากสถานี N23

สรุปจากการวิเคราะห์ความกว้างสูงสุดที่คำนวณได้ในปี 2587 สถานีแบบ A (N22, N25, N26 และ N27) พบว่าสถานี N22 เป็นสถานีที่ต้องการความกว้างสูงสุดเท่ากับ 2.74 เมตร สถานีแบบ B (N23) ต้องการความกว้างเท่ากับ 4.30 เมตร สถานีแบบ C (N21, N24 และ N28) พบว่าสถานี N24 ต้องการความกว้างสูงสุดเท่ากับ 3.48 เมตร ซึ่งทั้งหมดสอดคล้องกับค่าความกว้างของสถานีตามแบบเท่ากับ 6.20 เมตร (ความกว้างเฉลี่ย)

3.4.5 การวิเคราะห์การอพยพ

ที่ปรึกษาฯ ศึกษาจำนวนเส้นทางอพยพที่เหมาะสม เพื่อหาขีดความสามารถในการอพยพผู้โดยสาร กรณีเกิดเหตุฉุกเฉินโดยหาระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพตามมาตรฐานสากล (NFPA 130) ซึ่งจะต้องสามารถอพยพผู้โดยสารจากชานชาลาไปสู่ที่ปลอดภัยภายใน 6 นาที

การวิเคราะห์การอพยพสถานี ตาม NFPA 130 ปี พ.ศ. 2567

เส้นทางอพยพ	ความกว้างบันได มม.	ความสามารถคนผ่าน คน/มม. - นาที	จำนวนที่ผ่าน คน/นาที
ผู้โดยสารขาเข้าอพยพจากชานชาลา-ชั้นจำหน่ายตั๋ว			
1) บันได (2)	2,300	0.0516	238
บันได (3)	1,500	0.0516	233
2) บันไดเลื่อน (0)	1,100	0.0516	0
3) บันไดฉุกเฉิน (0)	1,500	0.0516	0
			471
เครื่องกั้นทางอพยพ			
4a) Scissor (3)	600	0.0819	147
4b) Wide Scissor (1)	900	0.0819	74
5) Service gate (2)	1,200	0.0819	197
			418
จากเครื่องกั้นไปยังที่ปลอดภัย			
6) บันได (2)	1,700	0.0516	175
7) บันไดเลื่อน (0)	1,100	0.0516	0
8) บันไดฉุกเฉิน (0)	1,700	0.0516	0
			175
ระยะเวลาอพยพ (ทางที่ไกลที่สุด)	**ระยะทาง (ม.)**	**ม./นาที**	**นาที**
ผู้โดยสารขาเข้าบนชานชาลา			
1) On Platform, T_1	24.50	37.7	0.650
2) Platform to concouse, T_2	7.65	12.1	0.632
3) On concourse, T_3	47.85	37.7	1.269
4) Concourse to grade, T_4	7.50	12.1	0.620
5) On grade to safe area, T_5	10.00	37.7	0.265
Total walking time, $T = T_1+T_2+T_3+T_4+T_5$			3.436
* หักบันไดเลื่อน 1 ตัว			

สรุป ระยะเวลาในการอพยพผู้โดยสารออกจากชั้นชานชาลาจนถึงจุดปลอดภัย (ชั้น Concourse)

$$= \frac{\text{ผู้โดยสารบนชานชาลา + ผู้โดยสารเต็ม 1 ขบวนรถ}}{\text{ความจุของเส้นทางอพยพ}}$$

สถานี N23 = (282 + 1,600) / 471

= 4.00 นาที (ไม่เกิน 6 นาทีถือว่าผ่าน NFPA 130)

สถานี N24 = (324 + 1,600) / 471

= 4.08 นาที (ไม่เกิน 6 นาทีถือว่าผ่าน NFPA 130)

คำนวณโดยใช้ระยะเวลารอ N21-N24 ใช้เวลา 4 นาที และผู้โดยสารเต็มขบวนเท่ากับ 1,600 คน

การวิเคราะห์การอพยพสถานี ตาม NFPA 130 ปี พ.ศ. 2577

เส้นทางอพยพ	ความกว้างบันได มม.	ความสามารถคนผ่าน คน/มม. - นาที	จำนวนที่ผ่าน คน/นาที
ผู้โดยสารขาเข้าอพยพจากชานชาลา-ชั้นจำหน่ายตั๋ว			
1) บันได (2)	2,300	0.0516	238
บันได (3)	1,500	0.0516	233
2) บันไดเลื่อน (0)	1,100	0.0516	0
3) บันไดฉุกเฉิน (0)	1,500	0.0516	0
			471
เครื่องกั้นทางอพยพ			
4a) Scissor (3)	600	0.0819	147
4b) Wide Scissor (1)	900	0.0819	74
5) Service gate (2)	1,200	0.0819	197
			418
จากเครื่องกั้นไปยังที่ปลอดภัย			
6) บันได (2)	1,700	0.0516	175
7) บันไดเลื่อน (0)	1,100	0.0516	0
8) บันไดฉุกเฉิน (0)	1,700	0.0516	0
			175
ระยะเวลาอพยพ (ทางที่ไกลที่สุด)	**ระยะทาง (ม.)**	**ม./นาที**	**นาที**
ผู้โดยสารขาเข้าบนชานชาลา			
1) On Platform, T_1	24.50	37.7	0.650
2) Platform to concouse, T_2	7.65	12.1	0.632
3) On concourse, T_3	47.85	37.7	1.269
4) Concourse to grade, T_4	7.50	12.1	0.620
5) On grade to safe area, T_5	10.00	37.7	0.265
Total walking time, $T = T_1+T_2+T_3+T_4+T_5$			3.436

* หักบันไดเลื่อน 1 ตัว

สรุป ระยะเวลาในการอพยพผู้โดยสารออกจากชั้นชานชาลาจนถึงจุดปลอดภัย (ชั้น Concourse)

$$= \frac{\text{ผู้โดยสารบนชานชาลา + ผู้โดยสารเต็ม 1 ขบวนรถ}}{\text{ความจุของเส้นทางอพยพ}}$$

สถานี N23 = (410 + 1,600) / 471

= 4.27 นาที (ไม่เกิน 6 นาทีถือว่าผ่าน NFPA 130)

สถานี N24 = (227 + 1,600) / 471

= 3.88 นาที (ไม่เกิน 6 นาทีถือว่าผ่าน NFPA 130)

คำนวณโดยใช้ระยะเวลารอ N21-N24 ใช้เวลา 3 นาที และ N25-N28 ใช้เวลา 6 นาที และผู้โดยสารเต็มขบวนเท่ากับ 1,600 คน

การวิเคราะห์การอพยพสถานี ตาม NFPA 130 ปี พ.ศ. 2587

เส้นทางอพยพ	ความกว้างบันได มม.	ความสามารถคนผ่าน คน/มม. - นาที	จำนวนที่ผ่าน คน/นาที
ผู้โดยสารขาเข้าอพยพจากชานชาลา-ชั้นจำหน่ายตั๋ว			
1) บันได (2)	2,300	0.0516	238
บันได (3)	1,500	0.0516	233
2) บันไดเลื่อน (0)	1,100	0.0516	0
3) บันไดฉุกเฉิน (0)	1,500	0.0516	0
			471
เครื่องกั้นทางอพยพ			
4a) Scissor (3)	600	0.0819	147
4b) Wide Scissor (1)	900	0.0819	74
5) Service gate (2)	1,200	0.0819	197
			418
จากเครื่องกั้นไปยังที่ปลอดภัย			
6) บันได (2)	1,700	0.0516	175
7) บันไดเลื่อน (0)	1,100	0.0516	0
8) บันไดฉุกเฉิน (0)	1,700	0.0516	0
			175
ระยะเวลาอพยพ (ทางที่ไกลที่สุด)	**ระยะทาง (ม.)**	**ม./นาที**	**นาที**
ผู้โดยสารขาเข้าบนชานชาลา			
1) On Platform, T_1	24.50	37.7	0.650
2) Platform to concouse, T_2	7.65	12.1	0.632
3) On concourse, T_3	47.85	37.7	1.269
4) Concourse to grade, T_4	7.50	12.1	0.620
5) On grade to safe area, T_5	10.00	37.7	0.265
Total walking time, $T = T_1+T_2+T_3+T_4+T_5$			3.436

* หักบันไดเลื่อน 1 ตัว

สรุป ระยะเวลาในการอพยพผู้โดยสารออกจากชั้นชานชาลาจนถึงจุดปลอดภัย (ชั้น Concourse)

$$= \frac{\text{ผู้โดยสารบนชานชาลา + ผู้โดยสารเต็ม 1 ขบวนรถ}}{\text{ความจุของเส้นทางอพยพ}}$$

สถานี N23 = (333 + 1,600) / 471

= 4.10 นาที (ไม่เกิน 6 นาทีถือว่าผ่าน NFPA 130)

สถานี N24 = (185 + 1,600) / 471

= 3.79 นาที (ไม่เกิน 6 นาทีถือว่าผ่าน NFPA 130)

คำนวณโดยใช้ระยะเวลารอ N21-N24 ใช้เวลา 2 นาที และ N25-N28 ใช้เวลา 4 นาที และผู้โดยสารเต็มขบวนเท่ากับ 1,600 คน

สรุป จากการวิเคราะห์สถานีทั้ง 3 รูปแบบ พบว่าสามารถอพยพผู้โดยสารได้ตามมาตรฐาน (ไม่เกิน 6 นาที) โดยพิจารณาที่สถานีที่มีจำนวนผู้โดยสารสูงสุดบนชั้นชานชาลา คือ สถานี N24 ในช่วง 10 ปีแรก และ N23 ในช่วงเวลาที่เหลือ ซึ่งใช้เวลาสูงสุด 4.27 นาที

3.4.6 งานออกแบบภูมิทัศน์

1) ภูมิทัศน์บริเวณพื้นที่ทางเดินเท้า

โดยเน้นลายพื้นบริเวณทางเท้าและบันไดขึ้นลงสถานีให้มีความสวยงามน่าสนใจ โดยใช้รูปแบบเรขาคณิตที่ทำจากวัสดุก่อสร้างตกแต่งผิวพื้นที่หาได้ง่ายตามท้องตลาด ทั้งนี้การกำหนดรูปแบบลวดลายที่เหมาะสมและน่าสนใจจะช่วยส่งผลต่อภาพรวมของโครงการฯ ได้มากโดยไม่ต้องใช้วัสดุที่มีราคาแพง

2) ภูมิทัศน์บริเวณพื้นที่เกาะกลางถนน

พื้นที่บริเวณเกาะกลางถนน ประกอบด้วย เสาโครงสร้างและส่วนอาคาร Service จึงมีแนวคิดการแต่งโดยใช้พืชพันธุ์เข้าไปประกอบ เพื่อให้งานภูมิทัศน์ช่วยลดภาพความกระด้างของสิ่งก่อสร้าง

3) แนวทางการเลือกพรรณไม้

- **แนวคิดการออกแบบผังพืชพันธุ์ บริเวณทางเท้าทั้ง 2 ฝั่งถนน**

เนื่องจากทางเท้าในโครงการนั้น มีความกว้างพอสมควรโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 2.80 – 2.90 เมตร จึงกำหนดให้มีลวดลายพื้นแบบเรขาคณิต และการปลูกต้นไม้ยืนต้น ตามความยาวฟุตบาท ซึ่งจะทำให้เกิดความร่มรื่นและทำให้องค์ประกอบสถาปัตยกรรมบริเวณนั้นดูนุ่มนวลขึ้น ซึ่งการใช้ไม้ยืนต้นจะช่วยลดภาระในการตัดแต่งทรงพุ่มและยังให้ร่มเงาได้ด้วย

- **แนวคิดการออกแบบผังพืชพันธุ์ บริเวณเกาะกลาง**

การกำหนดผังและชนิดของพืชพันธุ์ในบริเวณเกาะกลางนี้ที่ปรึกษาออกแบบให้มีลักษณะค่อนข้างนิ่งเป็นรูปแบบเส้นสายทางเรขาคณิต เพื่อสร้างความกลมกลืนกับองค์ประกอบสถาปัตยกรรมศิลปะเป็นรูปแบบสมัยใหม่ที่เน้นรูปแบบผังและสีสัน โดยให้ความรู้สึกสดชื่นและสดใสเสริมให้องค์ประกอบสถาปัตยกรรมนั้น ๆ ดูมีชีวิตชีวามากขึ้น

ตารางสรุปการเลือกใช้พรรณไม้ของสถานีต่าง ๆ

สถานี	FOOTPATH			เกาะกลาง		
	ไม้ยืนต้น	ไม้พุ่ม	ไม้คลุมดิน	ไม้ยืนต้น	ไม้พุ่ม	ไม้คลุมดิน
N21	ราชพฤกษ์	-	-	-	จั๋งญี่ปุ่น, ปาล์มไผ่, ประกายเงิน, หนวดปลาหมึกแคระ, ลิ้นมังกร, เขียวหมื่นปี, ซุ้มกระต่ายด่าง	-
N22	คอเดีย	-	-	-	จั๋งญี่ปุ่น, หมากเหลือง, การะเกดหนู, ชาฮกเกี้ยน, ไทรยอดทอง, สาวน้อยประแป้ง, ซุ้มกระต่ายด่าง	-
N23	ราชพฤกษ์	-	-	-	จั๋งญี่ปุ่น, ปาล์มไผ่, ประกายเงิน, หนวดปลาหมึกแคระ, ลิ้นมังกร, เขียวหมื่นปี, ซุ้มกระต่ายด่าง	-
N24	คอเดีย	-	-	-	จั๋งญี่ปุ่น, หมากเหลือง, การะเกดหนู, ชาฮกเกี้ยน, ไทรยอดทอง, สาวน้อยประแป้ง, ซุ้มกระต่ายด่าง	-
N25	ราชพฤกษ์	-	-	-	จั๋งญี่ปุ่น, ปาล์มไผ่, ประกายเงิน, หนวดปลาหมึกแคระ, ลิ้นมังกร, เขียวหมื่นปี, ซุ้มกระต่ายด่าง	-
N26	คอเดีย	-	-	-	จั๋งญี่ปุ่น, หมากเหลือง, การะเกดหนู, ชาฮกเกี้ยน, ไทรยอดทอง, สาวน้อยประแป้ง, ซุ้มกระต่ายด่าง	-
N27	ราชพฤกษ์	-	-	-	จั๋งญี่ปุ่น, ปาล์มไผ่, ประกายเงิน, หนวดปลาหมึกแคระ, ลิ้นมังกร, เขียวหมื่นปี, ซุ้มกระต่ายด่าง	-
N28	คอเดีย	-	-	-	จั๋งญี่ปุ่น, หมากเหลือง, การะเกดหนู, ชาฮกเกี้ยน, ไทรยอดทอง, สาวน้อยประแป้ง, ซุ้มกระต่ายด่าง	-

พรรณไม้ที่ใช้ในสถานี N21, N23, N25 และ N27

เขียวหมื่นปี (*Aglaonema modestum* Schott.)

ราชพฤกษ์ (*Cassia fistula* L.)

จั่งญี่ปุ่น (*Rhapis excelsa* (Thunb.) A.Henry)

ซุ้มกระต่ายด่าง (*Ophiopogon jaburan* (Kunth) Lodd.)

ปาล์มไผ่ (*Chamaedorea seifrizii*)

ลิ้นมังกร (*Sansevieria trifasciata* hort. ex Prain)

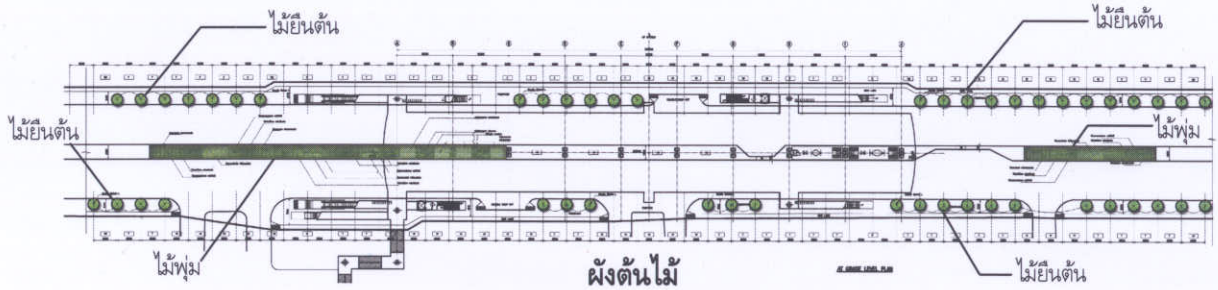
หนวดปลาหมึกแคระ(*Schefflera arboricola* (Hayata) Hayata cv. Compacta.)

ประกายเงิน (*Dracaena deremensis* "Warneckei")

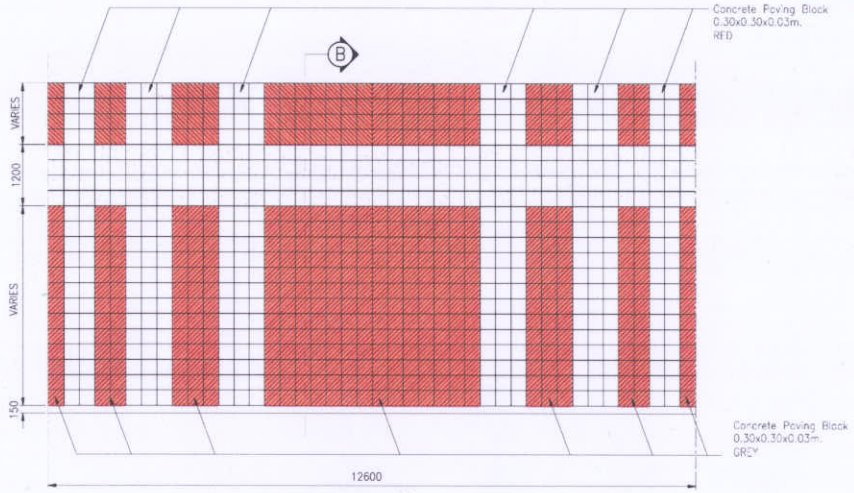
พรรณไม้ที่ใช้ในสถานี N22, N24, N26 และ N28

 การะเกดด่างแคระ (*Pandanus pygmaeus* Thouars)	 คอเดีย (*Cordia sebestena* L.)
 จั๋งญี่ปุ่น (*Rhapis excelsa* (Thunb.) A. Henry)	 ซุ้มกระต่ายด่าง (*Ophiopogon jaburan* (Kunth Lodd.)
 ชาฮกเกี้ยน (*Ehretia microphylla* Lamk)	 ไทรยอดทอง (*Ficus microcarpa* L.f.cv. 'Golden Leaves')
 สาวน้อยประแป้ง(*Dieffenbachia maculate* (Lodd.) Bunting cv. Jenmanii)	 หมากเหลือง (*Chrysalidocarpus lutescens* (Bory) H.A. Wendl.)

รูปแบบการจัด Landscape N21 - N23

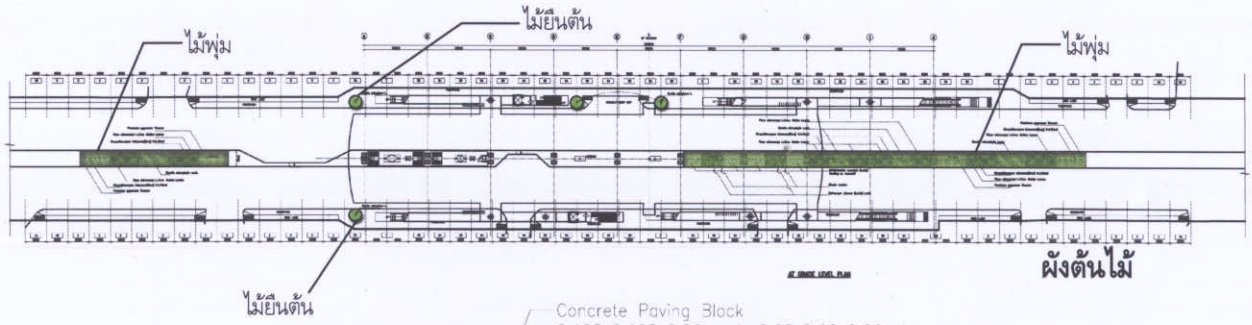


ผังต้นไม้

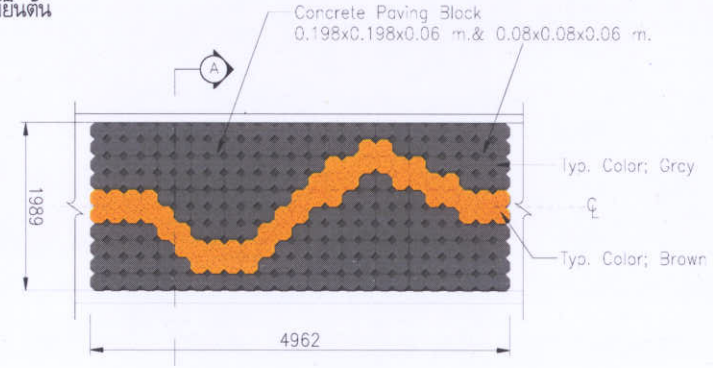


แบบขยายลายพื้น

รูปแบบการจัด Landscape N24 - N28



ผังต้นไม้



แบบขยายลายพื้น

3.4.7 การตกแต่งภายในสถานี

แนวคิดการตกแต่งภายใน

- มีความปลอดภัยในการใช้งาน
- เน้นการให้สีสว่างและสะอาด
- ใช้วัสดุที่ดูแลรักษาง่าย และทนทาน
- รูปแบบทันสมัย
- ให้ความสำคัญในเรื่องป้าย (Signage)

ทัศนียภาพภายในสถานี

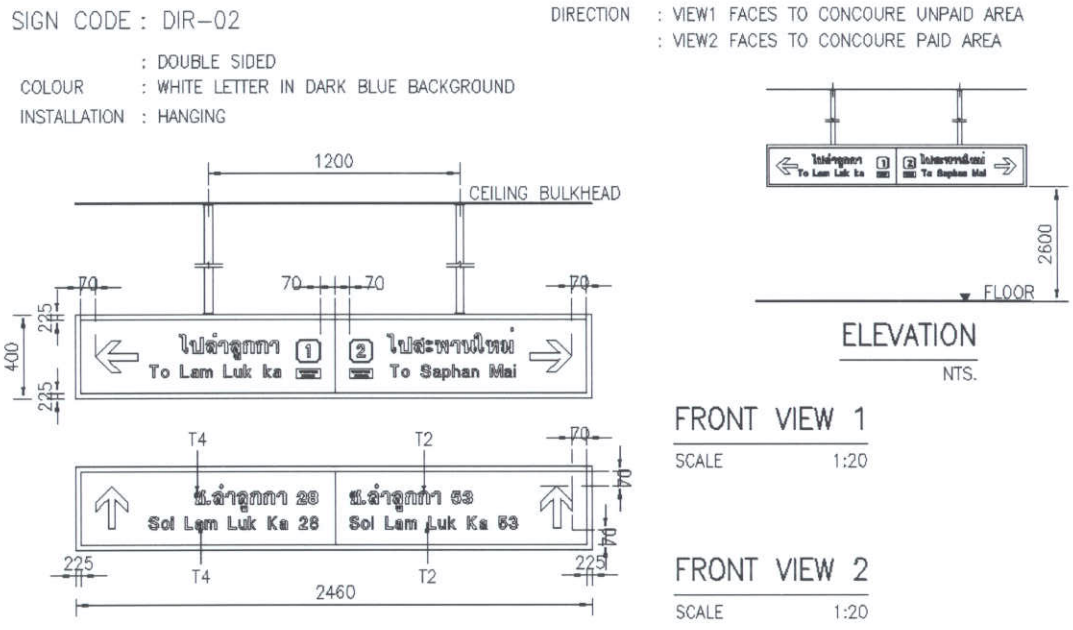
3.4.8 งานป้าย

ที่ปรึกษาฯ ได้ใช้แนวคิดในการออกแบบงานป้ายที่จะใช้อำนวยความสะดวกภายในและภายนอกของสถานีรถไฟฟ้าแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

ป้ายบอกทิศทาง

ป้ายบอกทิศทางเป็นป้ายที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งและทิศทางการสัญจรบริเวณสถานี ตัวอย่างเช่น ป้ายทางเข้า-ออก ป้ายบริเวณทางเดิน ป้ายขึ้น-ลงชานชาลา และป้ายบอกทิศทางสถานที่ข้างเคียง ฯลฯ ทุกสถานีได้ออกแบบป้ายชื่อสถานที่ ซอย ถนนย่อย ที่สำคัญของแต่ละสถานี เพื่อความสะดวกของผู้โดยสารในการเดินทางให้ตรงจุดหมายอย่างสะดวก ประกอบด้วย

- แนวคิดในการเลือกใช้วัสดุ กำหนดให้แผ่นป้ายใช้ Acrylic กรอบสแตนเลส
- แนวคิดในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง เช่น ทางแยก ทางขึ้น-ลง ต่าง ๆ
- แนวคิดในการเลือกวิธีการติดตั้ง แบบแขวนหรือยึดติดกับผนัง
- แนวคิดในการเลือกสี ใช้สีพื้นเป็นสีน้ำเงินเข้ม ตัวอักษรสีขาว

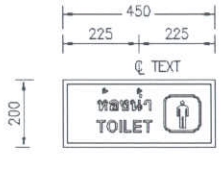


ป้ายชื่อห้องและจุดบริการในสถานี

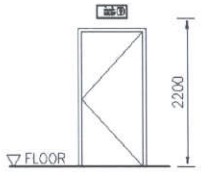
ป้ายชื่อห้องและจุดบริการในสถานีเป็นป้ายที่แสดงจุดให้บริการต่าง ๆ ภายในสถานี ตัวอย่าง เช่น ป้ายเครื่องจำหน่ายตั๋ว ป้ายโทรศัพท์ และป้ายห้องตั๋วโดยสาร ฯลฯ ประกอบด้วย

- แนวคิดในการเลือกใช้วัสดุ กำหนดให้แผ่นป้ายใช้ Acrylic กรอบสแตนเลส
- แนวคิดในการเลือกวิธีการติดตั้ง แบบแขวนกับฝ้าเพดานอาคาร หรือแบบยึดติดกับผนังอาคาร
- แนวคิดในการเลือกสี ใช้สีพื้นเป็นสีน้ำเงินเข้ม ตัวอักษรสีขาว

SIGN CODE : ID-12
: SINGLE SIDED
COLOUR : WHITE LETTER IN DARK BLUE BACKGROUND
INSTALLATION : BOLTED ON WALL



FRONT VIEW
SCALE 1:20



ELEVATION
SCALE 1:50

ป้ายประชาสัมพันธ์

ป้ายประชาสัมพันธ์เป็นป้ายที่แสดงข้อมูลประชาสัมพันธ์ต่าง ๆ ของสถานีตัวอย่างเช่น แผนที่การเดินรถไฟฟ้า การส่งเสริมการขาย และราคาค่าโดยสาร ฯลฯ ประกอบด้วย

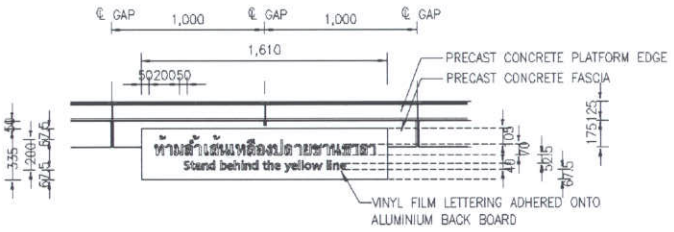
- แนวคิดในการเลือกใช้วัสดุ กำหนดให้แผ่นป้ายใช้ Acrylic กรอบสแตนเลส
- แนวคิดในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง เช่น ทางแยก ทางขึ้น-ลง ต่าง ๆ
- แนวคิดในการเลือกวิธีการติดตั้ง แบบแขวนหรือยึดติดกับผนัง
- แนวคิดในการเลือกสี ใช้สีพื้นเป็นสีน้ำเงินเข้ม ตัวอักษรสีขาว

ป้ายเตือน และป้ายฉุกเฉิน

ป้ายเตือนและป้ายฉุกเฉิน เป็นป้ายที่แสดงข้อห้ามข้อควรปฏิบัติต่าง ๆ ภายในสถานี ทั้งในรูปแบบข้อความและสัญลักษณ์ โดยส่วนใหญ่จะใช้สีของป้ายที่แตกต่างกับป้ายประเภทอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น ป้ายห้ามเข้า ป้ายห้ามรับประทานอาหาร ป้ายห้ามสัตว์เลี้ยง ห้ามสูบบุหรี่ และทางหนีไฟ ทางออกฉุกเฉิน ฯลฯ ประกอบด้วย

- แนวคิดในการเลือกใช้วัสดุ กำหนดให้แผ่นป้ายใช้ Acrylic กรอบสแตนเลส
- แนวคิดในการเลือกวิธีการติดตั้ง แบบแขวนกับฝ้าเพดานอาคาร หรือแบบยึดติดกับผนังอาคาร
- แนวคิดในการเลือกสี ใช้สีพื้นเป็นสีเทา ตัวอักษรสีดำ

SIGN CODE : SW-07
: SINGLE SIDED
COLOUR : BLACK LETTER ON LIGHT GREY BACK GROUND
INSTALLATION : BOLTED ON WALL



FRONT VIEW
SCALE 1:20

ป้ายชื่อสถานี

หลังจากที่ปรึกษาฯ ได้ให้ประชาชนในพื้นที่ตามเส้นทางและบริเวณตำแหน่งที่สถานีตั้งอยู่ได้แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับชื่อของสถานีแต่ละที่ ทางที่ปรึกษาฯ ได้รวบรวมชื่อทั้งหมดสรุปได้ดังนี้

สถานี	ชื่อภาษาไทย	ชื่อภาษาอังกฤษ
N21	สถานีโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช	BHUMIBOL ADULYADEJ HOSPITAL STATION
N22	สถานีพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ	ROYAL THAI AIR FORCE MUSEUM STATION
N23	สถานีกม. 25	KM. 25 STATION
N24	สถานีคูคต	KHU KHOT STATION
N25	สถานีคลองสาม	KHLONG 3 STATION
N26	สถานีคลองสี่	KHLONG 4 STATION
N27	สถานีคลองห้า	KHLONG 5 STATION
N28	สถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก	EASTERN OUTER RING ROAD STATION

สำหรับการออกแบบป้ายชื่อสถานี ประกอบด้วย

ป้ายแขวน

- แนวคิดในการเลือกใช้วัสดุ กำหนดให้แผ่นป้ายใช้ Acrylic กรอบสแตนเลส
- แนวคิดในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง เช่น ทางแยก ทางขึ้น-ลง ต่าง ๆ
- แนวคิดในการเลือกวิธีการติดตั้ง แบบแขวน
- แนวคิดในการเลือกสี ใช้สีพื้นเป็นสีน้ำเงินเข้ม ตัวอักษรสีขาว

ป้ายบนที่ติดตั้งบนโครงสร้างเหล็ก

- แนวคิดในการเลือกใช้วัสดุ กำหนดให้ใช้แผ่นสแตนเลส อบสี
- แนวคิดในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง กำหนดให้ติดตั้งด้านหน้าสถานี
- แนวคิดในการเลือกวิธีการติดตั้ง เป็นแบบยึดติดกับผนัง
- แนวคิดในการเลือกสี ใช้สีพื้นเป็นสีน้ำเงินเข้ม ตัวอักษรสีขาว

3.4.9 สิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่คนพิการหรือทุพพลภาพและคนชรา

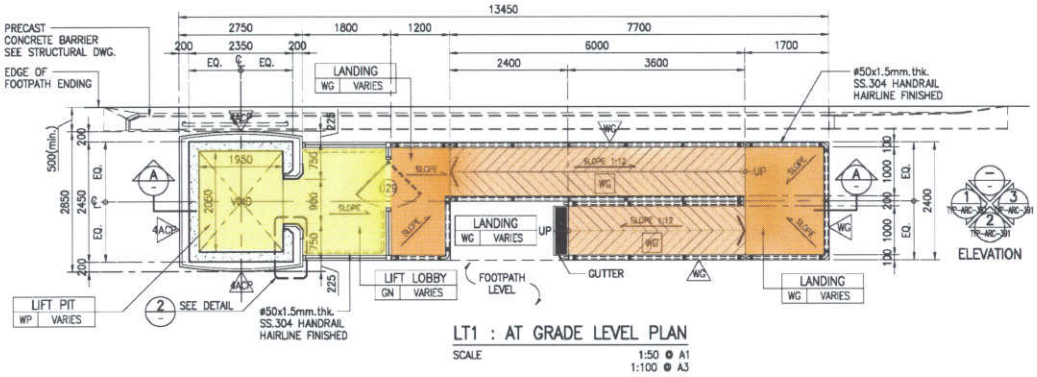
ที่ปรึกษาฯ ได้นำข้อมูลกฎหมายและมาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาเป็นแนวทางในการออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการ จำแนกรายละเอียดตามงานได้ดังนี้

1) ลิฟท์

ออกแบบให้มีลิฟต์เพื่ออำนวยความสะดวกแก่คนพิการในทุกสถานี จัดวางฝั่งถนนละ 1 ชุด รวม 2 ชุด ในชั้นพื้นดินเพื่อขึ้นสู่จำหน่ายตั๋วและในชั้นจำหน่ายตั๋วจัดให้มีขึ้นสู่ชั้นชานชาลาข้างละ 1 ชุด รวม 2 ชุด ความกว้างของลิฟต์และประตูลิฟต์ได้ตามมาตรฐาน (ขนาดห้องลิฟต์ไม่น้อยกว่า 1.10 x 1.40 เมตร ขนาดความกว้างประตูลิฟต์ไม่น้อยกว่า 0.9 เมตร)

2) ทางลาด

วางตำแหน่งทางลาดไว้คู่กับลิฟท์เพื่อใช้เป็นทางสัญจรสู่ลิฟท์ต์ โดยมีความกว้างระยะชานพัก ขนาดและความสูงของราวจับที่ได้มาตรฐาน

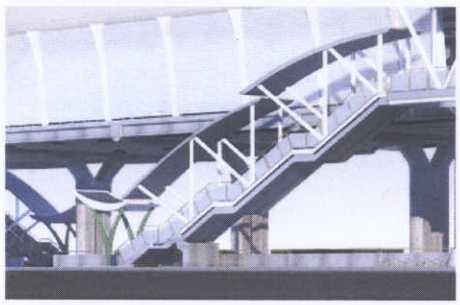


3) พื้นผิวต่างสัมผัส

จัดให้มีพื้นผิวต่างสัมผัสชนิดปุ่มนูน ใช้เมื่อมีขอบต่างระดับหรือเปลี่ยนทิศทาง

4) บันได

ออกแบบให้มีลูกตั้ง - ลูกนอน ความกว้างบันได ความสูงและขนาดของราวจับบันไดที่ได้มาตรฐาน



5) อักษรเบรลล์

กำหนดให้มีบริเวณราวจับบันได

6) ทางเข้าเครื่องตรวจตั๋ว (Barrier)

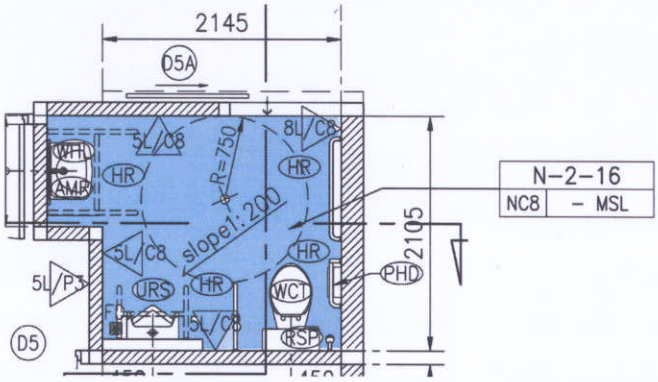
ออกแบบให้มีตำแหน่ง Barrier สำหรับคนพิการโดยเฉพาะ มีความกว้างที่เหมาะสม

7) งานป้ายสำหรับคนพิการ

ออกแบบให้ป้ายทั้งหมดที่เกี่ยวกับคนพิการ มีการกำหนดสี สัญลักษณ์ สำหรับคนพิการ โดยออกแบบให้ตัวอักษร และสัญลักษณ์รูปบนป้ายเป็นสีขาวพื้นป้ายสีน้ำเงิน พร้อมไฟป้ายส่อง

8) บริการสาธารณะอื่น ๆ

- โทรศัพท์สาธารณะสำหรับคนพิการ
- เครื่องจำหน่ายตั๋วสำหรับคนพิการ
- ห้องน้ำสำหรับคนพิการ



3.5 การออกแบบรายละเอียดและจัดทำแผนการรื้อย้ายสาธารณูปโภค

3.5.1 ระบบสาธารณูปโภคที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิม ตามแนวเส้นทางก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา คลอง 4 บนช่วงถนนพหลโยธิน และ ถนนลำลูกกา มีดังต่อไปนี้

3.5.1.1 ระบบไฟฟ้า

ก. ระบบไฟฟ้าบนถนนพหลโยธิน

ระบบไฟฟ้าบนถนนพหลโยธิน ประกอบด้วยระบบไฟฟ้าแรงดันสูง (69kV และ 24kV) และ ระบบไฟฟ้าแรงดันแรงดันต่ำ อยู่ภายใต้การดูแลของการไฟฟ้านครหลวง และ กองทัพอากาศ มีระบบการจ่ายไฟฟ้าจำแนกได้ดังนี้

- ระบบสายอากาศ คือการจ่ายไฟฟ้าตามแนวสายที่พาดบนเสาไฟฟ้า มีตำแหน่งอยู่บริเวณทางเท้าทั้งสองฝั่งถนนพหลโยธินและพาดสายข้ามถนนในบางจุด
- ระบบสายไฟฟ้าใต้ดิน มีตำแหน่งอยู่ใต้ผิวจราจรฝั่งพหลโยธินขาเข้า เริ่มจากสี่แยกพหลโยธิน 54/1 ไปจนถึงสี่แยกจันทรุเบกษา ซึ่งการออกแบบได้หลีกเลี่ยงผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าดังกล่าวนี้

ข ระบบไฟฟ้าบนถนนลำลูกกา

ระบบไฟฟ้าบนถนนลำลูกกา ประกอบด้วยระบบไฟฟ้าแรงดันสูง (115kV และ 22kV) และระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ อยู่ภายใต้การดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีระบบการจ่ายไฟฟ้าเป็นระบบสายอากาศทั้งหมด มีตำแหน่งอยู่บริเวณทางเท้าทั้งสองฝั่งถนนลำลูกกาและพาดสายข้ามถนนในบางจุด

ค ระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง

ระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูงอยู่ภายใต้การดูแลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต โดยพบว่าโครงการก่อสร้างได้ตัดผ่านแนวสายส่งไฟฟ้าแรงดันสูงบริเวณ ถนนลำลูกกาคลอง 5 หน้าบริษัท ท่อส่งปิโตรเลียมไทย จำกัด ซึ่งจำเป็นต้องทำการรื้อย้ายสายส่งไฟฟ้าแรงสูงดังกล่าว

3.5.1.2 ระบบสื่อสารและโทรคมนาคม

ก ระบบสื่อสารและโทรคมนาคม บนถนนพหลโยธิน

ระบบเคเบิลโทรคมนาคม และ สายเคเบิลใยแก้วตามแนวถนนพหลโยธินอยู่ภายใต้การดูแลของกรุงเทพมหานคร, กองทัพอากาศ, บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) และบริษัทผู้รับสัมปทาน

บริษัท กสท. โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) และบริษัทผู้รับสัมปทาน สามารถจำแนกตามระบบการวางสายเคเบิล ได้ดังนี้

- ระบบสายอากาศ คือการพาดแนวสายสื่อสารพาดไปตามเสาโทรศัพท์และเสาไฟฟ้า มีตำแหน่งอยู่บริเวณทางเท้าทั้งสองฝั่งถนนพหลโยธินและพาดสายข้ามถนนในบางจุด
- ระบบสายเคเบิลใต้ดิน มีตำแหน่งอยู่ใต้ผิวจราจรและผิวทางเท้าตลอดแนวถนนพหลโยธิน
- ระบบเสาส่งสัญญาณสื่อสาร มีตำแหน่งอยู่ในซอยพหลโยธิน 54/2 หลังประตูกรุงเทพพลาซ่า ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้าผ่านบริเวณดังกล่าว

ข ระบบสื่อสารและโทรคมนาคม บนถนนลำลูกกา

ระบบสายเคเบิลโทรคมนาคม และ สายเคเบิลใยแก้ว บนถนนลำลูกกาอยู่ภายใต้การดูแลของบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) และบริษัทผู้รับสัมปทาน บริษัท กสท. โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) และบริษัทผู้รับสัมปทาน สามารถจำแนกตามระบบการวางสายเคบิล ได้ดังนี้

- ระบบสายอากาศ คือการพาดแนวสายสื่อสารพาดไปตามเสาโทรศัพท์และเสาไฟฟ้า มีตำแหน่งอยู่บริเวณทางเท้าทั้งสองฝั่งถนนลำลูกกาและพาดสายข้ามถนนในบางจุด
- ระบบสายเคเบิลใต้ดิน มีตำแหน่งอยู่ใต้ผิวจราจรและผิวทางเท้าตลอดแนวถนนลำลูกกาฝั่งขาออก

3.5.1.3 ระบบสัญญาณไฟจราจร

ก ระบบสัญญาณไฟจราจร บนถนนพหลโยธิน

ระบบสัญญาณจราจร บนถนนพหลโยธินอยู่ภายใต้การดูแลของกรุงเทพมหานคร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ประกอบด้วย สัญญาณไฟจราจร มีตำแหน่งอยู่บนทางเท้า เกาะกลางถนน และบนสะพานลอย และ ระบบสายเคเบิล ตำแหน่งทางแยกที่มีระบบสัญญาณไฟจราจรบนถนนพหลโยธิน ได้แก่

- สี่แยกพหลโยธิน 54/1
- สี่แยกโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช
- สี่แยกโรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย
- สามแยกพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ
- สี่แยกจันทรุเบกษา

ข ระบบสัญญาณไฟจราจร บนถนนลำลูกกา

ระบบสัญญาณจราจร บนถนนลำลูกกาอยู่ภายใต้การดูแลของ กรมทางหลวง ประกอบด้วย เสาไฟจราจรและระบบสายเคเบิล ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสัญญาณไฟที่ไม่มีการใช้งานแล้ว

3.5.1.4 ระบบประปา

ก ระบบประปาบนถนนพหลโยธิน

ระบบประปาบนถนนพหลโยธิน ประกอบด้วยระบบท่อประปาประธาน และ ท่อประปาแยกจ่าย อยู่ภายใต้การดูแลของการประปานครหลวง ประกอบด้วย

- ท่อประปาประธานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1200 มม. มีตำแหน่งห่างจากแนวศูนย์กลางถนนพหลโยธิน 6.95 ม. ไปทางฝั่งพหลโยธินขาเข้า มีความลึกหลังท่อประมาณ 4.00 ม. จากผิวจราจร ซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างของโครงการ
- ท่อประปาประธานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม. มีตำแหน่งห่างจากแนวศูนย์กลางถนนพหลโยธิน 12.00 ม. ไปทางฝั่งพหลโยธินขาเข้า
- ท่อประปาแยกจ่ายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มม. มีตำแหน่งอยู่ใต้ทางเท้า ฝั่งพหลโยธินขาเข้า และ ลอดใต้ถนนข้ามฝั่งบริเวณสี่แยก

ข ระบบประปาตามแนวถนนลำลูกกา

ระบบประปาบนถนนลำลูกกา ประกอบด้วยระบบท่อประปาประธาน และ ท่อประปาแยกจ่าย อยู่ภายใต้การดูแลของการประปาส่วนภูมิภาค มีตำแหน่งอยู่บริเวณใต้ทางเท้าทั้งสองฝั่งถนนลำลูกกา และลอดใต้ถนนข้ามฝั่งในบางจุด

3.5.1.5 ระบบท่อระบายน้ำ

ก ระบบท่อระบายน้ำบนถนนพหลโยธิน

ระบบท่อระบายน้ำบนถนนพหลโยธิน มีตำแหน่งอยู่ภายใต้ผิวทางเท้าทั้งสองฝั่งตลอดแนวถนนพหลโยธิน และลอดใต้ถนนข้ามฝั่งในบางจุด โดยจำแนกระบบท่อระบายน้ำตามหน่วยงานที่ดูแลได้ดังต่อไปนี้

- ระบบท่อระบายน้ำภายใต้การดูแลของกรุงเทพมหานคร เป็นท่อคอนกรีตเสริมเหล็กสี่เหลี่ยมขนาด 1.20 x 1.20 ม.พร้อมบ่อพัก แนวเริ่มตั้งแต่หน้าตลาดยิ่งเจริญไปจนถึงแยกจันทรุเบกษา

- ระบบท่อระบายน้ำภายใต้การดูแลของกรมทางหลวง เป็นท่อคอนกรีตเสริมเหล็กวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 ม.พร้อมบ่อพัก แนวเริ่มตั้งแต่แยกจันทรุเบกษา ไปจนถึงถนนวิภาวดีรังสิต

ข ระบบท่อระบายน้ำบนถนนลำลูกกา

ระบบท่อระบายน้ำบนถนนลำลูกกา อยู่ภายใต้การดูแลของกรมทางหลวง มีตำแหน่งอยู่ภายใต้ผิวทางเท้าทั้งสองฝั่งตลอดแนวถนนพหลโยธิน เป็นท่อคอนกรีตเสริมเหล็กวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 ม.พร้อมบ่อพัก ตลอดแนวถนนลำลูกกา

3.5.1.6 ระบบท่อน้ำมัน

บริเวณถนนลำลูกกาช่วงคลองห้า จ.ปทุมธานี มีแนวท่อส่งน้ำมัน 2 เส้น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว และ 18 นิ้ว ภายใต้การดูแลของ บริษัท ท่อส่งปิโตรเลียมไทย จำกัด ลอดใต้ดินข้ามฝั่งถนน ซึ่งการออกแบบได้หลีกเลี่ยงผลกระทบต่อท่อส่งน้ำมันดังกล่าวนี้

3.5.2 ระบบสาธารณูปโภคที่มีอยู่ในปัจจุบันที่ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้างของโครงการ

3.5.2.1 ระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้า ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้า และบริเวณทางวิ่งรถไฟฟ้าในบางช่วง ดังแสดงในตารางที่ 3.5.2.1-1

ตารางที่ 3.5.2.1-1 ประมาณการผลกระทบจากงานก่อสร้างของโครงการต่อระบบไฟฟ้า

ลำดับที่	ถนน	บริเวณที่ได้รับผลกระทบ	รายการ	ประมาณการผลกระทบ (เมตร)
1	พหลโยธิน	ตลาดยิ่งเจริญ	สายอากาศ 24kV	30
2	พหลโยธิน	สะพานข้ามคลองบางเขน	สายอากาศ 24kV	160
3	พหลโยธิน	ก่อนซอยพหลโยธิน 54/1	สายอากาศ 69kV สายอากาศ 24kV	30 30
4	พหลโยธิน	โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช	สายอากาศ 69kV สายอากาศ 24kV	630 680
5	พหลโยธิน	พิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ	สายอากาศ 69kV สายอากาศ 24kV	520 620
6	พหลโยธิน	โรงเรียนนายเรืออากาศ	สายอากาศ 24kV	30

ลำดับที่	ถนน	บริเวณที่ได้รับผลกระทบ	รายการ	ประมาณการผลกระทบ (เมตร)
7	พหลโยธิน	ประตูกรุงเทพพลาซ่า	สายอากาศ 69kV สายอากาศ 24kV	220 1,100
8	พหลโยธิน	เลียบคลองหกวา ซอยพหลโยธิน 54/1 แยก 7	สายอากาศ 24kV	80
9	ลำลูกกา	สภต.คูคต	สายอากาศ 22kV	1,800
10	ลำลูกกา	ช่วง ชุมชนเสาวรส ถึง คลองสาม	สายอากาศ 22kV	770
11	ลำลูกกา	ช่วงซอยลำลูกกา 53 ถึง ซอยลำลูกกา 55	สายอากาศ 22kV	650
12	ลำลูกกา	หน้า บจ.ท่อส่งปิโตรเลียมไทย	สายส่งไฟฟ้าแรงสูง สายอากาศ 22kV	400 30
13	ลำลูกกา	ก่อนคลองห้า	สายอากาศ 115kV สายอากาศ 22kV	50 1,050
14	ลำลูกกา	หน้าหมู่บ้านวราบดินทร์	สายอากาศ 115kV สายอากาศ 22kV	650 1,600

3.5.2.2 ระบบสื่อสารและโทรคมนาคม

สายเคเบิลโทรคมนาคมและสายเคเบิลใยแก้ว ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้า และบริเวณทางวิ่งรถไฟฟ้าในบางช่วง ดังแสดงในตารางที่ 3.5.2.2-1

ตารางที่ 3.5.2.2-1 ประมาณการผลกระทบจากงานก่อสร้างของโครงการต่อระบบสื่อสารและโทรคมนาคม

ลำดับที่	ถนน	บริเวณที่ได้รับผลกระทบ	รายการ	ประมาณการผลกระทบ (เมตร)
1	พหลโยธิน	สะพานข้ามคลองบางเขน	สายอากาศ	80
2	พหลโยธิน	ช่องทางท่าดินแดง 2	สายใต้ดิน	30
3	พหลโยธิน	โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช	สายอากาศ สายใต้ดิน	360 200
4	พหลโยธิน	พิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ	สายอากาศ สายใต้ดิน	360 400

ลำดับที่	ถนน	บริเวณที่ได้รับผลกระทบ	รายการ	ประมาณการผลกระทบ (เมตร)
5	พหลโยธิน	พิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ ถึง ประตูกรุงเทพพลาซ่า	สายใต้ดิน	1,550
6	พหลโยธิน	ประตูกรุงเทพพลาซ่า	สายอากาศ	850
7	พหลโยธิน	ในซอยพหลโยธิน 54/2 หลังประตูกรุงเทพพลาซ่า	เสาส่งสัญญาณสื่อสาร	-
8	พหลโยธิน	เลียบคลองหกวา ซอยพหลโยธิน 54/1 แยก 7	สายอากาศ สายใต้ดิน	50 170
9	ลำลูกกา	สภต.คูคต	สายอากาศ สายใต้ดิน	1,200 550
10	ลำลูกกา	ช่วง ชุมชนเสาวรส ถึง คลองสาม	สายอากาศ	450
11	ลำลูกกา	ช่วงซอยลำลูกกา 53 ถึง ซอยลำลูกกา 55	สายอากาศ	400
12	ลำลูกกา	ก่อนคลองห้า	สายอากาศ	500
13	ลำลูกกา	หน้าหมู่บ้านวราบดินทร์	สายอากาศ	450

3.5.2.3 ระบบสัญญาณไฟจราจร

ระบบสัญญาณไฟจราจร ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้า และบริเวณทางวิ่งรถไฟฟ้าในบางช่วง ต้องมีปรับปรุงตำแหน่งไฟจราจรใหม่ เนื่องจากทัศนวิสัยเดิมในการมองสัญญาณไฟเดิมเปลี่ยนไป จุดที่ต้องปรับปรุงระบบสัญญาณไฟจราจรได้แสดงในตารางที่ 3.5.2.3-1

ตารางที่ 3.5.2.3-1 ประมาณการผลกระทบจากงานก่อสร้างของโครงการต่อระบบสัญญาณไฟจราจร

ลำดับที่	ถนน	บริเวณที่ได้รับผลกระทบ	รายการ	ประมาณการผลกระทบ (ชุด)
1	พหลโยธิน	แยกพหลโยธิน 54/1	วงจรสัญญาณตู้ 461	1
2	พหลโยธิน	สี่แยกโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช	วงจรสัญญาณตู้ 462	1
3	พหลโยธิน	สี่แยกโรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย	วงจรสัญญาณตู้ 462	1
4	พหลโยธิน	สามแยกพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ	วงจรสัญญาณตู้ 817	1
5	พหลโยธิน	สี่แยกจันทรุเบกษา	วงจรสัญญาณตู้ 464	1

3.5.2.4 ระบบประปา

ระบบประปา ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้า และบริเวณทางวิ่งรถไฟฟ้าในบางช่วง ดังแสดงในตารางที่ 3.5.2.4-1

ตารางที่ 3.5.2.4-1 ประมาณการผลกระทบจากงานก่อสร้างของโครงการต่อระบบประปา

ลำดับที่	ถนน	บริเวณที่ได้รับผลกระทบ	รายการ	ประมาณการผลกระทบ (เมตร)
1	พหลโยธิน	โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช	ท่อ ϕ 600 ST	190
			ท่อ ϕ 300 PVC	190
2	พหลโยธิน	พิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ	ท่อ ϕ 600 ST	170
			ท่อ ϕ 300 PVC	170
3	พหลโยธิน	ประตูกรุงเทพพลาซ่า	ท่อ ϕ 300 PVC	590
4	พหลโยธิน	เลียบคลองหกวา ซอยพหลโยธิน 54/1 แยก 7	ท่อ ϕ 300 AC	50
5	ลำลูกกา	สภต.คูคต	ท่อ ϕ 630 HDPE	550
			ท่อ ϕ 400 HDPE	610
			ท่อ ϕ 225 HDPE	550
			ท่อ ϕ 50 PB	40
6	ลำลูกกา	หน้าโรงเรียนผ่องสุวรรณ	ท่อ ϕ 3" G/SP	40
7	ลำลูกกา	ช่วง ชุมชนเสาวรส ถึง คลองสาม	ท่อ ϕ 450 HDPE	200
			ท่อ ϕ 400 HDPE	370
			ท่อ ϕ 315 HDPE	40
			ท่อ ϕ 200 PVC	370
8	ลำลูกกา	ช่วงซอยลำลูกกา 53 ถึง ซอยลำลูกกา 55	ท่อ ϕ 400 PVC	160
			ท่อ ϕ 400 HDPE	180
			ท่อ ϕ 200 PVC	180
9	ลำลูกกา	ก่อนคลองห้า	ท่อ ϕ 400 PVC	160
			ท่อ ϕ 300 PVC	160
10	ลำลูกกา	หน้าหมู่บ้านวราบดินทร์	ท่อ ϕ 400 PVC	80
			ท่อ ϕ 315 HDPE	40
			ท่อ ϕ 225 HDPE	50

3.5.2.5 ระบบระบายน้ำ

ระบบระบายน้ำ ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้า และบริเวณทางวิ่งรถไฟฟ้าในบางช่วง ดังแสดงในตารางที่ 3.5.2.5-1

ตารางที่ 3.5.2.5-1 ประมาณการผลกระทบจากงานก่อสร้างของโครงการต่อระบบระบายน้ำ

ลำดับที่	ถนน	บริเวณที่ได้รับผลกระทบ	รายการ	ประมาณการผลกระทบ (เมตร)
1	พหลโยธิน	สะพานข้ามคลองบางเขน	ท่อคสล. 1.20x1.20 ม. พร้อมบ่อพัก	210
2	พหลโยธิน	โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช	ท่อคสล. 1.20x1.20 ม. พร้อมบ่อพัก	310
3	พหลโยธิน	พิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ	ท่อคสล. 1.20x1.20 ม. พร้อมบ่อพัก	250
4	พหลโยธิน	ประตูกรุงเทพพลาซ่า	ท่อคสล. ϕ 1.20 ม. พร้อมบ่อพัก	1,100
5	พหลโยธิน	ในซอยพหลโยธิน 54/2 หลังประตูกรุงเทพพลาซ่า	ท่อคสล. ϕ 0.60 ม. พร้อมบ่อพัก	100
6	พหลโยธิน	เลียบคลองหกวา ซอยพหลโยธิน 54/1 แยก 7	ท่อคสล. ϕ 0.60 ม. พร้อมบ่อพัก	40
7	ลำลูกกา	สภต.คูคต	ท่อคสล. ϕ 1.20 ม. พร้อมบ่อพัก	1,000
8	ลำลูกกา	ช่วง ชุมชนเสาวรส ถึง คลองสาม	ท่อคสล. ϕ 1.20 ม. พร้อมบ่อพัก	330
9	ลำลูกกา	ช่วงซอยลำลูกกา 53 ถึง ซอยลำลูกกา 55	ท่อคสล. ϕ 1.20 ม. พร้อมบ่อพัก	330
10	ลำลูกกา	ก่อนคลองห้า	ท่อคสล. ϕ 1.20 ม. พร้อมบ่อพัก	210
11	ลำลูกกา	หน้าหมู่บ้านวราบดินทร์	ท่อคสล. ϕ 1.20 ม. พร้อมบ่อพัก	120

3.5.3 แนวทางการออกแบบรื้อย้าย

ในการออกแบบรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคแต่ละระบบ แต่ละหน่วยงานที่ดูแลรักษาจะมีมาตรฐานของตัวเองในการรื้อถอน การเคลื่อนย้าย ติดตั้งระบบสาธารณูปโภคนั้น ๆ ทั้งที่อยู่ใต้ดิน อยู่ผิวดิน หรือ อยู่บนอากาศ ผู้รับจ้างงานก่อสร้างจึงต้องดำเนินการประสานงานอย่างใกล้ชิด เพื่อหาแนวทางการรื้อย้ายสาธารณูปโภคที่เหมาะสม การรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคที่ระบุในแบบเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่มีอยู่ตามที่รวบรวมได้ในปัจจุบันเท่านั้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาประกอบการวางแผนงานก่อสร้างที่จะดำเนินงานต่อไป ซึ่งในขั้นตอนการก่อสร้าง ผู้รับจ้างงานก่อสร้างต้องรับผิดชอบในการสำรวจระบบสาธารณูปโภคเดิมอย่างละเอียดอีกครั้งทั้ง ตำแหน่ง ขนาด จำนวน ชนิด และสภาพของสาธารณูปโภคเดิมภายในพื้นที่ก่อสร้างก่อนดำเนินการก่อสร้าง รวมทั้งต้องประสานงานอย่างใกล้ชิดกับหน่วยงานที่ดูแลรักษา เพื่อให้การรื้อย้ายเป็นไปตามมาตรฐานข้อกำหนดของหน่วยงานนั้น ๆ รวมถึงการพิจารณาถึงวิธีป้องกันและแก้ไขผลกระทบที่มีต่อระบบสาธารณูปโภคและประชาชนในพื้นที่ให้น้อยที่สุด

3.5.4 วิธีการรื้อย้ายสาธารณูปโภค

3.5.4.1 ระบบไฟฟ้า

การรื้อย้ายระบบไฟฟ้าแรงดันสูงที่ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้าง บนถนนพหลโยธินและบนถนนลำลูกกา ทำโดยการย้ายระบบสายอากาศของไฟฟ้าแรงดันสูงบริเวณที่ได้รับผลกระทบลงใต้ดินตลอดแนว แล้วจึงยกสายขึ้นเป็นระบบสายอากาศเมื่อพ้นบริเวณที่ได้รับผลกระทบแล้ว ส่วนระบบสายใต้ดินทางโครงการได้ออกแบบหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อระบบดังกล่าว

3.5.4.2 ระบบสื่อสารและโทรคมนาคม

การรื้อย้ายสายเคเบิลโทรคมนาคมและสายเคเบิลใยแก้วที่ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้าง บนถนนพหลโยธินและบนถนนลำลูกกา ทำโดยการย้ายระบบสายอากาศบริเวณที่ได้รับผลกระทบลงใต้ดินตลอดแนว แล้วจึงยกสายขึ้นเป็นระบบสายอากาศเมื่อพ้นบริเวณที่ได้รับผลกระทบแล้ว ส่วนระบบสายใต้ดินที่ได้รับผลกระทบจะทำการรื้อย้ายออกจากแนวการก่อสร้างไปไว้ที่ตำแหน่งใหม่ที่เหมาะสมใต้ผิวจราจรหรือใต้ผิวทางเท้า

3.5.4.3 ระบบสัญญาณไฟจราจร

ระบบสัญญาณไฟจราจร ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้างหรือ เกิดจากโครงสร้างเสาของทางวิ่งบดบังทัศนวิสัยการมองสัญญาณไฟของผู้ขับขี่ การรื้อย้ายทำโดยการย้ายตำแหน่งสัญญาณไฟและสายสัญญาณระบบสายไปยังตำแหน่งใหม่ที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการจัดการจราจร

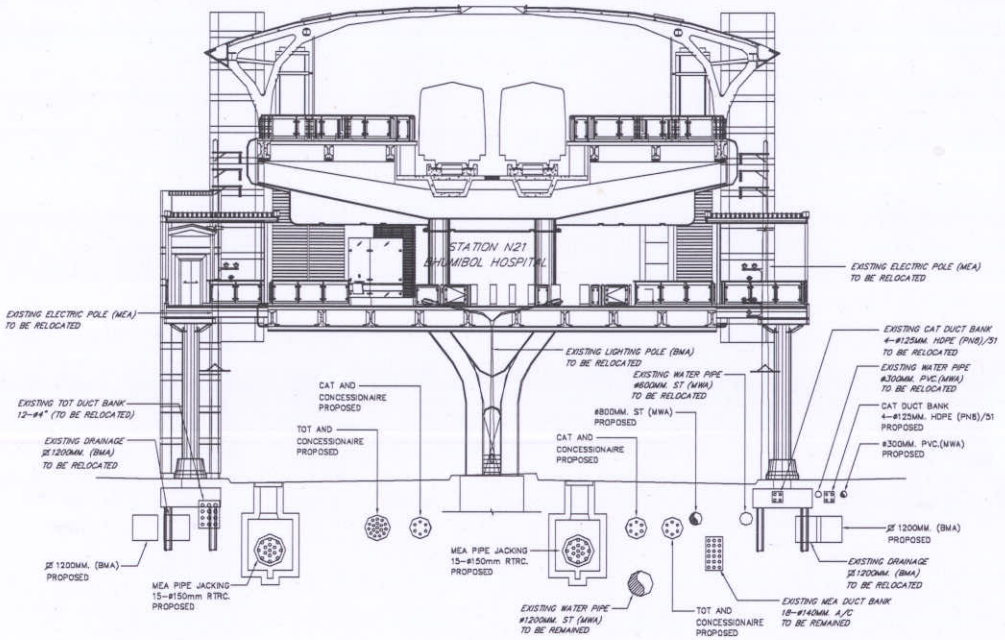
3.5.4.4 ระบบประปา

การรื้อย้ายระบบประปาที่ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้างบนถนนพหลโยธิน ทำโดยการรื้อย้ายท่อออกจากแนวการก่อสร้างไปไว้ที่ตำแหน่งใหม่ที่เหมาะสมใต้ผิวจราจรหรือใต้ผิวทางเท้า หากท่อประปาที่ได้รับผลกระทบเป็นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม. ให้ใช้ท่อประปาใหม่เป็นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มม. เพราะปัจจุบันการประปานครหลวงไม่ใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม. แล้ว

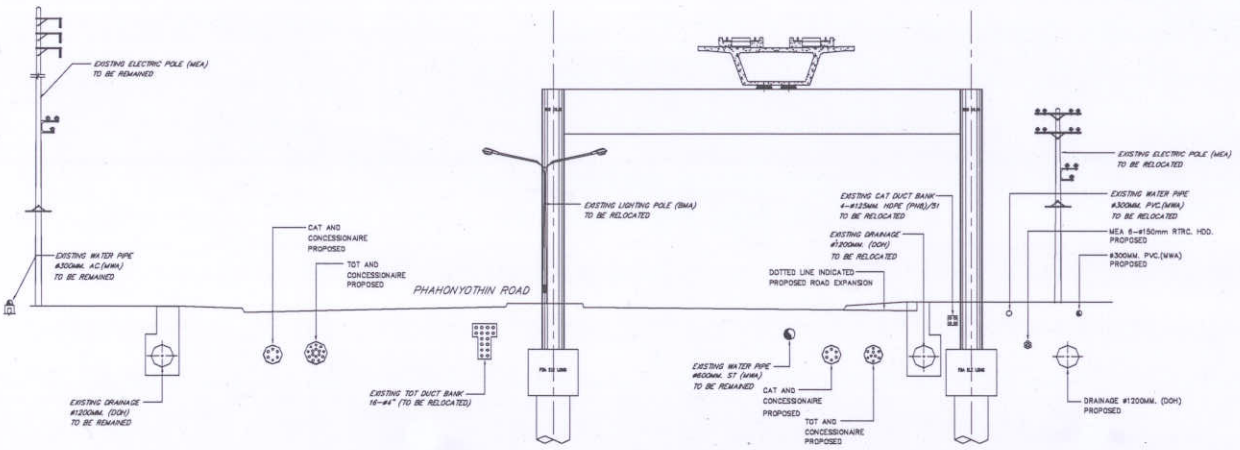
การรื้อย้ายระบบประปาที่ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้าง บนถนนถนนลำลูกกา ทำโดยการรื้อย้ายท่อออกจากแนวการก่อสร้างไปไว้ที่ตำแหน่งใหม่ที่เหมาะสมใต้ผิวจราจรหรือใต้ผิวทางเท้า

3.5.4.5 ระบบระบายน้ำ

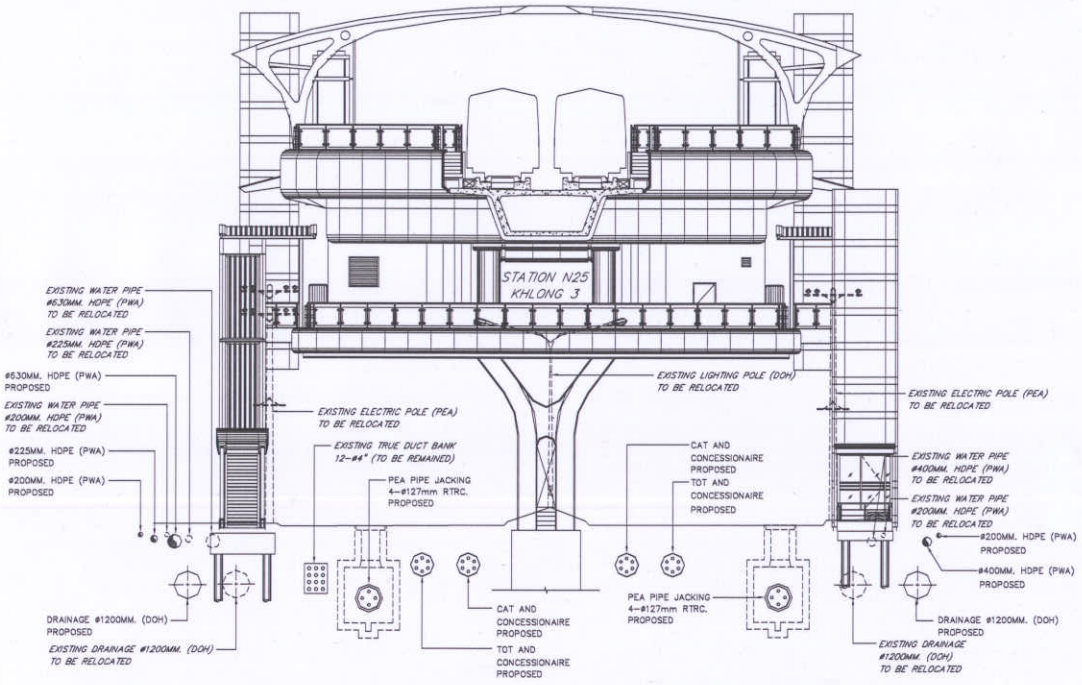
การรื้อย้ายระบบระบายน้ำที่ได้รับผลกระทบจากงานก่อสร้าง บนถนนพหลโยธินและบนถนนลำลูกกา ทำโดยการรื้อย้ายท่อออกจากแนวการก่อสร้างไปไว้ที่ตำแหน่งใหม่ที่เหมาะสมใต้ผิวทางเท้า ซึ่งต้องพิจารณาถึงขนาดและตำแหน่งของฐานรากโครงสร้างด้วย



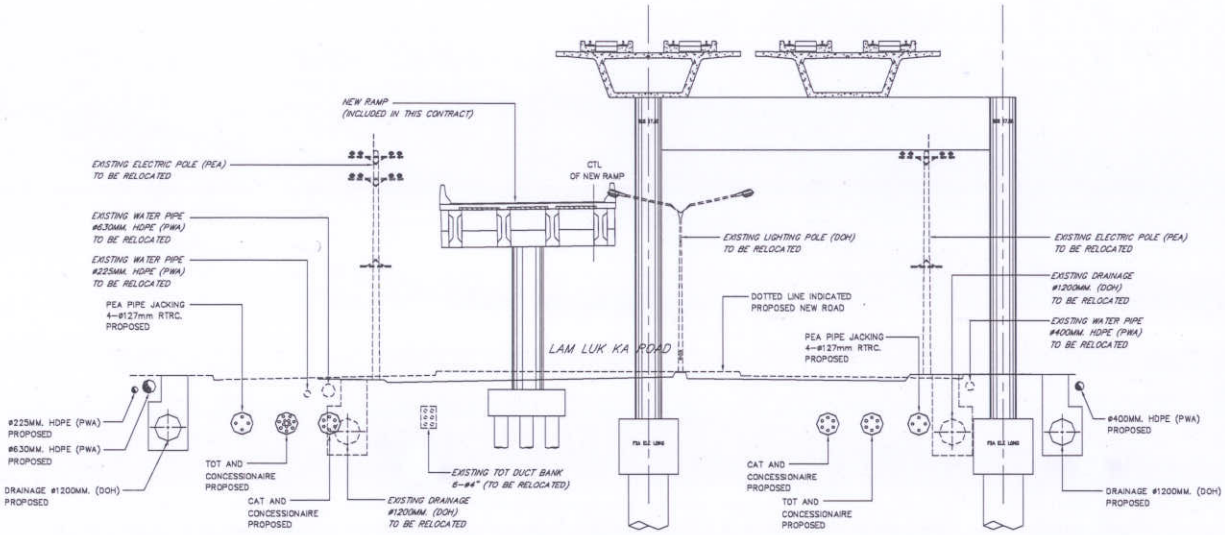
รูปที่ 3.5.4-1 รูปแสดงแนวทางการรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคบนถนนพหลโยธินบริเวณที่ก่อสร้างสถานี



รูปที่ 3.5.4-2 รูปแสดงแนวทางการรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคบนถนนพหลโยธินบริเวณที่ก่อสร้างทางวิ่ง



รูปที่ 3.5.4-3 รูปแสดงแนวทางการรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคบนถนนลำลูกกาบริเวณที่ก่อสร้างสถานี



รูปที่ 3.5.4-4 รูปแสดงแนวทางการรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคบนถนนลำลูกกาบริเวณที่ก่อสร้างทางวิ่ง

3.5.5 แผนการรื้อย้ายสาธารณูปโภค

3.5.5.1 สำรวจละเอียดระบบสาธารณูปโภคเดิม

ดำเนินการประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อขอเข้าสำรวจระบบสาธารณูปโภคเดิมที่อยู่ในพื้นที่การก่อสร้างอย่างละเอียด โดยใช้ข้อมูลที่ระบุในแบบเป็นแนวทางในเบื้องต้น เพื่อให้ได้ตำแหน่ง ขนาด จำนวน ชนิด และสภาพ ของสาธารณูปโภคที่แน่นอน

3.5.5.2 ดำเนินการรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคเดิม

ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดระยะเวลาการรื้อย้ายที่สอดคล้องกับแผนงานก่อสร้างโครงการของผู้รับจ้าง เพื่อให้ทราบว่าควรดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างรถไฟฟ้า ระหว่าง หรือ หลังจากงานรื้อย้ายแล้วเสร็จ ตามความเหมาะสมของระบบสาธารณูปโภคแต่ละประเภท โดยต้องได้รับการเห็นชอบจากหน่วยงานที่ดูแลสาธารณูปโภคที่จะต้องรื้อย้าย และ ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง

การรื้อย้ายต้องทำตามหลักเกณฑ์ข้อกำหนดของหน่วยงานที่ดูแลสาธารณูปโภคนั้นอย่างเคร่งครัด โดยต้องได้รับการเห็นชอบจากหน่วยงานที่ดูแล และต้องมีมาตรการป้องกันผลกระทบต่อสาธารณชนให้เกิดน้อยที่สุด

3.5.5.3 การซ่อมแซมพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากงานรื้อย้าย

หลังจากที่ได้ดำเนินการรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคแล้วเสร็จ ต้องดำเนินการซ่อมแซมพื้นที่สาธารณะและพื้นที่เอกชนที่ได้รับผลกระทบจากงานรื้อย้าย เช่น ทางเท้า ผิวจราจร เป็นต้น ให้คืนสภาพเดิมหรือดีกว่าเดิม ให้เร็วที่สุด เพื่อป้องกันความเดือดร้อนของประชาชนผู้ใช้สอย

3.6 งานออกแบบรายละเอียดศูนย์อำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อการเดินทาง

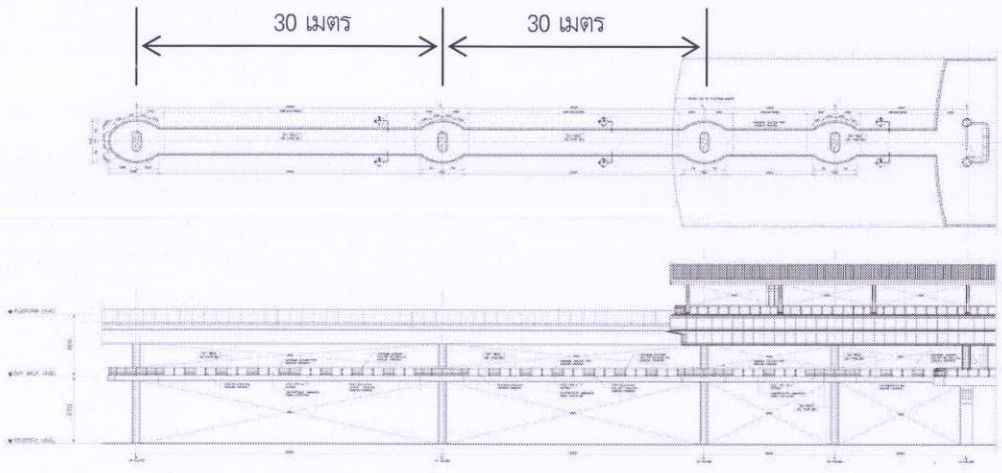
จากผลการศึกษาถึงตำแหน่งของที่ตั้งศูนย์อำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อการเดินทาง (ITF) สำหรับเส้นทางรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกาคลอง 4 พบว่าตำแหน่งที่ควรก่อสร้างศูนย์อำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อการเดินทาง มีอยู่ 3 แห่ง ได้แก่ บริเวณสถานี กม.25 (Station N23) บริเวณสถานีคูคต (Station N24) และบริเวณสถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก (Station N28) โดยกำหนดให้ภายในศูนย์อำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อการเดินทาง (ITF) ประกอบด้วย

1. ทางเดินเชื่อมสถานี (Skywalk)
2. อาคารจอดและจร (Park and Ride)
3. สถานีการเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะอื่นๆ

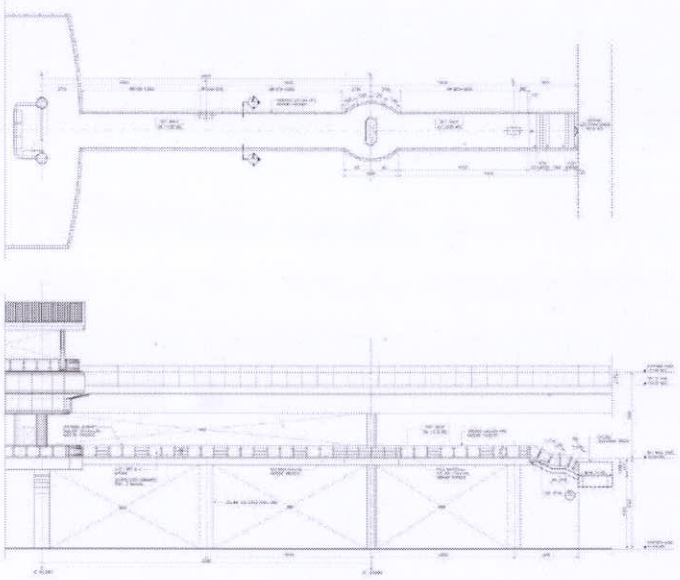
3.6.1 ทางเดินเชื่อมสถานี

ที่ปรึกษาฯ ได้จัดทางเดินเชื่อมจากปลายสถานีทั้ง 2 ด้านบนชั้น Concourse เพื่อเชื่อมต่อการเดินทางของผู้โดยสารและรองรับการขยายตัวของบริเวณรอบ ๆ สถานีในอนาคต โดยเตรียมโครงสร้างเสาตอม่อของทางวิ่งให้สามารถก่อสร้างทางเชื่อมต่อได้ในอนาคตจากปลายสถานีทั้งสองข้าง สามารถสรุปรูปแบบของทางเดินเชื่อมต่อได้ 3 แบบ ดังต่อไปนี้

1. แบบต่อเชื่อมในอนาคต โดยการเตรียมโครงสร้างตอม่อและเสาทางวิ่งออกไปจากแนวสถานีข้างละ 60 เมตร (2 ช่วงเสาทางวิ่ง) ทั้งทางทิศเหนือและทิศใต้ แบบนี้จะไม่มีหลังคาคลุมเพราะอยู่ใต้ทางวิ่ง



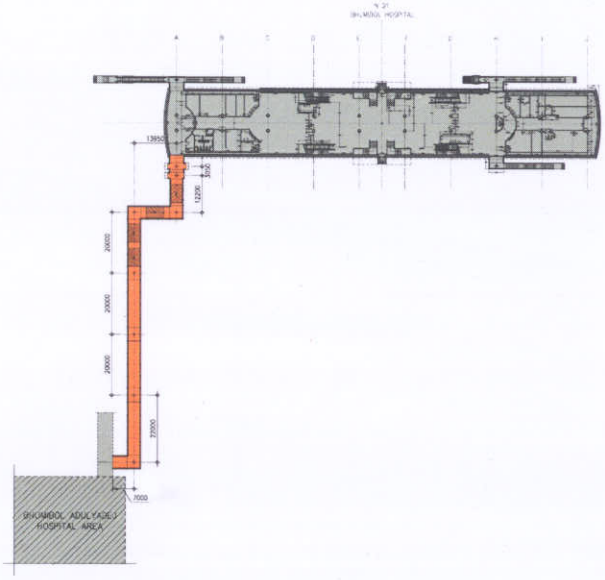
2. แบบเชื่อมต่อกับสะพานลอย โดยต้องถ่ายระดับด้วยบันไดให้เท่ากับระดับสะพานลอยที่ปลายของทางเดินเชื่อมต่อ แบบนี้ไม่มีหลังคาคลุมเพราะอยู่ใต้ทางวิ่ง



3. แบบเชื่อมต่อกับอาคารจอดแล้วจร เพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับผู้โดยสารที่นำมารถมาจอดที่ปรึกษาฯ ได้ออกแบบทางเดินเชื่อมต่อระหว่างสถานีกับสถานที่สำคัญไว้ 4 จุด ดังนี้

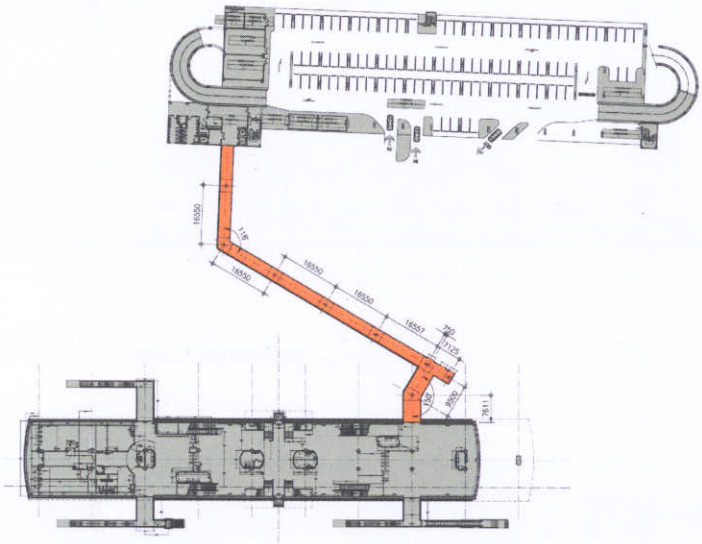
สถานี	ทางเดินเชื่อม	
	ขาออก	ขาเข้า
N21	-	ไปบริเวณอาคารคุ้มเกล้าของโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช
N23	ไปอาคาร Park & Ride	-
N24	-	ไปอาคาร Park & Ride
N28	-	ไปอาคาร Park & Ride

รูปแบบ Skywalk N21

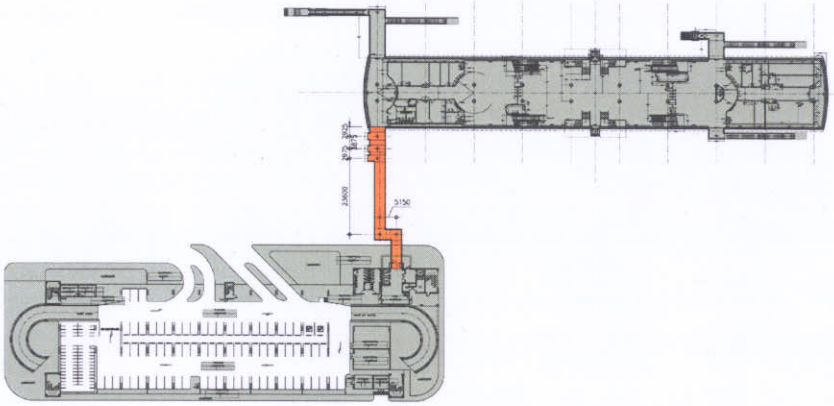


ทัศนียภาพ Skywalk ที่สถานี N21

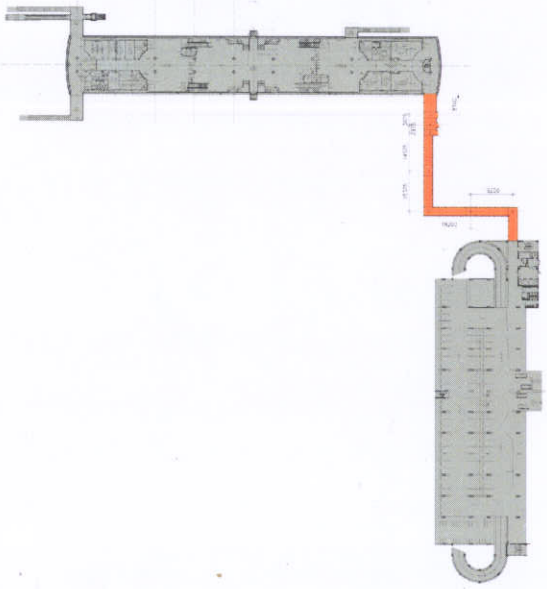
รูปแบบ Skywalk N23



รูปแบบ Skywalk N24



รูปแบบ Skywalk N28



3.6.2 อาคารจอดและจร (Park and Ride)

3.6.2.1 การคาดการณ์ปริมาณรถที่จะมาใช้อาคารจอดและจร (Park & Ride)

การคาดการณ์ปริมาณรถที่จะมาใช้อาคารจอดและจร (Park & Ride) นั้น ทำการคำนวณโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเลือกใช้สถานที่จอดและจร (Park and Ride Model in Bangkok) ร่วมกับแบบจำลอง eBUM ในการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารรถไฟฟ้าที่จะนำรถมาจอดไว้ที่อาคารจอดและจร โดยมีสมมติฐานว่าการเลือกประเภทการเดินทางของผู้เดินทางจะพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่เกิดขึ้นทั้งหมดแต่ละประเภทการเดินทาง อันได้แก่ ระยะเวลาในการเดินทาง ค่าน้ำมัน ค่าโดยสารระบบขนส่งสาธารณะ และค่าที่จอดรถเป็นต้น ซึ่งปริมาณผู้โดยสารที่คาดว่าจะนำรถมาจอดบริเวณอาคารจอดและจรในหนึ่งวันจะถูกนำไปคำนวณกับค่าเฉลี่ยของผู้โดยสารบนรถยนต์นั่งและค่า Turn over ของช่องจอดรถ โดยในผลการคาดการณ์จำนวนรถที่จะมาใช้อาคารจอดและจร (Park&Ride) มีค่าดังแสดงในตารางที่ 5.8-1

ตารางที่ 5.8.2-1 ผลการคาดการณ์ปริมาณรถยนต์ที่มาใช้อาคารจอดแล้วจร

สถานี	ปี พ.ศ.			
	2558	2567	2577	2587
กรณี 1 : ก่อสร้างถึงสถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก (Station N28)				
(1) จำนวนผู้มาใช้รถไฟฟ้าที่นำรถมาจอดที่ Park and Ride (คน/วัน)				
สถานี กม.25 (N-23)	1,780	2,550	3,200	4,000
สถานี วงแหวนรอบนอกตะวันออก (N-28)	760	1,100	1,660	2,100
(2) ปริมาณรถยนต์ที่จะมาใช้อาคารจอดแล้วจร (คัน/วัน)				
สถานี กม.25 (N-23)	1,430	2,040	2,560	3,200
สถานี วงแหวนรอบนอกตะวันออก (N-28)	610	880	1,330	1,680
(3) ปริมาณช่องจอดรถยนต์ (ช่องจอด)				
สถานี กม.25 (N-23)	1,200	1,700	2,140	2,670
สถานี วงแหวนรอบนอกตะวันออก (N-28)	510	740	1,110	1,400
กรณี 2 : ก่อสร้างถึงสถานีคูคต (Station N24)				
(1) จำนวนผู้มาใช้รถไฟฟ้าที่นำรถมาจอดที่ Park and Ride (คน/วัน)				
สถานี กม.25 (N-23)	1,660	2,420	3,070	3,900
สถานี คูคต (N-24)	970	1,400	2,090	2,700
(2) ปริมาณรถยนต์ที่จะมาใช้อาคารจอดแล้วจร (คัน/วัน)				
สถานี กม.25 (N-23)	1,330	1,940	2,460	3,120
สถานี คูคต (N-24)	780	1,120	1,680	2,160

สถานี	ปี พ.ศ.			
	2558	2567	2577	2587
(3) ปริมาณช่องจอดรถยนต์ (ช่องจอด)				
สถานี กม.25 (N-23)	1,110	1,620	2,050	2,600
สถานี คูคต (N-24)	650	940	1,400	1,800

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยผู้โดยสารบนรถยนต์ = 1.25 คน/คัน และค่า Turn over ช่องจอด เท่ากับ 1.2

- ปริมาณรถยนต์ที่จะมาใช้อาคารจอดแล้วจร (คัน/วัน) = จำนวนผู้มาใช้รถไฟฟ้าที่นำรถมาจอดที่ Park and Ride /'ค่าเฉลี่ยผู้โดยสารบนรถยนต์

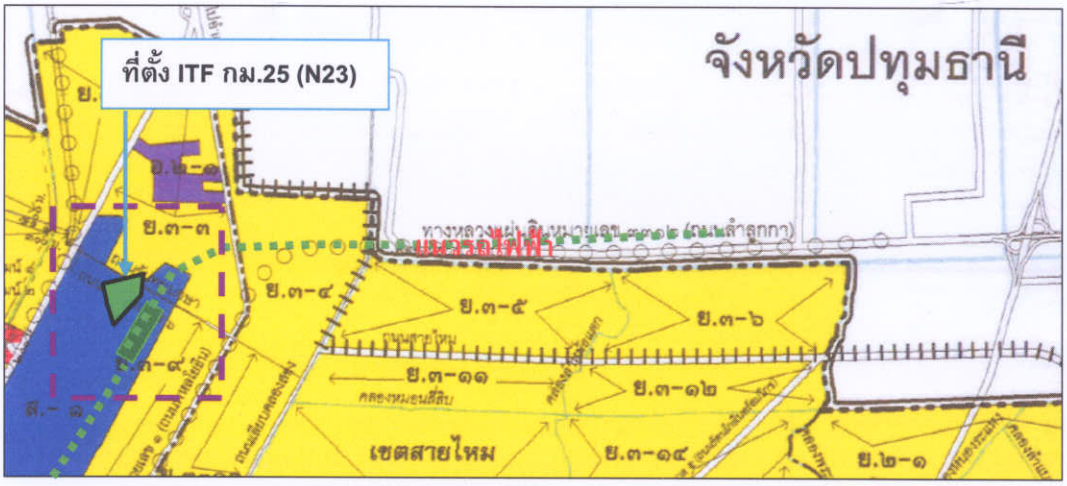
- ปริมาณช่องจอดรถยนต์ (ช่องจอด) = ปริมาณรถยนต์ที่จะมาใช้อาคารจอดแล้วจร / Turn over ช่องจอด

3.6.2.2 การออกแบบด้านสถาปัตยกรรม

1) อาคารจอดและจร ที่สถานี กม.25 (Station N23)

ตำแหน่งที่ตั้งอาคารจอดและจร

ที่ตั้งของอาคารจอดและจร อยู่ในพื้นที่ของเอกชนรายเดียวขนาดพื้นที่ประมาณ 21.4 ไร่ สภาพที่ดินส่วนมากเป็นบึงน้ำลึกเฉลี่ยประมาณ 5 ม. มีสิ่งก่อสร้างบางส่วนเป็นอาคารร้านอาหาร โดยตามพรบ.ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (พ.ศ.2549 - 2554) ที่บังคับใช้ในปัจจุบัน จัดเป็นพื้นที่สีเหลืองประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย ย.3-3 ซึ่งกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินไว้ดังนี้ คือ ต้องทำเป็นที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว บ้านแฝด บ้านแถว ห้องแถว หรือตึกแถว สถาบันราชการ อาคารเพื่อพาณิชยกรรมหรืออาคารสำนักงานพื้นที่ไม่เกิน 300 ตร.ม. ไม่สามารถสร้างอาคารขนาดใหญ่ (พื้นที่เกิน 10,000 ตร.ม.)ได้ และห้ามสร้างเป็นอาคารที่สูงเกิน 23 เมตร แต่หากเป็นการสร้างอาคารเพื่อสาธารณูปโภคและสาธารณูปการให้สามารถสร้างได้ โดยจำกัดที่ FAR 1: 2.5 คือพื้นที่อาคารที่ก่อสร้างต้องไม่เกิน 2.5 เท่าของขนาดที่ดิน และอยู่ในเขตบังคับความสูงอาคารไม่เกิน 45 ม. ตามข้อกำหนดบริเวณใกล้เคียงสนามบินดอนเมืองกรุงเทพฯ ให้เป็นเขตปลอดภัยในการเดินอากาศ พ.ศ. 2540



รูปที่ 3.6.2-1 แสดงแผนที่สีของการใช้ประโยชน์ที่ดินตามผังเมืองรวม บริเวณสถานี กม.25 (N23)

รูปที่ 3.6.2-2 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงพื้นที่ก่อสร้างอาคารจอดและจร สถานี กม.25 (N23)

จากการศึกษาสรุปในเหตุผลสำคัญของความเหมาะสมของพื้นที่ ได้ดังนี้

- เป็นพื้นที่เชื่อมต่อจากถนนพหลโยธินที่จะรองรับผู้มาใช้บริการจากด้านทิศเหนือ
- เป็นจุดเชื่อมต่อกับสถานีรถไฟฟ้าได้ ในระยะทางไม่เกิน 50 เมตร ถึงอาคารจอดและจร
- ผลกระทบจากการเวนคืนน้อย เนื่องจากเป็นที่ดินเอกชนรายเดียว และมีสิ่งปลูกสร้างน้อย

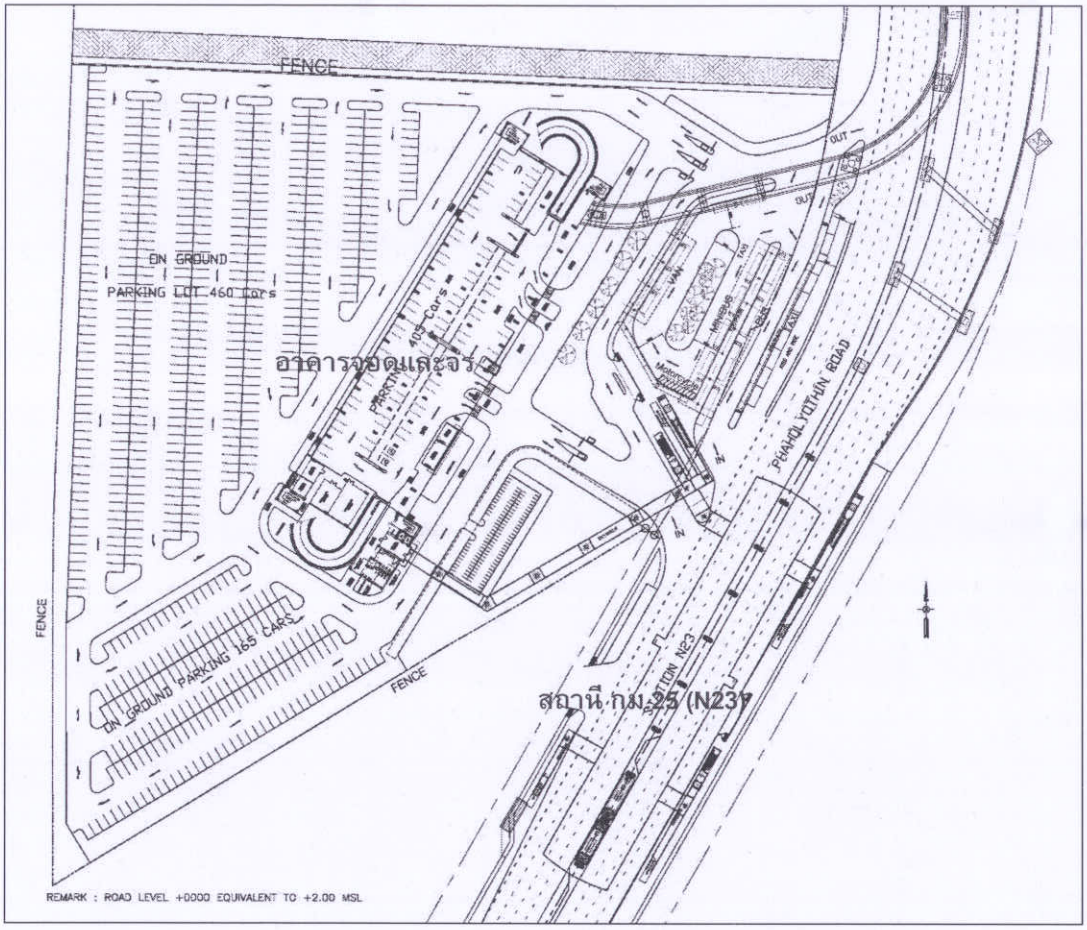
การจัดการระบบจราจร ทางเข้า-ออกอาคารจอดและจร

ที่ปรึกษาได้เสนอให้ใช้พื้นที่ของเอกชนบริเวณตรงข้ามกับกรมควบคุมการปฏิบัติทางอากาศ (คปอ.) ในการก่อสร้างอาคารจอดและจร เนื่องจากมีความเหมาะสมในเรื่องของตำแหน่งที่ตั้งที่ใกล้กับสถานีรถไฟฟ้า สามารถใช้เป็นจุดเปลี่ยนถ่ายการเดินทางบนถนนสายหลักคือ ถนนพหลโยธินจากฝั่งทิศเหนือ พร้อมทั้งทำ Directional Ramp ออกจากอาคาร เพื่อรองรับผู้มาใช้บริการรถไฟฟ้าและอาคารจอดและจรที่มาจากถนนพหลโยธินฝั่งขาเข้าได้

รูปแบบด้านสถาปัตยกรรม

1. ลักษณะพื้นที่โครงการ

พื้นที่ดินของโครงการเป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า ตั้งอยู่ในพื้นที่ของเอกชนที่ต้องทำการเวนคืนด้านหน้าของที่ดินทางทิศตะวันออกติดกับถนนพหลโยธิน มีความยาวประมาณ 100 เมตร ทิศเหนือติดกับพื้นที่เอกชนที่เป็นบึงน้ำมีความยาวประมาณ 210 เมตร ทิศตะวันตกติดกับพื้นที่กองทัพอากาศมีความยาวประมาณ 220 เมตร ทิศใต้ติดกับพื้นที่เอกชนมีความยาวประมาณ 200 เมตร จัดทางเข้า-ออกของอาคารจอดและจรเป็นแบบเดินรถทางเดียวในด้านที่ติดกับถนนพหลโยธิน วางอาคารจอดและจรขนานกับแนวที่ดินทางทิศตะวันตกเพื่อให้ใกล้กับตัวสถานี ช่วยให้ผู้ใช้บริการสามารถเชื่อมต่อระหว่างสถานีรถไฟฟ้ากับอาคารจอดและจรได้สะดวก ทั้งในระดับดินและทางเดินเชื่อมสถานี (Skywalk)



รูปที่ 3.6.2-3 แสดงผังบริเวณพื้นที่อาคารจอดและจร สถานี กม.25 (N23)

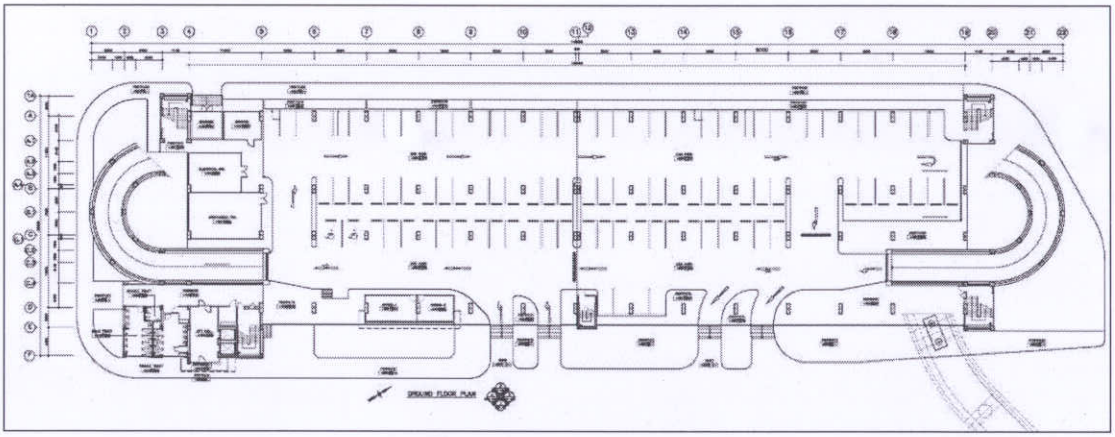
2. ลักษณะอาคารและผังบริเวณ

จากการประชุมกับผู้ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างโครงการ ได้ข้อสรุปให้อาคารจอดและจรแห่งนี้เป็นอาคาร ค.ส.ล. สูง 3 ชั้น เหนือพื้นดิน ขนาดอาคารกว้าง 39.60 เมตร ยาว 148.20 เมตร โดยมีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่นี้ 2 ส่วนหลักคือ เป็นอาคารจอดและจร และเป็นสถานีระบบขนส่งมวลชนเสริม (PTI)

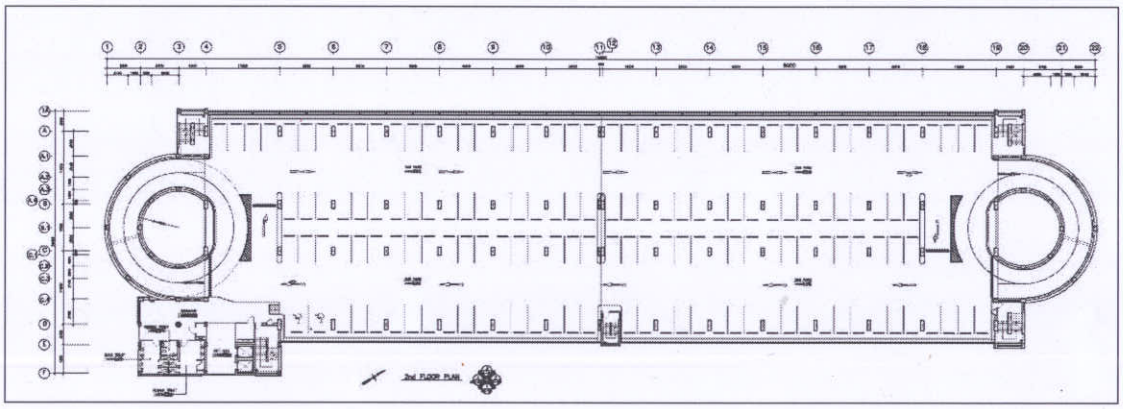
ลักษณะอาคารจอดและจร ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- ด้านหน้าของที่ดิน เป็นพื้นที่ของระบบขนส่งมวลชนเสริม และทางเข้า-ออกสำหรับอาคารจอดและจร
- ส่วน PARK&RIDE ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ลานจอดรถและอาคารจอดรถ
- ส่วนที่เป็นลานจอดรถบนดินจัดที่จอดรถแบบตั้งฉากกับแนวถนน สามารถจอดรถได้ประมาณ 625 คัน
- ส่วนที่เป็นอาคารจอดรถ สามารถจอดรถได้ประมาณ 408 คัน ชั้นล่างมีพื้นที่ใช้สอยอาคาร 4,770 ตารางเมตร โดยจะเป็นทางเข้าออกอาคารจอดและจร พื้นที่สำนักงาน พื้นที่ห้องเครื่อง และพื้นที่จอดรถยนต์จำนวน 102 คัน
- พื้นที่สำนักงานเป็นสำนักงานของระบบรักษาความปลอดภัยและระบบจัดเก็บค่าธรรมเนียมจอดรถ

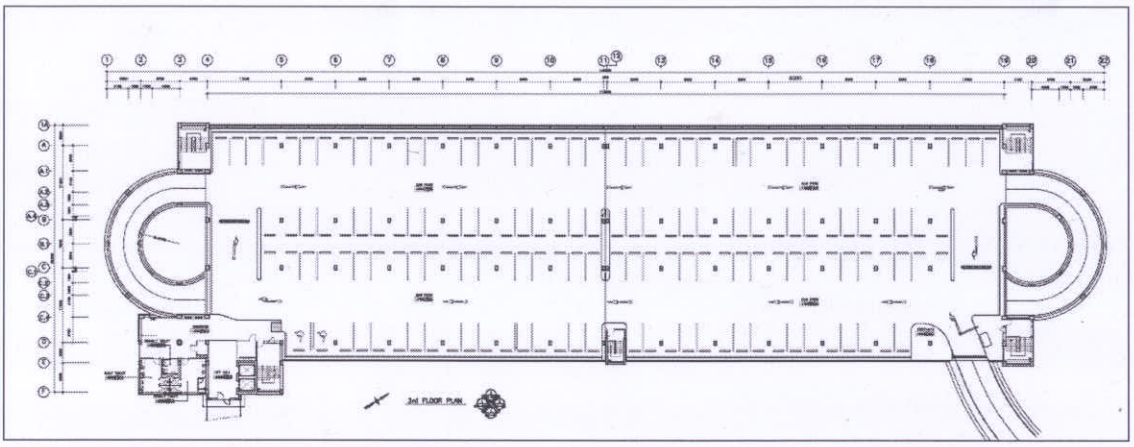
- พื้นที่ห้องเครื่อง จะเป็นห้องเครื่องของงานระบบไฟฟ้า และงานระบบประปา-สุขาภิบาล บางส่วนเป็นห้องเก็บของ และเก็บขยะของอาคาร
- ชั้น 2 และ 3 เป็นพื้นที่จอดรถเกือบทั้งหมด ชั้นละ 4,770 ตารางเมตร สามารถจอดได้ชั้นละประมาณ 153 คัน เฉพาะที่ชั้น 3 จะมีทางเชื่อมเป็น Directional Ramp จากถนนพหลโยธินฝั่งขาเข้ามาในอาคารได้โดยตรง รวมพื้นที่ใช้สอยของอาคารจอดและจรประมาณ 14,310 ตารางเมตร รวมจำนวนที่จอดรถยนต์ของอาคารจอดและจร และลานจอดรถประมาณ 1,030 คัน



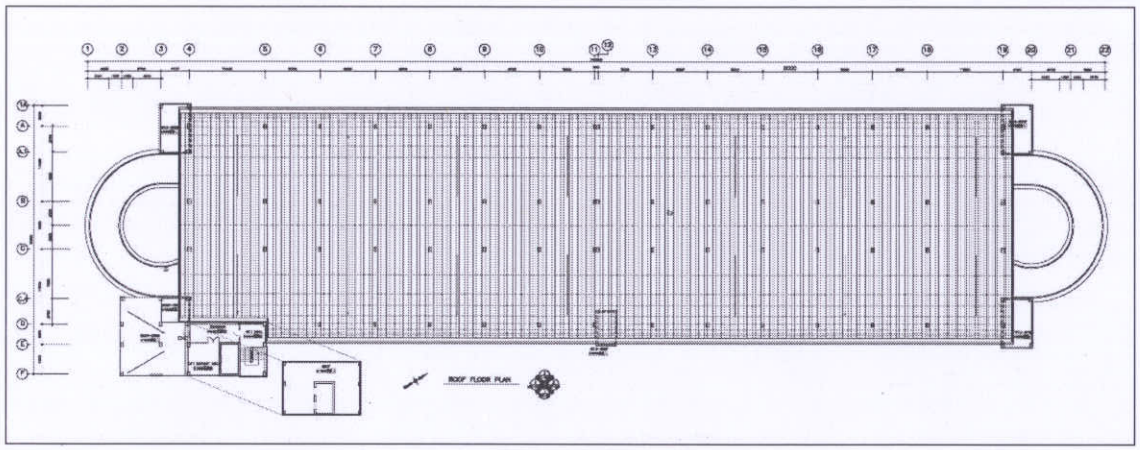
รูปที่ 3.6.2-4 แสดงผังพื้นชั้นล่าง อาคารจอดและจร สถานี กม.25 (N23)



รูปที่ 3.6.2-5 แสดงผังพื้นชั้น 2 อาคารจอดและจร สถานี กม.25 (N23)



รูปที่ 3.6.2-6 แสดงผังพื้นชั้น 3 อาคารจอดและจร สถานี กม.25 (N23)



รูปที่ 3.6.2-7 แสดงผังหลังคา อาคารจอดและจร สถานี กม.25 (N23)

3. การจัดการจราจรภายในอาคารจอดและจร

การจัดการจราจรภายในอาคารใช้วิธีการเดินรถทางเดียว เพื่อความรวดเร็วในการสัญจรรถภายในอาคาร ที่ปรึกษาจึงพิจารณาใช้ระบบการเวียนรถแบบ Helical Ramp System โดยเป็นการเวียนรถทางเดียวแบบทางลาดนอกอาคาร ซึ่งจะทำให้การสัญจรคล่องตัวที่สุด การขึ้นลงระหว่างชั้นจัดทำเป็นทางลาดแบบ Helical Ramp System ทางลาดที่ใช้ขึ้น-ลง แยกโซนออกกันชัดเจน เป็นส่วนขาขึ้นกับขาลง

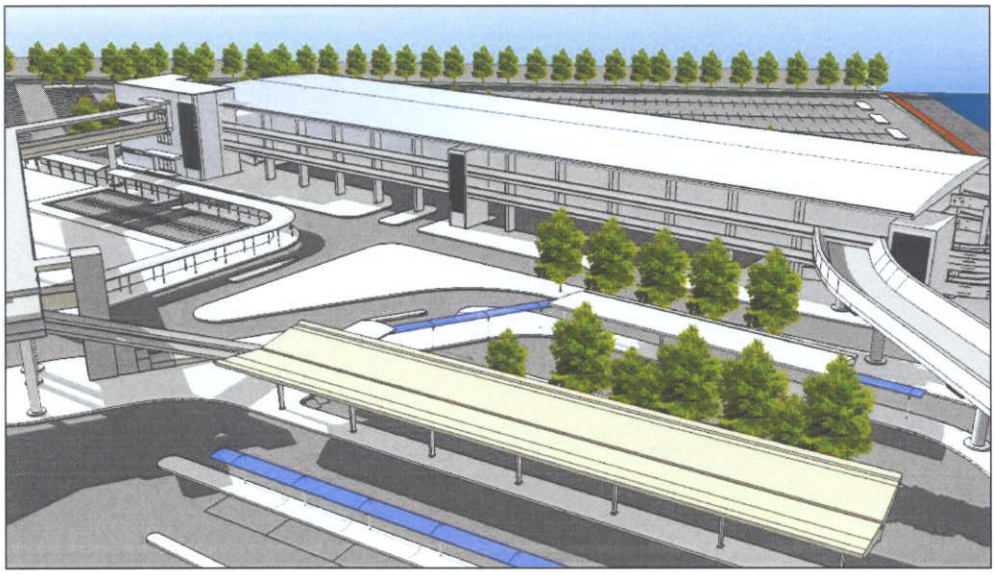
4. สิ่งอำนวยความสะดวกในอาคาร

- บันไดและ LIFT ของอาคารจอดและจร จัดให้มี Circulation Core หลักอยู่ 1 ตำแหน่ง มีบันไดหนีไฟอีก 2 จุด และมีบันไดที่ใช้ขึ้น-ลงระหว่างชั้น อีก 2 จุด
- ห้องน้ำจัดให้มีห้องน้ำ ชาย-หญิง อยู่ทุกชั้นของอาคาร โดยจัดอยู่รวมกันใน Core Lift และบันได การจัดห้องน้ำแยกชายและหญิงพร้อมห้องน้ำสำหรับคนพิการ

- ราวกันตก อาคารที่จอดรถนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย รูปแบบราวกันตกส่วนใหญ่จะเป็นราวทึบ PRECAST CONCRETE ที่มีความแข็งแรง ทนทานและบำรุงรักษาง่าย
- SIGN ป้ายต่าง ๆ ในตัวอาคาร เช่น ป้ายแสดงทิศทาง ขึ้น-ลง ทางเข้า-ทางออก ทางไปบันได-LIFT ทางไปห้องน้ำ ฯลฯ จะต้องมีความชัดเจน เข้าใจง่าย เพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้อาคาร
- แสงสว่างภายในอาคาร จัดมีแสงสว่างให้เพียงพอภายในตัวอาคาร และให้มีแสงธรรมชาติให้มากที่สุดเพื่อความประหยัด

5. วัสดุที่ใช้

วัสดุที่ใช้ในอาคาร ทั่วไปจะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ได้แก่ พื้น เสา คาน ผนังกันตก วัสดุหลักอื่นจะเป็นวัสดุที่คงทนถาวร มีการบำรุงรักษาต่ำเช่น พื้นคอนกรีตผิวแกร่ง (FLOOR HARDENER) ผิวผนังคอนกรีตสำเร็จรูป ภายนอกโชว์ปูนเปลือยแบบฉาบบางผนึกด้วยน้ำยาเคลือบผิว ราวจับ STAINLESS แผงกันแดดอลูมิเนียมสีธรรมชาติ

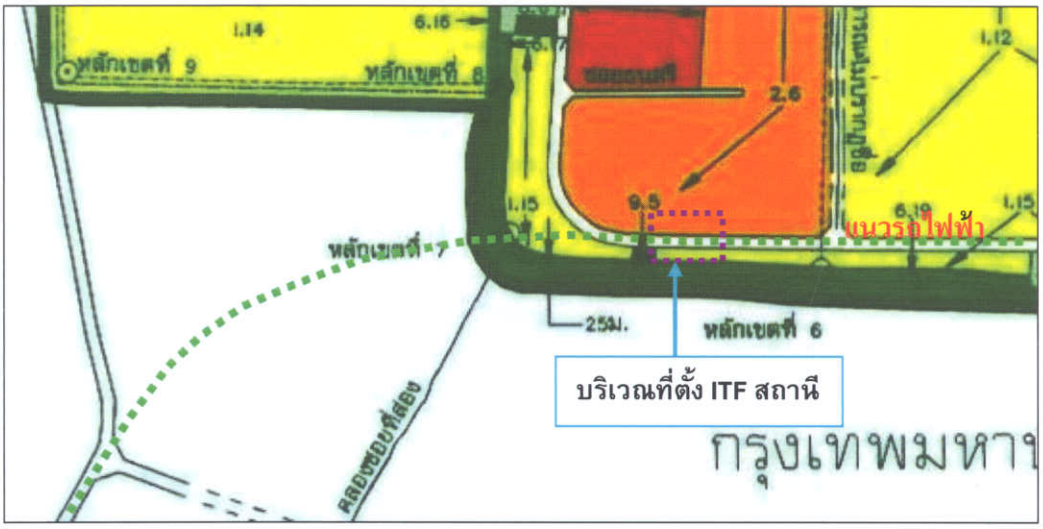


รูปที่ 3.6.2-8 แสดงทัศนียภาพ อาคารจอดและจร สถานี กม.25 (N23)

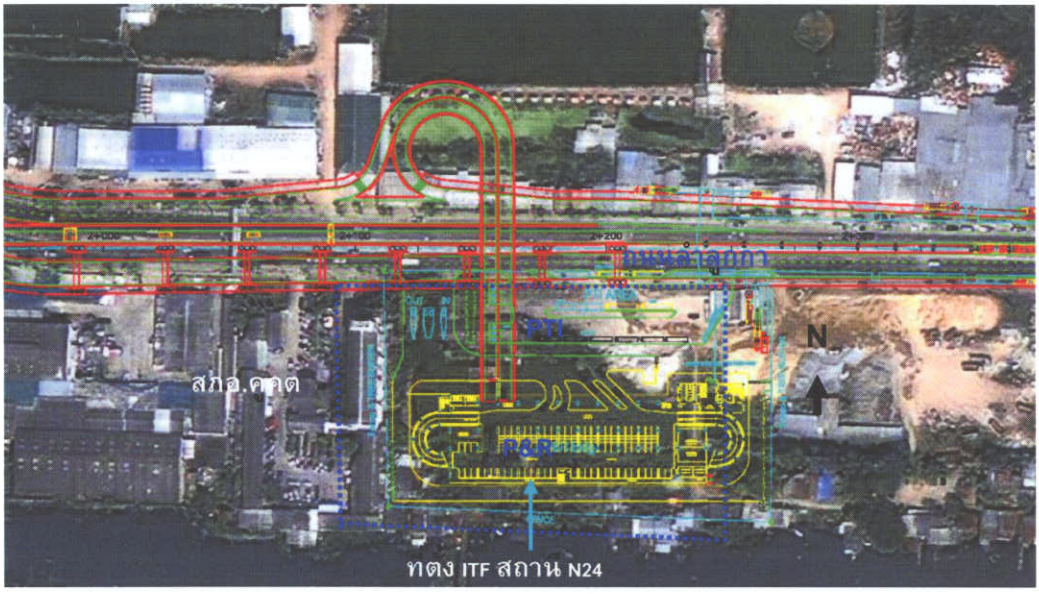
2) อาคารจอดและจร ที่สถานีคูคต (Station N24)

ตำแหน่งที่ตั้งอาคารจอดและจร

ที่ตั้งของอาคารจอดและจรอยู่ในพื้นที่ของจังหวัดปทุมธานีเป็นที่ดินของเอกชนรายเดียว อยู่ในพื้นที่สีเหลือง 1.16 ประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย ตามผังเมืองรวมชุมชนลำลูกกา-บึงยี่โถ จังหวัดปทุมธานี (พ.ศ.2542-2547) ที่หมดอายุนานแล้วและยังไม่มีการต่ออายุผังเมือง โดยขณะนี้อยู่ในขั้นตอนของคณะกรรมการกฤษฎีกาตรวจพิจารณา ตามผังเมืองรวมกำหนดให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ ขนาดที่ดินที่จะใช้ประมาณ 6.8ไร่ สภาพที่ดินส่วนมากเป็นที่ว่างมีการใช้ประโยชน์บางส่วนเป็นเพิงขายสินค้าในด้านที่ติดกับถนนลำลูกกาและด้านที่ติดคลองมีบ้านเรือนอยู่ตามแนวคลอง



รูปที่ 3.6.2-9 แสดงแผนที่สีของการใช้ประโยชน์ที่ดินตามผังเมืองรวม บริเวณสถานีคูคต (N24)



รูปที่ 3.6.2-10 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงพื้นที่ก่อสร้างอาคารจอดและจร สถานีคูคต (Station N24)

จากการศึกษาสรุปในเหตุผลสำคัญของความเหมาะสมของพื้นที่ ได้ดังนี้

- เป็นที่ตั้งที่ติดกับสถานีแรกของรถไฟฟ้าบนถนนลำลูกกา มีพื้นที่เชื่อมต่อโดยตรงกับถนนลำลูกกาฝั่งขาเข้า เพื่อรองรับผู้มาใช้บริการจากด้านทิศตะวันออกและทางฝั่งทิศเหนือซึ่งจะมายังสถานีรถไฟฟ้าได้สะดวก พร้อมทั้งการเข้าถึงของระบบขนส่งมวลชนเสริมอื่น ๆ
- เป็นจุดเชื่อมต่อกับสถานีรถไฟฟ้าได้ ในระยะทางไม่เกิน 30 เมตร

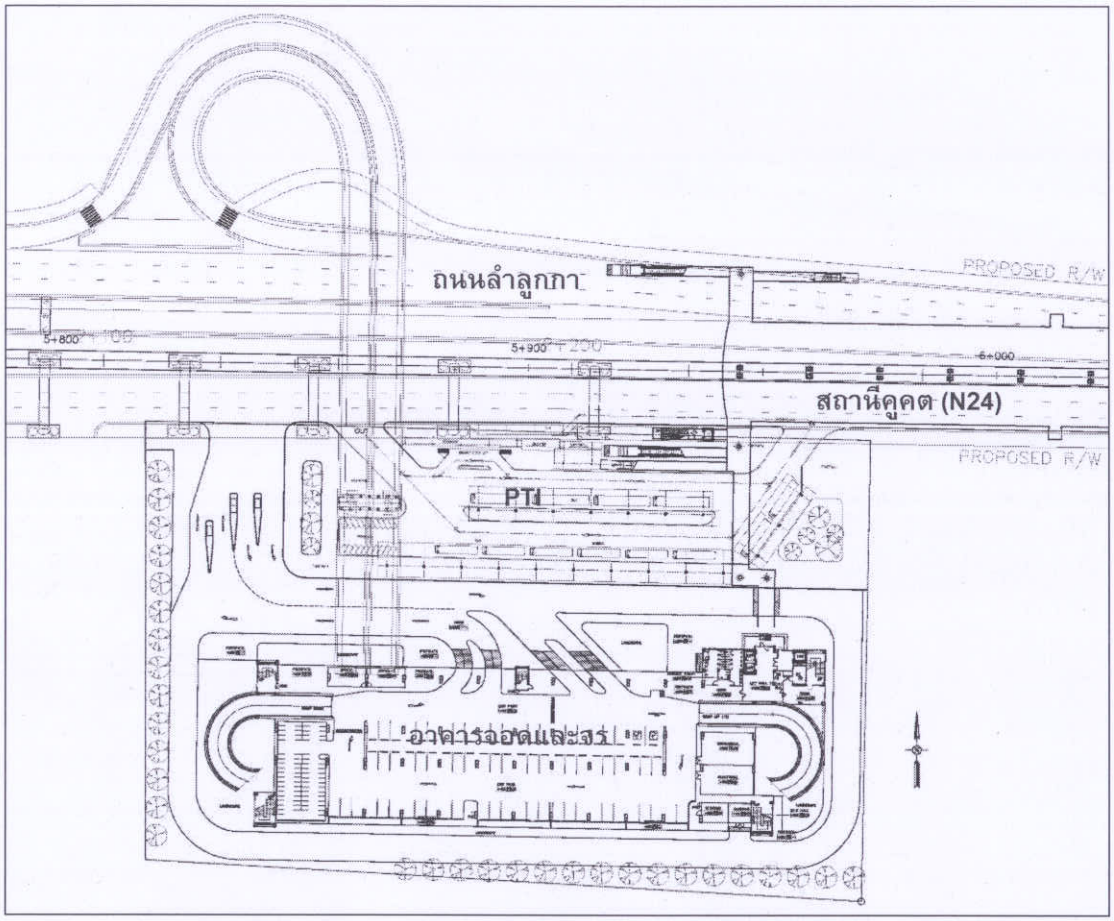
การจัดการระบบจราจร ทางเข้า-ออกอาคารจอดและจร

ที่ปรึกษาได้เสนอให้ใช้พื้นที่นี้ในการก่อสร้างอาคารจอดและจร เนื่องจากมีความเหมาะสมทั้งในเรื่องของตำแหน่งที่ตั้งที่สามารถใช้เป็นจุดเปลี่ยนถ่ายการเดินทางบนถนนสายหลัก คือ จากถนนลำลูกกาฝั่งขาเข้าทางทิศตะวันออก และจากถนนลำลูกกาฝั่งทิศเหนือที่แนวรถไฟฟ้าไม่วิ่งผ่าน โดยทางเข้าหลักอยู่บนถนนลำลูกกาฝั่งขาเข้า ส่วนผู้ใช้บริการที่มาจากทิศเหนือ จะมี Directional Ramp เข้าสู่อาคารจอดและจรได้ที่ระดับชั้น 3 ของอาคาร และมี Directional Ramp ออกสู่ถนนลำลูกกาฝั่งขาออก

รูปแบบด้านสถาปัตยกรรม

1. ลักษณะพื้นที่โครงการ

พื้นที่ดินของโครงการเป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมู ตั้งอยู่ในพื้นที่ของเอกชนที่ต้องทำการเวนคืน ด้านหน้าของที่ดินทางทิศเหนือติดกับถนนลำลูกกา มีความยาวประมาณ 160 เมตร ทิศตะวันออกติดกับพื้นที่เอกชนมีความยาวประมาณ 100 เมตร ทิศตะวันตกติดกับ สภ.ต.คูคต มีความยาวประมาณ 94 เมตร ทิศใต้ติดกับคลองหกวา มีความยาวประมาณ 160 เมตร จัดทางเข้า-ออกของอาคารจอดและจร ไว้ที่ริมที่ดินทางฝั่งทิศตะวันตก เพื่อไม่ให้กีดขวางการจราจรบริเวณสถานีและ PTI ที่อยู่ด้านหน้า วางตำแหน่งอาคารจอดและจรตามยาวขนานกับแนวถนน ผู้ใช้บริการสามารถเชื่อมต่อระหว่างสถานีรถไฟฟ้ากับอาคารจอดและจรได้สะดวก ทั้งในระดับดินและทางเดินเชื่อมสถานี (Skywalk)



รูปที่ 3.6.2-11 แสดงผังบริเวณพื้นที่อาคารจอดและจร สถานีคูคต (N24)

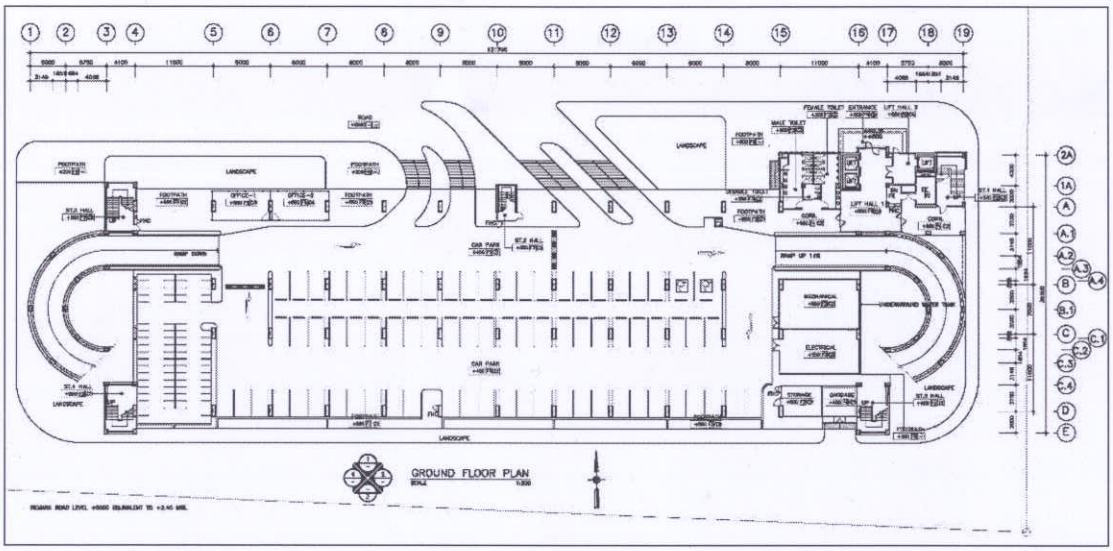
2. ลักษณะอาคารและผังบริเวณ

จากการประชุมกับผู้ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างโครงการ ได้ข้อสรุปให้อาคารจอดและจรแห่งนี้เป็นอาคาร ค.ส.ล. สูง 6 ชั้น เหนือพื้นดิน ขนาดอาคารกว้าง 39.60 เมตร ยาว 132.20 เมตร โดยมีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่นี้ 2 ส่วนหลักคือ เป็นอาคารจอดและจร และเป็นสถานีระบบขนส่งมวลชนเสริม (PTI)

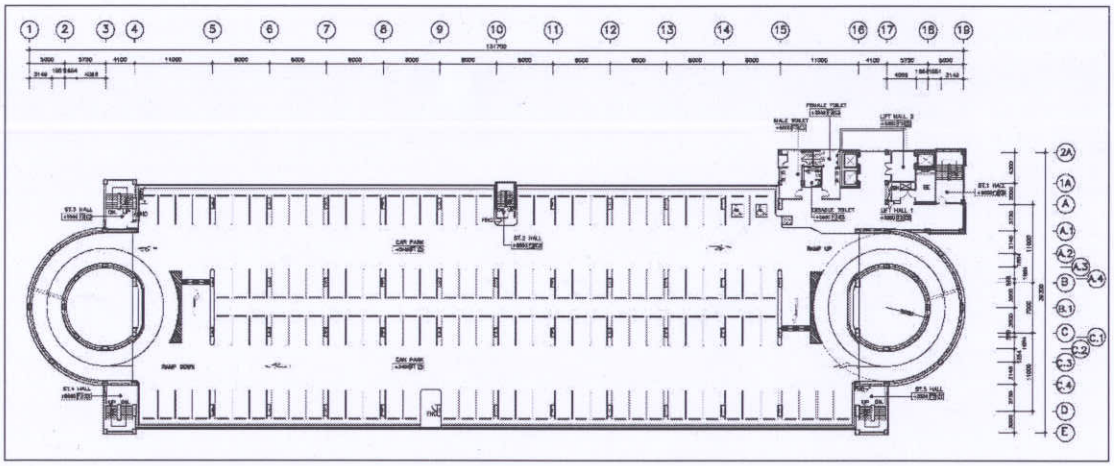
ลักษณะอาคารจอดและจร ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- ด้านหน้าของที่ดิน เป็นพื้นที่ของระบบขนส่งมวลชนเสริม และทางเข้า-ออกสำหรับอาคารจอดและจร
- ส่วนที่เป็นอาคารจอดรถ สามารถจอดรถได้ประมาณ 710 คัน ชั้นล่างมีพื้นที่ใช้สอยอาคาร 4,215 ตารางเมตร โดยจะเป็นทางเข้าออกอาคารจอดและจร พื้นที่สำนักงาน พื้นที่ห้องเครื่อง และพื้นที่จอดรถยนต์จำนวน 73 คัน และจอดรถจักรยานยนต์จำนวน 70 คัน
- พื้นที่สำนักงานเป็นสำนักงานของระบบรักษาความปลอดภัยและระบบจัดเก็บค่าธรรมเนียมจอดรถ

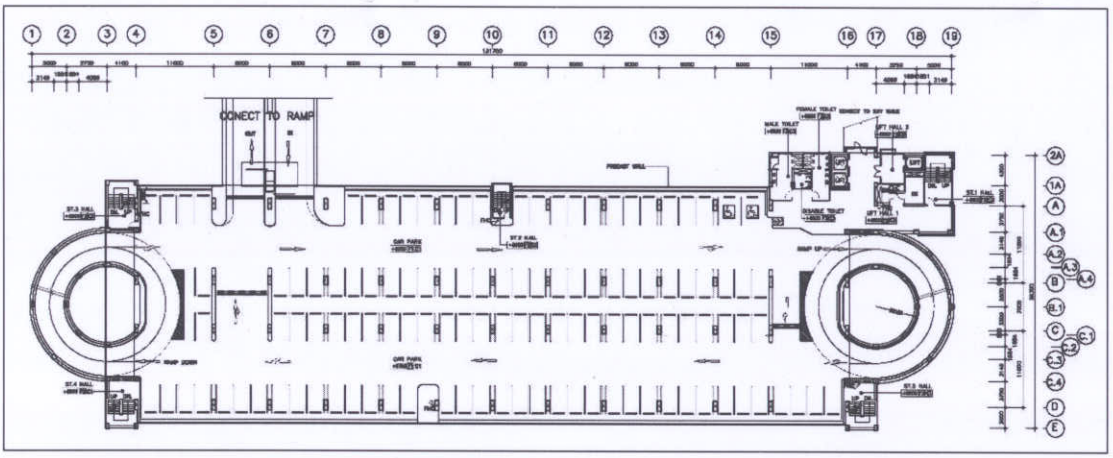
- พื้นที่ห้องเครื่อง จะเป็นห้องเครื่องของงานระบบไฟฟ้า และงานระบบประปา-สุขาภิบาล บางส่วนเป็นห้องเก็บของ และเก็บขยะของอาคาร
- ชั้น 2 – 6 เป็นพื้นที่จอดรถเกือบทั้งหมด ชั้นละ 4,215 ตารางเมตร สามารถจอดได้ชั้นละประมาณ 129 คัน เฉพาะที่ชั้น 3 จะมีทางเชื่อมเป็น Directional Ramp จากถนนลำลูกกาฝั่งขาออกมาในอาคารได้โดยตรง รวมพื้นที่ใช้สอยของอาคารจอดและจรประมาณ 25,290 ตารางเมตร รวมจำนวนที่จอดรถยนต์ของอาคารจอดและจร 710 คัน



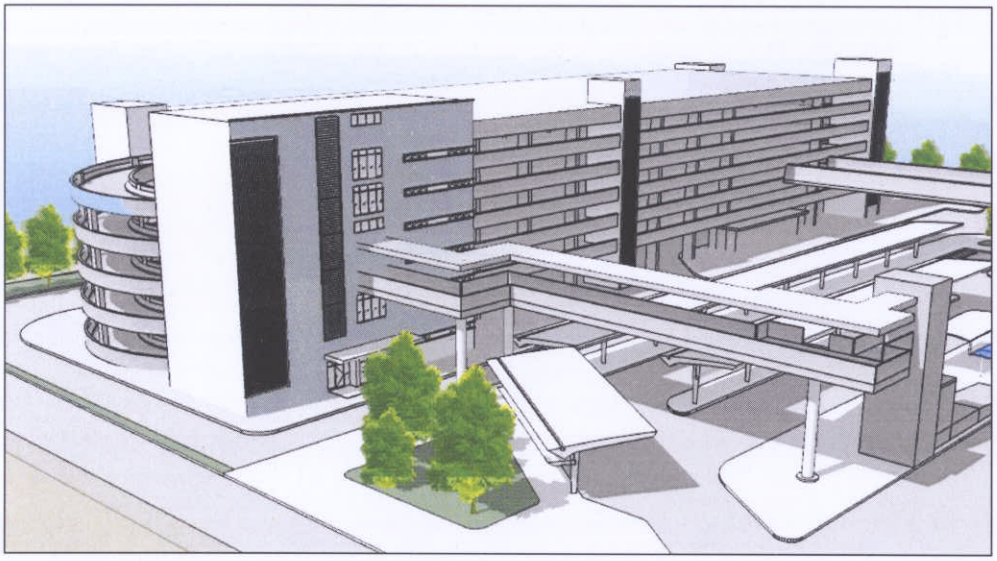
รูปที่ 3.6.2-12 แสดงผังพื้นชั้นล่าง อาคารจอดและจร สถานีคูคต (N24)



รูปที่ 3.6.2-13 แสดงผังพื้นชั้น 2, 4, 5, และ 6 อาคารจอดและจร สถานีคูคต (N24)



รูปที่ 3.6.2-14 แสดงผังพื้นชั้น 3 อาคารจอดและจร สถานีคูคต (N24)



รูปที่ 3.6.2-15 แสดงทัศนียภาพ อาคารจอดและจร สถานีคูคต (N24)

3. การจัดการจราจรภายในอาคารจอดและจร

การจัดการจราจรภายในอาคารใช้วิธีการเดินรถทางเดียว เพื่อความรวดเร็วในการสัญจรรถภายในอาคาร ที่ปรึกษาจึงพิจารณาใช้ระบบการเวียนรถแบบ Helical Ramp System โดยเป็นการเวียนรถทางเดียวแบบทางลาดนอกอาคาร ซึ่งจะทำให้การสัญจรคล่องตัวที่สุด การขึ้นลงระหว่างชั้นจัดทำเป็นทางลาดแบบ Helical Ramp System ทางลาดที่ใช้ขึ้น-ลง แยกโซนออกกันชัดเจน เป็นส่วนขาขึ้นกับขาลง

4. สิ่งอำนวยความสะดวกในอาคาร

- บันไดและ LIFT ของอาคารจอดและจร จัดให้มี Circulation Core หลักอยู่ 1 ตำแหน่ง มีบันไดหนีไฟอีก 2 จุด และมีบันไดที่ใช้ขึ้น-ลงระหว่างชั้น อีก 2 จุด

- ห้องน้ำจัดให้มีห้องน้ำ ชาย-หญิง อยู่ทุกชั้นของอาคาร โดยจัดอยู่รวมกันใน Core Lift และบันได การจัดห้องน้ำแยกชายและหญิงพร้อมห้องน้ำสำหรับคนพิการ
- ราวกันตก อาคารที่จอดรถนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย รูปแบบราวกันตกส่วนใหญ่จะเป็นราวทึบ PRECAST CONCRETE ที่มีความแข็งแรง ทนทานและบำรุงรักษาง่าย
- SIGN ป้ายต่าง ๆ ในตัวอาคาร เช่น ป้ายแสดงทิศทาง ขึ้น-ลง, ทางเข้า-ทางออก, ทางไปบันได-LIFT, ทางไปห้องน้ำ ฯลฯ จะต้องมีความชัดเจน เข้าใจง่าย เพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้อาคาร
- แสงสว่างภายในอาคาร จัดมีแสงสว่างให้เพียงพอภายในตัวอาคาร และให้มีแสงธรรมชาติให้มากที่สุดเพื่อความประหยัด

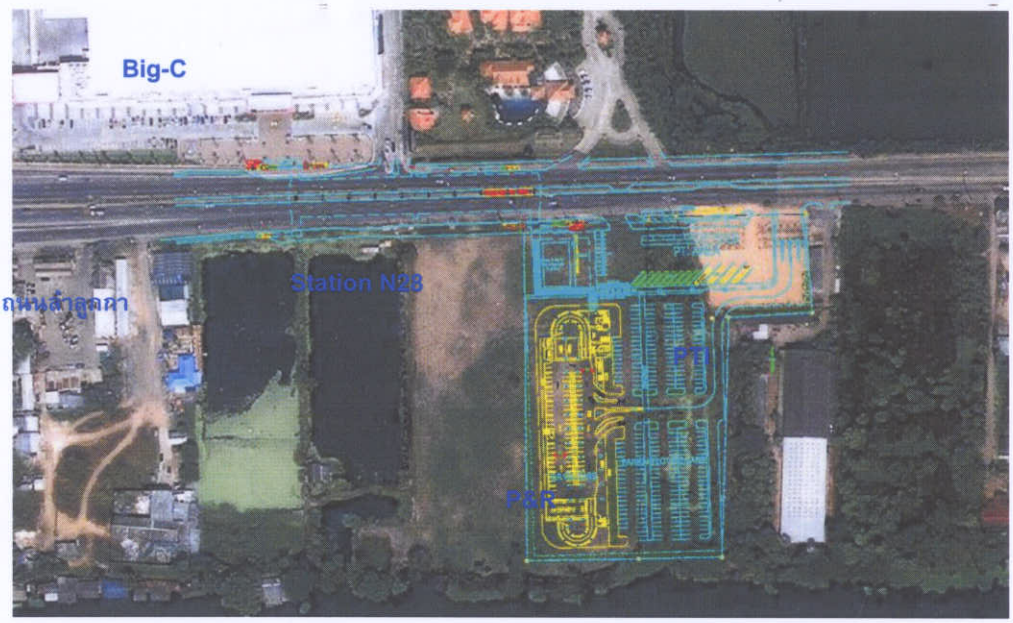
5. วัสดุที่ใช้

วัสดุที่ใช้ในอาคาร ทั่วไปจะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ได้แก่ พื้น เสา คาน ผนังกันตก วัสดุหลักอื่นจะเป็นวัสดุที่คงทนถาวร มีการบำรุงรักษาต่ำเช่น พื้นคอนกรีตผิวแกร่ง (FLOOR HARDENER) ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป ราวจับ STAINLESS แผงกันแดดอลูมิเนียมสีธรรมชาติ

3) อาคารจอดและจร ที่สถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก (Station N28)

<u>ตำแหน่งที่ตั้งอาคารจอดและจร</u>

ที่ตั้งของอาคารจอดและจรอยู่ในพื้นที่ที่ยังไม่มีการประกาศใช้ของผังเมืองรวม ดังนั้นการใช้ประโยชน์ที่ดินจะอยู่ในดุลพินิจของหน่วยงานท้องถิ่นนั้น ๆ ซึ่งคือ องค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่ กรรมสิทธิ์ในที่ดินเป็นของเอกชน สภาพที่ดินส่วนใหญ่ยังเป็นที่โล่งไม่มีการใช้ประโยชน์มาก บางส่วนมีเพิงและอาคารชั่วคราว บางส่วนมีการถมปรับระดับแล้ว ต้องทำการเวนคืน โดยขนาดของที่ดินที่คาดว่าจะใช้เป็นที่ตั้งอาคารจอดและจร มีขนาดประมาณ 15 ไร่ ในการตรวจสอบราคาประเมินของที่ดินเบื้องต้นที่จัดทำโดยกรมธนารักษ์ปี 2551 ราคาที่ดินในบริเวณนั้นอยู่ที่ 16,000 บาทต่อตารางวา



รูปที่ 3.6.2-16 แสดงภาพถ่ายทางอากาศบริเวณที่ตั้งสถานีวงแหวนฯ (N28) และที่ตั้งอาคารจอดและจร

จากการศึกษาสรุปในเหตุผลสำคัญของความเหมาะสมของพื้นที่ ได้ดังนี้

- เป็นที่ตั้งที่ติดกับสถานีสุดท้ายของรถไฟฟ้ามีพื้นที่เชื่อมต่อโดยตรงกับถนนลำลูกกาฝั่งขาเข้า เพื่อรองรับผู้มาใช้บริการจากด้านทิศตะวันออกซึ่งจะมายังสถานีรถไฟฟ้าได้สะดวกพร้อมทั้งการเข้าถึงของระบบขนส่งมวลชนเสริมอื่น ๆ
- เป็นจุดเชื่อมต่อกับสถานีรถไฟฟ้าได้ ในระยะทางไม่เกิน 100 เมตร
- ผลกระทบจากการเวนคืนน้อยเนื่องจากสภาพที่ดินเป็นที่ดินเปล่าส่วนมากยังไม่มีการใช้ประโยชน์

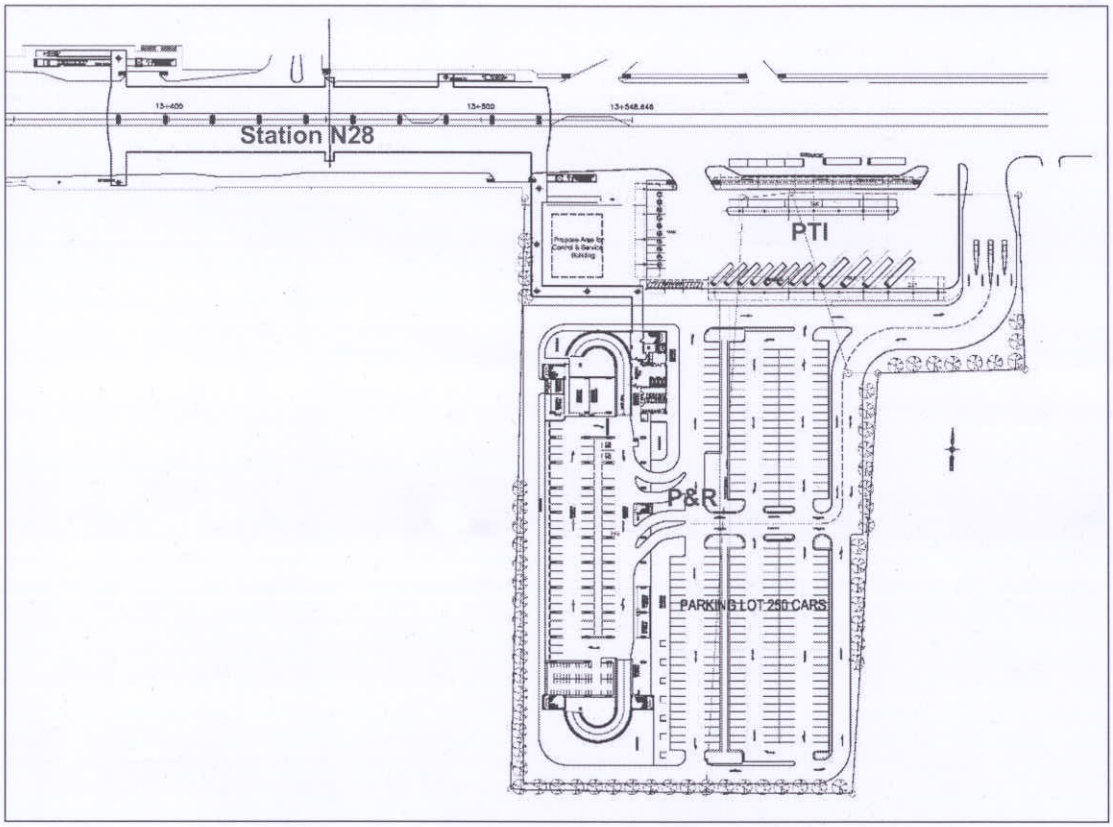
การจัดการระบบจราจร ทางเข้า-ออกอาคารจอดและจร

ที่ปรึกษาได้เสนอให้ใช้พื้นที่นี้ในการก่อสร้างอาคารจอดและจร เนื่องจากมีความเหมาะสมทั้งในเรื่องของตำแหน่งที่ตั้งที่สามารถใช้เป็นจุดเปลี่ยนถ่ายการเดินทางบนถนนสายหลักคือจากถนนลำลูกกาจากฝั่งขาเข้าทางทิศตะวันออกและติดกับอาคารสถานีรถไฟฟ้า

รูปแบบด้านสถาปัตยกรรม

1. ลักษณะพื้นที่โครงการ

พื้นที่ดินของโครงการเป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าต่อกันสองผืน อยู่ในพื้นที่ของเอกชนที่ต้องทำการเวนคืน ด้านหน้าของที่ดินติดกับถนนลำลูกกา ห่างจากทางแยกวงแหวนรอบนอกตะวันออกประมาณ 700 เมตร โดยมีหน้ากว้างด้านที่ติดถนนยาวประมาณ 155 เมตร ลึกประมาณ 50 และ 125 เมตร ด้านหน้าเป็นอาคารสถานีรถไฟฟ้า ทำให้การเชื่อมต่อกับตัวสถานีรถไฟฟ้า สะดวกต่อผู้ใช้บริการโดยการเชื่อมต่อระหว่างสถานีรถไฟฟ้า กับอาคารจอดและจรสามารถทำได้ทั้งในระดับพื้นดิน และส่วนที่เป็นตัวสถานีที่ตั้งลอยอยู่เหนือถนน



รูปที่ 3.6.2-17 แสดงผังบริเวณพื้นที่ตั้งอาคารจอดและจร สถานีวงแหวนฯ (N28)

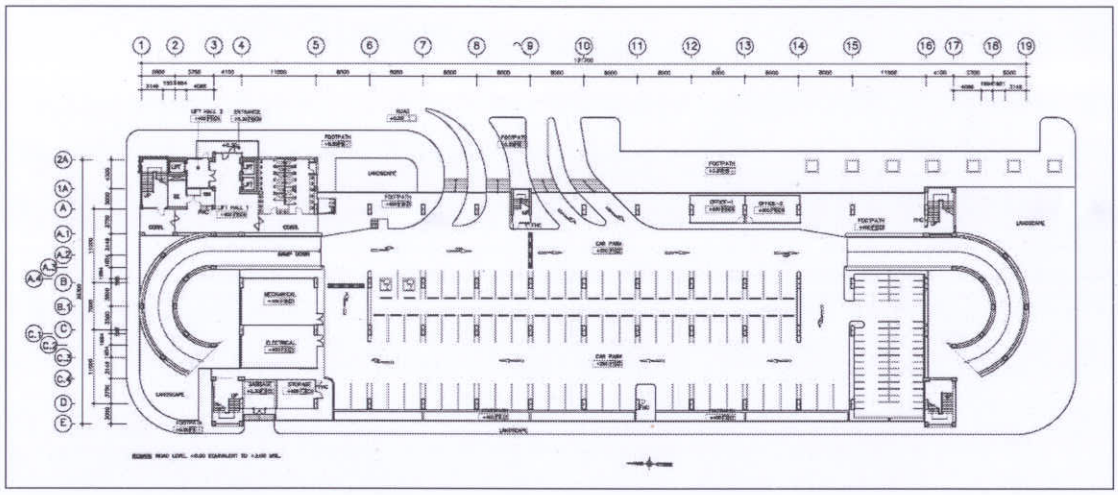
2. ลักษณะอาคาร

จากการประชุมกับผู้ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างโครงการ ได้ข้อสรุปให้อาคารจอดและจรแห่งนี้เป็นอาคาร ค.ส.ล. สูง 8 ชั้น เหนือพื้นดิน ขนาดอาคารกว้าง 39.60 เมตร ยาว 132.20 เมตร โดยมีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่นี้ 2 ส่วนหลักคือ เป็นอาคารจอดและจร และเป็นสถานีระบบขนส่งมวลชนเสริม (PTI)

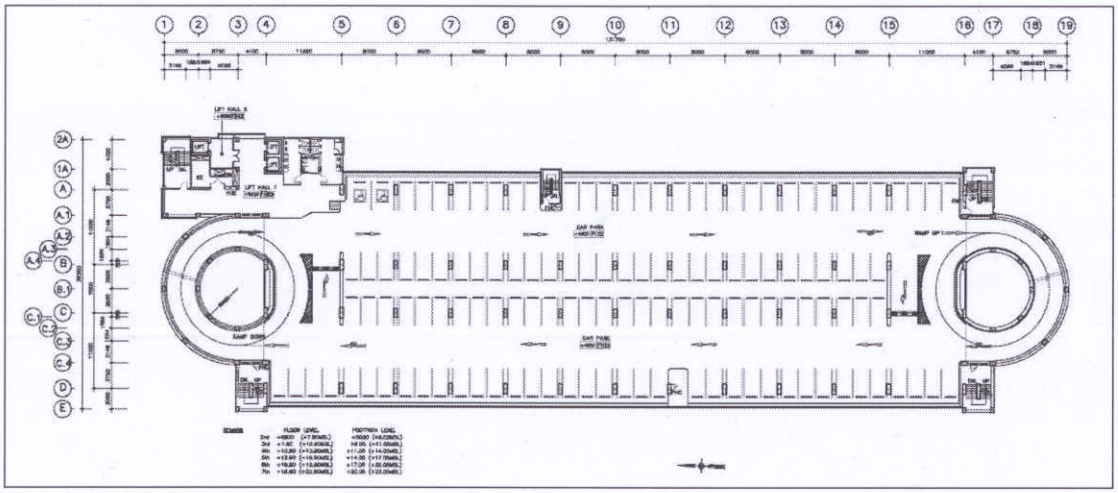
ลักษณะอาคารจอดและจร ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- ด้านหน้าของที่ดิน เป็นพื้นที่ของระบบขนส่งมวลชนเสริม และทางเข้า-ออกสำหรับอาคารจอดและจร
- ส่วนที่เป็นอาคารจอดรถ สามารถจอดรถได้ประมาณ 978 คัน ชั้นล่างมีพื้นที่ใช้สอยอาคาร 4,215 ตารางเมตร โดยจะเป็นทางเข้าออกอาคารจอดและจร พื้นที่สำนักงาน พื้นที่ห้องเครื่อง พื้นที่จอดรถยนต์จำนวน 75 คัน และจอดรถจักรยานยนต์จำนวน 70 คัน
- พื้นที่สำนักงานเป็นสำนักงานของระบบรักษาความปลอดภัยและระบบจัดเก็บค่าธรรมเนียมจอดรถ
- พื้นที่ห้องเครื่อง จะเป็นห้องเครื่องของงานระบบไฟฟ้า และงานระบบประปา-สุขาภิบาล บางส่วนเป็นห้องเก็บของ และเก็บขยะของอาคาร

- ชั้น 2 – 8 เป็นพื้นที่จอดรถเกือบทั้งหมดชั้นละ 4,215 ตารางเมตร สามารถจอดได้ชั้นละประมาณ 129 คัน เฉพาะที่ชั้น 3 จะมีทางเดินเชื่อมสู่สถานีรถไฟฟ้า รวมพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของอาคารจอดและจรประมาณ 33,720 ตารางเมตร รวมจำนวนที่จอดรถยนต์ของอาคารจอดและจร และลานจอดรถประมาณ 1,228 คัน



รูปที่ 3.6.2-18 แสดงผังพื้นชั้นล่าง อาคารจอดและจร สถานีวงแหวนฯ (N28)



รูปที่ 3.6.2-19 แสดงผังพื้นชั้น 2-8 อาคารจอดและจร สถานีวงแหวนฯ (N28)

3. การจัดการจราจรภายในอาคารจอดและจร

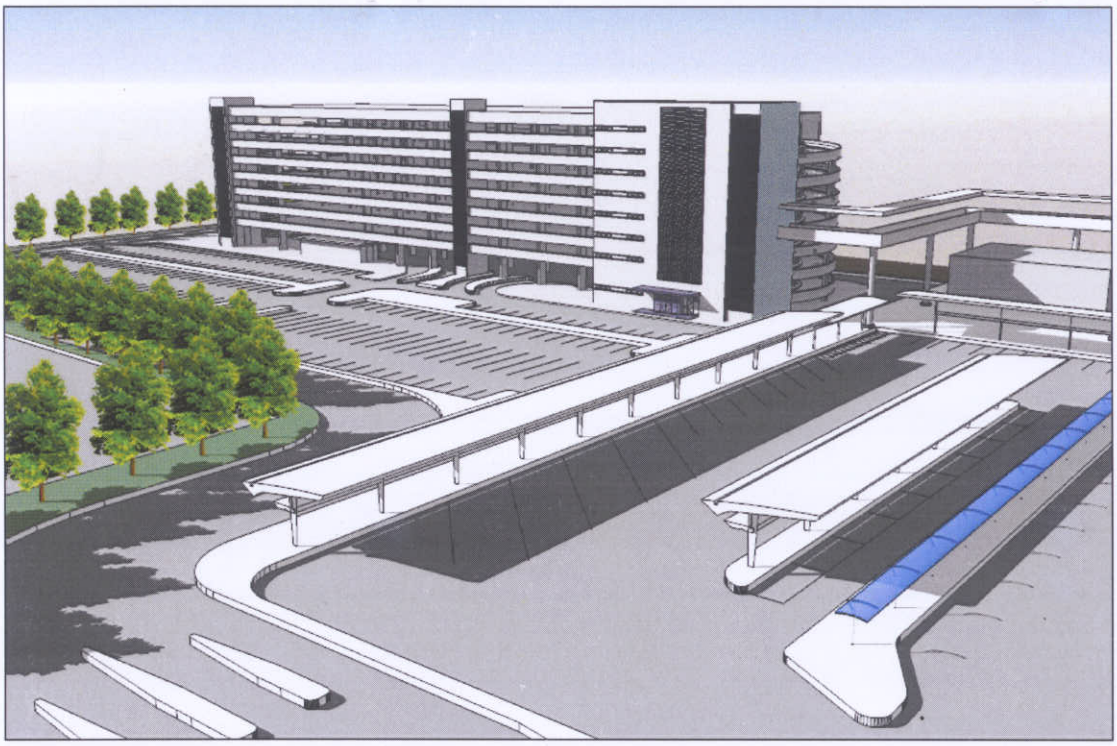
การจัดการจราจรภายในอาคารใช้วิธีการเดินรถทางเดียว เพื่อความรวดเร็วในการสัญจรรถภายในอาคาร ที่ปรึกษาจึงพิจารณาใช้ระบบการเวียนรถแบบ Helical Ramp System โดยเป็นการเวียนรถทางเดียวแบบทางลาดนอกอาคาร ซึ่งจะทำให้การสัญจรคล่องตัวที่สุด การขึ้นลงระหว่างชั้นจัดทำเป็นทางลาดแบบ Helical Ramp System ทางลาดที่ใช้ขึ้น-ลง แยกโซนออกกันชัดเจน เป็นส่วนขาขึ้นกับขาลง

4. สิ่งอำนวยความสะดวกในอาคาร

- บันไดและ LIFT ของอาคารจอดและจร จัดให้มี Circulation Core หลักอยู่ 1 ตำแหน่ง มีบันไดหนีไฟอีก 2 จุด และมีบันไดที่ใช้ขึ้น-ลงระหว่างชั้น อีก 2 จุด
- ห้องน้ำจัดให้มีห้องน้ำ ชาย-หญิง อยู่ทุกชั้นของอาคาร โดยจัดอยู่รวมกันใน Core Lift และบันได การจัดห้องน้ำแยกชายและหญิงพร้อมห้องน้ำสำหรับคนพิการ
- ราวกันตก อาคารที่จอดรถนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย รูปแบบราวกันตกส่วนใหญ่จะเป็นราวทึบ PRECAST CONCRETE ที่มีความแข็งแรง ทนทานและบำรุงรักษาง่าย
- SIGN ป้ายต่าง ๆ ในตัวอาคาร เช่น ป้ายแสดงทิศทาง ขึ้น-ลง ทางเข้า-ทางออก ทางไปบันได-LIFT ทางไปห้องน้ำ ฯลฯ จะต้องมีความชัดเจน เข้าใจง่าย เพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้อาคาร
- แสงสว่างภายในอาคาร จัดมีแสงสว่างให้เพียงพอภายในตัวอาคาร และให้มีแสงธรรมชาติให้มากที่สุดเพื่อความประหยัด

5. วัสดุที่ใช้

วัสดุที่ใช้ในอาคาร ทั่วไปจะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ได้แก่ พื้น เสา คาน ผนังกันตก วัสดุหลักอื่นจะเป็นวัสดุที่คงทนถาวร มีการบำรุงรักษาต่ำเช่น พื้นคอนกรีตผิวแกร่ง (FLOOR HARDENER) ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป ราวจับ STAINLESS แผงกันแดดอลูมิเนียมสีธรรมชาติ



รูปที่ 3.6.2-20 แสดงทัศนียภาพ อาคารจอดและจร สถานีวงแหวนฯ (N28)

3.6.2.3 การออกแบบด้านวิศวกรรมโครงสร้าง

งานวิศวกรรมโครงสร้าง ออกแบบให้มีความแข็งแรง ปลอดภัย มีอายุการใช้งานยืนยาว ได้มาตรฐานของ ว.ส.ท. และมาตรฐานสากล และมีความสอดคล้องกับรูปแบบสถาปัตยกรรม และงานวิศวกรรมระบบ รวมไปถึงการลดผลกระทบต่ออาคารข้างเคียง

การออกแบบวิศวกรรมโครงสร้างประกอบด้วย

1) ระบบฐานราก

สำหรับการเลือกประเภทของฐานราก สำหรับในพื้นที่โครงการที่ไม่มีสิ่งก่อสร้างข้างเคียงจะพิจารณาใช้เสาเข็มตอก

2) ระบบเสา

อาคารจอดและจร (Park & Ride) เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) และมีชั้นหลังคาคลุมเป็นโครงสร้าง ค.ส.ล. ด้วย เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจรที่ใช้ออกแบบสำหรับอาคารนี้ คือ 400 กก./ตร.ม. โครงสร้างเสาที่ออกแบบเป็นเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีความคงทน, แข็งแรง และสอดคล้องกับรูปแบบทางสถาปัตยกรรม

3) ระบบพื้น

- ระบบพื้น เลือกใช้ระบบพื้นท้องเรียบแบบอัดแรงภายหลัง (Post-Tensioned Slab) เพราะจะทำให้ความสูงของแต่ละชั้นต่ำกว่าระบบโครงสร้างพื้นคานทั่วไป โดย Post-Tensioned Slab จะใช้เป็นระบบ Bonded System
- ระบบพื้นคานคอนกรีตเสริมเหล็ก ใช้บริเวณพื้นชั้นล่างของอาคาร และบริเวณพื้นที่ส่วนอื่น ๆ ที่รับน้ำหนักมาก ๆ ตามสภาพเครื่องจักร รวมทั้งหลังคาห้องเครื่อง
- สำหรับอาคารจอดและจร สถานี กม.25 (N23) จะพิจาณาให้มีการแบ่งรอยต่อของพื้นและคานเป็น Expansion Joint บริเวณกึ่งกลางอาคารเพื่อลดปัญหาการยืดหดตัวของโครงสร้าง

3.6.2.4 การออกแบบด้านวิศวกรรมระบบประกอบอาคาร

อาคารจอดและจร เป็นอาคารสาธารณะที่ให้บริการต่อผู้โดยสารที่มาใช้บริการระบบรถไฟฟ้า ดังนั้นการออกแบบด้านวิศวกรรมระบบประกอบอาคารจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน ความสะดวกสบายตลอดจนสุขอนามัยของผู้ใช้บริการ

การออกแบบด้านวิศวกรรมระบบประกอบอาคาร ประกอบด้วย

(1) ระบบไฟฟ้าและสื่อสาร

- ระบบไฟฟ้าแรงดันปานกลาง 24 KV (22 KV กรณีรับไฟจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค) ประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดน้ำมัน 24 KV/416-240 VAC. (22 KV/400-230 VAC. กรณีรับไฟจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค) ติดตั้งในลานหม้อแปลง (Yard) พร้อมรั้วกั้นเพื่อความปลอดภัย ที่บริเวณด้านข้างของอาคาร ซึ่งจะรับไฟจากการไฟฟ้าฯด้วยระบบสายอากาศ

- ระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ เริ่มจากแผงเมนสวิตช์ (MDB: Main Distribution Board) ที่รับพลังงานมาจากหม้อแปลงไฟฟ้า จ่ายไปยังแผงสวิตช์ (DB: Distribution Board) ที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ของอาคาร เพื่อควบคุมโหลดในพื้นที่นั้น ๆ โดยจะมีแผงย่อย (Panel Board) หรือ Load Center เป็นตัวควบคุมโหลด

- ระบบไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Generator) ที่ทำงานโดยอัตโนมัติ สำหรับจ่ายไฟฟ้าในกรณีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ ดับ โดยจ่ายไฟสำรองให้กับพื้นที่ หรืออุปกรณ์ที่มีความสำคัญ เช่น ระบบแสงสว่างบริเวณทางวิ่ง และลานจอดบางส่วน, ป้ายทางออกหนีไฟ ไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบกล้องวงจรปิด ระบบลิฟท์ ระบบปรับอากาศสำหรับห้องที่มีอุปกรณ์ที่สำคัญ ระบบพัดลมอัดอากาศ ระบบปั๊มดับเพลิง และระบบปั๊มน้ำที่สำคัญ

- ระบบแสงสว่างและควบคุมแสงสว่าง (Lighting and Lighting Control System) ออกแบบให้มีความส่องสว่างที่เพียงพอสำหรับทุกพื้นที่ของอาคาร โดยจะอ้างอิงค่าความส่องสว่างตามมาตรฐาน IES (Illuminating Engineering Society) เช่น

Area	Illumination (lux)
Entrance (Day)	300
Entrance (Night)	50
Thoroughfare	75
Parking Areas	50
Offices	500
Electrical and Mechanical	200
Staircases	150
Toilets	150

การควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่าง สำหรับพื้นที่สำนักงาน สามารถควบคุมโดยการเปิด-ปิดสวิตช์ประจำห้องหรือพื้นที่ สำหรับพื้นที่จอดรถและบริเวณภายนอกอาคาร ซึ่งเป็นพื้นที่ใหญ่ การควบคุมจะควบคุมด้วย Lighting Control System ซึ่งจะควบคุมการปิด-เปิดไฟแบบอัตโนมัติตามเวลาที่ตั้งไว้และแสงสว่างธรรมชาติ

- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน และป้ายทางออกฉุกเฉิน ในพื้นที่ต่าง ๆ
  - โคมไฟแสงสว่างฉุกเฉิน ออกแบบให้ติดตั้งกระจายตามพื้นที่การหนีภัยและบนเส้นทางหนีไฟ ห้องไฟฟ้า ห้องควบคุมต่าง ๆ และบริเวณห้องสำคัญต่าง ๆ โดยชุดโคมไฟฉุกเฉินจะเป็นไปตามมาตรฐานระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและป้ายทางออกฉุกเฉินของ วสท. พร้อมทั้งมีแบตเตอรี่สำรองในตัว และสามารถจ่ายไฟได้ในกรณีไฟฟ้าดับได้ไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง
  - ป้ายทางออกฉุกเฉิน ออกแบบให้ติดตั้งตามพื้นที่การหนีภัย และสามารถมองเห็นได้ครอบคลุมทุกพื้นที่ สัญลักษณ์และขนาดเป็นไปตามมาตรฐานระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและป้ายทางออกฉุกเฉินของ วสท. พร้อมทั้งมีแบตเตอรี่สำรองในตัว และสามารถจ่ายไฟได้ในกรณีไฟฟ้าดับได้ไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง
- ระบบโทรศัพท์ (Telephone system) ออกแบบเป็นระบบตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติ เพื่อความสะดวกในการติดต่อสื่อสารทั้งภายในและภายนอก โดยติดตั้งเต้ารับโทรศัพท์ในสำนักงาน และพื้นที่สำคัญ ๆ โดยระบบจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้
  - ตู้ควบคุมโทรศัพท์อัตโนมัติ (Private Automatic Branch Exchange: PABX) ติดตั้งภายในสำนักงาน พร้อมเครื่องพนักงานรับโทรศัพท์
  - แผงกระจายสายเมน (Main Distribution Frame: MDF) ติดตั้งอยู่ในสำนักงาน โดยจะเป็นแบบ Quick Connection และติดตั้งแผงกระจายสายในรูปแบบ Cross Connection ซึ่งสามารถแยกออกได้ 2 ตอน ดังนี้

แผงกระจายสาย ตอนที่ 1 สำหรับพักสายทั้งหมดที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ โดยเป็นชนิดที่สามารถเสียบปลั๊กเพื่อแยกสายออกได้ทุกคู่

แผงกระจายสาย ตอนที่ 2 สำหรับพักสายที่มาจากภายนอก และภายใน ต้องเป็นชนิดที่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าได้

- สายโทรศัพท์ ใช้สายชนิด TIEV 4 Cores
- เต้ารับโทรศัพท์ ใช้เต้ารับชนิด RJ11

- ระบบโทรศัพท์สาธารณะ (Public Telephone) ออกแบบให้มีเต้ารับโทรศัพท์สำหรับโทรศัพท์สาธารณะ ในบริเวณโถงหน้าลิฟท์ ชั้น 1 และชั้น 3 โดยเครื่องรับโทรศัพท์จะจัดหาโดยผู้ว่าจ้างในภายหลัง

- ระบบเสียงประกาศ (Public Address: PA) ออกแบบให้มีระบบเสียงประกาศภายในอาคาร เพื่อแจ้งข้อมูลข่าวสารต่างๆให้แก่ผู้ที่อยู่ในอาคาร และยังสามารถเชื่อมต่อสัญญาณกับระบบเสียงประกาศที่มาจากภายนอกได้ด้วย

- ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit Television: CCTV) ออกแบบเพื่อการรักษาความปลอดภัยทั้งภายในและภายนอกอาคาร โดยออกแบบให้มีกล้องวงจรปิดในจุดที่มีความสำคัญ เช่น ทางเข้า-ออก ทางขึ้น-ลง ลานจอด โถงลิฟท์ และพื้นที่ที่มีความสำคัญ เพื่อความปลอดภัยของผู้มาใช้อาคาร

- ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm system) ออกแบบตามมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ของ วสท. และ มาตรฐาน NFPA โดยระบบจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ดังนี้

  - ตู้ควบคุมระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm Control Panel) เป็นระบบ Pre-signal Zone Code Addressable System ควบคุมการทำงานโดย Microprocessor สามารถตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบได้ และสามารถส่งสัญญาณแจ้งเหตุไปยังระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ระบบเสียงประกาศ ประตูหนีไฟ ระบบควบคุมการเข้า-ออก ระบบปรับอากาศ ระบบระบายอากาศ และ ระบบดับเพลิง เป็นต้น

  - แผงแจ้งเหตุแบบกราฟฟิค (Graphic Annunciator) เป็นแผงแจ้งเหตุที่มีรูปผังอาคาร เพื่อสะดวกต่อการตรวจสอบพื้นที่ที่เกิดเหตุได้โดยง่าย

  - อุปกรณ์ตรวจจับ (Initiating Devices) ประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจจับควัน (Smoke Detector) โดยเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด (Spot Type Smoke Detector) ในพื้นที่ทั่วไป อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (Heat Detector) แบบ Combination Rate of Rise and Fixed Temperature สำหรับพื้นที่ทั่วไป และใช้แบบ Fixed Temperature สำหรับห้องครัว หรือห้องที่มีลักษณะการทำงานที่ใกล้เคียงกัน

- อุปกรณ์แจ้งเหตุโดยคน (Manual Station)
- อุปกรณ์แจ้งเหตุ (Alarm Devices) ประกอบด้วย กระดิ่ง, ไซเรน สำหรับสัญญาณเตือนภัย และลำโพงเสียงประกาศของระบบกระจายเสียง ซึ่งรับสัญญาณให้ประกาศข้อความจากตู้ควบคุมระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย
- สายไฟของวงจรแจ้งเหตุ ออกแบบเป็นสายทนไฟ (Fire Resistant Cable) เพื่อให้ทนทานต่อการเกิดเพลิงไหม้ และสามารถส่งสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้ใช้อาคารสามารถรับทราบและหนีไฟได้อย่างปลอดภัย โดยเดินสายระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้โดยการร้อยในท่อร้อยสาย (Conduit)

● ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection System) ออกแบบเป็นระบบ Conventional Type หรือระบบ Faraday Cage ตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้างของ วสท. และ/หรือ NFPA โดยพิจารณาเลือกรูปแบบที่ติดตั้งดูแล้วเหมาะสมกับอาคาร ซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้

- ระบบตัวนำล่อฟ้า จะออกแบบโดยใช้วิธีตาข่าย ซึ่งเหมาะสำหรับการป้องกันพื้นผิวที่เป็นระนาบ และเชื่อมต่อเข้ากับโครงสร้างที่รองรับหลังคา
- ระบบตัวนำลงดิน ระบบตัวนำลงดินที่ใช้ในการออกแบบ จะเป็นแบบไม่แยกอิสระ คือระบบป้องกันฟ้าผ่าที่ต่อเข้ากับสิ่งปลูกสร้างที่เป็นโครงเหล็กหรือคอนกรีตเสริมเหล็กหลาย ๆ จุด เพื่อให้สิ่งปลูกสร้างดังกล่าวเป็นตัวนำลงดินและเป็นตัวนำประสานศักย์ให้เท่ากัน
- ระบบรากสายดิน เพื่อการกระจายกระแสฟ้าผ่าลงดิน โดยไม่เกิดแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดเกินอันตราย รูปร่างและขนาดของระบบรากสายดิน มีความสำคัญมากกว่าค่าความต้านทานของรากสายดิน แต่ก็ควรจะมีค่าความต้านทานที่ต่ำและไม่เกิน 5 โอห์ม
- ระบบรากสายดินที่ออกแบบ ต้องสามารถรองรับได้ทั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ และระบบสื่อสาร โดยจะต้องทำการประสานให้ศักย์เท่ากันด้วย

● ระบบต่อลงดิน (Grounding System) การออกแบบระบบการต่อลงดิน มีวัตถุประสงค์ของการต่อลงดินดังนี้

- เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันตัดวงจร เมื่อมีกระแสลัดวงจรลงดิน
- เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิต เมื่อมีการสัมผัสกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นโลหะ
- เพื่อให้ระบบมีคุณภาพทางไฟฟ้า แรงดันในแต่ละเฟสต้องเท่ากัน นิวตรอนและกราวด์เป็นจุดเดียวกัน

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้ากำลัง (Electrical Power System Grounding) เลือกใช้ เป็นแบบ TN-S ตามมาตราฐาน IEC 364-3

(2) ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

- ระบบปรับอากาศและระบายอากาศของอาคารจอดและจร ออกแบบและติดตั้งตาม กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2533) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 และใช้ร่วมกับมาตรฐาน ว.ส.ท
- ระบบปรับอากาศของอาคารจอดและจร มีเฉพาะส่วนของสำนักงาน ซึ่งมีพื้นที่ไม่มากนัก ออกแบบให้ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Split Type) ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูง ตามข้อกำหนดของกรมอนุรักษ์พลังงาน
- ระบบระบายอากาศ ออกแบบให้มีการระบายอากาศตามแต่ละพื้นที่ เช่น การระบายอากาศจากห้องน้ำ และการระบายอากาศของพื้นที่ปรับอากาศ โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน และคุณภาพอากาศ (IAQ: Indoor Air Quality)
- ระบบอัดอากาศโถงลิฟท์ดับเพลิง (เฉพาะอาคารจอดและจร สถานีดูคต และสถานีวงแหวนฯ เท่านั้น) ออกแบบให้มีระบบอัดอากาศในโถงลิฟท์ดับเพลิง ให้มีแรงดันอากาศมากกว่าภายในอาคาร เพื่อป้องกันควันไฟไม่ให้ไหลเข้าโถงลิฟท์ดับเพลิง โดยกำหนดให้มีความดันแตกต่างไม่น้อยกว่า 3.75 mm. ของน้ำ

(3) ระบบประปาและสุขาภิบาล

- ระบบประปาและสุขาภิบาลของอาคารจอดและจร ออกแบบและติดตั้งตาม กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 และ มาตรฐานสากลอื่น ๆ เช่น AWWA, UPC เป็นต้น
- ระบบประปา ออกแบบให้มีการสำรองปริมาตรน้ำประปาที่ถังเก็บน้ำใต้ดินไม่น้อยกว่า 1 วัน และน้ำสำรองบนถังสูงไม่น้อยกว่าอัตราการใช้น้ำสูงสุด 2 ชั่วโมง
- ระบบสุขาภิบาล ออกแบบให้แยกท่อน้ำโสโครก (Soil) จากโถส้วมและโถปัสสาวะ ออกจากท่อน้ำเสีย (Waste), การระบายน้ำในอาคารกำหนดให้ความลาดเอียงของท่อไม่น้อยกว่า 1:100 และออกแบบให้มีช่องทำความสะอาดท่อ (Clean out) ในตำหน่งที่เหมาะสม การระบายน้ำเสียจะมีท่ออากาศ (Vent) เพื่อช่วยป้องกันกลิ่นและช่วยในการระบายน้ำ
- ระบบระบายน้ำฝน ออกแบบให้ขนาดท่อน้ำฝน, ขนาดช่องระบายน้ำฝน และความลาดเอียงให้เพียงพอกับการรองรับอัตราน้ำฝน 150 มม./ช.ม.
- ระบบบำบัดน้ำเสีย ออกแบบใช้ระบบบ่อเกรอะ-บ่อกรองไร้อากาศ ร่วมกับบ่อเติมอากาศ (Septic-Anaerobic and Contact Aeration Process) ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้พื้นที่น้อย ดูแลรักษาง่าย และได้มาตรฐานน้ำทิ้งของอาคารประเภท ก.

(4) ระบบป้องกันอัคคีภัย

- ระบบป้องกันอัคคีภัยของอาคารจอดและจร ออกแบบและติดตั้งโดยใช้มาตรฐาน NFPA, กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 และใช้มาตรฐานอื่น ๆ เช่น มาตรฐาน ว.ส.ท. เป็นต้น
- ระบบป้องกันอัคคีภัย ออกแบบให้มีการสำรองน้ำดับเพลิง สำหรับเครื่องสูบน้ำดับเพลิงทำงานได้ ไม่น้อยกว่า 30 นาที
- ระบบท่อยืนและสายฉีดน้ำดับเพลิง (FHC) ออกแบบตามมาตรฐาน NFPA 14 โดยตู้สายฉีดน้ำดับเพลิง ออกแบบให้ครอบคลุมทุกพื้นที่
- ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler) ออกแบบตามมาตรฐาน NFPA 13 โดยติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารครอบคลุมทุกพื้นที่รวมทั้งพื้นที่จอดรถด้วย

3.6.3 สถานีการเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะอื่น ๆ

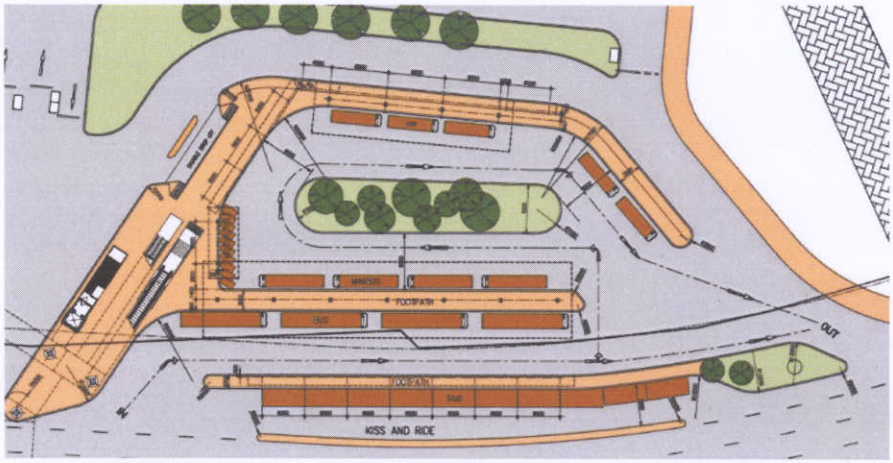
ที่ปรึกษาฯ ได้นำเสนอจุดเชื่อมต่อที่เหมาะสม โดยปัจจัยที่นำมาพิจารณามีดังนี้

1) เป็นสถานีปลายทางและสถานีที่มีการเปลี่ยนเส้นทาง
2) มีอาคารจอดรถ ตั้งอยู่บริเวณนั้น
3) เป็นจุดที่มีอู่รถประจำทาง
4) ความปลอดภัยของผู้มาใช้บริการจุดเชื่อมต่อ
5) ความรวดเร็วในการระบายผู้โดยสาร
6) ความสะดวกของรถโดยสารที่จะมาจอดรับผู้โดยสาร

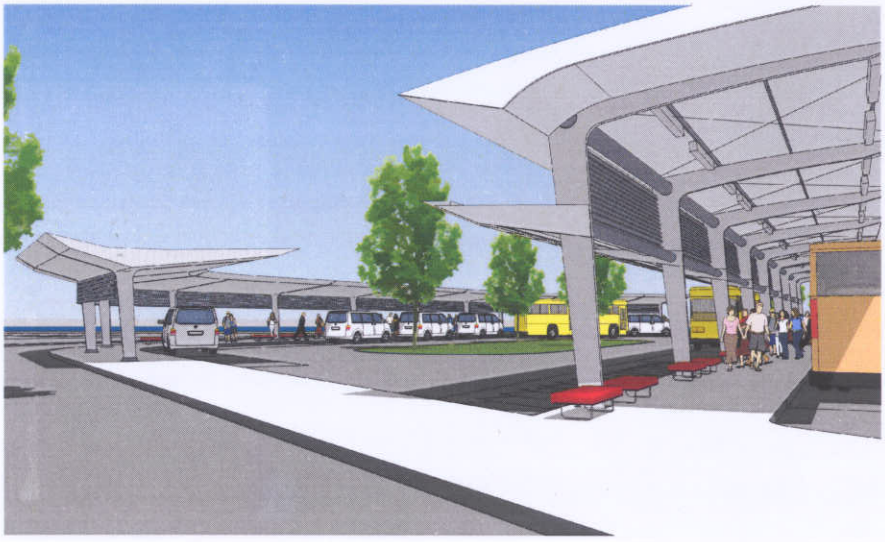
จากหลักการดังกล่าวจึงได้กำหนดจุดเชื่อมต่อไว้ที่สถานี N23, N24 และ N28 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สถานี	ตำแหน่งที่ตั้ง	กลุ่มเป้าหมาย	สิ่งอำนวยความสะดวก						
			รถเมล์	รถ Taxi	รถส่วนบุคคล	Feeder	รถโดยสารทางไกล	รถตู้	รถจักรยานยนต์รับจ้าง
N23	ข้างสถานีฝั่งขาออก	ผู้โดยสารจากย่านรังสิต	2	5	5	4	2	5	10
N24	ข้างสถานีฝั่งขาเข้า	ผู้โดยสารจากย่านคลอง 1 และ คลอง 2	2	3	3	6	2	7	20
N28	ข้างสถานีฝั่งขาเข้า	ผู้โดยสารจากย่านลำลูกกา และวงแหวนรอบนอกฝั่งตะวันออก	2	9	4	8	4	10	15

1) สถานี N23

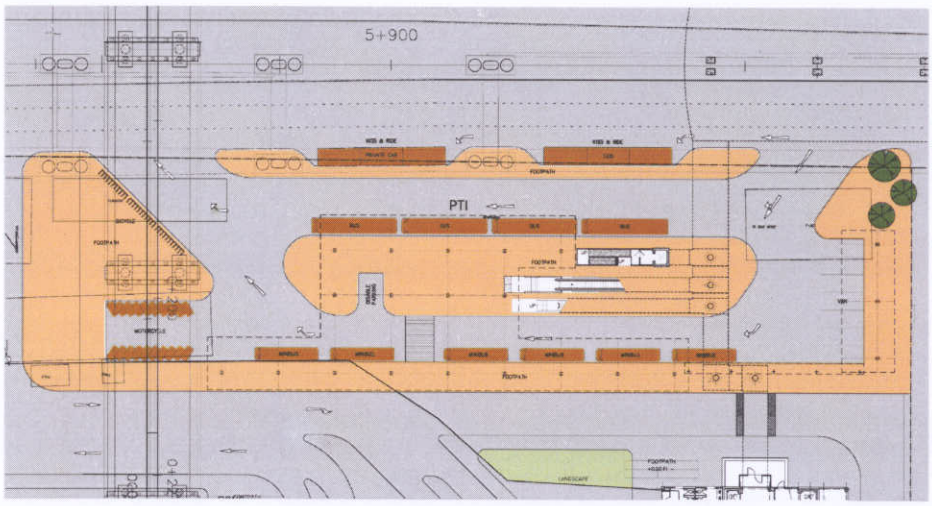


ผัง PTI N23



ทัศนียภาพ PTI N23

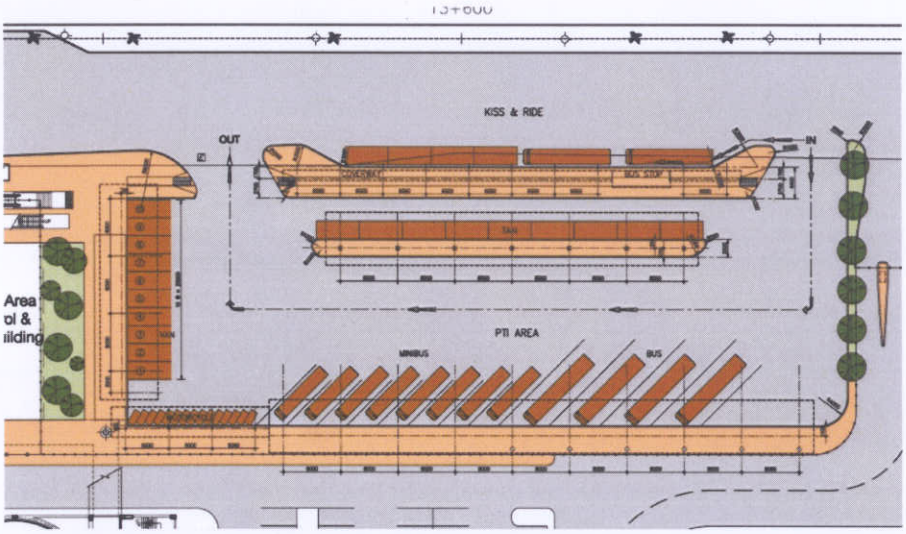
2) สถานี N24



ผัง PTI N24

ทัศนียภาพ PTI N24

3) สถานี N28



ผัง PTI N28

ทัศนียภาพ PTI N28

3.7 การออกแบบรายละเอียดการปรับปรุงถนนและทางแยก

3.7.1 การปรับปรุงถนน

ตามแนวเส้นทางบนถนนพหลโยธินและถนนลำลูกกา ได้มีการจัดการปรับปรุงถนนด้วยการ Overlay Asphaltic Concrete พร้อมทั้งการตีเส้นจราจร รวมทั้งการปรับขนาดเกาะกลางถนนและทางเท้าตลอดแนวโครงการ โดยที่รูปแบบทั่วไปมีช่องจราจรจำนวน 3 ช่องจราจร ในด้านขาเข้าและขาออกขนาดตั้งแต่ 3.00 เมตร ถึง 3.50 เมตร เกาะกลางถนนขนาด 4.00 เมตร และทางเท้าสาธารณะ รวมทั้งยังมีการขยายเขตทางเพิ่มเพื่อจัดพื้นที่เป็นจุดเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะที่บริเวณสถานี กม.25 (N23)

ส่วนการออกแบบรายละเอียดระบบระบายน้ำจากโครงสร้างทางวิ่ง ออกแบบให้มีการระบายน้ำโดยในช่วงเสา 2 ช่วง มีท่อระบายน้ำฝนลงมาที่บ่อพัก ซึ่งทำการก่อสร้างติดกับฐานรากของรถไฟฟ้าและระหว่างช่วงเสา โดยมีระยะห่างระหว่างแต่ละบ่อพักไม่เกิน 20.00 เมตร การระบายน้ำระหว่างบ่อพัก เป็นท่อ คสล. ขนาด ϕ 0.40 เมตร และระบายออกสู่ระบบระบายน้ำสาธารณะ โดยใช้ท่อ คสล. ขนาด ϕ 0.60 เมตร เชื่อมท่อผ่านบ่อพักรวมก่อนไหลไปยังบ่อพักสาธารณะซึ่งอยู่ใต้ทางเท้า โดยระบายออกเป็นช่วง ๆ ซึ่งมีการขุดถนนหรือใช้ระบบดันท่อลอด (Pipe Jacking) เพื่อวางท่อระบายน้ำในส่วนนี้ด้วย

การออกแบบเครื่องหมายป้ายจราจร ยังคงใช้เครื่องหมายป้ายจราจรเดิมในปัจจุบัน แต่จะมีป้ายบอกทิศทางเพิ่มเติมบนทางแยกหลัก ๆ คือ แยกหน้ากองพลธิการทหารอากาศ, แยกถนนจันทรุเบกษา รวมทั้งตลอดแนวเส้นทางจนถึงจุดสิ้นสุดโครงการ

3.7.2 การปรับปรุงสะพานข้ามคลองบางเขน

บริเวณสะพานข้ามคลองบางเขน ได้ดำเนินการขยายพื้นช่องทางจราจรเป็น 4 ช่องจราจรโดยเฉพาะในทิศทางขาออกนอกเมือง (Outbound) ซึ่งแต่ละช่องจราจรมีความกว้าง 3.00 เมตร เท่ากันทั้ง 4 ช่องจราจร และสำหรับในทิศทางขาเข้าเมือง (Inbound) บริเวณสะพานข้ามคลองบางเขน ถนนมีความกว้าง 3 ช่องจราจร โดยแต่ละช่องจราจรมีความกว้างเป็น 3.20 เมตร, 3.20 เมตร และ 3.35 เมตร ตามลำดับ ที่บริเวณเกาะกลางถนนของสะพานข้ามคลองบางเขน พื้นและคานของสะพานจะถูกเปิดออกตลอดแนว เพื่อให้โครงสร้างเสาและตอม่อของรถไฟฟ้าทะลุผ่านได้

สำหรับการออกแบบระบบระบายน้ำฝนในบริเวณสะพานข้ามคลองบางเขนนี้ จะมีการระบายน้ำโดยมีท่อระบายน้ำฝนลงมาตามเสาและต่อตรงเข้ากับคลองบางเขน ซึ่งจุดระบายน้ำฝนทั้ง 2 จุด เป็นตำแหน่งเสาที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ของคลองบางเขนด้วย

นอกจากการขยายพื้นช่องจราจรในฝั่งขาออกนอกเมืองแล้ว บริเวณสะพานข้ามคลองบางเขนยังมีงานที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

3.7.2.1 โครงสร้างเหล็กทางเดินเท้าใหม่ (New Steel Sidewalk)

เป็นโครงสร้างปูพื้นทางด้วย Checkered Plate มีความกว้าง 2.50 เมตร มีความยาว 170 เมตร ขนานและติดกับโครงสร้างสะพาน ค.ส.ล. เดิมในทิศทางขาออกนอกเมือง (Outbound) เพื่อชดเชยทางเท้าเดิมที่ถูกเปลี่ยนเป็นช่องจราจร โครงสร้างเหล็กทางเท้าใหม่นี้ ยังมีราวเหล็กกันตก (Steel Hand Rail) ซึ่งมีความสูง 1.00 เมตร ติดอยู่ตลอดแนวความยาวของโครงสร้างเหล็กทางเดินเท้าใหม่

3.7.2.2 โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดินเท้าใหม่ (New R.C. Sidewalk)

เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กระบบพื้น, คาน, เสา มีความกว้าง2.50 เมตร เชื่อมต่อกับโครงสร้างเหล็กทางเดินเท้าใหม่ทั้งสองด้าน คือ ทางด้านทิศเหนือและทางด้านทิศใต้ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดินเท้าใหม่ด้านทิศเหนือมีความยาว 19.00 เมตร และโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดินเท้าใหม่ด้านทิศใต้มีความยาว 8.00 เมตร โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดินเท้าใหม่ทั้งสองบริเวณมีราวกันตก (Steel Hand Rail) ซึ่งมีความสูง 1.00 เมตร ติดอยู่ตลอดแนว ความยาวของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดินเท้าใหม่

3.7.2.3 โครงสร้างพื้นถนน (Pavement Approach Slab)

อยู่ติดกับโครงสร้างสะพานทางด้านทิศเหนือในทิศทางขาออกนอกเมือง(Outbound) โดยจะต้องทำการรื้อทำลายพื้นทางเดินเท้าเดิม ซึ่งเป็นโครงสร้าง Slab on Ground แล้วทำการก่อสร้างแทนด้วยระบบ Slab on Beamโดยให้โครงสร้างคานถ่ายน้ำหนักลงเสาเข็มเจาะตามลำดับเพื่อรองรับทางวิ่งของรถยนต์ ความกว้างของ Pavement Approach Slab จะมีการ Varies โดยที่มีความกว้างมากที่สุด 2.70 เมตร และความยาวของ Pavement Approach Slab คือ 80.00 เมตร โดยประมาณ

3.7.2.4 พื้นทางเดินเท้าใหม่ (New Concrete Paving Block)

เป็นพื้นทางเดินเท้าใหม่ที่ปูพื้นด้วย Concrete Paving Block ขนาดความหนาแผ่น 6 ซม. อยู่ติดกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดินเท้าใหม่ (New RC. Sidewalk) ทางด้านทิศเหนือความยาวของ New Concrete Paving Block คือ 44.00 เมตร โดยประมาณ

3.7.2.5 โครงสร้างเหล็กบันไดใหม่ (New Steel Stair Platform)

เป็นโครงสร้างบันไดเหล็กใหม่ ซึ่งจะถูกก่อสร้างขึ้นมาเพื่อเชื่อมต่อระหว่างพื้นทางเท้าเดิมที่ระดับ +2.76 เชื่อต่อกับพื้นของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดินเท้าใหม่ (New RC. Sidewalk) ที่ระดับ + 4.23 มีจำนวนขั้นบันได 9 ขั้น และมี Landing ของบันได้มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โครงสร้างบันไดเหล็กใหม่นี้ยังมีราวกันตก (Steel Hand Rail) ซึ่งมีความสูง 1.00 เมตร ติดอยู่โดยรอบของโครงสร้างบันไดเหล็ก

3.7.3 การปรับปรุงทางแยก

3.7.3.1 การปรับปรุงทางแยก หน้ากองพลธิการทหารอากาศ

ขาออกนอกเมือง (Outbound)

บริเวณก่อนถึงสี่แยกหน้ากองพลธิการทหารอากาศในทิศทางขาออกนองเมือง (Outbound) ถนนมีความกว้าง 4 ช่องจราจรโดยช่องทางจราจรซ้ายสุดกหนดให้เลี้ยวซ้ายเท่านั้น มีความกว้างของช่องจราจร 3.00 เมตร และช่องจราจรขวาสุดบังคับให้เลี้ยวขวา มีความก้าวของช่องจาจร 3.30 เมตร

สำหรับสองช่องจราจรที่เหลือกำหนดให้เดินรถตรงไป โดยมีความกว้างของช่องจราจรเป็น 3.00 เมตรและ 3.30 เมตรตามลำดับ

เมื่อผ่านสี่แยกหน้ากองพลธิการทหารอากาศปแล้วในทิศทางขาออกนอกเมืองความกว้างของถนน ลดลงเหลือ 3 ช่องจราจร

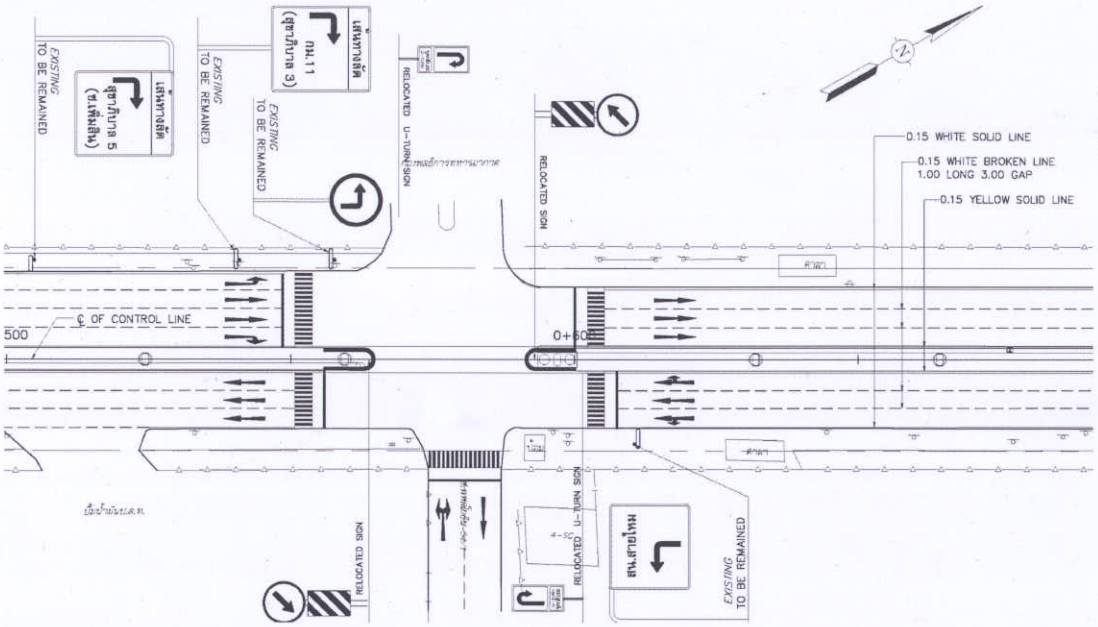
ขาเข้าเมือง (Inbound)

บริเวณก่อนถึงซอยพหลโยธิน 54/1 ในทิศทางขาเข้าเมือง (Inbound) ถนนมีความกว้าง 3 ช่องจราจร โดยช่องทางจราจรซ้ายสุดกำหนดให้เดินรถได้ 2 ทิศทาง คือ เลี้ยวซ้ายหรือตรงไป มีความกว้างของช่องจราจร 3.30 เมตร และช่องทางจราจรขวาสุดกำหนดให้เดินรถได้ 2 ทิศทางเช่นกัน คือ เลี้ยวขวาหรือตรงไป มีความกว้างของช่องจราจร 3.10 เมตร

สำหรับอีกหนึ่งช่องจราจรตรงกลางที่เหลือ กำหนดให้เดินรถตรงไป โดยมีความกว้างของช่องจราจรเป็น 3.10 เมตร

เมื่อผ่านซอยพลโยธิน 54/1 ไปแล้วในทิศทางขาเข้าเมือง ความกว้างของถนนยังคงเป็น 3 ช่องจราจร

ที่บริเวณเกาะกลางถนน สร้างจุดกลับรถใหม่ซึ่งเป็นโครงสร้างผนังคอนกรีตเสริมเหล็กโค้ง ล้อมรอบและเป็นกันชนให้กับเสาตอม่อโครงสร้างของรถไฟลอยฟ้า



รูปที่ 3.7.3-1 ผังการปรับปรุงทางแยกหน้ากองพลธิการทหารอากาศ

3.7.3.2 การปรับปรุงทางแยกถนนจันทรุเบกษา

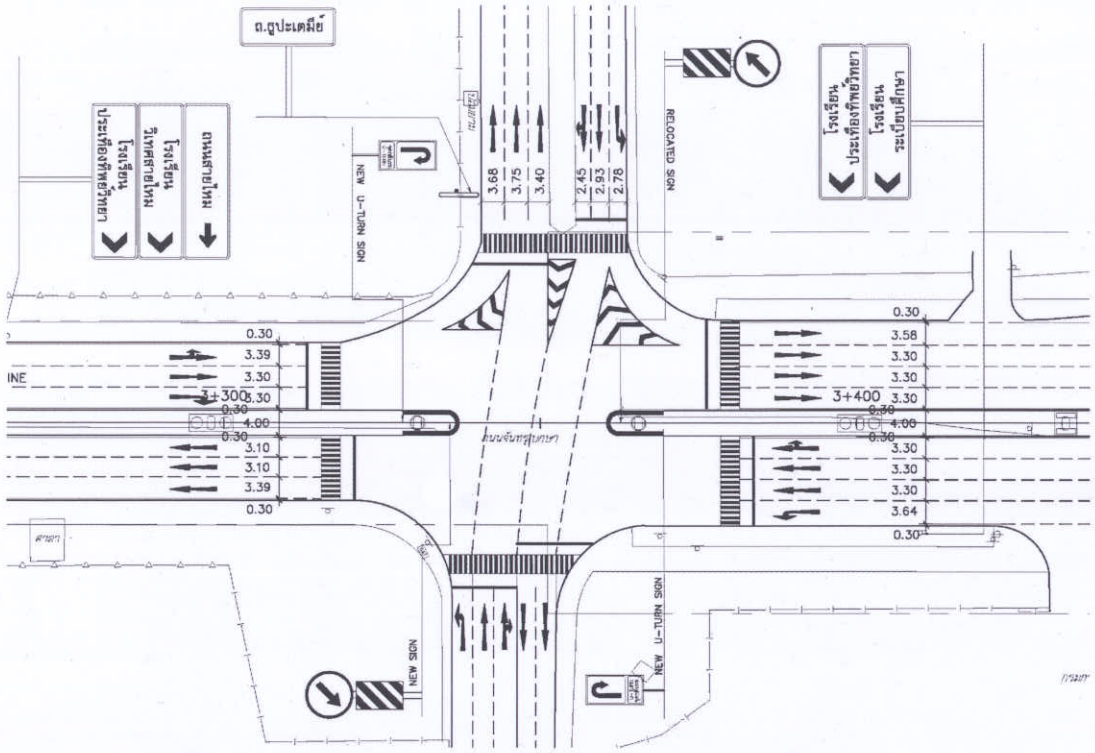
ขาออกนอกเมือง (Outbound)

บริเวณก่อนถึงถนนธูปะเตมีย์ในทิศทางขาออกนอกเมือง (Outbound) ถนนมีความกว้าง 3 ช่องจราจร โดยช่องทางจราจรซ้ายสุดกำหนดให้เดินรถได้ 2 ทิศทาง คือ เลี้ยวซ้ายหรือตรงไป มีความกว้างของช่องจราจร 3.40 เมตร และช่องทางจราจรขวาสุดบังคับให้เลี้ยวขวา มีความกว้างของช่องจราจร 3.30 เมตรสำหรับอีกหนึ่งช่องจราจรตรงกลางที่เหลือกำหนดให้เดินรถตรงไป โดยมีความก้วางของช่องจราจรเป็น 3.30 เมตร

เมื่อผ่านแยกถนนธูปเตมีย์ไปแล้วในทิศทางขาออกนอกเมืองความกว้างของถนนจะถูกขยายกลายเป็น 4 ช่องจราจร

ขาเข้าเมือง (Inbound)

บริเวณก่อนถึงสี่แยกถนนจันทรุเบกษาในทิศทางขาเข้าเมือง (Inbound) ถนนมีความกว้าง 4 ช่องจราจร โดยช่องทางจราจรซ้ายสุดบังคับเลี้ยวซ้ายเท่านั้น มีความกว้างของช่องจราจร 3.65 เมตร และช่องทางจราจรขวาสุดกำหนดให้เดินรถได้ 2 ทิศทาง คือ เลี้ยวขวาหรือตรงไป มีความกว้างของช่องจราจร 3.30 เมตร สำหรับอีกสองช่องจราจรตรงกลางที่เหลือ กำหนดบังคับให้เดินรถตรงไป โดยมีความกว้างของช่องจราจรเป็น 3.30 เมตร ทั้งสองช่องจราจร ที่บริเวณเกาะกลางถนน สร้างจุดกลับรถใหม่ซึ่งเป็นโครงสร้างผนังคอนกรีตเสริมเหล็กโค้งล้อมรอบ และเป็นกันชนให้กับเสาตอม่อโครงสร้างของรถไฟลอยฟ้า



รูปที่ 3.7.3-2 ผังการปรับปรุงทางแยกถนนจันทรุเบกษา

3.7.3.3 การปรับปรุงทางแยกบริเวณถนนวงแหวนรอบนอก

ขาออกนอกเมือง (Outbound)

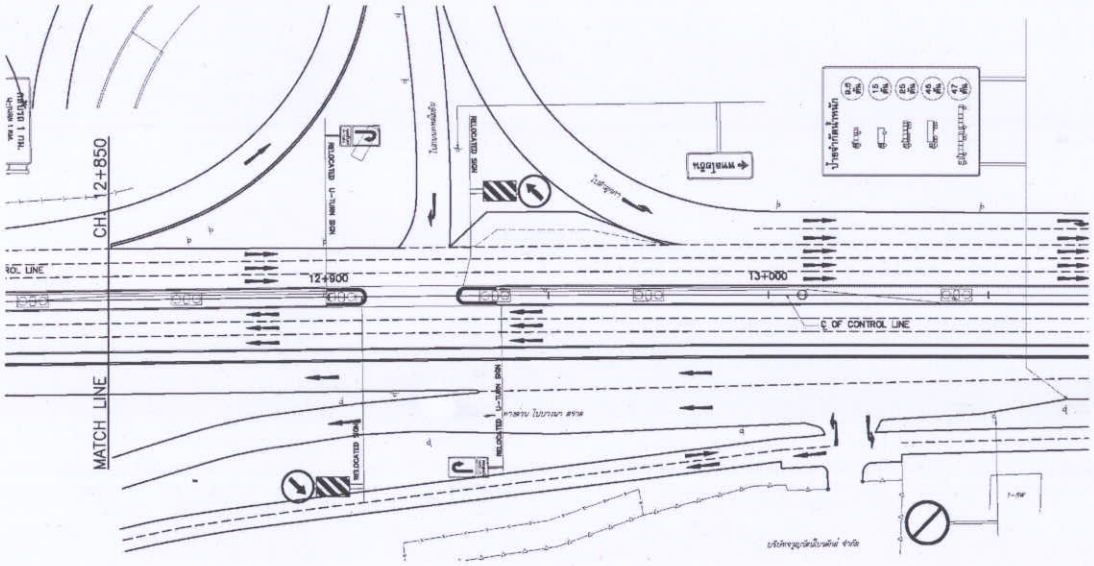
บริเวณถนนวงแหวนรอบนอกในทิศทางขาออกนอกเมือง (Outbound) ก่อนถึงคลองห้า ถนนมีความกว้างเป็น 4 ช่องจราจร โดยช่องทางจราจรซ้ายสุดกำหนดให้เดินรถได้ 2 ทิศทางคือ เลี้ยวซ้ายหรือตรงไป สำหรับอีก 3 ช่องทางจราจรที่เหลือบังคับให้ตรงไป

เมื่อผ่านทางแยกบริเวณถนนวงแหวนรอบนอก ในทิศทางขาออกนอกเมือง ถนนจะมีความกว้างเป็น 5 ช่องจราจร และลดลงเหลือ 4 ช่องจราจรบริเวณก่อนถึงห้างสรรพสินค้าบิ๊ก-ซี (Big - C) และจะลดลงเหลือ 3 ช่องจราจร บริเวณก่อนถึงสถานีรถไฟฟ้า N28

ขาเข้าเมือง (Inbound)

บริเวณก่อนถึงทางแยกถนนวงแหวนรอบนอกในทิศทางขาเข้าเมือง (Inbound) ถนนมีความกว้าง 5 ช่องจราจร โดย 2 ช่องจราจรซ้ายสุดบังคับให้ตรงไปขึ้นทางด่วนสายบางนา - ตราด ส่วนอีก 3 ช่องทางจราจรด้านขวาบังคับให้ตรงไป

เมื่อผ่านทางแยกบริเวณถนนวงแหวนรอบนอกในทิศทางขาเข้าเมืองความกว้างของถนนยังคงเป็น 3 ช่องจราจร จนถึงสถานีรถไฟฟ้า N27

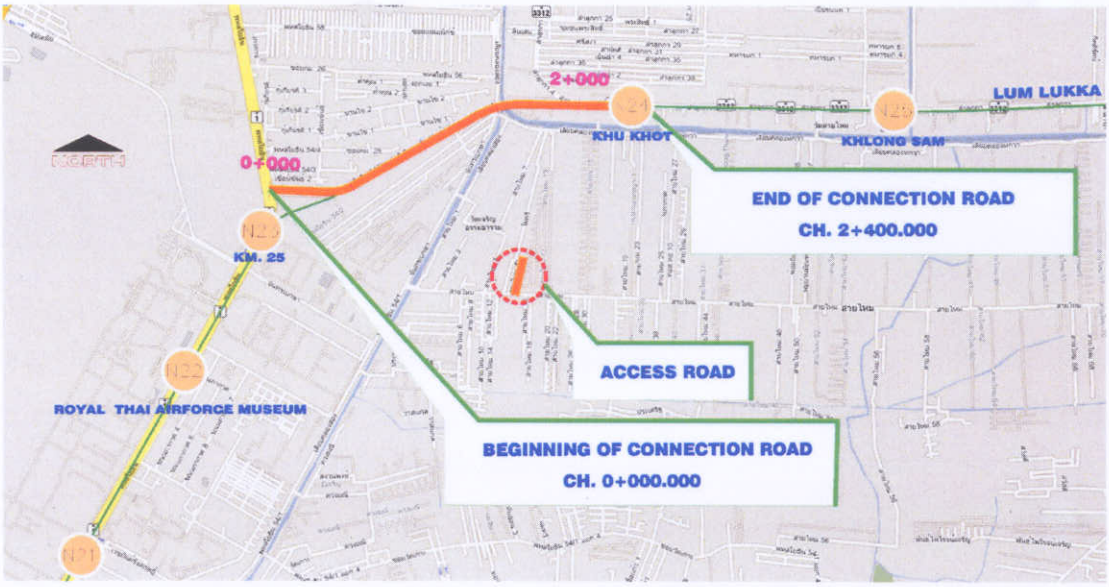


รูปที่ 3.7.3-3 ผังการปรับปรุงทางแยกบริเวณถนนวงแหวนรอบนอก

3.7.4 การออกแบบถนนสายใหม่

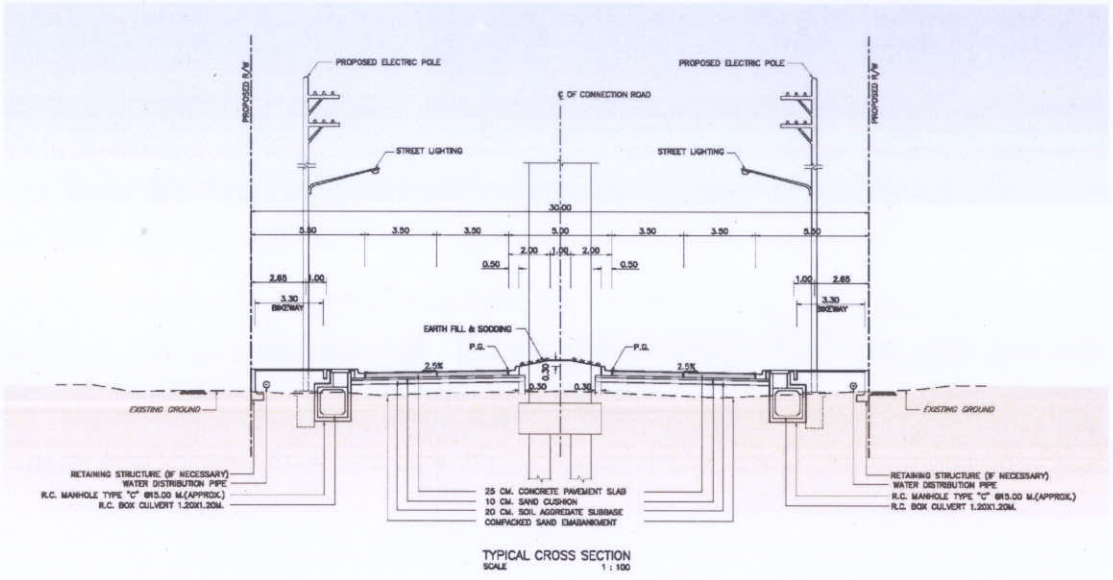
3.7.4.1 ถนนสายใหม่ต่อเชื่อมถนนพหลโยธินกับถนนลำลูกกา

ถนนสายใหม่ดังกล่าวเชื่อมเข้ากับถนนพหลโยธินใกล้บริเวณประตูกรุงเทพ และเชื่อมเข้ากับถนนลำลูกกาใกล้บริเวณสถานีตำรวจคูคต ตามรายละเอียดในแผนที่ รูปที่ 3.7.4-1



รูปที่ 3.7.4-1 แสดงแผนที่แนวเส้นถนนสายใหม่

ถนนสายใหม่ก่อสร้างเป็นถนนคอนกรีตขนาด 4 ช่องจราจร เกาะกลางแบบยกขึ้น (Raised median) กว้าง 5.0 เมตร ทางเท้ากว้าง 5.5 เมตร อยู่ใต้ทางยกระดับของรถไฟฟ้า โดยมีเขตทางกว้าง 30 เมตร แสดงดังรูปที่ 3.7.4-2



รูปที่ 3.7.4-2 รูปตัดถนนสายใหม่ขนาด 4 ช่องจราจร

รายละเอียดในการออกแบบถนนสายใหม่

(1) ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ (Design Speed) มาตรฐานทั่วไปเท่ากับ 80 กิโลเมตร/ชั่วโมงสำหรับถนนในเมือง

(2) ความสูงของช่องลอดน้อยที่สุด (Minimum Vertical Clearance) เท่ากับ 5.25 เมตร

(3) ความลาดชันสูงสุด (Maximum Gradient) ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

(4) อัตราการยกโค้งสูงสุด (Maximum Superelevation) ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์
อัตราการยกโค้งคำนวณได้จากสูตร

$$R = V2 /127 (e+f)$$

เมื่อ e = อัตราการยกโค้ง (เมตร/เมตร)
f = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
V = ความเร็วออกแบบ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
R = รัศมีโค้งราบ (เมตร)

โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Side Friction Factor) ขึ้นอยู่กับความเร็วแนะนำโดย AASHTO

(5) ค่า Crossfall ถนนทั่วไปใช้ค่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุด เพื่อประสิทธิภาพในการระบายน้ำ

(6) ระดับก่อสร้าง (Profile grade) ทั่วไปเท่ากับ 2.50 เมตร (ร.ท.ก.) โดยออกแบบให้มีค่าระดับสูงกว่าระดับน้ำสูงสุดในคลองสอง และมีค่าระดับใกล้เคียงกับถนนเดิม สะพานข้ามคลองสองจะยกระดับข้ามถนนท้องถิ่นเดิมและคลองสอง จากนั้นค่อยลดระดับลงเพื่อเชื่อมกับถนนลำลูกกา สำหรับทิศทางที่มุ่งหน้าไปวงแหวนรอบนอก(ถนนกาญจนาภิเษก)จะเป็นสะพานยกระดับข้ามถนนท้องถิ่นคลองสอง และถนนลำลูกกาฝั่งขาเข้ากรุงเทพฯ แล้วค่อยลดระดับเชื่อมถนนลำลูกกาฝั่งขาออกจากกรุงเทพฯ โดยมีความยาวสะพานประมาณ 720 เมตร

3.7.4.2 จุดต่อเชื่อมถนนสายใหม่กับถนนพหลโยธิน

สำหรับจุดต่อเชื่อมถนนสายใหม่กับถนนพหลโยธิน อยู่ใกล้กับตำแหน่งบริเวณที่เรียกว่า ประตูกรุงเทพ รูปแบบการเชื่อมต่อเป็นการต่อเชื่อมโดยอาศัยช่องจราจรเสริมทั้งทางด้านทิศทางเข้าและทิศทางออกจากถนนสายใหม่ โดยไม่มีการเปิดเกาะกลางถนนบนถนนพหลโยธิน ตามในรูปที่ 3.7.4-3 ยานพาหนะที่วิ่งในทิศทางเข้าออกถนนสายใหม่จะต้องใช้จุดกลับรถใกล้เคียงได้ 2 บริเวณทั้งแนวด้านเหนือและด้านใต้ของจุดต่อเชื่อมบนถนนพหลโยธินที่อยู่ห่างออกไป

รูปที่ 3.7.4-3 รูปแบบจุดต่อเชื่อมถนนสายใหม่กับถนนพหลโยธิน

ในการออกแบบรูปแบบจุดต่อเชื่อมระหว่างถนนสายใหม่และถนนพหลโยธินใช้รัศมีโค้งในการเลี้ยวเข้า-ออกถนนตัดใหม่ 30 เมตร โดยในทิศทางเข้าถนนสายใหม่มีช่องจราจรเสริมขนาด 3.5 เมตร 1 ช่องจราจร ระยะ 50 เมตรและมีระยะ Taper 70 เมตร ในส่วนของทิศทางออกจากถนนสายใหม่ มีช่องจราจรเสริมขนาด 3.5 เมตร 2 ช่องจราจร ระยะ 70 เมตรและมีระยะ Taper 155 เมตร สำหรับจุดกลับรถใช้รัศมี 6 เมตร ขนาดช่องจราจร 7 เมตร

3.7.4.3 ทางยกระดับเข้าอาคารจอดรถบริวณถนนพหลโยธิน (Phahonyothin Ramp)

ที่ปรึกษาได้พิจารณาออกแบบเป็น Directional Ramp เข้าอาคาร เพื่อรองรับผู้มาใช้บริการรถไฟฟ้าและอาคารจอดและจรที่มาจากถนนพหลโยธินฝั่งขาเข้าได้ โดยมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

1) รูปตัดทางยกระดับ เป็นสะพานขนาด 1 ช่องจราจร ที่มีความกว้าง 4.5 เมตร ไหล่ทางด้านขวากว้าง 0.5 เมตร ไหล่ทางด้านซ้ายกว้าง 1.0 เมตร เป็นความกว้างที่รถยนต์สามารถวิ่งผ่านกันได้ในกรณีที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น

2) ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ (Design Speed) บริเวณจุดแยกออกจากถนนพหลโยธินเท่ากับ 70 กิโลเมตร/ชั่วโมง เพื่อไม่ให้เกิดการชะลอของยานพาหนะซึ่งจะทำให้เกิดความล่าช้าสะสมบนถนนพหลโยธินได้ จากนั้นออกแบบโดยใช้ความเร็วเท่ากับ 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง และค่อยๆลดลงจนกระทั่งก่อนเข้าอาคารจอดรถ

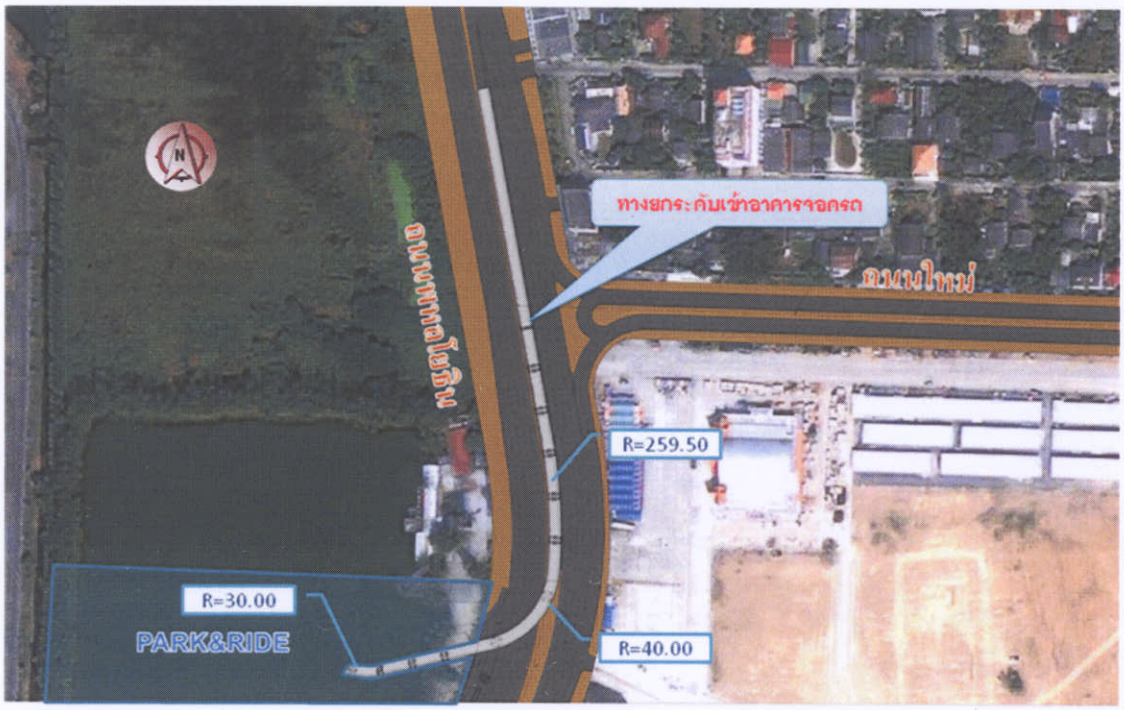
3) ความสูงของช่องลอดน้อยที่สุด (Minimum Vertical Clearance) เท่ากับ 5.25 เมตร

4) ความลาดชันสูงสุด (Maximum Gradient) ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

5) อัตราการยกโค้งสูงสุด (Maximum Superelevation) ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์

6) ค่า Crossfall บนสะพานโดยทั่วไปใช้ค่า 1.5 เปอร์เซ็นต์

7) ระดับก่อสร้าง (Profile grade) ออกแบบให้มีค่าระดับเริ่มต้นมีค่าใกล้เคียงกับถนนเดิม และยกระดับข้ามถนนพหลโยธินแล้วเข้าอาคารจอดรถที่ระดับ 9.90 เมตร (ร.ท.ก.)

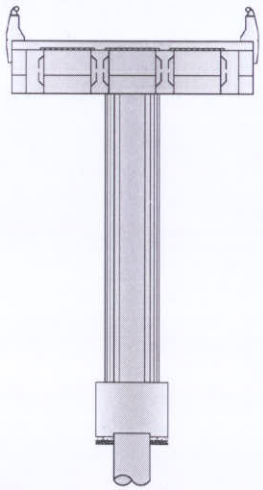


รูปที่ 3.7.4-4 ทางยกระดับเข้าอาคารจอดรถบริเวณถนนพหลโยธิน

รูปแบบ Directional Ramp เข้าอาคารที่จอดรถจากถนนพหลโยธินฝั่งขาเข้า จะเป็นการเพิ่มเลนบนเกาะกลางเดิม โดยมีระยะ Taper 120 เมตร ก่อนจะเข้าโค้งเลี้ยวขวาด้วยรัศมี 259.5 เมตร ล้อตามกับแนวถนนพหลโยธิน และเลี้ยวขวาต่อในลักษณะโค้งผสม ด้วยรัศมีโค้ง 40 เมตร ก่อนจะเลี้ยวขวาเข้าอาคารด้วยรัศมีโค้ง 30 เมตร ในส่วนของถนนพหลโยธินฝั่งขาเข้าเดิมต้องมีการเบี่ยงแนวเล็กน้อยเพื่อวางโครงสร้างสะพานของทางยกระดับเข้าอาคาร

รูปแบบโครงสร้าง

โครงสร้างส่วนบนเป็นโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปตัว I (Pre cast I - Girder) โครงสร้างส่วนล่างเป็นเสากลม เสาเข็มเป็นเข็มเจาะขนาด 1.00 เมตร



รูปที่ 3.7.4-5 รูปแบบโครงสร้างทางยกระดับเข้าอาคารจอดรถบริวณถนนพหลโยธิน

3.7.4.4 จุดต่อเชื่อมถนนสายใหม่กับถนนลำลูกกา

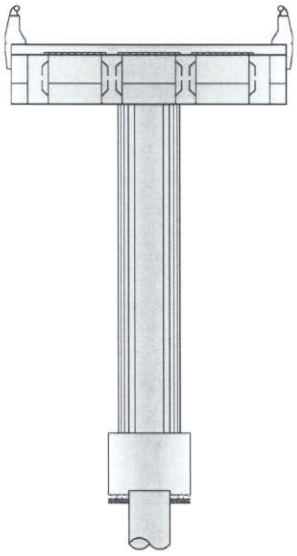
เป็นการก่อสร้างสะพานยกระดับ 1 ช่องจราจร สำหรับยานพาหนะที่เลี้ยวขวาออกจากถนนแนวใหม่ไปยังถนนลำลูกกาขาออกนอกเมือง โดยช่องจราจรบนสะพานขาขึ้นและขาลงอาศัยช่องจราจรด้านขวาสุด และสำหรับรถที่วิ่งออกจากถนนแนวใหม่เลี้ยวซ้ายเข้าถนนลำลูกกาจะมี 1 ช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้าย แสดงดังรูปที่ 3.7.4-6

รูปที่ 3.7.4-6 จุดต่อเชื่อมถนนสายใหม่กับถนนลำลูกกา

รูปแบบทางแยกมีลักษณะเป็นสามแยก ทางด้านซ้ายทางมีขนาด 1 ช่องจราจร มีความกว้าง 5.00 เมตร ไหล่ทางด้านขวากว้าง 0.50 เมตร และไหล่ทางด้านซ้ายกว้าง 2.00 เมตร เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนลำลูกกาด้วยรัศมีโค้ง 20 เมตร มีระยะ Taper 50 เมตร ส่วนด้านขวาทางมีขนาด 2 ช่องจราจร มีความกว้างช่องละ 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้างข้างละ 0.50 เมตร มีจุดกลับรถใต้สะพานข้ามทางแยก รัศมีโค้ง 7.825 เมตร ขนาดช่องกลับรถ 3.5 เมตร และเป็นเกาะสีอีก 3.5 เมตร สำหรับสะพานข้ามทางแยกจะมีลักษณะตรง ขนาด 1 ช่องจราจร มีความกว้าง 4.50 เมตร ไหล่ทางด้านขวากว้าง 0.50 เมตร ไหล่ทางด้านซ้ายกว้าง 2.00 เมตร ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ 70 กิโลเมตร/ชั่วโมง มีความยาวสะพาน 722.15 เมตร ทั้งจำเป็นต้องปรับปรุงแนวถนนลำลูกกาเดิมเพื่อให้โครงสร้างตอม่อรถไฟฟ้าสามารถวางลงบนเกาะกลางได้ โดยการปรับให้มีรัศมีโค้งด้านขวาทางเท่ากับ 110 เมตร และด้ายซ้ายทาง 150 เมตร

รูปแบบโครงสร้าง

โครงสร้างส่วนบนเป็นโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปตัว I (Pre cast I - Girder) โครงสร้างส่วนล่างเป็นเสากลม เสาเข็มเป็นเข็มเจาะขนาด 1.00 เมตร



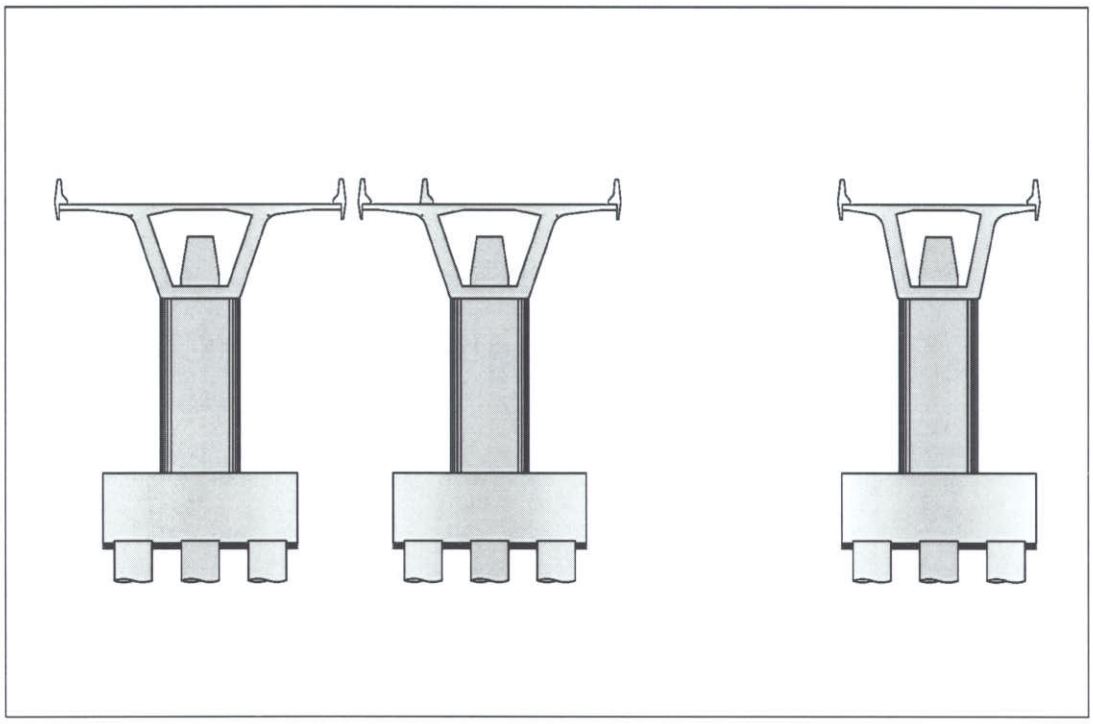
รูปที่ 3.7.4-7 รูปแบบโครงสร้างสะพานข้ามสามแยก บริเวณถนนลำลูกกา

3.7.4.5 สะพานข้ามคลองสอง

สะพานข้ามคลองสอง มีความยาวรวมของสะพาน 500 เมตร โดยแยกตัวสะพานเป็นสามตัวคู่ขนานกัน คือ สะพานฝั่งขาเข้า 1 สะพาน มีขนาด 2 ช่องจราจร ความกว้างช่องละ 3.50 เมตร ไหล่ทางข้างละ 0.50 เมตร สะพานมี ผิวจราจรรวม 8.00 เมตร โดยมีทางเท้ากว้าง 2.50 เมตร สะพานฝั่งขาออก 2 สะพาน โดยสะพานตัวแรกมีขนาด 1 ช่องจราจรความกว้าง 4.50 เมตร ไหล่ทางข้างซ้ายกว้าง 2.00 เมตร ไหล่ทางข้างขวากว้าง 0.50 เมตร มีผิวจราจรรวมกว้าง 7.00 เมตร มีทางเท้ากว้าง 2.50 เมตร สะพานตัวที่สองมีขนาด 1 ช่องจราจร ความกว้าง 4.50 เมตร ไหล่ทางข้างซ้ายกว้าง 2.00 เมตร ไหล่ทางข้างขวากว้าง 0.50 เมตร มีผิวจราจรรวมกว้าง 7.00 เมตร

รูปแบบโครงสร้าง

เพื่อเป็นการลดปัญหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมต่อคลองสองให้น้อยที่สุด สะพานข้ามคลองบริเวณนี้จึงต้องมีความยาวช่วง 60 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงการวางตอม่อของสะพานภายในลำคลอง รูปแบบโครงสร้างส่วนบนจึงเป็นแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องหล่อในที่ (Cast-In-Place Concrete Box Girder) ก่อสร้างโดยวิธี Balanced Cantilever โครงสร้างส่วนล่างเป็นเสากลม เสาเข็มเป็นเสาเข็มเจาะขนาด 1.50 เมตร ส่วนโครงสร้างสะพานช่วงถัดมาจากช่วงดังกล่าวจะเป็นโครงสร้างส่วนบนเป็นโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปตัว I (Pre cast I - Girder) โครงสร้างส่วนล่างเป็นเสากลม เสาเข็มเป็นเข็มเจาะขนาด 1.00 เมตร



รูปที่ 3.7.4-8 รูปแบบโครงสร้างสะพานข้ามคลองสอง

3.7.4.6 ทางยกระดับเข้าอาคารจอดรถบริเวณถนนลำลูกกา (Khu Khot Ramp)

ที่ปรึกษาได้พิจารณาออกแบบเป็นทางยกระดับรูปแบบ Trumpet เข้าอาคาร เพื่อรองรับผู้มาใช้บริการรถไฟฟ้าและอาคารจอดและจรที่มาจากถนนลำลูกกาได้ โดยมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

1) รูปตัดทางยกระดับ เป็นสะพานเข้าอาคารขนาด 1 ช่องจราจร และออกจากอาคารอีก 1 ช่องจราจร มีความกว้าง 4.5 เมตร ไหล่ทางด้านขวากว้าง 0.5 เมตร ไหล่ทางด้านซ้ายกว้าง 1.0 เมตร เป็นความกว้างที่รถยนต์สามารถวิ่งผ่านกันได้ในกรณีที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น

2) ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ (Design Speed) ใช้ความเร็วเท่ากับ 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง และค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งก่อนเข้าอาคารจอดรถ

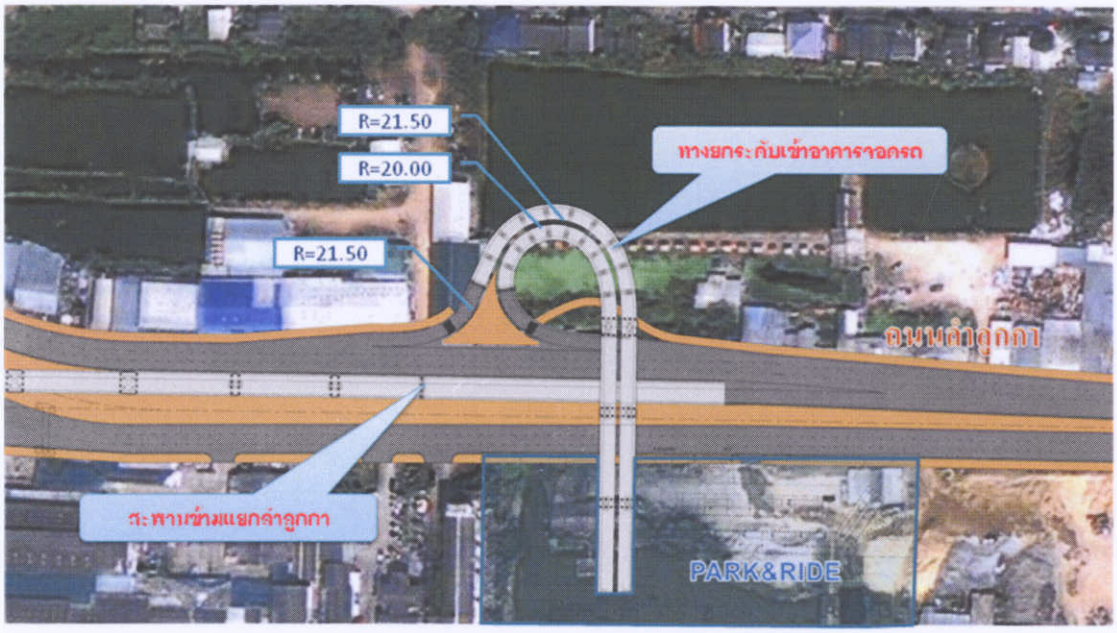
3) ความสูงของช่องลอดน้อยที่สุด (Minimum Vertical Clearance) เท่ากับ 5.25 เมตร

4) ความลาดชันสูงสุด (Maximum Gradient) ไม่เกิน 6.5 เปอร์เซ็นต์

5) อัตราการยกโค้งสูงสุด (Maximum Superelevation) ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์

6) ค่า Crossfall บนสะพานโดยทั่วไปใช้ค่า 1.5 เปอร์เซ็นต์

7) ระดับก่อสร้าง (Profile grade) ออกแบบให้มีค่าระดับเริ่มต้นมีค่าใกล้เคียงกับถนนเดิม และยกระดับข้ามถนนพหลโยธินแล้วเข้าอาคารจอดรถที่ระดับ 11.15 เมตร (ร.ท.ก.)

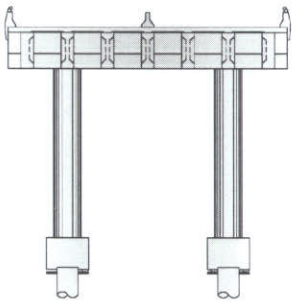


รูปที่ 3.7.4-9 ทางยกระดับเข้าอาคารจอดรถบริเวณคูคต

รูปแบบ Ramp จากถนนลำลูกกาเข้าอาคารจอดรถ มีระยะ Taper 50 เมตร ก่อนจะเข้าโค้งเลี้ยวซ้ายรัศมีโค้ง 21.50 เมตร และเลี้ยวขวาด้วยรัศมีเดียวกัน เพื่อเข้าอาคาร สำหรับทิศทางออกจากอาคารให้เลี้ยวซ้ายออกจากอาคารด้วยรัศมี 20 เมตร แล้วจึง Taper เข้าสู่ถนนลำลูกกาโดยมีระยะ Taper 50 เมตร

รูปแบบโครงสร้าง

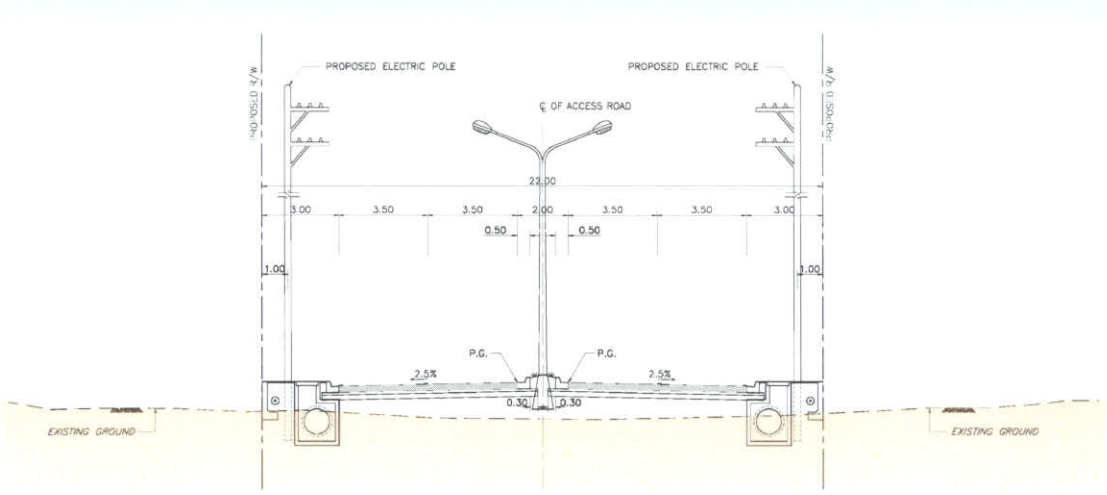
โครงสร้างส่วนบนเป็นโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปตัว I (Pre cast I - Girder) โครงสร้างส่วนล่างเป็นเสากลม เสาเข็มเป็นเข็มเจาะขนาด 1.00 เมตร



รูปที่ 3.7.4-10 รูปแบบโครงสร้างทางยกระดับเข้าอาคารจอดรถบริเวณถนนลำลูกกา

3.7.4.7 ถนนทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง

ถนนเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงแยกออกจากถนนสายไหมเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุง บริเวณซอยสายไหม 11 รูปแบบทางแยกเป็นสามแยก ไม่มีช่องจราจรเสริม โดยมีรัศมีโค้งสำหรับทิศทางเข้าและออกถนนทางเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุง 15 เมตร ตัวถนนมีระยะทางรวม 126.353 เมตร เขตทาง 22 เมตร เป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรละ 3.50 เมตร เกาะกลางเป็นแบบ Raised Median ขนาด 2 เมตร และมีทางเท้ากว้าง 3 เมตร แสดงดังรูปที่ 3.7.4-11



รูปที่ 3.7.4-11 ถนนทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง

3.7.4.8 การออกแบบป้ายเครื่องหมายจราจรและสัญญาณไฟจราจร

1) องค์ประกอบของเครื่องหมายจราจร

แบ่งออกเป็น 2 ประเภทที่สำคัญคือ ป้ายจราจร (Signs) และเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง (Markings) ดังนี้

(1) ป้ายจราจร (Signs)

ได้แก่ เครื่องหมายจราจรที่ทำให้ปรากฏอยู่บนแผ่นป้าย กล่อง ผนังหรือที่อื่นใด ทำด้วยแผ่นโลหะ ไม้ หรือวัสดุอื่น ทำหน้าที่ในการบังคับ ควบคุม เตือนและแนะนำ รวมทั้งให้ข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ทาง เพื่อที่จะสนับสนุนและส่งเสริมความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการคมนาคมและขนส่ง ป้ายจราจรจะต้องมีขนาดตัวอักษรและสัญลักษณ์ที่ใหญ่เพียงพอ ข้อความสั้นสามารถเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว และสามารถมองเห็นได้ชัดเจนทั้งในเวลากลางวันและกลางคือ แบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 3 ประเภท คือ

- ป้ายบังคับ (Regulatory Sign)
  ใช้เพื่อเป็นการบังคับให้ผู้ใช้ทางปฏิบัติตามความหมายที่ปรากฏอยู่ในป้ายนั้น โดยกำหนดให้ผู้ใช้ทางต้องกระทำ งดเว้นการกระทำ หรือจำกัดการกระทำในบางประการหรือบางลักษณะ

- ป้ายเตือน (Warning Sign)
  ใช้เพื่อเตือนให้ผู้ใช้ทางทราบล่วงหน้าถึง สภาพทางที่มีการเปลี่ยนแปลง หรืออาจเกิดอันตราย หรือมีการบังคับควบคุมการจราจรข้างหน้า ผู้ใช้ทางจะได้ระมัดระวัง ลดความเร็วลงหรือปฏิบัติการควบคุมรถให้ผ่านบริเวณนั้นได้อย่างปลอดภัย และทำให้การควบคุมการจราจรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

- ป้ายแนะนำ
  ใช้เพื่อแนะนำให้ผู้ใช้ทาง ทราบทิศทาง ของการเดินทางไปสู่จุดหมายปลายทาง หรือทราบถึงข่าวสารข้อมูลที่สำคัญในการเดินทาง รวมทั้งสถานที่และบริเวณต่างๆ ให้เดินทางไปสู่จุดหมายปลายทาง ได้อย่างถูกต้อง สะดวกและปลอดภัย เช่น ป้ายแนะนำทิศทางการเดินทางล่วงหน้า จุดหมายปลายทาง บอกสถานที่และระยะทาง เป็นต้น

(2) เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง (Markings)

เป็นเครื่องหมายจราจรที่ทำให้ปรากฏอยู่บนพื้นทาง ทางจราจร ไหล่ทาง ทางเท้า และบนอุปสรรคต่างๆ ในเขตทาง ด้วยวัสดุสีทาหรือพ่น วัสดุเทอร์โมพลาสติก แผ่นเทปสำเร็จรูป ปุ่มติดบนผิวจราจร และวัสดุฝังในผิวจราจร มีวัตถุประสงค์เพื่อการนำทาง และควบคุมการจราจรให้เกิดความสะดวก รวดเร็วและปลอดภัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน คือ ประเภทบังคับ และประเภทเตือน

แต่หากแบ่งประเภทเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามรูปแบบและลักษณะที่กำหนด สามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภท คือ

- เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามแนวทางเดินรถ (Longitudinal Pavement Markings)
- เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางขวางแนวทางเดินรถ (Transverse Pavement Markings)
- เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางอื่นๆ (Other Pavement Markings)
- เครื่องหมายจราจรบนสันขอบทาง (Curb Markings)
- เครื่องหมายจราจรแสดงตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง (Object Markings)
- เครื่องหมายปุ่มบนพื้นทางจราจร (Raised Pavement Markings)
- เครื่องหมายนำทาง (Delineators)

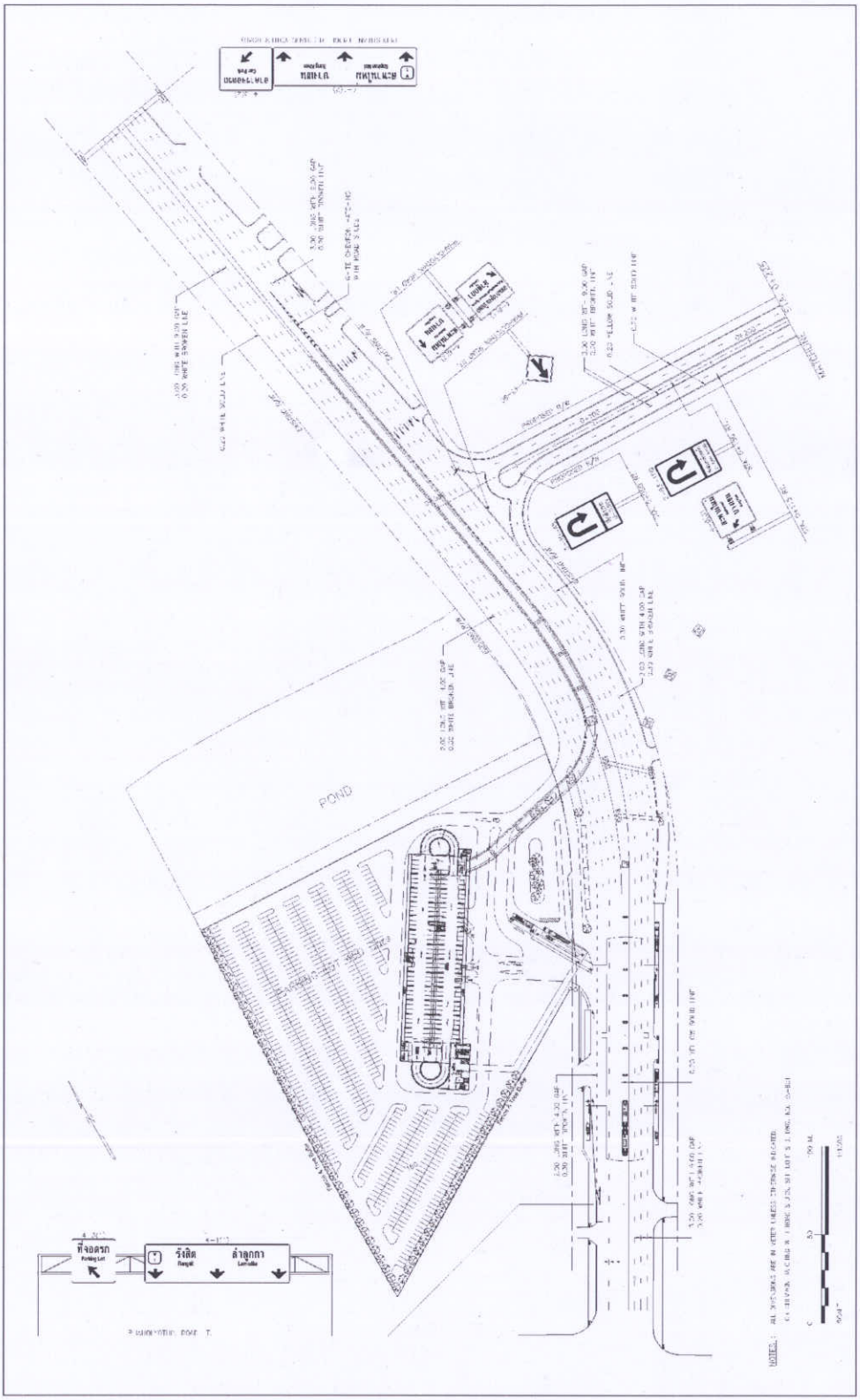
2) มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบเครื่องหมายจราจร

ที่ปรึกษาได้ใช้มาตรฐานความปลอดภัยการจราจรและขนส่ง มีนาคม 2547 เป็นหลักในการออกแบบ ซึ่งเป็นมาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก ในการปรับปรุงกำหนดเครื่องหมายจราจรเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ ซึ่งจัดทำและรวบรวมโดยสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม ตามโครงการมาตรฐานความปลอดภัยการจราจรและขนส่ง ประกอบกับมาตรฐานอื่นๆ ที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป เช่น คู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจร ภาค1 ฉบับปี พ.ศ.2531(ป้ายจราจร) สำหรับเป็นมาตรฐานในการติดตั้งป้ายจราจร และคู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจร ภาค2 ฉบับปี พ.ศ.2533 (เครื่องหมายจราจร) สำหรับเป็นมาตรฐานในการจัดทำเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง

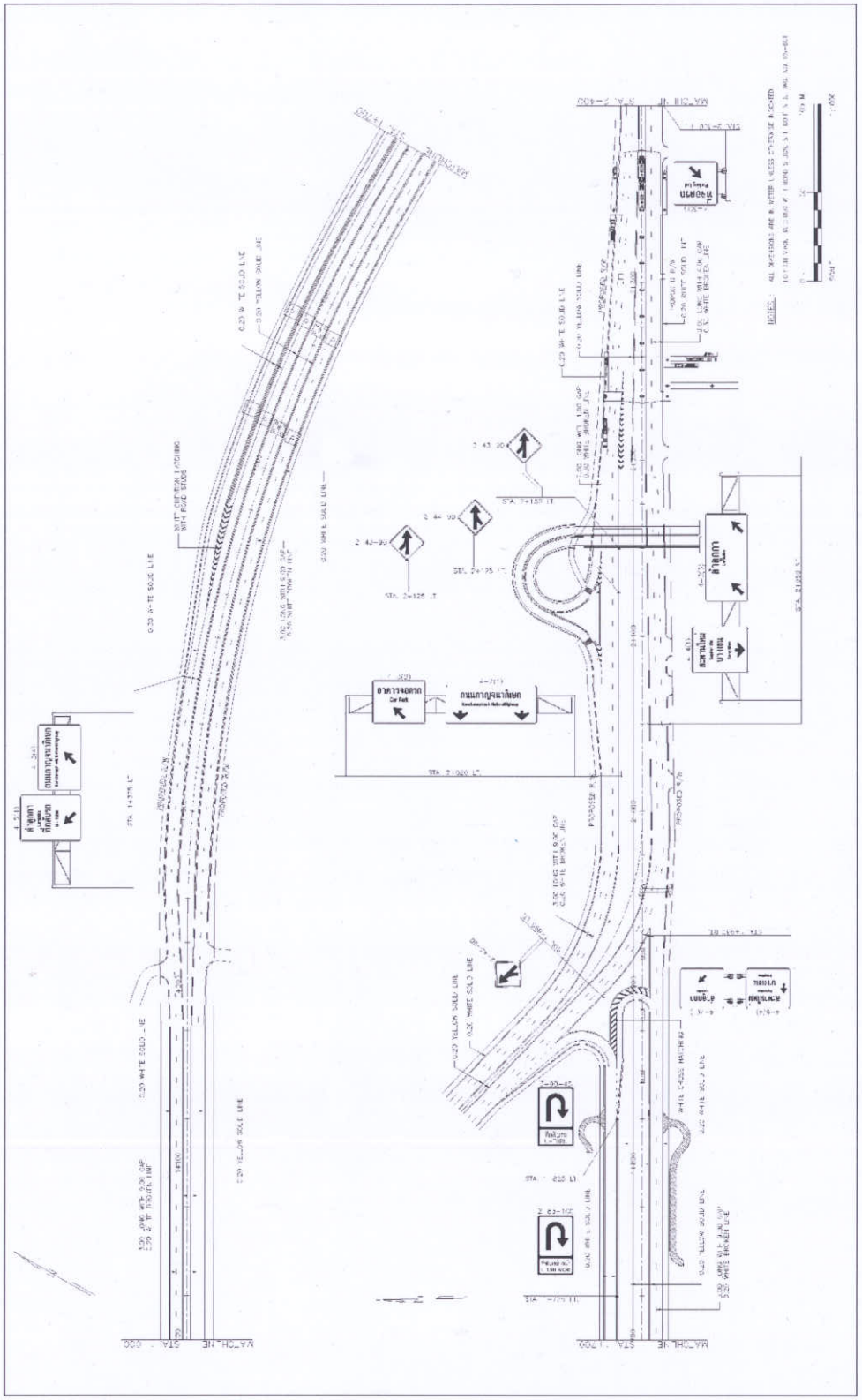
3) รายละเอียดการออกแบบป้ายจราจร และเครื่องหมายจราจร

ที่ปรึกษาได้พิจารณาติดตั้งป้ายจราจรและเครื่องหมายจราจร โดยมีจุดสำคัญ 3 จุด ได้แก่

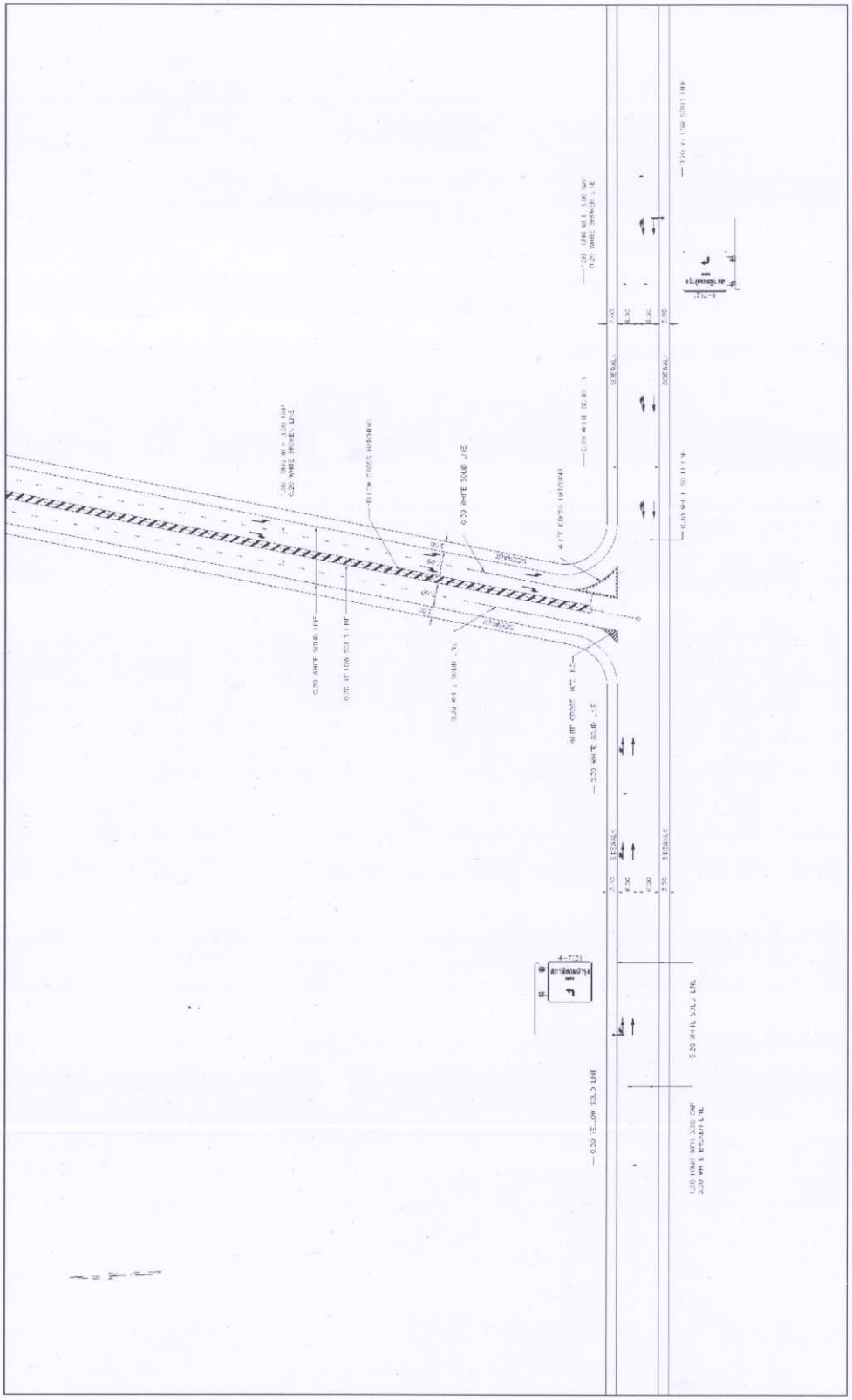
- บริเวณจุดตัดทางแยกถนนสายใหม่กับถนนพหลโยธิน แสดงดังรูปที่ 3.7.4-12
- บริเวณสะพานข้ามคลองสองและจุดตัดทางแยกถนนสายใหม่กับถนนลำลูกกา แสดงดังรูปที่ 3.7.4-13
- บริเวณทางแยกถนนเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงกับถนนสายไหม แสดงดังรูปที่ 3.7.4-14



รูปที่ 3.7.4-12 บริเวณจุดตัดทางแยกถนนสายใหม่กับถนนพหลโยธิน



รูปที่ 3.7.4-13 บริเวณสะพานข้ามคลองสองและจุดตัดทางแยกถนนสายใหม่กับถนนลำลูกกา



รูปที่ 3.7.4-14 บริเวณทางแยกถนนเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงกับถนนสายไหม

3.7.4.9 การออกแบบโครงสร้างชั้นทางคอนกรีตโดยวิธี PCA METHOD

1) การวิเคราะห์ปริมาณจราจร

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรดังแสดงในรูปที่ 3.8.4-15 ซึ่งพบว่าประกอบไปด้วยรถบรรทุกหลายชนิด ซึ่งรถบรรทุกแต่ละชนิดมีผลทำให้เกิด ความเสียหายแก่โครงสร้างในปริมาณที่ต่างกันจำนวนรถบรรทุกแต่ละชนิดต้องแปลงไปเป็น Equivalent Standard Axel Load (ESAL) ซึ่งเป็นจำนวนเที่ยวของน้ำหนักมาตรฐานตามกฎหมาย ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$ESAL = ADT_0 \times T \times Tf \times 365 \times Gy \times D \times L$$

โดยที่

ADT0	=	Average daily traffic
T	=	Percent truck or percent commercial
Tf	=	Truck factor
	=	$\frac{18kips\ ESAL\ for\ all\ trucks\ weighed}{Number\ of\ trucks\ weighed}$
D	=	Directional distribution factor
L	=	Lane distribution factor
GY	=	Total growth factor
	=	$\frac{(1+r)^n - 1}{r}$
r	=	Annual growth rate
n	=	Design period

โดยผลการคำนวณ แสดงในรูปที่ 3.7.4-15

RIGID PAVEMENT DESIGN
(Traffic Analysis)

Traffic Data of The Opening of Project (Year 2015)

Vehicle classes	% Vehicle	Number of vehicle	Load Equivalency Factor	ESAL for all trucks weighed	Remark
PC	46.50	9,858	0.00	10	
TC	0.00	-	0.76	-	
LB	6.90	1,463	1.23	1,799	
MB+HB	3.40	721	1.78	1,283	
MC	20.40	4,325	0.00	4	
LT	20.10	4,261	0.00	4	
MT	1.60	339	1.44	488	
HT	1.10	233	1.75	408	
Total	100	21,200.00		3,997	

Calculation

1. Truck Factor Calculation

18-kips Esal for all Trucks weighed	=	3,997	ESAL
Number of trucks weighed , (MB+HB+MT+HT)	=	1,293	VPD
Truck Factor, (Tf) $= \frac{18\ kips\ \ ESAL\ \ for\ \ all\ \ trucks\ \ weighed}{Number\ \ of\ \ trucks\ \ weighed}$	=	3.09	

2. Traffic Analysis

Initial dialy traffic, (ADT_0)	=	21,200	VPD
Percent Truck, (T) ,(%MB+%HB+%MT+%HT)	=	6.10	%
Percentage of total Truck Traffic in desigh, (L)	=	0.45	%
Lane Distribution Factor, (D)	=	0.80	
Design period, (n)	=	20	Years
Annual growth rate, (r)	=	5	%
Total Growth Factor, (GY) $= \frac{(1+r)^n - 1}{r}$	=	33.07	
ESAL $= ADT_0 \times T \times Tf \times 365 \times Gy \times D \times L$	=	173,676	VPY

Remarks :

รูปที่ 3.7.4-15 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการจราจร และผลการคำนวณค่า ESAL

2) การวิเคราะห์ความหนาของโครงสร้างชั้นทางด้วยวิธี PCA METHOD

การวิเคราะห์ความหนาของโครงสร้างชั้นทางแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2

1. ตรวจสอบค่าการรับกำลังของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างชั้นทาง
2. สมมติขนาดของแผ่นพื้นคอนกรีต
3. ตรวจสอบ Fatigue
4. ตรวจสอบ Erosion

CBR of Subgrade

การตรวจสอบค่า CBR ของชั้น Subgrade สามารถหาได้โดยการเก็บตัวอย่างดินที่อยู่ในโครงมาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ

Modulus of rupture of concrete

ค่า Modulus of rupture of concrete หาได้จากสมการ

$$S_C' = 10\sqrt{fc'}$$

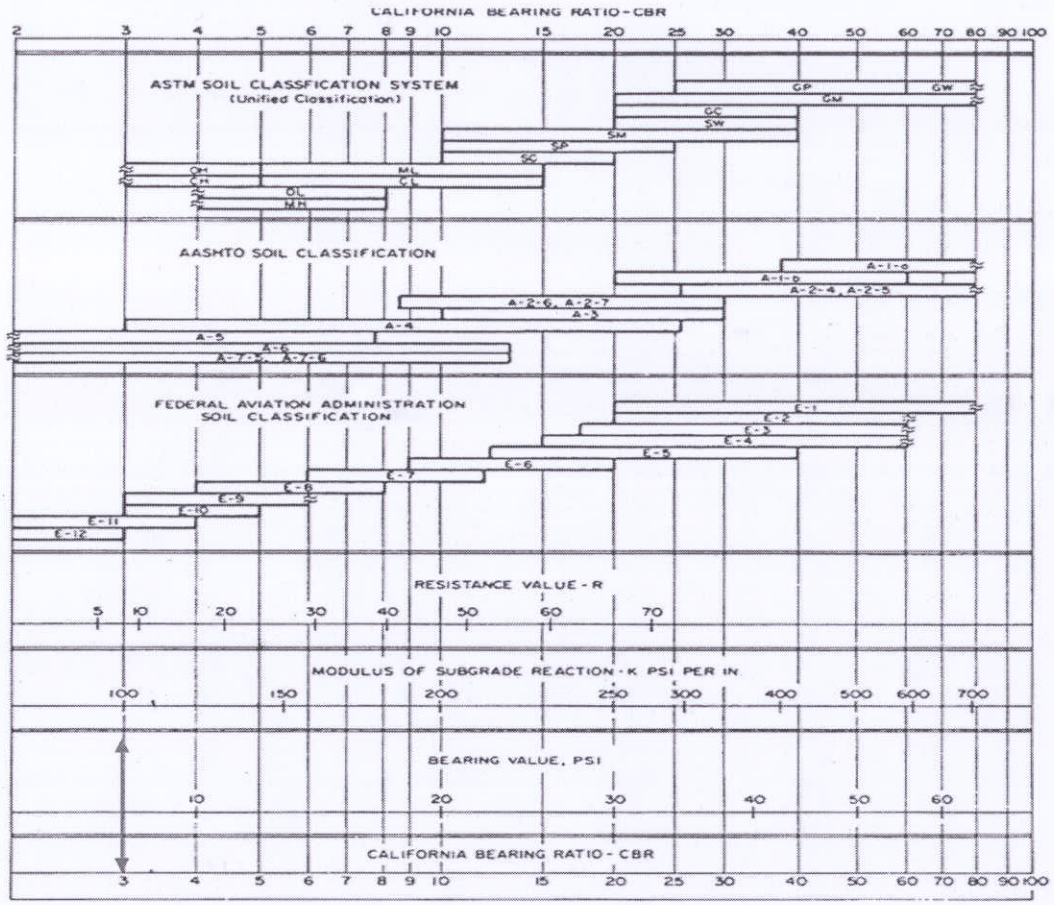
โดยที่ Fc' = Compressive Strength of Concrete

RIGID PAVEMENT DESIGN
(Thickness Analysis, PCA Method)

1. In Put				Remark
CBR of subgrade	=	3	%	
Modulus of subgrade reaction	=	100	pci	**(Figure 3.)**
Use subbase Thickness	=	8	in.	
Subbase k values	=	520	pci	**(Table 1.)**
Compressive Strength(fc')	=	4976	psi	
Modulus of rupture of concrete, S_c'	=	705	psi	$S_C' = 10\sqrt{fc'}$
2. Assume Slab Thickness				
Assume Slab Thickness	=	9	in.	
Equivalent stress	=	168		**(Table 2.)**
Stress ratio	=	0.238		
Erosion factor	=	2.60		**(Table 3.)**
Single Axle Load,kips	=	18	kips	
Mulitiplied by LSF, (1.2)	=	21.6	kips	
3.Fatigue Analysis				
Allowable repetitions	=	Unlimited		**(Figure 4.)**
Fatigue percent	=	0.000	%	<100% **OK**
4.Erosion Analysis				
Allowable repetitions	=	60,000,000		**(Figure 5.)**
Damage percent	=	0.002	%	<100% **OK**

รูปที่ 3.7.4-16 ขั้นตอนการวิเคราห์ความหนาของโครงสร้างชั้นทางคอนกรีตโดยวิธี PCA METHOD

RIGID PAVEMENT DESIGN
(Thickness Analysis, PCA Method)



รูปที่ 3.7.4-17 Approximate relationship between k values and other soil properties (Figure 3)

Table1. Effect of Untreated Subbase on k Values

Subgrade *k* value (pci)	Subbase *k* values (pci)			
	4 in.	6 in.	8 in.	10 in.
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	-

Source: After PCA (1984)

RIGID PAVEMENT DESIGN
(Thickness Analysis, PCA Method)

Table2. EQUIVALENT STRESS FOR SLAB WITHOUT CONCRETE SHOULDERS

Slab thickness (in.)	*k* of Subgrade–subbase (pci)						
	50	100	150	200	300	500	700
4	825/679	726/585	671/542	634/516	584/486	523/457	484/443
4.5	699/586	616/500	571/460	540/435	498/406	448/378	417/363
5	602/516	531/436	493/399	467/376	432/349	390/321	363/307
5.5	526/461	464/387	431/353	409/331	379/305	343/278	320/264
6	465/416	411/348	382/316	362/296	336/271	304/246	285/232
6.5	417/380	367/317	341/286	324/267	300/244	273/220	256/207
7	375/349	331/290	307/262	292/244	271/222	246/199	231/186
7.5	340/323	300/268	279/241	265/224	246/203	224/181	210/169
8	311/300	274/249	255/223	242/208	225/188	205/167	192/155
8.5	285/281	252/232	234/208	222/193	206/174	188/154	177/143
9	264/264	232/218	216/195	205/181	190/163	174/144	163/133
9.5	245/248	215/205	200/183	190/170	176/153	161/134	151/124
10	228/235	200/193	186/173	177/160	164/144	150/126	141/117
10.5	213/222	187/183	174/164	165/151	153/136	140/119	132/110
11	200/211	175/174	163/155	154/143	144/129	131/113	123/104
11.5	188/201	165/165	153/148	145/136	135/122	123/107	116/98
12	177/192	155/158	144/141	137/130	127/116	116/102	109/93
12.5	168/183	147/151	136/135	129/124	120/111	109/97	103/89
13	159/176	139/144	129/129	122/119	113/106	103/93	97/85
13.5	152/168	132/138	122/123	116/114	107/102	98/89	92/81
14	144/162	125/133	116/118	110/109	102/98	93/85	88/78

Note. Number at left is for single axle and number at right is for tandem axle (single/tandem); 1 in. = 25.4 mm, 1 pci = 271.3 kN/m³.

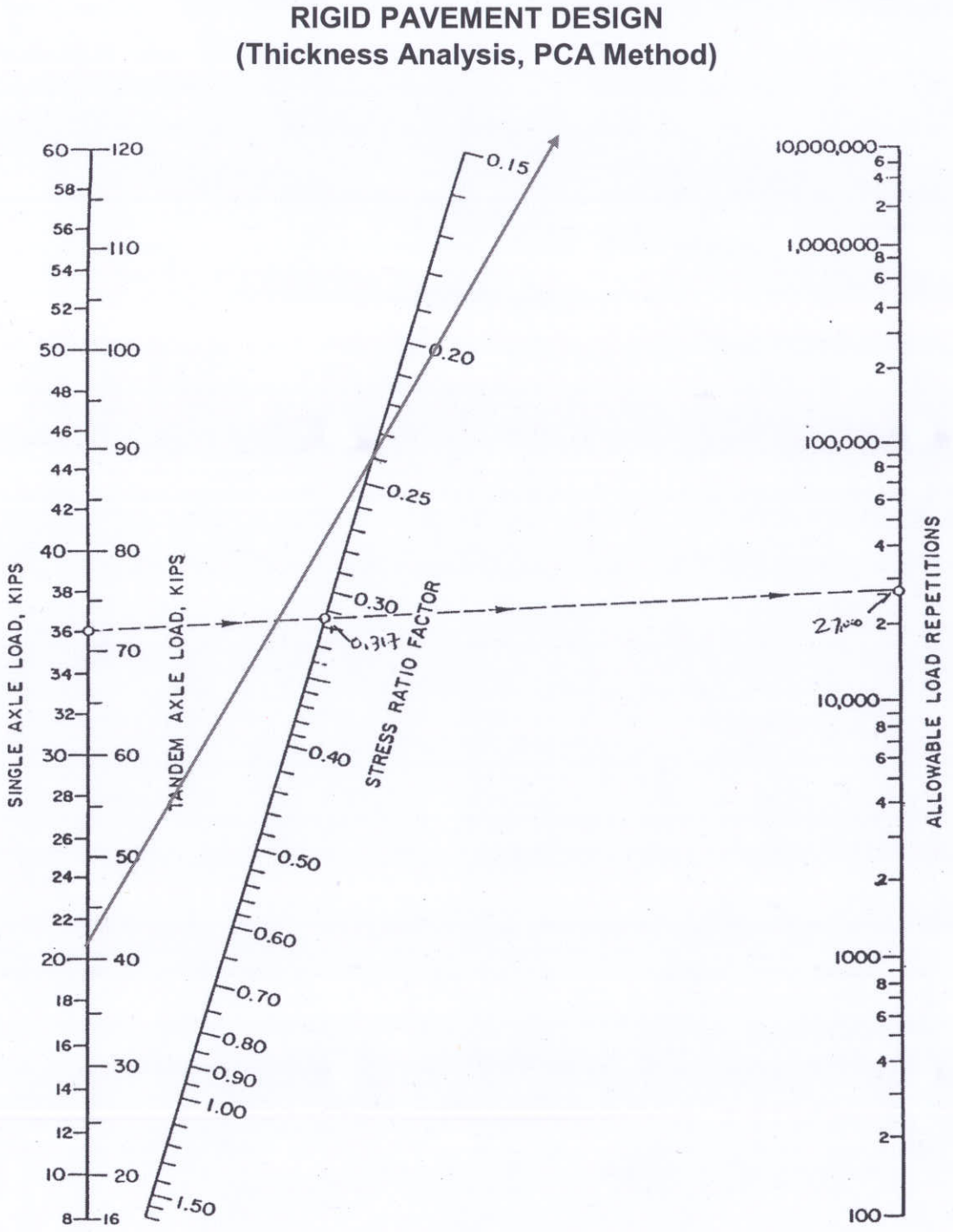
Source. After PCA (1984).

Table3. EROSION FACTORS FOR SLABS WITH DOWELED JOINT AND NO CONCRETE SHOULDERS

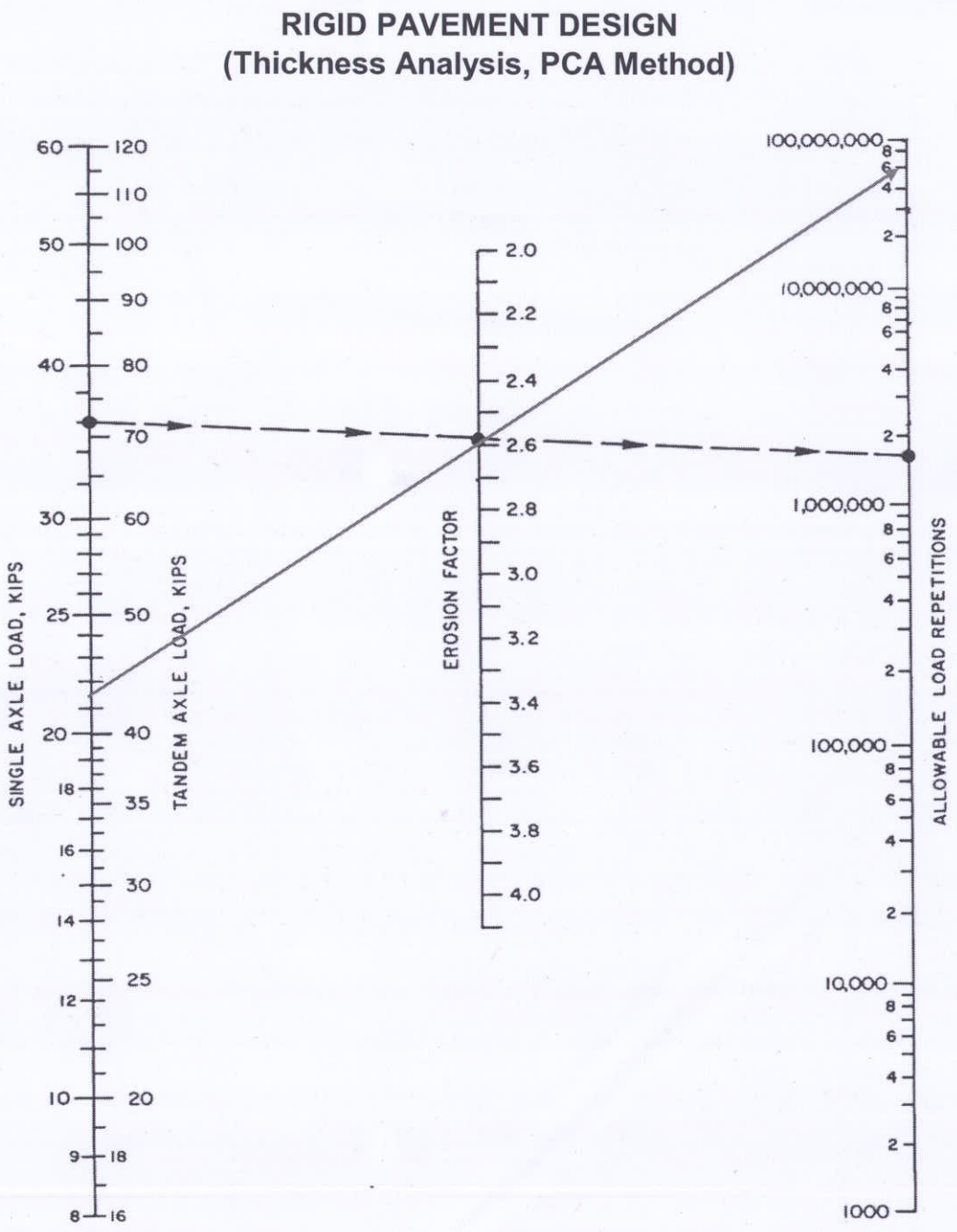
Slab thickness (in.)	*k* of Subgrade–subbase (pci)					
	50	100	200	300	500	700
4	3.74/3.83	3.73/3.79	3.72/3.75	3.71/3.73	3.70/3.70	3.68/3.67
4.5	3.59/3.70	3.57/3.65	3.56/3.61	3.55/3.58	3.54/3.55	3.52/3.53
5	3.45/3.58	3.43/3.52	3.42/3.48	3.41/3.45	3.40/3.42	3.38/3.40
5.5	3.33/3.47	3.31/3.41	3.29/3.36	3.28/3.33	3.27/3.30	3.26/3.28
6	3.22/3.38	3.19/3.31	3.18/3.26	3.17/3.23	3.15/3.20	3.14/3.17
6.5	3.11/3.29	3.09/3.22	3.07/3.16	3.06/3.13	3.05/3.10	3.03/3.07
7	3.02/3.21	2.99/3.14	2.97/3.08	2.96/3.05	2.95/3.01	2.94/2.98
7.5	2.93/3.14	2.91/3.06	2.88/3.00	2.87/2.97	2.86/2.93	2.84/2.90
8	2.85/3.07	2.82/2.99	2.80/2.93	2.79/2.89	2.77/2.85	2.76/2.82
8.5	2.77/3.01	2.74/2.93	2.72/2.86	2.71/2.82	2.69/2.78	2.68/2.75
9	2.70/2.96	2.67/2.87	2.65/2.80	2.63/2.76	2.62/2.71	2.61/2.68
9.5	2.63/2.90	2.60/2.81	2.58/2.74	2.56/2.70	2.55/2.65	2.54/2.62
10	2.56/2.85	2.54/2.76	2.51/2.68	2.50/2.64	2.48/2.59	2.47/2.56
10.5	2.50/2.81	2.47/2.71	2.45/2.63	2.44/2.59	2.42/2.54	2.41/2.51
11	2.44/2.76	2.42/2.67	2.39/2.58	2.38/2.54	2.36/2.49	2.35/2.45
11.5	2.38/2.72	2.36/2.62	2.33/2.54	2.32/2.49	2.30/2.44	2.29/2.40
12	2.33/2.68	2.30/2.58	2.28/2.49	2.26/2.44	2.25/2.39	2.23/2.36
12.5	2.28/2.64	2.25/2.54	2.23/2.45	2.21/2.40	2.19/2.35	2.18/2.31
13	2.23/2.61	2.20/2.50	2.18/2.41	2.16/2.36	2.14/2.30	2.13/2.27
13.5	2.18/2.57	2.15/2.47	2.13/2.37	2.11/2.32	2.09/2.26	2.08/2.23
14	2.13/2.54	2.11/2.43	2.08/2.34	2.07/2.29	2.05/2.23	2.03/2.19

Note. Number at left is for single axle and number at right is for tandem axle (single/tandem); 1 in. = 25.4 mm, 1 pci = 271.3 kN/m³.

Source. After PCA (1984).



รูปที่ 3.7.4 -18 Stress ratio factor versus allowable load repetition both with and without concrete shoulders (Figure 4)



รูปที่ 3.7.4 -19 Erosion factor versus allowable load receptions without concrete shoulders

(Figure 5)

3.7.4.10 การออกแบบระบบระบายน้ำ

1) เกณฑ์การออกแบบ

เกณฑ์การออกแบบทางด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ มีดังนี้

ก) อัตราการไหลออกแบบ

อัตราการไหลออกแบบ เป็นค่าอัตราการไหลสูงสุดที่เกิดจากปริมาณฝนสูงสุดที่คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ ซึ่งจำแนกตามขนาดพื้นที่ระบายน้ำ และประเภทของอาคารระบายน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 3.7.4-1

คาบการเกิดซ้ำ	ขนาดพื้นที่ระบายน้ำ	ประเภทอาคาร
5 ปี	ไม่เกิน 25 ตร.กม.	ท่อระบายน้ำริมทาง ทางยกระดับ
10 ปี	ไม่เกิน 25 ตร.กม.	ท่อลอดกลม คสล.
25 ปี	ไม่เกิน 100 ตร.กม.	ท่อลอดเหลี่ยม คสล. หรือสะพานสำหรับคลองสายรอง
50 ปี	ไม่จำกัด	สะพานสำหรับคลองสายหลัก

ตารางที่ 3.7.4-1 เกณฑ์การคำนวณอัตราการไหลออกแบบ

ข) ความเร็วการไหล

ท่อและอาคารระบายน้ำ คสล.	0.6 ม. - 2.50 ม./วินาที
คลองธรรมชาติไม่ดาดผิวคลอง	ไม่เกิน 1.20 ม./วินาที
คลองธรรมชาติมีการออกแบบการป้องกันการกัดเซาะ	1.20 ม. - 2.50 ม./วินาที

ค) ระดับน้ำท่วมขังออกแบบ

ระดับน้ำท่วมขังสำหรับประกอบการพิจารณากำหนดความสูงของถนนกำหนดจากระดับน้ำท่วมขังที่เกิดจากปริมาณฝนสูงสุด คาบการเกิดซ้ำ 25 ปี

ง) ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (n)

ท่อและอาคารระบายน้ำ คสล.	n = 0.015

2) สภาพทางอุทกวิทยา

การศึกษาด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ออกแบบระบบระบายน้ำของโครงการรถไฟฟ้าสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 มีการรวบรวม-สำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลดังรายละเอียดต่อไปนี้

โครงการรถไฟฟ้าสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 ครอบคลุมพื้นที่ 2 จังหวัด คือ พื้นที่ จ.ปทุมธานี ในเขต อ.ลำลูกกา อยู่ในความดูแลของหน่วยงานทางด้านน้ำ คือ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษารังสิตใต้ และ พื้นที่เขตสายไหม จ.กรุงเทพมหานคร ซึ่งอยู่ในความดูแลของหน่วยงานน้ำ คือ สำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ราบ พื้นที่โครงการอยู่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา แนวถนนของโครงการตัดผ่าน คลองชลประทานที่ 2

ก) การระบายน้ำปัจจุบัน

พื้นที่โครงการอยู่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีคลองชลประทานที่ 2 ตัดผ่าน ที่ กม.1+550.000 การระบายน้ำในช่วงนี้จะระบายน้ำลงคลองชลประทานที่ 2

ข) ปริมาณฝน

จากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำฝนของจังหวัดปทุมธานี โดยใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยาบริเวณพื้นที่โครงการทั้งหมด 7 สถานี ปริมาณน้ำฝนจะอยู่ในช่วง 600-1500 มิลลิเมตร ปริมาณฝนเฉลี่ยอยู่ที่ 967.10 มิลลิเมตร ดังแสดงในตารางที่ 3.7.4-2

รหัสสถานี	สถานี	ปริมาณฝนรายเดือน (มม.)												ปริมาณฝนรายปี (มม.)
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
419001	สกษ.ปทุมธานี	9.02	1.51	21.45	45.97	105.32	82.67	75.75	111.37	167.68	125.24	16.63	0.00	762.58
419002	อ.สามโคก	13.10	8.61	19.27	40.37	100.56	70.40	75.39	94.02	151.89	113.19	11.22	0.53	698.52
419003	อ.คลองหลวง	1.16	20.20	28.51	71.61	154.64	111.78	130.42	137.58	248.34	137.49	18.17	1.44	1061.31
419005	อ.ธัญบุรี	0.60	2.89	18.89	35.90	88.47	88.20	62.86	100.46	147.24	59.99	5.94	0.04	611.45
419008	ศ.วิจัยข้าว ค.6	4.84	16.26	49.97	65.71	173.59	156.51	146.86	182.98	296.30	151.63	21.15	3.85	1269.62
419009	ส.พัฒนาที่ดิน ค.7	1.49	4.54	32.37	35.62	116.07	111.89	102.83	125.55	183.36	91.11	9.86	8.41	823.06
455211	ศูนย์สิริกิติ์	9.10	19.60	31.30	73.90	219.60	149.50	161.40	213.60	345.30	268.90	46.00	5.00	1543.20
ปริมาณฝนเฉลี่ย														**967.10**

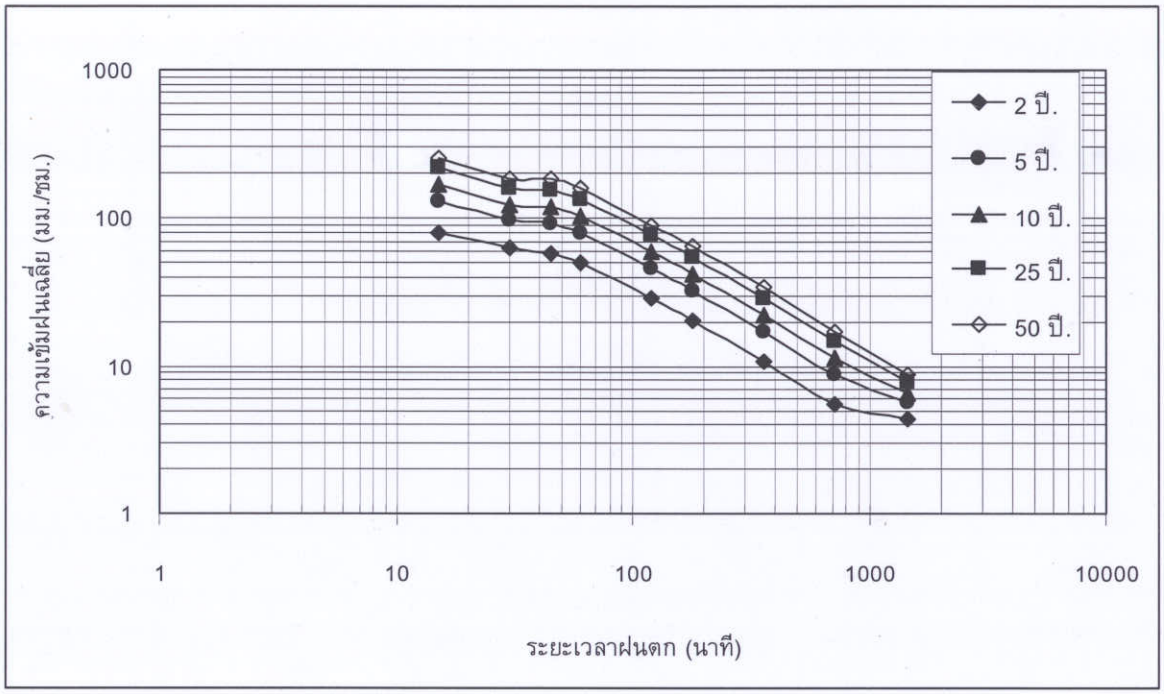
ที่มา : กรมชลประทาน

ตารางที่ 3.7.4-2 ปริมาณฝนเฉลี่ยบริเวณพื้นที่โครงการ

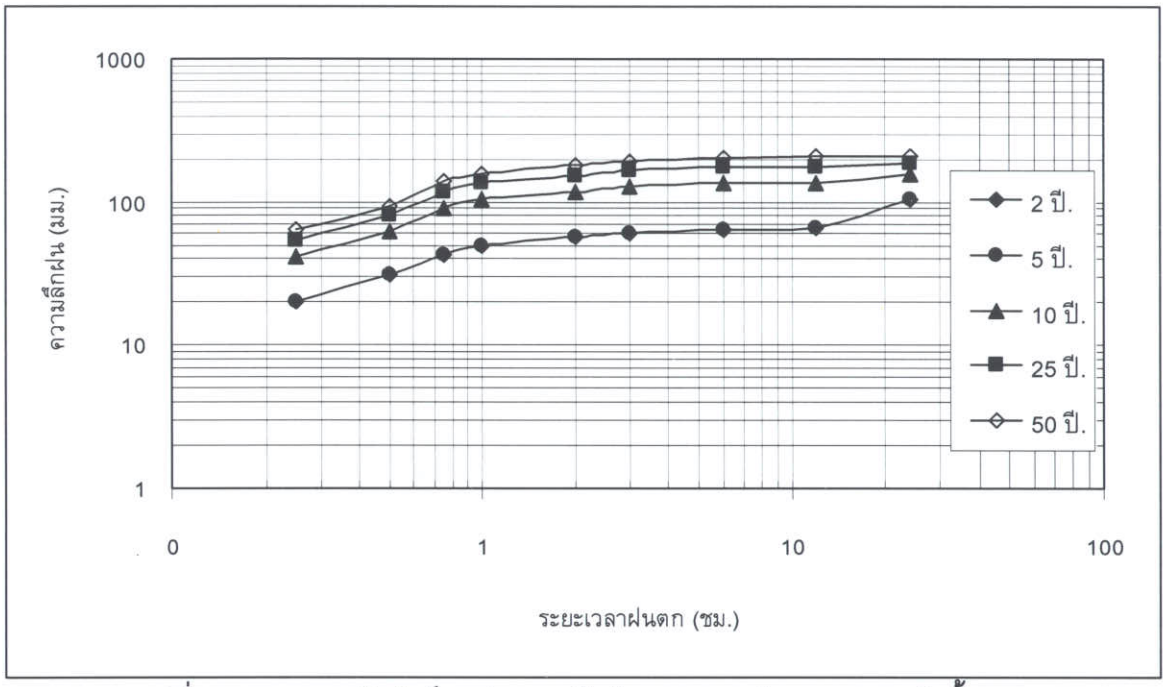
3) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน (Intensity) และความลึกฝน (Depth) กับ ระยะเวลาฝนตก (Duration) และความถี่ (Frequency) หรือคาบการเกิดซ้ำ

จากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดในช่วงระยะเวลาตกตั้งแต่ 15 นาที ถึง 24 ชั่วโมง ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาศูนย์สิริกิติ์ ได้นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนและความลึกของปริมาณฝนกับระยะเวลาฝนตกและคาบการเกิดซ้ำ ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 3.7.4-20 และรูปที่ 3.7.4-21 ตามลำดับ

เนื่องจากสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง ไม่มีการเก็บข้อมูลปริมาณฝนตกในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ดังนั้นการออกแบบระบบระบายน้ำซึ่งจำเป็นต้องใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนกับระยะเวลาฝนตกและคาบการเกิดซ้ำ จึงจำเป็นต้องใช้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลฝนที่สถานีอุตุนิยมวิทยาศูนย์สิริกิติ์ดังที่ได้ระบุไว้ข้างต้น โดยค่าความเข้มฝนหรือปริมาณฝนที่อ่านได้ มีแนวโน้มจะมีค่าสูงกว่าค่าที่เกิดจริงในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนรายปี แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝนรายปีที่สถานีอุตุนิยมวิทยาศูนย์สิริกิติ์ มีค่าสูงกว่าปริมาณฝนรายปีที่สถานีตรวจวัดน้ำฝนอื่น ๆ ที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3.7.4-20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝน-ระยะเวลาตก-คาบการเกิดซ้ำ (DDF-curve) สถานีวัดน้ำฝนศูนย์สิริกิติ์ (455201)



รูปที่ 3.7.4-21 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกฝน-ระยะเวลาฝนตก-คาบการเกิดซ้ำ สถานีวัดน้ำฝนศูนย์สิริกิติ์ (455201)

4) การออกแบบระบบระบายน้ำ

การระบายน้ำที่นำมาใช้สำหรับการระบายน้ำ ที่เกิดจากพายุฝนนอกจากผิวถนน ทางเท้า และเกาะกลางถนน ซึ่งอยู่ในพื้นที่ชุมชนจะเป็นชนิดธรรมดาทั่วไป (Conventional) ซึ่งประกอบด้วยท่อคอนกรีตเสริมเหล็กพร้อมกับบ่อพักน้ำ (Manholes) และบ่อรับน้ำ (Catch Basins) ที่วางไว้เป็นระยะ ๆ ตามความเหมาะสม ซึ่งตามปกติจะเป็น 10 ม. เพื่อความสะดวกในการทำความสะอาด โดยใช้แรงคน (Manual Cleaning) โดยท่อรับน้ำและบ่อพักน้ำ จะก่อสร้างอยู่ภายในบริเวณทางเท้า และเกาะกลางถนน บ่อพักน้ำหรือบ่อรับน้ำแต่ละแห่ง จะมีช่องรับน้ำที่คันทางเท้าและเกาะกลางถนนเป็นตะแกรงเหล็กเพื่อเป็นการกรองเศษขยะที่มีชิ้นใหญ่ไม่ให้ไหลผ่านเข้าไปในระบบระบายน้ำ

ข้อกำหนดทั่วไป

- การไหลของน้ำในระบบระบายจะเป็นแบบ Gravity flow
- น้ำที่จะระบายได้แก่น้ำฝนจากผิวถนน น้ำจากพื้นที่รับน้ำไหลผ่าน ถนนและน้ำฝนจากย่านชุมชนที่ระบายน้ำลงถนนในปัจจุบัน
- ในการระบายน้ำฝนบนผิวถนนใช้ปริมาณน้ำฝนในรอบ 5 ปี ในการออกแบบ
- น้ำฝนจากผิวถนนจะถูกระบายตามแนวถนนลงไปยังท่อระบายสร้างขึ้นใหม่และไหลผ่านเข้าไปยังท่อระบายน้ำเดิมเพื่อลดปัญหาการรื้อถอนในการก่อสร้าง
- พฤติกรรมการไหลทางชลศาสตร์จะประมาณจากสูตรไหลของ Manning ดังนี้

$V = (1/n) R^{2/3} S^{1/2}$

$Q = (1/n) A R^{2/3} S^{1/2}$

เมื่อ V = อัตราความเร็วของน้ำที่ไหลในคลอง เป็น เมตรต่อวินาที

Q = ปริมาณน้ำไหลในคลอง เป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

n = สัมประสิทธิ์ของความขรุขระ

= 0.014 สำหรับผิวคอนกรีต และ 0.025 สำหรับคลองดินทั่วไป

A = พื้นที่หน้าตัดของน้ำที่ไหลในคลอง เป็นตารางเมตร

R = Hydraulic Radius เป็นเมตร

= A/P

P = ความยาวเส้นขอบเปียก เป็นเมตร

S = ลาดของ Energy Gradient

= ลาดของผิวน้ำที่ไหลในคลอง

= ลาดของก้นคลองเมื่อการไหลในคลองเป็นแบบ Uniform Flow

5) การประเมินค่าอัตราการไหลออกแบบ (Design Flow)

วิธีการประเมินค่าอัตราการไหลสูงสุดผ่านอาคารระบายน้ำ (หรือทางระบายน้ำริมถนน) พิจารณาตามขนาดพื้นที่ระบายน้ำของอาคารระบายน้ำแต่ละแห่ง ดังนี้

กรณีพื้นที่ระบายน้ำมีขนาดไม่เกิน 25 ตร.กม.

อัตราการไหลสูงสุดคำนวณโดยสูตร Rational

$Q_p = 0.278 \bar{C} I A \alpha$ ..... (4.1)

Q_p = อัตราการไหลสูงสุด (ลบ.ม/วินาที)

$\bar{C}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การไหลสูงสุดเฉลี่ยของพื้นที่ระบายน้ำ

i = ความเข้มฝน ที่มีระยะเวลาตกนานเท่ากับระยะเวลาการไหลรวมตัว (t_c = time of concentration) ของพื้นที่ระบายน้ำ (มม./ชม.)

A = ขนาดพื้นที่ระบายน้ำ (ตร.กม.)

α = ค่าปรับลดปริมาณฝนตามขนาดพื้นที่ (Area Reduction Factor)

ระยะเวลาการไหลรวมตัวของพื้นที่ระบายน้ำจะประเมินจาก 2 วิธี มาเปรียบเทียบกันแล้วเลือกใช้ค่าที่มากกว่า

วิธีที่ 1 ประเมินจากสูตรของ Kirpich

$$t_c = \left\{\frac{0.87L^3}{H}\right\}^{0.385} \quad \text{..... (4.2)}$$

t_c = ระยะเวลาการไหลรวมตัวของพื้นที่ระบายน้ำ (นาที)

L = ความยาวตามแนวลำน้ำ จากจุดที่ไกลสุดถึงตำแหน่งระบายน้ำ (กม.)

H = ผลต่างของระดับท้องน้ำที่จุดไกลสุดกับระดับท้องน้ำที่ตำแหน่งอาคารระบายน้ำ (ม.)

วิธีที่ 2 ประเมินจากความเร็วการไหลในทางระบายน้ำ

$$t_c = t_0 + \frac{L}{60V} \quad \text{..... (4.3)}$$

t_c = ระยะเวลาการไหลรวมตัวของพื้นที่ระบายน้ำ (นาที)

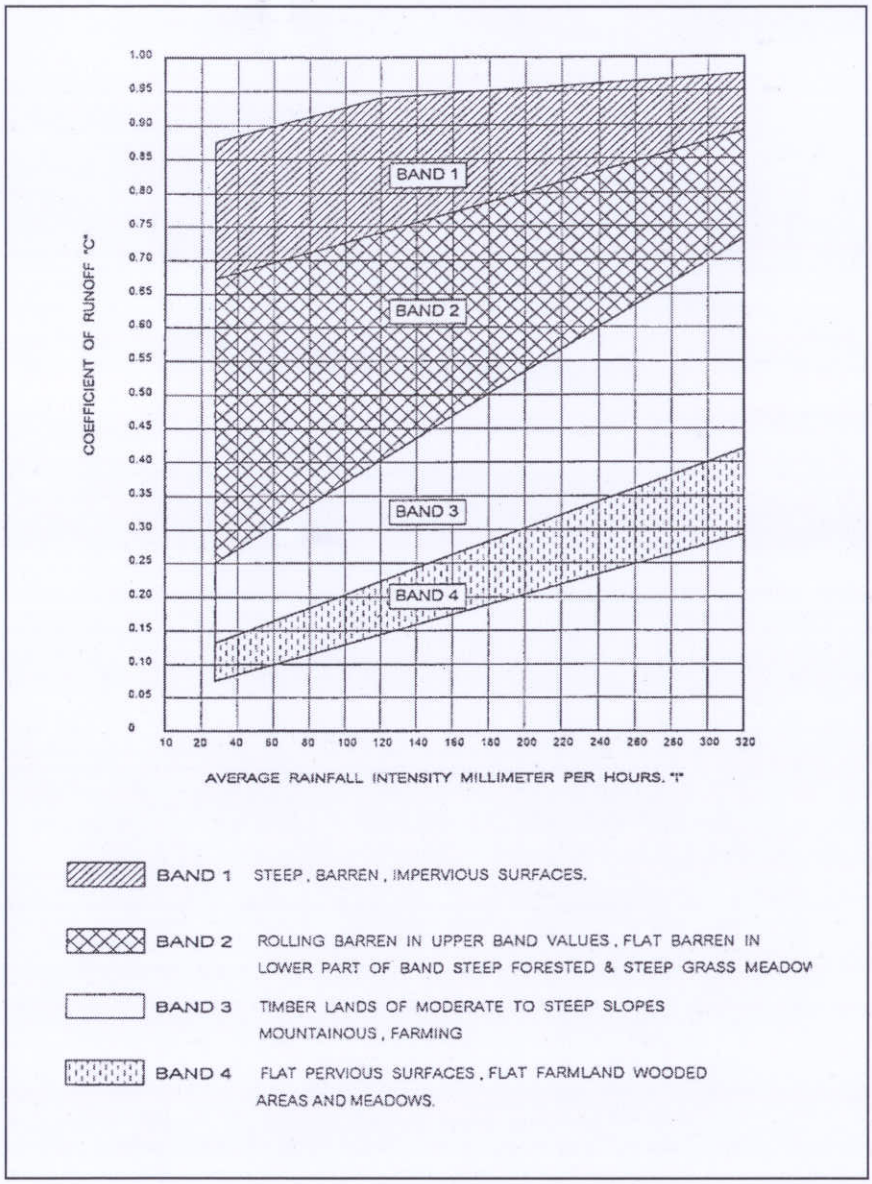
t_o = ระยะเวลาการไหลบนผิวดินลงสู่ทางระบายน้ำ (นาที)

L = ความยาวทางระบายน้ำจากต้นทางถึงตำแหน่งที่พิจารณา

ในการออกแบบโครงการนี้ กำหนดค่า t_o = 15 นาที และกำหนดความเร็วเฉลี่ย V ประมาณ 0.60 ม./วินาที

ค่า C พิจารณาตามประเภทการใช้ที่ดิน และความเข้มฝน ดังแสดงในรูปที่ 3.7.4-22

ค่า i อ่านจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มฝน-ระยะเวลาตก-คาบการเกิดซ้ำของสถานีอุตุนิยมวิทยาศูนย์สิริกิติ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.7.4-22



รูปที่ 3.7.4-22 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำไหลนองบนพื้นดิน "C"

6) การออกแบบทางระบายน้ำริมฝั่งถนน

ก) รูปแบบทางระบายน้ำริมฝั่งถนน

จากสภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน พื้นที่ริมฝั่งโครงการรถไฟฟ้าสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 ช่วงที่ 1 มี บ้านพักอาศัย อาคารพาณิชย์ หรือโรงงาน เกือบตลอดความยาวถนน จึงควรใช้ท่อระบายน้ำฝังใต้ดิน เป็นทางระบายน้ำ แต่ในช่วงที่ 2 ซึ่งอยู่ด้านฝั่งตะวันออกของคันกั้นน้ำพระราชดำริ สภาพพื้นที่สองฝั่งถนนยังเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ เป็นส่วนใหญ่ สามารถปล่อยให้น้ำฝนระบายลงมาจากฝั่งถนน ลงสู่พื้นดินตามธรรมชาติได้โดยไม่เกิดผลเสียหาย นอกจากนั้นตามแนวถนนช่วงนี้มีคลองไหลผ่านแนวถนนเป็นจำนวนมาก น้ำฝนที่ระบายลงมาจากฝั่งถนนสามารถไหลตามร่องน้ำ และความลาดเทพื้นดินธรรมชาติ ไปลงคลองได้โดยรวดเร็ว จึงยังไม่จำเป็นต้องทำท่อระบายน้ำริมถนน

สำหรับระบบท่อระบายน้ำริมถนน ที่จะทำการออกแบบสำหรับ โครงการรถไฟฟ้าสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 ช่วงที่ 1 มีองค์ประกอบหลักของระบบ ดังนี้

- ท่อระบายน้ำ คสล. กลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 1.20 ม.
- ท่อระบายน้ำ คสล. สี่เหลี่ยม (Box Conduit) นำมาใช้เมื่ออัตราการไหลสูงสุดมีค่าเกินค่าความจุของท่อ คสล. กลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 ม.
- บ่อพักหลัก (Main Manhole) คือ บ่อพักที่กำหนดเป็นตำแหน่งสำหรับประเมินค่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำหลาก ลงสู่ท่อระบายน้ำที่ใช้สำหรับการออกแบบทางชลศาสตร์ของท่อระบายน้ำ กำหนดระยะห่างไม่เกิน 90 ม.
- บ่อรับน้ำ (Inlet) คือ บ่อที่วางเสริมระหว่างบ่อพักหลัก เพื่อรองรับน้ำจากช่องระบายน้ำริมถนน หรือจากท่อระบายน้ำของอาคารริมถนน หรือเพื่อการตรวจสอบ บำรุงรักษาท่อ บ่อรับน้ำจะไม่นำมาพิจารณาในการออกแบบชลศาสตร์ของท่อระบายน้ำ ระยะระหว่างบ่อรับน้ำกำหนดให้เท่ากับ 15 ม.

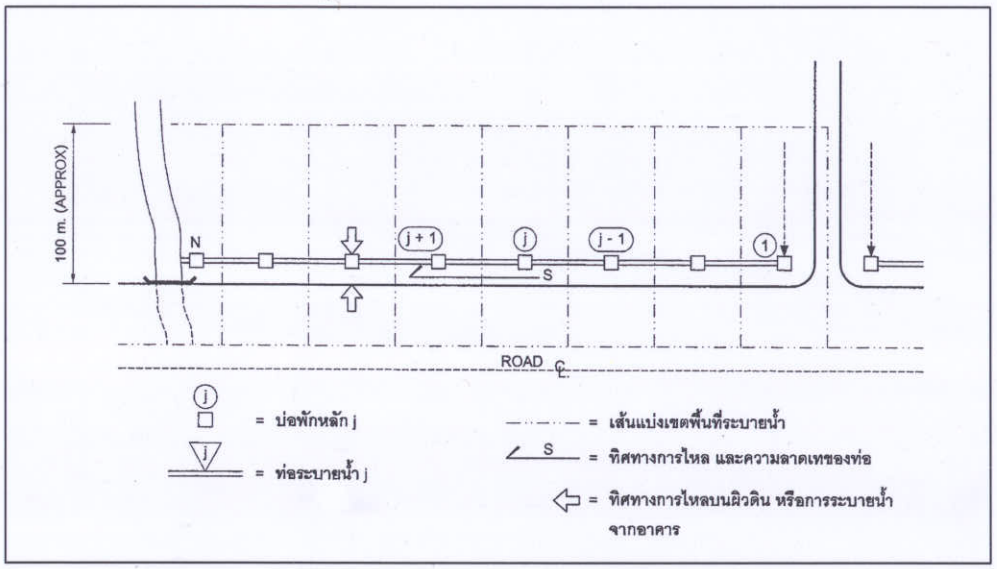
ข) วิธีการออกแบบ

การออกแบบทางชลศาสตร์ของระบบท่อระบายน้ำริมถนน มีวิธีการและลำดับขั้นตอน ดังนี้

(1) กำหนดตำแหน่งบ่อพักหลัก และขอบเขตพื้นที่ระบายน้ำของบ่อพักหลัก

การกำหนดตำแหน่งบ่อพักหลักเพื่อใช้เป็นจุดประเมินค่าอัตราการไหลของน้ำท่าผิวดินลงสู่ท่อระบายน้ำ พิจารณาตามหลักเกณฑ์ ดังนี้

- วางบ่อพักหลักไว้ตรงบริเวณที่เป็นทางแยก และบริเวณที่เป็นแอ่งทุกแห่งและวางเสริมระหว่างตำแหน่งดังกล่าว โดยระยะห่างระหว่างบ่อพักหลักกำหนดให้ห่างกันไม่เกิน 10 ม.
- บ่อพักแรกสุดด้านเหนือน้ำ วางตำแหน่งให้ใกล้กับแนวเขตแบ่งพื้นที่ระบายน้ำของอาคารระบายน้ำผ่านถนน และบ่อพักสุดท้ายทางด้านท้ายน้ำ วางตำแหน่งใกล้กับตำแหน่งของอาคารระบายน้ำผ่านถนน ท่อระบายน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างบ่อพักวางลาดเทลงหาตำแหน่งคลองระบายน้ำหลัก
- ขอบเขตพื้นที่ระบายน้ำของบ่อพักน้ำแต่ละแห่ง จะครอบคลุมพื้นที่ผิวถนนทั้งหมด และพื้นที่ริมฝั่งถนน ห่างออกไปเป็นระยะประมาณ 25 ม. ส่วนแนวแบ่งเขตพื้นที่ระบายน้ำระหว่างบ่อพัก จะพิจารณาตามความลาดเทตามยาวของถนนถ้าถนนอยู่ในแนวราบ เส้นแบ่งเขตพื้นที่ระบายน้ำจะอยู่ประมาณแนวกึ่งกลางระหว่างบ่อพัก รูปที่ 3.7.4-23 แสดงการจัดวางผังระบบและการแบ่งเขตพื้นที่ระบายน้ำ



รูปที่ 3.7.4-23 การจัดวางผังระบบท่อระบายน้ำริมถนน

(2) คำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่ไหลเข้าบ่อพักและออกแบบท่อระบายน้ำเชื่อมต่อระหว่างบ่อพัก

การคำนวณอัตราการไหลสูงสุด และการออกแบบท่อระบายน้ำเชื่อมระหว่างบ่อพัก จะกระทำต่อเนื่องกันไป จากบ่อพักแรกสุดอยู่ด้านเหนือน้ำ ลงไปจนถึงบ่อพักท้ายสุดที่อยู่ด้านท้ายน้ำ โดยทำตามลำดับขั้นตอนดังนี้

- วัดขนาดพื้นที่ระบายน้ำของบ่อพักหลักแต่ละบ่อ ประเมินค่าสัมประสิทธิ์การไหล C ของพื้นที่ระบายน้ำ
- กำหนดบ่อพัก ① เป็นบ่อพักที่อยู่ปลายสุดด้านเหนือน้ำและบ่อพัก (j) เป็นบ่อพักใดบ่อพักหนึ่ง ที่อยู่ถัดลงมาทางด้านท้ายน้ำ อัตราไหลสูงสุดที่ไหลเข้าบ่อพัก (j) คำนวณได้จากสมการ Rational ดังนี้

$$Q_{pj} = 0.278i \sum_{1}^{j} C_j A_j \quad \text{..... (4.6)}$$

Q_{pj} = อัตราการไหลสูงสุดเข้าสู่บ่อพัก j (ลบ.ม./วินาที)

i = ความเข้มฝน (มม./ชม.) ที่มีระยะเวลาตกนานเท่าระยะเวลาการไหลรวมตัวของบ่อพัก j

C_j = ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำท่าของพื้นที่ระบายน้ำของบ่อพัก j

A_j = ขนาดพื้นที่ระบายน้ำของบ่อพัก j (ตร.กม.)

ระยะเวลาการไหลรวมตัวของบ่อพัก j (t_{cj}) คำนวณได้จากสมการ

$$t_{cj} = t_0 + \sum_{1}^{j} \frac{L_j}{60V_j} \quad \text{..... (4.7)}$$

t_o = ระยะเวลาการไหลบนผิวดินที่นานที่สุดถึงบ่อพัก ①

L_j = ความยาวท่อระบายน้ำระหว่างบ่อพัก (j-1) กับบ่อพัก j

V_j = ความเร็วของการไหลในท่อระบายน้ำระหว่างบ่อพัก (j-1) กับบ่อพัก j

สำหรับระยะเวลาการไหลบนผิวดิน (t_o) นั้น สำหรับการออกแบบระบบระบายน้ำในเขตพื้นที่ชุมชนโดยทั่วไป กำหนดค่าระหว่าง 5 นาที ถึง 30 นาที ในการศึกษานี้ กำหนด t_o = 15 นาที เนื่องจากพื้นที่ระบายน้ำมีขนาดค่อนข้างเล็ก

- คำนวณขนาดท่อระบายน้ำ เพื่อระบายน้ำจากบ่อพัก (j) ไปบ่อพัก (j+1) โดยสมการแมนนิง

$$Q_{pj} = \frac{1}{n} A_{j+1} R_{j+1}^{2/3} S_{J+1}^{1/2} \quad \text{.....(4.8)}$$

n = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ

$A_{(j+1)}$ = ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อระบายน้ำ j+1 ซึ่งเชื่อมต่อระหว่างบ่อพัก (j) กับบ่อพัก j+1

$R_{(j+1)}$ = รัศมีชลศาสตร์ของท่อระบายน้ำ

$S_{(j+1)}$ = ความลาดเทของท่อ j+1

- เลือกท่อขนาดมาตรฐาน ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับหรือใหญ่กว่า A j+1
- คำนวณความลึกจริง (Yj+1) และความเร็วจริง Vj+1 ของการไหลในท่อ j+1

เมื่อจบขั้นตอนนี้ ก็เริ่มคำนวณอัตราการไหลสูงสุดที่ไหลเข้าบ่อพัก j+1 และคำนวณขนาดท่อ j+2 ต่อไปตามลำดับ จนถึงตำแหน่งระบายน้ำลงลำน้ำธรรมชาติต่อไป

(3) คำนวณระดับหลังท่อ และระดับท้องท่อ

ถ้าระดับท้องท่อ ตรงปลายท่อเชื่อมต่อกับลำน้ำธรรมชาติ อยู่ต่ำกว่าระดับท้องน้ำ ควรปรับแก้ค่าความลาดเทท่อที่ใช้ในการออกแบบ จนระดับท้องท่อตรงปลายท่ออยู่สูงกว่าระดับท้องน้ำไม่น้อยกว่า 0.30 ม.

7) ผลการออกแบบระบบระบายน้ำริมถนน

การออกแบบระบบระบายน้ำริมถนนได้ออกแบบเพื่อรองรับปริมาณน้ำจากพื้นที่ ดังนั้นการออกแบบระบบระบายน้ำริมถนนต้องเพียงพอต่อการรองรับปริมาณน้ำจากผิวถนนทางเท้า และน้ำที่ระบายจากพื้นที่ริมฝั่งถนนด้วย ซึ่งแนวความคิดและเกณฑ์การออกแบบระบบระบายน้ำตามแนวริมฝั่งถนนได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 5) และหัวข้อที่ 6) ผลการออกแบบระบบระบายน้ำริมฝั่งถนนของถนนโครงการ แสดงในตารางที่ 3.7.4-3, 3.7.4-4 และ 3.7.4-5 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.7.4-3 ผลการออกแบบระบบระบายน้ำริมฝั่งถนน ด้านถนนพหลโยธิน ตั้งแต่ กม. 0+000.000 ถึง กม. 1+522.414

ลำดับ	กม		ปริมาณน้ำทั้งหมด (cms.)	ความเร็วของน้ำในท่อระบายน้ำ (m/s)	A require ตร.ม.	อาคารระบายน้ำ b x y or Dia.		A design ตร.ม.	F.S.
	จาก	ถึง							
1	0+000.000 LT	0+506.241 LT	0.223	0.506	0.440	∅1.00		0.785	1.79
2	0+000.000 RT	0+506.241 RT	0.223	0.506	0.440	∅1.00		0.785	1.79
3	0+506.241 LT	1+275.000 LT	0.275	0.447	0.615	∅1.00		0.785	1.28
4	0+506.241 RT	1+275.000 RT	0.275	0.447	0.615	∅1.00		0.785	1.28
5	1+275.000	1+492.764	0.307	0.380	0.809	0.50	1.00	2.5	3.09
6	1+492.764	1+502.764	0.307	0.772	0.397	∅1.00		0.785	1.98
7	1+502.764	1+522.414	0.310	0.521	0.595	0.50	1.00	2.500	4.20

ตารางที่ 3.7.4-4 ผลการออกแบบระบบระบายน้ำริมฝั่งถนน ด้านถนนลำลูกกา

ลำดับ	กม		ปริมาณน้ำทั้งหมด (cms.)	ความเร็วของน้ำในท่อระบายน้ำ (m/s)	A require ตร.ม.	อาคารระบายน้ำ b x y or Dia.		A design ตร.ม.	F.S.
	จาก	ถึง							
	1+825.000 LT	0+000.000 LT*	0.059	0.461	0.129	∅1.00		0.785	6.11
	1+825.000 RT	2+012.000 RT	0.465	0.436	1.065	∅1.00		0.785	0.74

*หมายเหตุ : กม.0+000.000 ฝั่งคูคต

ตารางที่ 3.7.4-5 ผลการออกแบบระบบระบายน้ำริมถนนฝั่งซ้าย ด้านถนนลำลูกกา

ลำดับ	กม		ปริมาณน้ำทั้งหมด (cms.)	ความเร็วของน้ำในท่อระบายน้ำ (m/s)	A require ตร.ม.	อาคารระบายน้ำ b x y or Dia.		A design ตร.ม.	F.S.
	จาก	ถึง							
1	0+000.000 LT	0+083.737 LT	0.046	0.363	0.126	∅1.00		0.785	6.24
2	2+000.000 LT	2+400.000 LT	0.157	0.454	0.347	∅1.00		0.785	2.26

3.8 งานออกแบบรายละเอียดระบบไฟฟ้า และเครื่องกล (Mechanical and Electrical System) ของสถานี ทางวิ่งและอาคาร

3.8.1 ขอบเขตการออกแบบ

ขอบเขตการออกแบบรายละเอียดของงานระบบไฟฟ้า เครื่องกลของ สถานี ทางวิ่ง และอาคารศูนย์ซ่อมบำรุง ประกอบไปด้วยงานในแต่ละส่วนดังนี้

- ระบบไฟฟ้ากำลัง
- ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ
- ระบบประปาและสุขาภิบาล
- ระบบดับเพลิงและแจ้งเหตุเพลิงไหม้
- ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน

3.8.2 ข้อมูลอ้างอิงสำหรับการออกแบบ

ผู้ออกแบบงานระบบประกอบอาคาร ได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เพื่อการออกแบบ และเน้นไปที่การใช้ข้อมูลการออกแบบรายละเอียด ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ เป็นหลัก เนื่องจากเป็นโครงการต่อเนื่องกัน

นอกจากนี้ยังได้มีการประชุมหารือกับสถาปนิก ผู้ออกแบบงานโยธาและโครงสร้าง รวมถึงผู้เชี่ยวชาญการจัดวางตำแหน่งห้องและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในสถานี และศูนย์ซ่อมบำรุง เพื่อให้ได้ข้อสรุปในการออกแบบผังสถานีและศูนย์ควบคุมที่เหมาะสมที่สุด และเป็นไปตามข้อกำหนดและกฎหมายควบคุมต่าง ๆ อนึ่งข้อมูลต่าง ๆ ที่กล่าวอ้างจะรวมถึง

- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร
- กฎกระทรวง เช่น ฉบับที่ 33 และ 50 เป็นต้น
- กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
- มาตรฐานสากล เช่น ASHRAE, NFPA, IEC, IEEE เป็นต้น
- ข้อมูลจากงานโครงการรถไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น โครงการรถไฟฟ้าขนส่งสายสีม่วง บางซื่อ-บางใหญ่ โครงการรถไฟฟ้าขนส่งกรุงเทพมหานครส่วนต่อขยายสายสุขุมวิทและสายสีลม โครงการรถไฟฟ้าต่อเชื่อมสนามบินสุวรรณภูมิ เป็นต้น

3.8.3 หลักเกณฑ์การออกแบบ

ผู้ออกแบบงานระบบประกอบอาคาร ได้จัดทำหลักเกณฑ์ และมาตรฐานการออกแบบงานระบบประกอบอาคาร นำเสนอในรายงานการออกแบบรายละเอียดฉบับร่างแล้ว และในเอกสารหลักรายงานการออกแบบรายละเอียดฉบับสมบูรณ์นี้ ผู้ออกแบบได้ทำการปรับปรุงรายละเอียดให้มีความสมบูรณ์ ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมและความต้องการของผู้ว่าจ้างมากที่สุด

3.8.4 ระบบไฟฟ้ากำลัง

การออกแบบงานระบบไฟฟ้ากำลังนั้นใช้มาตรฐานเดียวกันทั้งการออกแบบที่สถานี ทางวิ่งและอาคารศูนย์ซ่อมบำรุง โดยครอบคลุมเนื้อหาและขอบเขตงานดังต่อไปนี้

- แผงไฟฟ้าประธานหลักและย่อย (Main and Sub-Main LV Switchboards)
- แผงจ่ายไฟฟ้ากำลังแรงต่ำ (LV Distribution Panel)
- ระบบจ่ายไฟฟ้าด้วยสายไฟ (LV Power Distribution Cable)
- ท่อและรางร้อยสายไฟฟ้า (Conduit, Cable tray and Raceway)
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting System)
- ระบบต่อลงดิน (Earthing and Bonding System)
- ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection System)
- ระบบเชื่อมต่อผ่านระบบ SCADA

ระบบไฟฟ้านั้นเริ่มจากด้านขาออกของหม้อแปลงไฟฟ้า แบ่งโหลดออกเป็นโหลดชนิดปกติ (Non-Essential) โหลดชนิดจำเป็น (Essential) และโหลดชนิดจำเป็นยิ่งยวด (Very-Essential) โดยมีหม้อแปลงไฟฟ้า 2 ชุด จ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านแผงประธานไฟฟ้า Main Distribution 2 แผงเชื่อมต่อกันด้วย Interlocking Tie-Circuit Breaker และมีระบบจ่ายไฟฟ้า 2 แหล่งจ่ายเชื่อมและ Interlock กับ Generator Circuit Breaker นอกจากนี้ยังมี UPS ที่ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดชนิด Very-Essential โดยการออกแบบและจัดหา หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer), Generator และ UPS นั้น อยู่ในส่วนขอบเขตของงานระบบรถไฟฟ้า (Railway System)

การกระจายพลังงานไฟฟ้าไปยังแผงไฟฟ้าต่างๆ ภายในอาคารและสถานีนั้น ใช้ระบบการเดินสายไฟฟ้าในท่อและรางร้อยสายไฟฟ้าเป็นหลัก โดยกำหนดให้ค่าแรงดันตก (Voltage Drop) ที่วงจรปลายสุดมีค่าไม่เกิน 5% ส่วนระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นเน้นในเรื่องการประหยัดพลังงาน และความสวยงาม รวมถึงการออกแบบไฟฟ้าฉุกเฉินที่เตรียมไว้สำหรับการอพยพจากอาคารในกรณีฉุกเฉิน หรือเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะถูกออกแบบเพื่อตอบสนองกับพื้นที่การใช้งาน ความปลอดภัยและรูปลักษณ์ที่เหมาะสม รวมถึงความทนทานและการประหยัดพลังงาน และเลือกใช้ Electronic Ballast การออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับพื้นที่สาธารณะนั้นออกแบบให้มีระบบควบคุมอัตโนมัติ (Lighting Control System) ควบคุมการเปิดและปิดไฟฟ้าแสงสว่างให้สอดคล้องกับความสว่างภายนอกอาคาร และเวลาการใช้งาน ร่วมกับ Photo switch และ Timer switch ส่วนในพื้นที่ห้องทำงานและห้องเครื่องต่างๆ จะใช้สวิทช์เปิด-ปิด ส่วนการออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับถนน ทางแยก ทางลอดและสะพานข้ามแยก รวมไปจนถึงทางเดินเชื่อมนั้น เป็นไปตามมาตรฐานข้อกำหนดของประเทศไทยและต่างประเทศอันเป็นที่ยอมรับ เช่น กรมทางหลวง กรมโยธาธิการ กรุงเทพมหานครฯ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง CIE IES IEEE เป็นต้น

ส่วนระบบต่อลงดินออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับ เช่น IEEE80 NEC BS7430 และ E.I.T เป็นต้น เพื่อจุดประสงค์ด้านความปลอดภัยในชีวิตบุคคล (Safely of persons) ความปลอดภัยในการทำงานของระบบ (Operation safely) และป้องกันการเกิด Stray Current โดยความต้านทานระหว่างระบบต่อลงดินหลัก (Structure Earth) กับดินไม่เกิน 1 โอห์ม โดยระบบต่อลงดินนั้นจะเป็นระบบ TN-S โดยออกแบบใช้เหล็กฝังในเสาเข็มและฐานรากเป็นหลักดิน และใช้เหล็ก Band Steel ร่วมกับสายไฟทองแดงเป็นสายนำลงดิน และติดตั้ง Ground Bar ในห้องเครื่องต่างๆ นอกจากนี้ยังต่อเชื่อมระบบต่อลงดินของทางวิ่งยกระดับเข้ากับระบบต่อลงดินที่สถานีและศูนย์ควบคุมด้วย

อาคารต่าง ๆ รวมถึงสถานี ได้มีการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าตามมาตรฐานของ วสท., NFPA780, IEC1024 หรือ BS6651 ตามความเหมาะสม โดยใช้ระบบการป้องกันฟ้าผ่าแบบ Conventional Faraday Cage ประกอบด้วยสายล่อฟ้า สายนำลงดินและหลักดิน และทำการต่อเชื่อมระบบต่อลงดินกับระบบป้องกันฟ้าผ่าในระดับที่ค่าความต่างศักย์เป็นศูนย์ เพื่อป้องกันการไหลย้อนของกระแสไฟฟ้าจากการเกิดฟ้าผ่าเข้าสู่ระบบ อันอาจเป็นอันตรายกับอุปกรณ์ในระบบและกับผู้ปฏิบัติงานได้ โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ Surge Arrester และ Surge Protection

ในทางวิ่งยกระดับนั้น ทำการติดตั้งระบบต่อลงดินในเสาโครงสร้างทุกๆ เสา โดยใช้เหล็กเสริมในเสาเข็มเป็นหลักดิน มีเหล็ก Band Steel ขนาด 50x5mm ฝังในทางวิ่ง (Box girder) และทำการเชื่อมระบบต่อลงดินในแต่ละเสาและทางวิ่งเข้าด้วยกันด้วยสายไฟทองแดงขนาด 120mm^2

ทำการเชื่อมต่อการทำงานของระบบประกอบอาคาร (M&E System) กับระบบรถไฟฟ้า (Railway Systems) โดยเป็นการส่งสัญญาณการแจ้งเหตุ และควบคุม โดยใช้หน้าสัมผัส (Dry Contact) ผ่านแผงสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณ (Terminal Box) และสายไฟฟ้า เชื่อมต่อกับระบบแผงรับสัญญาณ (Dispatching Panel) ของระบบ SCADA

3.8.5 ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

ห้องต่างๆ ที่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิตามความต้องการของการเดินรถนั้น ได้ออกแบบและคำนวณโดยคำนึงถึงขนาดภาระความร้อนจากภายนอกผ่านกรอบอาคารเข้ามา และภาระความร้อนภายในที่เกิดจากร่างกายของคนและอุปกรณ์ไฟฟ้า ด้วยวิธี Cooling Load Temperature Difference เพื่อกำหนดขนาดเครื่องทำความเย็น

สำหรับสถานีนั้น มีพื้นที่และขนาดเครื่องทำความเย็นไม่มาก ดังนั้นจึงเลือกใช้เครื่องเป่าลมเย็นแบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศ ส่วนในศูนย์ซ่อมบำรุงนั้น จะพิจารณาเลือกใช้ระบบเครื่องทำน้ำเย็นส่วนกลาง ที่มีระบบการจัดการที่สนองตอบภาระความร้อนในช่วงที่กว้างตั้งแต่ต่ำสุดจนถึงสูงสุดได้ดี โดยมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูง เครื่องทำความเย็นส่วนกลางจะติดตั้งอยู่ในบริเวณอาคารซ่อมบำรุงหลัก (Main Workshop)

การระบายอากาศในสถานีนั้นจะเน้นใช้การระบายอากาศเชิงกล (Mechanical Ventilation) ให้น้อยที่สุดเพื่อความประหยัดในการใช้พลังงาน โดยจะมีการใช้ในพื้นที่ปิดล้อมเท่านั้น เช่น ห้องเครื่อง ห้องทำงาน เป็นต้น

ใช้เครื่องปรับอากาศแบบ Precision Air Conditioner และรองรับการทำงานต่อเนื่องวันละ 24 ชั่วโมงได้กับห้องอุปกรณ์และห้องควบคุมสำหรับการเดินรถ ซึ่งเป็นหัวใจของโครงการ

ส่วนการระบายอากาศภายในอาคารศูนย์ซ่อมบำรุงนั้นก็ใช้แนวคิดเดียวกัน ยกเว้นในพื้นที่อับและต้องการการถ่ายเทสูง เช่น Workshop นั้นใช้ระบบการระบายอากาศด้วยพัดลมและท่ออากาศขนาดใหญ่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกับระบบ

3.8.6 ระบบประปาและสุขาภิบาล

ผู้ออกแบบกำหนดให้มีการจ่ายน้ำอย่างเพียงพอกับการใช้งาน ไม่น้อยกว่าการใช้น้ำในชั่วโมงสูงสุด มีค่าความดันที่เหมาะสมตามที่ต้องการ โดยใช้เกณฑ์การคำนวณการใช้น้ำ 55 ลิตรต่อคน สำหรับปริมาณน้ำดี และปริมาณน้ำกักเก็บในถังน้ำสำรองสำหรับ 2 วัน ใช้ปั๊มน้ำร่วมกับถังอัดอากาศเพื่อทำการส่งจ่ายน้ำดีให้กับอาคาร

ส่วนระบบระบายน้ำเสียและโสโครกเป็นไปตามหน่วยสุขภัณฑ์ตามแบบสถาปัตยกรรม ยกเว้นว่าจะมีรายการเป็นอย่างอื่น น้ำเสียจะถูกรวบรวมและบำบัดให้ได้ตาม BOD ไม่เกิน 20mg/L สำหรับน้ำทิ้งที่ผ่านถังบำบัดแล้วก่อนระบายออกสู่สาธารณะ น้ำฝนระบายผ่านระบบท่อที่ได้กำหนดให้มีขนาดพอเพียงตามปริมาณน้ำฝน

3.8.7 ระบบดับเพลิงและแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ทำการออกแบบโดยเน้นไปที่การปกป้องความปลอดภัยกับบุคคลเป็นสำคัญ เนื่องจากเป็นโครงการที่มีการสัญจรของประชาชนเป็นจำนวนมาก ผู้ออกแบบใช้มาตรฐานสากล NFPA 12, 14 และ วสท. ในการออกแบบระบบรวมชนิดท่อเปียก โดยจัดให้มีสายฉีดน้ำแบบ Class III ภายในรัศมีที่เข้าถึงได้ง่าย ประมาณ 30 เมตร และออกแบบหัวกระจายน้ำอัตโนมัติชนิดอัตโนมัติชนิด Light Hazard หรือ Ordinary Hazard ตามลักษณะของพื้นที่ โดยกำหนดตามขนาดพื้นที่ควบคุม มีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และเครื่องยนต์ดีเซล ที่พร้อมทำงานได้ทันทีเมื่อมีเหตุเพลิงไหม้ขึ้น และมีถังเก็บน้ำสำรองสำหรับการใช้งานไม่ต่ำกว่า 30 นาที

นอกจากนี้ในพื้นที่หรือห้องควบคุมต่างๆ เช่น ห้องเครื่อง ห้องหม้อแปลง ที่ต้องมีการปกป้องทรัพย์สินและอุปกรณ์นั้น ออกแบบให้มีการติดตั้งระบบสารดับเพลิงพิเศษ (Clean Agent Friendly Fire Suppression System) ด้วย

สำหรับการออกแบบระบบตรวจสอบและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ นั้นใช้มาตรฐาน NFPA 72 และ วสท และเป็นชนิดที่บอกตำแหน่งการเกิดเหตุเพลิงไหม้ได้ (Addressable) เพื่อให้มีการแจ้งเหตุเพลิงไหม้ได้อย่างรวดเร็ว ก่อนที่จะเกิดไฟไหม้ลุกลามจนเป็นอัตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน โดยคำนึงถึงพื้นที่ป้องกัน พื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุ นอกจากนั้นยังมีการส่งสัญญาณการแจ้งเตือนเพื่อแจ้งเหตุไฟไหม้ไปยังศูนย์ควบคุมหลักด้วย

3.8.8 ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน

ทั้งลิฟท์และบันไดเลื่อนนั้นมีการใช้งานที่สถานีรถไฟฟ้า ส่วนในอาคารอื่นๆ นั้นจะมีเฉพาะลิฟท์อย่างเดียว โดยผู้ออกแบบได้กำหนดให้ลิฟท์และบันไดเลื่อนสำหรับโครงการนี้เป็นชนิด Heavy Duty ที่สามารถทำงานตอบสนองการทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะบันไดเลื่อนบนชั้นพื้นดินถึงชั้นจำหน่ายตั๋วนั้นจะต้องสามารถทำงานได้ ทั้งในกรณีที่มีหลังคาและไม่มีหลังคา ลิฟท์สถานีนั้นจะเน้นเป็นชนิดไม่มีห้องเครื่องตั้งอยู่ข้างบน และมีการกำหนดส่วนประกอบที่รองรับกับการใช้งานของผู้พิการด้วย

3.8.9 บทสรุปการออกแบบระบบประกอบอาคาร

การออกแบบงานระบบประกอบอาคารในระดับการออกแบบรายละเอียดฉบับสมบูรณ์นั้น สามารถทำการออกแบบได้ครบทุกๆ อาคาร ครอบคลุมสถานี N21 ถึง N28 และอาคารต่าง ๆ จำนวน 11 อาคารในศูนย์ซ่อมบำรุง โดยได้แสดงการออกแบบไว้ในเอกสารเล่มที่ 5 - แบบรายละเอียด เพื่อเป็นเอกสารประกอบสัญญาต่อไป

3.9 งานศึกษา เสนอแนะ และจัดทำรายงานวิธีการก่อสร้าง / การผลิตและติดตั้ง (Construction Methodology)

3.9.1 โครงสร้างทางวิ่งยกระดับ

รูปแบบโครงสร้างของโครงการเป็นรูปแบบโครงสร้างที่สอดคล้องกับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ กล่าวคือ ใช้ระบบคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องหล่อสำเร็จจากโรงงาน (Segmental Box Girder) ความกว้างของโครงสร้างประมาณ 9 เมตร ความสูงของเสาเฉลี่ยประมาณ 12 - 13 เมตร

ระบบคานคอนกรีตรูปกล่องหล่อสำเร็จรูปจากโรงงาน (Segmental Box Girder) เป็นรูปแบบที่มีความเหมาะสมสำหรับโครงสร้างทางวิ่งยกระดับมากที่สุด เนื่องจากโครงการเป็นทางยกระดับที่สร้างบนเกาะกลางถนน การก่อสร้างต้องใช้ระยะเวลาการก่อสร้างน้อยที่สุด ซึ่งโครงสร้างรูปแบบนี้จะเกิดผลกระทบเฉพาะช่วงของการขนส่งและยกขึ้นติดตั้งเท่านั้น รวมทั้งในขั้นตอนการผลิตยังสามารถควบคุมคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากผลิตในโรงงานที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ดี

ขั้นตอนการติดตั้งจะนำมาประกอบในสถานที่ โดยนำมาต่อกันด้วย Launcher ทำให้การก่อสร้างไม่ต้องปิดการจราจรหรือปิดเพียงบางส่วนในระหว่างการยกชิ้นส่วนประกอบ การเลือกใช้โครงสร้างดังกล่าว นอกจากจะกระทบต่อการจราจรน้อยแล้ว ยังดูสวยงามเป็นระเบียบและการก่อสร้างสามารถทำได้รวดเร็วใช้เวลาน้อยกว่าแบบอื่น ๆ สำหรับเสารองรับทางยกระดับนั้น ก่อสร้างด้วยคอนกรีตมีความกว้างประมาณ 2.1 เมตร มีระยะห่างช่วงเสา (Span Length) ประมาณ 35 เมตร เสาจะตั้งบนฐานราก (Pile Cap) โดยมีเสาเข็มเจาะผ่าเส้นศูนย์กลาง 1.8 เมตร

3.9.2 สถานีและทางเดินเชื่อมต่อ

โครงสร้างสถานีทั่วไป เป็นโครงสร้างยกระดับ มีระยะช่วงเสา 15 เมตร โดยใช้เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กชนิด Barrette Pile ขนาดประมาณ 3.0 x 1.5 เมตร รองรับฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยความกว้างของฐานรากกว้างประมาณไม่เกิน 3.5 เมตร เพื่อไม่ให้ล้ำออกไปจากเกาะกลางถนน ซึ่งช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรระหว่างการก่อสร้าง และปัญหาพื้นถนนไม่เรียบเนื่องจากการทรุดตัวดินไม่เท่ากันหลังจากการเปิดใช้งาน

โครงสร้างเสาสถานีทั่วไป เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ แต่คานขวางที่ระดับชั้นจำหน่ายตั๋วและชั้นชานชาลาเป็นโครงสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปอัดแรงทีหลัง และคานตามยาวเป็นโครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูปแบบอัดแรงก่อน ในส่วนพื้นสถานีทั้งชั้นจำหน่ายตั๋วและชั้นชานชาลาเป็นพื้นสำเร็จรูปและเทคอนกรีตทับหน้าในที่ โครงสร้างทางวิ่งส่วนที่ผ่านสถานีรถไฟฟ้าเป็นโครงสร้างทางวิ่งคอนกรีตรูปกล่องคู่สำเร็จรูปแบบอัดแรงก่อน วางพาดระหว่างคานขวาง

ข้อได้เปรียบของสถานีเสา 15 เมตร ในการก่อสร้างคือ ชิ้นส่วนทุกชิ้นสามารถขนส่งได้โดยใช้รถบรรทุกขนาดมาตรฐาน และยกวางในที่โดยรถเครนเคลื่อนที่ (Mobile Crane) โดยไม่ต้องพึ่ง Erection Truss ซึ่งมีค่าดำเนินการสูง

สำหรับการก่อสร้างของโครงสร้างยกระดับ เริ่มจากการหล่อเสาสถานี โดยหลังจากที่หล่อเสาระดับพื้นดินเดิมไปจนถึงใต้ระดับชั้นจำหน่ายตั๋วแล้ว ก็ตั้งโครงเหล็กชั่วคราวบนBarrette Pileเพื่อรองรับการติดตั้งโครงสร้างคานขวาง ใช้รถเครนเคลื่อนที่ยกวางคานขวางที่ระดับชั้นจำหน่ายตั๋ว ซึ่งเป็นโครงสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปตัวยู เพื่อทำหน้าที่เป็นแบบหล่อไปในตัวสำหรับเทคอนกรีตหล่อในที่ให้เต็มก่อนที่อัดแรงทีหลัง และทำการวางคานตามยาว ซึ่งเป็นคานคอนกรีตสำเร็จรูปแบบอัดแรงก่อน พาดระหว่างคานขวาง และวางพื้นสำเร็จ และเทคอนกรีตในที่จนถึงระดับที่ต้องการของพื้นชั้นจำหน่ายตั๋ว

การก่อสร้างชั้นชานชาลาเริ่มจากการตั้งไม้แบบและเทคอนกรีตเสาจากชั้นจำหน่ายตั๋วไปใต้ชั้นชานชาลา ตั้งโครงเหล็กชั่วคราวเพื่อรองรับการติดตั้งโครงสร้างคานขวางวางคานขวางของชั้นชานชาลาแบบคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปอัดแรงทีหลัง และทำการเทคอนกรีตในที่พอกเพื่อปรับระดับหลังคาน แล้ววางคานตามยาว ซึ่งเป็นคานคอนกรีตสำเร็จรูปแบบอัดแรงก่อนพาดระหว่างคานขวาง จากนั้นจึงเทคอนกรีตในที่จนถึงระดับที่ต้องการของพื้นชั้นชานชาลา

ในส่วนการก่อสร้างโครงสร้างทางวิ่งช่วงที่อยู่ภายในสถานี เริ่มจากการวางโครงสร้างทางวิ่งคอนกรีตรูปกล่องคู่สำเร็จรูปแบบอัดแรงก่อนพาดระหว่างคานขวาง เทคอนกรีตในที่เชื่อมระหว่างกล่อง และเทพื้นคอนกรีตเชื่อมระหว่างปีกของกล่อง

การก่อสร้างโครงหลังคาเริ่มจากการวางโครงเหล็กหลักของหลังคาบนชั้นชานชาลายึดกับโครงสร้างด้วย Anchor Bolt แล้ววางแประหว่างโครงเหล็กหลัก

การก่อสร้างโครงสร้างทางเดินเชื่อมต่อสถานีก็สามารถกระทำได้ในเวลาเดียวกันโดยการเตรียมฐานรากเข็มเจาะแล้ววางโครงสร้างเหล็ก โดยจุดเชื่อมต่อกับโครงสร้างหลักของสถานีจะมีลักษณะเป็น Expansion Joint

3.9.3 ศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Structure Construction Methodology)

งานวิศวกรรมโครงสร้างของพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ประกอบด้วยงานหลัก 2 ส่วน ได้แก่ งานอาคารที่ก่อสร้างอยู่บนฐานรากเสาเข็มของตนเองและก่อสร้างอยู่บนโครงสร้างยกระดับ (Platform) และพื้นที่ใช้งานของศูนย์ซ่อมบำรุงส่วนที่อยู่บนโครงสร้างยกระดับ (Platform)

1) อาคาร

อาคารบริหาร (Administration Building) ซึ่งจะมีศูนย์ควบคุมการเดินรถ (OCC) อยู่ภายในอาคารสถานีไฟฟ้าย่อย (Bulk Substation) อาคารโรงซ่อมหลัก (Main Workshop) อาคารจอดเก็บขบวนรถ (Stabling Building) อาคารซ่อมบำรุงงานโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Maintenance Workshop) และอาคารป้อมยามรักษาความปลอดภัย มีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ วางอยู่บนฐานรากเสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จของตนเอง

ส่วนอาคารโรงล้างขบวนรถไฟฟ้า (Train Wash Plant Building) อาคารโรงกลึงล้อ (Wheel Reprofiling Plant Building) อาคารโรงบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment Plant Building) อาคารเก็บวัสดุอันตราย (Hazardous Material Store) และอาคารย่อยอื่น ๆ มีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ วางอยู่บนโครงสร้างยกระดับ (Platform) สำหรับโครงหลังคาและพื้นทางเดินของงานบำรุงรักษาเป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ รูปแบบของโครงสร้างเป็นระบบพื้นคานที่ใช้กันโดยทั่วไป

วิธีการก่อสร้างเริ่มจากการปรับพื้นที่ให้ได้ระดับที่ต้องการ ตอกเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จตามตำแหน่งที่กำหนด ตัดแต่งหัวเสาเข็มตามระดับที่ต้องการ หล่อฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก หล่อคานคอนกรีตเสริมเหล็ก หล่อพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก และหล่อเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้วยคอนกรีตผสมเสร็จ จากนั้นจึงยกติดตั้งโครงหลังคาเหล็กด้วยรถเครนอาคารที่ตั้งอยู่ภายในพื้นที่โครงสร้างยกระดับ (Platform) และมีฐานรากของตนเองจะมี Expansion Joint โดยรอบเพื่อแยกโครงสร้างของอาคารกับพื้นที่โครงสร้างยกระดับ

2) พื้นที่โครงสร้างยกระดับ (Platform)

ในบริเวณพื้นที่โครงสร้างยกระดับ ซึ่งเป็นพื้นคอนกรีตยกระดับที่มีความสูงจากดินเดิมประมาณสี่เมตรหรือมากกว่า วิธีการก่อสร้างเริ่มจากการปรับพื้นที่ให้ได้ระดับที่ต้องการ ตอกเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ ตามตำแหน่งที่กำหนด ตัดแต่งหัวเสาเข็มตามระดับที่ต้องการ จากนั้นจึงหล่อพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก การหล่อพื้นคอนกรีตสามารถทำได้โดยจัดแบบหล่อพื้นให้วางอยู่บนแท่นรองรับชั่วคราวที่ยึดแน่นรอบหัวเสาเข็มตอก น้ำหนักของแบบหล่อพื้น และน้ำหนักของคอนกรีตสดจะถ่ายตรงไปยังเสาเข็มตอก เมื่อกำลังอัดของคอนกรีตพื้นขึ้นสูงถึงค่าที่ยอมให้จึงถอดแบบหล่อพื้นนำไปใช้ในบริเวณอื่น ๆ ต่อไป

3.10 งานจัดทำแผนและขั้นตอนการก่อสร้าง (Construction Schedule and Sequences)

3.10.1 แผนการก่อสร้าง

แผนการก่อสร้างได้สรุปรวมไว้ในบทที่ 7: แผนดำเนินงานโครงการโดยรวม (Overall Project Implementation Program)

3.10.2 ขั้นตอนการก่อสร้าง

ขั้นตอนการก่อสร้างงานหลักๆของโครงการ มีดังนี้

3.10.2.1 โครงสร้างทางวิ่งยกระดับช่วงทั่วไป

โครงสร้างทางวิ่งยกระดับช่วงทั่วไป ซึ่งพาดผ่านถนนที่ใช้สัญจรด้านล่าง ลักษณะการก่อสร้างงานโยธาเริ่มต้นด้วยงานเสาเข็มเจาะ ตามด้วยการก่อสร้างฐานราก เสา และติดตั้งคานหล่อสำเร็จรูปกล่องซึ่งเป็นส่วนของทางวิ่งเป็นลำดับสุดท้าย

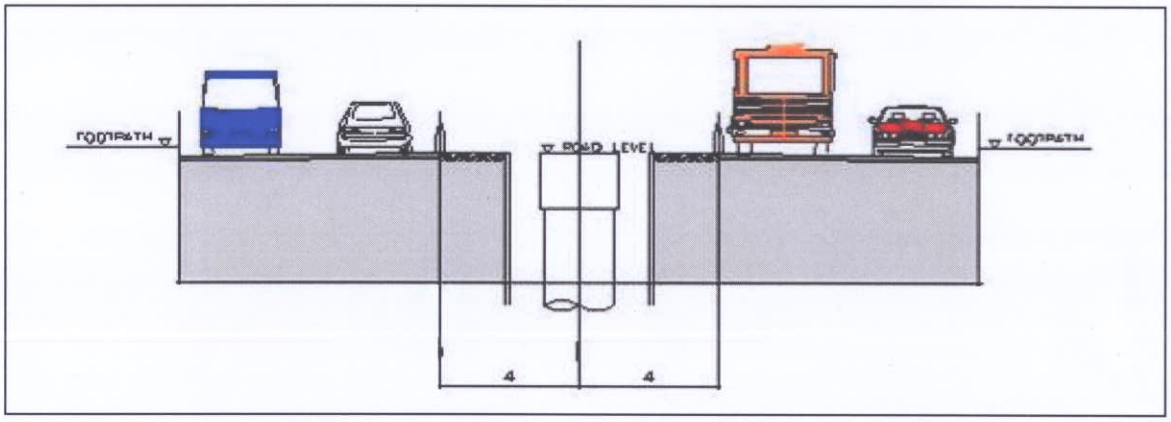
เนื่องจากการก่อสร้างเสาเข็มเจาะและการยกติดตั้งคานหล่อสำเร็จรูป มีการขุดเปิดหน้าดินและกลบซึ่งมีผลกระทบต่อการจราจร จึงจำเป็นต้องใช้ช่องทางจราจรบางส่วนในการก่อสร้างระบบกันดินและเสาเข็มเจาะ โดยกำหนดมาตรการลดผลกระทบด้านจราจรดังนี้

1. ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดทำแผนการจราจรรอบๆพื้นที่ก่อสร้าง และเสนอแนะเส้นทางอื่นเพื่อหลีกเลี่ยงบริเวณก่อสร้าง
2. ควบคุมวินัยการใช้พื้นที่ก่อสร้างให้กีดขวางการจราจรน้อยที่สุด โดยจัดการเบี่ยงการจราจร และมีป้ายบอกเขตพื้นที่ก่อสร้าง
3. เมื่อมีการปรับเปลี่ยนเส้นทางจราจรต้องประชาสัมพันธ์และติดต่อประสานงานกับทุกๆฝ่ายที่เกี่ยวข้อง
4. วางแผนการจัดการจราจรระหว่างการก่อสร้างให้สอดคล้องกับแผนงาน ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างโครงสร้างทางวิ่ง ซึ่งจะมีการแบ่งขั้นตอนการก่อสร้างเป็นขั้นตอนย่อย ๆ เพื่อให้มีผลกระทบต่อการจราจรในระหว่างการก่อสร้างน้อยที่สุด โดยมีปัจจัยสำคัญในการพิจารณา เช่น ความสามารถในการรองรับการจราจรก่อนและระหว่างการก่อสร้าง การขนย้ายดิน การขนส่งวัสดุก่อสร้าง ความปลอดภัย เป็นต้น แผนการจัดการจราจรในระหว่างการก่อสร้างจะต้องได้รับการพิจารณาและเห็นชอบจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงในด้านนี้ เช่น สจร. กรุงเทพมหานครและสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เป็นต้น ก่อนดำเนินงานก่อสร้าง

ก) การก่อสร้างฐานราก

รูปแบบของเสาเข็มที่ใช้ในโครงการมีรูปแบบเป็นระบบเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่หนึ่งต้น หรือเสาเข็มสองต้นเรียงในแนวเดียวกัน โดยรูปแบบดังกล่าวส่งผลให้ Pile Cap มีขนาดไม่กว้างนัก โดยมีขนาดเล็กกว่าเกาะกลางถนน ซึ่งโดยทั่วไปกว้างประมาณ 4 เมตร สำหรับในจุดที่มีข้อจำกัดมากใช้วิธีการก่อสร้างเสาเข็มแบบ Barrett pile ที่ก่อสร้างโดยการใช้หัวตักดินแทนการใช้หัวเจาะ โดยมีลักษณะเป็นเข็มเหลี่ยมขนาดของหัวตักดินที่มีขนาดด้านแคบประมาณ 0.8 ถึง 1.0 ม. ข้อดีของระบบนี้คือใช้พื้นที่น้อยทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง สามารถเพิ่มขนาดของเสาเข็มได้โดยการตักเพิ่ม แต่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจะสูงกว่าเสาเข็มเจาะ สำหรับรูปแบบของเสาตอม่อนั้น รูปแบบทั่วไปมีลักษณะเป็นรูปแบบเสาเดียวซึ่งมีความสะดวกและรวดเร็วในการก่อสร้าง ยกเว้นในบางพื้นที่ที่แนวศูนย์กลางของทางวิ่งไม่ได้อยู่ในแนวเกาะกลางถนนจะใช้โครงสร้างแบบ Portal แทนรูปแบบโครงสร้างเสาเดี่ยว โดยขั้นตอนการก่อสร้างต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

การก่อสร้างเสาเข็ม ฐานรากและเสาตอม่อนั้น สำหรับงานก่อสร้างทางวิ่ง เริ่มด้วยทำการขุดเปิดหน้าดินประมาณ 4 เมตร โดยมีระยะเผื่อไว้สำหรับการทำงานอีกข้างละ 2 เมตร ทำให้ต้องการพื้นที่สำหรับก่อสร้างประมาณ 8 เมตร โดยล้ำเข้ามาบริเวณผิวจราจรช่องขวาสุดประมาณ 2 เมตร ซึ่งส่งผลให้ถนนบริเวณที่ทำการก่อสร้างเหลือผิวจราจรอยู่จำนวน 4 ช่องจราจร (2 ช่องจราจรต่อทิศทาง) โดยระยะเวลาในการใช้พื้นที่ผิวจราจร สำหรับงานก่อสร้างในส่วนนี้ใช้เวลาประมาณ 45 วัน โดยแบ่งเป็นงานเสาเข็ม 28 วัน งานตอม่อ 5 วัน งานเสารองรับทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้า 3 ท่อนๆ ละ 3 วัน และเผื่อการทำงานอีก 3 วัน โดยการใช้พื้นที่การก่อสร้างนี้จะปิดตลอดความยาวในเฟสก่อสร้างนั้นๆ โดยทั่วไปประมาณไม่เกิน 150 เมตร



รูปที่ 3.10.2-1 พื้นที่สำหรับการก่อสร้างเสาเข็ม ฐานรากและเสาตอม่อ

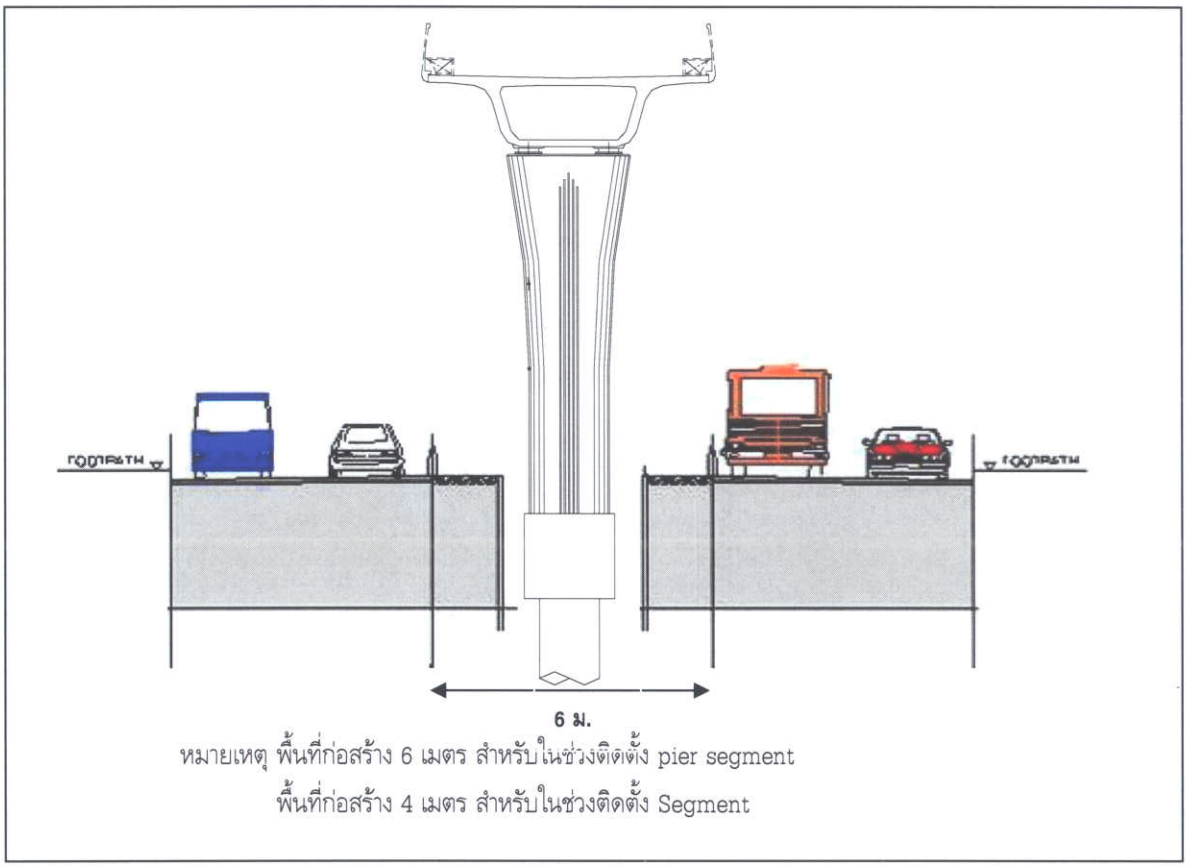
สำหรับขั้นตอนการก่อสร้างโครงสร้าง portal ซึ่งมีตำแหน่งของเสาในแนวทางเท้านั้น ทำการก่อสร้างโดยปิดช่องการจราจรฝั่งทางเท้าเพื่อทำโครงสร้างฐานรากและเสาซึ่งจะใช้พื้นที่ก่อสร้างกว้างประมาณ 8 เมตร และจะสลับทำที่ละฝั่งเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการจราจร จากนั้นก่อสร้างเสาและติดตั้งแบบหล่อคานของ Portal ซึ่งติดตั้งในเวลากลางคืน โดยจะมีการปิดการจราจรบนถนนเป็นระยะเวลาสั้นๆ ขณะยกโครงแบบหล่อขึ้นติดตั้งประมาณ 1-2 ชม. เพื่อความปลอดภัย จากนั้นจึงหล่อคานกรีตแล้วอัดแรงเมื่อคอนกรีตคานได้กำลังตามที่ออกแบบไว้

ข) ขั้นตอนการติดตั้ง Precast Segmental Box Girder ช่วงปกติทั่วไป ชนิดสะพาน3ช่วงต่อเนื่อง (3-span continuous)

การก่อสร้าง viaduct รองรับทางวิ่งรถไฟฟ้าสำหรับช่วงปกติจะแบ่งเป็น 2 ส่วน

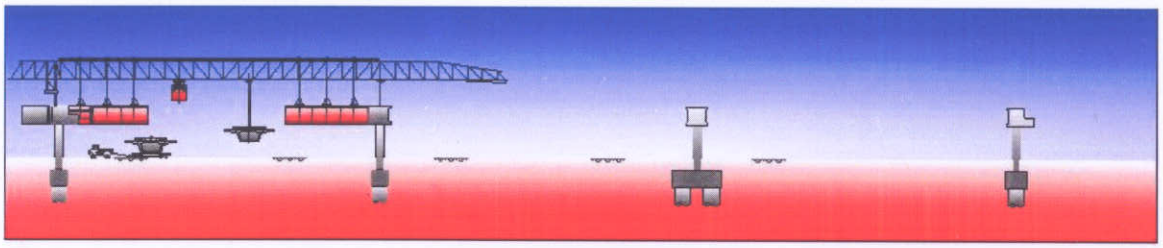
ส่วนที่ 1 ในช่วงติดตั้ง/หล่อ pier segment ซึ่งใช้พื้นที่ก่อสร้างประมาณ 6 เมตรโดยบีบช่องจราจรช่องขวาสุดข้างใดข้างหนึ่งเป็นช่วงๆ เพื่อติดตั้งแบบหล่อ pier segment และหล่อคอนกรีต pier segment ช่วงนี้ใช้เวลาประมาณ 7 วัน งานก่อสร้างทั้งหมดอยู่บน platform ที่ออกแบบโดยเฉพาะเพื่อความปลอดภัยขณะมีการทำงานและลดการรบกวนการจราจรด้านล่าง การก่อสร้างส่วนนี้สามารถดำเนินการล่วงหน้าไปได้ก่อนโดยไม่ต้องรอกระบวนการก่อสร้างถัดไป

ส่วนที่ 2 เป็นการติดตั้งคานสะพานโดยใช้พื้นที่ก่อสร้างกว้างประมาณ 4 เมตร เพื่อความปลอดภัยขณะหล่อ closure joint และขณะดึงลวด ในขั้นนี้สามารถปรับแต่งผิวจราจรให้คืนสภาพไปพร้อม ๆ กันได้ ซึ่งเมื่อติดตั้งคานสะพานแล้วเสร็จสามารถคืนผิวจราจรได้ทันที



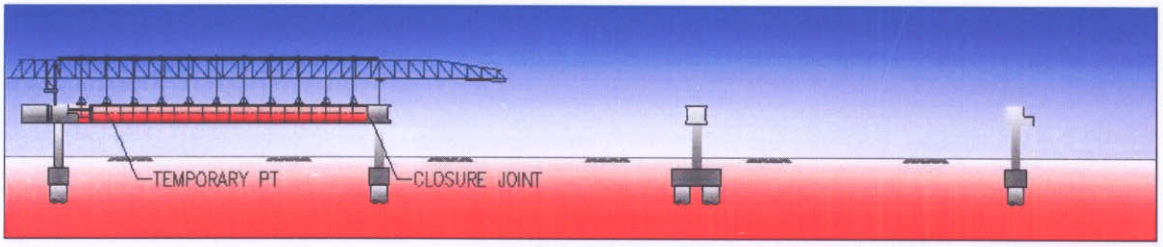
หมายเหตุ พื้นที่ก่อสร้าง 6 เมตร สำหรับในช่วงติดตั้ง pier segment
พื้นที่ก่อสร้าง 4 เมตร สำหรับในช่วงติดตั้ง Segment

รูปที่ 3.10.2-2 พื้นที่สำหรับการติดตั้ง Precast Segmental Box Girder



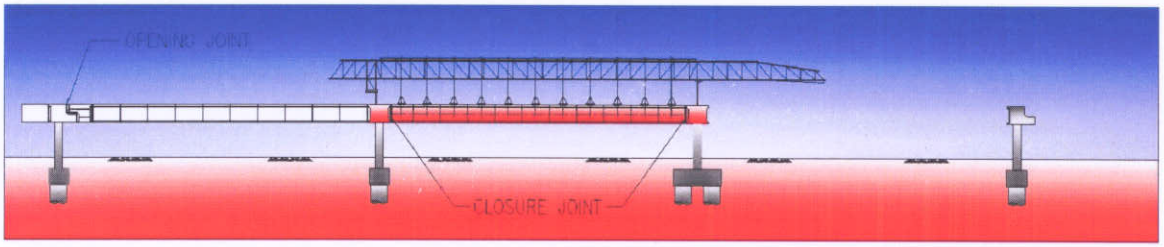
ขั้นตอนที่ 1

- ก่อสร้างเสาตอม่อ(pier) และคานหัวเสา(pier segment)ล่วงหน้าไปก่อน
- ติดตั้งโครงเหล็กประกอบชิ้นส่วนคานสะพาน(Launching truss) ณ ตำแหน่งเริ่มต้น
- ขนส่งท่อนชิ้นส่วนพื้นสะพาน(precast segment)จากด้านล่างและยกขึ้นเพื่อประกอบด้วย Suspension Cables



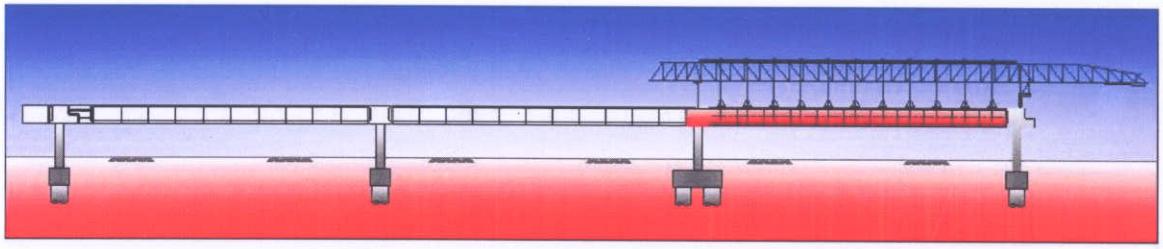
ขั้นตอนที่ 2

- ดึงลวดอัดแรงชั่วคราว(temporary pretensioning) เพื่อให้ชิ้นส่วนพื้นสะพานยึดติดกันด้วย epoxy เป็นอย่างดี
- หล่อ closure joint
- ดึงลวดอัดแรงเพียงพอสำหรับให้สะพานช่วงแรกคงตัวอยู่ได้ขณะก่อสร้างช่วงถัดไป ปลด Suspension Cables ออก



ขั้นตอนที่ 3

- เลื่อนโครงเหล็กประกอบชิ้นส่วนคานสะพานไปยังสะพานช่วงถัดไป
- ประกอบชิ้นส่วนพื้นสะพาน
- หล่อ closure joint
- ดึงลวดอัดแรงเพียงพอสำหรับให้สะพานช่วงนี้คงตัวอยู่ได้ขณะก่อสร้างช่วงถัดไปและดึงลวดอัดแรงส่วนที่เหลือของช่วงแรก ปลด Suspension Cables ออก



ขั้นตอนที่ 4

- เลื่อนโครงเหล็กประกอบชิ้นส่วนคานสะพานไปยังสะพานช่วงถัดไป
- ประกอบชิ้นส่วนพื้นสะพาน
- หล่อ closure joint
- ดึงลวดอัดแรงทั้งหมดของสะพานช่วงนี้และลวดอัดแรงส่วนที่เหลือของช่วงที่ผ่านมา

3.10.2.2 โครงสร้างทางวิ่งยกระดับช่วงพิเศษ

ตำแหน่งก่อสร้างทางวิ่งยกระดับที่มีวิธีการก่อสร้างพิเศษ มี 4 ตำแหน่ง ได้แก่

ก) ช่วงข้ามคลองบางเขน (ตลาดยิ่งเจริญ)
ข) ช่วงข้ามคลองสอง
ค) ช่วงข้ามคลองสามและคลองสี่
ง) ช่วงข้ามคลองห้า

ก.) ช่วงข้ามคลองบางเขน (ตลาดยิ่งเจริญ)

จากผลการคัดเลือกรูปแบบของโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับทางวิ่งยกระดับช่วงข้ามคลองบางเขนพบว่ารูปแบบที่เหมาะสมมีลักษณะเป็นทางวิ่งรถไฟฟ้าแบบคานยื่นสมดุล (Balance Cantilever) ช่วงสะพาน 60 เมตร โดยในการก่อสร้างจะต้องทำการปรับสะพานเดิมบริเวณกลางถนนโดยรื้อคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวไอออก 1 ตัว เพื่อให้สามารถนำตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้าสอดลงไปได้ โดยมีขั้นตอนในการก่อสร้างแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1) ขยายช่องการจราจร และสร้างทางเท้าเพิ่ม จากกึ่งกลางสะพานไปทางด้านสี่แยกกองพลาธิการทหารอากาศ ในช่องทางเดินรถขาออกนอกเมือง โดยมีขั้นตอนการก่อสร้าง ดังนี้

1.1) สร้างโครงสร้างเหล็กทางเท้าเพิ่ม ขนานและติดกับแนวฟุตบาทเดิม โดยมีความกว้าง 2.5 เมตร จากกลางสะพานไปทางด้านสี่แยกกองพลาธิการทหารอากาศ ความยาวประมาณ 85 เมตร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- ระบบโครงสร้างฐานรากเป็นโครงสร้างค.ส.ล. โดยใช้เสาเข็มเจาะ เนื่องจากพื้นที่ก่อสร้างค่อนข้างจำกัดและคับแคบ การใช้ปั้นจั่นตอกเสาเข็มค่อนข้างไม่สะดวกและลำบาก
- ตอม่อเป็นโครงสร้าง ค.ส.ล. และต่อด้วยเสาเหล็ก
- Steel Main Truss มี 2 แนว โดย Span ของ Truss จะมีความยาว 30 เมตร และ 20 เมตร และ Depth ของ Truss จะมีค่าประมาณ 2.00 เมตร เท่ากับความลึกของ I-Girder รวมกับความหนาของพื้นสะพาน
- Steel Sub Truss วางทุกๆ 3.0 เมตร สำหรับ Main Truss ที่มี Span = 30 เมตร และวางทุกๆ 2.0 เมตร สำหรับ Main Truss ที่มี Span = 20 เมตร
- พื้นทางเท้าเป็น Steel Checker Plate

1.2) รื้อแนว Concrete Barrier เดิม จากกึ่งกลางสะพานเพื่อเพิ่มพื้นที่ช่องทางการเดินรถอีกประมาณ 2.5 เมตร โดยใช้แนวฟุตบาทเดิมเป็นช่องการเดินรถ

1.3) ต่อแนวพื้นทางเท้าโครงสร้างเหล็กด้วยพื้นทางเท้าโครงสร้าง ค.ส.ล.

1.4) ทำแนว Concrete Barrier และราวรั้วเหล็กกันตกของทางเท้าใหม่

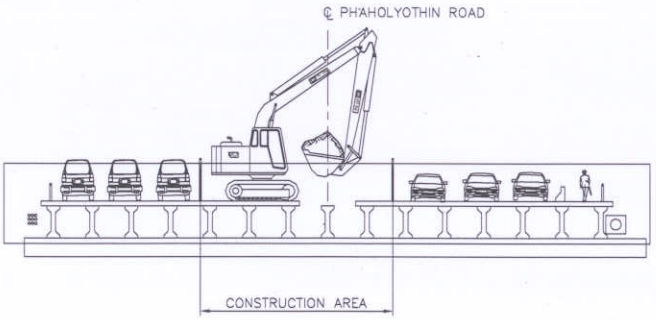
1.5) ย้ายแนวเสาไฟฟ้าและปรับปรุง งาน Utility อื่นๆ ให้สอดคล้องกับสภาพถนนใหม่ และทางเท้าใหม่

2) เปิดช่องพื้นและคานที่บริเวณเกาะกลางของสะพาน เพื่อให้เสาตอม่อของรถไฟฟ้าทะลุผ่าน มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

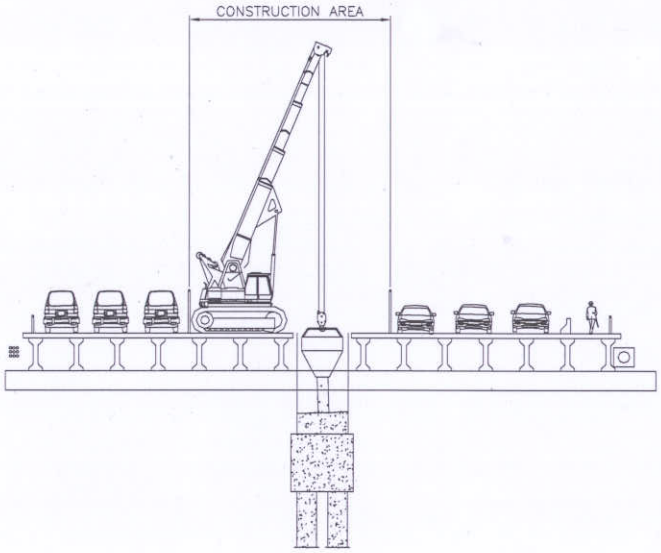
2.1) รื้อพื้นถนนและคาน I-Girder บริเวณช่วงเกาะกลางของสะพานกว้างประมาณ 4.0 เมตร ตลอดแนวความยาวของสะพาน

2.2) หลังจากดำเนินการสร้างเสาตอม่อของรถไฟฟ้าผ่านระดับถนนแล้วติดตั้งโครงสร้างคานหลักและคานซอยพร้อมกับShear Stud Connector เพื่อรับพื้นถนนใหม่

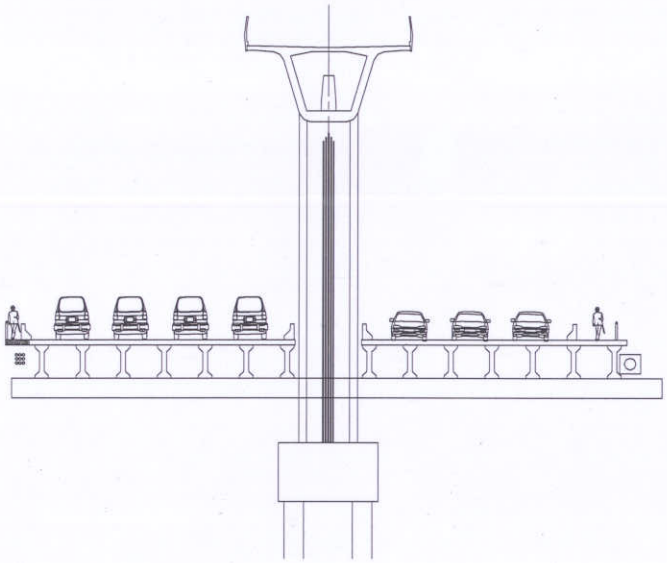
2.3) ทำโครงสร้างพื้นถนนแทนที่บริเวณที่ถูกรื้อออก และทำแนว CURB, Concrete Barrier ที่เกาะกลางถนนใหม่



การรื้อพื้นถนนและถอด Girder สะพาน



การรื้อพื้นถนนและถอด Girder สะพาน

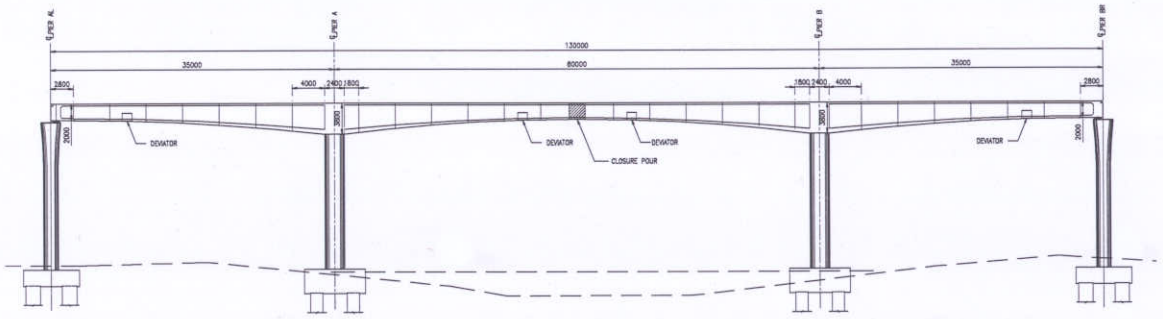


รูปตัดหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ

รูปที่ 3.10.2-3 รูปการใช้พื้นที่ในการก่อสร้างโครงสร้างทางยกระดับช่วงข้ามคลองบางเขน

ข.) ช่วงข้ามคลองสอง

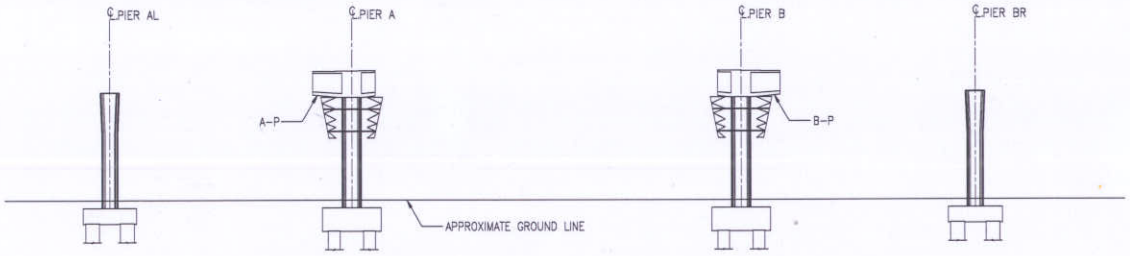
รูปแบบของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับช่วงข้ามคลองสอง เป็นโครงสร้างทางวิ่งแบบคานยื่นสมดุล (Balance Cantilever) ช่วงสะพาน 60 เมตร ซึ่งเป็นโครงสร้างทางวิ่งที่สามารถข้ามผ่านคลองสองได้โดยไม่มีตอม่อปักอยู่ในลำคลอง รูปแบบโครงสร้างข้ามคลองสองแสดงดังรูปที่ 3.10.2-4



รูปที่ 3.10.2-4 แสดงรูปแบบโครงสร้างทางวิ่งชนิด Balance Cantilever ข้ามคลองสอง

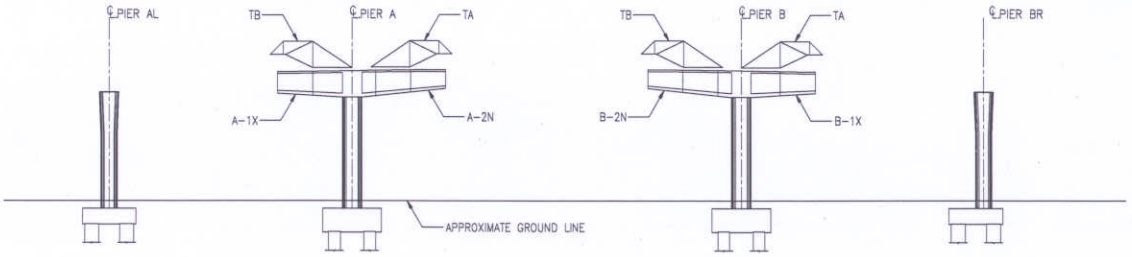
ขั้นตอนที่ 1

- ก่อสร้างฐานรากและเสาตอม่อ เสาเข็มเป็นชนิด Barrette เนื่องจากใช้พื้นที่ก่อสร้างน้อย และต้องการกำลังรับน้ำหนักที่สูง
- ติดตั้ง Falsework ที่ Pier A และ Pier B เพื่อหล่อ Pier Segment



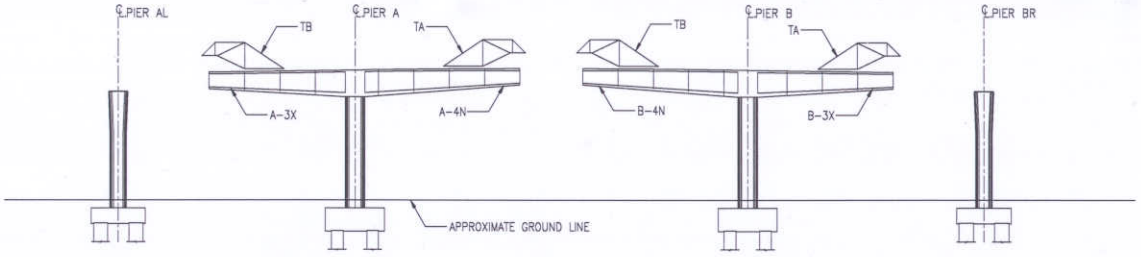
ขั้นตอนที่ 2

- เริ่มก่อสร้างคานสะพานด้วยวิธีคานยื่นสมดุลออกไปจาก Pier A และ Pier B



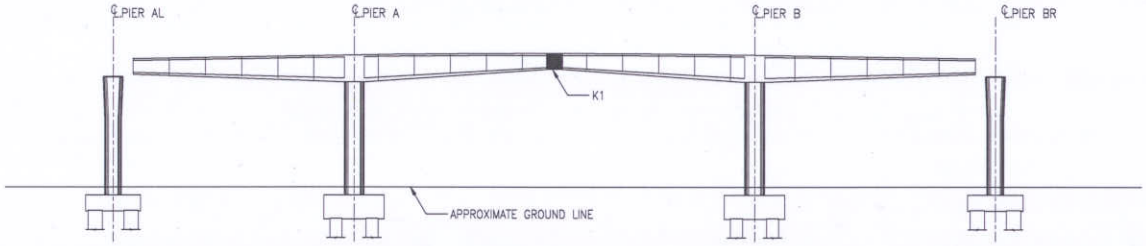
ขั้นตอนที่ 3

- ก่อสร้างคานสะพานยื่นออกไปเรื่อยๆ ที่ละชิ้นส่วน



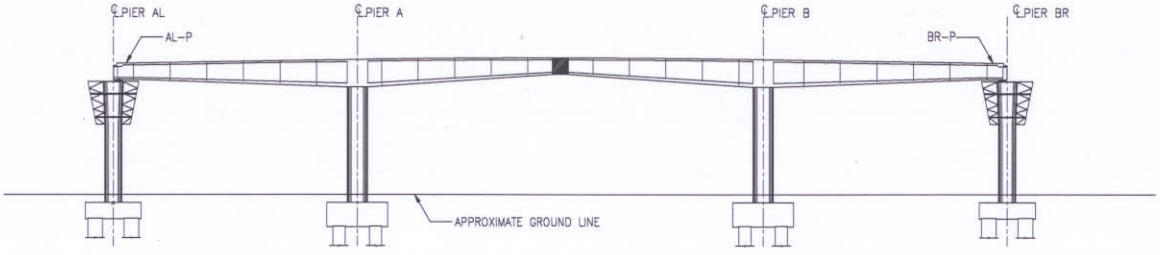
ขั้นตอนที่ 4

- ต่อเชื่อมคานสะพานช่วง A และช่วง B



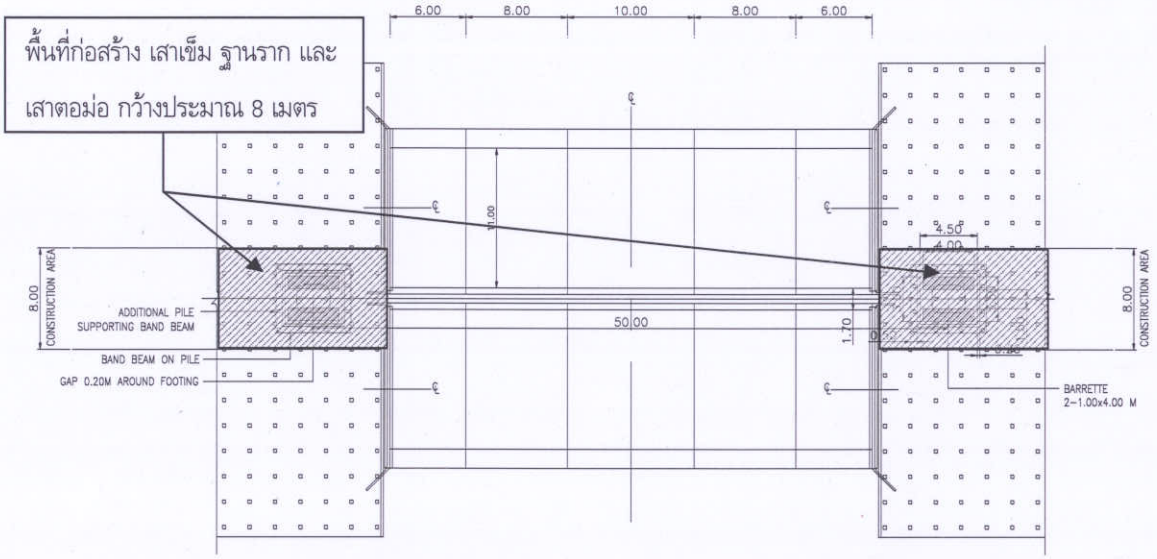
ขั้นตอนที่ 5

- ก่อสร้างสะพานช่วงต่อเชื่อมกับเสาตอม่อ AL และ BR

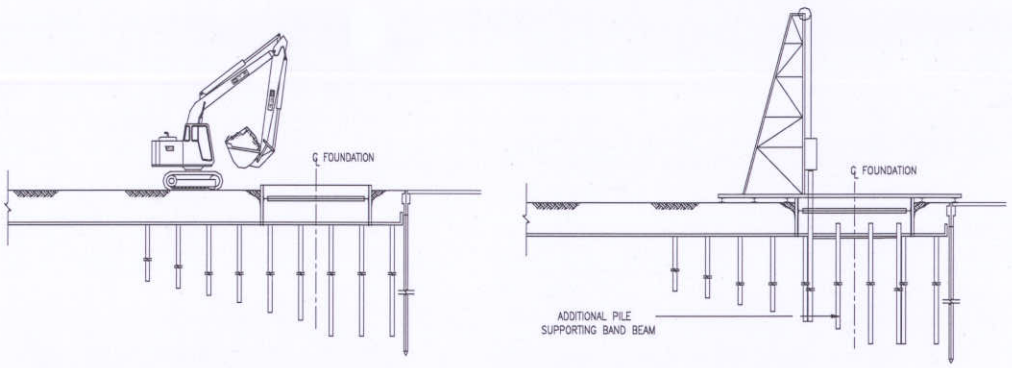


ค.) ช่วงข้ามคลองสามและคลองสี่

รูปแบบโครงสร้างสะพานข้ามคลองสามและคลองสี่บนถนนลำลูกกา มีลักษณะเป็นโครงสร้างทางวิ่งแบบคานยื่นสมดุล (Balance Cantilever) ช่วงสะพาน 50 เมตร ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีช่วงสะพานยาวเพียงพอที่สามารถคร่อมสะพานข้ามคลองสามและคลองสี่ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างสะพานเดิม โดยการก่อสร้างเสาเข็ม ฐานราก และเสาตอม่อรองรับทางวิ่งยกระดับมีความจำเป็นที่ต้องทำการรื้อโครงสร้าง Bearing Unit บริเวณดังกล่าวออก ซึ่งจะใช้พื้นที่ก่อสร้างกว้างประมาณ 8 เมตร เช่นเดียวกับการก่อสร้างเสาเข็ม ฐานรากและเสาตอม่อของโครงสร้างทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 3.10.2-5 และมีขั้นตอนการก่อสร้างดังแสดงในรูปที่ 3.10.2-6 สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างส่วนบน มีขั้นตอนการก่อสร้างเช่นเดียวกันกับโครงสร้างช่วงข้ามคลองสอง



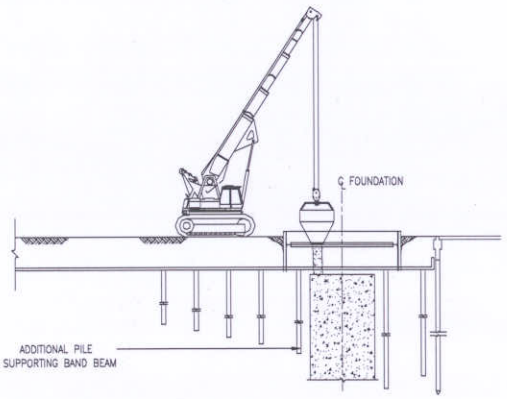
รูปที่ 3.10.2-5 พื้นที่สำหรับก่อสร้างโครงสร้างทางวิ่งยกระดับช่วงข้ามคลอง 3และคลอง 4



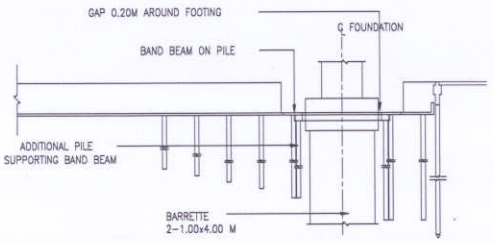
ขั้นตอนที่ 1 ทำการรื้อผิวจราจร, ตัดพื้น Bearing Unit ออกจากกัน และกั้นพื้นที่สำหรับการขุดเจาะดินเพื่อก่อสร้างตอม่อ

ขั้นตอนที่ 2 ทำการก่อสร้างตอม่อของ Band Beam เพื่อยึดพื้น Bearing Unit ไว้

รูปที่ 3.10.2-6 วิธีการก่อสร้างโครงสร้างวทางวิ่งยกระดับช่วงข้ามคลอง 3 และคลอง 4



ขั้นตอนที่ 3 ทำการก่อสร้างเสาเข็ม (Barrete Pile) ของตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้า



ขั้นตอนที่ 4 การก่อสร้าง Band Beam และตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้า และทำการก่อสร้างและปรับปรุงผิวจราจรในบริเวณที่กันพื้นที่สำหรับการก่อสร้าง

รูปที่ 3.10.2-6 (ต่อ) วิธีการก่อสร้างโครงสร้างวทางวิ่งยกระดับช่วงข้ามคลอง 3 และคลอง 4

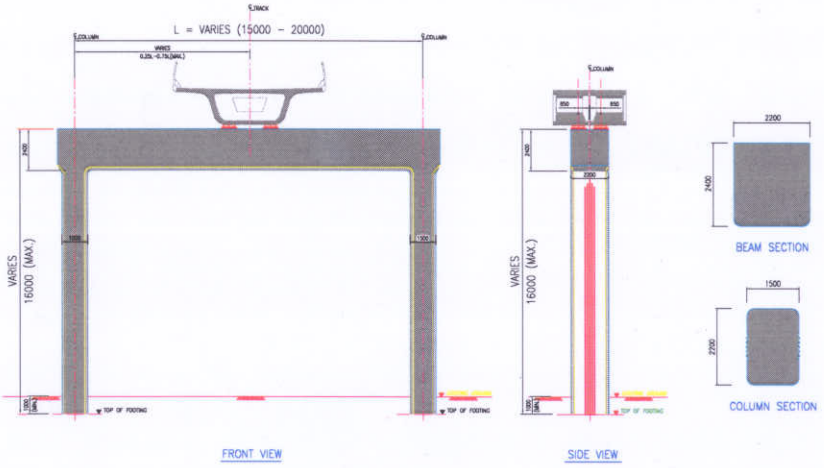
ง.) ช่วงข้ามคลองห้า

รูปแบบโครงสร้างสะพานข้ามคลองห้าซึ่งมีลักษณะเป็นโครงสร้างทางวิ่งช่วงพิเศษ ลักษณะเป็นแบบโครงสร้างทางวิ่งแบบคานยื่น (Balance Cantilever) ช่วงสะพาน 50 เมตร เช่นเดียวกับช่วงข้ามคลองสามและคลองสี่ โดยขั้นตอนการก่อสร้างมีรูปแบบเช่นเดียวกับการก่อสร้างบริเวณช่วงสะพานข้ามคลองบางเขน กล่าวคือ ต้องทำการรื้อโครงสร้างพื้นสะพานเดิมบริเวณเกาะกลางออกซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นสะพานแบบ Plank Girder เพื่อให้สามารถนำตอม่อทางวิ่งรถไฟฟ้าสอดลงไปได้ และต้องเจาะทะลุพื้นคอนกรีตของโครงสร้าง Bearing Unit บริเวณเชิงลาดสะพานด้วย เช่นกันกับการก่อสร้างโครงสร้างช่วงข้ามคลองสามและคลองสี่ ซึ่งงานเสาเข็มสามารถก่อสร้างได้ จึงไม่เป็นอุปสรรคในงานก่อสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า

3.10.2.3 ขั้นตอนการก่อสร้างโครงสร้าง Portal

โครงสร้าง portal นำมาใช้กรณีที่แนวศูนย์กลางทางวิ่งไม่ได้อยู่ในแนวเกาะกลางถนน ซึ่งต้องวางตำแหน่งเสาและฐานรากในแนวทางเท้า

ขั้นตอนการก่อสร้าง Portal ทำโดยปิดช่องการจราจรฝั่งทางเท้าเพื่อทำโครงสร้างฐานรากและเสาซึ่งใช้พื้นที่ก่อสร้างกว้างประมาณ 5 เมตร และสลับทำที่ละฝั่งเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการจราจร จากนั้นก่อสร้างเสา และติดตั้งแบบหล่อคานของ Portal ซึ่งติดตั้งในเวลากลางคืนเพราะต้องปิดการจราจรเป็นระยะเวลาสั้นๆขณะยกโครงแบบหล่อขึ้นติดตั้งประมาณ 1-2 ชม. เพื่อความปลอดภัย จากนั้นจึงหล่อคานกรีตแล้วอัดแรงเมื่อคอนกรีตคานได้กำลังตามที่ออกแบบไว้



รูปที่ 3.10.2-7 แสดงรูปแบบโครงสร้าง Portal แบบ 2 เสา

3.10.2.4 ขั้นตอนการก่อสร้างสถานีทั่วไป (Typical Station)

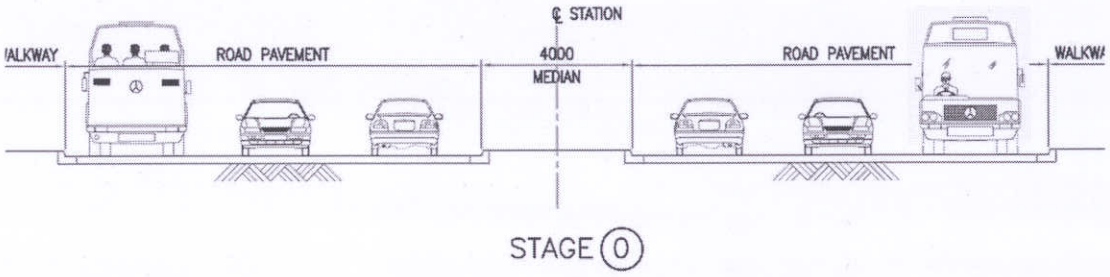
โครงสร้างสถานีเป็นโครงสร้างยกระดับ ซึ่งง่ายต่อการก่อสร้าง ราคาไม่สูงมาก และเป็นที่นิยมในกรณีที่แนวเส้นทางอยู่กึ่งกลางของถนนที่มีแนวเขตทางกว้างพอ อย่างไรก็ดี ระหว่างการก่อสร้างจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อการจราจรบนถนนพหลโยธิน ซึ่งหนาแน่นมากในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ดังนั้นการลำดับการก่อสร้างที่ใช้เวลาการก่อสร้างน้อย สามารถคืนพื้นที่ถนนได้รวดเร็วจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ

ผู้รับเหมาอาจเลือกวิธีการก่อสร้างที่แตกต่างออกไป ขึ้นกับความชำนาญ สถานที่และเครื่องจักรที่มีอยู่ โดยองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อแผนการก่อสร้างและขั้นตอนการก่อสร้าง ได้แก่

- การจัดเบี่ยงการจราจรบริเวณสถานี เพื่อก่อสร้างฐานรากของสถานี
- การประสานงานกับสถานี และระหว่างสถานีถึงสถานี
- ความยากง่ายในการขนย้ายวัสดุ ไปยังพื้นที่ก่อสร้างสถานี
- ความยากง่ายในการติดตั้ง และใช้งานอุปกรณ์เครื่องจักร ในพื้นที่ที่มีอยู่จำกัดของบริเวณก่อสร้างสถานี

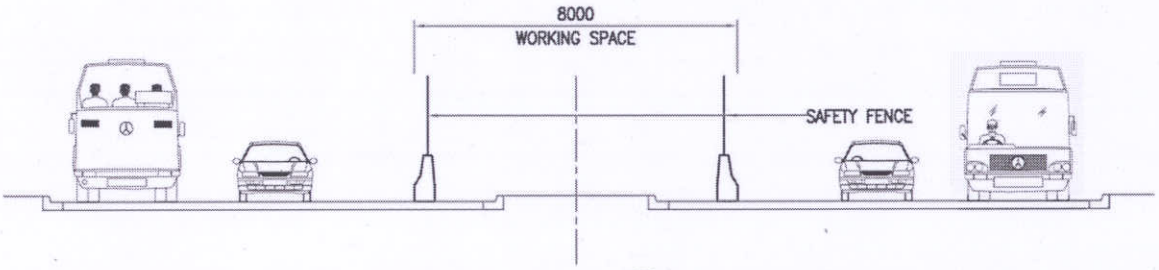
ลำดับการก่อสร้างโครงสร้างสถานีทั่วไป เป็นตามขั้นตอนดังนี้

1. ปรับการจราจร ปิดกั้นบริเวณ ปรับย้ายสาธารณูปโภคบริเวณสถานี
2. นำรถขุดเข้าบริเวณ เพื่อทำ Barrette Pile โดยเริ่มจากตอก sheet pile รอบแนว barrette pile ขุดเจาะหลุมสำหรับ Barrette Pile จนถึงระดับที่ต้องการ
3. ยกตะแกรงเหล็กของเข็ม Barrette Pile มาวางในหลุมเจาะ เทคอนกรีตจนถึงระดับที่ต้องการ
4. วางตะแกรงเหล็กเสา ตั้งแบบ เทคอนกรีตเสาสถานีจนถึงระดับท้องคานขวางของชั้นจำหน่ายตั๋ว
5. เมื่อคอนกรีตเสามีกำลังถึงระดับที่ต้องการ วางคานหล่อสำเร็จตามขวางรูปตัวยู เทคอนกรีตให้เต็มร่องคาน พอคอนกรีตมีกำลังถึงระดับ ดึงลวดอัดแรงให้ได้ตามค่าที่กำหนด
6. เมื่อก่อสร้างเสาและคานตามขวางระดับพื้นชั้นจำหน่ายตั๋วจากขั้นตอน 2-4 เสร็จพร้อมสองตัว จึงสามารถวางคานหล่อสำเร็จตามยาวพาดระหว่างคานตามขวาง วางแผ่นพื้นสำเร็จ เทคอนกรีตทับหน้า
7. วางเหล็กเสา ตั้งแบบเสาคู่ระดับพื้นชั้นจำหน่ายตั๋ว เทคอนกรีตถึงระดับท้องคานตามขวางของชั้นชานชาลา
8. วางคานหล่อสำเร็จตามขวาง เทคอนกรีตในที่พอกจนได้ระดับที่ต้องการ
9. เมื่อเสาและคานตามขวางพร้อมถึงระดับพื้นชานชาลาสองตัว วางคานหล่อสำเร็จตามยาวรูปกล่องซึ่งเป็นส่วนทางวิ่งระหว่างคานตามขวาง เทคอนกรีตเชื่อมปลายคานกล่อง
10. ขณะเดียวกัน วางคานหล่อสำเร็จตามยาวส่วนพื้นชานชาลา วางพื้นสำเร็จระหว่างคาน เทคอนกรีตพื้นชานชาลา
11. ติดตั้งโครงสร้างหลังคาเหล็ก และองค์ประกอบของโครงสร้างหลังคาที่เหลือ
12. ในส่วนโครงสร้างของบันได บันไดเลื่อน รวมถึงทางเดินเชื่อมต่อ จะเป็นโครงสร้างแยกต่างหาก สามารถดำเนินการไปพร้อมกับโครงสร้างของสถานี เพียงแต่จะต้องรอโครงสร้างพื้นชั้นจำหน่ายตั๋วเสร็จเพื่อเชื่อมโครงสร้างสองส่วนเข้าด้วยกัน



STAGE (0)

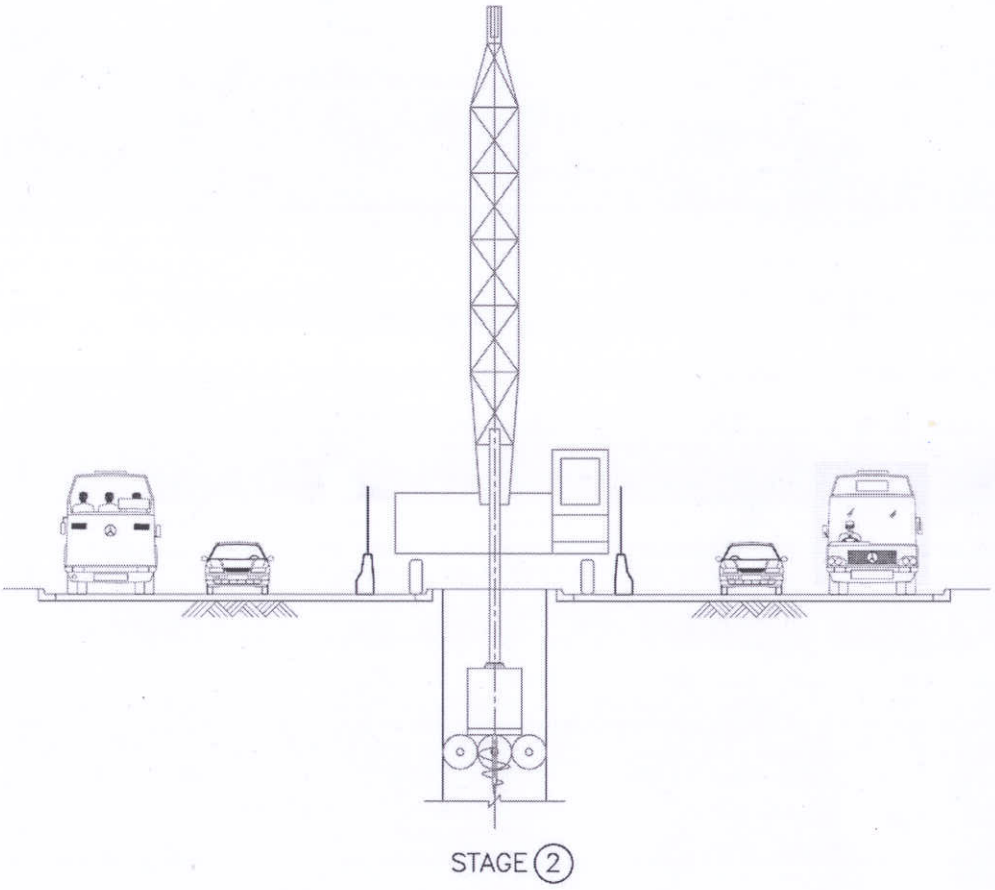
ขั้นตอน 0 สภาพก่อนการก่อสร้าง



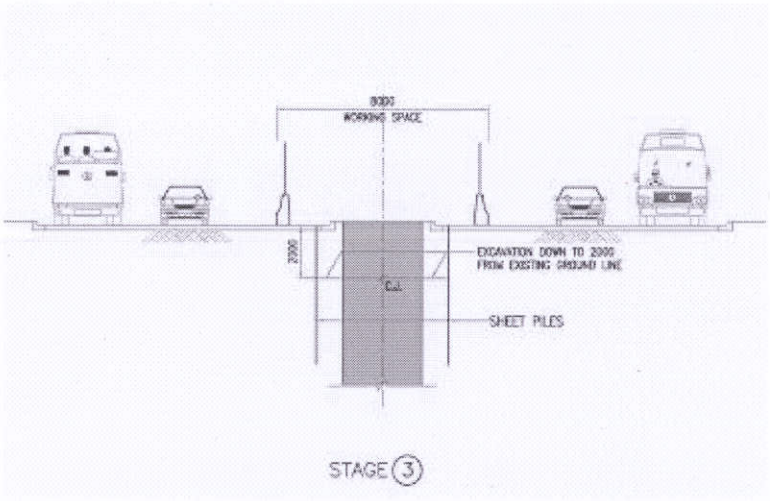
STAGE (1)

ขั้นตอน 1 สร้างรั้วกั้นแล้วทำการย้ายสาธารณูปโภคใต้ดิน

รูปที่ 3.10.2-8 ขั้นตอนการก่อสร้างสถานีทั่วไป

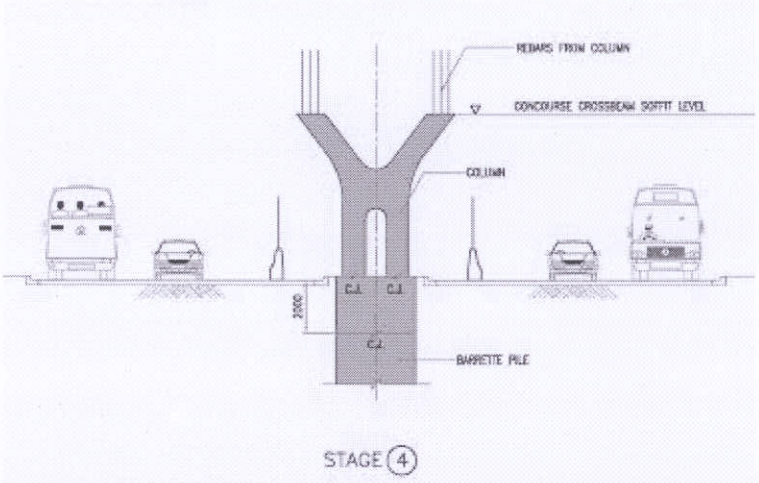


ขั้นตอน 2 เจาะทำ Barrette Pile

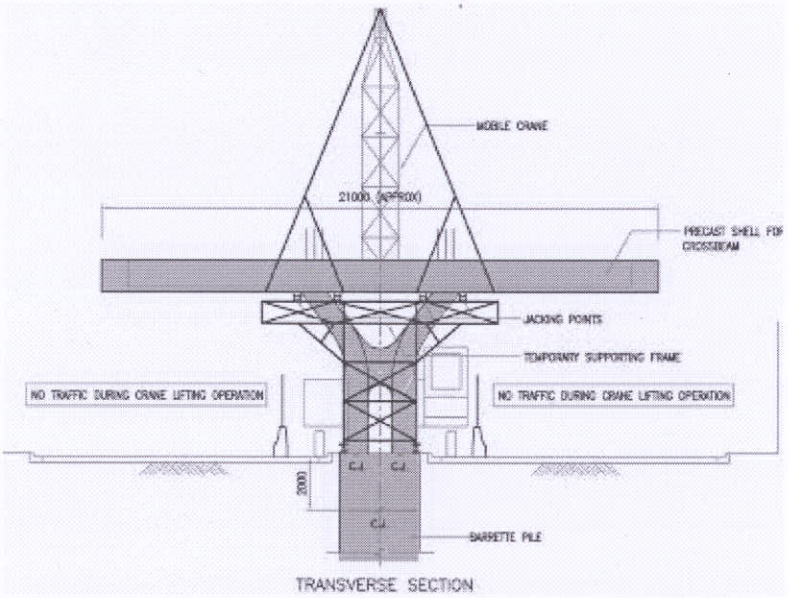


ขั้นตอน 3 หล่อคอนกรีตpileแล้วทำ pile cutoff เพื่อสกัดเอาคอนกรีตคุณภาพไม่ดีออก

รูปที่ 3.10.2-8 (ต่อ) ขั้นตอนการก่อสร้างสถานีทั่วไป

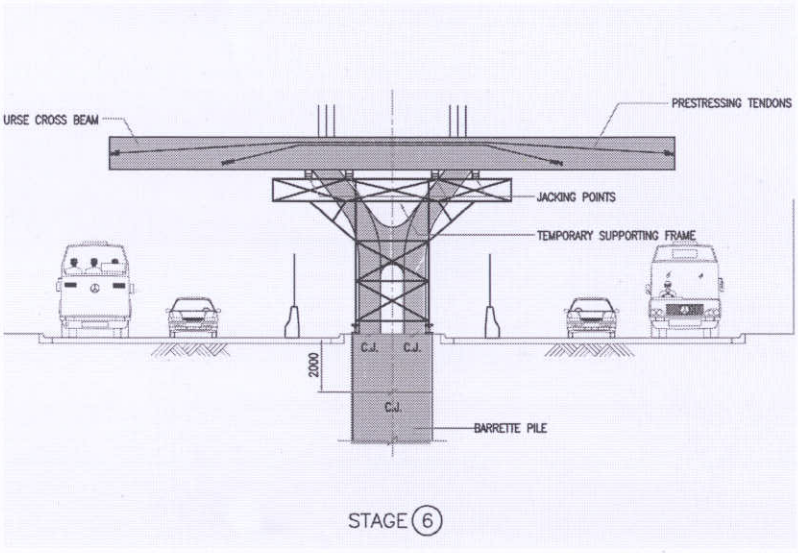


ขั้นตอน 4 ตั้งแบบเทคอนกรีตเสาในที่จนถึงระดับใต้คานตามขวาง

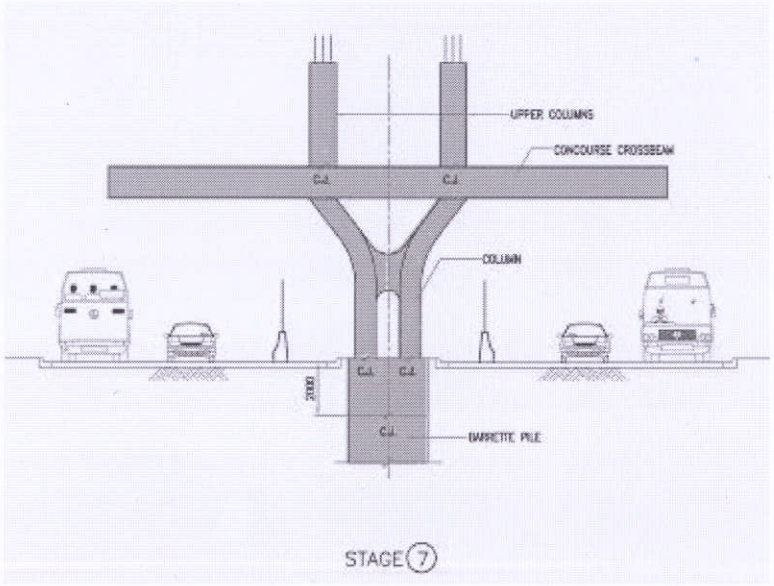


ขั้นตอน 5 ตั้งฐานรองรับ ยกตานตามขวางหล่อสำเร็จวางบนฐาน ปรับระดับ ขั้นตอนนี้ต้องปิดถนนประมาณ1-2 ชม.

รูปที่ 3.10.2-8 (ต่อ) ขั้นตอนการก่อสร้างสถานีทั่วไป

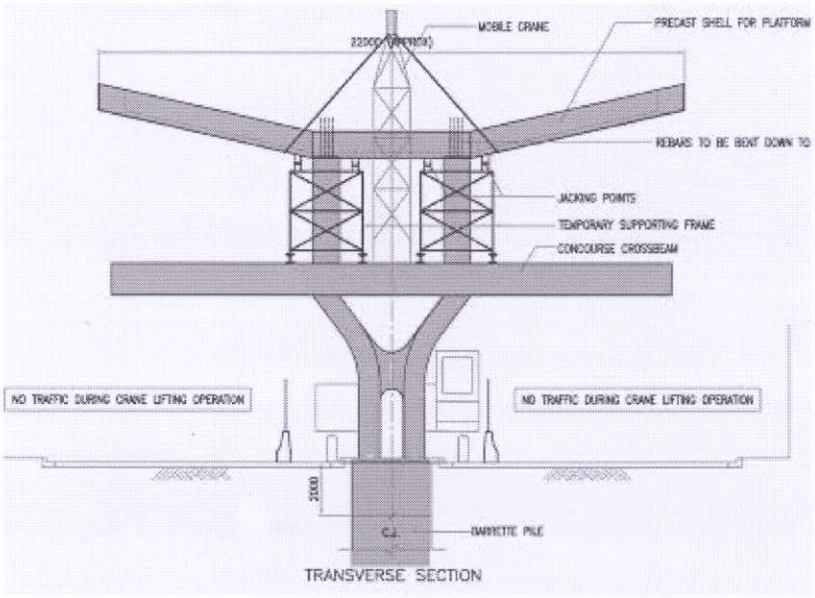


ขั้นตอน 6 เทคอนกรีตหล่อในที่ให้เต็มหน้าตัด บนคอนกรีตหล่อสำเร็จที่เสมือนเป็นไม้แบบ เมื่อคอนกรีตได้กำลังตามต้องการ ก็ทำการดึงลวดอัดแรง

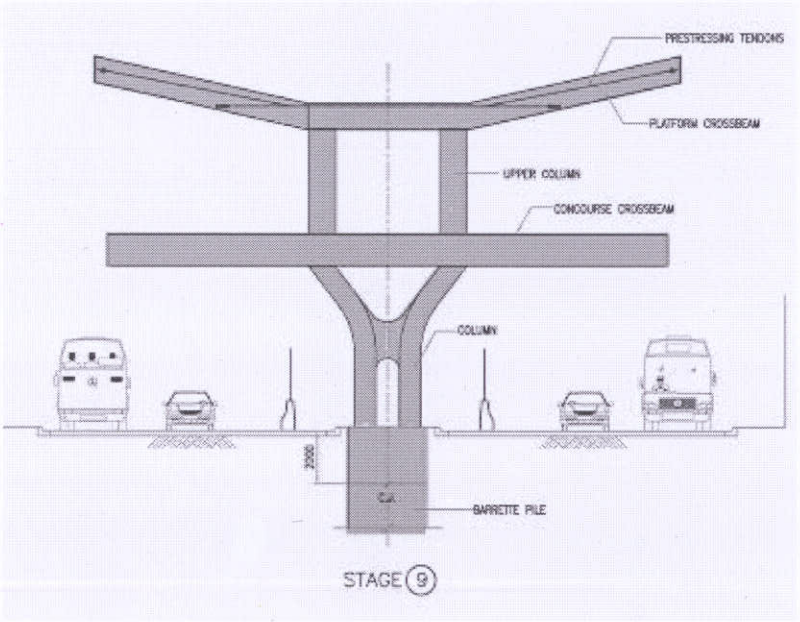


ขั้นตอน 7 ถอดฐานรองรับออก หล่อคอนกรีตเสาของชั้นจำหน่ายตั๋วจนถึงท้องคานขวางของชั้นชานชาลา

รูปที่ 3.10.2-8 (ต่อ) ขั้นตอนการก่อสร้างสถานีทั่วไป

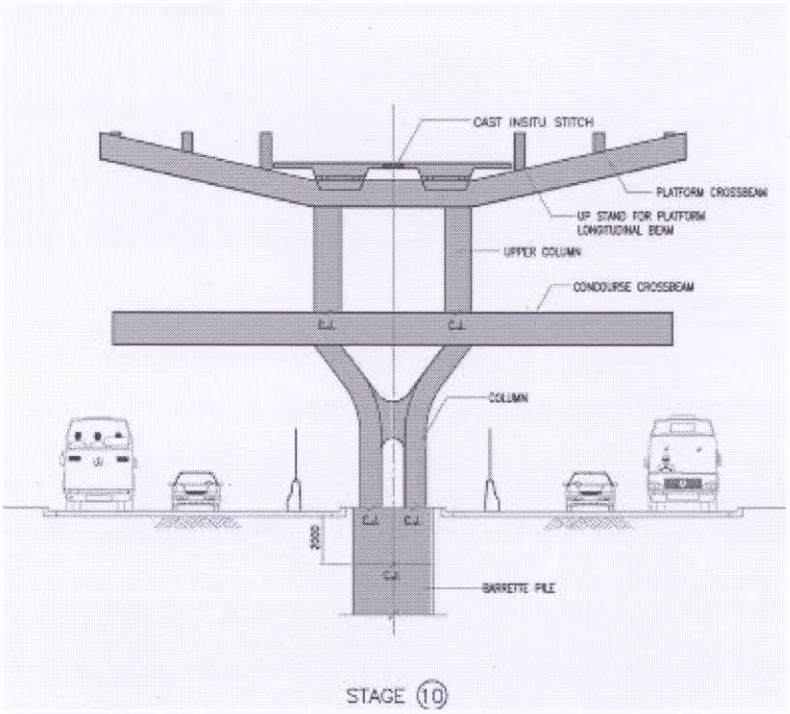


ขั้นตอน 8 ตั้งฐานรองรับ แล้วยกคานขวางรองรับชั้นชานชาลาวาง ปรับระดับให้ได้ที่

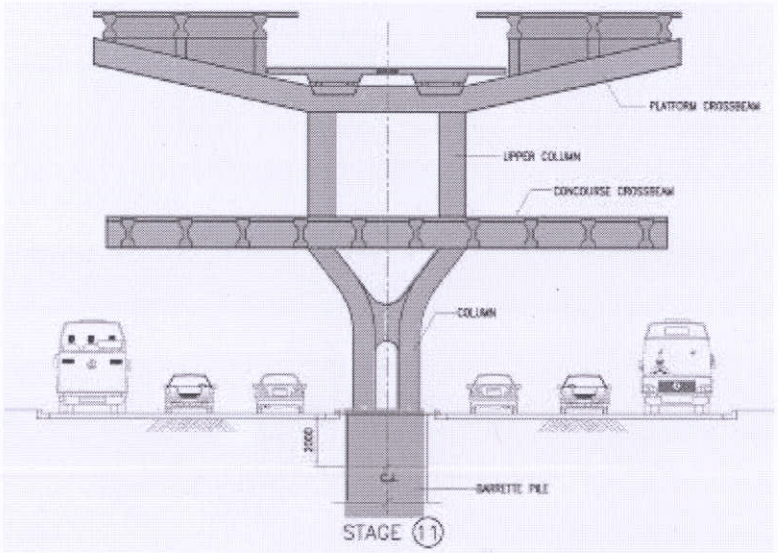


ขั้นตอน 9 ทำการหล่อคอนกรีตในที่ให้เต็มหน้าตัดคานขวาง เมื่อคอนกรีตได้กำลังตามต้องการ จึงทำการดึงลวดอัดแรงให้ได้แรงตามกำหนด

รูปที่ 3.10.2-8 (ต่อ) ขั้นตอนการก่อสร้างสถานีทั่วไป

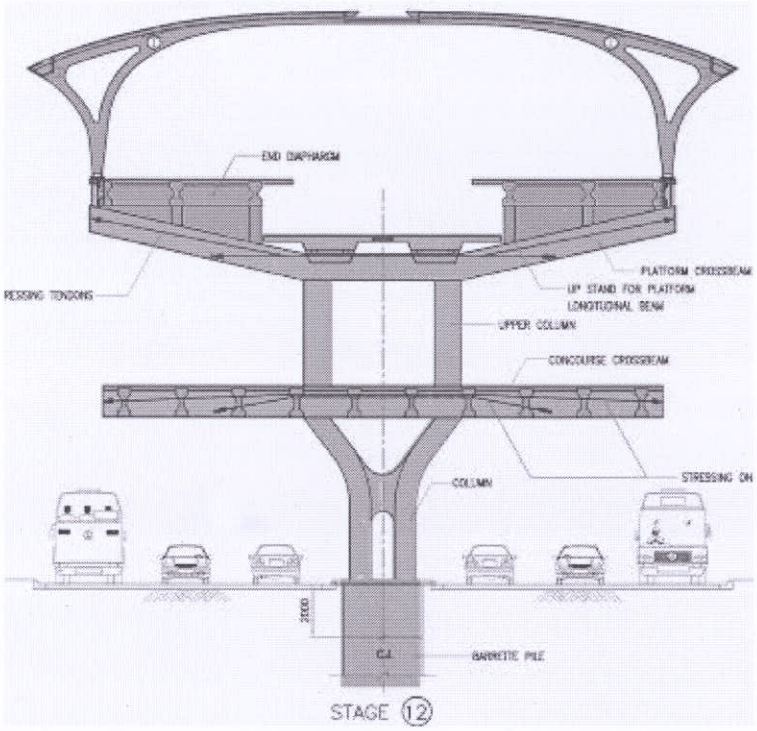


ขั้นตอน 10 ทำการยกคานรองรับทางวิ่งมาตอกตั้ง หล่อเชื่อมปีก หล่อคอนกรีตรองรับคานตามยาว



ขั้นตอน 11 ทำการวางแบบพื้นแล้วเทคอนกรีตทับหน้า

รูปที่ 3.10.2-8 (ต่อ) ขั้นตอนการก่อสร้างสถานีทั่วไป



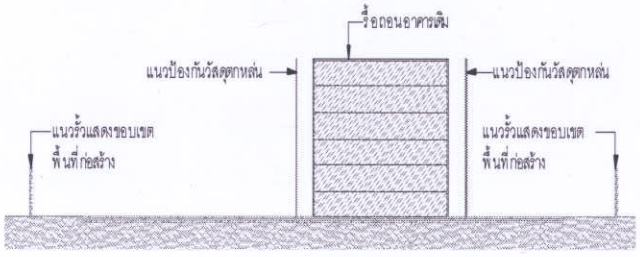
ขั้นตอน 12 ทำการดึงลวดอัดแรงในระยะสุดท้าย เพื่อให้ได้แรงตามกำหนดจากการออกแบบ ทำการติดตั้งโครงหลังคาเหล็ก เป็นอันเสร็จสิ้นการก่อสร้างโครงสร้างสถานี

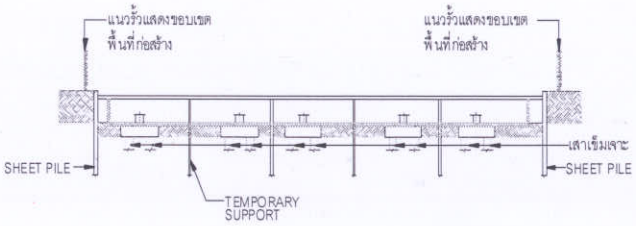
รูปที่ 3.10.2-8 (ต่อ) ขั้นตอนการก่อสร้างสถานีทั่วไป

3.10.2.5 ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารจอดและจร (Park & Ride)

ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารจอดแล้วจร

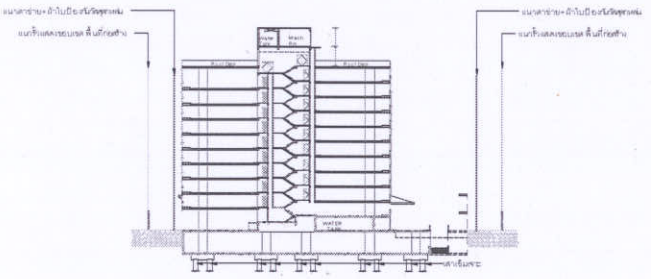
1. การเตรียมงานและทำการเคลียร์พื้นที่
   - ทำรั้วโดยรอบบริเวณก่อสร้างเพื่อป้องกันคนภายนอกเข้าพื้นที่ก่อสร้าง
   - ก่อนดำเนินการก่อสร้างจะต้องทำระบบป้องกันอันตรายโดยรอบบริเวณก่อสร้าง
   - ทำการรื้อถอนอาคารเดิมบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง
   - ตรวจสอบผังอาคารให้ถูกต้องสอดคล้องกับ แบบก่อสร้าง





2. ก่อสร้างฐานราก และชั้นใต้ดิน

- ทำการก่อสร้างเสาเข็ม
- ทำระบบป้องกันดินพังโดยรอบบริเวณชั้นใต้ดิน
- ขุดดิน
- เทฐานราก
- เทพื้นชั้นใต้ดินและผนังค.ส.ล.โดยรอบและเทเสา



3. ก่อสร้างชั้น 1- ชั้นหลังคา

- ตั้งไม้แบบ วางเหล็ก และลวด หล่อคอนกรีต
- ตั้งไม้แบบ หล่อเสาชั้น 1
- ดึงลวด Post-Tensioned ชั้น
- ตั้งไม้แบบ วางเหล็ก และลวด หล่อคอนกรีต
- ตั้งไม้แบบ หล่อเสาชั้น 2
- ดึงลวด Post-Tensioned ชั้น 2
- ดำเนินการเป็นขั้นตอนในชั้น 3 เหมือนชั้น 2 จนถึงชั้นหลังคา
- การหล่อผนัง ค.ส.ล. ลิฟท์และบันได สามารถดำเนินการล่วงหน้าของการเทเสาในแต่ละชั้นได้

เมื่องานโครงสร้างแล้วเสร็จในขั้นตอนการก่อสร้างงานระบบต่างๆ ต้องมีการประสานโดยตรงกับงานทางด้านสถาปัตย์อย่างใกล้ชิดเพื่อให้ทราบว่าต้องมีขั้นตอนงานในส่วนใดก่อนหรือหลังและเก็บรายละเอียดงานกันอย่างไร สำหรับแผนการดำเนินการก่อสร้างอาคารจอดแล้วจรใช้เวลาในการดำเนินการก่อสร้างทั้งสิ้น 18 เดือน รายละเอียดดังแสดงในกราฟแผนการดำเนินงานก่อสร้าง

3.10.2.6 ขั้นตอนการก่อสร้างโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot)

สำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างต่างๆในศูนย์ซ่อมบำรุง เริ่มหลังจากการรังวัดพื้นที่ ติดตั้งหมุดหลักฐานอ้างอิงเพิ่มเติม ปรับพื้นที่ภายในโครงการให้ได้ระดับตามต้องการ สร้างถนนชั่วคราวเพื่อเป็นทางลำเลียงเครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์การก่อสร้างไปยังจุดที่ต้องการ ช่วงนี้ใช้เวลาประมาณ 2 เดือน จากนั้นรังวัดกำหนดตำแหน่งเสาเข็ม เริ่มงานเสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จในพื้นที่ต่างๆจนครบทั้งหมด ซึ่งจะใช้เวลาอีก 5 เดือน งานพื้น Platform จะเริ่มหลังจากเริ่มตอกเสาเข็มไปแล้ว 2 เดือน และใช้เวลาก่อสร้างประมาณ 12 เดือน งานอาคารที่อยู่นอก Platform เช่น ศูนย์ควบคุมการเดินรถและสถานีไฟฟ้าย่อย จะเริ่มหลังจากเริ่มตอกเสาเข็มไปแล้ว 1 เดือน อาคารบางหลังที่อยู่ในบริเวณ Platform เช่น Main Workshop สามารถเริ่มได้หลังเริ่มงาน Platform ไปแล้ว 3 เดือน ส่วนอาคารที่อยู่บน Platform เช่น Train Wash ต้องก่อสร้างหลังงาน Platform ในบริเวณนั้นเสร็จไปแล้ว งานอาคารทั้งหมดจะใช้เวลาประมาณ 15 เดือน รวมเวลาสำหรับงานโครงสร้างทั้งหมดประมาณ 18 เดือน

3.10.2.7 ขั้นตอนการก่อสร้างระบบราง (Trackwork)

การเตรียมการ

ก) ดำเนินการออกแบบโครงสร้างรองรับราง ตามแบบแนวทางที่ผู้รับเหมาได้เสนอ เลือกใช้รูปแบบเข้ามาในข้อเสนอทางด้านเทคนิค

ข) ดำเนินการออกแบบ และผลิตระบบโครงสร้างชั่วคราว เช่น แบบหล่อคอนกรีตระบบยึดและปรับแนวรางรถไฟในระหว่างเทคอนกรีต ระบบขนส่งรางเชื่อมยาวต่าง ๆ

ค) จัดทำขั้นตอนการก่อสร้างโดยละเอียด รวมทั้งจัดทำแบบก่อสร้าง (Shop Drawing)

ง) จัดเตรียมวัสดุและเครื่องมือต่างๆ ให้พร้อม รวมทั้งจัดทำระบบโครงสร้างชั่วคราวต่างๆ

จ) ประสานงานกับตำรวจท้องที่ในการวางผนการจัดจราจรขณะก่อสร้าง

ฉ) ประสานกับหน่วยงานต่างๆ ในการรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภค (ถ้าจำเป็น)

การวางแผนงานก่อสร้าง

การก่อสร้างใช้พื้นบนผิวทางยกระดับที่ก่อสร้างเสร็จเป็นโรงเชื่อมยาวชั่วคราว และที่กองราง งานก่อสร้างจะสร้างทางรถไฟทีละทาง เพื่อให้มีที่ว่างด้านข้างสำหรับการลำเลียงละติดตั้งวัสดุ หลังจางนั้นจะวางทางรถไฟส่วนที่เหลือโดยใช้ทางรถไฟที่สร้างเสร็จแล้ว เป็นทางลำเลียงละติดตั้งวัสดุ ดังแผนการก่อสร้างดังแนบ และจะวาง Cable Trough ก่อนงานติดตั้งทางรถไฟเพื่อใช้เป็นเสมือนราวกันวัสดุตกหล่นบนท้องถนน

ขั้นตอนการก่อสร้าง

ก) การควบคุมหมุดระดับทางราบละแนวดิ่ง

หมุดระดับทางและแนวดิ่งงานโยธา ที่ได้รับการอนุมัติก่อนหน้าแล้ว จะใช้เป็นหมุดควบคุมหลัก และให้ทีม Survey ชุดงานวางราง มาดำเนินการทำหมุดซอยย่อยบนพื้น Viaduct ใกล้ๆ ขอบ%Viaduct ทั้ง 2 ข้าง โดยมีระยะห่างหมุดย่อยช่วงทางตรง (ทุกๆ 10 ม.) และช่วงทางโค้ง (ทุกๆ 5 ม.) พร้อมเขียนค่าระดับค่าแนว Offset และค่ายก (Cant) ไว้ด้วย

ข) การขนส่งรางรถไฟ

รางรถไฟ ซึ่งมีความยาวปกติ 18 ม. ขนส่งจากท่าเรือโดยรถเทรลเลอร์ในเวลากลางคืน และยกกองรางชั่วคราวด้วยรถเครนและอุปกรณ์สำหรับยกรางโดยพื้นที่จะจัดเตรียมไว้ในบริเวณโรงเชื่อมรางยาว โรงเชื่อมรางนี้จะตั้งในพื้นบนผิวทางยกระดับที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว หลังจากเชื่อมรางด้วยวิธี Flash Butt แล้วต้องทำการตรวจสอบรายเชื่อมด้วยวิธี Ultrasonic Test ทุกรอยเชื่อม พร้อมบันทึกและบ่งชี้คุณภาพของรอยเชื่อมทุกราย รางเชื่อมยาวที่ผ่านการทดสอบคุณภาพแล้วเท่านั้นจึงจะสามารถนำไปติดตั้งหน้างานได้

ค) การกระจายเหล็กเสริม

เหล็กเสริมตัดตามความยาวตามแบบ จากโรงเหล็กที่อยู่ใกล้โรงเชื่อมราง แล้วขนส่งไปจุดทำงานด้วยรถเทรลเลอร์ และยกขึ้นกองบน Viaduct ด้วยรถเครน จากนั้นกระจายเหล็กเสริม ณ จุดทำงานเป็นระยะ ๆ โดยใช้รถ Forklift หรือ Railroad Shovel ต่อมาทำการผูกเหล็กเสริมตะแกรงชั้นล่างตามแบบ ตรวจสอบจำนวนและตำแหน่งของ Shear Connectors ก่อนยกเหล็กเสริมวางเข้าตำแหน่งจริงบนพื้น viaduct สำหรับเหล็กเสริมชั้นบนแยกกองไว้สำหรับผูกเข้าตำแหน่งต่อไป

ง) ดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างรองรับราง

ดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างรองรับราง ตามวิธีที่เสนอในข้อเสนอทางเทคนิค ซึ่งเป็นการหล่อคอนกรีตในที่ การใช้สิ้นส่วน คอนกรีตสำเร็จรูป หรือ การใช้วิธีอื่นๆตามเทคโนโลยีการก่อสร้างที่ผู้รับเหมาเลือกใช้

จ) การกระจายรางรถไฟชั่วคราวและการผูกเหล็ก

- วางแผ่น Plastic Rubber Pad ของชุดเครื่องยึดเหนี่ยวบนหมอนคอนกรีต
- ใช้ Rail Changer หรือ Shovel หรือ Gantry Crane ยกรางชั่วคราว (18 ม.) วางบนแผ่นยางรองหมอน
- ยึดเครื่องยึดเหนี่ยว แล้วตรวจสอบ/ปรับระยะห่างระหว่างราง (Track Gauge)
- ปรับแนวราง โดยวัด offset จากหมุดระดับซอยย่อย และปรับระดับสันราง ให้ได้ตามแบบด้วยเครื่องมือพิเศษ (Special Ruler) และ Slide Chair
- ยึดรางชั่วคราวให้ติดกันด้วยเหล็กยึด C-Clamp แล้วเอาไม้หนุนหมอนออก
- ยกหนุนเหล็กตะแกรงเสริมล่างด้วยลูกปูน และผูกเหล็กเสริมบนร้อยเข้ารูของหมอนคอนกรีต ติด Plastic Clips และเชื่อมให้เรียบร้อย
- ปรับระดับเหล็กเสริมด้วย Bar Chair พร้อมเชื่อมต่อเหล็กแผ่นที่ปลายข้างหนึ่งของเหล็กเสริมสำหรับ Stray current

ฉ) ติดตั้งแบบหล่อ (Formwork)

- ขนย้ายแบบหล่อจากจุดกองเก็บ หรือจุดเทคอนกรีตเดิม ด้วย Fork lift หรือ shovel มากองข้างหมอนคอนกรีตที่ปรับระดับแล้ว
- วางท่อสำหรับ Future cable (ถ้ามี) และท่อระบายน้ำตามแบบ Drainage
- ทาจารบีให้ทั่วขาตัวปรับระดับ หรือ Slide Chair
- วางแบบหล่อคอนกรีตและติด Jig สำหรับยึดตำแหน่ง insert สำหรับ Conductor Rail Support
- ตรวจสอบความสะอาดของแบบหล่อ ความเข็งแรงของแบบหล่อตำแหน่งท่อ Stray Current และ Jig ต่างๆ อีกครั้ง

ช) เทคอนกรีต และการคลายเครื่องยึดเหนี่ยว

- ทำความสะอาดพื้นคอนกรีตและราดน้ำให้ทั่วพื้น

- ให้รถเทปูนชนิด Mobile Concrete Pump เข้ามาจอดในตำแหน่งที่เตรียมไว้ (จุดตามได้รับอนุมัติในแผนจราจร และประสานงานกับสำนักงานเขตของ กทม. และตำรวจจราจร)
- วางท่อ พีวีซี ตัดครึ่งคร่อมรางรถไฟ เพื่อป้องกันรอยเปื้อนจากคอนกรีต
- เทคอนกรีตจากทิศทางเดียวไล่ฟองอากาศไปและใช้เครื่องจี้คอนกรีตเพื่อป้องกันฟองอากาศหรือช่องว่างใต้หมอนคอนกรีตระหว่างการเท
- หลังการเทคอนกรีต 1-2 ชั่วโมง จี้คอนกรีตอีกครั้งหนึ่งเพื่อไล่ฟองอากาศที่ยังเหลืออยู่ เสร็จแล้วคลายเครื่องยึดเหนี่ยวเพื่อมิให้เกิดแรงจากการขยายตัวตามอุณหภูมิของราง
- ปาดแต่งผิวคอนกรีตให้ได้ความลาดชันตามแบบกำหนด
- หลังเทคอนกรีต 1 วันรื้อแบบหล่อออกแล้วทำการฉีดน้ำยาบ่มคอนกรีตให้ทั่วผิวหน้าคอนกรีต

ช) วางรางเชื่อมยาว

- หลังเชื่อมราง 18 ม. รวม 8 ท่อนให้เป็นรางเชื่อมยาว 144 ม. ทำการยกรางเชื่อมยาวที่ผ่านการตรวจสอบรอยเชื่อมและกองเก็บไว้ ขึ้นบน Trolley
- ใช้หัวลาก (locomotive) ลาก trolley และรางเชื่อมยาวมาหน้างาน
- ย้างรางชั่วคราวที่ติดตั้งในขณะเทคอนกรีตออก
- ลากรางเชื่อมยาวจาก trolley ลงบนหมอนคอนกรีตแทนที่รางชั่วคราวด้วย Shovel
- ใส่เครื่องยึดเหนี่ยว แล้วตรวจสอบระยะห่างราง, ระดับและแนวของรางรถไฟอีกครั้ง
- ก่อนการเชื่อมรอยต่อของรางเชื่อมยาวด้วย Aluminothermit Welding ให้คลายเครื่องยึดเหนี่ยวและยึดรางด้วย Rail Tensor (ตามค่างคำนวณอุณหภูมิการยึดตัว) เสร็จแล้วยึดเครื่องยึดเหนี่ยวแล้วจึงเชื่อมรางสุดท้ายตรวจสอบคุณภาพรอยเชื่อมด้วยเครื่อง Ultrasonic

ฌ) การติดตั้ง Conductor Rail

- ขนส่งวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ของ Conductor Rail จากจุดกองเก็บไปยังจุดติดตั้ง โดยทางรถไฟ Trolley เล็ก
- ยึด Conductor Support ติดกับ insert ซึ่งฝังไว้ข้างคอนกรีต Track Slab และติดชิ้นส่วนต่างๆ ของ Conductor Rail เช่น Insulator Bracket
- ตรวจสอบระดับแนวให้ถูกต้อง
- ยก Conductor Rail เข้าติดตั้งด้วย Small Gantry Crane
- ยึดติดวัสดุอุปกรณ์ส่วนที่เหลือ พร้อมตรวจสอบจุดยึดต่างๆ และงานส่วนต่างๆให้เรียบร้อย

ญ) การติดตั้ง Expansion Joint (ถ้ามี)

ในระหว่างการเทคอนกรีต ติดตั้งหมอนไม้ชั่วคราวในตำแหน่งที่ติด Expansion Joint ภายหลัง และชุด Expansion Joint ประกอบมาจากโรงงานเป็นชุด พร้อมตรวจสอบและทดสอบแล้วก่อนขนส่งมาติดตั้งหน้างาน โดยขั้นตอนการติดตั้งเป็นดังนี้

- ตัดรางเชื่อมยาวที่ติดตั้ง distressing แล้ว ตามตำแหน่งและระยะที่กำหนดในแบบ
- วางเหล็กเสริม ขนชุด Expansion Joint มาโดยทางรถไฟที่สร้างใหม่ด้วย Trolley แล้วยกวางเข้าที่ด้วย Gantry Crane
- ปรับระดับและแนวให้ถูกต้อง
- ตั้งแบบหล่อ และเทคอนกรีต
- เชื่อมรอยต่อทั้ง 2 ด้าน ของ Expansion Joint ด้วย Aluminothemit welding ตามวิธีการข้อ 4.8.6 และตรวจสอบรอบเชื่อมด้วยเครื่อง Ultrasonic

ฎ) การติดตั้งประแจ

- หนอนคอนกรีตสำหรับติดประแจ และชิ้นส่วนต่างๆ ของประแจซึ่งได้รับการทดลองประกอบ วัดระยะ ตรวจสอบแล้วและแยกชิ้นส่วนจากโรงงานประแจ เพื่อให้สะดวกต่อการขนส่งจะถูกขนส่งมาหน้างาน
- ยกหมอนและชิ้นส่วนประแจกองตามจุดกองเก็บด้วย Crane
- ขนหมอนและชิ้นส่วนของประแจ ถึงจุดที่วางหมอนไม้ชั่วคราวที่เว้นเอาไว้ติดตั้งประแจ
- วางเหล็กเสริมล่าง วางไม้หมอนชั่วคราว วางหมอนคอนกรีตประแจ แล้วเริ่มประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของประแจ
- เช็คระยะต่างๆ หลังติดประแจให้ถูกต้อง แล้วยกและปรับชุดประแจให้ได้แนวและระดับด้วย leveling Chair และ Slide Chair
- ผูกเหล็กและเชื่อมให้เรียบร้อย ตั้งแบบหล่อคอนกรีต และเทคอนกรีตตามข้อ 4.7) การเทคอนกรีต
- เชื่อมรอยต่อประแจด้วย Aluminothemit welding (Sequence ตามที่กำหนดใน Specification) แล้วทดสอบรอยเชื่อมด้วยเครื่อง Ultrasonic

3.11 งานประมาณราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียด

การประมาณราคาค่าก่อสร้างคำนวณจากปริมาณงานแต่ละกิจกรรมย่อยของการก่อสร้างที่คำนวณจากแบบรายละเอียด และราคาต่อหน่วยเป็นหลัก โดยราคาต่อหน่วยจะรวมค่าวัสดุ ค่าแรงงาน และค่าอุปกรณ์ไว้ด้วย ราคาต่อหน่วยทั้งหมดเป็นราคาเดือน กรกฎาคม พ.ศ.2552 จากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงการคลัง ค่าใช้จ่ายโดยอ้อม เช่น ภาษี เงินเผื่อเหลือเผื่อขาด ค่าโสหุ้ย และกำไรต้องนำมาศึกษาพิจารณาร่วมด้วยโดยพิจารณาจากหลักเกณฑ์ของกรมบัญชีกลาง (Factor F) สำหรับวัสดุก่อสร้างนั้น ที่ปรึกษาได้ใช้วัสดุภายในประเทศไม่ต่ำกว่า 80% ของมูลค่าก่อสร้างทั้งหมด และพิจารณาใช้วัสดุจากต่างประเทศตามความจำเป็นเท่านั้น

หลักเกณฑ์ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายเป็นเรื่องละเอียดอ่อนที่สุดในการบริหารโครงการ หัวใจสำคัญในการควบคุมค่าใช้จ่ายให้เกิดประสิทธิผล ได้แก่

(1) การระบุขอบข่ายงานชัดเจน

(2) การควบคุมขอบข่ายงานที่มีประสิทธิผล

(3) ประเมินค่าใช้จ่ายอย่างเป็นระบบ สม่ำเสมอ และคงเส้นคงวา

เนื่องจากการดำเนินงานโครงการเป็นส่วนต่อขยายจากโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ ซึ่งโครงการจำเป็นต้องดำเนินการต่อเนื่องกัน เพื่อให้โครงการดังกล่าวข้างต้นสามารถใช้ศูนย์ซ่อมบำรุงแห่งใหม่ที่เขตสายไหม บริเวณคลองสองตัดกับคลองหกวา ที่ดำเนินการอยู่ในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาได้ และเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายของโครงการที่จะแบ่งระยะเวลาการก่อสร้างออกเป็น 2 ระยะ คือ 1) ช่วงสะพานใหม่-คูคต และ 2) ช่วงคูคต-ลำลูกกา และนโยบายการดำเนินงานโครงการให้มีความยืดหยุ่นสามารถเดินรถในลักษณะต่อเนื่องเป็นเส้นทางเดียวกันได้ โดยผู้ประกอบการเดินรถอาจเป็นผู้ประกอบการรายเดิมที่ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว (ไม่ต้องก่อสร้าง ศูนย์ควบคุมการปฏิบัติการเดินรถ (Operations Control Centre – OCC) หรือผู้ประกอบการเดินรถรายใหม่ที่ให้บริการเดินรถตั้งแต่หมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา ดังนั้นในการประมาณราคาค่าก่อสร้างที่ปรึกษาจึงแบ่งราคาค่าก่อสร้างออกเป็น 4 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ก่อสร้างโครงการช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา โดยผู้ประกอบการเดินรถรายเดิมที่เดินรถตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว (ไม่ต้องก่อสร้าง OCC ที่ Depot)

กรณีที่ 2 ก่อสร้างโครงการช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา โดยผู้ประกอบการเดินรถรายใหม่ที่ให้บริการเดินรถตั้งแต่หมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา

กรณีที่ 3 ก่อสร้างโครงการช่วงสะพานใหม่-คูคต โดยผู้ประกอบการเดินรถรายเดิมที่เดินรถตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว (ไม่ต้องก่อสร้าง OCC ที่ Depot)

กรณีที่ 4 ก่อสร้างโครงการช่วงสะพานใหม่-คูคต โดยผู้ประกอบการเดินรถรายใหม่ที่ให้บริการเดินรถตั้งแต่หมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา

ตารางที่ 3.11-1 แสดงราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียดงานโยธาในกรณีต่าง ๆ

ITEMS	ค่าก่อสร้างเบื้องต้น หน่วย : ล้านบาท			
	Case 1 : สะพานใหม่ - ลำลูกกา (ผู้เดินรถรายเดิม)	Case 2 : สะพานใหม่ - ลำลูกกา (ผู้เดินรถรายใหม่)	Case 3 : สะพานใหม่ - คูคต (ผู้เดินรถรายเดิม)	Case 4 : สะพานใหม่ - คูคต สะพานใหม่ - คูคต (รายใหม่)
MAINLINE	11,403.67	11,403.67	6,172.84	6,172.84
DEPOT	2,173.21	2,564.02	2,173.21	2,564.02
TRACKWORK	2,138.32	2,138.32	1,441.07	1,441.07
PARK & RIDE	975.71	975.71	586.81	586.81
ค่างานโยธา	16,690.91	17,081.71	10,373.94	10,764.74

ตารางที่ 3.11-1 แสดงราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียดงานโยธาโดยสรุปของแต่ละกรณี สำหรับรายละเอียดการประมาณราคาค่าก่อสร้างของโครงการทั้งหมด แสดงไว้ในรายการบัญชีปริมาณงานและประมาณการค่าก่อสร้างที่แยกส่งต่างหากพร้อมกับรายงานฉบับนี้

3.12 การจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา

3.12.1 ข้อพิจารณา

ข้อกำหนดขอบเขตของงานบริการที่ปรึกษา งานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 ที่กำหนดให้ที่ปรึกษาต้องดำเนินการจัดแบ่งสัญญางานโยธา งานสถาปัตยกรรม และงานระบบไฟฟ้าและเครื่องกล (Building Services) ให้ สนข. พิจารณาเห็นชอบ ก่อนจัดทำเอกสารประกวดราคาสำหรับงานดังกล่าว โดยประกอบด้วยสัญญาตามที่ที่ปรึกษาเสนอ และ สนข. ให้ความเห็นชอบ จากข้อกำหนดดังกล่าว ที่ปรึกษาได้พิจารณาการแบ่งสัญญา และได้นำเสนอต่อ สนข. และคณะกรรมการตรวจรับงานในคราวประชุมเมื่อเดือนมิถุนายน 2552 ดังจะปรากฏในรายละเอียดในหัวข้อต่อไป ซึ่งการแบ่งสัญญาดังกล่าว ได้รับความเห็นชอบจาก สนข. และคณะกรรมการตรวจการจ้างในการประชุมแล้ว และที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำเอกสารประกวดราคาโดยสอดคล้องกับข้อเสนอที่ได้รับการอนุมัติดังกล่าว ในการจัดทำเอกสารประกวดราคานั้น ที่ปรึกษาได้ดำเนินการโดยให้สอดคล้องกับระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ.2535 และแก้ไขเพิ่มเติมในภายหลัง รวมทั้งข้อบังคับการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทยว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ.2546 และมติคณะรัฐมนตรี ในประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยที่ปรึกษาจัดทำเอกสารประกวดราคาเป็นภาษาอังกฤษตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดขอบเขตงานบริการที่ปรึกษา

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการปรับปรุงเอกสารประกวดราคาฉบับร่าง โดยให้สอดคล้องกับความเห็นของคณะกรรมการตรวจการจ้าง ในคราวประชุมเมื่อวันที่ 16 กันยายน 2552 และได้จัดส่งเอกสารประกวดราคาฉบับสุดท้ายแก่ สนข. ตามที่กำหนดไว้ในสัญญางานบริการที่ปรึกษาต่อไป

3.12.2 การจัดทำเอกสารประกวดราคางานโยธา

3.12.2.1 การจัดแบ่งสัญญา

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำเอกสารประกวดราคาโดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ซึ่งได้รับการอนุมัติจาก สนข. แล้ว สรุปได้ดังนี้

- ช่วงที่ 1 : สะพานใหม่ - คูคต โดยมีองค์ประกอบหลักๆ ดังนี้
  - แนวเส้นทางมีระยะทางประมาณ 6.5 กิโลเมตร
  - สถานี มีจำนวน 4 สถานี ได้แก่ N21, N22, N23, N24
  - งานระบบราง
  - อาคารจอดและจร (Park & Ride Buildings)
  - ศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต (Depot)
- ช่วงที่ 2 : คูคต - ลำลูกกา โดยมีองค์ประกอบหลักๆ ดังนี้
  - แนวเส้นทางมีระยะทางประมาณ 7.4 กิโลเมตร
  - สถานี มีจำนวน 4 สถานี ได้แก่ N25, N26, N27, N28
  - งานระบบราง
  - อาคารจอดและจร (Park & Ride Buildings)

3.12.2.2 เอกสารประกวดราคา

ที่ปรึกษาได้จัดทำเอกสารประกวดราคาเป็นภาษาอังกฤษตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดขอบเขตของงานบริการที่ปรึกษา โดยมีรายละเอียดของการจัดทำเอกสารประกวดราคาดังต่อไปนี้

- **SECTION 1 : SAPHAN MAI - KHU KHOT**

แบ่งออกเป็น 4 สัญญา ดังนี้

Contract 1 : Main Line Infrastructure

Contract 2 : Depot

Contract 3 : Track Works

Contract 4 : Park & Ride

- **SECTION 2 : KHU KHOT - LAM LUK KA**

แบ่งออกเป็น 3 สัญญา ดังนี้

Contract 1 : Main Line Infrastructure

Contract 2 : Park & Ride

Contract 3 : Track Works

เอกสารประกวดราคาในแต่ละสัญญาจะประกอบด้วย 5 volumes ดังนี้

Volume 1 : Instructions to Tenderers

มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

- Invitation to Tender
- Instructions to Tenderers
- Appendices

Volume 2 : Conditions of Contract

มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

- General Conditions
- Conditions of Particular Application
- Schedules

Volume 3 : Pricing Document

มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

- Form of Tender
- Appendix to Tender
- General Requirements
- Preamble
- Measurement and Payment
- Bills of Quantities

Volume 4 : Specifications

มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน ซึ่งที่ปรึกษาได้จัดแบ่งออกเป็น 4 เล่ม ดังนี้

- Book 1 : General Specifications
- Book 2 : Specifications for Civil and Structural Works
- Book 3 : Specifications for Architectural Works
- Book 4 : Specifications for Building Services Works

เอกสารประกวดราคาในแต่ละ Volume จะประกอบด้วยประเด็นหลักๆ ดังต่อไปนี้

Volume 1 : Instructions to Tenderers

ประกอบด้วยประเด็นหลักๆ ดังนี้

Invitation to Tender

Instructions to Tenderers

- General
- Tender Documents
- Preparation of Tenders
- Submission of Tenders
- Tender Opening and Evaluation
- Award of Contract

Enclosure

- Enclosure A : Query Form

Appendices

Volume 2 : Conditions of Contract

ประกอบด้วยประเด็นหลักๆ ดังนี้

Part I General Conditions

Part II Conditions of Particular Application

Schedules

1. Contract Agreement
2. Performance Security
3. Advance Payment
4. Retention Guarantee

ในส่วนของเงื่อนไขทั่วไปของสัญญา Part 1 General Conditions ที่ปรึกษาได้พิจารณาว่า ในการประกวดราคาแบบนานาชาตินั้น เงื่อนไขทั่วไปของสัญญาควรจะต้องเป็นเงื่อนไขที่เป็นที่ยอมรับกันระดับสากล ดังนั้นที่ปรึกษาจึงดำเนินการโดยอ้างอิงจาก The Conditions of Contract for Works of Civil Engineering Construction จัดพิมพ์โดย The Federation Internationale des Ingenieurs - Conseils (FIDIC) ซึ่งเป็น English version of the Fourth Edition 1987 (as reprinted in 1992 with further Amendments) โดยมีประเด็นหลักๆ ดังนี้

Part 1 : General Conditions

- Definitions and Interpretation
- Engineer and Engineer's Representative
- Assignment and Subcontracting
- Contract Documents
- General Obligations
- Labour
- Materials , Plant and Workmanship
- Suspension
- Commencement and Delays
- Defects Liability
- Alterations , Additions and Omissions
- Procedure for Claims
- Contractor's Equipment , Temporary Works and Materials
- Measurement
- Provisional Sums
- Nominated Subcontractors
- Certificates and Payment
- Remedies
- Special Risks
- Release from Performance
- Settlement of Disputes
- Notices
- Default of Employer
- Changes in Cost and Legistration
- Currency and Rates of Exchange

ในส่วนของเงื่อนไขเฉพาะของสัญญา Part II Conditions of Particular Application เป็นเงื่อนไขเฉพาะสำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกาคลอง 4 โดยมีประเด็นหลักๆ ดังต่อไปนี้

Part II : Conditions of Particular Application

- Definitions and Interpretation
- Engineer and Engineer's Representative
- Assignment and Subcontracting
- Contract Documents
- General Obligations
- Labour
- Materials, Plant and Workmanship
- Suspension
- Commencement and Delays
- Defects Liability
- Procedure for Claims
- Measurement
- Certificates and Payment
- Remedies
- Special Risks
- Settlement of Disputes
- Notice
- Default of Employer
- Changes in Cost and Legislation
- Taxation

Volume 3: Pricing Document

ประกอบด้วยประเด็นหลักๆ ดังนี้

Form of Tender and Appendix to Tender

General Requirements

Preamble

- Measurement and Payment : General
- Measurement and Payment : Civil and Structure
- Measurement and Payment : Architecture
- Measurement and Payment : Building Services

Bills of Quantities

- Bills of Quantities Summary
- Bills of Quantities

Volume 4 Book 1: General Specifications

ประกอบด้วยประเด็นหลักๆ ดังต่อไปนี้

- General
- Attendance on the Employer and Employer's Representative
- Management Plans and Submissions
- Contractor's Superintendence
- Checking of the Contractor's Temporary Works Design
- The Site
- Site Establishment
- Traffic and Roads
- Site Safety
- Engineering Submissions
- Quality Assurance
- Care of the Works
- Damage and Interference
- Testing & Commissioning
- Programme and Reporting
- Project Meetings
- Materials and Earthworks
- Building Services and Architectural Works
- Restoration of Areas Disturbed by Construction
- Reimbursement of Overtime Costs of Supervision
- Training and Technology Transfer
- Instrumentation and Monitoring
- Construction Database Management System
- Maintenance and Defects Liability

- Spare Parts, Special Tools and Test Equipment
- System Assurance
- Temporary Power Supply

Appendices

Volume 4 Book 2: Specifications for Civil and Structural Works

ประกอบด้วยประเด็นหลักๆ ดังต่อไปนี้

- Earthworks
- Piling and Diaphragm Walling
- Structures
- Steelworks
- Cut and Cover Construction
- Road Works and Drainage Works
- Miscellaneous - Civil and Structural Works

Volume 4 Book 3: Specifications for Architectural Works

ประกอบด้วยประเด็นหลักๆ ดังต่อไปนี้

- Floor Finish
- Wall Base
- Wall Finishes
- Ceiling
- Roofing
- Toilet and Accessories
- Stairs and Railing
- Conveying Systems (See Building Engineering Services)
- Doors and Windows
- Miscellaneous Architectural Works

Volume 4 Book 4: Specifications for Building Services Work

ประกอบด้วยประเด็นหลักๆ ดังต่อไปนี้

- Electrical System
- Mechanical Ventilation and Air Conditioning System

- Sanitary and Plumbing System
- Fire Protection System
- Escalator and Elevator

Volume 5: Drawings

ที่ปรึกษาได้จัดทำแบบ (Drawings) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเอกสารประกวดราคา แบบดังกล่าวนี้เป็นแบบรายละเอียด (Detailed Drawings) ที่ใช้ดำเนินการก่อสร้างได้ โดยมีองค์ประกอบดังนี้

- Main Line Infrastructures
- Stations
- Trackworks
- Depot
- Park & Ride
- อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

โดยแบบดังกล่าว จะประกอบด้วยแบบสำหรับ งานโยธา งานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม งานไฟฟ้า งานเครื่องกล และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการจัดทำแบบดังกล่าวจะจัดทำแยกกันออกเป็น 2 สัญญา ซึ่งจะสอดคล้องกับเอกสารประกวดราคา Volume อื่นๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว

3.12.3 ผลที่ได้รับ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำเอกสารประกวดราคาฉบับสุดท้าย โดยมีรายละเอียดดังที่กล่าวมาแล้วให้สนขตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตงานบริการที่ปรึกษา ในเดือนกันยายน 2552

บทที่ 4

การออกแบบระบบราง

บทที่ 4: การออกแบบระบบราง

4.1 ทั่วไป (General)

ระบบราง เป็นระบบที่ถูกออกแบบเพื่อรองรับรถไฟฟ้า เป็นเส้นทางให้ล้อรถไฟฟ้าสามารถเคลื่อนตัวไปตามเส้นทางที่ได้จัดการออกแบบและทำการก่อสร้างไว้ การออกแบบระบบรางจึงเป็นส่วนที่ต้องเกี่ยวข้องโดยตรงกับความต้องการด้านการเดินรถ ดังนั้นในโครงการหลายแห่งทั้งที่ต่างประเทศและในประเทศไทย ได้ผนวกงานระบบรางเป็นส่วนหนึ่งในของงานระบบรถไฟฟ้า แต่ทั้งนี้ การออกแบบระบบราง ก็ต้องมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการออกแบบงานโยธาอื่นๆของโครงการ ทั้งในส่วนของโครงสร้างทางวิ่ง สถานี มากกว่าระบบอื่นๆ ของงานระบบรถไฟฟ้า หรืออาจจะกล่าวได้ว่า การออกแบบระบบรางนั้นเป็นการเชื่อมระหว่างการออกแบบงานระบบรถไฟฟ้าและการออกแบบงานโครงสร้างทางโยธา เป็นการนำความต้องการทางด้านการเดินรถซึ่งมีข้อมูลเบื้องต้นมาประสานกับงานออกแบบโครงสร้าง ด้วยเหตุผลนี้ ทำให้การออกแบบงานระบบรางมีทั้งส่วนที่สามารถกำหนดการออกแบบได้ในระดับขั้นที่มีความละเอียดเพียงพอเพื่อการออกแบบงานส่วนอื่นที่ต่อเนื่อง เช่นการออกแบบแนวเส้นทาง ขนาดความกว้างที่ต้องการของรถไฟฟ้า น้ำหนักต่อเพลาของรถไฟฟ้าที่กระทำต่อทางวิ่ง ซึ่งต่อเนื่องไปยังงานโครงสร้างทางวิ่งและโครงสร้างสถานีในสุดท้าย ข้อมูลเหล่านี้เพื่อนำไปออกแบบงานโครงสร้างทางวิ่งและสถานีที่เกี่ยวข้อง และงานบางส่วนที่สามารถออกแบบได้เพียงงานออกแบบแนวคิดเบื้องต้น เพราะต้องสัมพันธ์กับงานระบบรถไฟฟ้าระบบต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญระหว่างระบบต่างๆที่มีใช้กันอยู่อย่างกว้างขวาง หรือแม้แต่ความแตกต่างขององค์ประกอบ เพราะความแตกต่างของรูปแบบการผลิตและคุณลักษณะตามรายละเอียดของผู้ผลิตแต่ละราย เพราะฉะนั้น รายงานฉบับนี้จะครอบคลุมในเนื้องานทั้งสองส่วน ซึ่งเนื้องานทั้งสองส่วนดังกล่าวนั้น มีรายละเอียดประกอบไปด้วย

1. มาตรฐานและข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดเกณฑ์การออกแบบ ซึ่งเริ่มต้นจากการพิจารณาความต้องการทางด้านการเดินรถ ระยะขนาดของรถไฟฟ้าที่ได้กำหนดเบื้องต้น นำมาพิจารณาตามมาตรฐานสากลเพื่อกำหนด เกณฑ์การออกแบบระบบราง ทั้งในส่วนของเกณฑ์การออกแบบทางด้านกายภาพ เกณฑ์การออกแบบองค์ประกอบหรือชิ้นส่วนต่างๆ ของระบบราง และท้ายที่สุด เกณฑ์การออกแบบด้านงานโครงสร้างรองรับราง (Track Structure or Permanent Way design criteria)

2. แนวคิดเบื้องต้นในการออกแบบองค์ประกอบปฐมภูมิ หรือองค์ประกอบหลักสำคัญ ได้แก่ ราง เครื่องยึดเหนี่ยวราง ประแจสับรางและรางจ่ายไฟ การที่งานส่วนนี้เป็นเพียงแนวคิดในเบื้องต้น เพราะรายละเอียดในหลายๆส่วนจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับมาตรฐานของผู้ผลิตแต่ละราย การออกแบบเบื้องต้นเป็นเพียงการกำหนดแนวทางความต้องการเพื่อการจัดทำเอกสารประกวดราคาในส่วนของ ข้อกำหนดเฉพาะของงานระบบราง (Particular Specification)

3. แนวคิดเบื้องต้นในการออกแบบองค์ประกอบทุตยภูมิ หรือองค์ประกอบเพื่อรองรับการทำงานขององค์ประกอบหลัก ได้แก่ การเชื่อมราง แป้นปะทะ รอยต่อขยายตัวและทางข้ามเสมอระดับ

4. แนวคิดเบื้องต้นของการออกแบบโครงสร้างรองรับราง รายละเอียดในส่วนนี้เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่ถูกกำหนดขึ้น เพื่อกำหนดแนวคิดของการออกแบบงานโครงสร้าง อันได้แก่ การออกแบบแท่นรองรับราง การออกแบบโครงสร้างรองรับรางในศูนย์ซ่อมบำรุง

5. แผนและวิธีการก่อสร้าง งานระบบราง ซึ่งจะเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่กำหนดขึ้นเพื่อความสมบูรณ์ของแนวคิดการออกแบบเบื้องต้นของงานระบบรางทั้งหมด ทั้งนี้ แผนการก่อสร้างงานระบบรางที่จะใช้จริงจะยึดตามแนวทางที่ผู้รับเหมาที่ได้รับสัญญางานระบบรางเป็นผู้เสนอมา และได้รับความเห็นชอบจากทางเจ้าของงาน หรือตัวแทนเจ้าของงาน ฉะนั้นรายละเอียดที่ปรากฏในรายงานฉบับนี้เป็นเพียงแนวทางหนึ่ง ในหลาย ๆ แนวทางการก่อสร้างเท่านั้น

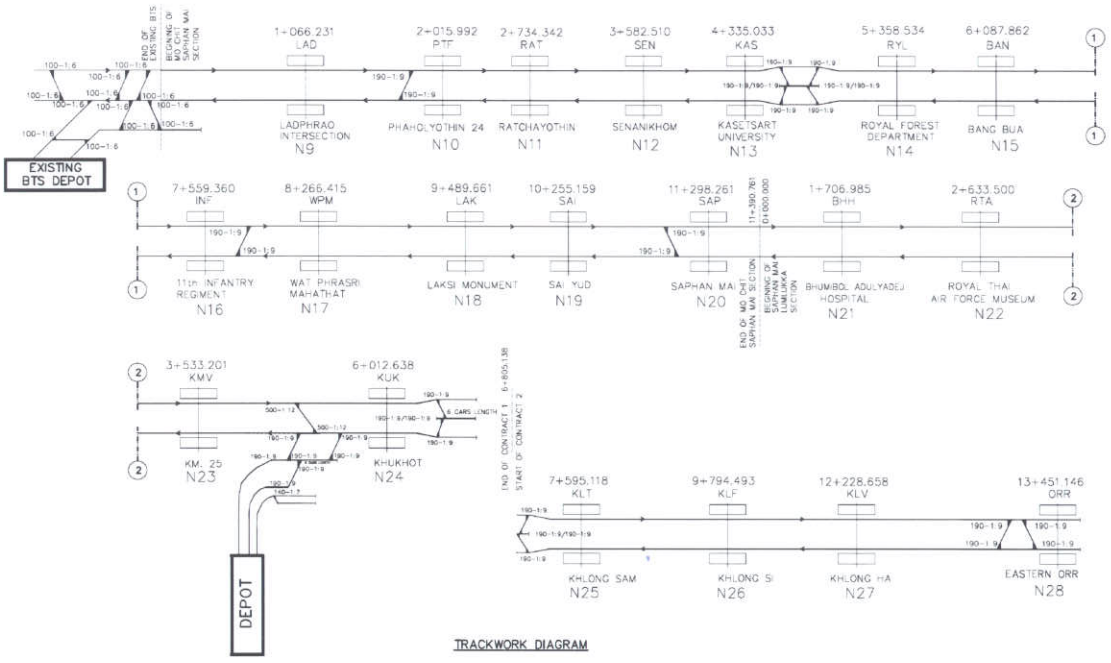
6. การประมาณราคาและจัดทำเอกสารประกวดราคา โดยการประมาณราคาระบบราง จะเป็นการประมาณราคาในเบื้องต้น ตามรูปแบบที่ได้ทำการกำหนดเลือกไว้ในเบื้องต้น เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณางบประมาณของการก่อสร้างเท่านั้น ส่วนการจัดทำเอกสารประกวดราคานั้น วัตถุประสงค์หลักคือการระบุความต้องการของเจ้าของงาน ในรูปแบบของข้อกำหนดเฉพาะของงาน (Particular Specification) และแนวทางในการวัดและจ่ายเงิน ทั้งนี้ รายละเอียดดังกล่าวก็เป็นเพียงแนวทางหนึ่ง ในหลาย ๆ แนวทางที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามแนวทางที่เจ้าของงานเห็นว่าเหมาะสมกับสถานการณ์ลักษณะการดำเนินโครงการหรือองค์ประกอบอื่น ๆ ของโครงการ

4.2 มาตรฐาน ข้อกำหนด และเกณฑ์การออกแบบ (Standard and Code of Practice, and Design Criteria)

4.2.1 ความต้องการทางด้านการเดินรถ (Operational Requirement)

การให้บริการเดินรถโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา จะให้บริการเดินรถระหว่างสถานี N9 ถึงสถานี N28 ต่อเนื่องเป็นระบบเดียวกัน โดยให้บริการเดินรถทุกวัน ระหว่างช่วงเวลา 6.00-24.00 น.

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการขนส่งผู้โดยสาร พบว่าขบวนรถไฟฟ้ายาว 4 คัน (หรือตู้) ต่อขบวนจะสามารถให้บริการรองรับความต้องการในการเดินทางของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา ได้อย่างน้อยในระยะ 30 ปีแรกของการให้บริการ (พ.ศ. 2556-2587 หรือ ค.ศ. 2015-2044) โดยสามารถให้บริการด้วยความถี่ในการให้บริการในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (Peak Hours Headway) ที่เหมาะสม กล่าวคือประมาณไม่นานเกิน 8 นาที และไม่ต่ำกว่า 2 นาที



รูปที่ 4.1 : ผังระบบราง โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วง หมอชิต - ลำลูกกา

โดยทั่วไปการกำหนดความถี่ในการให้บริการ (Headway) หรือระยะเวลาเว้นช่วงระหว่างขบวนรถไฟฟ้า จะต้องสอดคล้องเพียงพอในการรองรับปริมาณความต้องการในการเดินทาง แต่เนื่องจากเส้นทางช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา มีปริมาณความต้องการในการเดินทางไม่มากนัก จึงต้องกำหนดความถี่ในการให้บริการขั้นต่ำค่าหนึ่งที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้โดยสารที่ต้องการเดินทางไม่ต้องรอขบวนรถไฟฟ้านานจนเกินไป ซึ่งที่ปรึกษาได้กำหนดไว้ในขั้นต้นว่าไม่ควรเกิน 8 นาที (ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน) ส่วนความถี่ในการให้บริการนอกช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (Off-Peak Hours) หรือในช่วงปรกติ จะไม่จำกัดตัวเลขไว้ ผู้เดินรถจะเป็นผู้กำหนดตามความเหมาะสมของปริมาณความต้องการในการเดินทาง

เพราะฉะนั้น ความต้องการทางด้านการเดินรถ เพื่อออกแบบระบบรางประกอบไปด้วย

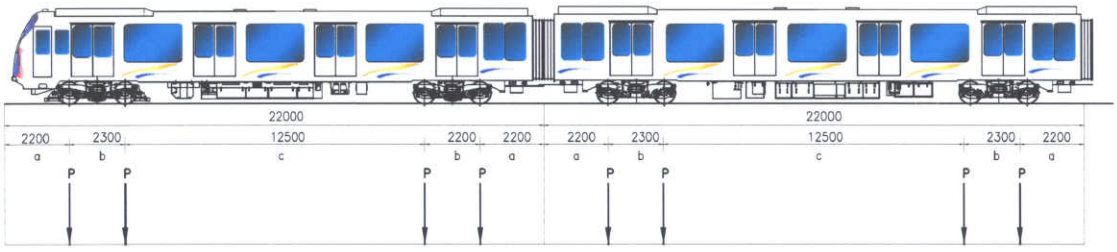
1. ขบวนรถไฟฟ้า ซึ่งจำนวนรถสูงสุดคือ 6 ตู้ต่อหนึ่งขบวน เพื่อรองรับได้ทั้งระบบ
2. ความเร็วสูงสุดบนทางวิ่งเท่ากับ 80 กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง
3. ความเร็วสูงสุดขณะผ่านสถานี เท่ากับ 80 กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง (ในกรณีไม่มีผู้โดยสาร)
4. ความเร็วสูงสุดขณะที่อยู่ในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง เท่ากับ 25 กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง (ต้องทำการขับด้วยระบบ Manual เท่านั้น ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ต้องปฏิบัติอย่างเคร่งครัด) ยกเว้นการวิ่งทดสอบบนรางทดสอบ (Test Track)
5. น้ำหนักต่อเพลาสูงสุด เท่ากับ 156.9 กิโลนิวตัน
6. ระยะห่างสูงสุดระหว่างเพลาเป็นไปตามที่แสดงในรูปที่ 4.2

ตาราง 4.1 ข้อมูลพื้นฐานด้านการให้บริการ ที่ใช้ในการวางแผนการเดินรถ

ความถี่ในการให้บริการ ในช่วงเร่งด่วน (Maximum Peak Headway, minute)	ไม่เกิน 8	นาที
ความถี่ในการให้บริการ ในช่วงปรกติ (Maximum Off-Peak Headway, minute)	ไม่จำกัด	
ความถี่ในการให้บริการ ที่ดีที่สุดที่สามารถทำได้ (Minimum Headway, minute)	2	นาที
ระยะเวลาที่ขบวนรถหยุดจอดที่สถานีปลายทาง (Dwell Time - Terminal Station, sec.)		
บริการวงรอบสั้น (สถานีปลายทาง N24)	30	วินาที
บริการวงรอบยาว (สถานีปลายทาง N28)	40	วินาที
ระยะเวลาที่ขบวนรถหยุดจอดที่สถานีทั่วไปในเส้นทาง (Dwell Time - Intermediate Station, sec.)	30	วินาที
ระยะเวลาที่ใช้ในการกลับทิศขบวนรถที่สถานีปลายทาง (Revesing Time, sec.)		
บริการวงรอบสั้น (สถานีปลายทาง N24 กลับขบวนรถหลังสถานี N24)	90	วินาที
บริการวงรอบยาว (สถานีปลายทาง N28 กลับขบวนรถที่สถานี N28)	0	วินาที
ค่าความหนาแน่นของผู้โดยสารยืน ต่อตารางเมตร (Maximum Standing Pax/m^2)	6	คน/เมตร^2
ความจุผู้โดยสารของขบวนรถ ต่อหนึ่งคัน หรือหนึ่งตู้ (Train Capacity, per car)	257	คน/ตู้

ตาราง 4.2 ข้อมูลพื้นฐานด้านสมรรถนะของรถไฟฟ้า

ความเร็วสูงสุด (Maximum Speed - km/h)	80	กิโลเมตร/ชั่วโมง
อัตราเร่งเฉลี่ย ในเส้นทางที่ให้บริการ (Average Acceleration – m/s^2)	0.7	เมตร/วินาที^{2}
อัตราหน่วงเฉลี่ย ในเส้นทางที่ให้บริการ (Average Service Braking – m/s^2)	0.9	เมตร/วินาที^{2}
ความเร็วสูงสุดที่วิ่งให้บริการปรกติ ระหว่างสถานี (Cruising Speed – km/h)	78	กิโลเมตร/ชั่วโมง



รูปที่ 4.2 ระยะห่างระหว่างเพลาและน้ำหนักต่อเพลา

หมายเหตุ 1) ระยะที่แสดงเป็นเมตร สำหรับรถไฟฟ้า หนึ่งตู้

2) น้ำหนักสถิตต่อเพลา สูงสุด P = 156.9 kN

3) น้ำหนักตัวรถเปล่า P = 93.2 kN

4.2.2 มาตรฐานที่อ้างอิงสำหรับการออกแบบ (Standard and Code of Practice)

เกณฑ์การออกแบบ ทั้งในส่วนของเกณฑ์การออกแบบทางกายภาพ และเกณฑ์การออกแบบระบบราง ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา จะอ้างอิงจากมาตรฐานและข้อกำหนด ดังต่อไปนี้ ซึ่งเป็นมาตรฐานและข้อกำหนดเดียวกับที่กำหนดใช้ในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่

1. International Union of Railways Standard Codes (UIC)

UIC Code 860 – 0	Technical Specification for the supply of Rails
UIC Code 861- 3	Standard 60 kg/m Rail Profiles Types : UIC 60 and 60 E
UIC Code 864 – 2	Technical Specifications for Supply of Steel Track Bolts
UIC Code 864 – 3	Technical Specifications for the supply of spring steel washers for use in Permanent Way.
UIC Code 864 – 4	Technical Specification for supply of Fishplates or sections for Fishplates made of rolled steel
UIC Code 864 – 5	Technical Specification for the Supply of Rail Seat Pads
UIC Code 864 – 8	Rolled Profiles for Fishplates for 54 kg/m and 60 kg/m Rails
UIC Code 866 – 0	Technical Specification for the supply of cast manganese steel crossings for switch and crossing work

2. International Organisation for Standardisation (ISO)

ISO 1113	Information Processing – Representation of the 7 bit coded character set on punched tape
ISO 1191	Plastics – Polyethylenes and Polypropylenes in dilute Solution-Determination of viscosity number and of limiting viscosity number.

3. European Standards (EN)

EN 1561	Founding – Grey Cast Iron
EN 1562	Founding – Malleable Cast Irons
EN 1563	Founding – Spheroidal Graphite Cast Irons
EN13146 – 1 ~ 7	Railway Applications –Track: -Test methods for fastenings
EN13230 - 1 & - 2	Design Manufacturing & Testing of sleepers
EN13232	Turnout
EN 13481-5	Railway Applications – Track: Performance requirements for fastening system
EN 50122-1	Railway Applications-Fixed Installations–Part-1-Protective Provisions Relating to Electrical Safety and Earthing.

4. German Standard (DIN)

DIN 53455	Testing of Plastics – Tensile Test
DIN 53479	Testing of Plastics and Elastomers – Determination of Density
DIN 53508	Testing of rubber - Accelerated ageing

5. International Electrotechnical Commission (IEC)

IEC 60093	Method of testing for volume resistivity and surface resistivity of solid electrical insulating materials (Formerly DIN 53482)

4.2.3 ระยะ และขนาดรถไฟ (Gauge and Clearance)

ตามแนวเส้นทางที่รถไฟฟ้าวิ่งผ่านจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางหรือสิ่งก่อสร้างใด ๆ ล่วงล้ำเข้ามาในระยะปลอดภัยของโครงสร้างรถไฟฟ้า รวมทั้งระยะปลอดภัยเนื่องจากการแกว่งตัวของรถไฟฟ้าขณะวิ่งผ่านประแจสับราง การเอียงตัวของรถไฟฟ้าขณะเข้าทางโค้งที่มีการยกโค้ง การขยายทางโค้งของหัว/ท้าย และส่วนกลางของตู้รถไฟฟ้า

ชนิดของโครงสร้างรถไฟฟ้าที่สำคัญ มีดังนี้

1) Static Car Gauge (CG) : ขอบเขตโครงสร้างของรถไฟฟ้าในสภาวะที่รถไฟฟ้าจอดนิ่งบนทางตรงและในแนวระนาบไม่ลาดเอียง

2) Kinematic Gauge (KG) : ขอบเขตโครงสร้างของรถไฟฟ้าในสภาวะที่รถไฟฟ้ากำลังเคลื่อนที่ (บนทางตรงและในแนวระนาบไม่ลาดเอียง) รวมทั้งระยะที่ยอมให้คลาดเคลื่อนได้จากการผลิตและการบำรุงรักษาตัวรถและล้อ
ระยะการแกว่งของรถไฟสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$E_{e(\max)} = \frac{(l-d)(2n+a)}{2a} + \frac{q(2n-a)}{a} + \frac{w(n+a)}{a} + z$$

$$E_{c(\max)} = \frac{(l-d)}{2} + q + w + z$$

โดยกำหนดให้;

$E_{e(\max)}$ = Dynamic Displacement at end of vehicle [m]

$E_{c(\max)}$ = Dynamic Displacement at centre of vehicle [m]

l = Maximum track gauge [m]

d = Minimum track gauge [m]

n = Maximum distance between bogie centre and couple face [m]

a = Bogie centres

q = Axle play

w = Total crossover bogie movement

z = $(h - h_c)\sin(n_0)$

h = Height above top of rail

h_c = Height of roll centre

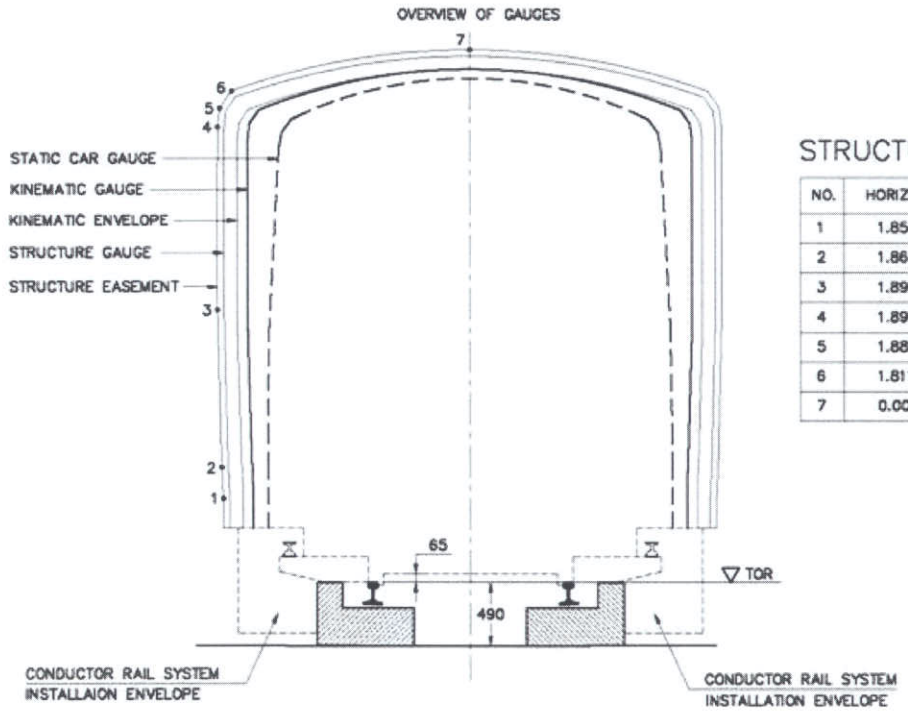
n_0 = Roll angle

3) Kinematic Envelope (KE) : เป็นขอบที่ขยายจากขอบเขตโครงสร้างของรถไฟฟ้า Kinematic Gauge (KG) โดยจะพิจารณารวมระยะที่ยอมให้คลาดเคลื่อนได้จากการติดตั้งและก่อสร้างระบบราง กล่าวคือ ความคลาดเคลื่อนของ Gauge, Alignment และผลกระทบจากการสึกหรอของราง

4) Structure Gauge (SG) : ขอบเขตระยะปลอดภัยของโครงสร้างรถไฟฟ้าในการเดินรถระหว่างรถไฟฟ้า 2 ขบวน (บนทางตรงและในแนวระนาบไม่ลาดเอียง) กล่าวคือขยายขอบเขต Kinematic Envelope (KE) เพิ่มขึ้น 100 mm. (ระยะ Clearance) โดยรอบ Kinematic Envelope (KE) ซึ่งจะใช้ในการกำหนดระยะห่างของแนวรางรถไฟบนทางตรง

5) Structure Easement: ขอบเขตระยะปลอดภัยของโครงสร้างรถไฟฟ้า โดยมีระยะ Clearance จาก Structure Gauge (SG) 50 mm. จากสิ่งก่อสร้างตามแนวทางรถไฟ ซึ่งจะใช้ในการกำหนดขอบเขตของสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ตามแนวทางรถไฟบนทางตรง

Gauge และ Clearance ของโครงการรถไฟฟ้า สายสีเขียวในปัจจุบัน (BTS) กำหนดใช้เพื่อการออกแบบสำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงสะพานใหม่- ลำลูกกา เช่นเดียวกับ ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ โดยมีรายละเอียดดังแสดงในรูปต่อไปนี้



STRUCTURE GAUGE

NO.	HORIZONTAL	VERTICAL
1	1.855	0.653
2	1.867	0.893
3	1.898	2.111
4	1.897	3.521
5	1.882	3.651
6	1.811	3.756
7	0.000	4.071

GENERAL TRACK ALIGNMENT OVERVIEW OF GAUGES

รูปที่ 4.3 ระยะและขนาดรถไฟ

4.2.4 เกณฑ์การออกแบบทางกายภาพของระบบราง (Track Geometry Design Criteria)

เกณฑ์การออกแบบทางกายภาพ เป็นข้อกำหนดเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบรายละเอียดทั้งในส่วนของแนวเส้นทางที่กำหนด และรายละเอียดทั้งแนวเส้นทางในทางราบและแนวเส้นทางในทางดิ่ง ทั้งนี้ รายละเอียดทั้งหมดของเกณฑ์การออกแบบทางกายภาพได้แสดงไว้ในภาคผนวกของรายงานฉบับนี้ ส่วนเนื้อหาที่จะแสดงในหัวข้อนี้จะเป็นเพียงสรุปย่อเกณฑ์การออกแบบทางกายภาพเพื่อใช้ในการตรวจสอบในขั้นตอนของการออกแบบทางกายภาพ ซึ่งการออกแบบรายละเอียดทางกายภาพได้แสดงไว้ในบทที่ 3 หัวข้อการออกแบบรายละเอียดแนวเส้นทางรถไฟฟ้า

การออกแบบทางดิ่ง (Vertical Alignment)				
ความลาดชัน (Gradient)				
- เส้นทางหลัก (Mainline)	ค่ามากที่สุดที่ยอมให้	3.5%		
- ทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Access)	ค่ามากที่สุดที่ยอมให้	3.5%		
- ในสถานีและรางจอดรถ (Main Line Station and Stabling Track)	ค่ามากที่สุดที่ยอมให้	0.1%		
โค้งทางดิ่ง (Vertical Curve)				
- รัศมีโค้งดิ่ง (Radius)	ค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้	800	m.	
- รัศมีในทางโค้งที่มีการเปลี่ยนระดับ (Radius for super elevation ramp)	ค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้	1000	m.	
- ระยะห่างจากจุดเปลี่ยน (Distance to point of switch)	ค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้	3	m.	
- ระยะทางสั้นสุดของช่วงโค้ง (Length of constant Grade)	ค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้	40	m.	
การออกแบบโค้งทางราบ (Horizontal Alignment)				
โค้งทางราบ (Horizontal Curve)				
- รัศมีในเส้นทางหลัก (Mainline Radius)	ค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้	95	m.	
- รัศมีในศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Radius)	ค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้	80	m.	
- ระยะเส้นตรงระหว่างโค้งน้อยสุด (Length of Tangent)	ค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้	15	m.	
- ความยางโค้ง (Length of curve)	ค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้	15	m.	
- ความยาวของช่วงเปลี่ยนโค้ง (Length of Transition)	ค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้	15	m.	
การยกโค้ง (Cant)				
- ค่าการยกโค้งที่ต้องการ (Maximum Desirable Applied Cant)	ค่ามากที่สุดที่ยอมให้	110	mm.	
- ค่าสูงสุดที่ยอมให้ได้ (Absolute Maximum Applied Cant)	ค่ามากที่สุดที่ยอมให้	125	mm.	
- การยกโค้งส่วนขาด ในทางหลัก (Track Maximum Cant Deficiency on Plain Track)	ค่ามากที่สุดที่ยอมให้	110	mm.	
- การยกโค้งส่วนขาด ในประแจ (Track Maximum Cant Deficiency in Turnout Curve	ค่ามากที่สุดที่ยอมให้	90	mm.	
ประแจ (Turnouts)				
- ระยะห่างระหว่างจุดเปลี่ยนโค้งทั้งโค้งราบและโค้งดิ่ง กับ ตัวสับราง	ค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้	3	m	
- Points, frog and the last siding baseplate of a turnout distance to structural joint of the viaduct	ค่าน้อยที่สุดที่ยอมให้	7	m	

4.2.5 เกณฑ์การออกแบบองค์ประกอบระบบราง (Track Design Criteria)

เกณฑ์การออกแบบองค์ประกอบระบบราง เป็นข้อกำหนดความต้องการด้านองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบราง ตั้งแต่ในส่วนขององค์ประกอบปฐมภูมิ ได้แก่ ราง เครื่องยึดเหนี่ยวราง รางจ่ายไฟ และรางชนิดพิเศษต่าง ๆ รวมถึงองค์ประกอบทุติยภูมิ ได้แก่ การเชื่อมราง แป้นปะทะ รอยต่อขยายตัว ทางข้ามเสมอระดับ และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ซึ่งรายละเอียดของเกณฑ์การออกแบบองค์ประกอบระบบรางทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาคผนวกของรายงานฉบับนี้

4.2.6 เกณฑ์การออกแบบโครงสร้างรองรับราง (Track Structure Design Criteria)

เกณฑ์การออกแบบโครงสร้างรองรับราง อ้างอิงตามเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างทางวิ่ง เกณฑ์การออกแบบโครงสร้างสถานี และเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างของศูนย์ซ่อมบำรุง เนื่องจากโครงสร้างรองรับรางเป็นงานที่ประสานระหว่างโครงสร้างต่าง ๆ เหล่านี้กับระบบการเดินรถและ โครงสร้างรองรับรางถือเป็นโครงสร้างทุติยภูมิ ความแข็งแรงหลักจึงขึ้นอยู่กับโครงสร้างที่มารองรับอีกชั้นหนึ่ง

4.3 องค์ประกอบปฐมภูมิของระบบราง (Primary Track Component)

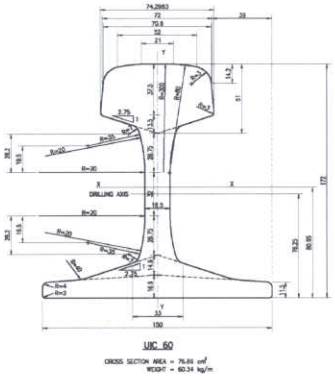
4.3.1 ราง (Rail)

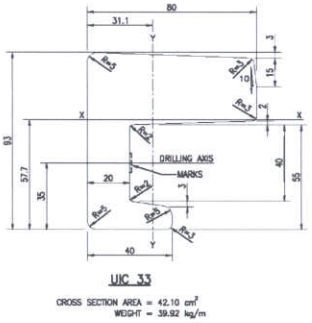
ขนาดของรางในเส้นทางหลัก ต้องเลือกใช้ให้สอดคล้องกับน้ำหนักเพลา เพราะรางเป็นองค์ประกอบแรกของระบบรางที่รองรับน้ำหนักจากเพลา ขนาดของรางที่เหมาะสมกับน้ำหนักเพลานั้น ต้องไม่ทำให้แรงที่เกิดขึ้นในรางนั้นมากกว่าขนาดของแรงที่รางสามารถรับได้ ทั้งนี้ต้องทำการตรวจสอบขนาดของแรงที่เกิดขึ้นในทุก ๆ ส่วนของราง ทั้งส่วนของหัวรางและส่วนของฐานราง เช่น ขนาดของความเค้นที่หัวรางต้องไม่เกิน 270 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ทั้งนี้ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นในรางบางชนิดเกี่ยวข้องโดยตรงกับระยะของเครื่องยึดเหนี่ยวราง ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว การออกแบบให้ระยะห่างของเครื่องยึดเหนี่ยวมีระยะที่เหมาะสม เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นในแง่ของการก่อสร้าง ระยะห่างเครื่องยึดเหนี่ยวรางที่ถี่มากเกินไป ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่รางมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับน้ำหนักเพลาที่ต้องการ เป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง เพราะฉะนั้น ในแง่ของการออกแบบแล้ว ขนาดของรางจึงเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบอื่น ๆ ที่จะตามมาอีกหลายอย่าง การเลือกขนาดของรางที่เหมาะสมกับโครงการจึงเป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

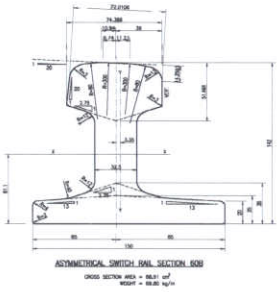
สำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา ขนาดของรางในเส้นทางหลัก ใช้รางชนิด 60E1 ตามมาตรฐาน EN 13674-1 ซึ่งรูปทรงของรางมีความสามารถในการรองรับน้ำหนักบรรทุกต่อเพลา (Axle Loads) ที่ประเมินไว้ที่ 16 ตันได้อย่างเหมาะสม ซึ่งรางมาตรฐานทั่วไปใช้รางเกรด 900A ตามมาตรฐาน UIC-860-O หรือเทียบเท่า

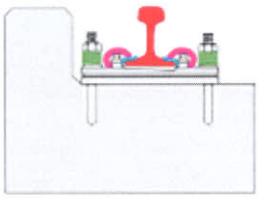
ในช่วงทางโค้งที่รัศมีน้อยกว่า 400 ม. ซึ่งต้องการรางที่สามารถรองรับการเสียดทานที่สูง ต้องใช้รางชนิดหัวแข็ง (head-hardened) เป็นไปตามมาตรฐาน EN 13674-1 โดยมีความสามารถในการรับแรงดึงไม่น้อยกว่า 1080 MPa และมีความแข็งไม่น้อยกว่า 320 HBW ขั้นตอนการเพิ่มความแข็งที่หัวรางโดยความร้อนต้องดำเนินการในขั้นตอนขบวนการการผลิต เพื่อให้ได้ค่าความแข็งตามกำหนดที่ความลึกจากหัวรางไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร

ในส่วนของรางในประแจ และรางสำหรับป้องกันการตกกำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐาน UIC 60 และ UIC 33 ตามลำดับ

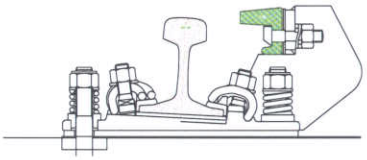




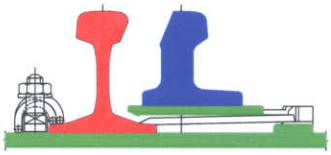




รางในทางวงปกติ



รางสาหรับป้องกันการตกในบริเวณทางโค้ง



รางใน

รูปที่ 4.4 ชนิดของราง

4.3.2 เครื่องยึดเหนี่ยวราง (Fastening System)

วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางคือการยึดรางกับโครงสร้างรองรับราง เพราะฉะนั้นคุณสมบัติในเบื้องต้นที่เครื่องยึดเหนียวรางจำเป็นต้องมีคือ การยึดให้รางอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง สามารถควบคุมรางให้อยู่ในตำแหน่งทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ และส่วนสำคัญคือสามารถถ่ายแรงจากรางไปสู่โครงสร้างรองรับรางได้ นอกจากคุณสมบัติหลักในเบื้องต้นดังกล่าวแล้ว เครื่องยึดเหนี่ยวรางจำเป็นจะต้องเป็นฉนวนและยืดหยุ่นเพื่อรองรับการเดินรถได้

ทั้งนี้ เครื่องยึดเหนี่ยวรางถือเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่รายละเอียดจะขึ้นกับผู้ผลิตแต่ละรายโดยตรง เนื่องจากผู้ผลิตแต่ละราย พัฒนาอุปกรณ์ขึ้นเป็นลิขสิทธิ์เฉพาะราย การออกแบบจึงทำได้เพียงแค่ กำหนดความต้องการใช้งานในเบื้องต้น เป็นความต้องการคร่าวๆ อาทิเช่น

1. ระบบการยึดเหนี่ยวที่ดี ควรมีความยืดหยุ่นที่เท่าๆ กันในทุกทิศทาง สามารถรับแรงที่เกิดขึ้นในรางรถไฟที่มีการเชื่อมยาวแบบต่อเนื่อง และแรงกระทำร่วมของโครงสร้างทางยกระดับ สามารถที่จะยอมให้เกิดการเคลื่อนที่ขยายและหดตัวตามยาว ตามสภาพของโครงสร้างที่อยู่ใต้ราง อันเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง สามารถรับน้ำหนักกระทำซ้ำอย่างต่อเนื่อง และส่วนประกอบทั้งหมดมีความทนทานต่อการสึกหรอ และมีความต้องการในการบำรุงรักษาต่ำ

2. เครื่องยึดเหนี่ยวต้องสอดคล้องกับขนาดรางที่กำหนด และสอดคล้องกับการเอียงของรางที่กำหนดไว้ที่ 1:40 สามารถที่จะรักษาสภาพ และคงค่าความคลาดเคลื่อนของรางที่จะเกิดขึ้น สามารถที่จะป้องกันการเกิดการโก่งตัวของรางเมื่ออยู่ในสภาพอุณหภูมิสูง

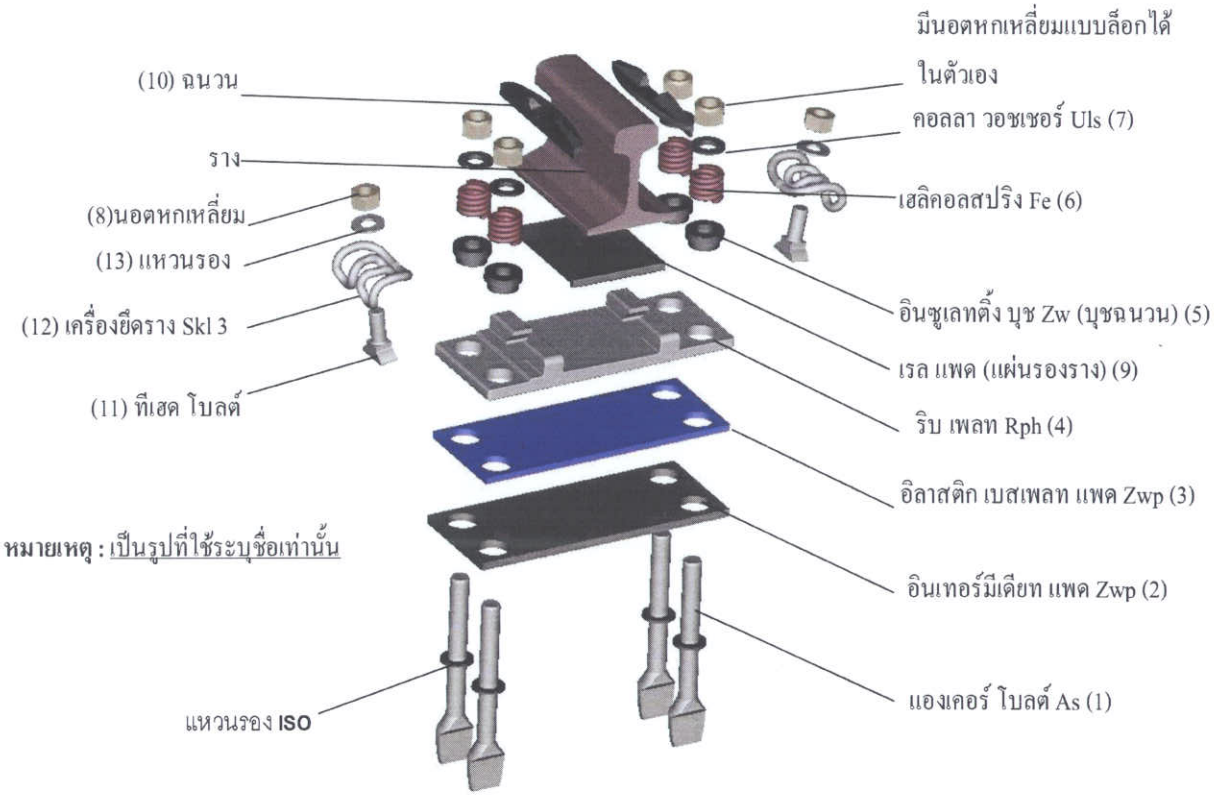
3. ความต้านทานการเคลื่อนที่ในแนวยาวที่เครื่องยึดเหนี่ยวรางกระทำต่อรางต้องไม่น้อยกว่า 8 kN

4. สามารถให้ค่าความต้านทานทางไฟฟ้า ตามความต้องการคุณสมบัติทางด้านความต้านทานทางไฟฟ้าในกรณีแห้งไม่น้อยกว่า 100 MegaOhm และไม่น้อยกว่า 1 MegaOhm ในกรณีเปียก

5. สามารถที่จะลดระดับการเกิดเสียง และการสั่นสะเทือนให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

6. สามารถที่จะทนต่อสภาพแวดล้อมในพื้นที่ได้

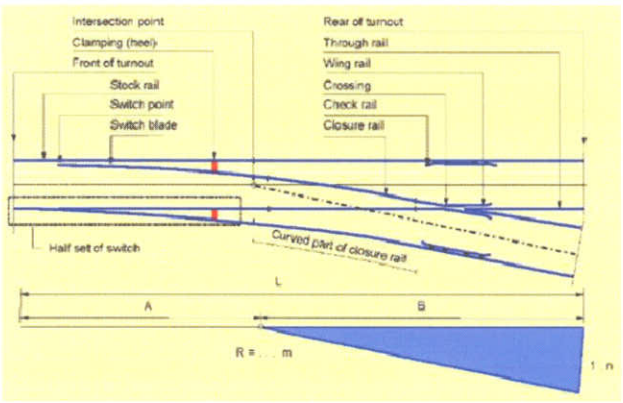
7. องค์ประกอบหลักของเครื่องยึดเหนี่ยวรางแสดงตัวอย่างอยู่ในรูป ที่ 4.5 ซึ่งเป็นเพียงตัวอย่างที่แสดงเพื่อประกอบรายงานเท่านั้น เครื่องยึดเหนี่ยวรางที่มีองค์ประกอบที่น้อย ก็ทำให้การบำรุงรักษาต่ำลงด้วย

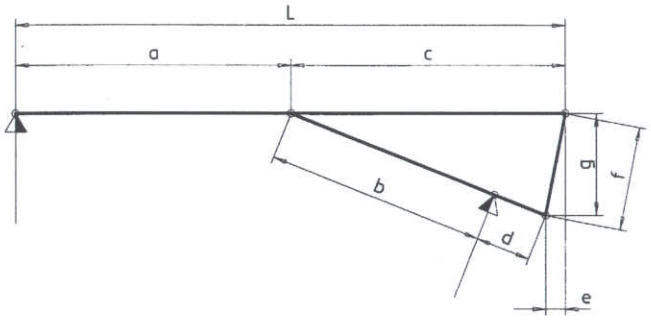


รูปที่ 4.5 ตัวอย่างองค์ประกอบหลักของเครื่องยึดเหนี่ยวราง

4.3.3 รางชนิดพิเศษต่างๆ (Special Trackwork)

รางชนิดพิเศษของโครงการนี้ ได้แก่ชุดประแจรางสับหลีก (Turnouts) ซึ่งถูกออกแบบตามความต้องการของการเดินรถ ดังแสดงในผังระบบรางรูปที่ 4.1 การติดตั้งบนเส้นทางหลักจะกำหนดให้ใช้ชนิด 190 - 1:9 สำหรับชุดรางตัดข้าม (Crossover) ที่ใช้ในกรณีฉุกเฉินและการเชื่อมต่อสับหลีกอื่น ๆ ที่ใช้เฉพาะในการนำขบวนรถเปล่ากลับเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุงเท่านั้น โดยความเร็วของขบวนรถที่จะใช้ชุดประแจรางสับหลีกต่าง ๆ ทั้งหมดบนเส้นทางหลักจะจำกัดไว้ที่ 45 กม./ชม.





Gauge: 1435

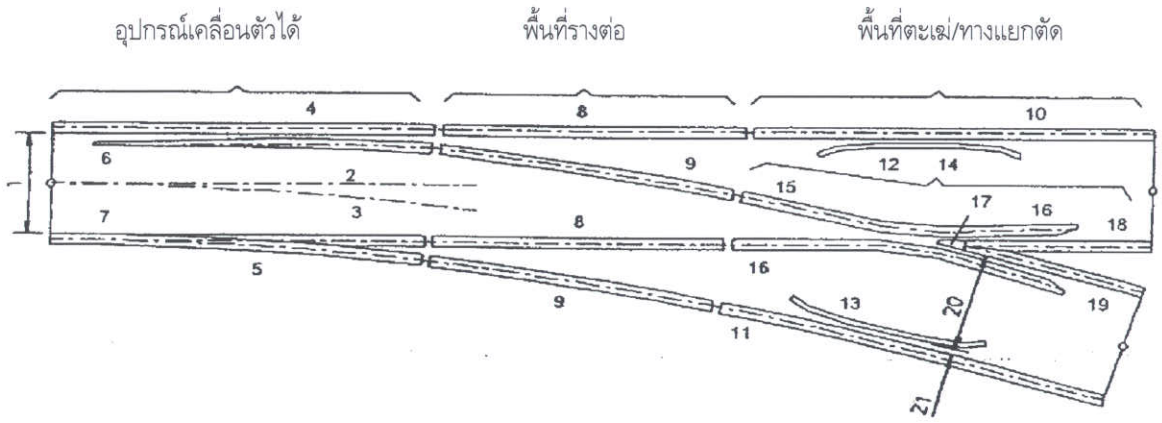
All Dimensions in mm

T/O	L	a	b	c	d	e	f	g
100-1:5	19804	9902	9902	9902	0	192	1951	1942
100-1:6	19804	8276	8276	11528	3252	157	1902	1895
140-1:6	23174	11587	11587	11587	0	158	1911	1905
140-1:7	23174	9950	9950	13224	3274	133	1875	1870
190-1:7	27006	13503	13503	13503	0	136	1914	1910
190-1:9	27006	10523	10523	16483	5960	101	1823	1820
300-1:9	33230	16615	16615	16615	0	102	1838	1835
500-1:12	41594	20797	20797	20797	0	72	1729	1727
760-1:14	54216	27108	27108	27108	0	69	1933	1931
1200-1:18.5	64818	32409	32409	32409	0	47	1750	1749

รูปที่ 4.6 มาตรฐานชุดประแจรางสับหลีก

ชุดประแจรางสับหลีก ที่ใช้ในศูนย์ซ่อมบำรุง จะเป็นชนิด 140 - 1:7 โดยจำกัดความเร็วใช้งานไว้ที่ 25 กม./ชม.

ความเร็วสูงสุดในการวิ่งผ่านชุดประแจรางสับหลีกต่าง ๆ จะสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิการยกโค้ง (Cant Deficiency) ที่กำหนดจำกัดไว้ที่ 90 มม. และบริเวณที่ติดตั้งชุดประแจรางสับหลีกต่าง ๆ จะไม่อนุญาตให้มีการเปลี่ยนโค้งในแนวดิ่ง



1 ขนาดทาง
2 ทางตรง/ทางประธาน
3 ทางโค้ง/ทางแยก
4 รางยึดที่ตรง
5 รางยึดที่โค้ง
6 รางลิ้นที่ตรง
7 รางลิ้นที่โค้ง
8 รางต่อที่ตรง
9 รางต่อที่โค้ง
10 รางตรง
12 รางโค้ง
12 รางเช็คที่ตรง
13 รางเช็คที่โค้ง
14 ตะเฆ่/ทางแยกตัด
15 รางปีกโค้ง
16 รางปีกตรง
17 ส่วนที่เป็นตัววีในตะเฆ่
18 รางปลายตะเฆ่ตรง
19 รางปลายตะเฆ่โค้ง
20 ขนาดทางของรางเช็ค
21 ร่องล้อผ่านในรางเช็ค

รูปที่ 4.7 องค์ประกอบชุดประแจรางสับหลีก

องค์ประกอบของชิ้นส่วนต่างๆ ในการออกแบบชุดประแจรางสับหลีกนั้น ขึ้นอยู่กับวิธีการของผู้ผลิตแต่ละราย ซึ่งอาจจะมีองค์ประกอบย่อยที่แตกต่างกันไปบ้าง ซึ่งในรายงานฉบับนี้จะกล่าวถึงองค์ประกอบหลักที่จะปรากฏในชุดประแจรางสับหลีก ดังแสดงในรูปที่ 4.7

ดังนั้นชุดประแจรางสับหลีกจะถูกออกแบบโดยมีกรอบความต้องการดังต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย:

1. ชุดประแจรางสับหลีก ในเส้นทางสายหลักจะใช้รางชนิดหัวแข็ง
2. ในส่วนของรางปลายแหลมทางตัดประแจ จะต้องถูกหล่อมาจากเหล็กแมงกานิส และใช้วิธีการเชื่อมรางโดยใช้เครื่องเชื่อมไฟฟ้า (Flash-butt) เข้ากับรางเสริม (Closure rails)
3. รางของชุดประแจรางสับหลีก ในเส้นทางสายหลักจะออกแบบให้มีความเอียงของราง 1:40 ส่วนในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงแล้วแต่ความต้องการการใช้งานในแต่ละพื้นที่
4. การออกแบบรูปร่างจะเป็นไปตาม EN13232-1:2003 Railway Applications-Track-Switches and crossings
5. ชุดประแจรางสับหลีก ที่ใช้ในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง จะใช้รางเกรด 900A HB 260
6. ช่องระหว่างรางลิ้น (Switch rails) และรางประคองลิ้น (Stock rails) ต้องไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร
7. รางกัน (Check rails)ให้ใช้หน้าตัดของ UIC 33

รูปที่ 4.8 ภาพตัวอย่างประแจรางสับหลีก

4.3.4 รางจ่ายไฟ (Conductor Rail)

ระบบรางจ่ายไฟในโครงการนี้เป็นชนิดระบบรางที่สาม (3rd Rail System) ที่ติดตั้งอยู่ด้านข้างของ ทางรถไฟ เพื่อจ่ายไฟจากห้องไฟฟ้าย่อยจากสถานีไปยังขบวนรถไฟฟ้า การถ่ายเทกระแสไฟฟ้ากระทำผ่านอุปกรณ์รับกระแสไฟที่กดลงไปบนพื้นผิวสัมผัสของรางที่สาม รางที่สามทำด้วยอะลูมิเนียมที่ออกแบบสำหรับนำกระแสไฟ 4,500 แอมป์ ประกบติดด้วยแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมสำหรับการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์รับกระแสไฟของกระบวนรถไฟฟ้า

ระบบรางที่สามที่กำหนดเป็นแบบที่อุปกรณ์รับกระแสไฟสัมผัสทางด้านล่างของรางที่สาม ระบบรางที่สามจะถูกติดตั้งใกล้กับทางรถไฟ โดยมีเชิงลาดของรางที่สาม เพื่อให้อุปกรณ์รับไฟฟ้าของรถไฟ เข้าสัมผัส หรือแยกออกได้

ระยะห่างระหว่างตัวยึดต่อเนื่องสองอัน (ฉนวนลูกถ้วย) คือ 5,600 มม. ในทางตรงและโค้งที่มีรัศมีมากกว่า 500 เมตร และ 5,200 มม. ในโค้งที่มีรัศมีเท่ากับหรือน้อยกว่า 500 เมตร

ตัวยึดแต่ละอันยึดติดกับคอนกรีตชั้นที่สองโดยการหล่อพุกพลาสติกในคอนกรีต แล้วยึดด้วยสกูรเกลียว แหวนสปริงเพื่อป้องกันการคลายตัวของสกูรเกลียว เนื่องจากการสัมผัสซ้ำ ๆ กับอุปกรณ์รับกระแสไฟของขบวนรถไฟฟ้าระหว่างการเดินรถ

การติดตั้งของรางที่สามแต่ละช่วงได้ติดตั้งหัวต่อรางเผื่อขยาย เพื่อที่จะรับการขยายตัวเนื่องจากความร้อน

ตัวยึดที่ตั้งอยู่กึ่งกลางระหว่างหัวต่อรางเผื่อขยายสองอัน หรือเชิงลาดของรางที่สาม สองอันถูกยึดกับสมอ เพื่อป้องกันการคืบตามยาวของราง

รางที่สามตามมาตรฐานยาว 11.20 เมตรต่อหนึ่งท่อน ต่อเชื่อมกันโดยแผ่นประกับที่ปลายราง แผ่นประกับเหล่านี้ ทำให้เกิดทั้งความต่อเนื่องของกระแสไฟฟ้า และความต่อเนื่องของรูปทรง รวมถึงความต้านทานทางกลศาสตร์ที่จำเป็น

รูปที่ 4.9 ระบบรางจ่ายไฟฟ้า

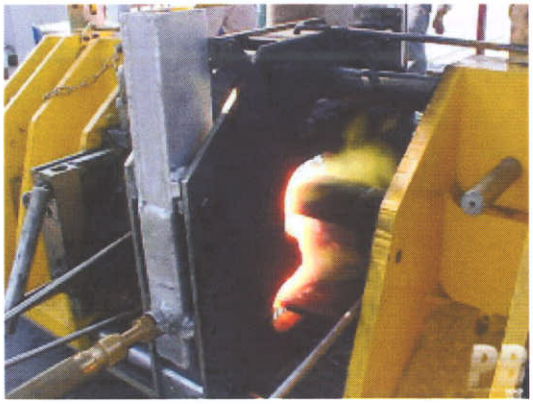
4.4 องค์ประกอบทุติยภูมิของระบบราง (Secondary Track Component)

4.4.1 การเชื่อมราง (Welded Rail)

ระบบรางถูกออกแบบให้เป็นรางเชื่อมต่อเนื่อง (Continuous welded rails: CWR) เพื่อจะช่วยลดภาระในการบำรุงรักษาและทำให้การโดยสารมีความสะดวกสบายเพิ่มขึ้นจากจำนวนรอยต่อรางที่ลดลง ซึ่งมาตรฐานที่ใช้เชื่อมรางมีได้หลายวิธี

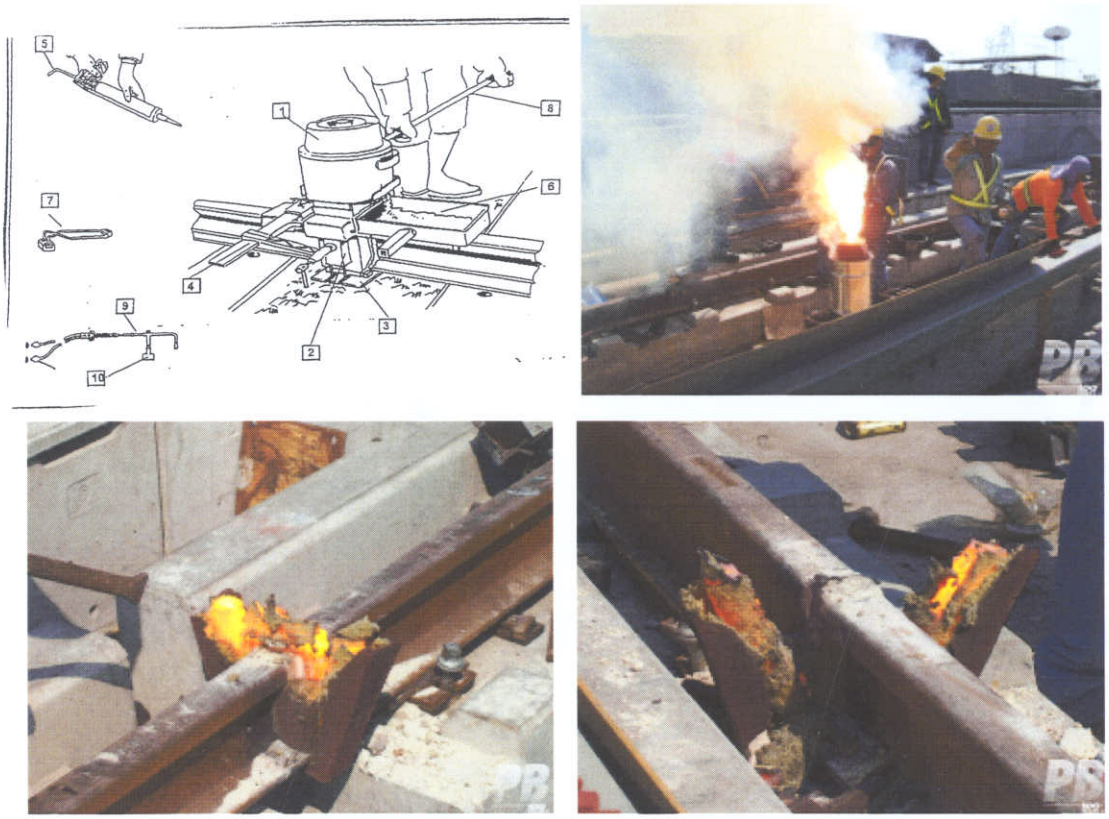
รูปที่ 4.10 รางขนาดสั้นที่ถูกนำมาส่งที่สถานที่ก่อสร้าง

โดยปกติแล้วรางถูกส่งมาจากโรงงานผลิตโดยมีระยะความยาวค่าหนึ่ง ซึ่งไม่ควรจะน้อยกว่า 18 เมตร โดยทั่วไปอาจจะอยู่ระหว่าง 18-25 เมตร ทางผู้ก่อสร้างต้องทำการเชื่อมรางที่มีความยาวประมาณ 18-25 เมตรเข้าด้วยกัน ให้มีความยาวมากที่สุดเท่าที่จะสามารถขนส่งไปสู่หน้างานได้ โดยทั่วไปก็ประมาณ 100-120 เมตรซึ่งการเชื่อมรางจากความยาว 18-25 เมตร ให้มีความยาวนั้น ใช้การเชื่อมที่เรียกว่า การเชื่อมต่อชนหรือการเชื่อมด้วยแก๊ส ดำเนินการที่โรงจัดเก็บรางได้เลย (รายละเอียดและขั้นตอนการเชื่อมรางแสดงในขั้นตอนการก่อสร้าง)



รูปที่ 4.11 การเชื่อมรางด้วยแก๊สหรือการเชื่อมแบบต่อชน

ลักษณะเด่นของการเชื่อมด้วยแก๊สคือ รอยเชื่อมที่ได้นั้นมีความแข็งแรงสูง เครื่องจักรที่ใช้ในการเชื่อมก็ไม่ได้มีความซับซ้อนมาก ทั้งนี้การเชื่อมด้วยวิธีการนี้จะทำให้รางที่ได้สั้นลงประมาณ 20-25 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.12 การเชื่อมรางด้วยเทอร์มิท

หลังจากที่รางขนาดสั้นได้ถูกเชื่อมให้มีความยาวประมาณ 100 -120 เมตร รางก็จะถูกนำไปสู่ตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งรางจริงๆ หลังจากนั้น รางจะถูกเชื่อมต่อกันให้ต่อเนื่องตลอดความยาว ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบเทอร์มิท (Thermit) ในกระบวนการเชื่อมเทอร์มิท รางจะถูกเชื่อมติดกัน โดยการใช้เหล็กที่หลอมเหลวที่เกิดจากกระบวนการเคมี อันเป็นผลมาจากน้ำยาที่ใช้ในกระบวนการเชื่อมนี้ สำหรับกระบวนการเชื่อม Thermit ด้วยวิธีการ aluminothermic ควรจะต้องทำการ pre-heat รางก่อน

รอยเชื่อมที่ได้ต้องถูกตรวจสอบด้วยการใช้ Ultrasonic ในการตรวจสอบ ถ้าไม่ผ่านการตรวจสอบจะใช้กรรมวิธีในการซ่อมแซมรอยเชื่อม ซึ่งได้แก่วิธี wide-gab welding

4.4.2 แป้นปะทะ (Buffer Stop)

เพื่อรักษามาตรฐานทางด้านความปลอดภัย ปลายเส้นทางหรือจุดสิ้นสุดของ เส้นทางเดินรถหรือโรงจอดซ่อมบำรุง ต้องมีการติดตั้งเครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยในการหยุดรถ อุปกรณ์เหล่านี้ทั้งหมดจะต้องออกแบบให้รองรับการกระแทกได้จากรถไฟที่ความเร็วที่กำหนดไว้โดยไม่ให้เกิดความเสียหายต่อตัวรถและราง

หลักการทำงานสำหรับตัวหยุดแป้นปะทะคือ การถ่ายเทพลังงานจลน์จากรถไฟไปสู่แป้นปะทะ ซึ่งการรับพลังงานของแป้นปะทะขึ้นอยู่กับเทคนิคของผู้ผลิตแต่ละราย โดยส่วนใหญ่สามารถแยกออกเป็นสองแบบ ได้แก่

1. ตัวหยุดแป้นปะทะแบบติดอยู่กับที่ (Fixed Buffer Stop)

หลักการทำงานของตัวหยุดแป้นปะทะแบบติดอยู่กับที่คือระหว่างที่เกิดการกระแทก แป้นปะทะของตู้รถไฟประชิดกับแป้นที่หุ้มด้วยยางของตัวหยุดแป้นปะทะ โปรดตระหนักว่าแป้นปะทะชนิดติดตั้งอยู่กับที่ไม่สามารถซึมซับพลังงานได้

หลังจากที่ตู้รถไฟสัมผัสกับตัวหยุดแป้นปะทะเต็มที่แล้ว พลังงานจลน์ก็จะถูกถ่ายจากรถที่กระแทกไปสู่ตัวหยุดแป้นปะทะและสุดท้ายลงสู่ทางรถไฟ ผู้ก่อสร้างจึงต้องแน่ใจว่าชนิดของรางและระบบยึดเหนียวกับรางถูกออกแบบไว้อย่างเพียงพอกับการต้านทานแรงยก ซึ่งเกิดจากการกระแทกที่ได้ออกแบบไว้

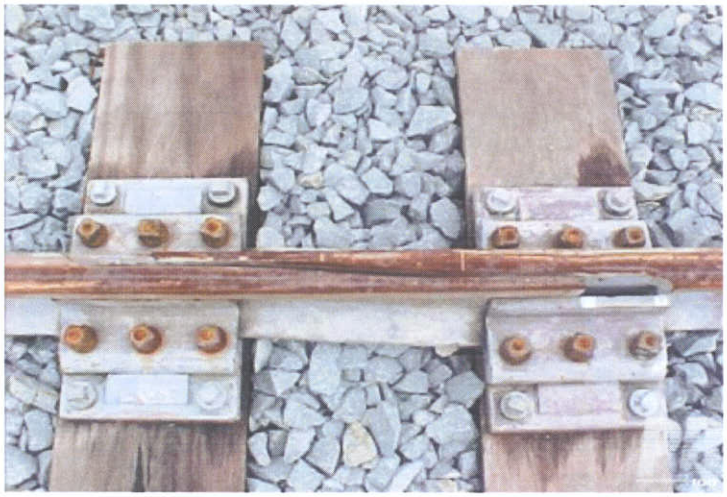
2. ตัวหยุดล้อแป้นปะทะด้วยแรงเสียดทาน (Sliding or Friction Buffer Stop)

หลักในการทำงานคือล้อของเพลาหน้าซึ่งเหยียบขึ้นไปบนลิ้นของที่หยุดล้อ (Tongue of the stop) ครีบล้อจึงเหยียบถูก บล็อก และที่หยุดล้อจึงลื่นไถลไปตามรางจนกว่าล้อจะหยุด สมรรถนะการเบรกขึ้นอยู่กับน้ำหนักของรถไฟที่เพลาล้อหน้าสุดที่กดลงบนลิ้นของที่หยุดล้อ และส่วนที่เป็นแรงเสียดทานที่ออกแบบไว้ ซึ่งทำหน้าที่เป็นแรงทางแนวยาวต้านการขับเคลื่อนที่หยุดล้อไป ตามทางรถไฟ

รูปที่ 4.13 แป้นปะทะ

4.4.3 รอยต่อขยายตัว (Rail Expansion Joint)

REJs ติดตั้ง ในตำแหน่งที่ประเมิณว่าจะมีความเค้นเกิดขึ้นในรางเกินค่าที่ระบุไว้ตามแนวยาวของการเคลื่อนที่ของช่องทางวิ่ง หรือในช่วงของโครงสร้างสะพานที่มีความยาวเกิน 105 เมตรเพื่อป้องการการเกิดความเค้นในรางที่สูงเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งจะส่งผลให้รางเกิดความเสียหายได้



รูปที่ 4.14 Rail Expansion Joint

4.4.4 ทางข้ามเสมอระดับ (Level Crossing)

ทางข้ามเสมอระดับติดตั้งในบริเวณโรงจอดและซ่อมบำรุง สำหรับใช้เพื่อการจราจรของรถและเจ้าหน้าที่ที่จะข้ามรางในระดับเดียวกัน ซึ่งควรทำจากวัสดุจำพวกยาง แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป หรือ คอนกรีตหล่อในที่

เพื่อความสะดวกในการติดตั้ง การใช้ระบบที่ทำจากแผ่นยาง หรือ แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป จึงค่อนข้างมีความเหมาะสมและควรเป็นระบบที่เลือกใช้ เนื่องจากสามารถที่จะถอดออกและติดตั้งใหม่ได้รวดเร็วในขณะทำการซ่อมบำรุงราง

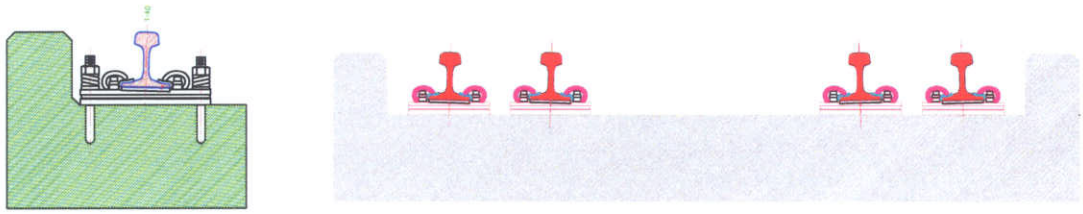
รูปที่ 4.15 ทางข้ามเสมอระดับ

4.5 โครงสร้างรองรับราง (Track Support)

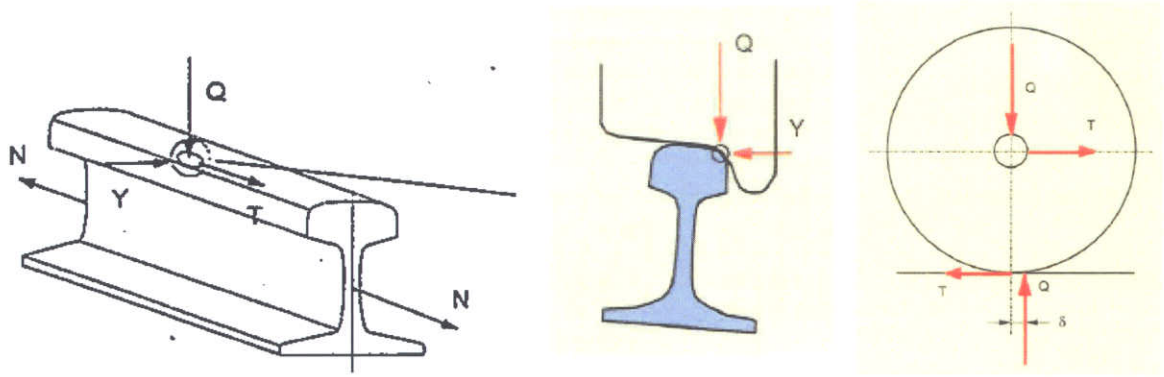
การออกแบบโครงสร้างรองรับรองนั้น ในส่วนของโครงสร้างรองรับรางบนทางวิ่งยกระดับ ต้องทำการออกแบบโดยใช้เกณฑ์การออกแบบโครงสร้างทางวิ่ง ซึ่งได้แสดงไว้ในรายงานฉบับนี้ รายงานในส่วนนี้เป็นเพียงการแสดงขั้นตอนการออกแบบในเบื้องต้น เพื่อหาขนาดที่เป็นไปได้ของโครงสร้างรองรับราง

4.5.1 แท่นรองรับราง (Plinth)

ทั้งนี้ความต้องการที่กำหนดในเงื่อนไขความต้องการของเจ้าของงานนั้น ระบุในความต้องการเบื้องต้นว่า รางของเส้นทางหลักบนโครงสร้างทางยกระดับ จะเป็นรางชนิดไม่มีหินโรยทาง (Ballastless Track) รองรับและยึดรางไว้กับแท่นรับราง (Plinths) คอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ระบบยึดเหนี่ยวรางโดยตรง (Direct Fixation Fastening System) ที่มีลิขสิทธิ์เฉพาะของผู้ผลิต บนโครงสร้างทางจะมีการจำกัดการตกราง (Derailment Containment) ด้วยแนวคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขอบด้านบนของแนวอยู่ที่ระดับเดียวกับระดับสันราง ตั้งอยู่ห่างจากขอบด้านนอกของรางประมาณ 200 มม. เพื่อจำกัดการเบี่ยงเบนของชุดล้อที่ตกรางและควบคุมรถที่ตกรางให้ยังคงอยู่บนโครงสร้างทาง แนวคอนกรีตเหล่านี้จะก่อสร้างรวมเป็นส่วนหนึ่งและเป็นชิ้นเดียวกันกับการก่อสร้างแท่นรับราง (Plinths)



รูปที่ 4.16 รูปแบบโดยทั่วไปของระบบราง



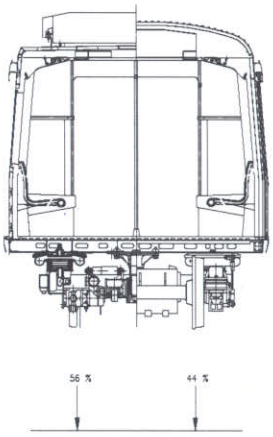
รูปที่ 4.17 แรงจากล้อที่กระทำต่อราง

การออกแบบแท่นรองรับราง เริ่มต้นด้วยการพิจารณาแรงที่มากระทำต่อราง ซึ่งโดยทั่วไปแรงที่กระทำกับรางมีสามทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.17 ซึ่งประกอบไปด้วย (อ้างอิงแรงและตัวย่อจากเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างทางวิ่ง)

1. น้ำหนักรถไฟ (Live Load = LL) ดังแสดงในรูปที่ 4.2 จะได้น้ำหนักที่กระทำต่อล้อเท่ากับครึ่งหนึ่งของน้ำหนักที่กระทำต่อเพลา

$$QLL = 156.9/2 = 78.5 \text{ kN}$$

2. แรงแกว่ง (LF) ซึ่งเกิดจากรถไฟเหวี่ยงเล็กน้อย ทำให้ล้อแบ่งน้ำหนักเป็น 56% และ 44%

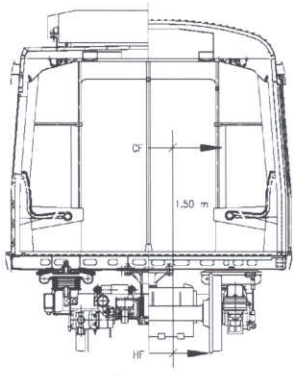


รูปที่ 4.18 แรงแกว่ง

3. ตัวคูณแรงกระแทก (I) เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากการกระแทก มีค่าเพิ่มขึ้นอีก 30 เปอร์เซ็นต์

4. แรงกระทำด้านข้างที่ล้อ (HF) เกิดจากกิจกรรมร่วมด้านข่างระหว่างรถไฟและราง จะกระทำด้านข้างส่วนบนของรางบนทางตรงกับเพลานำของล้อ มีค่าเท่ากับ

$$Y_{HF} = 156.9x0.08 = 12.6 \text{ kN}$$



รูปที่ 4.19 แรงกระทำด้านข้างที่ล้อรถ

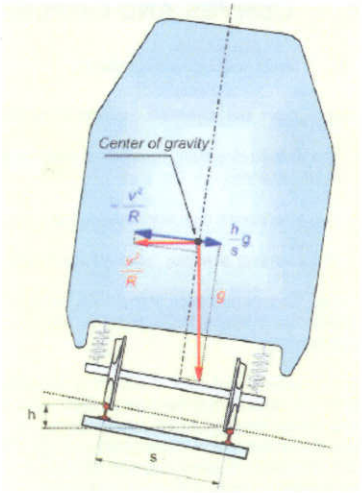
5. แรงหนีศูนย์กลาง (CF) กระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วงของรถขณะอยู่บนทางโค้ง ซึ่งกำหนดที่ระยะความสูง 1.50 เมตร มีค่าเท่ากับ

$CF = LV^2/(127R)$ (kN)

V = ความเร็วของรถ กม/ชม

R = รัศมี (เมตร)

L = น้ำหนักต่อเพลา (ไม่รวมแรงกระแทก) kN



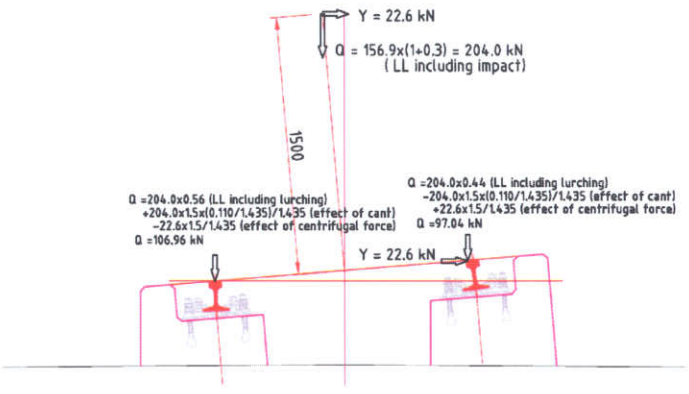
รูปที่ 4.20 แรงหนีศูนย์

$CF = 156.9x(80)^2/(127x350) = 22.6$ kN

เมื่อแรงหนีศูนย์กลางและแรงกระทำด้านข้างที่ล้อรถเกิดขึ้นพร้อมกัน พิจารณาเฉพาะแรงที่มากกว่าเท่านั้น

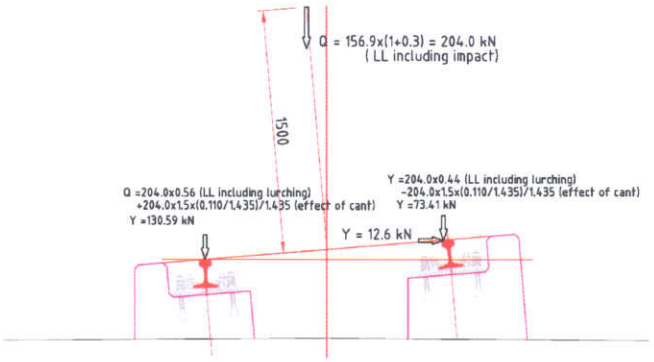
$Q_{LL,I,CF,HF} = 130.59$ kN

$Y_{LL,I,CF,HF} = 22.6$ kN

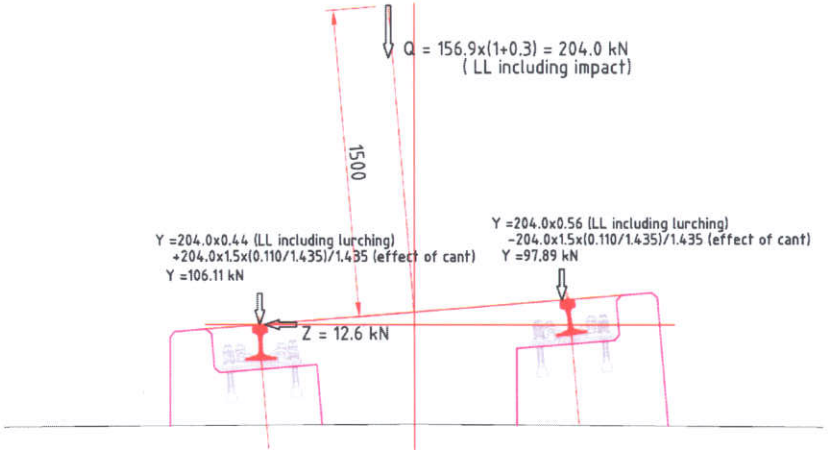


SCENARIO L1 : Maximum Centrifugal force with maximum vertical load on high rail plinth

รูปที่ 4.21 การพิจารณาจากน้ำหนักบรรทุกไม่ถาวร



SCENARIO L2 : Maximum Hunting force with maximum vertical load on high rail plinth

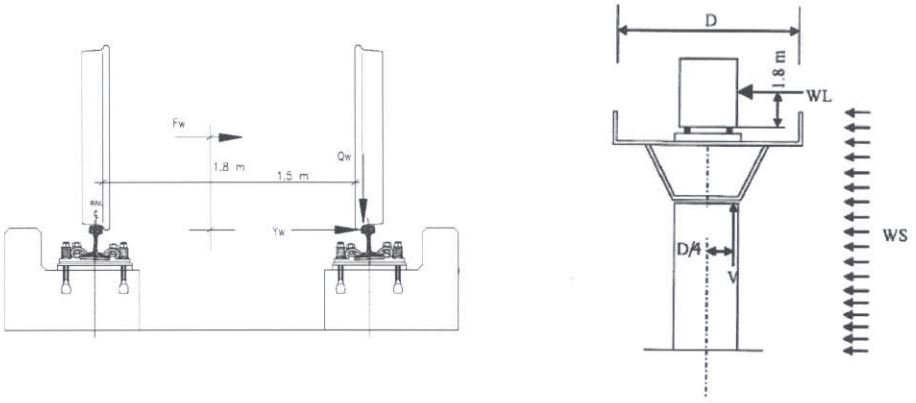


SCENARIO L2 : Maximum Hunting force with maximum vertical load on low rail plinth

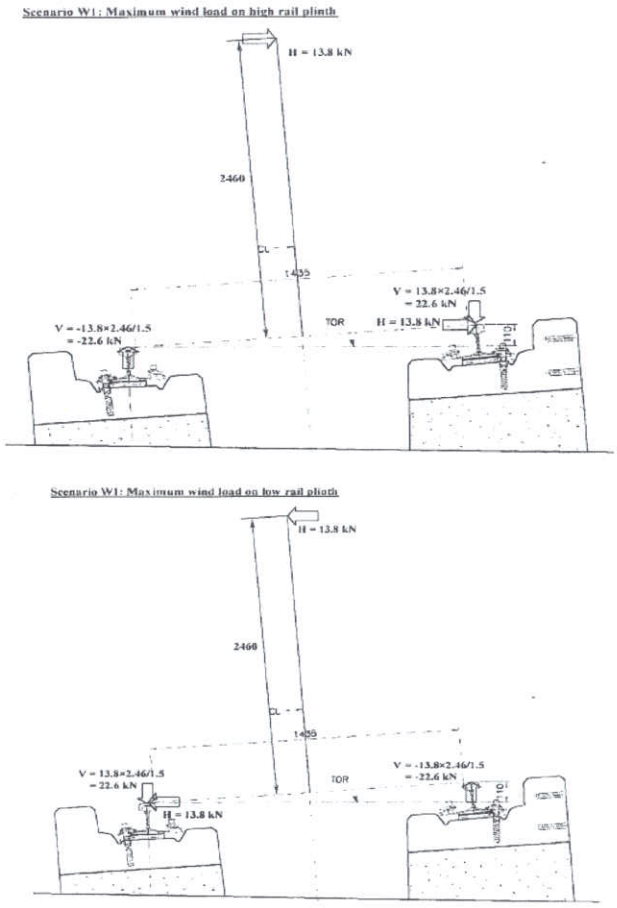
รูปที่ 4.21 (ต่อ) การพิจารณาจากน้ำหนักบรรทุกไม่ถาวร

6. แรงลม (WL) กระทำดังแสดงในรูปที่ 4.22

Q_{WL} = 22.6 kN
Y_{WL} = 13.8 kN



รูปที่ 4.22 แรงลม



รูปที่ 4.22 (ต่อ) แรงลม

จากแรงกระทำดังข้างต้นทั้งหมด นำมาพิจารณาการผสมผสานแรงในสภาพใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 4.23

S1 =	D+L+I+PS+LFn+DS+SH+CR+*0.5DT*+T+CF
S1 =	D+L+I+PS+LFn+DS+SH+CR+*0.5DT*+T+HF+LC
S1 =	D+L+I+PS+LFn+DS+SH+CR+*0.5DT*+T+FR
S2 =	S1+WL
S3 =	PS+D+WS+T+SH+CR+DS
S4 =	PS+D+EQ+T+SH+CR+DS+*DT*
S5 =	D+L+I+PS+DS+SH+CR+DR
S6 =	*D+L+I+PS+DS+SH+CR+0.5(DT+FR)*
S7 =	*D+PS+CR+DT+FR*
S8 =	*D+L+I+PS+SH+CR*
S9 =	*D+EL+CR+SH+DT*

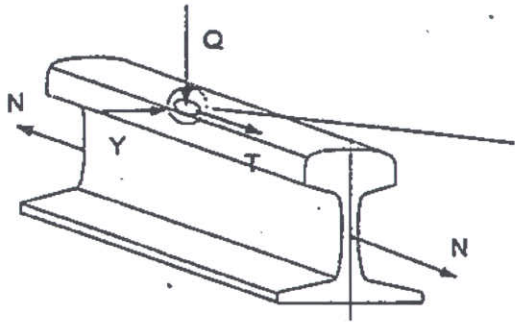


Figure 1.10: Rail forces and displacements

รูปที่ 4.23 กรณีการผสมผสานแรงสภาพการใช้งาน

จากแรงดังกล่าวข้างต้นทั้งหมดนั้น จะได้ว่า

แรงในแนวดิ่ง

$$Q_{total} = 130.59+22.6 = 153.19 \quad kN$$

แรงในแนวด้านข้าง

$$Y_{total} = 22.6+13.8 = 36.4 \quad kN$$

และสามารถ นำมาพิจารณาการผสมผสานแรงในสภาพคุณน้ำหนักบรรทุก ดังแสดงในรูปที่ 4.24

U1 :

แรงในแนวดิ่ง

$$Q_{total} = 130.59*1.7 = 222.0 \quad kN$$

แรงในแนวด้านข้าง

$$Y_{total} = 22.6*1.7 = 38.42 \quad kN$$

U2 :

แรงในแนวดิ่ง

$$Q_{total} = 130.59*1.4+22.6*1.5 = 216.726 \quad kN$$

แรงในแนวด้านข้าง

$$Y_{total} = 22.6*1.4+13.8*1.5 = 52.34 \quad kN$$

U1= 1.3*(D+SH or CR) + 1.7*(L+I+CF)+PS

U1 = 1.3*(D+SH or CR) + 1.7*(L+I+CF)+PS

U2 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + 1.4*(L+I+CF)+PS+1.5*WL

U2 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + 1.4*(L+I+HF)+PS+1.5*WL

U3 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + 1.4*(L+I+CF)+PS

U3 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + 1.4*(L+I+HF)+PS

U4 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + 1.4*(L+I+CF+LFe)+PS+1.5*(T or EQ)

U4 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + 1.4*(L+I+HF+LFe)+PS+1.5*(T or EQ)

U5 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + 1.4*(L+I+CF)+PS+1.2*(BR or *FR*)

U5 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + 1.4*(L+I+HF)+PS+1.2*(BR or *FR*)

U6 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + 1.4*(L+I+CF)+PS+1.4*DR

U6 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + 1.4*(L+I+HF)+PS+1.4*DR

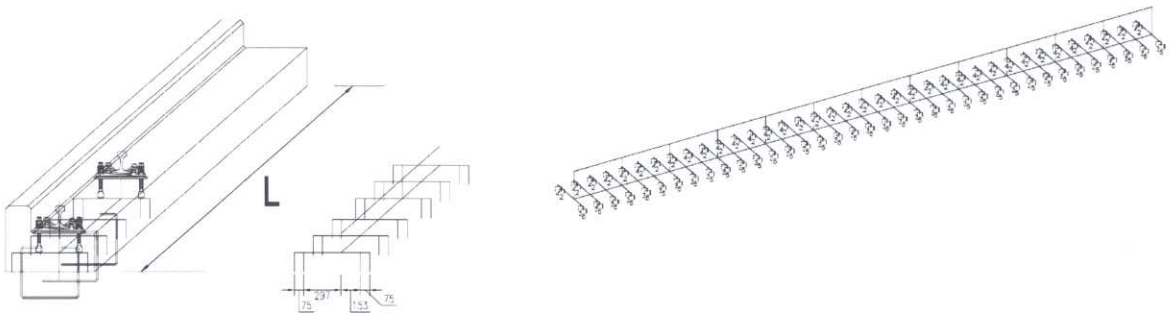
U7 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + PS+1.5*(CL or WS)

U7 = 1.3*(D+SH or CR+DS) + PS+1.5*(CL or WS)

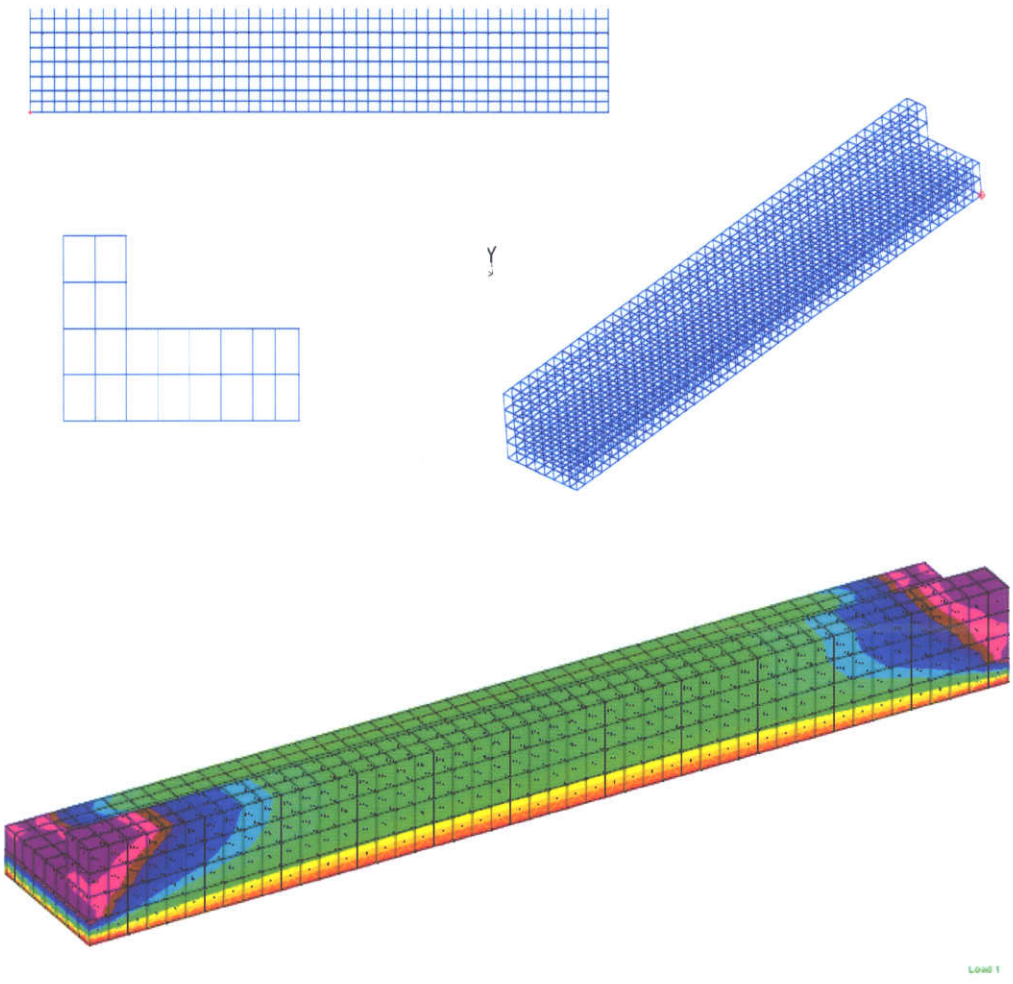
*U8 = (1.1 or 1.0)*D + (1.3 or 1.0)*EL + 2.0*A*

รูปที่ 4.24 กรณีการผสมผสานกรณีตัวคูณกำลัง

จากแรงที่เกิดขึ้นดังกล่าว ทั้งในสภาพใช้งานและในกรณีตัวคูณกำลัง จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อออกแบบการเสริมเหล็กของโครงสร้างรองรับรางในลำดับต่อไป ดังเช่นตัวอย่าง



รูปที่ 4.25 การวิเคราะห์โครงสร้างรองรับราง สองมิติ

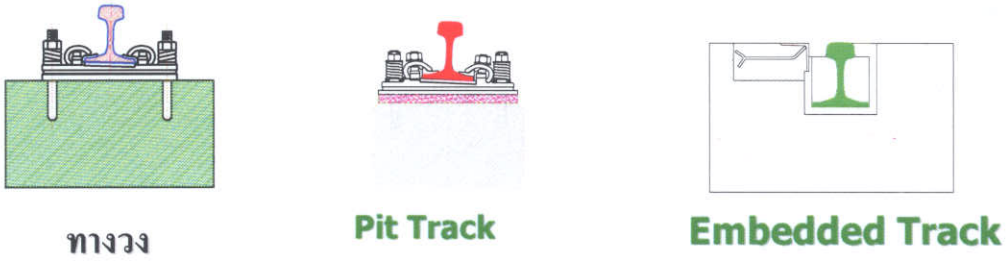


รูปที่ 4.26 การวิเคราะห์โครงสร้างรองรับราง สามมิติ

ซึ่งการออกแบบทั้งหมดดังกล่าวนี้ ต้องดำเนินการด้วยผู้รับเหมา ในขั้นตอนนี้เป็นเพียงเพื่อตรวจสอบขนาดและความเป็นไปได้ เพื่อเป็นข้อมูลในเบื้องต้นเท่านั้น

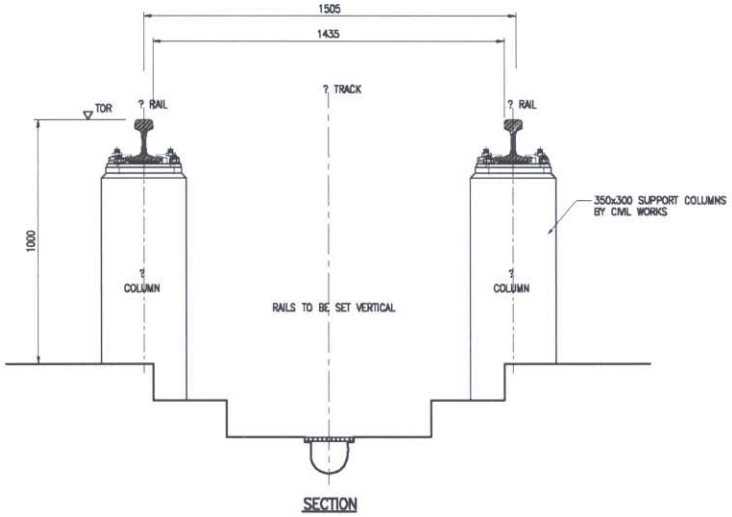
4.5.2 โครงสร้างรองรับรางในศูนย์ซ่อมบำรุง

รางในศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Tracks) อยู่บนโครงสร้างที่รองรับ และเป็นรางชนิดไม่มีหินโรยทาง (Ballastless Track) เช่นเดียวกับรางบนเส้นทางหลัก รางที่อยู่ด้านข้างหรือรางช่วงที่วิ่งผ่านเครื่องล้างขบวนรถไฟฟ้า (Train Wash Plant) ใช้รางชนิดที่วางบนพื้นแผ่นรับ (Slab Track) ที่มีระบบระบายน้ำพิเศษ รางในอาคารซ่อมบำรุงซึ่งมีการลดระดับพื้นลงเพื่อให้พนักงานสามารถตรวจและซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ติดตั้งด้านล่างของขบวนรถไฟฟ้าได้ ใช้ระบบรางยกสูงพิเศษ (Special Raised Track Systems)



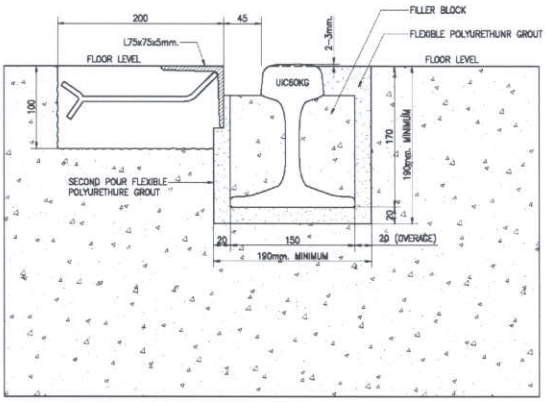
รูปที่ 4.26 รูปแบบของระบบรางในศูนย์ซ่อมบำรุงและโรงจอด

ในบริเวณบ่อตรวจ (Inspection Pit) ที่เป็นบ่อต่ำกว่าระดับพื้นและมีรางยกระดับนั้นต้องใช้รางที่ติดตั้งบนเสาที่มีลักษณะเป็นเสาเดี่ยวเพื่อให้สะดวกในการตรวจสอบใต้ท้องรถ เสานี้เป็นเสาเหล็กหรือเสาคอนกรีต ซึ่งเสาเหล็กมีจะความเหมาะสมเนื่องจากมีขนาดเล็ก บริเวณฐานเสาจะมีแท่นเพื่อใช้ยึดเสาให้ติดกับพื้นอาคาร และบนหัวเสาจะมีแท่นเพื่อยึดราง



รูปที่ 4.27 Pit Track on Columns

รางจะอยู่ในระดับที่ระดับของสันรางจะอยู่ในระดับเดียวกับพื้นโรงจอดและซ่อมบำรุง ซึ่งต้องทำให้มีช่องว่างระหว่างพื้นและรางมีน้อยที่สุด โดยในการก่อสร้างต้องเว้นช่องว่างบนพื้นกว้างไม่น้อยกว่า 200 มม. และมีความลึกพอที่จะติดตั้งรางได้



รูปที่ 4.28 Embedded Track

4.6 แผนและวิธีการก่อสร้าง (Construction Plan and Method)

4.6.1 แผนการก่อสร้าง (Construction Plan)

งานก่อสร้างและติดตั้งระบบราง ทั้งในส่วนเส้นทางหลัก (Mainline Tracks) เส้นทางเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Access Tracks) และงานรางในศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Tracks) กำหนดให้เริ่มงานติดตั้งในช่วงท้ายหรือหลังงานก่อสร้างโครงสร้างทางและสถานีรถไฟฟ้าแล้วเสร็จ และดำเนินการติดตั้งระบบรางทั้งหมดให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาประมาณ 1 ปี

โดยปรกติแล้วงานก่อสร้างติดตั้งระบบรางบนโครงสร้างทางช่วงต่างๆ ควรจะเริ่มดำเนินงานประมาณ 3 เดือนหลังก่อสร้างโครงสร้างทางในช่วงดังกล่าวแล้วเสร็จ เพื่อลดผลกระทบของการหดตัวเนื่องจากการล้าและการเสียน้ำของคอนกรีต และจะมีอัตราความเร็วในการก่อสร้างติดตั้งระบบรางประมาณ 40-100 เมตร/ราง/วัน หรือประมาณ 20-50 เมตร/วัน สำหรับรางคู่ โดยขึ้นอยู่กับสภาพแนวเส้นทางและความสามารถของผู้รับจ้าง

สำหรับเส้นทางหลักของโครงการรถไฟฟ้า สายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา ซึ่งเป็นรางคู่บนโครงสร้างทางยกระดับ มีระยะทางรวมประมาณ 13.5 กิโลเมตร สภาพเส้นทางโดยรวมเป็นเส้นทางตรง มีช่วงโค้งสำคัญเพียงบริเวณเลี้ยวจากถนนพหลโยธิน เข้าสู่ถนนลำลูกกา จึงประเมินว่าอัตราการก่อสร้างติดตั้งระบบรางน่าจะอยู่ในเกณฑ์ทางสูง จึงประเมินว่าหากสามารถทำงานก่อสร้างได้ต่อเนื่อง จะใช้เวลารวมประมาณ 10 เดือน ถึง 1 ปี งานก็จะแล้วเสร็จ

4.6.2 วิธีการก่อสร้าง (Method Statement)

4.6.2.1 การเตรียมการ

ก) ดำเนินการออกแบบโครงสร้างรองรับราง ตามแบบแนวทางและรูปแบบที่ผู้รับเหมาได้เสนอ เข้ามาและเห็นชอบจากเจ้าของโครงการ

ข) ดำเนินการออกแบบ และผลิตระบบโครงสร้างชั่วคราว เช่น แบบหล่อคอนกรีตระบบยึดและปรับแนวรางรถไฟในระหว่างเทคอนกรีต ระบบขนส่งรางเชื่อมยาว

ค) จัดทำขั้นตอนการก่อสร้างโดยละเอียด รวมทั้งจัดทำแบบก่อสร้าง (Shop Drawing)

ง) จัดเตรียมวัสดุและเครื่องมือต่างๆ ให้พร้อม รวมทั้งจัดทำระบบโครงสร้างชั่วคราวต่าง ๆ

จ) ประสานงานกับตำรวจท้องที่ในการวางแผนการจัดจราจรขณะก่อสร้าง

4.6.2.2 การวางแผนงานก่อสร้าง

การก่อสร้างจะใช้พื้นบนผิวทางยกระดับที่ก่อสร้างเสร็จเป็นโรงเชื่อมยาวชั่วคราว และเป็นพื้นที่กองเก็บราง งานก่อสร้างจะสร้างทางรถไฟทีละทาง เพื่อให้มีที่ว่างด้านข้างสำหรับการลำเลียงและติดตั้งวัสดุ หลังจากนั้นจะวางทางรถไฟส่วนที่เหลือโดยใช้ทางรถไฟที่สร้างเสร็จแล้ว เป็นทางลำเลียงและติดตั้งวัสดุ และจะวาง Cable Trough ก่อนงานติดตั้งทางรถไฟเพื่อใช้เป็นเสมือนรางกันวัสดุตกหล่นบนท้องถนน

4.6.2.3 ขั้นตอนการก่อสร้าง

ก) การควบคุมหมุดระดับทางราบและแนวดิ่ง

หมุดระดับทางราบและแนวดิ่งงานโยธา ที่ได้รับการอนุมัติก่อนหน้าแล้ว จะใช้เป็นหมุดควบคุมหลัก และให้ทีมสำรวจชุดงานวางราง มาดำเนินการทำหมุดซอยย่อยบนพื้นทางวิ่ง ใกล้ๆ ขอบของทางวิ่งทั้ง 2 ข้าง โดยมีระยะห่างหมุดย่อยช่วงทางตรงทุก ๆ 10 ม. และช่วงทางโค้งทุก ๆ 5 ม. พร้อมเขียนค่าระดับค่าแนว Offset และค่ายกโค้ง (Cant) ไว้ด้วย

ข) การขนส่งรางรถไฟ

รางรถไฟ ซึ่งมีความยาวปกติ 18 - 25 ม.ต่อท่อน จะขนส่งจากท่าเรือโดยรถเทรลเลอร์ในเวลากลางคืน และยกกองรางชั่วคราวด้วยรถเครนและอุปกรณ์สำหรับยกรางโดยจะจัดเตรียมพื้นที่ไว้ในบริเวณโรงเชื่อมรางยาว หลังจากเชื่อมรางด้วยวิธี Flash Butt แล้วต้องทำการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธี Ultrasonic Test ทุกรอยเชื่อม พร้อมบันทึกและบ่งชี้คุณภาพของรอยเชื่อมทุกราย รางเชื่อมยาวที่ผ่านการทดสอบคุณภาพแล้วเท่านั้นจึงจะสามารถนำไปติดตั้งหน้างานได้

ค) การกระจายเหล็กเสริม

เหล็กเสริมจะตัดตามความยาวตามแบบ จากโรงเหล็กที่อยู่ใกล้โรงเชื่อมราง แล้วขนส่งไปจุดทำงานด้วยรถเทรลเลอร์ และยกขึ้นกองบนทางวิ่งด้วยรถเครน จากนั้นกระจายเหล็กเสริม ณ จุดทำงานเป็นระยะ ๆ โดยใช้รถยก หรือ Railroad Shovel
จากนั้นทำการผูกเหล็กเสริมตะแกรงชั้นล่างตามแบบ ตรวจสอบจำนวนและตำแหน่งของ Shear Connectors ก่อนยกเหล็กเสริมวางเข้าตำแหน่งจริงบนพื้นทางวิ่ง สำหรับเหล็กเสริมชั้นบนจะแยกกองไว้สำหรับผูกเข้าตำแหน่งต่อไป

ง) ดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างรองรับราง (Track Support)

ดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างรองรับราง ตามวิธีที่เสนอในข้อเสนอทางเทคนิค ซึ่งอาจจะเป็นการหล่อคอนกรีตในที่ การใช้ชิ้นส่วน คอนกรีตสำเร็จรูป หรือ การใช้วิธีอื่น ๆ ตามเทคโนโลยีการก่อสร้างที่ผู้รับเหมาเลือกใช้และเห็นชอบจากเจ้าของโครงการ

จ) การวางรางรถไฟชั่วคราว (Dummy)

- วางแผ่น Plastic Rubber Pad ของชุดเครื่องยึดเหนี่ยวรางบนหมอนคอนกรีตชั่วคราว
- ใช้ Rail Changer หรือ Shovel หรือ Gantry Crane ยกรางชั่วคราว (18 ม.) วางบนแผ่นยางรองหมอน
- ยึดเครื่องยึดเหนี่ยว แล้วตรวจสอบ/ปรับระยะห่างระหว่างราง (Track Gauge)
- ปรับแนวราง โดยวัด **offset** จากหมุดระดับซอยย่อย และปรับระดับสันราง ให้ได้ตามแบบด้วยเครื่องมือพิเศษ (Special Ruler) และ Slide Chair
- ยึดรางชั่วคราวให้ติดกันด้วยเหล็กยึด C-Clamp แล้วเอาไม้หนุนหมอนชั่วคราวออก
- ยกหนุนเหล็กตะแกรงเสริมล่างด้วยลูกปูน และผูกเหล็กเสริมบนร้อยเข้ารูของหมอนคอนกรีต ติด Plastic Clips และเชื่อมให้เรียบร้อย
- ปรับระดับเหล็กเสริมด้วย Bar Chair พร้อมเชื่อมต่อเหล็กแผ่นที่ปลายข้างหนึ่งของเหล็กเสริมสำหรับ Stray current

ฉ) ติดตั้งแบบหล่อ (Formwork)

- ขนย้ายแบบหล่อจากจุดกองเก็บ หรือจุดเทคอนกรีตเดิม ด้วยรถยก หรือ shovel มากองข้างราง dummy ที่ปรับแนวและระดับไว้แล้ว
- วางท่อสำหรับ Future cable (ถ้ามี) และท่อระบายน้ำตามแบบ Drainage
- ทาจารบีให้ทั่วขาตัวปรับระดับ หรือ Slide Chair

- วางแบบหล่อคอนกรีตและติด Jig สำหรับยึดตำแหน่ง insert สำหรับ Conductor Rail Support
- ตรวจสอบความสะอาดของแบบหล่อ ความแข็งแรงของแบบหล่อตำแหน่งท่อเหล็กเสริมสำหรับ Stray Current และ Jig ต่าง ๆ อีกครั้ง

ช) เทคอนกรีต และการคลายเครื่องยึดเหนี่ยว

- ทำความสะอาดผิวคอนกรีตและราดน้ำให้ทั่วพื้น
- ให้รถเทปูนชนิด Mobile Concrete Pump เข้ามาจอดในตำแหน่งที่เตรียมไว้ (จุดจอดตามที่ได้รับอนุมัติในแผนจราจร และประสานงานกับผู้เกี่ยวข้อง อาทิเช่น สำนักงานเขตของ กทม. และตำรวจจราจร)
- วางท่อ พีวีซี ตัดครึ่งคร่อมรางรถไฟ เพื่อป้องกันรอยเปื้อนจากคอนกรีต
- เทคอนกรีตจากทิศทางเดียวไล่ฟองอากาศไปและใช้เครื่องจี้คอนกรีตเพื่อป้องกันฟองอากาศหรือช่องว่างใต้หมอนคอนกรีตระหว่างการเท
- หลังการเทคอนกรีต 1-2 ชั่วโมง จี้คอนกรีตอีกครั้งหนึ่งเพื่อไล่ฟองอากาศที่ยังเหลืออยู่ เสร็จแล้วคลายเครื่องยึดเหนี่ยวเพื่อมิให้เกิดแรงจากการขยายตัวตามอุณหภูมิของราง
- ปาดแต่งผิวคอนกรีตให้ได้ความลาดชันตามแบบกำหนด
- หลังเทคอนกรีต 1 วันรื้อแบบหล่อออกแล้วทำการฉีดพ่นน้ำยาบ่มคอนกรีตให้ทั่วผิวหน้าคอนกรีต

ซ) วางรางเชื่อมยาว

- หลังเชื่อมราง 18 ม. รวม 8 ท่อนให้เป็นรางเชื่อมยาว 144 ม. ทำการยกรางเชื่อมยาวที่ผ่านการตรวจสอบรอยเชื่อมและกองเก็บไว้ ขึ้นบน Trolley
- ใช้หัวลาก (locomotive) ลาก trolley และรางเชื่อมยาวมาหน้างาน
- ย้ายรางชั่วคราวที่ติดตั้งในขณะเทคอนกรีตออก
- ลากรางเชื่อมยาวจาก trolley ลงบนโครงสร้างรองรับรางแทนที่รางชั่วคราวด้วย Shovel
- ใส่เครื่องยึดเหนี่ยวราง แล้วตรวจสอบระยะห่างราง, ระดับและแนวของรางอีกครั้ง
- ก่อนการเชื่อมรอยต่อของรางเชื่อมยาวด้วย Aluminothermit Welding ให้คลายเครื่องยึดเหนี่ยวรางและยึดรางด้วย Rail Tensor (ตามค่าคำนวณอุณหภูมิการยึดตัว) เสร็จแล้วยึดเครื่องยึดเหนี่ยวรางแล้วจึงเชื่อมราง
- ตรวจสอบคุณภาพรอยเชื่อมด้วยเครื่อง Ultrasonic

ฌ) การติดตั้ง Conductor Rail

- ขนส่งวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของ Conductor Rail จากจุดกองเก็บไปยังจุดติดตั้งโดยทางรถ Trolley เล็ก
- ยึด Conductor Support ติดกับ insert ซึ่งฝังไว้ข้างคอนกรีต และติดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของ Conductor Rail เช่น Insulator Bracket
- ตรวจสอบระดับและแนวให้ถูกต้อง
- ยก Conductor Rail เข้าติดตั้งด้วย Small Gantry Crane
- ยึดติดวัสดุอุปกรณ์ส่วนที่เหลือ พร้อมตรวจสอบจุดยึดต่าง ๆ และงานส่วนต่าง ๆ ให้เรียบร้อย

ญ) การติดตั้ง Expansion Joint (ถ้ามี)

ในระหว่างการเทคอนกรีต จะติดตั้งหมอนไม้ชั่วคราวในตำแหน่งที่จะติด Expansion Joint ภายหลัง และชุด Expansion Joint จะประกอบมาจากโรงงานเป็นชุด พร้อมตรวจสอบและทดสอบแล้วก่อนขนส่งมาติดตั้งหน้างาน โดยขั้นตอนการติดตั้งเป็นดังนี้

- ตัดรางเชื่อมยาวที่ติดตั้ง distressing แล้ว ตามตำแหน่งและระยะที่กำหนดในแบบ
- วางเหล็กเสริม ขนชุด Expansion Joint มาโดยทางรถไฟที่สร้างใหม่ด้วย Trolley แล้วยกวางเข้าที่ด้วย Gantry Crane
- ปรับระดับและแนวให้ถูกต้อง
- ตั้งแบบหล่อ และเทคอนกรีต
- เชื่อมรอยต่อทั้ง 2 ด้าน ของ Expansion Joint ด้วย Aluminothermit welding ตามวิธีการข้อ ซ และตรวจสอบรอบเชื่อมด้วยเครื่อง Ultrasonic

ฎ) การติดตั้งชุดประแจรางสับหลีก

- หมอนคอนกรีตสำหรับรองรับชุดประแจรางสับหลีก และชิ้นส่วนต่างๆ ของชุดประแจรางสับหลีกซึ่งได้รับการทดลองประกอบ วัดระยะ ตรวจสอบแล้วและแยกชิ้นส่วนจากโรงงานชุดประแจรางสับหลีก เพื่อให้สะดวกต่อการขนส่งจะถูกขนส่งมาหน้างาน
- ยกหมอนและชิ้นส่วนชุดประแจรางสับหลีกกองตามจุดกองเก็บด้วย Crane
- ขนหมอนและชิ้นส่วนของชุดประแจรางสับหลีก ถึงจุดที่วางหมอนไม้ชั่วคราวที่เว้นเอาไว้ติดตั้งชุดประแจรางสับหลีก
- วางเหล็กเสริมล่าง วางไม้หมอนชั่วคราว วางหมอนคอนกรีตของชุดประแจรางสับหลีก แล้วเริ่มประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชุดประแจรางสับหลีก

- เช็คระยะต่างๆ หลังติดชุดประแจรางสับหลีกให้ถูกต้อง แล้วยกและปรับชุดประแจรางสับหลีกให้ได้แนวและระดับด้วย leveling Chair และ Slide Chair
- ผูกเหล็กและเชื่อมให้เรียบร้อย ตั้งแบบหล่อคอนกรีต และเทคอนกรีตตามข้อ ช) การเทคอนกรีต
- เชื่อมรอยต่อประแจด้วย Aluminothermit welding (ตามขั้นตอนที่กำหนดใน Specification) แล้วตรวจสอบคุณภาพรอยเชื่อมด้วยเครื่อง Ultrasonic

4.7 การประมาณราคาและจัดทำเอกสารประกวดราคา

4.7.1 การประมาณราคางานระบบราง

4.7.1.1 บทนำ

โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา สามารถพิจารณารูปแบบการดำเนินโครงการ ของงานระบบรางได้หลายทางเลือก

1. ทางเลือกที่ 1 ช่วง สะพานใหม่-ลำลูกกา

ดำเนินโครงการส่วนต่อขยายสายสีเขียว ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา เป็นโครงการอิสระ ยาวตลอดเส้นทางของโครงการ เป็นสัญญาเดียว ซึ่งองค์ประกอบสำหรับงานระบบรางมีดังต่อไปนี้

ก) ระบบรางบนทางวิ่งยกระดับ ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา ทั้งสิ้นประมาณ 13.5 กิโลเมตร
ข) ระบบรางสำหรับทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต
ค) ระบบรางสำหรับศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต

2. ทางเลือกที่ 2 ช่วง สะพานใหม่-ลำลูกกา แยกดำเนินโครงการเป็น 2 ช่วง

ดำเนินโครงการส่วนต่อขยายสายสีเขียว ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา เป็นโครงการอิสระ แต่ดำเนินการแบ่งสัญญาออกเป็นสองช่วง

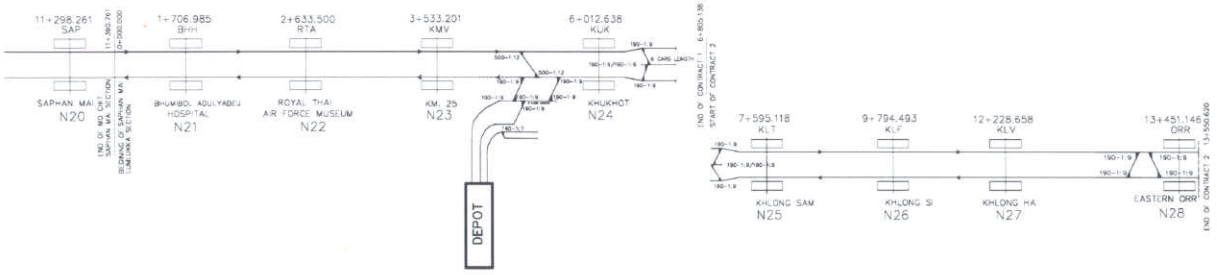
สัญญาแรก ช่วงสะพานใหม่-คูคต ดำเนินการก่อน ซึ่งองค์ประกอบสำหรับงานระบบรางมีดังต่อไปนี้

ก) ระบบรางบนทางวิ่งยกระดับ ช่วงสะพานใหม่-คูคต ทั้งสิ้นประมาณ 6.8 กิโลเมตร
ข) ระบบรางสำหรับทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต
ค) ระบบรางสำหรับศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต

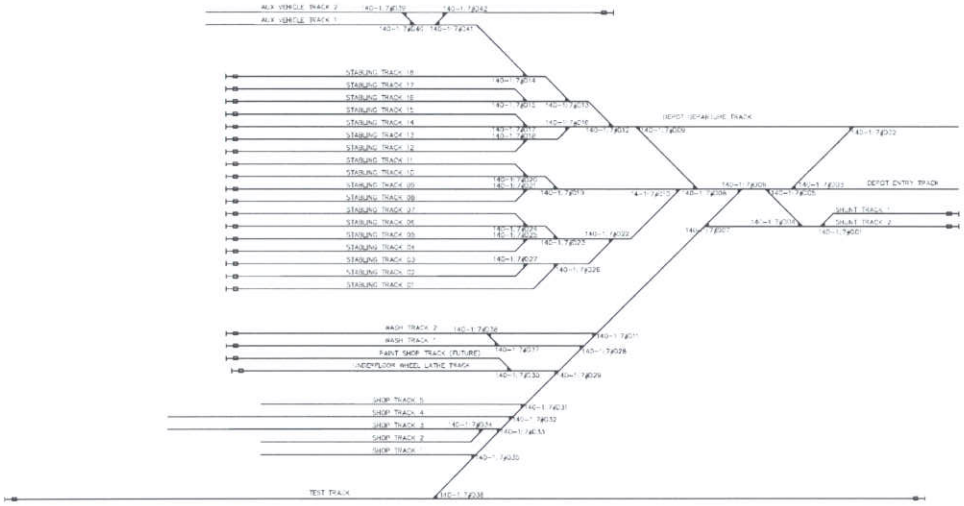
สัญญาที่สอง ช่วงคูคต-ลำลูกกา ดำเนินการทีหลัง แยกระยะเวลากันอย่างชัดเจน ซึ่งองค์ประกอบสำหรับงานระบบรางมีดังต่อไปนี้

ก) ระบบรางบนทางวิ่งยกระดับ จากช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ ระยะทาง ทั้งสิ้นประมาณ 6.7 กิโลเมตร

4.7.1.2 องค์ประกอบสำคัญ



รูปที่ 4.29 ผังระบบรางบนทางวิ่งยกระดับ จากช่วงสะพานใหม่ ถึง คูคต และระบบรางสำหรับทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง และ ผังระบบรางบนทางวิ่งยกระดับจากช่วง คูคต ถึง ลำลูกกา



รูปที่ 4.30 ผังระบบรางในศูนย์ซ่อมบำรุง ที่คูคต

4.7.1.3 ราคาค่าก่อสร้าง

ตาราง 4.3 สรุปการประมาณราคาค่าก่อสร้างระบบราง

Item		Case 1	Case 2	
		N21 - N28	N21 - N24	N25-N28
Bill No. 1	Preliminary and General Requirements	14,870,500	8,125,000	6,875,000
Bill No. 2A	Trackworks for Mainline N21 - N24	626,055,463	640,622,825	-
Bill No. 2B	Trackworks for Mainline N25 - N28	616,848,765	-	644,757,150
Bill No. 3	Trackworks for Depot Access	106,447,945	106,489,635	-
Bill No. 4	Trackworks for Depot	617,631,117	591,561,150	-
Sub Total		1,981,853,790	1,346,798,610	651,632,150
VAT 7 %		138,729,765	94,275,903	45,614,251
Total		2,120,583,555	1,441,074,513	697,246,401

4.7.2 การจัดทำเอกสารประกวดราคา (Tender Document)

เอกสารประกวดราคาสำหรับงานระบบรางประกอบไปด้วย

1. หนังสือเชิญชวนผู้รับเหมา (Instruction to Tenderers)
2. เงื่อนไขโดยทั่วไปของสัญญา (Conditions of Contract)
3. รายการราคา (Pricing Document)
4. ข้อกำหนดของงาน ซึ่งประกอบไปด้วย
    a. เล่มที่ 1 ข้อกำหนดทั่วไป (General Specification)
    b. เล่มที่ 2 ข้อกำหนดเฉพาะของงาน (Particular Specification)
5. แบบสำหรับการประมูล (Drawing)

บทที่ 5

การออกแบบเบื้องต้นระบบรถไฟฟ้า

บทที่ 5: การออกแบบเบื้องต้นระบบรถไฟฟ้า

การออกแบบเบื้องต้นงานระบบรถไฟฟ้า ได้ดำเนินการบนพื้นฐานที่ว่า จะมีการกำหนดคัดเลือกผู้ผลิตรถไฟฟ้า และระบบรถไฟฟ้าระบบต่าง ๆ โดยการแข่งขันประกวดราคากันตามรายละเอียดทางเทคนิคที่จะกำหนดในเอกสารข้อกำหนดรายละเอียดทางเทคนิค (Specifications) และเอกสารประกอบการประกวดราคาอื่น ๆ โดยข้อกำหนดรายละเอียดทางเทคนิคต่างๆ จะเป็นการกำหนดกรอบความต้องการของระบบ ตามลักษณะการทำงานที่ต้องการ เพื่อให้ตรงตามความต้องการต่าง ๆ ในการปฏิบัติการเดินรถ โดยไม่ส่งเสริมหรือสนับสนุนผู้ผลิตรายหนึ่งรายใดเป็นการเฉพาะ

นอกจากนี้ การออกแบบเบื้องต้นระบบรถไฟฟ้าส่วนต่อขยายสะพานใหม่-ลำลูกกา ยังตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่า การให้บริการเดินรถและการบำรุงรักษาเป็นผู้ปฏิบัติการเดินรถรายเดียวกันกับส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ และจะดำเนินงานโดยบริษัทเอกชนที่ผ่านการแข่งขันและได้รับการคัดเลือกมา และจะดำเนินงานอยู่ภายใต้การควบคุมของหน่วยงานของภาครัฐ

เนื้อหาในบทนี้ จะสรุปครอบคลุมส่วนประกอบที่สำคัญของระบบรถไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

- ภาพรวมของระบบรถไฟฟ้า (Railway Systems Overview)
- การปฏิบัติการเดินรถ (Train Operation)
- ระบบอาณัติสัญญาณ (Signaling System)
- ระบบสื่อสาร (Communications Systems)
- ระบบจ่ายไฟฟ้า (Power Supply System)
- ระบบควบคุมและเก็บข้อมูล (SCADA System)
- รถไฟฟ้า (Rolling Stock)
- ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ (AFC System)
- ระบบประตูกั้นแนวขอบชานชาลา (Platform Screen Door System)
- การประมาณราคา และการจัดทำข้อกำหนดด้านเทคนิคระบบรถไฟฟ้า

5.1 ภาพรวมของระบบรถไฟฟ้า (Railway Systems Overview)

5.1.1 รูปแบบโดยรวมของระบบที่เหมาะสม

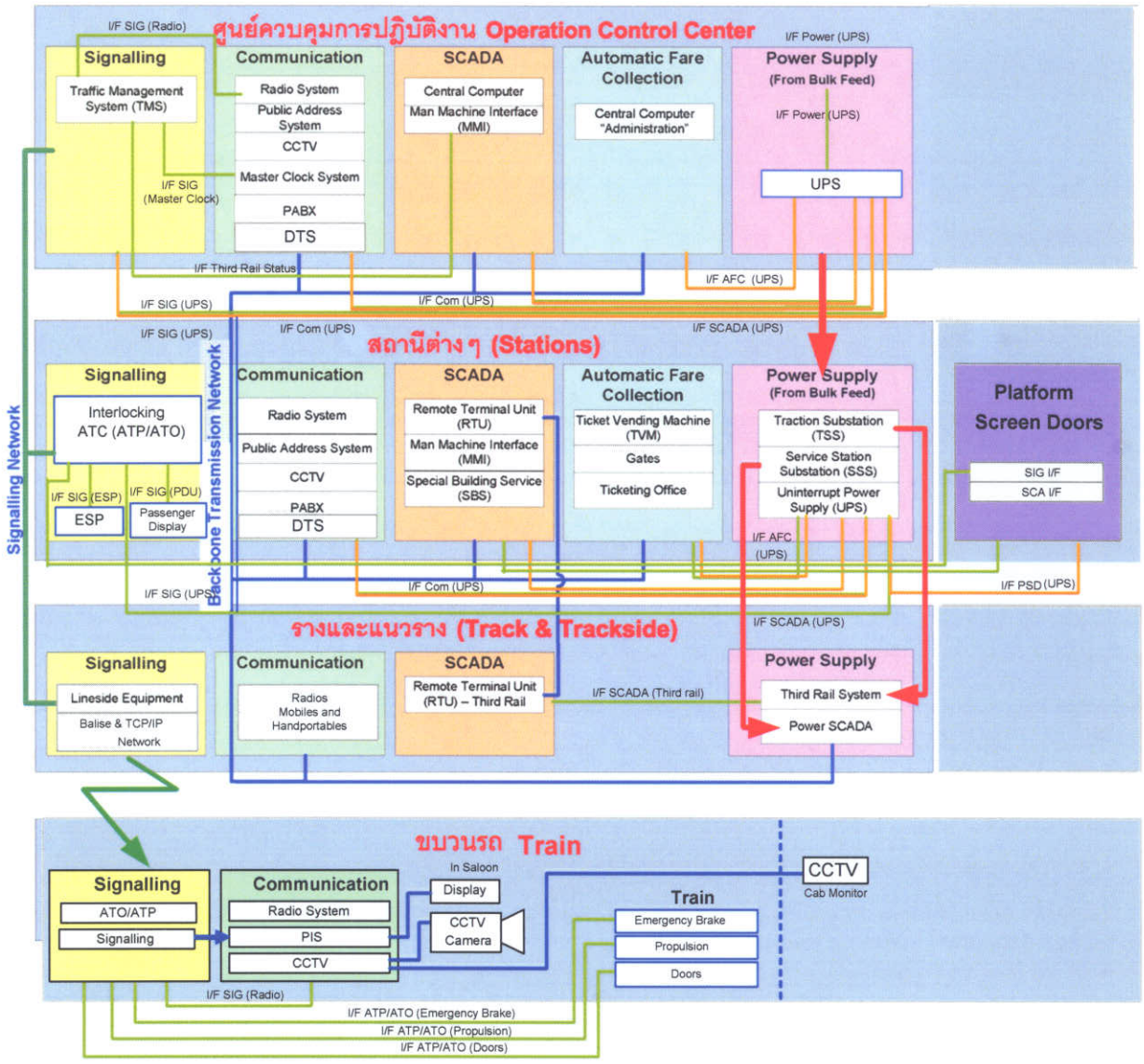
ระบบรถไฟฟ้าที่เหมาะสมกับระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา จำเป็นต้องเป็นระบบที่ทันสมัย ผ่านการพิสูจน์การใช้งานมาแล้วจริงในโครงการระบบขนส่งมวลชนอื่น ๆ และที่สำคัญที่สุดคือจะต้องสามารถทำงานสอดคล้องร่วมกับระบบรถไฟฟ้าของระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร สายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่และให้บริการเดินรถต่อเนื่องเป็นเส้นทางเดียวโดยผู้เดินรถรายเดียวได้ หรือมีศักยภาพที่จะขยายขีดความสามารถของระบบ เพื่อให้สามารถทำงานสอดคล้องร่วมกับระบบ BTS เดิมได้ในอนาคต เมื่อมีการรวมเส้นทางทั้งสองเป็นเส้นทางเดียวกัน

ระบบอิเลคโทรนิคส์ต่าง ๆ จะต้องออกแบบไว้ในลักษณะเป็นชิ้นส่วนย่อย (Modular) ที่ชิ้นส่วนต่างๆ สามารถปรับเปลี่ยน ขยายเพิ่มเติมได้อย่างต่อเนื่องในอนาคต โดยไม่กระทบหรือมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อการทำงานของระบบเดิม นอกจากนี้การกำหนดให้นำระบบกำหนดตำแหน่งเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละระบบย่อยแบบ IP Address มาใช้ก็จะช่วยให้การขยายเพิ่มเติมระบบต่าง ๆ ทำได้ง่ายขึ้นอีก

รูปแบบพื้นฐานของระบบอิเลคโทรนิคส์ทั้งหมด (ระบบอาณัติสัญญาณ ระบบสื่อสาร ระบบควบคุมและเก็บข้อมูล และระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ) จะต้องมีลักษณะเป็นระบบที่มีชุดอุปกรณ์กลางหนึ่งชุดสื่อสารผ่านโครงข่ายการสื่อสารระยะไกล (Wide-Area Networks - WAN) ที่ส่งถ่ายข้อมูลผ่านระบบสายใยแก้วนำแสงไปยังอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ที่บางสถานีหรือทุกสถานี อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งอยู่ในแต่ละสถานีรถไฟฟ้าจะสื่อสารกันผ่านเครือข่ายการสื่อสารเฉพาะบริเวณ (Local-Area Networks - LAN) โดยระบบเครือข่ายการสื่อสารทั้งหมดนี้สามารถขยายเพิ่มเติมได้ด้วยการเพิ่มจุดเชื่อมต่อ (Nodes) โดยไม่มีผลกระทบที่สำคัญใดๆ ต่อการปฏิบัติงาน

ระบบต่างๆ ทั้งหมดที่มีลักษณะเป็นชิ้นส่วนย่อย (Modular) จะต้องออกแบบไว้ให้สามารถขยายเพิ่มได้เป็นขั้นๆ ซึ่งโดยปกติแล้วคอมพิวเตอร์เซิฟเวอร์ (Server) หนึ่งชุดจะสามารถควบคุมอุปกรณ์ย่อยที่สามารถติดตั้งเพิ่มเติมได้เป็นขั้นๆ ได้จำนวนหนึ่ง เมื่อมีการใช้หรือเพิ่มระบบย่อยจนเต็มความจุของเซิฟเวอร์ตัวที่หนึ่งก็ สามารถติดตั้งเซิฟเวอร์ตัวที่สองที่สามารถสื่อสารกับเซิฟเวอร์ตัวที่หนึ่งได้ โดยเป็นการขยายขีดความสามารถในการรองรับการติดตั้งอุปกรณ์ย่อยเพิ่มอีกด้วย การออกแบบระบบที่ทันสมัยในลักษณะนี้จะทำให้ไม่มีข้อจำกัดในการขยายระบบ แต่จะต้องมีการกำหนดความต้องการขั้นต่ำของทุกระบบให้มากเพียงพอในการรองรับการขยายระบบที่คาดว่าจะต้องดำเนินการของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ ช่วงหมอชิต-สะพานใหม ลำลูกกา

สรุประบบหลักที่สำคัญของระบบการเดินรถ



รูปที่ 5.1.1-1: การทำงานประสานเชื่อมต่อกันของระบบรถไฟฟ้าแต่ละระบบหลัก

การทำงานของระบบรถไฟฟ้าแต่ละระบบหลัก จะต้องทำงานประสานเชื่อมต่อซึ่งกันและกัน (รูปที่ 5.1.1-1) ดังนั้นการทำให้ทุกระบบสามารถทำงานสอดคล้องเข้ากันได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องให้ความสำคัญอย่างยิ่งในเรื่องการบูรณาการระบบ (System Integration) การประกันระบบ (System Assurance) และการพิสูจน์ความปลอดภัย (Proof of Safety)

5.1.2 ความสามารถของระบบอาณัติสัญญาณ (Signaling System Performance)

การให้บริการเดินรถในระยะแรกของระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา ประเมินไว้ว่าจะมีความถี่ในการให้บริการในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (Peak Hour Headway) ประมาณทุก 4 นาที และเพิ่มความถี่ขึ้นเมื่อมีปริมาณผู้โดยสารเพิ่มมากขึ้น

การปรับเปลี่ยนปรับปรุงระบบอาณัติสัญญาณที่มีการใช้งานอยู่ จะดำเนินการได้อย่างยากลำบาก เนื่องจากต้องแน่ใจในเรื่องความปลอดภัยในทุกขั้นตอนที่ดำเนินการปรับเปลี่ยนไป ดังนั้นจึงเป็นเรื่องปรกติที่จะออกแบบ ติดตั้ง และทดสอบระบบอาณัติสัญญาณก่อนที่จะเริ่มเปิดให้บริการเดินรถในเชิงพาณิชย์ ให้สามารถรองรับความถี่ในการให้บริการที่สั้นที่สุดที่คาดการณ์ไว้ได้

ระบบอาณัติสัญญาณของระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา จึงจะกำหนดการออกแบบความสามารถของระบบไว้ตั้งแต่ต้นให้สามารถใช้ระบบควบคุมรถอัตโนมัติ (Automatic Train Control - ATC) ด้วยความถี่ในการให้บริการต่ำที่สุดได้ถึง 120 วินาที

5.1.3 ขีดความสามารถของระบบจ่ายไฟฟ้า (Power Supply Capacity)

พลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ต้องการโดยระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าเพื่อการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่วิ่งให้บริการ ซึ่งประเมินว่าจำนวนขบวนรถไฟฟ้าจะเพิ่มมากขึ้นอย่างมากตลอดช่วงอายุการใช้งานของระบบขนส่งมวลชน ช่วง สะพานใหม่-ลำลูกกา ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วจึงถือว่าไม่เหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์ที่จะจัดเตรียมระบบจ่ายไฟฟ้าไว้สำหรับรองรับความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดตั้งแต่แรก

ห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า (Traction Power Substation) แต่ละแห่งจึงจะออกแบบไว้เพื่อพื้นที่ให้สามารถรองรับชุด Transformer/Rectifier ได้ 2 ชุด พร้อมด้วย Switchgear ต่าง ๆ ที่เหมาะสม แต่การติดตั้งอุปกรณ์ในห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า ก่อนที่จะเริ่มเปิดให้บริการเดินรถ จะติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีขนาดเหมาะสมเพียงพอสอดคล้องกับจำนวนขบวนรถไฟฟ้าเริ่มต้น และเผื่อกำลังสำรองให้เพียงพอสำหรับการเดินรถในลักษณะไม่ปรกติ ไว้เท่านั้น

5.1.4 การบูรณาการระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ (AFC System Integration)

จุดมุ่งหมายในการรวมระบบ จัดเก็บรายได้อัตโนมัติ ก็เพื่อให้สามารถดำเนินการจัดการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา (BMLE) และระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ (BMPE) รวมเป็นโครงการ ระบบขนส่ง

มวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา (BMNE) เพียงโครงการเดียวได้ และยังสามารถผลักดันระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา (BMNE) ใช้ตั๋วโดยสารร่วมและโครงสร้างค่าโดยสารร่วมกับโครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครสายสีเขียวปัจจุบันได้อีกด้วย ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจได้ว่าการเปลี่ยนถ่ายการเดินทางจากระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ไปยังระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา (BMNE) จากสถานีหมอชิตนั้น ผู้โดยสารจะได้รับความสะดวกสบายมากกว่าการเลือกใช้ระบบขนส่งมวลชนอื่น

การกำหนดสิ่งที่จำเป็นสำหรับระบบ จัดเก็บรายได้อัตโนมัติ จะต้องดูว่าจะออกแบบสถานีอย่างไรให้สามารถจัดหาบริการที่ให้ความสะดวกสบายต่อผู้โดยสารมากที่สุด โดยในพื้นที่ชำระเงินค่าโดยสารร่วม (Common Paid Areas) จะต้องอนุญาตให้ผู้โดยสารสามารถเปลี่ยนถ่ายการเดินทางโดยการย้ายจากชานชาลาหนึ่งไปอีกชานชาลาหนึ่งโดยไม่ต้องออกจากระบบไปยังพื้นที่ที่ยังไม่ได้ชำระเงินค่าโดยสาร (Unpaid Area)

ในการออกแบบสถานีเพื่อรองรับผู้โดยสารจะต้องคำนึงถึงการออกแบบพื้นที่ชำระเงินค่าโดยสารร่วม (Common Paid Areas) ไม่ว่าจะเป็นสถานีเดียวผู้ให้บริการรายเดียว สถานีเดียวแต่ผู้ให้บริการ 2 ราย หรือ 2 สถานี ผู้ให้บริการ 2 รายก็ตาม ผู้โดยสารจะไม่ต้องออกจากพื้นที่ที่ยังไม่ได้ชำระเงินค่าโดยสาร (Unpaid Area) และเข้าพื้นที่ชำระเงินค่าโดยสาร (Paid Areas) อีกแห่งเพราะจะทำให้ไม่ได้รับความสะดวก

ตั๋วโดยสารร่วม จะประกอบด้วย บัตรเติมเงิน (SVT) และ ตั๋วเดินทางเที่ยวเดียว (SJT)

หากมีการใช้ตั๋วร่วมเฉพาะบัตรเติมเงิน (SVT) แล้วการออกแบบสถานีจะต้องมีที่กั้น (barrier) แยกผู้ใช้บัตรเติมเงิน (SVT) ออกจากผู้ใช้ตั๋วเดินทางเที่ยวเดียว (SJT) ไม่เช่นนั้นผู้โดยสารทั้งหมดต้องออกจากพื้นที่ชำระเงินค่าโดยสาร (Paid Areas) และเข้าไปในพื้นที่ชำระเงินค่าโดยสาร (Paid Areas) อื่นๆ ซึ่งจะทำได้เฉพาะสถานีขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่สำหรับสร้างแนวกั้น (barrier lines) และบันได โดยทั้งจะมีค่าใช้จ่ายและจำนวนของอุปกรณ์เพิ่มขึ้น แต่ก็ยังดีกว่าการที่ไม่มีตั๋วร่วม เนื่องจากจะสะดวกสบายสำหรับผู้โดยสารที่มีตั๋วในมือเมื่อเข้าสู่ระบบ ซึ่งจะดีกว่าการเข้าคิวซื้อตั๋วใบอื่นหรือต้องพกบัตรหลายใบ

เพื่อการจัดหาบริการที่สะดวกสบายให้แก่ผู้โดยสารจำเป็นต้องมีระบบตั๋วร่วมที่สมบูรณ์ (Fully Integrated Common Ticketing System) สำหรับทั้งบัตรโดยสารประเภทเที่ยวเดียว (SJT) และบัตรเติมเงิน (SVT) ทั้งนี้ตั๋วร่วมที่สมบูรณ์ ของทั้งบัตรโดยสารประเภทเที่ยวเดียว (SJT) และบัตรเติมเงิน (SVT) ยังมีข้อบังคับอีกว่าหากระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา (BMNE) จะดำเนินการส่วนต่อขยายโดยใช้ผู้ให้บริการเดินรถรายเดียวกับระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครปัจจุบันแล้ว

ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา (BMNE) จะต้องทำการปรับมาตรฐานทั้งด้านโครงสร้างข้อมูล และวิธีการในการสื่อสาร (protocols) เนื่องจาก บริษัท Bangkok Smart Card (BSS) ที่ก่อตั้งขึ้นจะเป็นผู้จัดการระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา (BMNE) ทั้งนี้จะถือเป็นการร่วมงานกันครั้งใหญ่ เนื่องจากผู้โดยสารของบริษัท รถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) จะสามารถเข้าระบบ (boarding) ที่สถานี N8 และเดินทางผ่านไปยังระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา (BMNE) ได้โดยใช้สื่อโดยสารชนิดเดียวกัน(single Fare Media)

5.1.5 ความแน่นอนเชื่อถือได้ ความเพียงพอของการให้บริการ และ ความสามารถในการบำรุงรักษา

(Reliability Availability and Maintainability - RAM)

การกำหนดเป้าหมายระดับความแน่นอนเชื่อถือได้ของการให้บริการ (Reliability) ความเพียงพอของการให้บริการ (Availability) และความสามารถในการบำรุงรักษา (Maintainability) ระบบขนส่งมวลชนระบบต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ เป็นสิ่งสำคัญ

ผู้รับจ้างงานระบบรถไฟฟ้า จะต้องจัดทำแผนความแน่นอน เพียงพอของการให้บริการ และความสามารถในการบำรุงรักษา (RAM Plan) ซึ่งจะกำหนดนโยบายและขั้นตอนวิธีการดำเนินงานต่างๆ เพื่อให้งานที่ติดตั้งได้รับการออกแบบและดำเนินการในลักษณะที่ส่งเสริมให้องค์ประกอบต่าง ๆ ทั้งหมดของระบบมีความแน่นอนเชื่อถือได้ เพียงพอของการให้บริการ และมีความสามารถในการบำรุงรักษา สูงสุด โดยถือเป็นหน้าที่ส่วนหนึ่งของการประกันระบบ (System Assurance) ของผู้รับจ้าง

ผู้รับจ้างงานระบบรถไฟฟ้า จะต้องพิสูจน์แสดง ความแน่นอน เพียงพอของการให้บริการ ความสามารถในการบำรุงรักษา และความปลอดภัยของระบบ (RAMS Demonstration) โดยถือเป็นส่วนหนึ่งของแผนประกันระบบ (System Assurance Plan) และแผนความปลอดภัยของระบบ (System Safety Plan) ซึ่งได้มีการกำหนดไว้ในเอกสารข้อกำหนดทั่วไป (General Specifications - GS) ของงานระบบรถไฟฟ้า

ส่วนเป้าหมายระดับความแน่นอนเชื่อถือได้ของการให้บริการ ความเพียงพอของการให้บริการ และความสามารถในการบำรุงรักษา (RAM Targets) ได้มีการกำหนดไว้ในภาคผนวกของเอกสาร General Scope and Service Requirement (GSSR) ของงานระบบรถไฟฟ้า โดยจะมีการกำหนดระดับเป้าหมายของความเพียงพอและความแน่นอนในการให้บริการในส่วนที่เกี่ยวกับขบวนรถไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ เป้าหมายในเรื่องความล่าช้าในการให้บริการ ฯลฯ

5.2 การปฏิบัติการเดินรถ (Train Operation)

5.2.1 การออกแบบระบบเพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิบัติการเดินรถ

การออกแบบระบบทางเทคนิคทุกระบบ มีหลักการพื้นฐานว่าจะต้องสอดคล้องเป็นไปตามความต้องการของการเดินรถ กล่าวคือการออกแบบองค์ประกอบต่างๆ ของระบบ ตั้งแต่โครงสร้างทางวิ่ง สถานีรถไฟฟ้า ระบบรถไฟฟ้า (Railway Systems) ตลอดจนศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot) และจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่จะจัดซื้อมาใช้งาน จะต้องแน่ใจได้ว่ามีการกำหนดสมรรถนะของระบบ และจัดเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในการปฏิบัติการเดินรถและซ่อมบำรุงรักษา สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล

จุดเริ่มต้นของการออกแบบ จึงเริ่มจากการกำหนดแผนการเดินรถและแผนความปลอดภัยเบื้องต้น ซึ่งจะจัดเตรียมขึ้นก่อนที่จะกำหนดลักษณะการทำงานที่ต้องการของระบบรถไฟฟ้าระบบต่าง ๆ ในขั้นสุดท้าย แผนปฏิบัติการเดินรถดังกล่าว จะนำไปใช้เป็นข้อกำหนดพื้นฐานในการจัดทำแผนเฉพาะอื่น ๆ สำหรับการปฏิบัติงาน และใช้ในการจัดทำคู่มือต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงานให้บริการระบบขนส่งมวลชนในเชิงพาณิชย์ต่อไป

สำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา การกำหนดแผนปฏิบัติการเดินรถจำเป็นต้องพิจารณาสิ่งที่เคยศึกษาออกแบบไว้ในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญด้วย เนื่องจากเส้นทางทั้ง 2 ช่วงนี้ มีลักษณะต่อเนื่องกันเป็นแนวเส้นทาง (Corridor) เดียวกัน จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะให้บริการเดินรถต่อเนื่องเป็นระบบเดียวกัน โดยผู้ให้บริการเดินรถรายเดียว

นอกจากนี้ ในส่วนของตำแหน่งที่ตั้งศูนย์ซ่อมบำรุงของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ ได้มีการพิจารณาปรับเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมให้สอดคล้องกับมติของ "การประชุมหารือเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาศูนย์ซ่อมบำรุงในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่" ที่เป็นการประชุมร่วมระหว่างผู้แทนจาก สนข./รฟม./กองทัพอากาศ/บริษัทท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย จำกัด/กรมขนส่งทางอากาศ เมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2552 ซึ่งที่ประชุมมีมติให้ตัดทางเลือกการก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงที่บริเวณทิศใต้ของท่าอากาศยานดอนเมือง รวมถึงทางเลือกศูนย์ซ่อมบำรุงเบาบริเวณใกล้ตลาดสะพานใหม่ออกจากการพิจารณา และหาตำแหน่งที่เหมาะสมของศูนย์ซ่อมบำรุงที่บริเวณใหม่ต่อไป

จากการศึกษาพบว่าตำแหน่งอื่นที่เหมาะสม ที่สามารถตั้งศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ ได้จะอยู่บริเวณคูคต บริเวณใกล้กับจุดตัดระหว่างคลองสองกับคลองหกวา เขตสายไหม ซึ่งอยู่ในพื้นที่เส้นทางส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา

ดังนั้น การออกแบบเบื้องต้นงานระบบรถไฟฟ้า และการปฏิบัติการเดินรถ ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา จึงดำเนินการศึกษาออกแบบไว้ในลักษณะที่การเดินรถจะเป็นการเดินรถต่อเนื่องเป็นเส้นทางเดียวกัน โดยผู้ให้บริการเดินรถเพียงรายเดียวตลอด ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา โดยมีศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ ที่คูคต

5.2.2 คุณภาพการให้บริการ (Quality of Service)

การกำหนดคุณภาพการให้บริการของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา กำหนดให้ใช้หลักการของมาตรฐาน EN 13816:2002 (Public passenger transport - Service quality definition, targeting and measurement) ในการกำหนดเกณฑ์ต่าง ๆ ของคุณภาพการให้บริการ และวิธีการที่จะใช้ในการวัดผลการปฏิบัติงานของผู้เดินรถ เช่นเดียวกับที่กำหนดไว้ในการศึกษาออกแบบที่ดำเนินการไว้เดิมใน โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่

วิธีการวัดคุณภาพการให้บริการ ตามที่ระบุอยู่ในเอกสาร Guidance Notes ของ EN 13816:2002 อาจดำเนินการในลักษณะการวัดผลแบบโดยตรง (Direct Performance Measurement - DPM) โดยการใช้ข้อมูลที่เก็บได้จากระบบโดยอัตโนมัติ เช่น จำนวนของขบวนรถที่เข้าจอดล่าช้าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางการเดินรถ หรือจาก "การสำรวจค่าความพึงพอใจในการใช้บริการของผู้โดยสาร" (Customer Satisfaction Surveys-CSS) และ "การสำรวจในทางลับ" (Mystery Shopping Surveys - MSS) ซึ่งการสำรวจในแบบหลังนี้ (MSS) จะใช้วิธีให้พนักงานของผู้เดินรถ ทดลองใช้บริการและทดลองมีปฏิสัมพันธ์กับพนักงานผู้ให้บริการในส่วนต่าง ๆ โดยทำตัวเสมือนว่าตนเองเป็นผู้โดยสารจริงๆ ตามบทบาทที่กำหนดไว้ และบันทึกผลการตอบสนองที่เกิดขึ้นจริงเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่คาดหวังไว้ การสำรวจแบบ MSS จะให้ผลการสำรวจที่เชื่อถือได้มากกว่า และสามารถสำรวจซ้ำยืนยันให้ได้ผลการสำรวจซ้ำเหมือนเดิมได้มากกว่าการสำรวจแบบ CSS ซึ่งผลการสำรวจสามารถเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยภายนอกอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับบริการระบบขนส่งมวลชนได้

สำหรับเกณฑ์อื่นๆ ของคุณภาพการให้บริการ มาตรฐาน EN 13816:2002 ตามที่ระบุข้างต้นนี้ กำหนดให้ต้องมีการประกาศเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ ที่คาดหวังไว้ในการให้บริการ มีการกำหนดเป้าหมายที่จะต้องบรรลุตามมาตรฐานต่าง ๆ ที่กำหนด และมีการกำหนดและตกลงกันถึงเกณฑ์ทางต่ำที่จะถือว่าผลการปฏิบัติงานที่ต่ำกว่าเกณฑ์นี้ไม่สามารถเป็นที่ยอมรับได้ นอกจากนี้จะต้องมีการกำหนดวิธีการวัดผลของการปฏิบัติงานตามเกณฑ์ต่าง ๆ แต่ละเกณฑ์ ไว้อีกด้วย

เกณฑ์มาตรฐานระดับสูงที่กำหนดในมาตรฐาน EN 13816 ได้แก่:

- ความเพียงพอในการให้บริการ (Availability)
- ความสะดวกในการเข้าถึง (Accessibility)
- การประชาสัมพันธ์ข้อมูล (Information)
- เวลา (Time)
- การดูแลเอาใจใส่ลูกค้า (Customer Care)
- ความสะดวกสบาย (Comfort)
- ความปลอดภัย (Security)
- ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact)

ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานระดับสูงแต่ละเกณฑ์ จะมีการกำหนดเกณฑ์ย่อยในระดับสองและระดับสามไว้ ซึ่งเกณฑ์ย่อยเหล่านี้อาจจะไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งหมดกับระบบขนส่งสาธารณะทุกแห่ง ทั้งนี้เป็นไปตามลักษณะความต้องการของการให้บริการและความพึงพอใจของผู้ใช้ในแต่ละชุมชน ซึ่งเป็นไปตามหลักปฏิบัติและประเพณีนิยมในแต่ละแห่ง ที่มีความแตกต่างกันไปในเรื่องลำดับความสำคัญ

5.2.3 รายละเอียดแผนการเดินรถ และจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องใช้

การเดินรถของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา กำหนดให้สามารถเดินรถในลักษณะต่อเนื่องเป็นเส้นทางเดียวกัน และโดยผู้เดินรถรายเดียวกันกับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ โดยผู้เดินรถอาจเป็นผู้เดินรถรายใหม่ ให้บริการเดินรถเฉพาะเส้นทางช่วงหมอชิต-ลำลูกกา หรือเป็นผู้เดินรถเพียงรายเดียวที่ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว ก็ได้

การให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว โดยผู้ให้บริการเดินรถเพียงรายเดียว จะเป็นรูปแบบการให้บริการที่ดีกว่าการมีผู้เดินรถรายใหม่ให้บริการเฉพาะในเส้นทางโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา โดยสามารถสรุปข้อดีของการให้บริการเดินรถโดยผู้ให้บริการเดินรถเพียงรายเดียว ต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว ได้ดังนี้

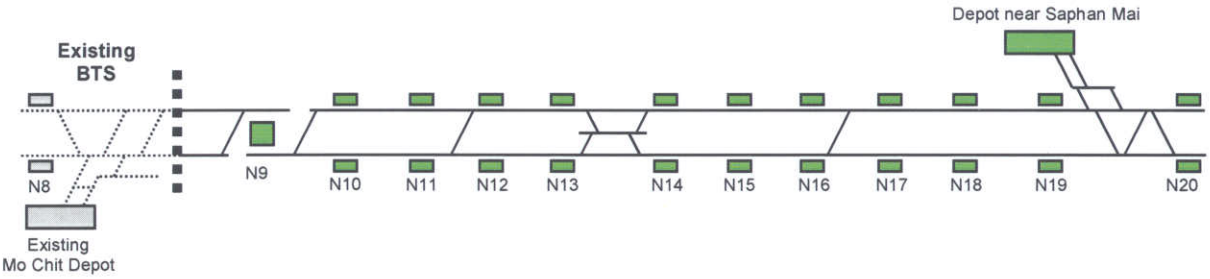
1) ความสะดวกสบายในการเดินทางของผู้โดยสาร จะดีกว่าที่จะต้องมีการเชื่อมต่อการเดินทางระหว่างระบบแต่ละช่วง เป็นการอำนวยความสะดวกในการเดินทางสูงสุดให้แก่ผู้โดยสาร
2) ลดเงินลงทุนในส่วนของสถานีเชื่อมต่อ (Interchange Station) ที่สถานี N9 โดยสามารถก่อสร้างสถานีปรกติธรรมดาทั่วไป (Typical Station) แบบชานชาลาอยู่ด้านข้าง (Side Platform Station) ซึ่งมีราคาค่าก่อสร้างต่ำกว่าได้
3) ลดเงินลงทุนในส่วนอุปกรณ์ระบบตั๋วที่จะต้องติดตั้งที่สถานีเชื่อมต่อ (Interchange Station) โดยสามารถก่อสร้างติดตั้งอุปกรณ์ระบบตั๋วเหมือนที่สถานีปรกติธรรมดาทั่วไป (Typical Station) ซึ่งมีจำนวนอุปกรณ์น้อยกว่า จึงมีราคาค่าก่อสร้างติดตั้งระบบตั๋วที่สถานีดังกล่าวต่ำกว่าได้
4) ลดเงินลงทุนซ้ำซ้อนในส่วนของศูนย์ซ่อมบำรุง/ศูนย์ควบคุมการเดินรถ อุปกรณ์และอะไหล่ต่าง ๆ และเป็นการใช้ประโยชน์ (Utilize) ศูนย์ซ่อมบำรุง อุปกรณ์ซ่อมบำรุงต่างๆ และศูนย์ควบคุมการเดินรถ ที่มีอยู่เดิมให้ได้ใช้ประโยชน์คุ้มค่าตามขีดความสามารถ (Capacity)
5) ดำเนินการโครงการได้ง่าย และรวดเร็วขึ้น
6) ผลกระทบต่อประชาชนในด้านการเวนคืนที่ดินอาจลดน้อยลงอย่างมาก เนื่องจากการมีผู้เดินรถเพียงรายเดียว ให้บริการเดินรถตลอดโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว อาจสามารถลดงานก่อสร้างบางส่วนที่ซ้ำซ้อนลงได้ เช่น ศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ ทำให้ความต้องการใช้พื้นที่ที่จำเป็นต้องมีการเวนคืนลดน้อยลงด้วย

7) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงการก่อสร้างโครงการลดน้อยลง เนื่องจากงานก่อสร้างที่น้อยลง พื้นที่ที่ต้องมีการก่อสร้างก็ลดน้อยลง จำนวนวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างที่ต้องขนเข้ามาในพื้นที่ก่อสร้างน้อยลง ผลกระทบกับการจราจรในพื้นที่ก็จะน้อยลง

ทั้งนี้ แม้ว่าในขณะนี้นโยบายของภาครัฐในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผู้ให้บริการเดินรถโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา ยังไม่สรุปแน่ชัด แต่การศึกษาออกแบบที่ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการไว้เดิมในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ ได้ดำเนินการศึกษาออกแบบโครงการในลักษณะที่มีทางเลือก (Options) ของรูปแบบสถานี N9 ให้สามารถดำเนินการได้ทั้งสองแนวทางไว้อยู่แล้ว ดังนั้น โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา ซึ่งเป็นส่วนต่อขยายจากช่วงหมอชิ -สะพานใหม่ จึงสามารถดำเนินการโครงการได้ทั้งสองแนวทางด้วยเช่นกัน โดยออกแบบไว้ให้มีการเชื่อมต่อโดยตรงกับช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ ในลักษณะที่เป็นเส้นทางเดียวกัน และให้บริการเดินรถโดยผู้เดินรถรายเดียวกัน

การให้บริการเดินรถโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา จะให้บริการเดินรถระหว่างสถานี N9 ถึงสถานี N28 ทุกวันระหว่างช่วงเวลา 6.00-24.00 น. สอดคล้องกับเวลาให้บริการของโครงการรถไฟฟ้า สายสีเขียว ส่วนที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้ผู้โดยสารที่ต้องการใช้บริการเดินทางข้ามระหว่างโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา และโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน สามารถเดินทางได้โดยไม่มีปัญหาด้านในเรื่องเวลาที่เปิดให้บริการ ไม่ว่าผู้ให้บริการเดินรถช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลูกกา จะเป็นผู้เดินรถรายใหม่ หรือจะมีผู้เดินรถเพียงรายเดียวให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว หรือไม่ก็ตาม

ในกรณีที่มีผู้เดินรถรายใหม่ให้บริการเดินรถช่วงหมอชิต-ลำลูกกา แต่ไม่ได้ให้บริการในเส้นทางรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน ผู้โดยสารทั้งหมดที่ต้องการเชื่อมต่อการเดินทางระหว่างโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน กับส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา จะต้องใช้สถานีร่วม N9 ในการเชื่อมต่อการเดินทาง โดยลงจากขบวนรถไฟฟ้าของเส้นทางหนึ่งและเดินไปขึ้นขบวนรถไฟฟ้าของอีกเส้นทางหนึ่ง โดยผู้เดินรถของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนเดิม จะต้องเดินรถต่อเนื่องจากสถานีปลายทางหมอชิต (N8) มาที่สถานีร่วม N9 อีกหนึ่งสถานี โดยจอดขบวนรถที่ชานชาลาฝั่งทิศตะวันตก เพื่อส่งและรับผู้โดยสารที่ต้องการเชื่อมต่อการเดินทางระหว่างเส้นทางสองส่วนนี้ ตามรายละเอียดการศึกษาออกแบบที่ดำเนินการไว้เดิมในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่

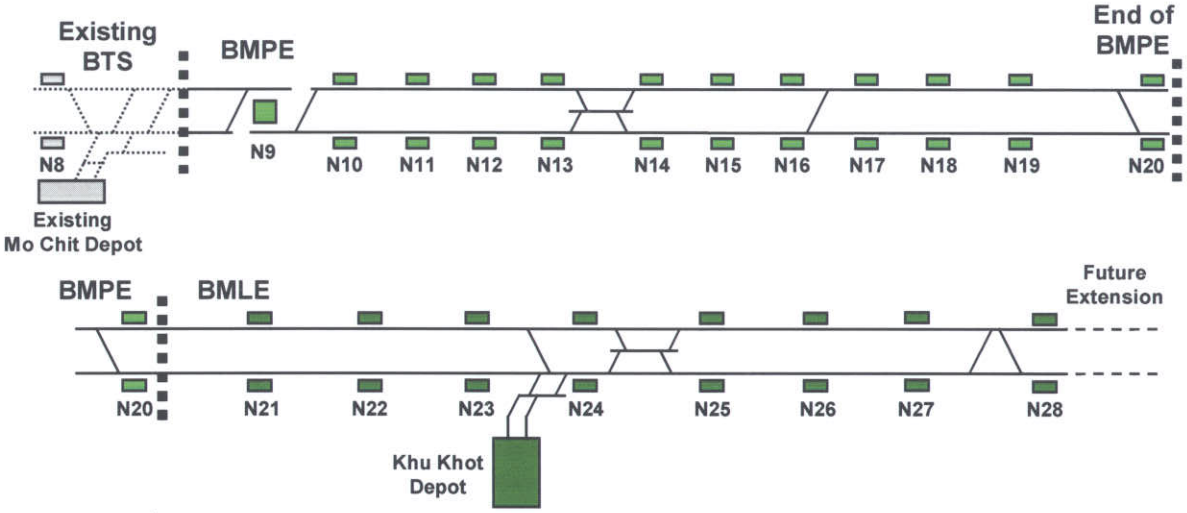


รูปที่ 5.2.3-1: ผังระบบราง โครงการรถไฟฟ้า สายสีเขียว ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่
กรณีที่มีผู้เดินรถรายใหม่ ให้บริการเดินรถเฉพาะช่วงหมอชิต - สะพานใหม่
(จากการศึกษาออกแบบเดิมของโครงการช่วงหมอชิต - สะพานใหม่)*

หมายเหตุ: ในกรณีที่มีผู้เดินรถเพียงรายเดียวให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว สถานี N9 จะมีรูปแบบเป็นสถานีชนิดชานชาลาอยู่ด้านข้าง (Side Platform Station) เหมือนสถานีปรกติระหว่างเส้นทางเช่นเดียวกับสถานีอื่นๆ*

การยกเลิกตำแหน่งศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ (Depot/OCC) ที่บริเวณทิศใต้ของท่าอากาศยานดอนเมือง และกำหนดตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ ไว้ที่บริเวณคูคต รวมทั้งการกำหนดให้มีผู้ให้บริการเดินรถเพียงรายเดียวให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดช่วงหมอชิต-ลำลูกกา เป็นเส้นทางเดียวกัน ทำให้มีความจำเป็นต้องปรับปรุงผังระบบรางของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ ให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับแนวคิดในการเดินรถต่อเนื่อง และตำแหน่งที่ตั้งใหม่ของศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ ที่คูคต

โดยสามารถกำหนดผังระบบรางใหม่ที่เหมาะสมสำหรับโครงการตลอดช่วงหมอชิต-ลำลูกกา ได้ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2.3-2**



รูปที่ 5.2.3-2: ผังระบบราง โครงการรถไฟฟ้า สายสีเขียว ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ - ลำลูกกา ที่ปรับปรุงจากช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ เพื่อให้เหมาะสมกับการเดินรถตลอดช่วงหมอชิต - ลำลูกกา กรณีที่มีผู้เดินรถรายใหม่ ให้บริการเดินรถเฉพาะช่วงหมอชิต - ลำลูกกา*

หมายเหตุ: ในกรณีที่มีผู้เดินรถเพียงรายเดียวให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว สถานี N9 จะมีรูปแบบเป็นสถานีชนิดชานชาลาอยู่ด้านข้าง (Side Platform Station) เหมือนสถานีปรกติระหว่างเส้นทางเช่นเดียวกับสถานีอื่นๆ*

ผู้ให้บริการเดินรถของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา จะให้บริการเดินรถระหว่างสถานี N9 ถึงสถานี N28 ซึ่งเป็นสถานีปลายทาง (Terminal Station) แห่งใหม่ บริเวณปลายทางด้านลำลูกกา โดยมีสถานีที่ให้บริการรวม 20 สถานี แบ่งเป็นสถานีในเส้นทางช่วงหมอชิต—สะพานใหม่ จำนวน 12 สถานี (สถานี N9-N20) และสถานีในเส้นทางช่วงสะพานใหม่—ลำลูกกา จำนวน 8 สถานี (สถานี N21-N28)

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการขนส่งผู้โดยสาร พบว่าขบวนรถไฟฟ้ายาว 4 คัน (หรือตู้) ต่อขบวน จะสามารถให้บริการรองรับความต้องการในการเดินทางของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา ได้อย่างน้อยในระยะ 30 ปีแรกของการให้บริการ โดยสามารถให้บริการด้วยความถี่ในการให้บริการในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (Peak Hours Headway) ที่เหมาะสม กล่าวคือไม่นานเกิน 8 นาที และไม่ต่ำกว่าประมาณ 2 นาที ซึ่งเป็นขีดจำกัดของระบบอาณัติสัญญาณได้

การศึกษากำหนดรูปแบบการปฏิบัติการเดินรถ และความถี่ในการให้บริการที่เหมาะสมสำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา ได้แสดงผลการศึกษาไว้โดยละเอียดใน *"รายงานผลการศึกษากำหนดรูปแบบปฏิบัติการเดินรถ (Operation Concept Report)"* ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของขอบเขตงานงานออกแบบรายละเอียดสำหรับโครงการรถไฟฟ้า สายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่—ลำลูกกา โดยสามารถสรุปรูปแบบการดำเนินโครงการ และปีเริ่มเปิดให้บริการเดินรถ ได้ดัง**ตารางที่ 5.2.3-1**

ตารางที่ 5.2.3-1: รูปแบบการดำเนินการโครงการ และปีที่กำหนดให้เป็นปีเริ่มเปิดให้บริการเดินรถ

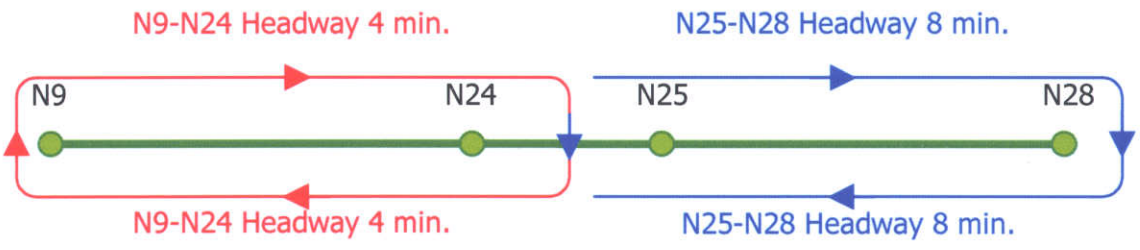
รูปแบบการดำเนินโครงการ	ปีที่เริ่มเปิดให้บริการเดินรถ
I ดำเนินการโครงการ ช่วงหมอชิต — ลำลูกกา พร้อมกันในคราวเดียว และเปิดให้บริการพร้อมกัน	ต้นปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015)
II ดำเนินการโครงการเป็น 2 ระยะ	
ระยะที่ 1: ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ - คูคต	ต้นปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015)
ระยะที่ 2: ช่วงคูคต - ลำลูกกา	ต้นปี พ.ศ. 2571 (ค.ศ. 2028)

และสามารถสรุปผลการศึกษารูปแบบการปฏิบัติการเดินรถ และความถี่ในการให้บริการที่เหมาะสม สำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา ได้ดังนี้

5.2.3.1 รูปแบบการเดินรถ หากมีผู้เดินรถรายใหม่ ให้บริการเฉพาะเส้นทางช่วงหมอชิต-ลำลูกกา

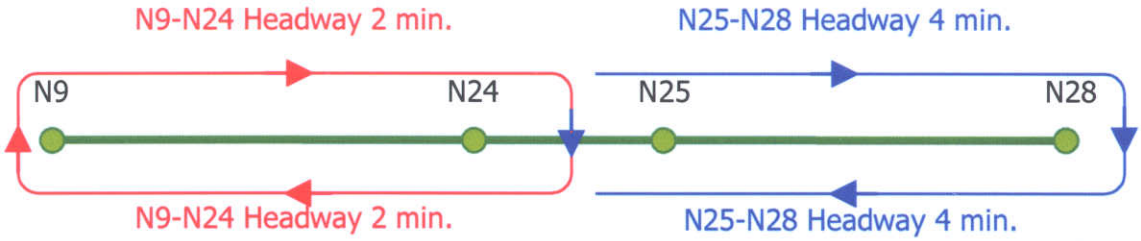
I. กรณีดำเนินการโครงการ ช่วงหมอชิต - ลำลูกกา พร้อมกันในคราวเดียว และเปิดให้บริการเดินรถพร้อมกัน

ในกรณีที่มีผู้เดินรถรายใหม่ ให้บริการเดินรถเฉพาะเส้นทางช่วงหมอชิต-ลำลูกกา โดยดำเนินการโครงการช่วงหมอชิต - ลำลูกกา พร้อมกันในคราวเดียว และเปิดให้บริการเดินรถพร้อมกัน ผู้เดินรถจะสามารถเริ่มเดินรถในช่วงปีแรกในเส้นทางช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ ด้วยความถี่ในการให้บริการ (Headway) ประมาณไม่เกิน 4 นาที ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ตามผลการศึกษาออกแบบเดิม และเดินรถในช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ด้วยความถี่ในการให้บริการประมาณไม่เกิน 4 นาที ถึงสถานี N24 (สถานีคูคต) และด้วยความถี่ในการให้บริการประมาณไม่เกิน 8 นาที สำหรับเส้นทางช่วงสถานี N25 ถึง สถานี N28 ซึ่งเป็นสถานีปลายทาง ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2.3.1-1**



รูปที่ 5.2.3.1-1: รูปแบบการเดินรถด้วย Headway 4 & 8 นาที โดยกลับขบวนรถหลังสถานี N24

และเมื่อมีปริมาณผู้โดยสารสูงขึ้นในช่วงปีหลัง ก็สามารถปรับรูปแบบการเดินรถ ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน โดยสามารถให้บริการเดินรถด้วยความถี่ในการให้บริการที่เร็วขึ้นจนใกล้ถึง 2 นาที ตั้งแต่สถานี N9 ถึงสถานี N24 (สถานีคูคต) และด้วยความถี่ในการให้บริการประมาณ 4 นาที (ประมาณ 2 เท่าของ 2 นาที) สำหรับเส้นทางช่วงสถานี N25 ถึง สถานี N28 ซึ่งเป็นสถานีปลายทาง ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2.3.1-2**



รูปที่ 5.2.3.1-2: รูปแบบการเดินรถด้วย Headway 2 & 4 นาที โดยกลับรถหลังสถานี N24

การกลับขบวนรถไฟฟ้าหลังสถานี N24 จะใช้ชุด Pocket Track ที่จะออกแบบติดตั้งไว้หลังสถานีคูคต (N24) เพื่อใช้งานดังกล่าวโดยเฉพาะ

การกลับขบวนรถไฟฟ้าที่ปลายเส้นทางบริเวณสถานี N28 ซึ่งเป็นสถานีปลายทาง (Terminal Station) ของโครงการ จะใช้ชุดประแจตัดข้ามราง (Crossover) ที่ติดตั้งไว้ก่อนสถานี N28 ในการย้อนขบวนรถไฟฟ้ากลับโดยไม่ต้องวิ่งเลยสถานีออกไป จากตัวเลขประเมินปริมาณผู้โดยสารที่ค่อนข้างน้อยที่สถานีดังกล่าว และความถี่ในการให้บริการที่กำหนดของสถานี (มากกว่า 4 นาที ในช่วงปีที่ 30) การย้อนกลับขบวนรถในลักษณะดังกล่าวสามารถดำเนินการได้อย่างเหมาะสม และจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงสร้างทางวิ่งหลังสถานีปลายทางลงได้

สรุปความถี่ในการให้บริการที่เหมาะสมในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน และจำนวนขบวนรถที่ต้องใช้ ตามรูปแบบการดำเนินการโครงการช่วงหมอชิต-ลำลูกกา พร้อมกันในคราวเดียว ได้ดังแสดงใน **ตารางที่ 5.2.3.1-1** และ **ตารางที่ 5.2.3.1-2**

ตารางที่ 5.2.3.1-1: สรุปความถี่ในการให้บริการ ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ของเส้นทางช่วงหมอชิต-ลำลูกกา กรณีดำเนินการโครงการ ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา พร้อมกันในคราวเดียว และมีผู้เดินรถรายใหม่ให้บริการเดินรถเฉพาะช่วงหมอชิต-ลำลูกกา

ช่วงปี	ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่	ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา	
	N9 - N20	N21 - N24	N25 - N28
ปีที่ 1-10 (พ.ศ. 2558-2567 หรือ ค.ศ. 2015-2024)	3.88 นาที – 3.69 นาที		7.75 นาที – 7.05 นาที
ปีที่ 11-20 (พ.ศ. 2568-2577 หรือ ค.ศ. 2025-2034)	3.28 นาที – 2.58 นาที		6.46 นาที – 5.17 นาที
ปีที่ 21-30 (พ.ศ. 2578-2587 หรือ ค.ศ. 2035-2044)	2.42 นาที – 2.15 นาที		4.85 นาที – 4.31 นาที

หมายเหตุ: เป็นตัวเลขโดยประมาณ

ตารางที่ 5.2.3.1-2: สรุปประมาณจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องใช้สำหรับเส้นทางช่วงหมอชิต-ลำลูกกา กรณีดำเนินการโครงการ ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา พร้อมกันในคราวเดียว และมีผู้เดินรถรายใหม่ให้บริการเดินรถเฉพาะช่วงหมอชิต-ลำลูกกา

ช่วงปี	รวมตลอดเส้นทาง ช่วงหมอชิต - ลำลูกกา	รวมช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ (ตามการศึกษาออกแบบเดิม)[1]	ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา (รวมที่ต้องจัดหาเพิ่มเติม)
ปีที่ 1-10 พ.ศ. 2558-2567	21 ขบวน	17 ขบวน	4 ขบวน
ปีที่ 11-20 พ.ศ. 2568-2577	31 ขบวน	21 ขบวน	10 ขบวน (4+6)
ปีที่ 21-30 พ.ศ. 2578-2587	36 ขบวน	21 ขบวน	15 ขบวน (4+6+5)

หมายเหตุ: 1) ตัวเลขจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องการทั้งหมด เป็นขบวนรถไฟฟ้าขนาดความยาว 4 ตู้/ขบวน

2) ตัวเลขจำนวนขบวนรถไฟฟ้ารวม Spare train แล้ว

3) ความหนาแน่นของผู้โดยสารบนขบวนรถไฟฟ้า คิดที่ Peak Load Condition

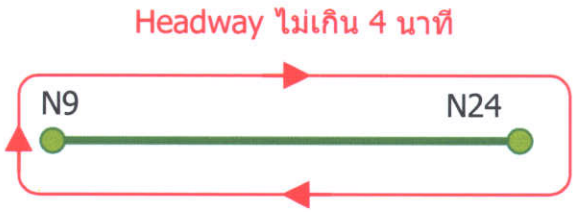
ข้อมูลการศึกษาออกแบบเดิม ช่วงหมอชิต – สะพานใหม่ กำหนดปีเริ่มเปิดให้บริการเดินรถไว้ในปี พ.ศ. 2556 (ค.ศ. 2013) โดยในปี พ.ศ. 2567 (ค.ศ. 2024) กำหนดให้มีขบวนรถ 17 ขบวน (ต้องการใช้จริง 14 ขบวน) และในปี พ.ศ. 2577 (ค.ศ. 2034) กำหนดให้มีขบวนรถ 21 ขบวน (ต้องการใช้จริง 20 ขบวน) ส่วนปี พ.ศ. 2587 (ค.ศ. 2044) อยู่เกินระยะเวลาการศึกษาเดิมซึ่งสิ้นสุดในปี พ.ศ. 2585 (ค.ศ. 2042) ซึ่งกำหนดให้มีขบวนรถรวมสูงสุด 21 ขบวน ตัวเลขขบวนรถสำหรับช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ในปี พ.ศ. 2587 (ค.ศ. 2044) จึงกำหนดไว้ที่ 21 ขบวน เท่ากับจำนวนขบวนรถสูงสุด 30 ปี ที่ศึกษาออกแบบไว้เดิม

II. กรณีดำเนินการโครงการ ช่วงหมอชิต – ลำลูกกา เป็น 2 ระยะ และเปิดให้บริการเดินรถไม่พร้อมกัน

ในกรณีที่มีผู้เดินรถรายใหม่ ให้บริการเดินรถเฉพาะเส้นทางช่วงหมอชิต – ลำลูกกา โดยดำเนินการโครงการช่วงหมอชิต – ลำลูกกา เป็น 2 ระยะ และเปิดให้บริการเดินรถไม่พร้อมกัน ดังต่อไปนี้

ดำเนินการโครงการเป็น 2 ระยะ	ปีเปิดให้บริการเดินรถ
ระยะที่ 1: ช่วงหมอชิต – สะพานใหม่ – คูคต	ต้นปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015)
ระยะที่ 2: ช่วงคูคต – ลำลูกกา	ต้นปี พ.ศ. 2571 (ค.ศ. 2028)

ผู้ให้บริการเดินรถจะสามารถเริ่มเดินรถระยะที่ 1 ในเส้นทางช่วงหมอชิต – คูคต อย่างน้อยในระยะ 5 ปีแรก ด้วยความถี่ในการให้บริการ (Headway) ประมาณไม่เกิน 4 นาที ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2.3.1-3**

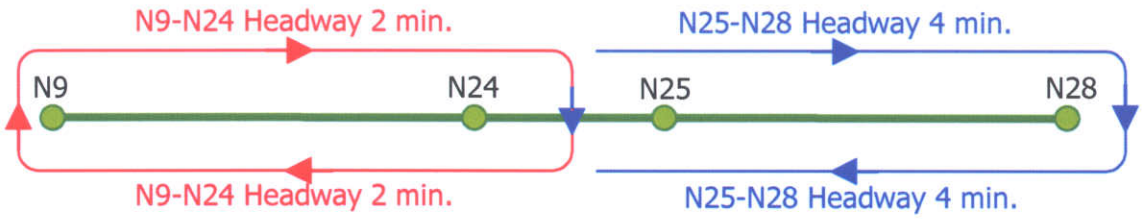


รูปที่ 5.2.3.1-3: รูปแบบการเดินรถด้วย Headway ประมาณ 4 นาที ของโครงการระยะที่ 1

การกลับขบวนรถไฟฟ้าหลังสถานี N24 จะใช้ชุด Pocket Track ที่จะออกแบบติดตั้งไว้หลังสถานีคูคต (N24) เพื่อใช้งานดังกล่าว โดยก่อสร้างติดตั้งไว้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการระยะที่ 1

เมื่อเปิดโครงการในระยะที่ 2 (ช่วงคูคต - ลำลูกกา) ในปี พ.ศ. 2571 (ค.ศ. 20280) ก็สามารถให้บริการเดินรถ ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน โดยกลับขบวนรถครึ่งหนึ่งหลังสถานี N24 (สถานีคูคต) โดยใช้ชุด Pocket Track ชุดเดิมนั้น เพื่อให้ความถี่ในการให้บริการ (Headway) ในเส้นทางช่วงสถานี N25-N28 นานกว่าเส้นทางช่วงสถานี N9-N24 เป็น 2 เท่า สอดคล้องกับปริมาณความต้องการในการเดินทางที่น้อยกว่าอย่างมากในช่วงสถานี N25-N28

โดยการให้บริการเดินรถตลอดช่วงหมอชิต - ลำลูกกา จะสามารถให้บริการด้วยความถี่ในการให้บริการที่เร็วขึ้นจนใกล้ถึง 2 นาที ตั้งแต่สถานี N9 ถึงสถานี N24 (สถานีคูคต) และด้วยความถี่ในการให้บริการประมาณ 4 นาที (ประมาณ 2 เท่าของ 2 นาที) สำหรับเส้นทางช่วงสถานี N25 ถึง สถานี N28 ซึ่งเป็นสถานีปลายทาง ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2.3.1-4**



รูปที่ 5.2.3.1-4: รูปแบบการเดินรถด้วย Headway ประมาณ 2 & 4 นาที โดยกลับขบวนรถหลังสถานี N24

โดยสามารถสรุปความถี่ในการให้บริการที่เหมาะสมในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน และจำนวนขบวนรถที่ต้องใช้ ได้ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.2.3.1-3** และ**ตารางที่ 5.2.3.1-4**

ตารางที่ 5.3.2.1-3: สรุปความถี่ในการให้บริการในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนของเส้นทางช่วงหมอชิต-ลำลูกกา กรณีดำเนินการโครงการ ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา เป็น 2 ระยะ และมีผู้เดินรถรายใหม่ให้บริการเดินรถเฉพาะช่วงหมอชิต-ลำลูกกา

	ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่	ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา	
	N9 - N20	**N21 - N24**	**N25 - N28**
ปีที่ 1-5 (พ.ศ. 2558-2562 หรือ ค.ศ. 2015-2019)	3.93 นาที		ยังไม่เริ่มเปิดให้บริการ
ปีที่ 6-13 (พ.ศ. 2563-2570 หรือ ค.ศ. 2020-2027)	3.93 นาที – 3.11 นาที		ยังไม่เริ่มเปิดให้บริการ
ปีที่ 14-20 (พ.ศ. 2571-2577 หรือ ค.ศ. 2028-2034)	2.98 นาที – 2.58 นาที		5.97 นาที – 5.17 นาที
ปีที่ 21-30 (พ.ศ. 2578-2587 หรือ ค.ศ. 2035-2044)	2.42 นาที – 2.15 นาที		4.85 นาที – 4.31 นาที

หมายเหตุ: เป็นตัวเลขโดยประมาณ

ตารางที่ 5.2.3.1-4: สรุปประมาณจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องใช้สำหรับเส้นทางช่วงหมอชิต-ลำลูกกา กรณีดำเนินการโครงการ ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา เป็น 2 ระยะ และมีผู้เดินรถรายใหม่ให้บริการเดินรถเฉพาะช่วงหมอชิต- ลำลูกกา

	รวมตลอดเส้นทาง ช่วงหมอชิต - ลำลูกกา	รวมช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ (ตามการศึกษาออกแบบเดิม)[ก]	ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา (รวมที่ต้องจัดหาเพิ่มเติม)
ปีที่ 1-5 พ.ศ. 2558-2562 หรือ ค.ศ. 2015-2019	17 ขบวน (ปีที่ 1-5 เปิดให้บริการเฉพาะ ช่วงหมอชิต – คูคต)	12 ขบวน	5 ขบวน
ปีที่ 6-13 พ.ศ. 2563-2570 หรือ ค.ศ. 2020-2027	21 ขบวน (ปีที่ 6-13 เปิดให้บริการ เฉพาะ ช่วงหมอชิต – คูคต)	17 ขบวน	5 ขบวน
ปีที่ 14-20 พ.ศ. 2571-2577 หรือ ค.ศ. 2028-2034	31 ขบวน	21 ขบวน	10 ขบวน (5 + 5 = 10)
ปีที่ 21-30 พ.ศ. 2578-2587 หรือ ค.ศ. 2035-2044	36 ขบวน	21 ขบวน	15 ขบวน (5 + 5 + 5 = 15)

หมายเหตุ: 1) ตัวเลขจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องการทั้งหมด เป็นขบวนรถไฟฟ้าขนาดความยาว 4 ตู้/ขบวน

2) ตัวเลขจำนวนขบวนรถไฟฟ้ารวม Spare train แล้ว

3) ความหนาแน่นของผู้โดยสารบนขบวนรถไฟฟ้า คิดที่ Peak Load Condition

[ก] ข้อมูลการศึกษาออกแบบเดิม ช่วงหมอชิต – สะพานใหม่ กำหนดปีเริ่มเปิดให้บริการเดินรถไว้ในปี พ.ศ. 2556 (ค.ศ. 2013) โดยในปี พ.ศ. 2561 (ค.ศ. 2018) กำหนดให้มีขบวนรถ 12 ขบวน (ต้องการใช้จริง 12 ขบวน) ปี พ.ศ. 2566 (ค.ศ. 2023) กำหนดให้มีขบวนรถ 17 ขบวน (ต้องการใช้จริง 13 ขบวน) และในปี พ.ศ. 2576 (ค.ศ. 2033) กำหนดให้มีขบวนรถ 21 ขบวน (ต้องการใช้จริง 19 ขบวน) ส่วนปี พ.ศ. 2587 (ค.ศ. 2044) อยู่เกินระยะเวลาการศึกษาเดิมซึ่งสิ้นสุดในปี พ.ศ. 2585 (ค.ศ. 2042) ซึ่งกำหนดให้มีขบวนรถรวมสูงสุด 21 ขบวน ตัวเลขขบวนรถสำหรับช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ในปี พ.ศ. 2587 (ค.ศ. 2044) จึงกำหนดไว้ที่ 21 ขบวน เท่ากับจำนวนขบวนรถสูงสุด 30 ปี ที่ศึกษาออกแบบไว้เดิม

ในกรณีที่การดำเนินโครงการระยะที่ 2 ได้แก่ ช่วงคูคต - ลำลูกกา ไม่ได้มีการดำเนินโครงการต่อ หรือมีการชะลอโครงการออกไป โครงการระยะที่ 1 หรือ ช่วงหมอชิต - คูคต ซึ่งมีศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต ก็ยังสามารถใช้งานให้บริการเดินรถได้ โดยสามารถสรุปจำนวนขบวนรถที่ต้องใช้ ได้ดังแสดงใน**ตารางที่ 5.2.3.1-5**

ตารางที่ 5.2.3.1-5: สรุปประมาณจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องใช้สำหรับเส้นทางช่วงหมอชิต-ลำลูกกา แยกตามเส้นทางช่วงหมอชิต-คูคต และช่วงคูคต-ลำลูกกา

	รวมตลอดเส้นทาง ช่วงหมอชิต - ลำลูกกา	**รวมช่วงหมอชิต - คูคต**	**รวมช่วงคูคต - ลำลูกกา ที่ต้องจัดหามาเพิ่มเติม เมื่อเปิดให้บริการเดินรถ ในช่วงปีนั้นๆ**
ปีที่ 1-13 พ.ศ. 2558-2570 หรือ ค.ศ. 2015-2027	21 ขบวน	**21 ขบวน**	ยังไม่เริ่มเปิดให้บริการ
ปีที่ 14-20 พ.ศ. 2571-2577 หรือ ค.ศ. 2028-2034	31 ขบวน	**28 ขบวน**	3 ขบวน (ถ้าเริ่มเปิดให้บริการ ในช่วงปีนี้)
ปีที่ 21-30 พ.ศ. 2578-2587 หรือ ค.ศ. 2035-2044	36 ขบวน	**33 ขบวน**	3 ขบวน (ถ้าเริ่มเปิดให้บริการ ในช่วงปีนี้)

หมายเหตุ: 1) ตัวเลขจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องการทั้งหมด เป็นขบวนรถไฟฟ้าขนาดความยาว 4 ตู้/ขบวน

2) ตัวเลขจำนวนขบวนรถไฟฟ้ารวม Spare train แล้ว

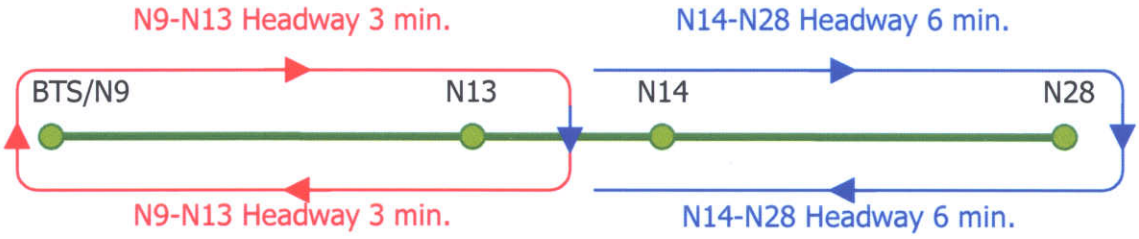
3) ความหนาแน่นของผู้โดยสารบนขบวนรถไฟฟ้า คิดที่ Peak Load Condition

5.2.3.2 รูปแบบการเดินรถ หากมีผู้เดินรถเพียงรายเดียว ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว

ในกรณีที่มีผู้เดินรถเพียงรายเดียว ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว การเดินรถในเส้นทางส่วนเดิมต่อมาจากสถานีหมอชิต (สถานี N8) ออกมาในเส้นทางช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ จะจำเป็นต้องเดินรถด้วยความถี่ในการให้บริการ (Headway) เท่ากับความถี่ในการให้บริการในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนของระบบ BTS ซึ่งปัจจุบันอยู่ที่ประมาณ 3 นาที เนื่องจากระบบรางระหว่างสถานี N8 และสถานี N9 ไม่ได้มีการออกแบบไว้ให้สามารถย้อนขบวนรถไฟฟ้าบางส่วนกลับเพื่อปรับเปลี่ยนความถี่ในการให้บริการให้แตกต่างกันระหว่างเส้นทางช่วงสถานี N8 และเส้นทางช่วงหลังจากสถานี N8 ได้ และไม่มีพื้นที่เส้นทางที่ยาวเพียงพอที่จะดำเนินการดังกล่าว

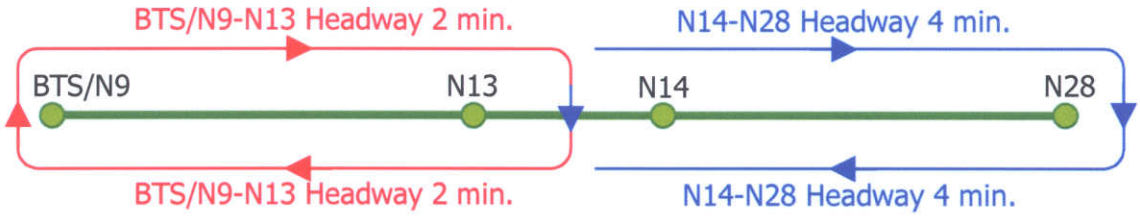
แต่เนื่องจากผลการศึกษาออกแบบที่ดำเนินการไว้เดิมของเส้นทางโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ แสดงให้เห็นว่าการให้บริการเดินรถด้วยความถี่ในการให้บริการไม่เกิน 4 นาที (ด้วยขบวนรถไฟฟ้าขนาดความยาว 4 ตู้/ขบวน) ก็เพียงพอที่จะรองรับปริมาณความต้องการในการเดินทางของเส้นทางช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ ได้อย่างเหมาะสมแล้ว ดังนั้น การเดินรถด้วยความถี่ในการให้บริการไม่เกิน 3 นาที ตลอดเส้นทางช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ จึงอาจไม่ใช่แนวทางให้บริการที่เหมาะสมคุ้มค่าที่สุด

รูปแบบการปฏิบัติการเดินรถที่อาจมีความเหมาะสมกว่า จึงได้แก่การเดินรถโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ด้วยความถี่ในการให้บริการ 3 นาที ถึงเพียงสถานี N13 (สถานีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) และให้บริการเดินรถด้วยความถี่ในการให้บริการ 6 นาที สำหรับเส้นทางส่วนที่เหลือตั้งแต่ช่วงสถานี N14 ถึง สถานี N28 ซึ่งเป็นสถานีปลายทาง ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2.3.2-1**



รูปที่ 5.2.3.2-1: รูปแบบการเดินรถด้วย Headway 3 & 6 นาที โดยกลับขบวนรถหลังสถานี N13

และเมื่อมีปริมาณผู้โดยสารสูงขึ้นในช่วงปีหลัง ก็สามารถปรับความถี่ในการให้บริการที่เร็วขึ้นจนใกล้ถึง 2 นาที ตั้งแต่สถานี N9 ถึงสถานี N13 และด้วยความถี่ในการให้บริการประมาณ 4 นาที (ประมาณ 2 เท่าของ 2 นาที) สำหรับเส้นทางช่วงสถานี N14 ถึง สถานี N28 ซึ่งเป็นสถานีปลายทาง ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2.3.2-2** หรืออาจปรับรูปแบบการเดินรถโดยให้บริการเดินรถด้วยความถี่ในการให้บริการเดียวกันจนถึงสถานี N24 และให้บริการด้วยความถี่ในการให้บริการนานเป็นสองเท่าหลังสถานี N24 ไปจนถึงสถานีปลายทาง N28 ดังรูปแบบเดียวกับที่แสดงใน**รูปที่ 5.2.3.1-1** ในหัวข้อย่อยที่แล้วก็ได้ตามแต่ความต้องการของผู้เดินรถ



รูปที่ 5.2.3.2-2: รูปแบบการเดินรถด้วย Headway 2 & 4 นาที โดยกลับรถหลังสถานี N13

ทั้งนี้ ในเส้นทางระหว่างสถานี N13 (สถานีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) และ N14 (สถานีกรมป่าไม้) ได้มีการออกแบบ Pocket Track ไว้แล้วตั้งแต่ในการศึกษาออกแบบที่ดำเนินการไว้เดิมสำหรับช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ จึงสามารถให้บริการเดินรถในรูปแบบดังกล่าวได้ โดยกลับขบวนรถหลังสถานี N13 (สถานีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) ที่ Pocket Track ดังกล่าว

การเดินรถโดยกลับขบวนรถครึ่งหนึ่งของขบวนรถทั้งหมดหลังสถานี N13 เป็นแนวทางที่ดำเนินการได้ในกรณีที่มีผู้เดินรถเพียงรายเดียว ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว แต่ไม่เหมาะสมสำหรับกรณีที่มีผู้เดินรถรายใหม่ ให้บริการเดินรถเฉพาะช่วงหมอชิต-ลำลูกกา เนื่องจากเส้นทางช่วงสถานี N9 ถึงสถานี N13 มีระยะทางสั้นเพียง 3 กิโลเมตรเศษ การเดินรถเป็นวงรอบสั้น (N9-N14) เช่นนี้ จะควบคุมจำนวนขบวนรถ และความถี่ในการให้บริการ ที่จะมีขบวนรถวิ่งเข้า-ออก มาจากวงรอบใหญ่ (N9-N28) ด้วยได้ยาก ซึ่งต่างกับกรณีที่มีผู้เดินรถเพียงรายเดียว ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว ที่ผู้เดินรถจะเดินรถต่อเนื่องมาจากเส้นทางระบบส่วนเดิม เข้ามาในส่วนต่อขยาย และกลับขบวนรถหลังสถานี N13 จึงไม่เป็นการเดินรถวงรอบสั้นอย่างที่กล่าว เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวนี้ ทำให้แนวทางการเดินรถโดยการกลับขบวนรถหลังสถานี N13 ไม่ได้นำมาพิจารณาใช้ในการเดินรถกรณีที่มีผู้เดินรถรายใหม่ ให้บริการเดินรถเฉพาะช่วงหมอชิต-ลำลูกกา

จากการคำนวณจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องใช้งานในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-ลำลูกกา **ในกรณีที่มีผู้เดินรถเพียงรายเดียว ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว และเดินรถตามรูปแบบการเดินรถที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องใช้ทั้งหมด (ประเมิน 30 ปี) มีจำนวนรวมน้อยกว่ากรณีที่มีผู้เดินรถรายใหม่ ให้บริการเดินรถเฉพาะช่วงหมอชิต-ลำลูกกา**

เนื่องจากนโยบายในเรื่องผู้ให้บริการเดินรถ ภาครัฐฯ ยังไม่ได้มีการสรุปอย่างชัดเจนว่าจะให้มีผู้เดินรถเพียงรายเดียว ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว หรือจะมีผู้เดินรถรายใหม่ ให้บริการเดินรถเฉพาะช่วงหมอชิต-ลำลูกกา ดังนั้นในการศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) ของโครงการฯ จึงเลือกใช้กรณีที่ต้องใช้จำนวนขบวนรถไฟฟ้ามากกว่าเป็นเกณฑ์ กรณีที่มีผู้เดินรถเพียงรายเดียว ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว จึงจะไม่พิจารณาในรายละเอียดต่อไป

5.2.4 การออกแบบเผื่อสำหรับการต่อขยายเส้นทางในอนาคต

ระบบรางด้านหลังสถานีปลายทาง (สถานี N28) จะได้รับการออกแบบให้สามารถต่อขยายเส้นทางออกไปได้อีกโดยง่ายในอนาคต แต่จากการประเมินปริมาณความต้องการในการเดินทางที่ได้ตัวเลขผลการประเมินค่อนข้างต่ำในเส้นทางช่วงหลังสถานีคูคต (สถานี N24) ถึงสถานีปลายทางของเส้นทาง ทำให้คาดการณ์ว่าการต่อขยายเส้นทางต่อไปในอนาคตจะยังไม่เกิดขึ้นในระยะ 20 ปีข้างหน้า การออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ของศูนย์ซ่อมบำรุงและพื้นที่จอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า ที่พื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต จึงดำเนินการไว้เพียงเพื่อให้สามารถรองรับระบบที่มีเส้นทางสิ้นสุดถึงสถานี N28 เท่านั้น

5.2.5 การบริหารจัดการการเดินรถ (Operations Management Overview)

การให้บริการขนส่งมวลชนด้วยความราบรื่น (Smooth) ปลอดภัย (Safe) ตรงเวลา (Punctual) และมีความแน่นอนเชื่อถือได้ (Reliable) ถือเป็นหลักการที่สำคัญอย่างยิ่งในการให้บริการขนส่งมวลชนที่มีคุณภาพ

สิ่งที่มีความสำคัญที่สุดเป็นลำดับแรกคือ จะต้องมีการบริหารจัดการและประสานงานกันระหว่างพนักงานระหว่างการให้บริการเดินรถ ทั้งในช่วงการเดินรถปกติ (Normal Operation) ในช่วงที่ลดระดับการให้บริการลง (Degraded Operation) และในช่วงฉุกเฉิน (Emergency Operation) ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะขึ้นอยู่กับคุณภาพและทักษะความสามารถของพนักงานในฝ่ายที่เกี่ยวกับการเดินรถและซ่อมบำรุงรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งพนักงานที่ต้องมีปฏิสัมพันธ์เกี่ยวข้องโดยตรงกับผู้โดยสาร

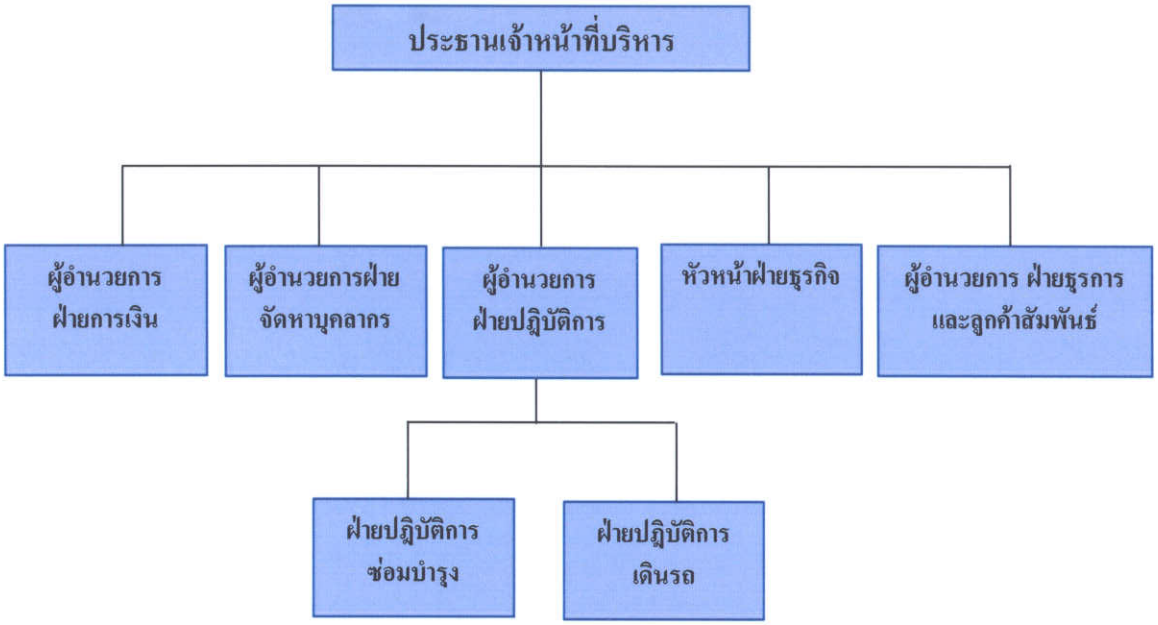
การกำหนดผังองค์กรที่ชัดเจน มีการกำหนดบทบาทหน้าที่ ความรับผิดชอบ มีการกำหนดวิธีการรายงานเป็นลำดับตามขั้นตอน และมีการกำหนดอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ที่จะใช้ในการรองรับการเดินรถในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่างฝ่ายควบคุมการจราจร ฝ่ายเดินรถ และฝ่ายซ่อมบำรุง จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งยวด ซึ่งสามารถทำให้เกิดผลสำเร็จได้ด้วยการบริหารจัดการและประสานงานอย่างเหมาะสม

การบริหารจัดการขับเคลื่อนองค์กรและระบบขนส่งมวลชน จะต้องมีการกำหนดวิธีการที่ชัดเจนในคู่มือการปฏิบัติงานต่าง ๆ ในนโยบายทางด้านบุคลากร ในหลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน ในขั้นตอนและระเบียบการรายงาน ในขั้นตอนและระเบียบปฏิบัติกรณีฉุกเฉิน และในระเบียบนโยบายของฝ่ายต่าง ๆ ซึ่งจะต้องเขียนขึ้นโดยเฉพาะสำหรับโครงการนี้ โดยให้ความสำคัญเน้นไปที่การสื่อสารส่งต่อข้อมูลและระเบียบปฏิบัติด้านการข้อมูลทั้งในระดับเดียวกัน (ระหว่างพนักงานในระดับเดียวกัน) และตามสายการบังคับบัญชา

ตัวอย่างผังองค์กรในระดับผู้บริหารระดับสูงของบริษัทที่จะให้บริการเดินรถ สามารถกำหนดได้ดังแสดงใน**รูปที่ 5.2.5-1**

การกำหนดโครงสร้างดังกล่าว จะทำให้สามารถบริหารจัดการบริษัท พนักงาน และการประสานงานที่ถูกต้องลงตัวระหว่างฝ่ายต่าง ๆ รวมทั้งหน่วยงานภายนอก ให้เป็นไปด้วยความราบรื่น โดยทุกประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นจะได้รับการจัดการโดยผู้รับผิดชอบที่เหมาะสม ในสถานที่ที่เหมาะสม และด้วยการประสานงานร่วมมือกันอย่างเหมาะสมต่อสถานการณ์นั้น ๆ อันจะนำไปสู่ระบบขนส่งมวลชนที่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

เมื่อระบบการบริหารจัดการได้รับการพัฒนาขึ้นแล้ว ประเด็นปัญหาต่าง ๆ ในด้านบุคลากรจะได้รับการแก้ไขอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับปัญหาในด้านการเดินรถ ทั้งในช่วงปรกติ และช่วงฉุกเฉิน เมื่อระบบเกิดขัดข้อง หรือเมื่อเกิดกรณีเหตุการณ์ฉุกเฉิน การช่วยเหลือและการกู้คืนสู่สภาพเดิมก็จะได้รับการจัดการอย่างปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และเหมาะสม



รูปที่ 5.2.5-1: ตัวอย่างผังองค์กรในระดับผู้บริหารระดับสูง

5.2.6 การเดินรถปรกติ (Normal Operation)

5.2.6.1 การจัดเตรียมขบวนรถและการออกรถจากศูนย์ซ่อมบำรุง (Train Preparation & Departure)

ขบวนรถไฟฟ้าจะวิ่งให้บริการตามตารางเวลาการเดินรถซึ่งกำหนดไว้ในระบบอำนวยการเดินรถอัตโนมัติ (Automatic Train Supervision - ATS) โดยทุก ๆ เช้า หน่วยบำรุงรักษารถไฟฟ้าที่ศูนย์ซ่อมบำรุงจะรายงานจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่พร้อมใช้งานได้แก่ผู้ควบคุมศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Controller) พร้อมกับออกใบรับรองความพร้อมใช้งาน ("Fit for Service" Certificate) ให้กับขบวนรถไฟฟ้าแต่ละขบวน

ผู้ควบคุมศูนย์ซ่อมบำรุง จะส่งผังการจอดขบวนรถ (Train Stabling Plan) ให้แก่ผู้ควบคุมการจราจร (Traffic Controller) และหัวหน้าพนักงานขับรถไฟฟ้า (Train Supervisor) เพื่อให้ทราบตำแหน่งที่จอดของขบวนรถไฟฟ้าทั้งหมดที่พร้อมใช้งาน หัวหน้าพนักงานขับรถไฟฟ้า จะมอบหมายหน้าที่การขับขบวนรถไฟฟ้าให้พนักงานขับ (Train Driver) แต่ละคน โดยแจ้งรายละเอียดของขบวนรถที่พนักงานขับแต่ละคนได้รับมอบหมาย และตำแหน่งที่จอดของขบวนรถนั้น ๆ

พนักงานขับ จะขึ้นขบวนรถไฟฟ้าที่ตนได้รับมอบหมาย เพื่อเตรียมความพร้อม และรายงานสภาพความพร้อมของขบวนรถแก่ผู้ควบคุมการจราจรภายในศูนย์ซ่อมบำรุง(Depot Traffic Controller) เมื่อถึงกำหนดเวลาออกรถ ผู้ควบคุมศูนย์ซ่อมบำรุงก็จะสั่งการอนุญาตให้พนักงานขับ เคลื่อนขบวนรถไฟฟ้าไปยังรางส่งรถออก (Departure Track) และรายงานผู้ควบคุมการจราจรว่าขบวนรถไฟฟ้าขบวนดังกล่าวพร้อมแล้วที่จะเข้าสู่เส้นทางหลักเพื่อให้บริการเดินรถ

5.2.6.2 การเปิดและปิดสถานีรถไฟฟ้า (Station Opening and Closing)

ทางเข้า-ออกทั้งหมดของสถานีรถไฟฟ้า จะเปิดไว้อยู่ตลอดเวลาตลอดช่วงเวลาที่ให้บริการเดินรถ ยกเว้นในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน โดยกำหนดเวลาเปิด-ปิด สถานีจะติดประกาศไว้ที่ทุกทางเข้า-ออก เพื่อให้ผู้เดินทางทราบ

ก่อนที่สถานีจะเปิดให้บริการแก่สาธารณะ นายสถานี (Station Controller) จะตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งหมด ว่ามีความพร้อมที่จะใช้ให้บริการได้โดยไม่มีข้อบกพร่อง และนายสถานีจะสั่งให้พนักงานรักษาความปลอดภัยประจำสถานีที่ประจำการอยู่ในเวลานั้นเปิดทางเข้า-ออก 10 นาที ก่อนที่จะถึงกำหนดเวลาที่ขบวนรถขบวนแรกที่จะมายังสถานีจะเริ่มเดินรถออกจากสถานี

เมื่อถึงเวลาที่จะต้องปิดสถานีหลังช่วงเวลาให้บริการเดินรถ นายสถานี จะตรวจสอบให้แน่ใจว่าผู้โดยสารทั้งหมดได้ออกไปจากสถานี หรือเดินทางไปพร้อมกับขบวนรถไฟฟ้าขบวนสุดท้ายแล้ว นายสถานีจะตรวจสอบจนแน่ใจว่าพื้นที่ทั้งหมดของสถานี ไม่มีคนเหลืออยู่แล้วนอกจากกลุ่มคนที่ได้รับอนุญาตให้อยู่ต่อในช่วงการบำรุงรักษา จากนั้นจึงสั่งให้พนักงานรักษาความปลอดภัยประจำสถานีปิดทางเข้า-ออก ทั้งหมดของสถานี

5.2.6.3 การรายงานความผิดปรกติบกพร่อง (Fault Reporting)

ผู้ควบคุมการจราจรในห้องควบคุมกลาง (CCR) จะรายงานความผิดปรกติบกพร่องทั้งหมดของขบวนรถไฟฟ้า และรถซ่อมบำรุงด้านวิศวกรรมอื่นๆ ที่วิ่งใช้งานบนรางในเส้นทางหลัก ไปยังผู้ควบคุมศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Controller) ส่วนความผิดปรกติบกพร่องของขบวนรถที่อยู่ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง จะรายงานโดยพนักงานหน่วยบำรุงรักษารถไฟฟ้า ไปยังผู้ควบคุมศูนย์ซ่อมบำรุง

ผู้ควบคุมศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Controller) จะเป็นตัวหลักในการประสานงานกับศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC) ในเรื่องที่เกี่ยวกับการจัดการขบวนรถ เมื่อได้รับรายงานความผิดปรกติบกพร่อง ผู้ควบคุมศูนย์ซ่อมบำรุง จะประสานงานกับพนักงานซ่อมบำรุงในการดำเนินการแก้ไขปัญหา และประสานงานกับหัวหน้าพนักงานขับรถไฟฟ้า (Train Supervisor) ในเรื่องที่เกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายขบวนรถ

ระบบอาณัติสัญญาณและการควบคุมขบวนรถ จะรายงานความผิดปรกติบกพร่อง ตรงไปยังผู้ควบคุมการจราจร (Traffic Controller) ซึ่งจะเป็นผู้ประสานงานการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมผ่านผู้ควบคุมด้านเทคนิควิศวกรรม (Engineering Controller) ในห้องควบคุมกลาง

ความผิดปรกติบกพร่องอื่น ๆ ทั้งหมดของอุปกรณ์ระบบรถไฟฟ้า และโครงสร้างพื้นฐาน ส่วนใหญ่จะรายงานผ่านระบบ SCADA ไปยังศูนย์รับรายงานเหตุผิดปรกติบกพร่อง (Fault Reporting Centre – FRC) ภายในศูนย์อำนวยการการซ่อมบำรุง (Maintenance Management Centre - MMC) ข้อมูลรายงานความผิดปรกติบกพร่องจะบันทึกลงในระบบคอมพิวเตอร์ที่จะติดตามสถานะความผิดปรกติบกพร่อง และส่งข้อมูลต่อไปยังหน่วยซ่อมบำรุงรักษาที่เหมาะสมพร้อมกับใบสั่งงาน (Work Order) สำหรับการซ่อมหรือการแก้ไขที่จำเป็น

ผู้ควบคุมด้านเทคนิควิศวกรรม ยังสามารถติดตามดูรายงานความผิดปรกติบกพร่องผ่านทางจอข้อมูล SCADA ที่ติดตั้งอยู่ในห้องควบคุมกลาง

ในกรณีที่มีงานซ่อมแซมแก้ไขที่ต้องเข้าไปดำเนินการในพื้นที่สถานี ศูนย์อำนวยการการซ่อมบำรุงจะติดต่อขออนุญาตจากนายสถานี (Station Controller) ที่สถานีนั้น ๆ และถ้ามีงานที่ต้องดำเนินการในพื้นที่รางและต้องหยุดการให้บริการเดินรถชั่วคราว ศูนย์อำนวยการการซ่อมบำรุง จะติดต่อขออนุญาตจากผู้ควบคุมการจราจร (Traffic Controller) และเพื่อตกลงกันในเรื่องระยะเวลาการดำเนินการ และจะต้องมีการตรวจสอบให้แน่ใจว่ามีการปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆ ในด้านความปลอดภัย อย่างเคร่งครัด (เช่น การเข้ารับมอบพื้นที่และล้อมเขตป้องกันพื้นที่ทำงาน การตัดกระแสไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า ฯลฯ) ก่อนที่จะเริ่มงาน

5.2.6.4 งานซ่อมบำรุงบนระบบราง หรือใกล้เคียงราง (Maintenance Work On or Near Track)

งานซ่อมบำรุงบางงาน ซึ่งถือเป็นงานซ่อมบำรุงปรกติ แต่จำเป็นต้องดำเนินการเฉพาะภายในช่วงระยะเวลาที่กำหนดตกลงกันไว้กับฝ่ายสนับสนุนงานควบคุมการจราจร และต้องมีการประกาศแจ้งให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องทราบในเอกสารประกาศประจำสัปดาห์ (Weekly Traffic Notice) ของฝ่ายจราจร หรือเอกสารอื่นที่เกี่ยวข้อง งานเหล่านี้ได้แก่

- งานที่มีผลกระทบต่อความปลอดภัย หรือการควบคุมของอุปกรณ์ระบบอาณัติสัญญาณ
- งานที่จะกีดขวางหรือกระทบต่อการทำงานปรกติของระบบสื่อสาร
- งานที่จะกีดขวางหรือกระทบต่อการทำงานของรถไฟฟ้า
- งานที่จะทำให้ระบบรางไม่ปลอดภัยต่อการเดินรถ

- งานที่ต้องดำเนินการบนระบบราง
- งานที่ต้องดำเนินการเฉพาะภายในระยะเวลาที่กำหนดบางเวลาเท่านั้น

รูปที่ 5.2.6.4-1: งานซ่อมบำรุงระบบราง

เมื่อมีงานซ่อมบำรุงที่ต้องดำเนินการที่เข้าข่ายตามลักษณะงานข้างต้น แต่ยังไม่มีการประกาศตีพิมพ์รายละเอียดให้ทราบในเอกสารที่กำหนด หรือเป็นงานที่ต้องดำเนินการโดยเร่งด่วน ศูนย์อำนวยการการซ่อมบำรุง (MMC) จะต้องเป็นตัวกลางรับผิดชอบในการประสานในการดำเนินการงานดังกล่าวกับผู้ควบคุมการจราจร (Traffic Controller) ที่ศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ

5.2.7 การเดินรถในลักษณะที่ลดระดับการให้บริการลง (Degraded Operation)

5.2.7.1 การให้บริการเดินรถด้วยความถี่ที่น้อยลง (Extended Headway Service)

ในกรณีที่อุปกรณ์เกิดเสียหรือบกพร่องล้มเหลวของอย่างหนัก (เช่น การสูญเสียการควบคุมของระบบป้องกันรถอัตโนมัติ (ATP) หรืออุปกรณ์อาณัติสัญญาณ) หรือเกิดการบกพร่องของอุปกรณ์ระบบราง (เช่น ประแจรางสับหลีกเสียและเป็นผลให้ไม่สามารถใช้เส้นทางรางที่กำหนดตามปรกติได้ หรือเมื่อรางมีรอยแตกร้าว ซึ่งจะส่งผลให้ต้องมีการจำกัดความเร็วขบวนรถไฟฟ้าไว้ชั่วคราว) ก็มีความจำเป็นต้องเดินรถในลักษณะพิเศษเพื่อที่จะคงการให้บริการระบบขนส่งมวลชนไว้ แต่ลดระดับการให้บริการลง โดยการให้บริการเดินรถด้วยความถี่ที่น้อยลง

การเดินรถด้วยความถี่ที่น้อยลง จะต้องได้รับคำสั่งอนุญาตจากหัวหน้าผู้ควบคุมการจราจร (Chief Controller) ที่ประจำอยู่ในศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ หัวหน้าผู้ควบคุมการจราจร จะต้องขอความเห็นชอบจากผู้จัดการศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC Manager) ผู้ที่จะทำหน้าที่ดำเนินการแจ้งหัวหน้างานฝ่ายต่าง ๆ ของแผนกเดินรถให้ทราบโดยทั่วกัน นอกจากนี้ ผู้จัดการศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ จะแจ้งแผนกประชาสัมพันธ์เพื่อให้ดำเนินการประกาศกระจายข่าวการเดินรถในลักษณะพิเศษนี้ ให้ผู้โดยสารและผู้ที่จะเดินทางทราบโดยทั่วกัน

เมื่อหัวหน้าผู้ควบคุมการจราจร ออกคำสั่งอนุญาตให้เดินรถด้วยความถี่ที่น้อยลง ผู้ควบคุมการจราจร (Traffic Controller) จะแจ้งให้พนักงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเดินรถ รวมทั้งพนักงานในศูนย์ซ่อมบำรุง ทราบโดยทั่วกัน และจะประสานงานกับศูนย์รับรายงานเหตุผิดปรกติบกพร่อง (FRC) เพื่อเริ่มดำเนินการแก้ไขปัญหา และจะแจ้งข้อมูลไปยังสถานีต่างๆ เพื่อให้ดำเนินการประกาศแจ้งให้ผู้โดยสารทั้งหมดบนสถานีทราบ อย่างเหมาะสมต่อไป นอกจากนี้ ผู้ควบคุมการจราจร จะประสานกับหัวหน้าพนักงาน

ขับรถไฟฟ้า (Train Supervisor) เพื่อดำเนินการปรับเปลี่ยนพนักงานขับรถไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการเดินรถในลักษณะที่ลดระดับการให้บริการลง

ถ้าการเดินรถด้วยความถี่ที่น้อยลงนี้ มีผลกระทบกับการเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบขนส่งสาธารณะอื่นๆ หัวหน้าผู้ควบคุมการจราจร จะต้องดำเนินการแจ้งให้ผู้เดินรถของระบบขนส่งสาธารณะอื่น ๆ ทราบ เพื่อประสานงานกันอย่างเหมาะสมต่อไป

5.2.7.2 การหยุดให้บริการเดินรถชั่วคราว (Train Service Suspension)

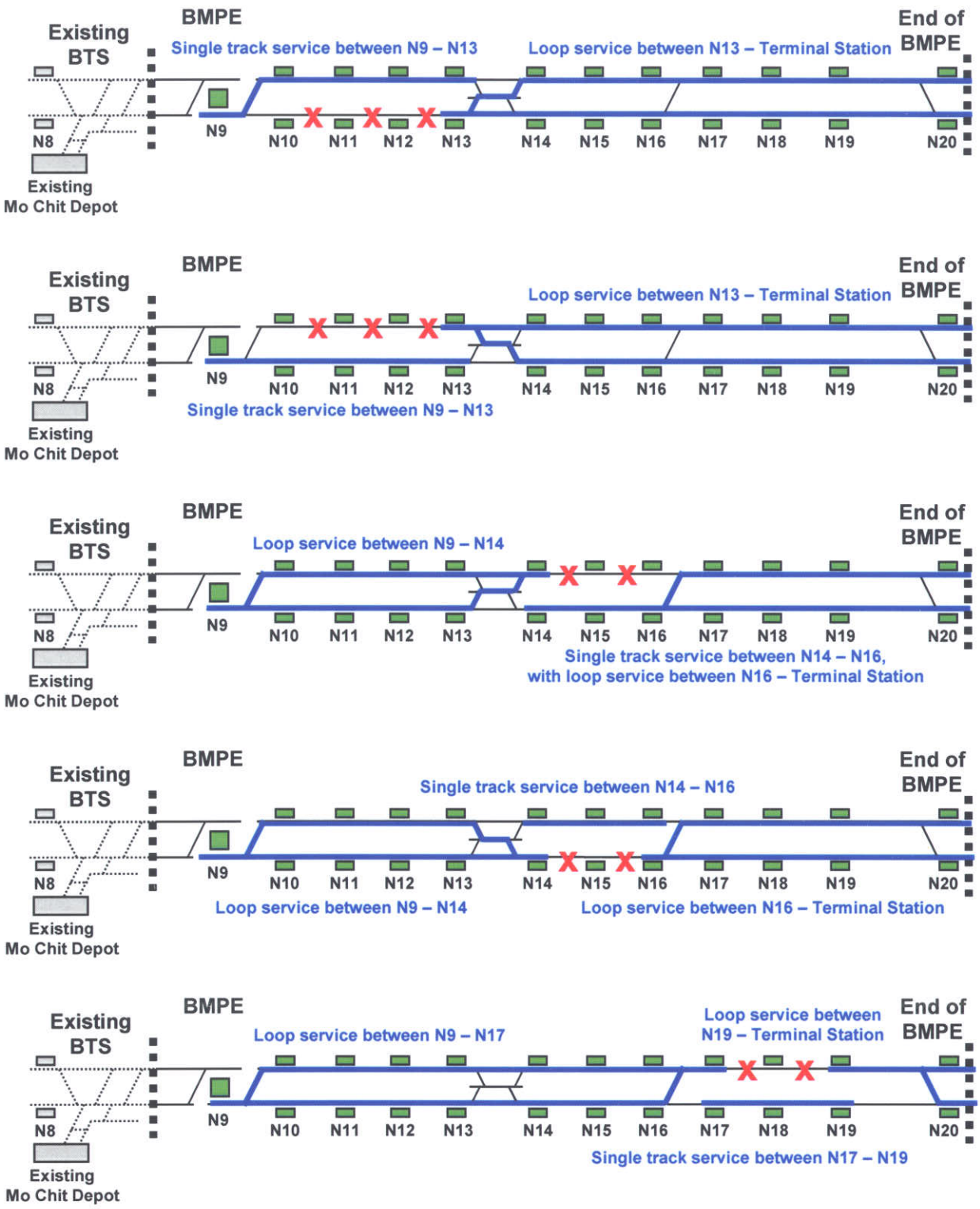
ในกรณีที่อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบรถไฟฟ้าเกิดเสีย หรือบกพร่องล้มเหลวอย่างหนักจนต้องหยุดการให้บริการเดินรถระบบขนส่งมวลชนบางส่วนของเส้นทาง หรือทั้งเส้นทาง ชั่วคราว การประสานงานฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในการหยุดการให้บริการ และในการเดินรถชั่วคราวในลักษณะวงรอบสั้น จะเหมือนกันกับการให้บริการเดินรถด้วยความถี่ที่น้อยลง

รูปที่ 5.2.7.2-1: ภาพตัวอย่างกรณีที่จำเป็นต้องหยุดการให้บริการเดินรถบางส่วนของเส้นทางชั่วคราว

ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว การประสานงานภายในระหว่างศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC) และส่วนซ่อมบำรุง จะเน้นไปในด้านการแก้ไขเหตุบกพร่องล้มเหลวที่เกิดขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการประสานงานกับหน่วยงานภายนอกก็ยังคงถือว่ามีความสำคัญด้วย ตัวอย่าง เช่น ต้องให้ตำรวจเข้ามาช่วยในการควบคุมฝูงชนที่อาจคับคั่ง หรือการให้ผู้ประกอบการเดินรถขนส่งสาธารณะอื่น ๆ ช่วยเหลือในเรื่องการให้บริการรถตู้หรือรถประจำทางขนส่งไปกลับ (Shuttle Buses) ในบางช่วงของเส้นทาง

ระบบเสียงประกาศ (Public Address Systems) ที่สถานีรถไฟฟ้า และบนรถไฟฟ้า จะประกาศแจ้งข้อมูลต่างๆ ที่ทันเหตุการณ์ให้ผู้เดินทางทราบ ประกอบร่วมกับการประกาศแจ้งโดยพนักงานประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อสาธารณะต่าง ๆ เพื่อประกาศกระจายเสียงข้อมูลที่เกี่ยวกับการหยุดให้บริการเดินรถชั่วคราว และการเริ่มกลับมาเดินรถตามปกติ

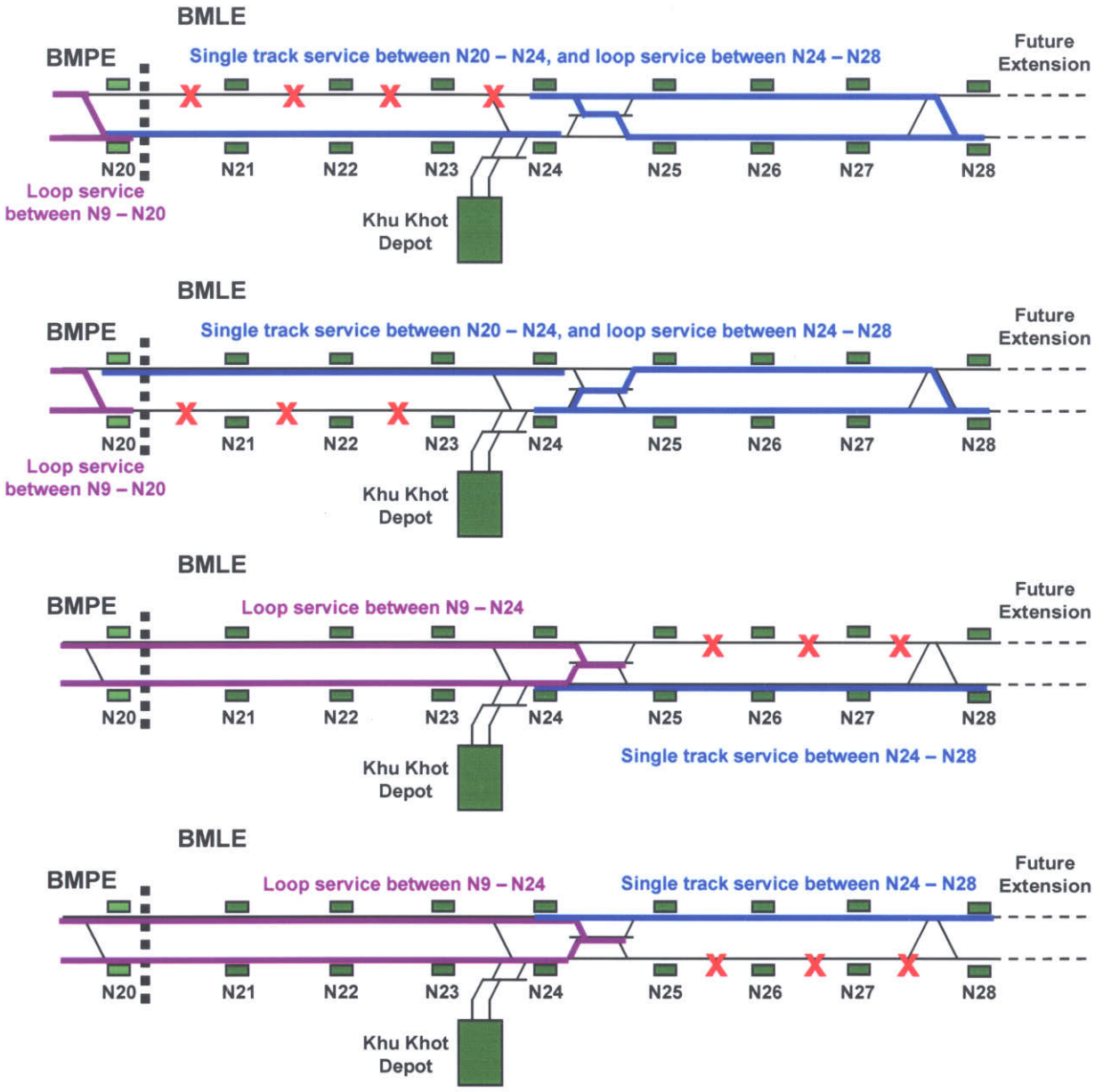
รูปที่ 5.2.7.2-2 แสดงตัวอย่างการเดินรถด้วยความถี่ในการให้บริการที่น้อยลง เมื่อต้องหยุดการให้บริการเดินรถชั่วคราวบางส่วน ในเส้นทางโครงการรถไฟฟ้า สายสีเขียว ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ (BMPE) (เครื่องหมาย **X** แสดงตำแหน่งที่มีปัญหาในเส้นทางหลัก เส้นสีน้ำเงิน **----** แสดงเส้นทางวิ่งชั่วคราว)



รูปที่ 5.2.7.2-2: ตัวอย่างการเดินรถด้วยความถี่ในการให้บริการที่น้อยลง
เมื่อต้องหยุดการให้บริการเดินรถชั่วคราวบางส่วน ในเส้นทางช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ (BMPE)
(เครื่องหมาย X แสดงตำแหน่งที่มีปัญหาในเส้นทางหลัก เส้นสีน้ำเงิน ---- แสดงเส้นทางวิ่งชั่วคราว)

รูปที่ 5.2.7.2-2 ข้างต้นเป็นตัวอย่างที่ปรับปรุงขึ้นใหม่จากการศึกษาออกแบบที่ดำเนินการไว้เดิมในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับระบบรางที่ปรับปรุงใหม่ โดยในการศึกษาออกแบบเดิมกำหนดให้วนขบวนรถไฟฟ้ากลับที่สถานี N20 ซึ่งเป็นสถานีปลายทางในขณะที่ดำเนินการศึกษาออกแบบขณะนั้น เมื่อมีเส้นทางส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา เพิ่มขึ้นมาก็ยังสามารถเดินรถในลักษณะดังกล่าวได้แต่แทนที่จะวนขบวนรถไฟฟ้ากลับที่สถานี N20 จะเปลี่ยนไปวนขบวนรถไฟฟ้ากลับที่สถานีปลายทางของขบวนรถนั้นๆ ในเส้นทางช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา

รูปที่ 5.2.7.2-3 ในหน้าต่อไปแสดงตัวอย่างการเดินรถด้วยความถี่ในการให้บริการที่น้อยลงเมื่อต้องหยุดการให้บริการเดินรถชั่วคราวบางส่วน ในเส้นทางช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา (BMLE) (เครื่องหมาย **X** แสดงตำแหน่งที่มีปัญหาในเส้นทางหลัก เส้นสีน้ำเงิน --- และสีม่วง --- แสดงเส้นทางวิ่งชั่วคราว)



รูปที่ 5.2.7.2-3: ตัวอย่างการเดินรถด้วยความถี่ในการให้บริการที่น้อยลง เมื่อต้องหยุดการให้บริการเดินรถชั่วคราวบางส่วน ในเส้นทางช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา (BMLE)
(เครื่องหมาย X แสดงตำแหน่งที่มีปัญหาในเส้นทางหลัก
เส้นสีน้ำเงิน --- และสีม่วง --- แสดงเส้นทางวิ่งชั่วคราว)

การเดินรถด้วยความถี่ในการให้บริการที่น้อยลง ในกรณีที่เส้นทางช่วงต่างๆ อาจมีปัญหาไม่สามารถให้บริการเดินรถได้ตามที่แสดงใน**รูปที่ 5.2.7.2-2** และ**รูปที่ 5.2.7.2-3** ซึ่งเป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น การกำหนดรูปแบบการให้บริการเดินรถและการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดเหตุการณ์จริง จะขึ้นอยู่กับแผนปฏิบัติการเดินรถของผู้เดินรถ ซึ่งจะต้องกำหนดวางแผนรองรับไว้ล่วงหน้าสำหรับกรณีต่าง ๆ ที่อาจสามารถเกิดขึ้นได้

5.2.7.3 การอพยพผู้โดยสารลงจากขบวนรถไฟฟ้า (Detrainment of Passengers)

การอพยพผู้โดยสารลงจากขบวนรถไฟฟ้า จะไม่ทำในขณะที่ขบวนรถไฟฟ้าอยู่ระหว่างสถานีสองสถานี ยกเว้นในกรณีที่ฉุกเฉินมากหรือ ในกรณีที่สูญเสียกำลังไฟฟ้าเพื่อการขับเคลื่อนจนไม่สามารถขยับขบวนรถได้ และการอพยพผู้โดยสารลงจากขบวนรถไฟฟ้า ในขณะที่ขบวนรถไฟฟ้าอยู่ระหว่างสถานีสองสถานี จะทำได้ก็ต่อเมื่อได้รับการอนุมัติเห็นชอบจากผู้ควบคุมการจราจร (Traffic Controller) แล้วเท่านั้น และเมื่อใดก็ตามที่มีความจำเป็นต้องอพยพผู้โดยสารลงจากขบวนรถไฟฟ้า จะต้องควบคุมการอพยพจากขบวนรถไฟฟ้าให้เป็นไปอย่างสงบ

ผู้ควบคุมการจราจร จะต้องตกลงกับพนักงานขับรถไฟฟ้า และนายสถานี ของสถานีที่ผู้โดยสารจะอพยพไป ให้เข้าใจตรงกันว่าจะอพยพผู้โดยสารไปที่สถานีใด ผู้ควบคุมการจราจร จะประสานงานกับผู้ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า (Power Controller) ให้ตัดกระแสไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้าในเส้นทางช่วงที่ขบวนรถไฟฟ้าจอดอยู่ จากนั้นผู้ควบคุมการจราจร จะแจ้งนายสถานีให้ทราบว่าผู้โดยสารจะอพยพไปที่ใด เพื่อให้นายสถานีส่งพนักงานประจำสถานีไปที่ขบวนรถไฟฟ้าเพื่อทำหน้าที่นำทางและควบคุมการอพยพผู้โดยสารกลับมาที่สถานีที่ตกลงกันไว้อย่างสงบ เมื่อผู้โดยสารทั้งหมดที่อพยพจากขบวนรถ พ้นออกไปจากเส้นทางรางแล้ว ผู้ควบคุมการจราจรจะแจ้งนายสถานีให้ส่งพนักงานกลับลงไปในเส้นทางช่วงที่มีปัญหาเพื่อตรวจสอบยืนยันว่าเส้นทางช่วงดังกล่าวปลอดจากผู้โดยสารแล้วจริงๆ และเส้นทางรางไม่มีสิ่งกีดขวางใด ๆ

เมื่อเส้นทางช่วงดังกล่าวได้รับการยืนยันว่าปลอดจากคนและสิ่งกีดขวางแล้ว ผู้ควบคุมการจราจรจะอนุญาตให้ฝ่ายซ่อมบำรุง หรือพนักงานหน่วยกู้ภัยฉุกเฉิน เดินทางเข้าไปที่ขบวนรถที่มีปัญหาเพื่อเริ่มดำเนินการแก้ไขปัญหา หรืออาจส่งขบวนรถไฟฟ้าอีกขบวนหนึ่งเข้าไปเพื่อช่วยดึง หรือดัน ขบวนรถที่มีปัญหากลับสู่ศูนย์ซ่อมบำรุง ต่อไป

5.2.8 การปฏิบัติงานในช่วงเหตุการณ์ฉุกเฉิน (Emergency Operation)

5.2.8.1 เหตุฉุกเฉินที่สถานี (Station Emergencies)

เมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้นที่สถานีรถไฟฟ้า และจำเป็นต้องมีการควบคุมพื้นที่สถานีและอพยพผู้โดยสาร ศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ จะทำหน้าที่ติดต่อเรียกหน่วยงานภายนอกที่เกี่ยวข้องกับเหตุฉุกเฉินให้เข้าไปที่สถานี โดยพนักงานผู้ขายของในร้านต่าง ๆ ของพื้นที่พาณิชย์ของสถานี และผู้คนในพื้นที่สถานีดังกล่าวทั้งหมด รวมทั้งที่พื้นที่จอดรถและพื้นที่หมุนเวียนจราจร จะได้รับแจ้งประกาศให้ทราบถึงการอพยพ

พนักงานประจำสถานี รวมทั้งพนักงานรักษาความปลอดภัย และพนักงานซ่อมบำรุงสถานี จะปฏิบัติหน้าที่ตามขั้นตอนปฏิบัติในกรณีฉุกเฉิน (Emergency Procedures) ซึ่งกำหนดไว้ล่วงหน้าในคู่มือขั้นตอนปฏิบัติในการจัดการกับเหตุการณ์ต่าง ๆ (Incident Management Procedures Manual) สำหรับการควบคุมพื้นที่สถานีและอพยพผู้โดยสาร

ถ้ามีความจำเป็นต้องปิดสถานี ผู้ควบคุมการจราจร (Traffic Controller) จะประสานกับพนักงานขับรถไฟฟ้าทุกคน เพื่อยกเลิกการหยุดจอดขบวนรถไฟฟ้าที่สถานีดังกล่าว นอกจากนั้นผู้ควบคุมการจราจรจะขออนุมัติความเห็นชอบจาก หัวหน้าผู้ควบคุม (Chief Controller) ในการหยุดให้บริการเดินรถที่สถานีดังกล่าวชั่วคราว และจะมีการประกาศแจ้งให้ผู้โดยสารและสาธารณชนทราบ ถึงการหยุดให้บริการเดินรถชั่วคราว ผ่านทางระบบเสียงประกาศที่สถานี และระบบเสียงประกาศบนขบวนรถไฟฟ้า

นอกจากนี้ยังมีระบบเสียงประกาศในระดับที่สาม ได้แก่การใช้เครื่องโทรโข่ง (Loud Hailers) แบบพกพา ที่ใช้แบตเตอรี่ และสามารถขยายเสียงของพนักงานผู้ถือเครื่อง เพื่อใช้งานโดยพนักงานที่ต้องจัดการกับความคับคั่งของฝูงชนในบางพื้นที่ เช่นที่บริเวณพื้นที่จอดของบันไดเลื่อน หรือบริเวณทางเข้า-ออกสถานี เครื่องโทรโข่งเหล่านี้ยังเป็นอุปกรณ์สำคัญที่จะช่วยพนักงานในกรณีที่จำเป็นต้องอพยพคนทั้งหมดออกจากสถานี โดยพนักงานจะเดินประกาศผ่านพื้นที่สถานีทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีคนเหลืออยู่ในสถานี

ข้อความที่ประกาศไปอย่างไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดความตื่นตระหนกขึ้นได้ ซึ่งการเกิดสภาพความตื่นตระหนกเป็นสิ่งที่ต้องพยายามหลีกเลี่ยงให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ ดังนั้นขั้นตอนปฏิบัติในการทำงาน และการซ้อมปฏิบัติการต่างๆ จะต้องเน้นย้ำถึงความสำคัญในการคงความสงบไว้ในขณะที่ออกเสียงประกาศนี้ เป็นเหตุผลหนึ่งที่ข้อความประกาศให้อพยพเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินควรเป็นข้อความที่บันทึกไว้ล่วงหน้า โดยผู้ประกาศมืออาชีพที่มีเสียงและลักษณะการประกาศที่สงบ

นอกจากนี้ ในขั้นตอนการปฏิบัติงานจะมีการใช้รหัส (Codes) เพื่อใช้สั่งงานพนักงานประจำสถานีที่เดินตรวจความสงบเรียบร้อยของพื้นที่โดยไม่ให้มีผลต่อพฤติกรรมของผู้โดยสาร ตัวอย่างเช่น ข้อความประกาศที่กล่าวว่า "พนักงานประจำสถานี กรุณาตรวจค้นพื้นที่สถานี เพื่อหาวัตถุระเบิดที่มีการแจ้งขู่ไว้" จะก่อให้เกิดความตื่นตระหนกอย่างมากในฝูงชน ในขณะที่การประกาศแจ้งให้พนักงานตอบสนองต่อ "รหัส 8" จะสามารถทำได้โดยไม่มีผลใดๆ ต่อฝูงชน

5.2.8.2 สภาวะที่มีผู้โดยสารคับคั่งมากเกินไป (Overcrowding)

เมื่อสถานีรถไฟฟ้ามีคนสะสมคับคั่งจำนวนมาก จะอันเนื่องมาจากมีผู้โดยสารเพิ่มมากขึ้น หรือจะเนื่องมาจากการเกิดความล่าช้าของขบวนรถไฟฟ้าก็ตาม จำเป็นต้องมีการใช้มาตรการควบคุมฝูงชน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมคับคั่งของคนมากขึ้นจนถึงจุดที่ไม่ปลอดภัย

การควบคุมฝูงชนจำนวนมาก (Crowd Control) สามารถดำเนินการได้ต่อเนื่องเพิ่มขึ้นเป็นขั้น ๆ ในขั้นแรกของการควบคุมคือการชะลออัตราการเข้าสู่พื้นที่ชำระเงินค่าโดยสารแล้ว (Paid Area) ของผู้โดยสาร ซึ่งสามารถทำได้โดยเลือกปิดเครื่องจ่ายตั๋วอัตโนมัติ และประตูอัตโนมัติบางส่วน โดยควบคุมสั่งการจากคอมพิวเตอร์ประจำสถานีของระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ (AFC Station Computer)

รูปที่ 5.2.8.2-1: ภาพตัวอย่างสภาพโครงการที่มีผู้โดยสารคับคั่งจำนวนมาก (รูปจากโครงการในประเทศอื่น)

เมื่อสถานีมีคนคับคั่งมากจนถึงขั้นที่ว่าเมื่อมีคนเพิ่มขึ้นอีกจะไม่ปลอดภัยแล้ว ก็จะต้องมีการส่งพนักงานผู้ปฏิบัติงานประจำสถานีไปยังทางเข้าออกของสถานีพร้อมป้ายประกาศแจ้งปิดสถานีชั่วคราว เพื่อกันไม่ให้คนเข้ามาในสถานีเพิ่มขึ้นอีก

พื้นที่ที่มีคนคับคั่งมากแล้ว อาจจำเป็นต้องหยุดบันไดเลื่อนทั้งหมดที่จะส่งคนเข้าไปในพื้นที่ดังกล่าวเพิ่มขึ้นอีก โดยการบังคับสั่งการบันไดเลื่อนในลักษณะดังกล่าวนี้จะต้องพิจารณาออกแบบจัดเตรียมไว้ตั้งแต่แรก

การใช้ระบบเสียงประกาศ จะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมดูแลให้ฝูงชนที่คับคั่งรับทราบข้อมูล และคงอยู่ในความสงบ

5.2.8.3 เหตุไฟไหม้บนขบวนรถไฟฟ้า (Train on Fire)

ในกรณีที่เกิดเหตุไฟไหม้บนขบวนรถไฟฟ้า พนักงานขับรถจะพยายามให้มากที่สุดที่จะขับเคลื่อนขบวนรถไฟฟ้าไปจอดที่ชานชาลาที่สถานีเพื่ออพยพผู้โดยสารลงที่สถานี แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ก็จำเป็นต้องอพยพผู้โดยสารลงจากขบวนรถไฟฟ้าให้เร็วที่สุด พนักงานขับรถจะรายงานเหตุให้ผู้ควบคุมการจราจร (Traffic Controller) ทราบโดยทันที เพื่อเริ่มดำเนินการอพยพฉุกเฉิน การอพยพฝูงชนโดยไม่มีการควบคุม ภายใต้สถานการณ์ที่เป็นภัยต่อชีวิต โดยตัวของมันเองก็เป็นสถานการณ์ที่มีแนวโน้มสูงที่จะเกิดอันตรายอยู่แล้ว จึงเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้

รูปที่ 5.2.8.3-1: ภาพตัวอย่างเหตุไฟไหม้บนขบวนรถไฟฟ้า จากโครงการในประเทศอื่น

หัวหน้าผู้ควบคุม (Chief Controller) จะเป็นผู้แจ้งเรียกพนักงานดับเพลิงไปที่จุดเกิดเหตุ เพื่อกู้ภัยที่เกิดขึ้น และหัวหน้าผู้ควบคุม จะสื่อสารและประสานตกลงกับพนักงานขับรถไฟฟ้าในเรื่องการอพยพผู้โดยสารลงจากขบวนรถไฟฟ้า พนักงานขับรถไฟฟ้าจะพยายามควบคุมการอพยพให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ โดยการแจ้งประกาศผ่านระบบเสียงประกาศบนรถไฟฟ้าให้ผู้โดยสารที่อยู่ในขบวนรถทราบสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และจะเป็นผู้ออกคำสั่งให้ผู้โดยสารอพยพลงจากขบวนรถไฟฟ้า ไปสู่พื้นที่ทางเดินที่ปลอดภัยบนโครงสร้างทางวิ่ง และอพยพต่อไปยังชานชาลาฝั่งที่ได้กำหนดตกลงไว้ของสถานีที่เป็นปลายทางในการอพยพ ผู้ควบคุมการจราจร จะเป็นผู้ติดต่อนายสถานี (Station Controller) ของสถานีที่ผู้โดยสารจะอพยพไป เพื่อให้นายสถานีดำเนินการให้การช่วยเหลือสนับสนุนในการอพยพ

5.2.9 ศูนย์ควบคุมกลาง (Control Centre)

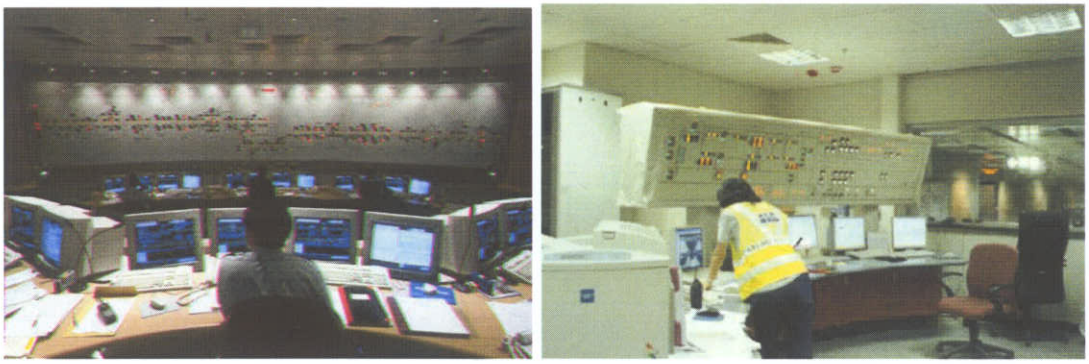
5.2.9.1 ข้อกำหนดทั่วไปของศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ

ศูนย์ควบคุมการปฏิบัติการเดินรถ (Operations Control Centre – OCC) หรือศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ ของเส้นทางโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา นี้ จะมีเพียงแห่งเดียวตั้งอยู่ในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต โดยจะควบคุมและอำนวยการการเดินรถตลอดเส้นทางช่วงหมอชิต – สะพานใหม่ – ลำลูกกา

ในกรณีที่มีผู้เดินรถเพียงรายเดียว ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว ก็อาจสามารถใช้ศูนย์ควบคุมการเดินรถที่มีอยู่แล้วในปัจจุบันที่หมอชิต หรืออาจย้ายการควบคุมมาอยู่ในศูนย์ควบคุมแห่งใหม่ ซึ่งกำหนดให้ตั้งอยู่ในบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุงคูคต ในเส้นทางโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา

ห้องควบคุมกลางการปฏิบัติการเดินรถ (Central Control Room - CCR) ที่ OCC จะเป็นที่ตั้งของสถานีควบคุมศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Control Workstations) ที่ใช้สำหรับควบคุมและอำนวยการการเคลื่อนย้ายขบวนรถต่าง ๆ ภายในบริเวณพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงด้วย

อุปกรณ์ต่างๆ ที่จัดเตรียมไว้ใน OCC จะครอบคลุมรวมถึงอุปกรณ์ควบคุมและอำนวยการจราจรที่เป็นแบบ real time ชุดสัญญาณแจ้งสถานภาพต่างๆ ที่เป็นแบบ real time และจะแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่าง ๆ ตามความเหมาะสม เพื่อให้พนักงานผู้ปฏิบัติการเดินรถดำเนินการตอบสนองแก้ไขเหตุการณ์ได้โดยเร็ว และจะมีชุดสัญญาณแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่างๆ สำหรับพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงในศูนย์อำนวยการการซ่อมบำรุง (Maintenance Management Centre - MMC) เพื่อให้ดำเนินการแก้ไขกรณีเร่งด่วน และเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลทางด้านสถิติการจราจร การเดินทางของผู้โดยสาร ความล่าช้าและเหตุขัดข้องต่าง ๆ ในการเดินรถ เพื่อใช้ในการจัดทำรายงานพร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลในภายหลัง



รูปที่ 5.2.9.1-1: ตัวอย่างศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC)
ภาพตัวอย่างจากฮ่องกง ในโครงการของ MTRC และ KCRC

รูปที่ 5.2.9.1-2: ตัวอย่างศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC)
ภาพตัวอย่างจากโครงการ LA Metro Blue Line

5.2.9.2 องค์ประกอบหลักของศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ

ศูนย์ควบคุมการปฏิบัติการเดินรถ อย่างน้อยจะประกอบด้วย ห้องควบคุมกลาง (CCR) ห้องรายงานเหตุการณ์ (Incident Room) ห้องสังเกตุการณ์ (Viewing Gallery) ห้องสำหรับอุปกรณ์ระบบต่างๆ สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ สำหรับพนักงานผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุม และห้องทำงานของผู้บริหาร

ในห้องควบคุมกลางจะต้องมีพนักงานประจำตลอดเวลา (ยกเว้นช่วงที่มีการอพยพหนีภัยฉุกเฉิน) การควบคุมและอำนวยการการเดินรถทั้งหมด ทั้งในเส้นทางหลัก และในบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง และการควบคุมและอำนวยการการปฏิบัติงานต่าง ๆ ทั้งหมดที่สถานี จะดำเนินการจากห้องควบคุมกลางนี้เป็นศูนย์เดียว

ระบบหลักที่ใช้ในการควบคุมและอำนวยการการปฏิบัติการ มีดังนี้

- ระบบอาณัติสัญญาณและการควบคุมการจราจร (Signaling & Traffic Control)
- ระบบสื่อสาร (Communications) ประกอบด้วย ระบบวิทยุสื่อสาร ระบบโทรศัพท์ ระบบเสียงประกาศ ระบบโทรทัศน์วงจรปิด ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร ระบบนาฬิกาหลัก และเครือข่ายสายส่งข้อมูล
- ระบบควบคุมและเก็บข้อมูล (SCADA System) สำหรับติดตามการทำงานและสภาวะการทำงานของระบบจ่ายไฟฟ้า รวมทั้งติดตามและควบคุมหน้าที่การทำงานบางส่วนของระบบจ่ายไฟฟ้า และติดตามสภาวะการทำงานและแจ้งเตือนเหตุต่างๆ ของระบบและอุปกรณ์บางส่วนที่สถานีรถไฟฟ้า
- เครือข่ายคอมพิวเตอร์ สำหรับการบริหารจัดการ ไปรษณีย์-อิเล็กโทรนิกส์ ภายในองค์กร และสำหรับการกระจายข้อมูลข่าวสารการปฏิบัติงาน

ห้องควบคุมกลาง (CCR) จะมีโต๊ะทำงานจำนวนหนึ่ง ซึ่งจะมีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เหมือนกัน สำหรับการควบคุมการเดินรถในเส้นทางหลัก (Main Line Traffic Control) การควบคุมการเดินรถในศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Traffic Control) การควบคุมด้านวิศวกรรม (SCADA & Power Engineering Control) และการควบคุมการอำนวยการโดยรวม โดยจะมีการใช้หลักการ การยศาสตร์ (Ergonomic) ที่เหมาะสมในการจัดวางผังโต๊ะทำงานภายในห้องควบคุมกลาง และการจัดวางชุดอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ บนโต๊ะแต่ละตัวอย่างเหมาะสมด้วย

การจัดวางรูปแบบของระบบควบคุมทั้งหลาย จะกำหนดเผื่อไว้ให้มีความซ้ำซ้อนกันในระดับสูง (High Degree of Redundancy) เพื่อให้การควบคุมและอำนวยการการปฏิบัติงานตลอดทั้งเส้นทางสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่กระทบต่อคุณภาพการให้บริการ แม้จะเกิดเหตุการณ์ขัดข้องล้มเหลวของอุปกรณ์ตัวหนึ่งตัวใด ชุดอุปกรณ์ควบคุมและอำนวยการที่ติดตั้งไว้แต่ละโต๊ะ จะกำหนดด้วยซอฟแวร์ โดยควบคุมจากรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านเฉพาะแต่ละบุคคล เพื่ออนุญาตให้สามารถเปลี่ยนสลับการควบคุมการปฏิบัติงาน ได้ตามความต้องการ

รูปที่ 5.2.9.2-1: ภาพตัวอย่างห้องควบคุมกลาง (CCR) และห้องสังเกตุการณ์ (Viewing Gallery) ภาพตัวอย่างจากโครงการรถไฟฟ้ามหานคร

ในช่วงการเดินรถแบบปกติ (Normal Train Operations) ชุดอุปกรณ์ควบคุมการเดินรถในเส้นทางหลัก และชุดอุปกรณ์ควบคุมการเดินรถในศูนย์ซ่อมบำรุง จะอำนวยการควบคุมการเดินรถทั้งหมดในเส้นทางหลักโดยอัตโนมัติ โดยจะต้องการการสั่งการควบคุมเพิ่มเติมจากพนักงานผู้ปฏิบัติหน้าที่น้อยที่สุด ทั้งนี้จะมีอุปกรณ์สำหรับบังคับเปลี่ยนการสั่งการ (Override) จัดเตรียมไว้เพื่อให้พนักงานสามารถบังคับควบคุมการปฏิบัติงานได้ ในช่วงที่มีการลดระดับการให้บริการลง (Degraded Mode) หรือในช่วงเวลาฉุกเฉิน (Emergency)

5.2.9.3 ชุดอุปกรณ์ควบคุมสำรอง (Backup Control)

ในการควบคุมการเดินรถ จะต้องมีชุดอุปกรณ์ควบคุมสำรอง (Backup Control) ที่จัดเตรียมไว้สำหรับใช้ในเหตุการณ์กรณีพิเศษต่าง ๆ ที่อาจทำให้ไม่สามารถควบคุมและอำนวยการปฏิบัติงานได้จากห้องควบคุมกลาง (CCR) เช่น ในสถานการณ์ที่มีการอพยพฉุกเฉินของห้องควบคุมกลาง หรือในกรณีที่สูญเสียการติดต่อสื่อสารกับศูนย์ควบคุมกลางโดยสิ้นเชิง

โดยแผนควบคุมสำรองที่เสนอไว้คือ การจัดเตรียมชุดอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ของห้องควบคุมกลางเผื่อสำรองไว้ในห้องวิเคราะห์สถานการณ์และอบรมพนักงาน (Playback and Training Room - PTR) ซึ่งจะไม่ตั้งอยู่ในอาคารเดียวกับศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC) แต่จะตั้งอยู่ในอาคารซ่อมบำรุง (Workshop Building) โดยมีชุดอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ที่เพียงพอสำหรับใช้เป็นห้องสำรองในการควบคุมและอำนวยการการเดินรถในเส้นทางหลักทั้งหมดได้

ในห้องวิเคราะห์สถานการณ์และอบรมพนักงาน (PTR) นี้จะมีระบบบันทึกค่าข้อมูลต่างๆ จากอุปกรณ์ระบบอาณัติสัญญาณและอุปกรณ์ฝึกอบรมต่าง ๆ ที่สามารถนำมาวิเคราะห์ดูย้อนหลังได้ และมีเครื่องจำลองการทำงานระบบ (Simulators) ที่สามารถใช้หัดทดลองและทดสอบการทำงานของระบบอาณัติสัญญาณ และระบบควบคุมและเก็บข้อมูล (SCADA) ได้อีกด้วย

ระบบควบคุมรถอัตโนมัติ (Automatic Train Control - ATC) และระบบย่อย ของระบบอำนวยการเดินรถอัตโนมัติ (Automatic Train Supervision - ATS) จะเก็บค่าข้อมูลต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานที่สามารถนำมาวิเคราะห์ทางสถิติได้ไว้ เช่น ข้อมูลระยะทางที่วิ่งใช้งานไป (Train-Kilometer) ของรถไฟฟ้าแต่ละขบวน จะถูกส่งให้หน่วยซ่อมบำรุงรักษารถไฟฟ้า (Rolling Stock Maintenance Group) เพื่อใช้วางแผนการซ่อมบำรุง ข้อมูลเกี่ยวกับความตรงเวลาของขบวนรถ และความล่าช้าของการให้บริการ จะถูกส่งให้ผู้บริหารเพื่อพิจารณาและตรวจสอบต่อไป

5.2.10 การซ่อมบำรุงรักษา

5.2.10.1 การกำหนดขนาดของศูนย์ซ่อมบำรุง

หลักทั่วไปของการกำหนดขนาดของศูนย์ซ่อมบำรุงรักษา คือการจัดเตรียมโรงซ่อมบำรุงและสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ในการซ่อมบำรุง ที่เพียงพอและจำเป็นสำหรับความต้องการในการซ่อมบำรุงที่คาดการณ์ไว้ในระยะยาว โดยไม่มีส่วนที่เตรียมไว้มากจนเกินความจำเป็น

การกำหนดจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องใช้ (Fleet Size) จะขึ้นอยู่กับ จำนวนขบวนรถสำรองที่น้อยที่สุด ที่ต้องสำรองไว้ใช้ในการให้บริการ โดยจะมีการจัดเตรียมขบวนรถสำรองไว้ในช่วงเริ่มเปิดให้บริการของแต่ละวัน เพื่อใช้รองรับการเดินรถในกรณีที่อาจจะมีขบวนรถหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งขบวนไม่ผ่านการทดสอบเบื้องต้น (Initialize Tests) ก่อนที่จะเริ่มนำขบวนรถเข้าให้บริการ โดยหลังจากที่เริ่มให้บริการเดินรถแล้ว ขบวนรถสำรองที่ยังเหลืออยู่ก็จะสามารถปล่อยให้พนักงานซ่อมบำรุงทำการตรวจซ่อมบำรุงรักษาตามกำหนดต่าง ๆ ที่ต้องใช้เวลานานเกินกว่าที่จะทำเสร็จได้ในช่วงหยุดให้บริการเดินรถตอนกลางคืนได้

การกำหนดขนาดของศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot) และพื้นที่จอดขบวนรถ (Stabling Area) จะกำหนดไว้ให้เพียงพอสำหรับการรองรับจำนวนขบวนรถสูงสุด และความยาวขบวนรถสูงสุด ที่คาดการณ์ว่าจะนำมาให้บริการเดินรถในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา

จากการคำนวณความสามารถในการขนส่งผู้โดยสารและจำนวนขบวนรถที่ต้องใช้ พบว่าสามารถใช้ขบวนรถไฟฟ้ายาว 4 คัน (ตู้) ต่อหนึ่งขบวน จำนวนรวม 36 ขบวน ในการรองรับปริมาณผู้โดยสารสูงสุดในระยะเวลา 30 ปีแรกของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา ได้อย่างเพียงพอ (ตามสมมติฐานความถี่ในการให้บริการและข้อมูลพื้นฐานอื่น ๆ ที่กำหนด)

ศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot/Maintenance Facilities) และพื้นที่จอดขบวนรถ (Stabling Area) สำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่—ลำลูกกา จึงต้องกำหนดขนาดเพื่อให้เพียงพอในการรองรับจำนวนขบวนรถไฟฟ้าสูงสุดอย่างน้อย 36 ขบวน ที่ขนาดยาวสูงสุด 6 คัน (ตู้) ต่อขบวน เพื่อเป็นการเผื่อการรองรับการขยายความยาวขบวนรถไฟฟ้าจนถึงความยาวสูงสุดที่เป็นไปได้ของโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียวไว้ด้วย (*<u>หมายเหตุ</u>: โครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว มีขีดจำกัดการรองรับความยาวขบวนรถไฟฟ้าได้สูงสุด 6 คัน (ตู้)*

ต่อขบวน เนื่องจากเส้นทางระบบส่วนที่ให้บริการเดินรถอยู่ในปัจจุบัน (BTS) ออกแบบความยาวสถานีไว้เพียงพอสำหรับขบวนรถไฟฟ้าที่ยาวได้สูงสุด 6 คัน (ตู้) ต่อขบวน เท่านั้น)

รูปที่ 5.2.10.1-1: ตัวอย่างพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง แสดงพื้นที่จอดขบวนรถไฟฟ้า (Stabling Area) และพื้นที่ว่างสำหรับก่อสร้างอาคารโรงซ่อมหลัก (Main Workshop) และอาคารอื่นๆ ภาพจากโครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล ในช่วงการก่อสร้าง

5.2.10.2 สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่จะจัดเตรียมไว้ในศูนย์ซ่อมบำรุง

ศูนย์ซ่อมบำรุงของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา จำเป็นต้องเผื่อการออกแบบให้สามารถก่อสร้างติดตั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เครื่องมือเครื่องใช้ และอุปกรณ์ที่ต้องใช้ทั้งหมดที่จะสามารถเพียงพอต่อการใช้รองรับการเดินรถและซ่อมบำรุงรักษาโครงการได้ด้วยตนเอง โดยไม่เกี่ยวข้องกับศูนย์ซ่อมบำรุงที่มีอยู่ในปัจจุบันที่หมอชิต ของโครงการรถไฟฟ้า สายสีเขียว ส่วนที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้โครงการสามารถดำเนินการได้แม้ในกรณีที่มีผู้เดินรถรายใหม่ ที่จะให้บริการเดินรถเฉพาะเส้นทางช่วงหมอชิต-ลำลูกกา

ส่วนในกรณีที่มีผู้เดินรถเพียงรายเดียว ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว ผู้เดินรถก็อาจสามารถใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ซ่อมบำรุงบางส่วนที่มีมูลค่าการลงทุนสูงที่มีอยู่แล้วที่ศูนย์ซ่อมบำรุงที่หมอชิต สำหรับซ่อมบำรุงขบวนรถของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา ได้ โดยขึ้นอยู่กับความต้องการ และแนวคิดในการดำเนินงานซ่อมบำรุงของผู้ให้บริการเดินรถ

รายละเอียดสรุปแนวคิดการออกแบบศูนย์ซ่อมบำรุงและพื้นที่จอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า และองค์ประกอบการใช้งานต่าง ๆ สรุปรวมอยู่ใน**บทที่ 6** ของรายงานฉบับนี้

รูปที่ 5.2.10.2-1: ภาพตัวอย่างภายในโรงซ่อมหลัก ของโครงการในต่างประเทศ ศูนย์ซ่อมบำรุงที่ Brooklyn, New York, USA

รูปที่ 5.2.10.2-2: ภาพตัวอย่างภายในโรงซ่อมหลัก ของโครงการในต่างประเทศ

ศูนย์ซ่อมบำรุง Ho Tung Lau Depot, HK

รูปที่ 5.2.10.2-3: ภาพตัวอย่างภายในโรงซ่อมหลัก ของโครงการในต่างประเทศ

Holban/Hillside Maintenance Facility, Long Island Rail, USA.

รูปที่ 5.2.10.2-4: ภาพตัวอย่างพื้นที่จอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า ของโครงการในต่างประเทศ

MARTA, Atlanta, USA.

5.3 ระบบอาณัติสัญญาณ (Signaling System)

5.3.1 เทคโนโลยีระบบอาณัติสัญญาณที่เหมาะสม สำหรับระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน สะพานใหม่ -ลำลูกกา

ระบบอาณัติสัญญาณถือเป็นหัวใจหลักของระบบการเดินรถ ในด้านเทคนิคแล้วหากต้องการให้ขบวนรถไฟฟ้าสามารถวิ่ง ผ่านเข้า-ออก จากระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ สู่เส้นทางส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา ได้โดยไม่ต้องหยุดขบวนรถเพื่อสลับระบบ ระบบอาณัติสัญญาณที่จะใช้ในส่วนต่อขยายช่วงหมอชิต–สะพานใหม่-ลำลูกกา ก็จะต้องเป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีเดียวกัน และ/หรือ อาจมาจากผู้ผลิตเดียวกันกับระบบที่ให้บริการในช่วงหมอชิต-สะพานใหม่

จากการศึกษาระบบอาณัติสัญญาณของระบบขนส่งกรุงเทพมหานครที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน (BTS) ซึ่งอยู่ในระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบอาณัติสัญญาณ จากระบบ Track Circuit Based มาใช้ระบบ Communication Based Train Control (CBTC) โดย BTSC ได้ว่าจ้าง และออกหนังสือแจ้งให้ผู้รับจ้างเริ่มดำเนินการแล้วเมื่อประมาณกลางปี 2550 ที่ผ่านมา มีกำหนดระยะเวลาแล้วเสร็จ 36 เดือนนับจากวันที่แจ้งให้เริ่มงาน ซึ่งหลังจากติดตั้งระบบใหม่แล้วเสร็จสมบูรณ์ ก็จะดำเนินการถอดอุปกรณ์ระบบเดิมออกทั้งหมด

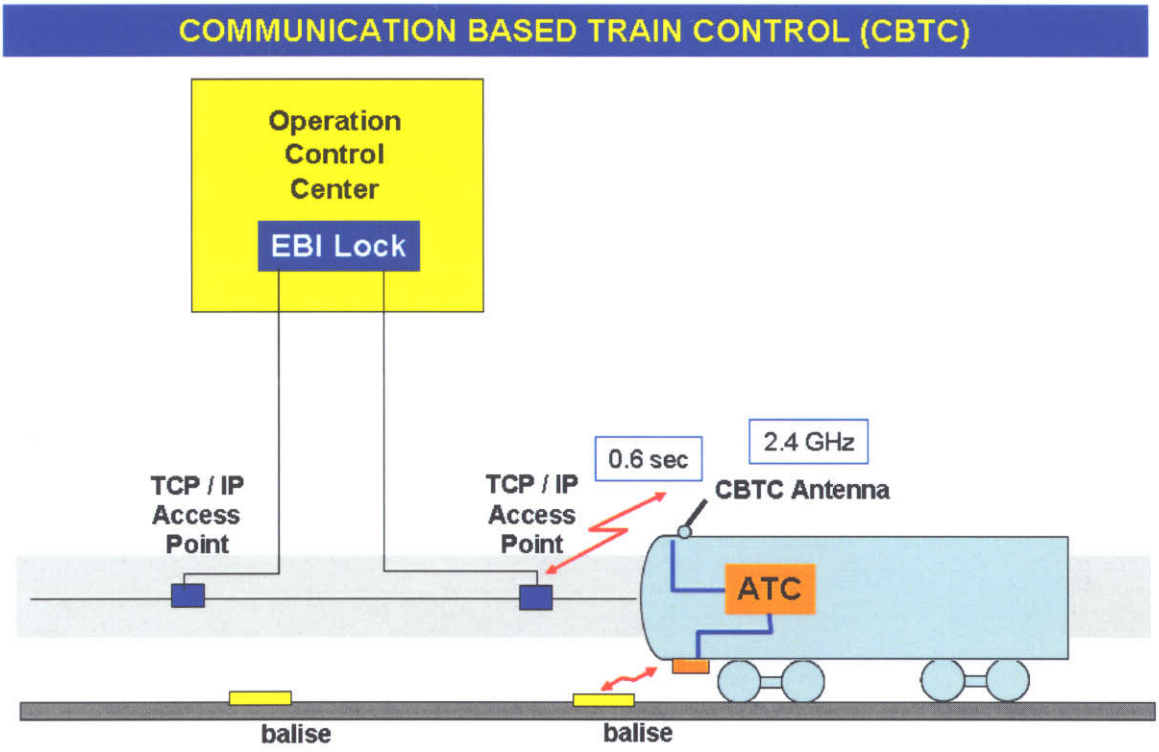
เพื่อให้เกิดความสอดคล้องของเทคโนโลยีระบบการเดินรถ ระหว่างเส้นทาง ช่วงหมอชิต–สะพานใหม่ ระบบที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบันระยะทาง 23.5 กม. และส่วนต่อขยายอื่นๆ ที่กรุงเทพมหานคร ได้ดำเนินการแล้ว เช่น ส่วนต่อขยายสีลม ระยะทาง 2.2 กม. จากสะพานตากสิน - แยกสมเด็จพระเจ้าตากสิน ระบบอาณัติสัญญาณสำหรับส่วนต่อขยาย สะพานใหม่-ลำลูกกา จึงกำหนดให้ใช้ระบบที่เป็นเทคโนโลยี CBTC ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้แนวทาง

การดำเนินการดังกล่าวนี้ ยังรวมไปถึงส่วนต่อขยายอื่นๆ ทั้งหมดของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครด้วย เช่น ส่วนต่อขยายสายสีลม ช่วงแยกสมเด็จพระเจ้าตากสิน-บางหว้า และส่วนต่อขยายสายสุขุมวิท ช่วงอ่อนนุช-แบริ่ง เป็นต้น

ระบบ CBTC ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีความทันสมัยและมีประสิทธิภาพกว่า จะสามารถระบุตำแหน่งของขบวนรถได้แน่นอน โดยใช้การสื่อสารระหว่างตัวรถไฟฟ้ากับอุปกรณ์ตามแนวราง ซึ่งจะส่งข้อมูลต่อไปยังสถานีรถไฟฟ้า และส่งข้อมูลต่อไปที่ OCC เพื่อประมวลผลและสั่งการควบคุมความเร็วขบวนรถไฟฟ้าแต่ละขบวน ด้วยหลักการนี้จะทำให้สามารถจัดขบวนรถให้วิ่งได้ใกล้กันมากขึ้นอีก ภายใต้ระยะเบรคที่ปลอดภัยตามมาตรฐานสากล ส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาห่างระหว่างขบวน (Headway) ให้สั้นลงได้อีก ทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งผู้โดยสารได้มากขึ้น

แต่ประเด็นที่ถือเป็นข้อดีที่สุดของระบบ CBTC คือระบบ CBTC เป็นระบบที่ต้องการการติดตั้งและบำรุงรักษาอุปกรณ์ตามแนวราง ได้แก่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และสายเคเบิลต่าง ๆ น้อยกว่าระบบเดิมอย่างมาก ทำให้สามารถประหยัดงบประมาณในการลงทุน ง่ายต่อการติดตั้งและบำรุงรักษา และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาลงได้

จากเหตุผลและความจำเป็นที่กล่าวมาข้างต้น ระบบอาณัติสัญญาณของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน สะพานใหม่-ลำลูกกา จึงได้ออกแบบให้เป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยี CBTC



รูปที่ 5.3.1-1 ระบบอาณัติสัญญาณแบบ Communication Based (CBTC)

5.3.2 ข้อกำหนดการใช้งานของระบบอาณัติสัญญาณ

ระบบอาณัติสัญญาณ จะต้องเป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่มีประวัติการใช้งานที่ได้รับการพิสูจน์แล้ว และใช้ซอฟแวร์ที่ได้รับการตรวจสอบการทำงานในด้านความปลอดภัยแล้วโดยสมบูรณ์ว่าไม่บกพร่อง มีความเชื่อถือได้สูง และมีการใช้งานจริงของระบบซอฟแวร์ตามมาตรฐานอย่างครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว (Validity Check)

ระบบอาณัติสัญญาณ จะประกอบด้วยการควบคุมพื้นฐาน 3 ระดับ ระบบความปลอดภัยที่เป็นแกนหลัก ได้แก่ ระบบอิเลคโทรนิคส์อินเตอร์ล็อค (Electronic Interlocking) ซึ่งจะป้องกันไม่ให้เกิดการสับหลีกขบวนรถไฟให้เข้ามาในเส้นทางเดียวกัน ระบบความปลอดภัยจะได้รับการเสริมขึ้นอีกโดยมีการใช้ระบบควบคุมการวิ่งรถโดยอัตโนมัติ (Automatic Train Control - ATC) ซึ่งจะป้องกันไม่ให้ขบวนรถใช้ความเร็วเกินกำหนดและเกิดการชนท้ายกัน ส่วนการตรวจสอบควบคุมและรายงานโดยอัตโนมัตินั้นจะเป็นภาพรวมซึ่งอยู่ในระบบการควบคุมทางไกลจากศูนย์กลาง (Centralised Traffic Control - CTC) ซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์ส่วนควบคุมต่างๆ ที่จะช่วยให้การเดินรถขนส่งมวลชนมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น ระบบตรวจสอบและควบคุมการสั่งการการวิ่งรถโดยอัตโนมัติ (Automatic Train Supervision - ATS) เป็นส่วนหนึ่งของระบบช่วยควบคุมการวิ่งของขบวนรถโดยอัตโนมัติเพื่อให้เป็นไปตามตารางการเดินรถ หรือระยะเว้นห่างระหว่างขบวนตามที่กำหนด

ระบบอาณัติสัญญาณ จะต้องได้รับการออกแบบให้ได้ตามมาตรฐานสากลที่เหมาะสมทั้งหมด ที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการใช้งาน รวมทั้งมาตรฐาน EMC เช่น EN50121 และมาตรฐานต่างๆ ในด้านการประกันระบบ (System Assurance) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดเตรียมอุปกรณ์และฟังก์ชั่นการใช้งานต่างๆ ที่ต้องถือความปลอดภัยเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งยวด จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานและข้อปฏิบัติสากล เช่น EN50126 และ EN50128 นอกจากนี้ ระบบป้องกันรถอัตโนมัติ (Automatic Train Protection - ATP) และอุปกรณ์และซอฟแวร์ระบบอินเตอร์ล็อค จะต้องออกแบบให้ได้มาตรฐานตามระดับความปลอดภัยที่เชื่อถือได้ (Safety Integrity Level - SIL) ที่ระดับสูงสุด (SIL4)

ระบบอาณัติสัญญาณ จะได้รับการออกแบบให้มีลักษณะแบ่งระบบเป็นส่วน ๆ (Modular) เพื่อความสะดวกในการทดสอบระบบการใช้งาน และสำหรับการขยายในอนาคต

ระบบควบคุมการวิ่งรถอัตโนมัติ (Automatic Train Control - ATC) จะประกอบด้วยระบบป้องกันรถอัตโนมัติ (Automatic Train Protection - ATP) และระบบควบคุมการเดินขบวนรถโดยอัตโนมัติ (Automatic Train Operation - ATO)

ระบบอาณัติสัญญาณทั้งหมดจะได้รับการออกแบบให้สามารถรองรับการเดินรถด้วยระยะเวลาเว้นช่วงระหว่างขบวน หรือความถี่ในการให้บริการ (Headway) ต่ำที่สุดถึงสองนาทีได้

ระบบอาณัติสัญญาณและการควบคุมขบวนรถจะต้องกำหนดออกแบบให้สามารถรองรับการเดินรถในลักษณะไป-กลับ (Bi-Directional) เพื่อให้สามารถให้บริการเดินรถบนรางเพียงคู่เดียว (Single Track Operation) ในเส้นทางหลักได้ตามความต้องการในกรณีที่มีเส้นทางช่วงหนึ่งช่วงใดถูกปิดกั้นด้วยสิ่งกีดขวางและไม่สามารถใช้งานได้

ระบบอาณัติสัญญาณและการควบคุมขบวนรถจะต้องกำหนดออกแบบให้การปรับเปลี่ยนขบวนรถไฟฟ้าให้ยาวขึ้นจาก 4 ตู้/ขบวน เป็น 6 ตู้/ขบวน ในอนาคตสามารถดำเนินการได้โดยมีผลกระทบต่อระบบน้อยที่สุด

5.4 ระบบสื่อสาร (Communications Systems)

5.4.1 ภาพรวมและข้อกำหนดการใช้งานของระบบสื่อสาร

ระบบสื่อสารจะประกอบด้วยระบบย่อย ๆ หลายระบบ แต่จะกำหนดรายละเอียดไว้รวมกัน เพื่อให้ทำงานร่วมกันในการอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ตามความต้องการของผู้เดินรถในการให้บริการแก่ผู้เดินทาง

ระบบย่อยต่าง ๆ ที่ประกอบรวมกันเป็นระบบสื่อสารจะประสานบูรณาการกันตามแต่ความเหมาะสม เพื่อให้ผลสำเร็จที่คุ้มค่าเงินลงทุน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ระบบสายส่งข้อมูล (Data Transmission System) จะใช้เป็นสื่อในการส่งข้อมูลระยะไกลสำหรับระบบสื่อสารทั้งหมด รวมทั้งใช้เชื่อมต่อข้อมูลของระบบศูนย์ควบคุมและเก็บข้อมูล (SCADA) และระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ (AFC)

ความสำคัญของการสื่อสารที่ดีเป็นสิ่งที่ไม่สามารถกล่าวเกินความจริงไปได้ ระบบการสื่อสารที่ดีนี้จึงจะต้องมีไว้เพื่อใช้กับทั้งการสื่อสารภายในหน่วยงานของผู้เดินรถเอง และเพื่อใช้สื่อสารกับสาธารณะชนทั่วไปด้วย

ข้อกำหนดต่างๆ ของระบบสื่อสารที่จะกำหนดขึ้น และระบบสื่อสารต่าง ๆ ที่จะติดตั้ง จะต้องได้รับการยืนยันให้แน่ใจได้ว่าสามารถทำงานร่วมกับเทคโนโลยีของระบบอาณัติสัญญาณ และส่งเสริมให้การเดินรถเป็นไปด้วยความราบรื่น และรองรับการขยายเส้นทางหรือการปรับปรุงระบบให้ดีขึ้นในอนาคตได้ด้วย

ระบบสื่อสารจะเป็นแกนหลักในการสื่อสารส่งต่อข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างการบริหารจัดการเหตุวิกฤติ ในระหว่างการเดินรถแบบลดระดับการให้บริการลง และระหว่างการเดินรถในช่วงเวลาฉุกเฉิน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดรูปแบบของระบบให้สอดคล้องกับรูปแบบลักษณะการใช้งานที่กำหนดไว้ในคู่มือขั้นตอนการปฏิบัติงานต่าง ๆ ด้วย

ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร (Passenger Information Systems) ได้จัดรวมอยู่เป็นส่วนหนึ่งของระบบสื่อสารด้วย แต่ระบบดังกล่าวจะต้องมีการประสานงานเชื่อมต่อข้อมูลอย่างใกล้ชิดกับระบบ

อาณัติสัญญาณด้วย โดยระบบอาณัติสัญญาณจะส่งข้อมูลมาให้ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร เพื่อแสดงข้อมูลที่เหมาะสมแก่ผู้โดยสารต่อไป

ระบบสื่อสารจะได้รับการออกแบบให้ได้ตามมาตรฐานสากลที่เหมาะสมทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการใช้งาน รวมทั้งมาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวกับความสอดคล้องด้านแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnetic Compatibility - EMC)

ระบบสื่อสารจะได้รับการออกแบบให้มีลักษณะเป็นชิ้นส่วนย่อย (Modular) และใช้มาตรฐานที่เป็นระบบเปิด (Open Systems) และมีความสามารถที่จะประสานทำงานรวมกับระบบอื่นๆ ที่จะติดตั้งในอนาคตได้ถ้าต้องการ อุปกรณ์ของระบบสื่อสารทั้งหมดจะต้องได้ผ่านการพิสูจน์ในด้านการใช้งานมาแล้ว แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยและไม่ล้าหลัง

ระบบสื่อสารจะได้รับการออกแบบให้มีลักษณะที่ตัดโอกาสที่จะถูกการคุกคามจากไวรัสคอมพิวเตอร์จากแหล่งภายนอก และมีระบบอุปกรณ์ป้องกันการบุกรุกจากภายนอก (Fire-Wall) โดยผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาติที่ต้องการจะเข้ามาในระบบต่างๆ ของระบบขนส่งมวลชน

ระบบสื่อสารจะประกอบด้วย ระบบย่อยต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ระบบโทรศัพท์ (Telephone System)
- ระบบวิทยุสื่อสาร (Radio Communications System)
- ระบบเสียงประกาศ (Public Address (PA) System)
- ระบบสายส่งข้อมูลหลัก (Backbone Data Transmission System - DTS)
- ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit Television (CCTV) System)
- ระบบนาฬิกาหลัก (Master Clock System)
- ระบบไปรษณีย์อิเลคโทรนิคส์ (e-mail System)
- ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร (Passenger Information Systems)

รูปที่ 5.4.1-1: รูปตัวอย่างระบบสื่อสารในห้องปฏิบัติงานประจำสถานี (Station Operations Room - SOR) ภาพจริงจากระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน

5.4.2 การประสานรวมระบบสื่อสารของระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ส่วนที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน ส่วนต่อขยายช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ และส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา

ข้อกำหนดทางเทคนิคต่าง ๆ ของระบบสื่อสาร และระบบสื่อสารระบบย่อยต่าง ๆ ทั้งหมดที่จะติดตั้งใช้ในเส้นทางส่วนต่อขยายสะพานใหม่-ลำลูกกา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ระบบวิทยุสื่อสาร ระบบสายส่งข้อมูลหลัก และระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร จะกำหนดให้มีการทดสอบ และต้องได้รับการทดสอบยืนยันให้แน่ใจได้ว่าสามารถทำงานร่วมกับเทคโนโลยีของระบบสื่อสารที่ใช้อยู่กับส่วนต่อขยายช่วงหมอชิต-สะพานหใม่และระบบขนส่งกรุงเทพมหานครที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน และส่งเสริมให้การเดินรถในลักษณะต่อเนื่องเป็นเส้นทางเดียวกันเป็นไปด้วยความราบรื่น รวมทั้งสามารถรองรับการขยายเส้นทางส่วนต่อขยายอื่น ๆ หรือการปรับปรุงระบบให้ดีขึ้นในอนาคตได้อีกด้วย

ในส่วนของระบบวิทยุสื่อสาร ระบบที่จะติดตั้งใช้ในเส้นทางส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา ควรเป็นระบบเดียวกับระบบที่ใช้ในส่วนต่อขยายหมอชิต-สะพานใหม่และระบบขนส่งกรุงเทพมหานครที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน ทั้งนี้จะต้องทดสอบให้แน่ใจด้วยว่าระบบวิทยุสื่อสารที่จะติดตั้งใช้ในเส้นทางส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา จะไม่รบกวน หรือส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบที่ใช้งานอยู่ด้วย

5.4.3 ระบบโทรศัพท์ (Telephone System)

ระบบโทรศัพท์จะเป็นระบบที่อำนวยให้พนักงานผู้ปฏิบัติงานของระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงหมสะพานใหม่-ลำลูกกา สามารถสื่อสารระหว่างกันด้วยเสียง และสื่อสารกับบุคคลภายนอกผ่านเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะปรกติ (Public Switched Telephone Network (PSTN)) นอกจากนี้ยังมีระบบโทรศัพท์สายตรงระหว่างพื้นที่ต่าง ๆ ที่สำคัญในเส้นทางระบบขนส่งมวลชน ตามที่จะกำหนดไว้

โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วนของระบบ ดังต่อไปนี้

- การใช้งานเชื่อมต่อกันระหว่างผู้ใช้งานและเครื่อง (Man Machine Interface - MMI) จะออกแบบให้สามารถใช้งานได้อย่างเรียบง่าย รวมทั้งถูกต้องตามหลัก การยศาสตร์ (Ergonomic) ด้วย โดยผู้ใช้งานเพียงต้องดำเนินการใด ๆ ก็ตาม ไม่เกิน 2 อย่าง ก็จะสามารถใช้งานระบบโทรศัพท์ได้ตามฟังก์ชันการใช้งานที่บันทึกกำหนดไว้ล่วงหน้า
- ใช้ระบบ Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT) และระบบ Integrated Services Digital Network (ISDN)

- มีระบบตรวจสอบวิเคราะห์ตนเองเพื่อการซ่อมบำรุง (Self-diagnostic Maintenance) ที่จะทำงานเองโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้สามารถบริหารจัดการข้อบกพร่องของระบบ การจัดระบบและการทำงานของระบบ ได้ โดยอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งหมดจะได้รับการตรวจทดสอบเพื่อให้แน่ใจได้ว่าข้อบกพร่องล้มเหลวใดๆ ในระดับแผงวงจร จะถูกตรวจพบ และรายงานไปยังระบบตรวจสอบวิเคราะห์ตนเองภายใน ซึ่งจะรายงานต่อไปยังศูนย์รับรายงานเหตุผิดปรกติบกพร่อง (Fault Reporting Centre - FRC) ของโครงการต่อไป
- ใช้เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ (Solid State Technology) ที่ใช้สวิทช์ดิจิตอลแบบไม่ปิดกั้น (Non-Blocking Digital Switch) โดยทำงานภายใต้การควบคุมของโปรแกรมที่กำหนดไว้
- ระบบจะออกแบบไว้ให้ก่อสร้างในลักษณะเป็นชิ้นส่วนย่อย (Modular) เพื่อให้สามารถรองรับการซ่อมบำรุง และการขยายระบบได้โดยง่าย
- ความบกพร่องล้มเหลวของระบบเพียงจุดใดจุดหนึ่ง จะไม่ส่งผลให้เสียการใช้งานสถานีควบคุม (Control Console) ของระบบโทรศัพท์ ภายในห้องควบคุมกลาง (CCR) หรือห้องวิเคราะห์สถานการณ์และอบรมพนักงาน (PTR) ไปมากกว่าหนึ่งสถานี
- ระบบโทรศัพท์จะใช้ระบบสายส่งข้อมูล (DTS) สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างพื้นที่ หรือระหว่างสถานี ให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ โดยจะมีการใช้สายทองแดงให้น้อยที่สุด และจะใช้เฉพาะเมื่อการใช้ DTS จะไม่คุ้มค่าหรือไม่เหมาะสมทางเทคนิคเท่านั้น
- การสื่อสารทางเสียงทั้งหมดจากห้องควบคุมกลาง (CCR) จะบันทึกและเก็บไว้อย่างน้อยเจ็ดวัน
- ที่จุดแจ้งเหตุฉุกเฉินทุกแห่ง จะมีอุปกรณ์ระบบโทรศัพท์สายตรงติดตั้งไว้หนึ่งชุด อุปกรณ์ดังกล่าวจะเชื่อมต่อการสื่อสารได้โดยตรงกับห้องปฏิบัติงานประจำสถานี (SOR)
- จุดแจ้งเหตุฉุกเฉิน สำหรับผู้โดยสาร จะติดตั้งไว้อย่างน้อยตามตำแหน่งต่างๆ ดังนี้
  - ที่จุดเข้า-ออกสถานี ทุกจุด
  - ที่ระยะกึ่งกลางของความยาวชานชาลา ในตำแหน่งที่ผู้โดยสารสามารถเข้าถึงได้โดยสะดวก
  - ภายในลิฟท์ทุกตัวของสถานีรถไฟฟ้า
  - ทุกตำแหน่งที่จำเป็นตลอดเส้นทางหนีภัย ที่ผู้พิการที่ใช้เก้าอี้เข็น (Wheelchair) อาจต้องการความช่วยเหลือ
- การใช้งานอุปกรณ์แจ้งเหตุฉุกเฉิน จะเชื่อมต่อสายโดยอัตโนมัติระหว่างผู้แจ้งเหตุกับพนักงาน และจะสั่งงานระบบโทรทัศน์วงจรปิดโดยอัตโนมัติ ให้แสดงภาพจากกล้องวงจรปิดที่จับภาพบริเวณจุดแจ้งเหตุฉุกเฉินนั้น ขึ้นที่ห้องปฏิบัติงานประจำสถานี (SOR)

- จุดแจ้งเหตุฉุกเฉิน สำหรับผู้โดยสาร จะจัดเตรียมไว้ภายในขบวนรถไฟฟ้าด้วย โดยถือเป็นส่วนหนึ่งของงานรถไฟฟ้า

5.4.4 ระบบวิทยุสื่อสาร (Radio Communications System)

ระบบวิทยุสื่อสารจะเป็นระบบที่ใช้สนับสนุนการปฏิบัติการเดินรถและการซ่อมบำรุงระบบขนส่งมวลชน โดยใช้งานในการสื่อสารทางเสียงและส่งข้อมูล ตลอดเส้นทางของโครงการ

โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วนของระบบ ดังต่อไปนี้

- ใช้ระบบวิทยุดิจิตอล Terrestrial Trunk Radio (TETRA) มาตรฐานของระบบวิทยุสื่อสาร
- ระบบจะมีในลักษณะเป็นชิ้นส่วนย่อย (Modular) ให้มากที่สุด และใช้เทคโนโลยี "Hot Standby" เพื่อให้สามารถรองรับการซ่อมบำรุง และการขยายระบบได้โดยง่าย และออกแบบในลักษณะที่เผื่อเกินไว้ให้สามารถลดโอกาสที่จะระบบจะล่ม (Failure) ให้เหลือน้อยที่สุดเมื่อเกิดความล้มเหลวที่จุดใดจุดหนึ่งของระบบ
- ระบบจะสามารถสื่อสารทางเสียงกับเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะปรกติ (PSTN) เพื่อให้พนักงานผู้ปฏิบัติงานเดินรถสามารถใช้งานได้ตามระดับการใช้งานของบุคคลนั้น
- สัญญาณวิทยุจะครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของเส้นทางหลักของโครงการ ศูนย์ซ่อมบำรุง และศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC) รวมถึงการสื่อสารระหว่างพนักงานขับรถไฟฟ้า ซึ่งอยู่บนขบวนรถที่เคลื่อนที่อยู่ กับผู้ควบคุมในศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ
- อุปกรณ์ของระบบวิทยุสื่อสารจะต้องสามารถประสานเชื่อมต่อกับระบบสื่อสารอื่น ๆ ได้ทั้งทางด้านเสียง และด้านข้อมูล ตามแต่ความต้องการ
- ระบบจะต้องสามารถรองรับการส่งข้อมูลได้อย่างน้อยในระดับ 28 Kbps และสามารถรองรับ Circuit Mode Data (CMD) และ Packet Mode Data (PMD) และ Short Data Service (SDS) ได้
- ระบบจะออกแบบไว้ให้ก่อสร้างในลักษณะเป็นชิ้นส่วนย่อย (Modular) เพื่อให้สามารถรองรับการปรับปรุงขยายระบบให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้น และเพื่อให้สามารถรองรับเทคโนโลยีใหม่อื่น ๆ ได้
- ระบบจะต้องสอดคล้องได้ตามกฎหมายและข้อบังคับต่างๆ ของรัฐบาล ถูกต้องตามระเบียบการใช้งานต่าง ๆ ที่มีการกำหนดไว้โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรวมถึงเรื่องการจัดแบ่งคลื่นความถี่วิทยุ กำลังส่งสูงสุด และช่องเว้นความถี่

- จะต้องมีการจัดเตรียมเครื่องรับวิทยุแบบพกพา และแบบมือถือ ไว้ตามความต้องการใช้ในการปฏิบัติงานเดินรถ
- การสื่อสารทางเสียงทั้งหมดจากห้องควบคุมกลาง (CCR) จะบันทึกและเก็บไว้อย่างน้อยเจ็ดวัน

5.4.5 ระบบเสียงประกาศ (Public Address (PA) System)

ระบบเสียงประกาศ จะติดตั้งไว้ใช้งานเพื่อแจ้งประกาศข้อมูลทั่วไปในช่วงการให้บริการปรกติ และประกาศแจ้งเหตุฉุกเฉินในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน โดยจะมีการติดตั้งที่สถานีรถไฟฟ้าทุกสถานี และที่โรงซ่อมบำรุงหลัก (Main Workshop) และโรงซ่อมบำรุงทาง (Permanent Way Workshop) ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง

การประกาศข้อความต่างๆ จะกำหนดแบ่งระดับขั้นการควบคุมเป็นมาตรฐานไว้ โดยศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC) จะอยู่ในระดับสูงสุด สามารถแทรกแซงควบคุมการประกาศต่างๆ ได้ทั้งหมด เป็นต้น

โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วนของระบบ ดังต่อไปนี้

- ต้องสอดคล้องถูกต้องตามระเบียบปฏิบัติของการป้องกันอัคคีภัยของประเทศไทย และได้ตามมาตรฐาน NFPA 130
- ต้องทำงานเชื่อมต่อกับระบบแจ้งเตือนอัคคีภัย (Automatic Fire Alarm System) โดยสามารถประกาศเสียงแจ้งเหตุฉุกเฉินได้โดยอัตโนมัติ เมื่อระบบเตือนอัคคีภัยทำงาน
- ต้องสามารถประกาศข้อความเสียง ที่ทำการบันทึกไว้ล่วงหน้า อย่างน้อย 30 ข้อความ ไปยังเขตพื้นที่ประกาศเสียงเขตต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ได้โดยอัตโนมัติ
- การประกาศเสียงสดโดยพนักงาน จะต้องสามารถทำได้ตลอดเวลา และจะมีระดับขั้นการควบคุมเหนือการประกาศอัตโนมัติ
- มีระบบตรวจสอบวิเคราะห์ข้อบกพร่อง ซึ่งสามารถตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ความเชื่อมั่นได้ว่าเมื่อตรวจพบความบกพร่องของเครื่องขยายเสียง หรือสายเคเบิล ระบบจะแจ้งแสดงสถานะความบกพร่องไปยังศูนย์บริหารจัดการเครือข่ายระบบเสียงประกาศ (PA System Network Management Centre) และรายงานรวมไปที่ศูนย์รับรายงานเหตุผิดปรกติบกพร่อง (Fault Reporting Centre) ของโครงการ
- การสื่อสารทางเสียงทั้งหมดจากห้องควบคุมกลาง (CCR) จะบันทึกและเก็บไว้อย่างน้อยเจ็ดวัน
- ต้องสามารถประกาศเสียงให้ได้ยินในเขตพื้นที่เขตใดก็ได้ภายในสถานีรถไฟฟ้า ตามแต่ที่จะเลือกกำหนด

- การใช้ระบบในการควบคุมการเคลื่อนตัวของผู้โดยสาร (Passenger Flow) จะใช้ทั้งข้อความที่บันทึกไว้ล่วงหน้า และการประกาศเสียงแบบสด โดยการประกาศเสียงแบบสดจะมีประสิทธิภาพกว่าในการบริหารจัดการความหนาแน่นติดขัดของผู้โดยสารที่เกิดขึ้นเฉพาะบริเวณ
- เพื่อให้พนักงานประจำสถานีสามารถควบคุมบริหารจัดการความหนาแน่นติดขัดของผู้โดยสารที่เกิดขึ้นบนชั้นชานชาลาได้โดยสามารถมองเห็นแนวขอบชานชาลาได้โดยตรง การประกาศเสียงแบบสด จะต้องสามารถประกาศได้จากจุดประกาศบนชั้นชานชาลาซึ่งอนุญาตให้เฉพาะพนักงานเท่านั้นที่จะสามารถเข้าถึงได้
- ข้อความที่บันทึกไว้ล่วงหน้าในส่วนที่เกี่ยวกับความปลอดภัยและพฤติกรรมต้องห้ามทั่วไป จะมีการประกาศเสียงเป็นระยะๆ ตามที่กำหนดไว้ เพื่อเป็นการส่งเสริมสนับสนุนข้อความในป้ายห้ามและป้ายเตือนต่างๆ ที่มีการติดตั้งไว้
- ในกรณีที่เกิดเหตุล่าช้าของการให้บริการ ระบบเสียงประกาศจะประกาศแจ้งข้อมูลกำหนดเวลาที่ขบวนรถขบวนถัดไปจะมาถึง และขออภัยสำหรับความล่าช้าที่เกิดขึ้น
- ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินซึ่งต้องอพยพสถานี ระบบเสียงประกาศจะประกาศข้อความที่บันทึกไว้ล่วงหน้า เพื่อให้คำแนะนำผู้คนที่อยู่บนสถานีรถไฟฟ้าว่าประตูทางออกของสถานีอยู่ที่ใด และควรต้องทำอะไรต่อไป
- ระบบเสียงประกาศจะครอบคลุมไปถึงบนขบวนรถไฟฟ้า โดยการเชื่อมต่อทางสัญญาณวิทยุกับระบบเสียงประกาศอิสระบนขบวนรถไฟฟ้าซึ่งจะติดตั้งไว้โดยผู้ผลิตรถไฟฟ้า โดยห้องควบคุมกลาง (CCR) จะสามารถส่งข้อความประกาศไปยังขบวนรถไฟฟ้าได้ในกรณีที่เกิดการติดขัดของการจราจร หรือเกิดเหตุผิดปรกติอื่นที่สถานีที่ขบวนรถไฟฟ้ากำลังเดินทางไปหา

5.4.6 ระบบสายส่งข้อมูลหลัก (Backbone Data Transmission System (DTS))

ระบบสายส่งข้อมูลหลัก จะทำหน้าที่เป็นสื่อหลักในการสื่อสารต่างๆ ของระบบขนส่งมวลชน ทั้งการสื่อสารทางเสียงจากจุดหนึ่งสู่อีกจุดหนึ่ง การสื่อสารส่งข้อมูล สัญญาณภาพวีดิโอ ทั้งระหว่างสถานีต่าง ๆ ถึงศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ ตลอดจนอาคารต่าง ๆ ในศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารบริหาร

ระบบสายส่งข้อมูลหลัก จะทำหน้าที่เป็นเส้นทางข้อมูลให้แก่ระบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ระบบโทรศัพท์ (Telephone System)
- ระบบวิทยุสื่อสาร (Radio System)
- ระบบควบคุมและเก็บข้อมูล (SCADA System)
- ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ (AFC System)

- ระบบอาณัติสัญญาณ (Signaling System)
- ระบบนาฬิกาหลัก (Master Clock System)
- ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV System)
- ระบบเสียงประกาศ (PA System)
- ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร (Passenger Information System)
- ระบบไปรษณีย์อิเลคทรอนิกส์ (E-mail System)
- ระบบอื่น ๆ ของระบบขนส่งมวลชน ที่ต้องใช้การส่งข้อมูลระยะทางไกล

โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วนของระบบ ดังต่อไปนี้

- ประกอบด้วยระบบสายส่งข้อมูลหลายช่องสัญญาณ (Duplicated Multi-Channel Transmission System) ที่ใช้เทคนิค Digital Multiplexing และใช้สายใยแก้วนำแสง (Optical Fibres) เป็นสื่อในการเชื่อมต่อ โดยอาจมีสายใยแก้วสำรอง (Dark Fibres) เผื่อไว้สำหรับใช้ในระบบย่อยแต่ละระบบตามแต่ความเหมาะสมด้านเทคนิค
- ระบบจะจัดรูปแบบเป็นวงรอบที่ซ้ำกัน (Duplicated Ring Topology) เพื่อให้ความแน่ใจได้ว่าแม้ในเหตุการณ์ที่อุปกรณ์หรือสื่อในการเชื่อมต่อเกิดบกพร่องล้มเหลว จำนวนสถานีหรือพื้นที่ที่จะเกิดผลกระทบจะไม่ครอบคลุมพื้นที่มากกว่าไปกว่าสถานีนั้นหรือพื้นที่ที่เป็นจุดเชื่อมต่อของอุปกรณ์นั้น ๆ
- ใช้เทคโนโลยี Synchronous Digital Hierarchy (SDH)
- ระบบจะออกแบบไว้ให้ก่อสร้างในลักษณะเป็นชิ้นส่วนย่อย (Modular) เพื่อให้สามารถรองรับการปรับปรุงขยายระบบให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้น และเพื่อให้สามารถรองรับเทคโนโลยีใหม่อื่น ๆ ได้
- มีระบบตรวจสอบวิเคราะห์ตนเองเพื่อการซ่อมบำรุง (Self-diagnostic Maintenance) ที่จะทำงานเองโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้สามารถบริหารจัดการข้อบกพร่องของระบบ การจัดระบบและการทำงานของระบบได้ โดยอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งหมดจะได้รับการตรวจทดสอบเพื่อให้แน่ใจได้ว่าข้อบกพร่องล้มเหลวใดๆ ในระดับแผงวงจร จะถูกตรวจพบ และรายงานไปยังระบบตรวจสอบวิเคราะห์ตนเองภายใน ซึ่งจะรายงานต่อไปยังศูนย์อำนวยการการซ่อมบำรุง (Maintenance Management Centre - MMC) ของโครงการต่อไป

5.4.7 ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit Television (CCTV) System)

ระบบโทรทัศน์วงจรปิด เป็นระบบที่ถ่ายบันทึกภาพเคลื่อนไหวซึ่งจะติดตั้งระบบไว้ที่สถานีรถไฟฟ้าทุกสถานี ที่ศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ และศูนย์ซ่อมบำรุง

โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วนของระบบ ดังต่อไปนี้

- ภาพที่ถ่ายบันทึกไว้ทั้งหมดจะเป็นภาพเคลื่อนไหวในระบบภาพสี
- กล้องวงจรปิดที่ใช้จะใช้เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ (Solid State Technology)
- อุปกรณ์บันทึกภาพของระบบโทรทัศน์วงจรปิดที่สถานีรถไฟฟ้าแต่ละสถานีจะต้องมีความจุในการบันทึกข้อมูลที่จะบันทึกภาพทั้งหมดที่ถ่ายไว้อย่างน้อยในระยะเวลา 7 วัน ได้
- การกำหนดพื้นที่ที่กล้องจะสามารถครอบคลุมถ่ายภาพได้ จะต้องประสานงานให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของฝ่ายปฏิบัติการเดินรถ ตั้งแต่ก่อนขั้นตอนการผลิต และจัดซื้อ
- การออกแบบระบบ จะต้องประสานงานให้สอดคล้องกับการออกแบบระบบไฟแสงสว่าง เพื่อให้แน่ใจได้ว่าภาพสีที่บันทึกได้ถูกต้องตรงตามความเป็นจริง ภายใต้แสงสว่างที่ไม่ใช่แสงธรรมชาติ
- การออกแบบระบบ จะต้องประสานงานให้สอดคล้องกับแบบผังพื้นที่ทางด้านสถาปัตยกรรม เพื่อให้แน่ใจได้ว่าการครอบคลุมพื้นที่ของระบบ CCTV จะมีจุดบอด (Blind Spot) น้อยที่สุด และตัวกล้องเองต้องไม่บดบังป้ายต่างๆ ที่ติดตั้งไว้
- ระบบต้องครอบคลุมพื้นที่สาธารณะทั้งหมดของสถานีรถไฟฟ้า โดยให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับพื้นที่ชานชาลา และด่านกั้น เพื่อใช้เฝ้าระวังการเคลื่อนตัวของผู้โดยสาร
- ใช้ในการควบคุมพื้นที่วิกฤติต่างๆ เพื่อความปลอดภัย เช่น บริเวณปลายทางขึ้น-ลง ของบันไดเลื่อน บริเวณทางเข้าสถานี (โดยเฉพาะในจุดที่เชื่อมต่อกับการขนส่งระบบอื่น และมีแนวโน้มที่จะเกิดการสะสมคับคั่งของคน) และบริเวณทางเข้าพื้นที่ชานชาลาที่สามารถเชื่อมต่อสู่เส้นทางราง
- มีจอแสดงภาพ (Monitors) ติดตั้งไว้ที่ ห้องปฏิบัติงานประจำสถานี (Station Operation Room - SOR) สำหรับให้นายสถานี (Station Controller) ตรวจเฝ้าระวังการเคลื่อนตัวของผู้โดยสาร
- มีจอแสดงภาพขนาดเล็กหลายจอ แสดงภาพหมุนเวียนสลับกันไปตามลำดับของกล้องที่จัดไว้ โดยภาพจากกล้องทุกกล้องจะผลัดกันแสดงภาพบนจอภาพ โดยสามารถกำหนดลำดับภาพ และระยะเวลาที่แสดงภาพจากกล้องแต่ละตัวได้

- มีจอแสดงภาพขนาดใหญ่หนึ่งจอ ใช้ในการแสดงภาพของเหตุสำคัญที่เกิดขึ้น และเชื่อมต่อกับจุดแจ้งเหตุฉุกเฉิน (Emergency Call Points) และจุดแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Public Fire Alarms) ซึ่งจะแสดงภาพจากกล้องที่จับภาพจุดแจ้งนั้นๆ โดยอัตโนมัติ เมื่อมีการแจ้งเหตุมาจากจุดดังกล่าว
- ภาพจากกล้องจะส่งไปแสดงที่ ห้องควบคุมกลาง (CCR) ด้วย เพื่อให้ผู้ควบคุมสามารถเห็นภาพเหตุการณ์ต่างๆ ที่สถานีรถไฟฟ้าด้วยตัวเอง ในการสั่งการแก้ไขสถานการณ์ผิดปรกติที่เกิดขึ้น

รูปที่ 5.4.7-1: รูปตัวอย่างระบบโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV)

- กล้องโทรทัศน์วงจรปิด จะติดตั้งไว้บนขบวนรถไฟฟ้าด้วย โดยติดตั้งในลักษณะเป็นระบบอิสระ แสดงภาพสดให้ดูได้เฉพาะจากในห้องขับ (Cap) แต่จะมีการบันทึกภาพทั้งหมดเก็บไว้บนขบวนรถ เพื่อให้สามารถดูภาพในภายหลังได้ ระบบกล้องวงจรปิดที่ติดตั้งบนขบวนรถไฟฟ้าจะเป็นส่วนสำคัญของระบบรักษาความปลอดภัยในตัวรถไฟฟ้า
- ที่ศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC) จะติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการดูภาพในภายหลังของภาพทั้งหมดที่บันทึกไว้ได้ โดยจะสามารถค้นหาภาพด้วยความเร็วได้ บันทึกสำเนา เก็บข้อมูล ฯลฯ ได้

5.4.8 ระบบนาฬิกาหลัก (Master Clock System)

ระบบนาฬิกาหลัก จะทำหน้าที่ปรับเทียบเวลาอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบรถไฟฟ้าและระบบประกอบอาคาร ให้ตรงกัน (Synchronising) และใช้ในการปรับเทียบและแสดงเวลาบนนาฬิกาที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่สาธารณะต่างๆ โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วนของระบบ ดังต่อไปนี้

- นาฬิกาหลัก (Master Clock) จะติดตั้งอยู่ในศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC) นาฬิกาหลักนี้จะใช้เป็นหลักในการปรับเทียบเวลากับ อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าและเครื่องกลระบบต่างๆ ทั้งหมด นาฬิกาพ่วง (Slave Time Clocks) และนาฬิการะบบอิเลคโทรนิกส์อื่นๆ ทั้งหมดที่ใช้ในโครงการ

- ระบบจะออกแบบให้สามารถให้รายละเอียดค่าข้อมูลของวันและเวลาจริง (Real Time & Date) มีความเที่ยงตรงของเวลาจริงที่ดีกว่าระดับ +/- 1 วินาที ต่อเดือน โดยเชื่อมต่อกับระบบเวลาดาวเทียม (Satellite Time System) เพื่อปรับเวลาตามข้อมูลที่เที่ยงตรง
- ข้อมูลเวลาจากระบบจะส่งไปปรับเทียบเวลากับระบบอื่น ๆ ที่ต้องการการปรับเทียบวันและเวลา ซึ่งตัวอย่างของระบบต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่
  - ระบบโทรศัพท์ (Telephone System)
  - ระบบวิทยุสื่อสาร (Radio Communications System)
  - ระบบสายส่งข้อมูลหลัก (DTS)
  - ระบบเสียงประกาศ (PA System)
  - ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV System) รวมทั้งอุปกรณ์บันทึกภาพวีดิโอ
  - ระบบนาฬิกาพ่วง (Slave Clock) ของระบบนาฬิกาหลัก
  - ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร (Passenger Information Systems)
  - ระบบควบคุมและเก็บข้อมูล (SCADA System)
  - ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ (AFC System)
  - ระบบเตือนเพลิงไหม้ (Fire Alarm Systems)
  - ระบบอาณัติสัญญาณ (Signalling System)
  - ระบบควบคุมการเข้า-ออก (Access Control System)
  - เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT Networks)
  - ระบบไปรษณีย์อิเลคโทรนิกส์ (E-mail System)
  - ระบบบันทึกเสียง (Voice Recording Systems) และ
  - ระบบอิเลคโทรนิกส์อื่นๆ ที่ต้องการ
- ใช้ระบบสายส่งข้อมูลหลัก (DTS) ในการส่งข้อมูลปรับเทียบเวลา
- พื้นที่ทุกแห่งของระบบขนส่ง ช่วงสะพานใหม่ -ลำลูกกา ที่จำเป็นต้องมีการปรับเทียบเวลาจะมีนาฬิกาพ่วง ชนิดแสดงเวลาแบบดิจิตอล 24 ชั่วโมง ติดตั้งไว้เพื่อแสดงค่า ชั่วโมง นาที และวินาที

5.4.9 ระบบไปรษณีย์อิเลคโทรนิกส์ (E-mail System)

ระบบไปรษณีย์อิเลคทรอนิกส์ จะทำหน้าที่ช่วยในการสื่อสารระหว่างพื้นที่ปฏิบัติการต่างๆ ของโครงการระบบขนส่งช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา และสามารถสื่อสารกับส่วนต่อขยาย หมอชิต - สะพานใหม่ และช่วยให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลต่างๆ ดำเนินการได้อย่างรวดเร็วละมีประสิทธิภาพ

โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วนของระบบ ดังต่อไปนี้

- ใช้ระบบสายส่งข้อมูลหลัก (DTS) เป็นสื่อในการส่งข้อมูล
- ใช้การเชื่อมต่อแบบ Dual Redundant WAN Connections ที่จุดเชื่อมต่อกับ DTS แต่ละจุดโดยการเผื่อเกินไว้จะทำไว้ถึงระดับที่เผื่อช่องในการเชื่อมต่อไว้ด้วย
- จุดเชื่อมต่อจะกำหนดไว้ให้มีอย่างน้อยที่ทุกสถานีรถไฟฟ้า ทุกอาคารของศูนย์ซ่อมบำรุง และที่อาคารบริหาร

5.4.10 ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร (Passenger Information Systems - PIS)

ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร อย่างน้อยจะประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้:

- ระบบเสียงประกาศ (PA System)
- ป้ายแสดงข้อมูลชนิดที่สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลได้ (Active Information Displays) ที่สถานี
- ป้ายแสดงข้อมูลชนิดที่สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลได้ บนขบวนรถไฟฟ้า
- ป้ายแสดงข้อมูลชนิดที่สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลได้ บนอุปกรณ์ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ
- ป้ายแสดงข้อมูลธรรมดา ที่สถานี (รวมถึงป้ายชี้ทางต่าง ๆ ทั้งหมด)
- ป้ายแสดงข้อมูลธรรมดา บนขบวนรถไฟฟ้า
- การแสดงข้อมูลด้วยวิธีอื่นๆ เช่น Website

โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วนของระบบ ดังต่อไปนี้

- การออกแบบระบบต้องได้ตามมาตรฐานการทำงานในระดับนานาชาติต่าง ๆ ที่เหมาะสมทั้งหมด รวมทั้งมาตรฐานที่เกี่ยวกับความสอดคล้องด้านแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC)
- อุปกรณ์ทั้งหมดต้องได้รับการทดสอบยืนยันการใช้งานจริงมาแล้ว ในขณะเดียวกันต้องเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยเป็นปัจจุบัน

- จะต้องออกแบบระบบในลักษณะที่ตัดโอกาสในการติดไวรัสคอมพิวเตอร์จากแหล่งภายนอก มีระบบป้องกัน (Fire-Wall) เพื่อป้องกันบุคคลอื่นเจาะเข้ามาในระบบต่างๆ ของระบบขนส่งมวลชนโดยไม่ได้รับอนุญาต
- การแจ้งข้อมูลข่าวสารให้ผู้โดยสารทราบ จะต้องพยายามแจ้งข้อมูลทั้งทางภาพ และเสียง ให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถปฏิบัติได้ เพื่อให้ผู้โดยสารที่มีความบกพร่องทางด้านการฟัง หรือทางด้านสายตา สามารถรับข้อมูลที่สำคัญได้

รูปที่ 5.4.10-1: รูปตัวอย่างอุปกรณ์ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร

- ข้อมูลที่แสดงให้อ่าน จะต้องพยายามแสดงทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถปฏิบัติได้ และจะต้องมีการใช้ภาพ Graphic เพื่อแสดงข้อมูล โดยยึดตามมาตรฐานนานาชาติที่เกี่ยวข้อง
- ป้ายแสดงข้อมูลที่ชานชาลา อย่างน้อยจะต้องสามารถแสดงข้อมูล:
  - เวลาในขณะนั้น โดยใช้ข้อมูลจากระบบนาฬิกาหลัก
  - จุดหมายปลายทางของขบวนรถไฟฟ้าขบวนต่อไป ที่จะออกจากชานชาลาแต่ละชานชาลา
  - ประมาณเวลา หรือกำหนดเวลาที่ขบวนรถไฟฟ้าขบวนต่อไปจะมาถึง
  - ข้อความอื่นๆ ที่อาจต้องการแจ้งแทนที่ข้อมูลปลายทางของขบวนรถไฟฟ้า
- ข้อมูลกำหนดเวลามาถึงหรือกำหนดเวลาออกรถของขบวนรถไฟฟ้า จะใช้ข้อมูลจากระบบอำนวยการเดินรถอัตโนมัติ (ATS System) โดยปรับแสดงข้อมูลใหม่ให้ทันสมัยอย่างน้อยไม่เกินทุก 30 วินาที
- สถานีควบคุมการทำงาน (Controlling Workstation) ของระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสารที่แสดงบนชั้นชานชาลา จะอยู่ในห้องควบคุมกลาง (CCR) และที่ห้องปฏิบัติงานประจำสถานี (SOR) ของสถานีนั้น ๆ

- ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร ป้ายแสดงข้อมูลชนิดที่สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลได้ (Active Information Displays) จะมีการติดตั้งบนขบวนรถไฟฟ้าด้วย

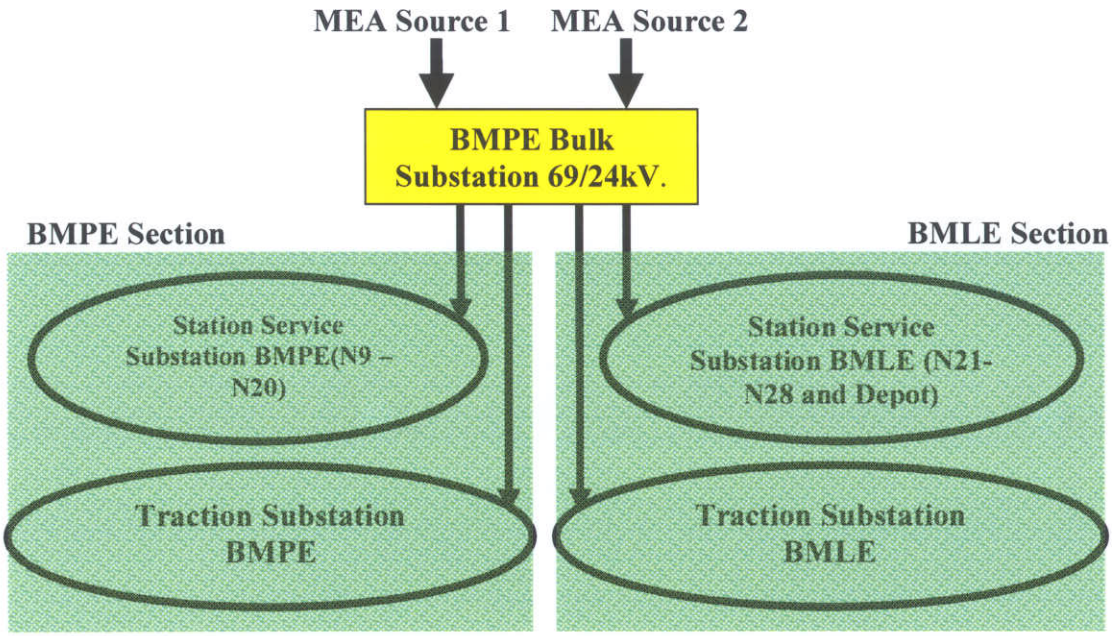
5.5 ระบบจ่ายไฟฟ้า (Power Supply System)

5.5.1 ภาพรวมของระบบจ่ายไฟฟ้า

ระบบจ่ายไฟฟ้าจะจัดเตรียมเป็นเครือข่ายสายจ่ายไฟฟ้าแบบวงแหวน 2 วงจร วงจรที่หนึ่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า (Traction Power) อีกวงจรหนึ่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับระบบประกอบอาคารของสถานีรถไฟฟ้าและศูนย์ซ่อมบำรุง (Service Power หรือ Auxiliary Power) กำลังไฟฟ้าจะจ่ายที่ระดับแรงดัน 24kV AC ไปที่ทุกส่วนของระบบขนส่งมวลชน ผ่านเครือข่ายสายส่งที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ มีหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดแปลงกระแสไฟฟ้า และจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ห้องไฟฟ้า (Substations) ที่ได้รับการออกแบบมาโดยเฉพาะ ตามพื้นที่ย่อยต่าง ๆ ซึ่งจะมีอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ตรวจวัดที่จำเป็นสำหรับการใช้งานติดตั้งอยู่ด้วย

ระบบจ่ายไฟฟ้าจะรับไฟฟ้ามาจากการไฟฟ้านครหลวงที่ระดับแรงดัน 69kV AC ที่สถานีย่อยไฟฟ้า (Bulk Substation หรือ Receiving Substation (RSS)) ของโครงการหมอชิต-สะพานใหม่ และจ่ายไฟฟ้าต่อให้กับห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า (Traction Substations) และห้องไฟฟ้าสำหรับระบบประกอบอาคารของสถานีและศูนย์ซ่อมบำรุง (Station and Depot Service Substations หรือที่บางครั้งเรียกกันว่า Auxiliary Substations) ด้วยระบบสายส่งไฟฟ้าหลักแบบวงแหวนที่ระดับแรงดัน 24kV โดยระบบกำลังไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้าจะจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับระบบรางที่สาม ส่วนห้องไฟฟ้าสำหรับระบบประกอบอาคาร ซึ่งจะติดตั้งอยู่ที่สถานีรถไฟฟ้าแต่ละสถานีและที่ศูนย์ซ่อมบำรุงจะจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้แก่อุปกรณ์ในสถานีและศูนย์ซ่อมบำรุงที่ระดับแรงดัน 416V AC และ 240V AC

ระบบจ่ายไฟฟ้าของโครงการหมอชิต - สะพานใหม่ – ลำลูกกาจึงจะประกอบด้วย สถานีไฟฟ้าย่อยที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 69kV AC ชุดอุปกรณ์กรองฮาร์มอนิก (Harmonic Filtering Plants) ระบบสายส่งไฟฟ้า 24kV AC ที่จะต้องมีการต่อเชื่อมเพื่อรับกระแสไฟฟ้ามาจาก Bulk Substation ชุดสวิทช์เกียร์และระบบสายส่งไฟฟ้า 24kV AC ห้องไฟฟ้าย่อยสำหรับระบบประกอบอาคาร (Service Substations (SSS) หรือ Auxiliary Substations (ASS)) สำหรับศูนย์ซ่อมบำรุงและสถานีรถไฟฟ้า ห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า (Traction Substations (TSS)) และระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งรวมถึงระบบชุดสวิทช์เกียร์ ชุดอุปกรณ์ตัดวงจร (Isolators) และสวิทช์แยกส่วน (Section Switch)



รูปที่ 5.5.1-1: BMPE-BMLE Power Single Line Diagram Concept

ระบบกำลังไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า จะจ่ายผ่านระบบรางที่สาม (Third Rail System) ที่มีหน้าสัมผัสอยู่ด้านล่าง และจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 750V.DC โดยมีตำแหน่งและระยะการติดตั้งระบบรางที่สามเหมือนและเท่ากับค่าเดิมที่ใช้อยู่ในโครงการหมอชิต-สะพานใหม่ทุกประการ เพื่อให้ระบบขนส่งสามารถเดินรถเชื่อมต่อกันได้

ระบบกำลังไฟฟ้าสำรอง (Backup Power) จะมีการจัดเตรียมไว้ให้ในลักษณะที่เผื่อเกินพอไว้ (Redundancy) ในระบบจ่ายไฟฟ้าหลัก ร่วมกับการจัดเตรียมชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองแบบใช้น้ำมันดีเซล และระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply – UPS)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองแบบใช้น้ำมันดีเซล จะจัดเตรียมไว้ที่สถานีรถไฟฟ้าทุกสถานี และที่ศูนย์ซ่อมบำรุง เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ระบบและอุปกรณ์ที่สำคัญและจำเป็นของระบบรถไฟฟ้า ในกรณีที่เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าทั้งหมดของระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐบาล โดยสามารถสำรองการจ่ายไฟฟ้าได้อย่างน้อย 9 ชั่งโมง

ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (UPS) จะจัดเตรียมไว้ตามความจำเป็น เพื่อรองรับอุปกรณ์ระบบรถไฟฟ้าที่ต้องการกำลังไฟฟ้าแรงดันต่ำ (LV) อย่างต่อเนื่องทั้งในสถานีและพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ในกรณีที่เกิดการสูญเสียระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำระบบหลักทั้งหมด หรือในกรณีที่ระดับแรงดันไฟฟ้าลดต่ำลง โดยสามารถสำรองการจ่ายไฟฟ้าได้อย่างน้อย 3 ชั่งโมง

การวางระบบสายดิน (Earthing) การเชื่อมต่อระบบสายดิน (Bonding) และการป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า (Lightning Protection) จะกำหนดออกแบบรวมกันเป็นแผนบูรณาการเพื่อการจัดเตรียมระบบต่างๆ ดังกล่าวที่จำเป็นต่อการเดินรถระบบขนส่งมวลชนอย่างปลอดภัย

การออกแบบในส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวกับการควบคุมกระแสรั่วไหล (Stray Currents) ความสอดคล้องด้านแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) และการทดสอบทางไฟฟ้า จะใช้ข้อกำหนดตามมาตรฐานสากล โดยจะกำหนดแผนและระบบอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อควบคุมระดับการกัดกร่อนอันเนื่องมาจากกระแสรั่วไหลตลอดทั้งโครงการให้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล และสอดคล้องเข้ากับระบบสายดินโดยรวมของโครงการ

5.5.2 สถานีไฟฟ้าย่อย (Bulk Substation หรือ Receiving Substation (RSS)

สถานีไฟฟ้าย่อยของโครงการหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา มีจุดที่ที่ตั้งที่เหมาะสมกับการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่โครงการบริเวณข้างแนวเส้นทางอยู่ระหว่างสถานี **N19** และ **N20** และจะเป็นจุดรับไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เพียงจุดเดียวของโครงการ

จากการประชุมหารือกับ กฟน. กฟน.สามารถที่จะจ่ายไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 69kV AC ให้แก่โครงการได้จากสถานีไฟฟ้าต้นทางลาดพร้าว และสถานีไฟฟ้าต้นทางคลองรังสิต การกำหนดแหล่งจ่าย 2 แหล่งในลักษณะดังกล่าวเป็นการจัดเตรียมในลักษณะเผื่อเกินไว้ (Redundancy) ให้แก่ระบบจ่ายไฟฟ้าหลักของโครงการ

สถานีไฟฟ้าย่อย ซึ่งจะมีชุด หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ชุด และสวิทช์เกียรพร้อมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมที่สามารถสับเปลี่ยนใช้งานกันได้ ในกรณีที่มีชุดหนึ่งบกพร่องหรือต้องทำการซ่อมบำรุง สถานีไฟฟ้าย่อยจะแปลงกำลังไฟฟ้า 69kV AC ที่รับมาจากแหล่งจ่ายของ กฟน. และจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 24kV AC ไปที่ส่วนต่าง ๆ ของโครงการ ผ่านเครือข่ายระบบสายจ่ายไฟฟ้าย่อย 4 วงจรโดย 2 วงจรสำหรับช่วงหมอชิต – สะพานใหม่ และอีก 2 วงจรสำหรับช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา

เครือข่ายสายจ่ายไฟฟ้าวงจรแรก จะจ่ายไฟฟ้าให้แก่ระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า (Traction Power) โดยจะมีห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า (Traction Substation – TSS) เป็นจุดรับไฟฟ้า ลดระดับแรงดัน และจ่ายไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้าสู่ระบบรางที่สาม (Third Rail System) ต่อไป

เครือข่ายสายจ่ายไฟฟ้าวงจรที่สอง จะจ่ายไฟฟ้าให้แก่ระบบไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ทั่วไปของระบบบริการอาคาร (Building Services) โดยจะมีห้องระบบไฟฟ้าสำหรับระบบบริการอาคาร (Service Substation) เป็นจุดรับไฟฟ้า ลดระดับแรงดันไฟฟ้า และจ่ายไฟฟ้าแก่ระบบและอุปกรณ์ทั่วไปของระบบบริการอาคารต่อไป

5.5.3 ห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า (Traction Substation - TSS)

ห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า จะเป็นจุดรับและแปลงกำลังไฟฟ้าระดับแรงดัน 24kV AC ที่รับมาจากวงจรเครือข่ายสายจ่ายไฟฟ้าย่อย เป็นกำลังไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 750V DC และจ่ายเข้าสู่ระบบรางที่สาม เพื่อส่งกำลังไฟฟ้าไปใช้ในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าต่อไป

การกำหนดแรงดันไฟฟ้า 750V DC สำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นข้อกำหนดเพื่อให้สอดคล้องกับระบบและแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ เพื่อให้ในอนาคตสามารถเดินรถต่อเนื่องได้ตลอดเส้นทางหมอชิต-สะพานใหม่-ลำลูกกา

ห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้าของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา จะมีด้วยกันทั้งหมด 7 แห่ง กระจายติดตั้งอยู่ตามสถานีรถไฟฟ้าในเส้นทางและในบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง เพื่อให้สามารถส่งกำลังไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้าไปที่ทุกส่วนของเส้นทางของโครงการและในบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง ได้อย่างเหมาะสม โดยกำหนดตำแหน่งติดตั้งห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้าไว้ดังนี้

1) ในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot) คูคต
2) ที่สถานี N21
3) ที่สถานี N23
4) ที่สถานี N24
5) ที่สถานี N25
6) ที่สถานี N26
7) ที่สถานี N27

5.5.4 ห้องระบบไฟฟ้าสำหรับระบบบริการอาคาร (Service Substation (SSS) หรือ Auxiliary Substation (ASS))

ห้องระบบไฟฟ้าสำหรับระบบบริการอาคาร จะเป็นจุดรับและแปลงกำลังไฟฟ้าระดับแรงดัน 24kV AC ที่รับมาจากวงจรเครือข่ายสายจ่ายไฟฟ้าย่อย เป็นกำลังไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 416V AC (3 Phase) และจ่ายไฟฟ้าแก่ระบบและอุปกรณ์ของระบบบริการอาคาร รวมทั้งอุปกรณ์ของระบบรถไฟฟ้า ต่อไป

ห้องระบบไฟฟ้าสำหรับระบบบริการอาคาร จะติดตั้งไว้ที่สถานีรถไฟฟ้าทุกสถานีของโครงการ เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้ระบบบริการอาคารต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์ของระบบรถไฟฟ้า ในแต่ละสถานี โดยติดตั้งไว้สถานีละ 2 ห้อง ในลักษณะเผื่อเกินไว้ (Redundancy) และติดตั้งอีก 3 ห้องที่ศูนย์ซ่อมบำรุงเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้ระบบบริการอาคารต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์ของระบบรถไฟฟ้า และเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการซ่อมบำรุง ที่อยู่ในศูนย์ซ่อมบำรุง โดยอุปกรณ์ระบบบริการอาคารจะสามารถเลือกใช้ไฟฟ้า 3 Phase 416V AC หรือ 1 Phase 240V ได้ตามความเหมาะสม

5.5.5 ระบบกำลังไฟฟ้าสำรอง (Backup Power)

ระบบกำลังไฟฟ้าสำรองของโครงการประกอบด้วยสามส่วนประกอบหลัก ดังต่อไปนี้

- การจัดเตรียมแหล่งจ่ายไฟฟ้าในลักษณะเผื่อเกินไว้ (Redundancy) ให้แก่ระบบจ่ายไฟฟ้าหลักของโครงการจะรับมาจากสถานีไฟฟ้าย่อยโครงการช่วงหมอชิต – สะพานใหม่ (แหล่งจ่ายจากการไฟฟ้า 2 วงจร หม้อแปลง 2 ชุด และชุดสวิทช์เกียร์ที่เหมาะสม) ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อสถานีไฟฟ้าย่อย และการจัดเตรียมห้องระบบไฟฟ้าสำหรับระบบบริการอาคาร (SSS) เผื่อไว้ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อห้องระบบไฟฟ้าสำหรับระบบบริการอาคาร
- การจัดเตรียมชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองแบบใช้น้ำมันดีเซล (Diesel Generator - DG) ซึ่งจะจัดเตรียมไว้ที่สถานีรถไฟฟ้าทุกสถานี และที่ศูนย์ซ่อมบำรุง เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ระบบและอุปกรณ์ที่สำคัญและจำเป็นของระบบรถไฟฟ้า ในกรณีที่เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าต้นทางของ กฟน.
- การจัดเตรียมระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply) จะจัดเตรียมไว้ตามความจำเป็น เพื่อรองรับอุปกรณ์ระบบรถไฟฟ้าที่ต้องการกำลังไฟฟ้าแรงดันต่ำ (LV) อย่างต่อเนื่อง ในกรณีที่เกิดการสูญเสียระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำระบบหลักทั้งหมด หรือในกรณีที่ระดับแรงดันไฟฟ้าลดต่ำลง

5.5.6 ระบบรางจ่ายกระแสไฟฟ้า (Conductor Rail or Third Rail System)

ระบบรางจ่ายกระแสไฟฟ้า หรือที่บางครั้งเรียกกันว่าระบบรางที่สาม ประกอบด้วยรางยาวขนานตลอดเส้นทางโครงการ ทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนรถไฟฟ้าโดยรับกระแสไฟฟ้า 750V DC จากห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า ซึ่งกระจายติดตั้งอยู่ที่สถานีรถไฟฟ้าหลายสถานีตลอดเส้นทางโครงการ และที่ศูนย์ซ่อมบำรุง

รางจ่ายกระแสไฟฟ้า จะต้องมีค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ในระดับ 7 มิลลิโอห์ม/กิโลเมตร สามารถนำพากระแสไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 4,500 Amps อย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการเดินรถ และต้องมีความสามารถที่จะรับกระแสไฟฟ้า 100kA ได้ 1 วินาที โดยไม่เกิดความเสียหายหรือเกิดการลัดวงจร

รางจ่ายกระแสไฟฟ้า จะต้องมีตำแหน่งการติดตั้งรางและหน้าสัมผัสรางเหมือนกับระบบที่ติดตั้งอยู่ในระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่และโครงการที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน (BTS) เพื่อให้ในอนาคตสามารถเดินรถต่อเนื่องมายังส่วนต่อขยายพหลโยธินสะพานใหม่-ลำลูกกา ได้เป็นเส้นทางเดียวกัน

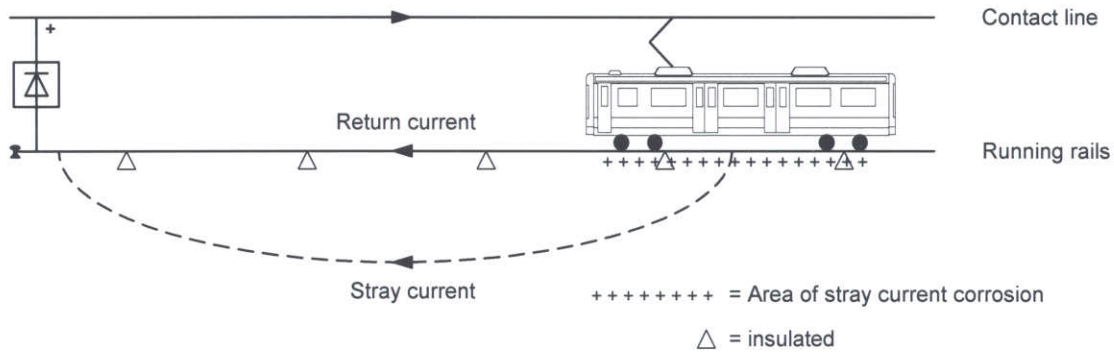
5.5.7 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection System) จะไม่รวมอยู่ในระบบจ่ายไฟฟ้า แต่จะรวมอยู่เป็นส่วนหนึ่งของงานระบบประกอบอาคาร ซึ่งจะมีการออกแบบรายละเอียดรวมไว้ในงานระบบประกอบอาคาร สถานีรถไฟฟ้า โครงสร้างทางวิ่ง และอาคารต่าง ๆ ในศูนย์ซ่อมบำรุง

5.5.8 ระบบป้องกันการผุกร่อนเนื่องจากกระแสไฟฟ้ารั่วไหล (Stray Current Corrosion Protection System)

ระบบป้องกันการผุกร่อนเนื่องจากกระแสไฟฟ้ารั่วไหล จะประกอบด้วยการติดตั้งแผ่นฉนวนใต้รางรถไฟตลอดเส้นทาง การเก็บรวมกระแสไฟฟ้ารั่วไหล การเชื่อมต่อลงดิน และอุปกรณ์วัดการรั่วไหลที่จะติดตั้งไว้ที่ห้องระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า (TSS) ในสถานีรถไฟฟ้า และมีการติดตามผ่านระบบ SCADA

รายละเอียดแผ่นฉนวนใต้รางรถไฟจะกำหนดอยู่ในรายละเอียดการออกแบบระบบราง เพื่อให้ดำเนินการในสัญญางานระบบราง ส่วนรายละเอียดการติดตั้งเหล็กเพิ่มเติมในโครงสร้างทางวิ่ง (Segmental Box) ในเสาโครงสร้างทางวิ่ง และในเสาเข็ม เพื่อรวมกระแสไฟฟ้ารั่วไหลและส่งลงสู่ดิน จะกำหนดไว้ในแบบของระบบจ่ายไฟฟ้าและแบบงานโครงสร้าง เพื่อให้ดำเนินการในสัญญางานโครงสร้าง



รูปที่ 5.5.8-1: Stray Current of DC. Traction System

5.6 ระบบควบคุมและเก็บข้อมูล และระบบจัดการอาคารอัตโนมัติ (SCADA & BMS Systems)

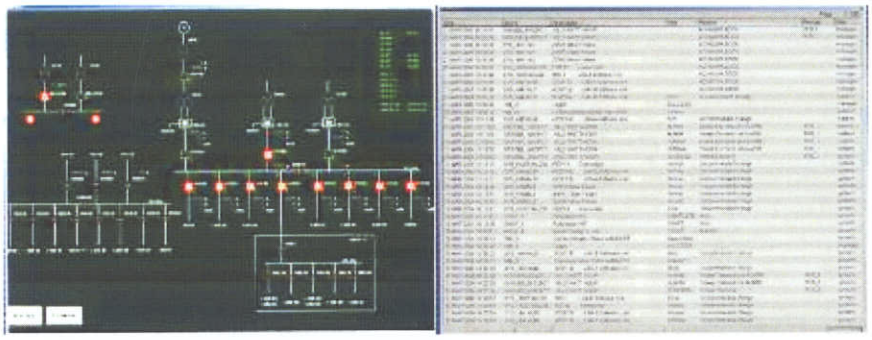
ระบบควบคุมและเก็บข้อมูล (SCADA) จะทำหน้าที่ติดตามการทำงานและสภาวะต่างๆ ของอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟฟ้า อำนวยการติดตามและควบคุมหน้าที่การทำงานบางส่วนของระบบจ่ายไฟฟ้า และติดตามสภาวะการทำงานและรายงานการแจ้งเตือนเหตุต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบอื่น ๆ และที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์บางส่วนของสถานีรถไฟฟ้าและศูนย์ซ่อมบำรุง

การควบคุมหลักของระบบ SCADA จะควบคุมจากห้องควบคุมกลาง (Central Control Room - CCR) หรือห้องวิเคราะห์สถานการณ์และอบรมพนักงาน (Playback and Training Room - PTR) ส่วนการควบคุมในระดับถัดมาจะอยู่ภายใต้การควบคุมในระดับสถานีจากห้องไฟฟ้าต่าง ๆ และการควบคุมในระดับสุดท้ายจะเป็นการควบคุมของอุปกรณ์หรือห้องเครื่องเองโดยตรง โดยระบบควบคุมและเก็บข้อมูล (SCADA) จะไม่มีอุปกรณ์ควบคุมและติดตามใดๆ ติดตั้งไว้ในห้องปฏิบัติงานประจำสถานี (Station Operations Room - SOR)

ลำดับขั้นของกลไกการควบคุมดังกล่าว จะทำให้แน่ใจได้ว่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เลือกมาใช้จะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ถูกต้อง และปลอดภัย เมื่อระบบ SCADA บางส่วนหรือทั้งหมดเกิดขัดข้อง

ในกรณีที่เกิดเหตุขัดข้องล้มเหลวของการสื่อสารระหว่างสถานีและอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ในห้องควบคุมกลาง (CCR) ห้องวิเคราะห์สถานการณ์และอบรมพนักงาน (PTR) และ/หรือศูนย์อำนวยการการซ่อมบำรุง (Maintenance Management Centre - MMC) อุปกรณ์ระบบ SCADA และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เชื่อมต่ออยู่กับระบบจะสามารถทำหน้าที่ต่อเนื่องได้เหมือนปกติ ในลักษณะเป็นเอกเทศ (Stand Alone Mode)

ระบบ SCADA จะส่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงให้ศูนย์อำนวยการการซ่อมบำรุง (MMC) ซึ่งตั้งอยู่ในอาคารซ่อมบำรุง ภายในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง



รูปที่ 5.6-1: ภาพตัวอย่างจอแสดงภาพระบบ SCADA และจอแสดงสถานภาพอุปกรณ์ต่างๆ

อุปกรณ์ทั้งหมดของระบบ SCADA การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในระบบ SCADA และการเชื่อมต่อระหว่างระบบ SCADA กับอุปกรณ์ที่ระบบจะควบคุม และ/หรือติดตามเก็บข้อมูล จะต้องมีการสำรองเผื่อเกินพอไว้ (Redundancy) อย่างเหมาะสม เพื่อให้แน่ใจได้ว่าทุกส่วนจะปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย และเพียงพอ

สำหรับการสื่อสารระยะทางไกลระหว่างสถานีกับสถานี และระหว่างสถานีกับศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC) ห้องวิเคราะห์สถานการณ์และอบรมพนักงาน (PTR) และศูนย์อำนวยการการซ่อมบำรุง (MMC) ระบบ SCADA จะใช้การสื่อสารผ่านทางระบบสายส่งข้อมูล (DTS) ของระบบสื่อสารที่จัดเตรียมไว้

ในส่วนของระบบจัดการอาคารอัตโนมัติ (Building Management System – BMS) เนื่องจากส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วง สะพานใหม่ - ลำลูกกา เป็นเส้นทางยกระดับ งานระบบประกอบอาคารของสถานียกระดับ

จะเรียบง่าย ไม่ซับซ้อนเหมือนของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน การออกแบบรายละเอียดงานระบบประกอบอาคารของสถานีจึงไม่ได้มีการออกแบบรายละเอียดระบบ BMS ไว้ แต่อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ได้กำหนดให้มี Dry Contact ซึ่งสามารถใช้เชื่อมต่อใช้กับระบบ BMS และระบบ SCADA โดยในเอกสาร Performance Specification ของระบบ SCADA & BMS (PS07) จะกำหนดความต้องการของระบบ BMS ให้ทุกสถานีต้องสามารถควบคุมจัดการระบบประกอบอาคารของสถานีนั้น ๆ ได้ในลักษณะ Stand Alone จากแผงควบคุมรวมในห้อง Station Control Room และกำหนดให้มีเพียงการส่งสัญญาณสถานะของอุปกรณ์ระบบประกอบอาคารระบบต่าง ๆ ที่สำคัญ ผ่านระบบ SCADA ไปยังห้องควบคุมกลาง (CCR) ในศูนย์ควบคุมกลาง (OCC) และห้องวิเคราะห์สถานการณ์และอบรมพนักงาน (PTR) เพื่อให้สามารถตรวจสังเกตสถานะ (Monitoring) ของระบบประกอบอาคารระบบต่าง ๆ ได้เท่านั้น

ระบบ BMS ยังกำหนดให้มีใช้ในอาคารต่างๆ ของศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot) ในลักษณะเดียวกับสถานีต่าง ๆ ด้วยเช่นกัน

5.7 รถไฟฟ้า (Rolling Stock)

5.7.1 ข้อกำหนดการใช้งานของรถไฟฟ้า

รถไฟฟ้าสำหรับระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ในช่วงเริ่มต้นในการให้บริการจะเป็นขบวนรถไฟฟ้ายาว 4 ตู้/ขบวน โดยสามารถขยายความยาวของขบวนรถเพิ่มได้สูงสุดเป็น 6 ตู้/ขบวน

รถไฟฟ้าที่จะใช้จะต้องมีรูปแบบที่ทันสมัย ดึงดูดใจ และมีประวัติการใช้งานที่ทดสอบแล้วว่ามีความแน่นอนเชื่อถือได้สูง การออกแบบรถไฟฟ้าจะต้องอ้างอิงกับมาตรฐานสากลต่างๆ เช่น มาตรฐาน IEC, EN, และ UIC โดยครอบคลุมประเด็นการออกแบบ และมาตรฐานด้านสมรรถนะต่างๆ ทุกประเด็น รวมทั้งเรื่องของความสอดคล้องด้านแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnetic Compatibility - EMC) ด้วย

รถไฟฟ้าที่จะใช้จะต้องมีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost) ที่ต่ำ โดยเป็นผลมาจากการออกแบบที่ลดความต้องการในการซ่อมบำรุงทั้งในส่วนการซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา และการซ่อมบำรุงนอกแผน (Scheduled and Unscheduled Maintenance) ให้เหลือน้อยที่สุด โดยรถไฟฟ้าจะมีอายุการใช้งาน (Service Life) อย่างน้อยสามสิบ (30) ปี โดยต้องการเพียงการตกแต่งปรับปรุงระหว่างอายุการใช้งาน (Intermediate Refurbishment) เพียงครั้งเดียว และต้องมีศักยภาพในการยืดอายุการใช้งานออกไปอีกสิบห้า (15) ปี ถ้าได้มีการยกเครื่องและปรับปรุงรถใหม่อีกครั้ง

รถไฟฟ้าที่จะใช้จะต้องให้สภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยแก่ผู้โดยสาร และผู้ปฏิบัติการเดินรถ โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในด้านอัคคีภัย ในกรณีที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ ความปลอดภัยของผู้โดยสารถือเป็นสิ่งสำคัญสูงสุด และผู้เดินรถจะต้องดำเนินการทุกวิถีทางเพื่อลดความเสี่ยงทุกๆ ด้าน ในเรื่องดังกล่าว

ขบวนรถไฟฟ้า โดยปรกติจะวิ่งภายใต้การควบคุมของระบบเดินรถอัตโนมัติ (Automatic Train Operation) แต่ก็สามารถบังคับขับขี่ได้ด้วยมือภายใต้การควบคุมดูแลของระบบป้องกันรถอัตโนมัติ (Automatic Train Protection)

รถไฟฟ้าจะต้องได้รับการออกแบบให้สามารถใช้งานได้ตามขีดความสามารถที่ต้องการ ทั้งในช่วงการเดินรถปรกติ (Normal Operation) และในช่วงการเดินรถฉุกเฉินเพื่อกู้ภัย (Rescue Operations)

รถไฟฟ้าจะต้องมีสมรรถนะที่พร้อมสมบูรณ์ในการขับเคลื่อนและในการเบรค ตลอดช่วงแรงดันไฟฟ้าใช้งาน (Working Voltages) ของระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟ ตั้งแต่ค่าต่ำสุดถึงสูงสุด และต้องมีการพิจารณาคำนึงถึงข้อกำหนดความต้องการต่างๆ ของการไฟฟ้านครหลวง (MEA) ไว้ด้วยแล้ว ในกรณีที่กระแสไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟตกลงต่ำกว่าค่าต่ำสุดของแรงดันไฟฟ้าใช้งาน การดึงกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะต้องไม่เพิ่มสูงขึ้น แต่จะยอมให้สมรรถนะในการขับเคลื่อนค่อยๆ ลดลงแทน

สัดส่วนของจำนวนเพลาขับ (Motored Axles) ในขบวนรถไฟแต่ละขบวน จะต้องมีอย่างน้อย 50% ของจำนวนเพลาทั้งหมด

เนื่องจากรถไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา จำเป็นต้องสามารถใช้ให้บริการเดินรถในเส้นทาง ช่วงหมอชิต - สะพานหใม่และระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ส่วนเดิม (BTS) ได้ด้วย เพื่อให้สามารถเดินรถเชื่อมต่อทะลุกันได้ ดังนั้น ในการกำหนดข้อกำหนดด้านเทคนิคสำหรับรถไฟฟ้าที่จะใช้ในระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา จะมีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษสองประการ ได้แก่

- ลักษณะทางกายภาพ ขนาด มิติ และสมรรถนะของรถไฟฟ้า
- อุปกรณ์ของระบบอาณัติสัญญาณที่จะติดตั้งบนรถไฟฟ้า

5.7.2 ลักษณะทางกายภาพ ขนาด มิติ และสมรรถนะของรถไฟฟ้า

เพื่อให้รถไฟฟ้าที่จะใช้ในระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงสะพานใหม่- ลูกกา สามารถเดินรถต่อเนื่องเป็นระบบเดียวกับช่วงหมอชิต - สะพานใหม่และ BTS ได้ในอนาคต ขนาด มิติของตัวรถไฟฟ้า ทั้งความสูง ความยาว ความกว้าง Static Gauge และ Kinematics Envelope ต้องเหมือนกับรถไฟฟ้าที่จะใช้ในช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ และจะไม่เกิดเกิดปัญหาต่อการให้บริการในเส้นทางปัจจุบันของ BTS ด้วย โดยสามารถสรุปรายการที่ต้องกำหนดค่า ขนาด เพื่อให้สอดคล้องกับระบบที่ใช้สำหรับช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ได้ ดังต่อไปนี้

- ความกว้าง ความยาว ความสูง Static Gauge และ Kinematics Envelope ต้องสอดคล้องใกล้เคียง และอยู่ภายในพิกัดของกับช่วงหมอชิต - สะพานใหม่และระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร สายสีเขียวที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน
- ความสูงของพื้นรถจากระดับสันราง (Top of Rail) ซึ่งจะเป็นค่าที่กำหนดระดับพื้นชานชาลาจะต้องสอดคล้องใกล้เคียง หรือเท่ากันกับค่าปัจจุบันของช่วงหมอชิต - สะพานใหม่และระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร สายสีเขียวที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน
- ความเร็วสูงสุด อัตราเร่ง อัตราหน่วง และสมรรถนะอื่นๆ ของรถไฟฟ้า รวมทั้งความจุผู้โดยสารจะต้องไม่ด้อยกว่ารถไฟฟ้าที่กำหนดใช้ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ ระบบขนส่งกรุงเทพมหานครสายสีเขียวที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบันหรือรถไฟฟ้าที่มีการสั่งซื้อมาเพิ่มของระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร สายสีเขียว
- น้ำหนักรถ จะต้องไม่มากเกินจนทำให้น้ำหนักจรต่อเพลา (Axle Load) มีค่าเกินค่าที่กำหนดในการออกแบบโครงสร้างช่วงหมอชิต - สะพานใหม่และของระบบขนส่งกรุงเทพมหานครสายสีเขียวที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน
- ความกว้างของฐานล้อ และระยะห่างของชุดล้อ จะต้องสามารถวิ่งผ่านรัศมีโค้งต่ำสุดของเส้นทางช่วงหมอชิต - สะพานใหม่และระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร สายสีเขียวที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน ได้
- จำนวนประตูรถ ความกว้าง ความสูง และตำแหน่งของประตูรถ จะมีความสำคัญมาก ในกรณีที่ในอนาคตอาจจะมีการติดตั้ง Platform Screen Door จำนวนประตูรถ ความกว้าง ความสูง และตำแหน่งของประตูรถ จึงต้องสอดคล้องกับรถไฟฟ้าช่วงหมอชิต - สะพานใหม่และของระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร สายสีเขียวที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน

ตารางที่ 5.7.2-1: ข้อกำหนดเบื้องต้นในด้านลักษณะทางกายภาพของรถไฟฟ้า

ข้อ	ลักษณะทางกายภาพของรถไฟฟ้า	ค่าที่กำหนด
1	ความกว้างสูงสุดของรถไฟฟ้า (Maximum Width of any Vehicle)	ไม่เกิน 3.2 เมตร
2	ความสูงสูงสุดของรถไฟฟ้า วัดจากระดับสันราง (Maximum Height of any Vehicle from Top of Rail Level)	ไม่เกิน 3.8 เมตร
3	ความยาวสูงสุดของรถไฟฟ้าแต่ละคัน (Maximum Length over the Coupler Faces)	อย่างน้อย 19 เมตร และยาวได้มากที่สุดไม่เกิน 22 เมตร
4	ระยะห่างระหว่างกึ่งกลางชุดล้อเลื่อน (Distance between Bogie Centres)	ไม่เกิน 15 เมตร
5	น้ำหนักเพลาสูงสุด ภายใต้สภาพการบรรทุกผู้โดยสารอัดแน่นที่สุด (Maximum Axle Load under Crush Loading Condition)	ไม่เกิน 16 ตัน
6	กรอบพิกัดทางจลน์ (Kinematic Envelope) ของรถไฟฟ้า ให้คำนวณอ้างอิงจากมาตรฐาน UIC 505 – 1/5 (2003)	

ตารางที่ 5.7.2-2: ข้อกำหนดเบื้องต้นในด้านสมรรถนะของรถไฟฟ้า

ข้อ	องค์ประกอบของสมรรถนะ	ค่าที่กำหนด
1	ความเร็วสูงสุด ในการให้บริการ (Maximum Service Speed)	80 กม./ชม.
2	อัตราการลดความเร็ว เฉลี่ย ในการให้บริการปรกติ (Mean Service Braking Rate) จาก 80 กม./ชม. - 0 กม./ชม.	ไม่น้อยกว่า 1.0 ม./วินาที^{2}
3	อัตราการลดความเร็ว ในกรณีฉุกเฉิน (Emergency Braking Rate)	1.3 ม./วินาที^{2}
4	การเปลี่ยนแปลง อัตราการลดความเร็ว สูงสุด (Maximum Variation in Requested Braking Rate)	+/- 5%
5	อัตราการเปลี่ยนแปลง ของอัตราเร่ง และอัตราการลดความเร็ว สูงสุด ในการเร่งความเร็ว และในการลดความเร็ว (Maximum Jerk Rate in Accelerating or Braking)	0.7 ม./วินาที^{3}
6	อัตราเร่งสูงสุด (Maximum Acceleration Rate)	1.1 ม./วินาที^{2}
7	อัตราการเร่งเฉลี่ย (Average Acceleration Rate) จาก 0 กม./ชม. - 30 กม./ชม.	ไม่น้อยกว่า 0.9 ม./วินาที^{2}

สมรรถนะของขบวนรถไฟฟ้าทุกขบวนจะต้องได้ตามข้อกำหนดในด้านสมรรถนะ ไม่ว่าจะมีสภาพความสึกหรอของล้อมากน้อยเพียงใด ไม่ว่าจะมีสภาพของรางอย่างไร ไม่ว่าจะมีการบรรทุกผู้โดยสารมากน้อยเพียงใด และไม่ว่าจะจัดขบวนเป็นกี่คันต่อขบวนก็ตาม หากสภาพต่างๆ ดังกล่าวยังอยู่ภายในเกณฑ์ข้อกำหนดการออกแบบที่กำหนดไว้

5.7.3 อุปกรณ์ของระบบอาณัติสัญญาณที่จะติดตั้งบนรถไฟฟ้า

อุปกรณ์ของระบบอาณัติสัญญาณที่จะติดตั้งบนรถไฟฟ้าต้องเป็นระบบที่มีเทคโนโลยีเดียวกันกับระบบที่ใช้อยู่ส่วนหมอชิต - สะพานใหม่และระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งในปัจจุบันผู้ให้บริการเดินรถอยู่ในระหว่างการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบอาณัติสัญญาณจากระบบ Track Circuit Based มาใช้ระบบ Communication Based ที่เรียกกันว่า CBTC (Communication Based Train Control)

อุปกรณ์ของระบบอาณัติสัญญาณที่จะติดตั้งบนตัวรถของระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา จึงควรใช้ระบบเทคโนโลยี CBTC นี้ด้วยเช่นกัน โดยรายละเอียดจะกำหนดไว้ในส่วนของระบบอาณัติสัญญาณ

5.7.4 สมรรถนะของการให้บริการ เสถียรภาพ และความสั่นสะเทือน

มีรายละเอียดที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

- รถไฟฟ้าทุกคันในขบวนรถไฟฟ้าจะต้องมีเสถียรภาพทางจลน์ ตลอดทุกช่วงความเร็วจนถึงระดับ 120% ของความเร็วสูงสุด ภายใต้สภาพการบรรทุกทุกสภาวะ และภายใต้ค่าการยกโค้งทุกระดับที่ใช้ในการให้บริการปรกติแก่ผู้โดยสาร
- การทดสอบเสถียรภาพของแคร่ล้อ (Bogie Stability Tests) จะยึดตามข้อกำหนด UIC 515 (2003)
- คุณภาพของการให้บริการ (Ride Quality) ทั้งทางแนวตั้ง ตามแนวขวาง และตามแนวความยาว จะต้องอยู่ในระดับที่สบายสำหรับผู้โดยสาร ทั้งผู้โดยสารที่นั่งอยู่ และผู้โดยสารที่ยืนอยู่
- การวัดคุณภาพของการให้บริการ (Ride Quality) จะดำเนินการตามข้อกำหนดของ EN ISO 2631 Part 4: "Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed guideway transport systems", 2001 edition

5.7.5 เสียง

รถไฟฟ้าจะต้องได้รับการออกแบบเพื่อให้แน่ใจได้ว่า จะมีเสียงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของรถ และเสียงที่เกิดจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ต่างๆ น้อยที่สุด โดยการตรวจวัดเสียงจะดำเนินการตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- EN 21683 (ISO 1683) (1994): "Acoustics - Preferred reference quantities for acoustic levels"
- EN ISO 3381 (2005): "Acoustics - Measurement of noise inside railbound Vehicles"
- EN ISO 3095 (2005): "Acoustics - Measurement of noise emitted by railbound Vehicles"

5.7.6 ความปลอดภัยในด้านอัคคีภัย

รถไฟฟ้าจะต้องมีความปลอดภัยในด้านอัคคีภัย โดยใช้มาตรการต่าง ๆ ตามมาตรฐานนานาชาติที่เป็นที่ยอมรับ และใช้กับระบบขนส่งมวลชนใหม่ในที่อื่น ที่มีภาพการเดินรถและสภาพแวดล้อมคล้ายกับระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่

โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วน ดังต่อไปนี้

- มาตรการป้องกันอัคคีภัยที่ใช้ จะต้องได้ตาม หรือเทียบเท่ากับมาตรฐาน DIN 5510 Part 1
- วัสดุต่างๆ ที่จะเลือกใช้ จะต้องได้ตามข้อกำหนดที่เทียบเท่ากับมาตรฐาน DIN 5510 Part 2 และมาตรฐาน DIN 5510 Fire Protection Level 3
- การวิเคราะห์ทางเคมีของก๊าซต่าง ๆ ที่วัสดุปลอยออกมาเมื่อเกิดเพลิงไหม้ จะดำเนินการตามข้อกำหนดของ EN 45545-2 (2005)
- ความสามารถในการกันไฟของผนังหรือพื้นกันไฟ (Fire Barriers) จะต้องได้ตามข้อกำหนดของ EN 45545-3 (1998)
- วัสดุที่มีสาร Asbestos สารตะกั่ว และสีที่มีส่วนผสมของตะกั่ว จะไม่อนุญาตให้ใช้

5.7.7 ความสอดคล้องด้านแม่เหล็กไฟฟ้า

อุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ที่ติดตั้งบนรถไฟฟ้า จะต้องสามารถทนทานต่อการเกิดไฟกระชาก (Power Surges) การรบกวน (Interference) และการแทรกสอดชั่วคราว (Transients) ที่อาจเกิดขึ้นได้จากระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า การสับสวิทช์ต่าง ๆ และผลกระทบจากการเกิดฟ้าผ่า

รถไฟฟ้า จะต้องได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับมาตรฐานภายในประเทศ และมาตรฐานนานาชาติที่เกี่ยวข้องกับความสอดคล้องด้านแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility - EMC) และใช้มาตรการต่าง ๆ เพื่อป้องกันอุปกรณ์ทั้งหมดบนรถจากการรบกวนด้านแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference - EMI)

เนื่องจากรถไฟฟ้าจะต้องทำงานในบริเวณที่มีอุปกรณ์ต่างๆ หลายประเภทที่อาจได้รับผลกระทบจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่มาจากรถไฟฟ้า ดังนั้นค่าการแผ่รังสีของรถไฟฟ้าจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้งานอยู่ในบริเวณเดียวกัน ซึ่งได้แก่อุปกรณ์ และสิ่งต่างๆ อย่างน้อย ดังต่อไปนี้

- เครื่องกำหนดจังหวะการเต้นของหัวใจ (Heart Pacemaker)
- การกระจายเสียงวิทยุสาธารณะ และบริการสื่อสารสาธารณะ
- ระบบวิทยุของขบวนรถ
- พนักงานที่ทำงานอยู่ในแนวเส้นทางราง ตำรวจ พนักงานดับเพลิง และอาคารข้างเคียง
- วิทยุมือถือ
- โรงพยาบาล
- ระบบควบคุมการจราจรของถนน
- ระบบควบคุมและเก็บข้อมูล
- โทรศัพท์มือถือ
- ระบบแจ้งข้อมูลข่าวสารแก่ผู้โดยสาร ระบบ CCTV ในห้องขับ และบนชานชาลา
- ระบบเสียงประกาศที่สถานีรถไฟฟ้า

อุปกรณ์ต่าง ๆ จะต้องได้รับการทดสอบตามข้อกำหนดในส่วนที่เกี่ยวข้องของมาตรฐาน EN 50121 (2006) ค่าระดับการแผ่รังสีสูงสุดของอุปกรณ์ใดๆ ก็ตามที่ติดตั้งบนขบวนรถไฟฟ้าจะต้องไม่เกินกว่าระดับที่กำหนดในมาตรฐาน EN 50121-3-2 (2007) และค่าระดับการแผ่รังสีของขบวนรถไฟฟ้าจะต้องไม่เกินกว่าระดับที่กำหนดในมาตรฐาน EN 50121-3-1 (2007)

อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนขบวนรถ ที่อาจได้รับผลกระทบจากการรบกวนด้านแม่เหล็กไฟฟ้า จะต้องได้รับการป้องกันการแผ่รังสีจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งจากแหล่งภายในและภายนอก ได้แก่

- ระบบวิทยุ ในพื้นที่ใกล้เคียงเส้นทางหลัก
- อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า และอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าสำหรับระบบประกอบอาคาร
- โทรศัพท์มือถือ วิทยุมือถือ
- สนามแม่เหล็กที่เกิดจากมอเตอร์ และขดลวดเหนี่ยวนำของระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า

5.7.8 ประตูรถไฟฟ้า

จำนวนประตู ความกว้าง ความสูง และตำแหน่งของประตูรถไฟฟ้าที่จะใช้ มีความสำคัญมาก ในกรณีที่ในอนาคตอาจจะมีการติดตั้ง Platform Screen Door จำนวนประตูรถ ความกว้าง ความสูง และตำแหน่งของประตูรถ จึงอาจต้องสอดคล้องใกล้เคียงกับประตูรถไฟฟ้าของช่วงหมอชิต - สะพานใหม่และระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร สายสีเขียวที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน (BTS)

โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วน ดังต่อไปนี้

- ประตูจะต้องเป็นชนิดเปิดออกจากกันทั้งสองด้าน (Bi-Parting) โดยทำงานด้วยไฟฟ้า
- จำนวนประตู ต้องมีอย่างน้อย 4 ชุด ในแต่ละข้างของรถไฟฟ้าหนึ่งคัน
- บานประตูทั้งสองบานของประตูแต่ละชุดจะต้องทำงานสอดคล้องพร้อมกัน และเมื่อเปิดสุดจะต้องมีระยะช่องเปิด (Clear Opening) ที่กว้างไม่น้อยกว่า 1.4 เมตร
- แรงที่ใช้ในการปิดประตูจะต้องสามารถปรับควบคุมได้ในช่วงระหว่าง 50N ถึง 140N ที่ระยะปิด 200mm สุดท้าย (หรือ 100mm สุดท้ายของประตูแต่ละบาน) ของประตู
- ประตูสำหรับผู้โดยสารทั้งหมดจะมีสลักกล (Mechanical Latch) ที่จะปิดยึดโดยอัตโนมัติเมื่อประตูปิดสนิท เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้โดยสารเปิดประตู
- สลักกลของประตูจะคลายออกโดยอัตโนมัติ เมื่อระบบควบคุมการเปิดประตูผู้โดยสารมีการสั่งการให้เปิดประตูอย่างถูกต้อง หรือเมื่อมีใช้ระบบเปิดประตูฉุกเฉินที่ติดตั้งอยู่ใกล้กับประตูชุดนั้น
- ประตูจะมีระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง (Obstruction Detection) ที่จะสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางที่มีขนาดเล็กเพียงขนาดแท่งทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm. หรือวัตถุที่มีความกว้าง 10 mm. และสูง 75 mm. ได้

5.7.9 ทางเดินระหว่างตู้รถ

ช่วงต่อระหว่างรถไฟฟ้าทุกคันที่ไม่ใช่คันปลายสุดของขบวนจะมีทางเดินระหว่างตู้รถ (Gangway) เพื่อให้สามารถเดินเชื่อมต่อระหว่างคันรถได้โดยปลอดภัย ในระหว่างที่วิ่งให้บริการเดินรถไม่ว่าจะในสภาพเงื่อนไขใด ๆ ทางเดินระหว่างรถไฟฟ้าเหล่านี้จะต้องไม่มีชิ้นส่วนใดๆ ที่ยื่นเกะกะออกมา ไม่มีซอกเล็กแคบใด ๆ ที่อาจทำให้นิ้วมือเข้าไปติด หรือมีชิ้นส่วนใด ๆ ที่อาจทำให้คนสะดุดหกล้มได้

ทางเดินระหว่างตู้รถ จะต้องมีขนาดของช่องเปิดที่ผ่านได้สะดวกสูงอย่างน้อย 1900mm และมีความกว้างระหว่าง 1200mm ถึง 1400mm พื้นของทางเดินระหว่างตู้รถ จะต้องมีความคงทน ถาวร และมีผิวพื้นที่ไม่ลื่น

ทางเดินระหว่างตู้รถ จะต้องปิดล้อมรอยต่อระหว่างรถไฟฟ้าอย่างสนิท ปราศจากรูรั่วที่จะเป็นทางให้ลม ฝุ่น และน้ำ รั่วไหลเข้ามาในรถไฟฟ้า และมีสภาพความเป็นฉนวนป้องกันอุณหภูมและเสียงที่ดีเพื่อให้แน่ใจได้ว่าจะยังคงสามารถรักษาสมรรถนะโดยรวมของระบบปรับอากาศ ระดับความดังของเสียงภายในขบวนรถไฟฟ้าไว้ได้

5.7.10 สภาพภายในของรถไฟฟ้า

สภาพภายในของรถไฟฟ้าที่มีภาพลักษณ์และการจัดวางผังที่ดี จะช่วยให้ผู้โดยสารสามารถเดินไปมาภายในรถไฟฟ้าได้อย่างสะดวกและปลอดภัย โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วน ดังต่อไปนี้

- ใช้โทนสีที่สว่าง เพื่อช่วยเสริมให้มองเห็นได้ชัดเจน และเป็นการช่วยผู้โดยสารที่มีความบกพร่องทางสายตา
- เลือกใช้สีที่ตัดกันอย่างชัดเจน สำหรับผนังปิด (Side Cladding) พื้น เสาจับ (Stanchions) มือจับ (Grab Handles) และเก้าอี้นั่ง
- จัดวางแนวเก้าอี้นั่งตามความยาวรถ ระหว่างผนังกันลมของประตู (Doorway Draught Screens) โดยมีที่นั่งอย่างน้อย 40 ที่ต่อรถไฟฟ้าหนึ่งคัน (ตู้) ไม่นับรวมที่สำหรับเก้าอี้เข็น (Wheelchairs)
- เก้าอี้นั่งจะต้องออกแบบให้นั่งสบาย สวยงาม ทนทานต่อการขีดข่วนและทุบทำลาย และออกแบบให้ช่วยลดการเลื่อนไหลของผู้นั่งตามแนวยาวของขบวนรถในช่วงที่มีการเร่งหรือชะลอความเร็ว โดยมีส่วนเว้าเป็นหลุมบนที่นั่งและผนักพิงอย่างเหมาะสม เพื่อรองรับผู้โดยสารที่นั่งอยู่แต่ละคน
- ภายในรถไฟฟ้าแต่ละคัน (ตู้) จะต้องมีพื้นที่อย่างน้อยหนึ่งที่สำหรับผู้โดยสารที่ใช้เก้าอี้เข็น โดยกำหนดตำแหน่งไว้เหมือน ๆ กันสำหรับรถไฟฟ้าแต่ละคัน ไว้ในตำแหน่งที่ชิดกับผนังด้านข้างบริเวณใกล้กับประตู และต้องจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับใช้ยึดรัดเก้าอี้เข็นไว้ด้วย ซึ่งอุปกรณ์นี้ในขณะที่ไม่ได้ใช้จะต้องไม่ยื่นเกะกะ และผู้โดยสารอื่นจะต้องสามารถยืนในพื้นที่สำหรับเก้าอี้เข็นดังกล่าวได้โดยสะดวก

5.7.11 ระบบรักษาความปลอดภัยในตัวรถไฟฟ้า

ระบบรักษาความปลอดภัยในตัวรถไฟฟ้าจะประกอบด้วย กล้องวงจรปิดที่จะติดตั้งไว้ในตัวรถไฟฟ้า และจอภาพโทรทัศน์วงจรปิดที่จะติดตั้งในห้องขับ (Cap) ซึ่งงานส่วนนี้จะถือเป็นส่วนหนึ่งของงานระบบสื่อสารที่ต้องติดตั้งบนขบวนรถไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดที่สำคัญบางส่วน ดังต่อไปนี้

- ติดตั้งกล้องโทรทัศน์วงจรปิดในรถไฟฟ้าทุกคัน โดยกล้องจะทำงานตลอดเวลาที่ขบวนรถไฟฟ้าไม่ได้อยู่ในสภาวะ "OFF"
- รถไฟฟ้าแต่ละคัน (ตู้) จะต้องมีกล้องโทรทัศน์วงจรปิดติดตั้งไว้อย่างน้อย 2 ชุด โดยจัดวางตำแหน่งการติดตั้งให้ครอบคลุมพื้นที่ภายในตัวรถโดยรวมทั้งหมด
- อัตราการจับภาพของกล้องแต่ละชุดต้องไม่น้อยกว่า 5 ภาพ (Frame) ต่อวินาที
- ติดตั้งจอภาพโทรทัศน์วงจรปิดในห้องขับ รวมทั้งชุดควบคุมอิเล็คทรอนิกส์ และแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้พนักงานขับรถไฟฟ้าสามารถดูภาพจากกล้องวงจรปิดที่ติดตั้งในรถไฟฟ้าคันต่างๆ ของขบวนรถไฟฟ้าขบวนนั้นๆ ได้ รวมทั้งสามารถแสดงภาพจากกล้องบนชานชาลาสถานีที่จะส่งภาพในระบบไร้สาย มาแสดงยังรถไฟฟ้าได้
- ติดตั้งระบบบันทึกภาพแบบดิจิตอลบนขบวนรถไฟฟ้า โดยใช้หน่วยความจำชนิดที่สามารถถอดได้ (Removable) และมีความจุในการบันทึกเพียงพอที่จะบันทึกภาพทั้งหมดที่บันทึกไว้โดยกล้องทั้งหมดบนขบวนรถไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 96 ชั่วโมง
- ภาพจากกล้องในตัวรถไฟฟ้า จะสามารถแสดงภาพบนจอภาพในห้องขับ ตามแต่ที่พนักงานขับรถไฟฟ้าจะเลือกดูได้โดยการควบคุมอย่างง่ายที่ชุดควบคุม และสามารถแสดงภาพแบ่งย่อย (Split-screen) เพื่อให้พนักงานขับเลือกดูภาพจากกล้องทุกตัวบนขบวนรถ พร้อมๆ กันได้
- เมื่อส่วนหนึ่งส่วนใดของขบวนรถไฟฟ้าอยู่ในชานชาลาของสถานี จอภาพในห้องขับจะแสดงภาพจากกล้องต่างๆ บนชานชาลาสถานีนั้น โดยอัตโนมัติ
- ระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิดบนรถไฟฟ้าจะทำงานประสานกับระบบแจ้งเหตุผู้โดยสาร (Passenger Alarm System) โดยเมื่อผู้โดยสารกดแจ้งเหตุจากจุดแจ้งเหตุภายในตัวรถไฟฟ้า กล้องโทรทัศน์วงจรปิดตัวที่สามารถให้ภาพที่ชัดเจนที่สุดของพื้นที่ดังกล่าวจะแสดงภาพขึ้นบนจอภาพให้พนักงานขับรถไฟฟ้าเห็นภาพได้ในทันที และบันทึกภาพ "เหตุการณ์" นั้นไว้
- ภาพ "เหตุการณ์" ที่บันทึกไว้อย่างน้อย 15 วินาที หลังจากที่มีการแจ้งเหตุ จะอยู่ในสภาพ "ห้ามลบ" (Overwrite Protected) เพื่อให้สามารถนำมาประเมินเหตุการณ์ได้ในอนาคต

5.8 ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ (Automatic Fare Collection System)

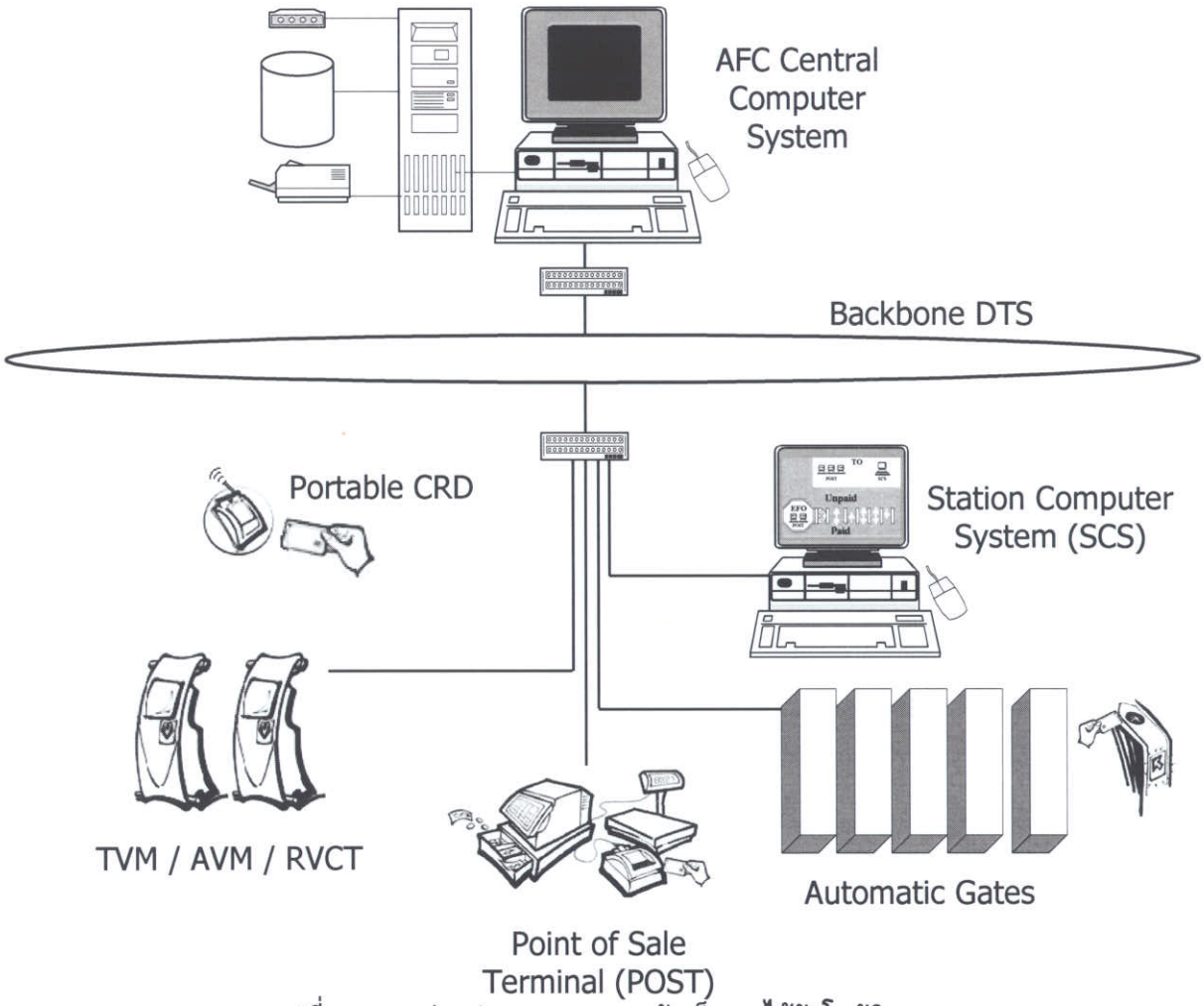
5.8.1 ภาพรวมของระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ

ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ หรือที่บางครั้งเรียกกันว่า ระบบจัดเก็บตั๋วอัตโนมัติ หรือ ระบบจัดเก็บค่าโดยสารอัตโนมัติ จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ดังต่อไปนี้

- ระบบคอมพิวเตอร์กลาง (Central Computer System) ซึ่งจะติดตั้งอยู่ในอาคารบริหารและควบคุมการเดินรถกลาง (Admin/OCC Building) ในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง
- ระบบคอมพิวเตอร์ที่สถานีรถไฟฟ้า (Station Computer System)
- ประตูอัตโนมัติ (Automatic Gate - AG)
- เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ (Ticket Issuing Machine - TIM) หรือที่บางครั้งเรียกกันว่า เครื่องขายตั๋วอัตโนมัติ (Ticket Vending Machine - TVM)
- เครื่องจำหน่ายตั๋ว (Point of Sales Terminal) ที่ห้องจำหน่ายและวิเคราะห์บัตรโดยสาร (Ticket Office - TO)
- เครื่องเติมเงินอัตโนมัติ (Add Value Machine – AVM)
- เครื่องตรวจสอบมูลค่าคงเหลือในบัตร (Remaining Value Check Terminal – RVCT)
- เครื่องตรวจสอบและออกตั๋วแบบพกพา (Portable Card Reading Device - CRD) เพื่อให้พนักงานใช้ในการสุ่มตรวจบัตรโดยสารของผู้เดินทางในระบบ และใช้ตรวจสอบแก้ไขบัตรที่มีปัญหา รวมทั้งขายตั๋วโดยสารชนิดที่ใช้ในการเดินทางแบบเที่ยวเดียว
- และอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์และออกบัตรโดยสาร (Analyzer/Dispenser – A/D) ที่ห้องจำหน่ายและวิเคราะห์บัตรโดยสาร เฉพาะในกรณีที่ใช้เทคโนโลยีบัตรโดยสารแถบแม่เหล็ก

ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ จะอ้างอิงตามมาตรฐานของสื่อโดยสารไร้สัมผัส ISO/IEC 14443 โดยใช้เหรียญ/บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (Contactless Smart Tokens - CST) สำหรับเฉพาะการเดินทางแบบเที่ยวเดียว (Single Journey Ticket) และใช้บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CSC) สำหรับตั๋วประเภทเติมเงิน (Stored Value) หรือตั๋วประเภทนับจำนวนเที่ยวการเดินทาง (Stored Ride)

อุปกรณ์ทั้งหมดของระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ จะต้องเชื่อมโยงสื่อสารกัน เพื่อให้ข้อมูลการตัดจ่ายค่าโดยสารทั้งหมดมีการบันทึก ประมวลผล และจัดเก็บไว้ในระบบคอมพิวเตอร์กลาง ของระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ อย่างถูกต้องและครบถ้วน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบ วิเคราะห์ และตรวจสอบได้



รูปที่ 5.8.1-1: ส่วนประกอบของระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ

การให้บริการเดินรถโครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ โดยผู้เดินรถรายใหม่ในลักษณะแยกเป็นอิสระจากระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน (BTS) จำเป็นต้องมีการเชื่อมต่อการเดินทางที่สถานี N9 และเพื่อความสะดวกในการเชื่อมต่อการเดินทาง ระบบตั๋วที่ใช้ระหว่างเส้นทางเดิมและส่วนต่อขยายช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ จึงควรเป็นระบบตั๋วร่วมที่สมบูรณ์ (Fully Integrated Common Ticketing System) ซึ่งหมายถึงการมีระบบตั๋วที่เป็นระบบเดียวกันทั้งในส่วนระบบตั๋วที่ใช้ในเดินทางแบบเที่ยวเดียว (Single Journey Ticket) และระบบตั๋วประเภทเติมเงิน (Stored Value Ticket)

รายละเอียดของการศึกษาเรื่องระบบตั๋วร่วม ทางเลือกระบบตั๋ว เทคโนโลยีที่เหมาะสม และข้อเสนอแนะแนวทางดำเนินการในเรื่องระบบตั๋ว จะคล้ายกับ รายงานการทบทวนการศึกษาความเหมาะสมของโครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ อย่างไรก็ตาม ได้มีการพัฒนาในหลาย ๆ ด้าน เพื่อให้ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ เป็นระบบที่สมบูรณ์ ซึ่งในรายงานฉบับนี้ได้รวมการพิจารณาและปรับแก้เล็กน้อย เพื่อให้ โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยาย

ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ และ สะพานใหม่ — ลำลูกกา สามารถใช้งานร่วมกับระบบตั๋วขนส่งมวลชนกรุงเทพเดิม และระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ อื่น ๆ ได้ ซึ่งขณะนี้ บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) และ บริษัท รถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด(มหาชน) ได้ร่วมกันจัดตั้งบริษัทตั๋วร่วมในนามของบริษัท Bangkok Smart Card (BSS) ออกแบบการใช้งานบัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CSC) Fare Media และบัตรโดยสารประเภทเติมเงิน (SVT) จะต้องทำรวมกันในนามของ BSS ซึ่งจะไม่ใช้การใช้งานเฉพาะระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร เท่านั้น สำหรับบัตรโดยสารประเภทเที่ยวเดียว ซึ่งใช้วัสดุที่แตกต่างออกไป ก็มีสื่อโดยสารของเหรียญ/บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CST Fare Media)หลายประเภทที่สามารถนำมาใช้เป็นบัตรโดยสารประเภทเที่ยวเดียวได้

5.8.2 การออกแบบองค์ประกอบของระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ

ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติจะต้องเป็นระบบที่ทันสมัย ใช้งานง่ายและดึงดูดใจ สร้างตามมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับ และออกแบบให้สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยมีการคำนึงถึงลักษณะเฉพาะพิเศษต่างๆ ของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ และสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ด้วย การออกแบบระบบจะต้องออกแบบให้ใช้งานได้สะดวก มีการป้องกันความปลอดภัยของข้อมูล ป้องกันการทุจริต และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ

สำหรับระบบตั๋วประเภทเติมเงิน (Stored Value) ซึ่งกำหนดให้ใช้เทคโนโลยีบัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CSC) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเดียวกับที่ BTS ใช้อยู่ในปัจจุบัน และเป็นเทคโนโลยีที่พิจารณาแล้วว่ามีความเหมาะสม สามารถประกวดราคางานโดยมีการแข่งขันกันอย่างเป็นธรรมได้ แต่จำเป็นต้องประสานงานกับผู้เดินรถ BTS/BSS เพื่อตกลงในเรื่องการกำหนดข้อมูลบนบัตรและประเด็นเทคนิคอื่นๆ ซึ่ง BSS จะเป็นตัวกลางในการประมวลและแบ่งรายได้ระหว่างผู้เดินรถแต่ละรายอย่างเป็นธรรม

รูปที่ 5.8.2-1: Contactless Smart Card - ภาพตัวอย่างจาก BTS

สำหรับตั๋วประเภทเดินทางแบบเที่ยวเดียว (Single Journey Ticket) กำหนดให้ใช้เทคโนโลยีเหรียญ/บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CST) หรือเทคโนโลยีบัตรอัจฉริยะที่มีราคาต่ำกว่า ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ต่างจากเทคโนโลยีบัตรโดยสารแถบแม่เหล็ก (Magnetic Card) ที่ BTS ใช้อยู่ในปัจจุบัน สำหรับตั๋วประเภทเดินทางแบบเที่ยวเดียว (Single Journey Ticket) แตกต่างจากบัตรโดยสารประเภทเติมเงิน (SVT) เนื่องจากตั๋วประเภทเดินทางแบบเที่ยวเดียว (Single Journey Ticket) ที่ใช้เดินทางเฉพาะในระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ และสะพานใหม่-ลำลูกกา ซึ่งต้องทำงานร่วมกับ บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด เพียงรายเดียว เนื่องจากเส้นทางการเดินรถแยกออกจากบริษัท รถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) จึงไม่มี พื้นที่ชำระเงินค่าโดยสาร (Common Paid Areas) ร่วมกับบริษัท รถไฟฟ้ากรุงเทพ

จำกัด(มหาชน) แต่ เทคโนโลยีเหรียญ/บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CST) เป็นเทคโนโลยีที่พิจารณาแล้วว่ามีความเหมาะสมกว่าหลายด้าน และสามารถประกวดราคางานโดยมีการแข่งขันกันได้อย่างเป็นธรรม และเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วจะพบว่าถ้าภาครัฐสามารถเจรจาผลักดันหรือสนับสนุนให้ BTS เปลี่ยนแปลงระบบตั๋วประเภทเดินทางแบบเที่ยวเดียวจากเทคโนโลยีบัตรโดยสารแถบแม่เหล็ก มาเป็นระบบเหรียญ/บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัสสัมผัส (CST) ซึ่งค่าลงทุนในการเปลี่ยนตั๋วประเภทเดินทางแบบเที่ยวเดียว (Single Journey Ticket) เป็น เหรียญ/บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CST) จะต่ำกว่าการเปลี่ยนไปเป็นระบบเหรียญโดยสารเพื่อรับเหรียญ เหรียญ/บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CST) และสามารถลดค่าบริหารในระยะยาวโดยรวมลงได้กว่าการใช้เทคโนโลยีบัตรโดยสารแถบแม่เหล็กที่ BTS ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยเฉพาะถ้าจะมีการขยายระบบออกไปอีกในโครงการส่วนต่อขยาย ช่วงแบริ่ง - สมุทรปราการ ช่วงตากสิน - บางหว้า และส่วนต่อขยายอื่นๆ ในอนาคต

นอกจากนี้ หากพิจารณาในด้านการบำรุงรักษาในระยะยาวแล้ว การบำรุงรักษาระบบที่ใช้เทคโนโลยีเหรียญ/บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CST) จะบำรุงรักษาได้ง่ายกว่า และมีค่าบำรุงรักษาที่ต่ำกว่า ระบบที่ใช้เทคโนโลยีบัตรโดยสารแถบแม่เหล็กมาก

รูปที่ 5.8.2-2: ตัวอย่าง Contactless Smart Token รูปแบบต่างๆ

ในเทคโนโลยี เหรียญ/บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CST) ใช้สำหรับการเดินทางประเภทเที่ยวเดียว (Single Journey Ticket) และประเภทวันเดียวใน London และ Soule และคาดว่าในปี 2010 ประเทศสิงคโปร์ ประเทศฮ่องกง และดูไบจะเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีนี้ด้วย

รูปที่ 5.8.2-3: ตัวอย่าง Automatic Gate ที่สามารถรองรับ บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CSC) และ เหรียญ/บัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CST) – ภาพประตูขาเข้าจากโครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล, Singapore SMRT และประตูขาออกของ BTSC และ MTR Hong Kong

ที่สถานีรถไฟฟ้าจะมีการล้อมกั้นแบ่งแยกพื้นที่ที่ยังไม่ได้ชำระเงินค่าโดยสาร (Unpaid Area) กับพื้นที่ชำระเงินค่าโดยสารแล้ว (Paid Area)ออกจากกันโดยสมบูรณ์ด้วยแนวกั้น (Barrier Line) โดยในแนวกั้นแต่ละแนวจะประกอบด้วย ห้องจำหน่ายและวิเคราะห์บัตรโดยสาร (Ticket Office - TO) ประตูอัตโนมัติ แบบกว้าง (Wide Automatic Gate) ที่มีความกว้างอย่างน้อยที่สุด 0.9 เมตร สำหรับผู้ใช้รถเข็นหรือผู้พิการสามารถผ่านได้โดยสะดวก และมีประตูอัตโนมัติประเภทขาเข้า (Entry Gate) ประตูอัตโนมัติประเภทขาออก (Exit Gate) และประตูอัตโนมัติประเภทสลับทาง (Reversible) ตามความจำเป็น และมีบานเปิดแบบอัตโนมัติ (Automatic Swing Gate - ASG) หรือบานประตูเปิดปิด (Hinged Flap Gate) อย่างน้อย 1 ชุดการใช้ในกรณีฉุกเฉินหรือใช้สำหรับงานซ่อมบำรุง และมีชุดแนวกั้นถาวร (Fixed Barrier) เพื่อใช้ประกอบต่อรวมเป็นแนวกั้นที่สมบูรณ์

ในส่วนของบานประตูเปิดปิดจะเป็นประเภทที่มีชุดล็อคด้วยไฟฟ้า และควบคุมการเปิดด้วยระบบควบคุมการเข้าออก (Access Control System) จากห้องจำหน่ายและวิเคราะห์บัตรโดยสาร (TO) และโดยสัญญาณจากแผงระบบเตือนอัคคีภัยในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉินที่ต้องการเปิดประตูอัตโนมัติทั้งหมดของระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ เพื่อให้ผู้โดยสารอพยพออกจากสถานี แผงระบบเตือนอัคคีภัยควรมีการติดตั้งปุ่มกดเพื่อใช้เปิดประตูอัตโนมัติทั้งหมดเป็นมาตรการสำรองเผื่อไว้ด้วย

รูปที่ 5.8.2-4: ภาพตัวอย่าง Automatic Wide Gate สำหรับผู้ใช้รถเข็นหรือผู้พิการ

รูปที่ 5.8.2-5: ภาพตัวอย่างเครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ (Ticket Vending Machine - TVM) และเครื่องเติมเงินอัตโนมัติ (Add Value Machine - AVM)

รูปที่ 5.8.2-6: ภาพตัวอย่างอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ของเครื่องจำหน่ายตั๋ว (Point of Sales Terminal) ภายในห้องจำหน่ายและวิเคราะห์บัตรโดยสาร (Ticket Office) และภาพตัวอย่างห้องจำหน่ายและวิเคราะห์บัตรโดยสารของโครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน (BTS)

5.8.3 ข้อกำหนดด้านธุรกิจ

ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติ จะต้องเป็นระบบที่สอดคล้องทำงานเข้ากันได้กับระบบบัตรอัจฉริยะ (Smart Cards) ที่ได้รับการเสนอให้ใช้เป็นมาตรฐานของอุตสาหกรรมในด้านนี้ รองรับการมีศูนย์ประมวลและจัดแบ่งรายได้ (Clearing House) และรองรับการทำงานในลักษณะตั๋วร่วมกับผู้ให้บริการขนส่งอื่น ๆ นอกจากนี้ ระบบจะต้องสามารถทำงานสอดคล้องและรองรับหลักการค่าโดยสารร่วม (Common Fares) กับบริการขนส่งอื่น ๆ รวมทั้งการเดินทางที่ต้องมีการเชื่อมต่อกันหลายระบบ (Multi-Modal Trips) โดยที่ไม่มีการเชื่อมต่อกันโดยตรงผ่านพื้นที่ชำระเงินค่าโดยสาร (Common Paid Areas)

ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติจะต้องมีการกำหนดจำนวนและขนาด ให้สามารถรองรับจำนวนผู้โดยสารที่คาดการณ์ไว้ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า และตอนเย็น ทั้งสองทิศทางได้ และจะต้องเป็นระบบปิด (Closed System) ที่สมบูรณ์ เพื่อป้องกันการแอบเดินทางโดยผู้ไม่มีสิทธิ ลดการทุจริตโดยพนักงาน และลดจำนวนพนักงานตรวจตั๋วลงให้เหลือน้อยที่สุด

สื่อโดยสาร (Fare Media) ที่ใช้จะต้องมีขนาดหน่วยความจำและมีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลเพียงพอที่จะเก็บข้อมูลและประมวลผลตามเงื่อนไข หรือกฎการใช้ตั๋วร่วมกับผู้ให้บริการขนส่งรายอื่นได้ และต้องสามารถดำเนินการภายใต้โครงสร้างค่าโดยสาร (Fare Structure) และแผนส่งเสริมการตลาดต่าง ๆ ได้ด้วย

ระบบจะต้องมีส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interfaces) ที่สามารถใช้งานได้โดยง่ายและแสดงข้อมูลอย่างเพียงพอสำหรับทั้งผู้ที่ใช้งานเป็นประจำและผู้ที่ใช้งานเป็นครั้งคราว โดยคำสั่งและข้อความต่าง ๆ ที่แสดงจะต้องแสดงทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ

ระบบจัดเก็บรายได้อัตโนมัติจะต้องมีความยืดหยุ่นสูงสุดในการรองรับตั๋วโดยสารประเภทต่าง ๆ เช่น ตั๋วที่คิดค่าโดยสารตามราคาการเดินทาง (Value Based), ตั๋วที่คิดค่าโดยสารตามจำนวนเที่ยวของการเดินทาง (Trip Based) หรือคิดตามเวลา (Time Based) และสามารถกำหนดตารางค่าโดยสารของตั๋วแต่ละประเภทให้กับ

ตั๋วประเภทต่างๆ ตามแต่ว่าวันนั้นเป็นวันใดของสัปดาห์ หรือช่วงเวลาใดของแต่ละวัน ข้อมูลการตัดจ่ายค่าโดยสาร และข้อมูลสำคัญอื่นๆ จะต้องได้รับการจัดเก็บ และทำการประมวลผลอย่างถูกต้อง และเชื่อถือได้ โดยจะต้องไม่มีการสูญหายของข้อมูลรายการการใช้งานไม่ว่าจะในกรณีใด ๆ

ระบบจะต้องสามารถผลิตรายงานรายละเอียดด้านต่าง ๆ ที่จะช่วยในการวางแผนการให้บริการ และเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับแผนส่งเสริมการตลาดต่าง ๆ และรวมไปถึงการดูแลรักษาความถูกต้องของข้อมูลในรายงานต่างๆ ในด้านการเงิน

5.9 ระบบประตูกั้นแนวขอบชานชาลา (Platform Screen Door System)

ระบบประตูกั้นแนวขอบชานชาลา (Platform Screen Door System หรือ PSD System) หรือที่โครงการบางแห่งเรียกว่า Platform Edge Barrier (PEB) System เป็นการออกแบบเพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้ดำเนินโครงการสามารถเลือกที่จะดำเนินการติดตั้งใช้งานในโครงการสะพานใหม่ - ลำลูกกาได้ถ้าต้องการ และเพื่อให้เหมือนกับข้อกำหนดความต้องการของระบบรถไฟฟ้าช่วงหมอชิต - สะพานใหม่

ระบบประตูกั้นแนวขอบชานชาลา ที่ออกแบบไว้สำหรับโครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา มีรายละเอียดที่สำคัญของระบบ ดังต่อไปนี้

- ส่วนประกอบหลักของระบบประกอบด้วย โครงกรอบประตู (Structural Frame) ประตูกั้นแบบบานเลื่อน (Sliding Barrier Door) แผงกั้นที่ยึดติดกับที่ (Fixed Screen) ประตูกั้นแบบบานเปิด (Hinged Barrier) ประตูฉุกเฉินที่ปลายชานชาลา (Emergency End Walkway Gate) อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensors) และระบบควบคุม (Control System)
- ประตูกั้นแนวขอบชานชาลา จะเป็นประตูหรือรั้วกั้นใส (Transparent) แบบความสูงครึ่งบาน (Half Height Barriers) ที่สูงจากระดับพื้นชานชาลาขึ้นมา 1.3 เมตร โดยติดตั้งกับโครงกรอบประตูที่ติดตั้งยึดกับพื้นชานชาลายาวตลอดความยาวชานชาลา
- ประตูกั้นแบบบานเลื่อน (Sliding Barrier Doors) หรือชุดประตู (Doorsets) จะติดตั้งไว้กับโครงกรอบประตู ในตำแหน่งที่ตรงกับตำแหน่งประตูของขบวนรถไฟฟ้า ซึ่งมีขนาดความยาวของขบวนรถสูงสุดได้ถึง 6 ตู้/ขบวน
- แผงกั้นที่ยึดติดกับที่ (Fixed Screen) จะติดตั้งปิดไว้ระหว่างชุดประตู ยกเว้นในตำแหน่งที่ตรงกับตำแหน่งหัวท้ายของขบวนรถไฟฟ้าขนาด 4 ตู้/ขบวน และของขบวนรถไฟฟ้าขนาด 6 ตู้/ขบวน ซึ่งจะติดตั้งประตูกั้นแบบบานเปิด

- ประตูกั้นแบบบานเปิด (Hinged Barrier) จะเป็นประตูที่เปิดเข้ามาในฝั่งชานชาลา (Swing inwards) ได้เท่านั้น จะติดตั้งไว้กับโครงกรอบประตู ในตำแหน่งที่ตรงกับตำแหน่งหัวท้ายของขบวนรถไฟฟ้าขนาด 4 ตู้/ขบวน และของขบวนรถไฟฟ้าขนาด 6 ตู้/ขบวน เพื่อใช้เป็นทางเข้า-ออก ของพนักงานขับ (Train Driver) สู่ห้องขับได้โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านเข้าไปในส่วนตู้โดยสาร
- ประตูฉุกเฉินที่ปลายชานชาลา (Emergency End Walkway Gate) จะติดตั้งที่ปลายทั้งสองด้านของชานชาลาเพื่อเป็นช่องทางเข้า-ออกจากพื้นที่ชานชาลา ลงไปสู่แนวเส้นทางของระบบขนส่งซึ่งเป็นพื้นที่หวงห้าม (Restrict Area) โดยเป็นประตูแบบบานเปิดที่สามารถเปิดเข้าและเปิดออกได้ทั้งสองทางและมีระบบล็อคเมื่อปิดประตู (Locked when closed)
- จะต้องมีอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensors & Monitoring Devices) ซึ่งจะตรวจวัดและยืนยันว่าประตูทุกบานของระบบได้ปิดลงแล้ว และล็อคแล้ว
- อุปกรณ์ต่างๆ ของระบบประตูกั้นแนวขอบชานชาลา จะมีอายุการใช้งาน 30 ปี โดยจะต้องการการปรับปรุงใหม่ (Refurbishment) เมื่อใช้งานไปแล้วอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 20 ปี
- ระบบประตูกั้นแนวขอบชานชาลา จะต้องสามารถทำงานร่วมกับระบบอาณัติสัญญาณ โดยต้องสามารถทำงานได้ทั้งขณะที่ใช้ขบวนรถไฟฟ้าขนาด 4 ตู้/ขบวน และขนาด 6 ตู้/ขบวน ให้บริการเดินรถร่วมกัน โดยประตูกั้นจะต้องสามารถเปิดได้ถูกต้องปลอดภัย ตรงตามตำแหน่ง และจำนวนตู้ของขบวนรถไฟฟ้าที่มาจอด
- โครงสร้างของระบบประตูกั้นแนวขอบชานชาลา จะต้องออกแบบให้มีความแข็งแรงโดยสามารถรองรับแรงลมที่อาจเกิดขึ้นที่สถานียกระดับ และแรงดันอากาศที่จะเกิดขึ้นจากขบวนรถไฟฟ้าที่วิ่งเข้ามา วิ่งออกไป หรือวิ่งผ่านสถานี โดยต้องคำนึงถึงความเร็วใช้งานของขบวนรถ และรูปทรงของโครงสร้าง ประกอบกัน
- แรงที่ใช้ในการปิดประตูกั้นแบบบานเลื่อน จะต้องสามารถปรับควบคุมได้ให้มีแรงรวมไม่สูงกว่า 140N และ/หรือมีพลังงานจลน์ในการปิดประตูไม่เกิน 9.5 Joules และในระยะปิด 150mm สุดท้ายของประตูต้องมีพลังงานจลน์ในการปิดประตูไม่เกิน 2 Joules ต่อประตู
- ประตูจะมีระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง (Obstruction Detection) ที่จะสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางที่ทำให้เกิดช่องขนาด 20mm ระหว่างประตูบานเลื่อนได้ ในกรณีที่สิ่งกีดขวางทำให้เกิดช่องขนาดเล็กกว่า 20mm ระหว่างประตู และประตูปิดลงและหนีบวัตถุนั้นไว้ แรงปิดของประตูจะต้องไม่สูงจนไม่สามารถดึงวัตถุนั้นออกได้

- ในกรณีที่ระบบไฟฟ้าปรกติเกิดการล้มเหลว (Failure) ระบบประตูกั้นแนวขอบชานชาลา จะต้องสามารถทำงานได้ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง โดยใช้ระบบกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply - UPS) จากส่วนกลาง
- ในกรณีที่ระบบไฟฟ้าต่างๆ ล้มเหลวโดยสิ้นเชิง จะต้องไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของกลไกของระบบประตูที่จะต้องสามารถปลดล็อคด้วยมือเพื่อเปิดประตูกั้นแบบบานเลื่อนได้โดยผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้อง ทั้งจากทางด้านฝั่งชานชาลา หรือจากทางด้านฝั่งราง

รูปที่ 5.8.2-6: ภาพตัวอย่าง Platform Screen Doors จากประเทศเกาหลีใต้

5.10 การประมาณราคาและจัดทำข้อกำหนดด้านเทคนิคระบบรถไฟฟ้า

5.10.1 การประมาณราคาเบื้องต้นระบบรถไฟฟ้า

ประมาณราคาเบื้องต้นของระบบรถไฟฟ้าทั้งหมด รวมทั้งตัวรถไฟฟ้าเองที่ต้องจัดซื้อเพื่อใช้งาน ในระยะ 30 ปีของการให้บริการเดินรถโครงการรถไฟฟ้า สายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา แสดงอยู่ใน **ตารางที่ 5.10.1-1**

ส่วนในกรณีที่จะดำเนินการโครงการโดยแยกออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ช่วงสะพานใหม่ - คูคต และช่วงคูคต - ลำลูกกา สามารถประเมินราคาระบบรถไฟฟ้าได้ดังแสดงอยู่ใน**ตารางที่ 5.10.1-2** และ**ตารางที่ 5.10.1-3**

การแบ่งประมาณราคาดังกล่าวอ้างอิงจากลักษณะการดำเนินโครงการเป็น 2 ระยะ ได้แก่

- โครงการระยะที่ 1 ช่วงสะพานใหม่ - คูคต กำหนดเปิดให้บริการเดินรถในปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015) แสดงราคาระบบรถไฟฟ้าทั้งหมด โดยคิดราคารวมอุปกรณ์ระบบรถไฟฟ้าและอุปกรณ์ซ่อมบำรุงที่ต้องติดตั้งในศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ

(Depot/OCC) ที่คูคต และขบวนรถไฟฟ้า 12 ขบวน ซึ่งเพียงพอสำหรับการใช้งานเดินรถในช่วง 30 ปี แต่ไม่รวมราคาอุปกรณ์ระบบจ่ายไฟฟ้า (Power Supply System) ที่จะต้องติดตั้งที่สถานีรับไฟฟ้า (Receiving Substation - RSS) ซึ่งกำหนดให้ตั้งอยู่ในเส้นทางช่วงหมอชิต – สะพานใหม่ บริเวณใกล้สถานี N19

- โครงการระยะที่ 2 ช่วงคูคต – ลำลูกกา กำหนดเปิดให้บริการเดินรถในปี พ.ศ. 2571 (ค.ศ. 2028) แสดงราคาระบบรถไฟฟ้าทั้งหมด ในเส้นทางช่วงดังกล่าว และขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องซื้อเพิ่มเติมอีก 3 ขบวน (รวมเป็นจำนวนขบวนรถทั้งหมดที่ต้องใช้ตลอดช่วงสะพานใหม่ – ลำลูกกา เท่ากับ 15 ขบวน) เพื่อให้เพียงพอใช้งานจนถึงปีที่ 30 (พ.ศ. 2587 หรือ ค.ศ. 2044)

โดยในการประมาณราคาเบื้องต้นของระบบรถไฟฟ้าทั้งหมด มีสมมุติฐานหลักอื่นๆ ที่ใช้ในการประมาณราคา ดังนี้

- ประมาณราคาจะอ้างอิงจากรูปแบบการให้บริการเดินรถ ที่ให้บริการต่อเนื่องเป็นระบบเดียวกัน โดยผู้เดินรถรายเดียวกันกับช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ และผู้เดินรถเป็นผู้เดินรถรายใหม่ ที่ให้บริการเดินรถเฉพาะเส้นทาง ช่วงหมอชิต – สะพานใหม่ – ลำลูกกา
- ราคาประมาณเป็นค่าราคาจริง (Real Cost) ที่ไม่รวมภาษีนำเข้า และภาษีอื่นๆ
- ราคาประมาณของ ช่วงสะพานใหม่ – ลำลูกกา คิดจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ 15 ขบวน (ยาว 4 ตู้/ขบวน) โดยอ้างอิงจากขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องใช้ทั้งหมด ในระยะ 30 ปี ในการให้บริการเดินรถ ช่วงหมอชิต - ลำลูกกา ที่ประเมินได้จำนวน 36 ขบวน หักลบจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่การศึกษาออกแบบเดิม ช่วงหมอชิต – สะพานใหม่ ประเมินไว้ 21 ขบวน (36 – 21 = 15)
- ระบบ AFC ประมาณราคาจากอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีบัตร/เหรียญโดยสารอัจฉริยะไร้สัมผัส (CSC/CST)
- ระบบ Security Access Control System ประมาณราคาจากระบบที่เป็น IP Base System โดยมีการบันทึกเวลาเข้าออก(Time Attendance Logging)
- ราคาประมาณเป็นบาทที่คิดจากเงินสกุลอื่น ใช้อัตราแลกเปลี่ยนที่ประมาณ 35 บาท/เหรียญสหรัฐฯ

ตารางที่ 5.10.1-1: ประมาณราคาระบบรถไฟฟ้า ช่วงสะพานใหม่ – ลำลูกกา โดยดำเนินการโครงการพร้อมกันในคราวเดียว (หน่วยเป็น บาท)

Item	System	Sub-System	%	Price
1	**FIXED RAILWAY SYSTEMS**			**N21-N28**
1.1	Power Supply	RSS		0
		TSS		631,538,669
		ASS		345,546,464
		Cabling		160,283,124
		UPS / Emergency Supply		71,674,105
		Allowance for Spares	4.5%	54,406,906
		Sub-Total		**1,263,449,269**
1.2	Signalling	CTC		153,534,319
		CBI/ATC		366,399,344
		ATC Trainborne		191,873,571
		Trackside Equipment		152,313,183
		Allowance for Spares	4.5%	38,885,419
		Sub-Total		**903,005,836**
1.3	Communications	Radio		232,091,151
		CCTV		199,880,529
		PA		94,320,979
		Master Clock		30,187,765
		Telephone		102,076,879
		BTN		179,185,685
		PIS		120,267,720
		Allowance for Spares	4.5%	43,110,482
		Sub-Total		**1,001,121,189**
1.4	Railway Control Facilities	RCF		373,975,377
		Allowance for Spares	4.5%	16,828,892
		Sub-Total		**390,804,269**
1.5	Automatic Fare Collection	Fare Media		248,637,486
		Central Equipment		309,551,291
		Station Equipment		733,119,339
		Allowance for Spares	4.5%	58,108,865
		Sub-Total		**1,349,416,982**
1.6	SCADA	Central Equipment		200,664,994
		Station Equipment		292,016,002
		Allowance for Spares	2.7%	13,302,387
		Sub-Total		**492,680,996**
1.7	Depot Equipment	Equipment		783,922,868
		Sub-Total (Incl. Spares)		**783,922,868**
1.8	Platform Screen Doors	Half Height Doors		200,000,000
		Sub-Total (Incl. Spares)		**200,000,000**
1.9	Others	Access Control		18,000,000
		Sub-Total (Incl. Spares)		**18,000,000**
	Sub Total Fixed Systems			6,402,401,409
2	**ROLLING STOCK**	15 4-Car Trains		3,430,269,780
	Sub Total Rolling Stock			3,430,269,780
	Contingency		10.0%	983,267,119
	TOTAL			**10,815,938,308**

ตารางที่ 5.10.1-2: ประมาณราคาระบบรถไฟฟ้า โครงการระยะที่ 1 ช่วงสะพานใหม่ - คูคต (หน่วยเป็น บาท)

Item	System	Sub-System	%	Price
1	**FIXED RAILWAY SYSTEMS**			**N21-N24**
1.1	Power Supply	RSS		0
		TSS		462,160,319
		ASS		242,760,704
		Cabling		92,177,429
		UPS / Emergency Supply		46,620,385
		Allowance for Spares	4.5%	37,967,348
		Sub-Total		**881,686,185**
1.2	Signalling	CTC		152,907,072
		CBI/ATC		220,844,570
		ATC Trainborne		168,645,626
		Trackside Equipment		136,272,276
		Allowance for Spares	4.5%	30,540,130
		Sub-Total		**709,209,674**
1.3	Communications	Radio		217,320,951
		CCTV		161,910,609
		PA		80,321,219
		Master Clock		25,944,165
		Telephone		83,681,079
		BTN		132,180,502
		PIS		90,186,542
		Allowance for Spares	4.5%	35,619,528
		Sub-Total		**827,164,594**
1.4	Railway Control Facilities	RCF		373,975,377
		Allowance for Spares	4.5%	16,828,892
		Sub-Total		**390,804,269**
1.5	Automatic Fare Collection	Fare Media		248,637,486
		Central Equipment		309,551,291
		Station Equipment		392,807,339
		Allowance for Spares	4.5%	42,794,825
		Sub-Total		**993,790,942**
1.6	SCADA	Central Equipment		200,664,994
		Station Equipment		183,652,899
		Allowance for Spares	2.7%	10,376,583
		Sub-Total		**384,317,893**
1.7	Depot Equipment	Equipment		783,922,868
		Sub-Total (Incl. Spares)		**783,922,868**
1.8	Platform Screen Doors	Half Height Doors		100,000,000
		Sub-Total (Incl. Spares)		**100,000,000**
1.9	Others	Access Control		10,000,000
		Sub-Total (Incl. Spares)		**10,000,000**
	Sub Total Fixed Systems			5,080,896,425
2	**ROLLING STOCK**	12 4-Car Trains		2,744,215,824
	Sub Total Rolling Stock			2,744,215,824
	Contingency		10.0%	782,511,225
	TOTAL			**8,607,623,474**

ตารางที่ 5.10.1-3: ประมาณราคาระบบรถไฟฟ้า โครงการระยะที่ 2 ช่วงคูคต – ลำลูกกา (หน่วยเป็น บาท)

Item	System	Sub-System	%	Price
1	**FIXED RAILWAY SYSTEMS**			**N25-N28**
1.1	Power Supply	RSS		0
		TSS		244,668,146
		ASS		178,519,604
		Cabling		84,698,731
		UPS / Emergency Supply		45,063,025
		Allowance for Spares	4.5%	24,882,728
		Sub-Total		**577,832,234**
1.2	Signalling	CTC		152,907,072
		CBI/ATC		148,067,183
		ATC Trainborne		98,961,790
		Trackside Equipment		89,663,027
		Allowance for Spares	4.5%	22,031,958
		Sub-Total		**511,631,030**
1.3	Communications	Radio		215,003,451
		CCTV		91,760,399
		PA		67,790,239
		Master Clock		25,944,165
		Telephone		72,186,279
		BTN		131,893,338
		PIS		51,647,843
		Allowance for Spares	4.5%	29,530,157
		Sub-Total		**685,755,870**
1.4	Railway Control Facilities	RCF		0
		Allowance for Spares	4.5%	0
		Sub-Total		**0**
1.5	Automatic Fare Collection	Fare Media		0
		Central Equipment		0
		Station Equipment		392,807,339
		Allowance for Spares	4.5%	17,676,330
		Sub-Total		**410,483,669**
1.6	SCADA	Central Equipment		0
		Station Equipment		288,226,172
		Allowance for Spares	2.7%	7,782,107
		Sub-Total		**288,226,172**
1.7	Depot Equipment	Equipment		0
		Sub-Total (Incl. Spares)		**0**
1.8	Platform Screen Doors	Half Height Doors		100,000,000
		Sub-Total (Incl. Spares)		**100,000,000**
1.9	Others	Access Control		10,000,000
		Sub-Total (Incl. Spares)		**10,000,000**
	Sub Total Fixed Systems			2,583,928,975
2	**ROLLING STOCK**	3 4-Car Trains		686,053,956
	Sub Total Rolling Stock			686,053,956
	Contingency		10.0%	326,998,293
	TOTAL			**3,596,981,225**

5.10.2 การจัดทำข้อกำหนดด้านเทคนิคระบบรถไฟฟ้า

เอกสารข้อกำหนดด้านเทคนิคของระบบรถไฟฟ้า ที่ที่ปรึกษาดำเนินการจัดทำ และจัดส่งแยกต่างหากจากรายงานฉบับนี้ประกอบด้วยเอกสารต่างๆ ดังนี้

- General Specification (GS) for Railway Systems
- General Specification (GS) for Civil Works Interfaces with Railway Systems
- General Scope & Service Requirements (GSSR)
- Preliminary Operations and Maintenance Plan
- Particular Specification ของระบบต่างๆ ได้แก่
  - PS01 – Rolling Stock
  - PS02 – Power Supply
  - PS03 – Signalling CBTC
  - PS04 – Communications
  - PS05 – Railway Control Facilities (RCF)
  - PS06 – Automatic Fare Collection (AFC)
  - PS07 – SCADA & BMS
  - PS08 – Operational Signage
  - PS09 – Depot Equipment
  - PS10 – Access Control & Security System (ACS)
  - PS11 – Platform Screen Doors (PSD)

บทที่ 6

การออกแบบศูนย์ซ่อมบำรุง

บทที่ 6: การออกแบบศูนย์ซ่อมบำรุง

6.1 การคัดเลือกพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง

6.1.1 ความเป็นมา

ในช่วงแรกของการดำเนินโครงการ ที่ปรึกษาได้ออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา คลองสี่ ระยะทางประมาณ 13.9 กิโลเมตร เป็นทางวิ่งยกระดับทั้งหมด มีสถานีจำนวน 8 สถานี (สถานี N21 ถึงสถานี N28) มีศูนย์เชื่อมต่อการเดินทาง (ITF) 2 แห่งที่บริเวณสถานี N23 (สถานี กม.25) และบริเวณสถานี N28 (สถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก)

สำหรับประเด็นการพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์ซ่อมบำรุงของโครงการนั้น จากผลการศึกษาในช่วงแรก พบว่า ตำแหน่งที่ตั้งปลายเส้นทางบริเวณลำลูกกาคลองห้า ตรงข้ามบิ๊กซี ลำลูกกา บนพื้นที่ประมาณ 180 ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 6.1-1 มีความเหมาะสมมากที่สุดทั้งจากการพิจารณาในประเด็นทางด้านวิศวกรรม สิ่งแวดล้อม และผลกระทบต่อประชาชน ที่ปรึกษาจึงได้ดำเนินการออกแบบรายละเอียดของศูนย์ซ่อมบำรุงที่บริเวณดังกล่าวให้สามารถรองรับการให้บริการเดินรถ (Operation) ได้ทั้งสำหรับช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ และช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา รวมทั้งได้ดำเนินการด้านการมีส่วนร่วมประชาชน การสำรวจภูมิประเทศ การเจาะสำรวจดินสำหรับพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงดังกล่าว

รูปที่ 6.1.1-1 ศูนย์ซ่อมบำรุง ณ บริเวณพื้นที่ลำลูกกาคลองห้า ตรงข้ามบิ๊กซีลำลูกกา

ต่อมา สนข.ได้รับแจ้งจากกองทัพอากาศว่า กองทัพอากาศมีแผนจะใช้พื้นที่ด้านใต้ของสนามบิน (ซึ่งเดิมที่ปรึกษาได้ออกแบบให้เป็นศูนย์ซ่อมบำรุงของโครงการฯ ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่) ให้เป็นที่ตั้งของกองพันที่ 2 กรมปฏิบัติการพิเศษ ดังนั้น สนข. จึงได้จัดให้มีการประชุมเพื่อร่วมหาแนวทางการแก้ไขปัญหาศูนย์ซ่อมบำรุงในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้ม ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ บริเวณด้านใต้ของสนามบินดอนเมืองเมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2552 โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย สนข. กองทัพอากาศ การท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย บริษัทท่าอากาศยานแห่งประเทศไทยและกรมการขนส่งทางอากาศเข้าร่วมการประชุม ที่ประชุมได้มีมติให้ยกเลิกทางเลือกในการก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงที่บริเวณทิศใต้ของสนามบินดอนเมืองรวมถึงศูนย์ซ่อมบำรุงขนาดเบา (Light Depot) และให้ที่ปรึกษาพิจารณาหาตำแหน่งที่เหมาะสมของศูนย์ซ่อมบำรุงที่บริเวณใหม่ซึ่งจะต้องรองรับการเดินรถได้ทั้งสำหรับช่วงหมอชิต-สะพานใหม่และช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา คลองสี่

จากการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารของช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา (ดังแสดงในตารางที่ 1) พบว่ามีปริมาณผู้โดยสารหนาแน่นเฉพาะช่วงสะพานใหม่ถึงคูคตและลดลงอย่างมากตั้งแต่คูคตถึงลำลูกกา ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่โครงการจะแบ่งระยะเวลาในการก่อสร้างออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ 1) ช่วงสะพานใหม่ - คูคต และ 2) ช่วงคูคต - ลำลูกกา โดยจะต้องมีศูนย์ซ่อมบำรุงที่สามารถให้บริการการเดินรถตลอดช่วง หมอชิต - สะพานใหม่ - ลำลูกกา โดยพิจารณาความเหมาะสมของที่ตั้งในกรณีที่การเดินรถไฟฟ้าในช่วงแรกสิ้นสุดที่สถานีคูคตตามเหตุผลข้างต้น ที่ปรึกษาจึงได้พิจารณาพื้นที่บริเวณคูคต และพบว่าตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้มี 2 ตำแหน่ง (ดังแสดงในรูปที่ 6.1-2) ได้แก่

1) ทางเลือกที่ 1 ศูนย์ซ่อมบำรุงบริเวณคลองสาม ลำลูกกา ดังแสดงในรูปที่ 6.1-3
2) ทางเลือกที่ 2 ศูนย์ซ่อมบำรุงบริเวณคลองสองตัดกับคลองหกวา เขตสายไหม ดังแสดงในรูปที่ 6.1-4

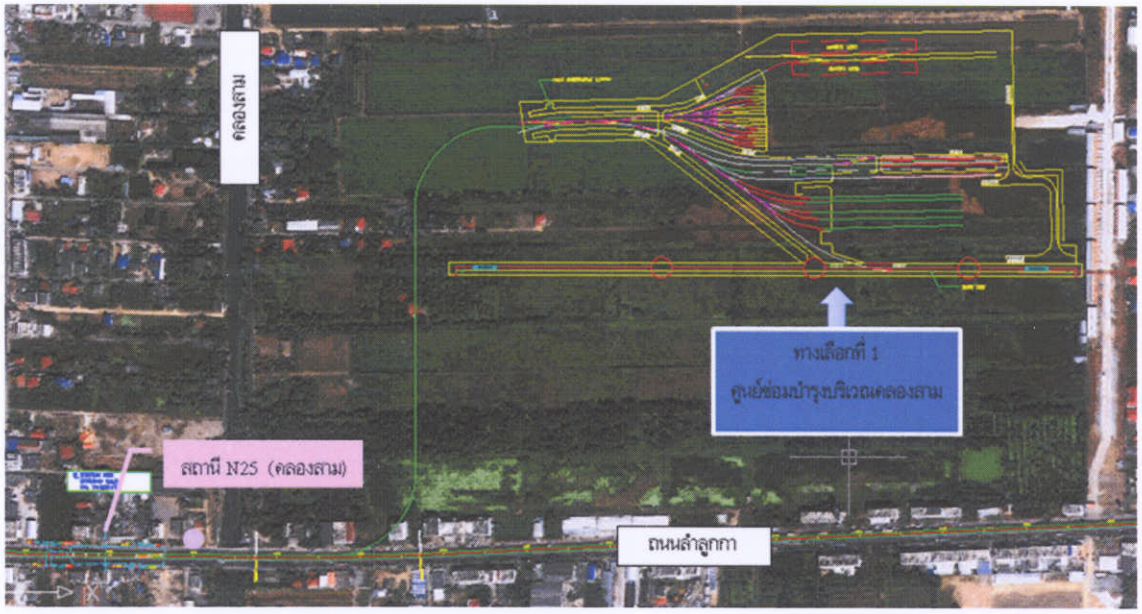
รูปที่ 6.1.1-2 ตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ของศูนย์ซ่อมบำรุงบริเวณพื้นที่คูคต

ตารางที่ 6.1.1-1 ผลการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารที่เข้าใช้ระบบในแต่ละสถานี

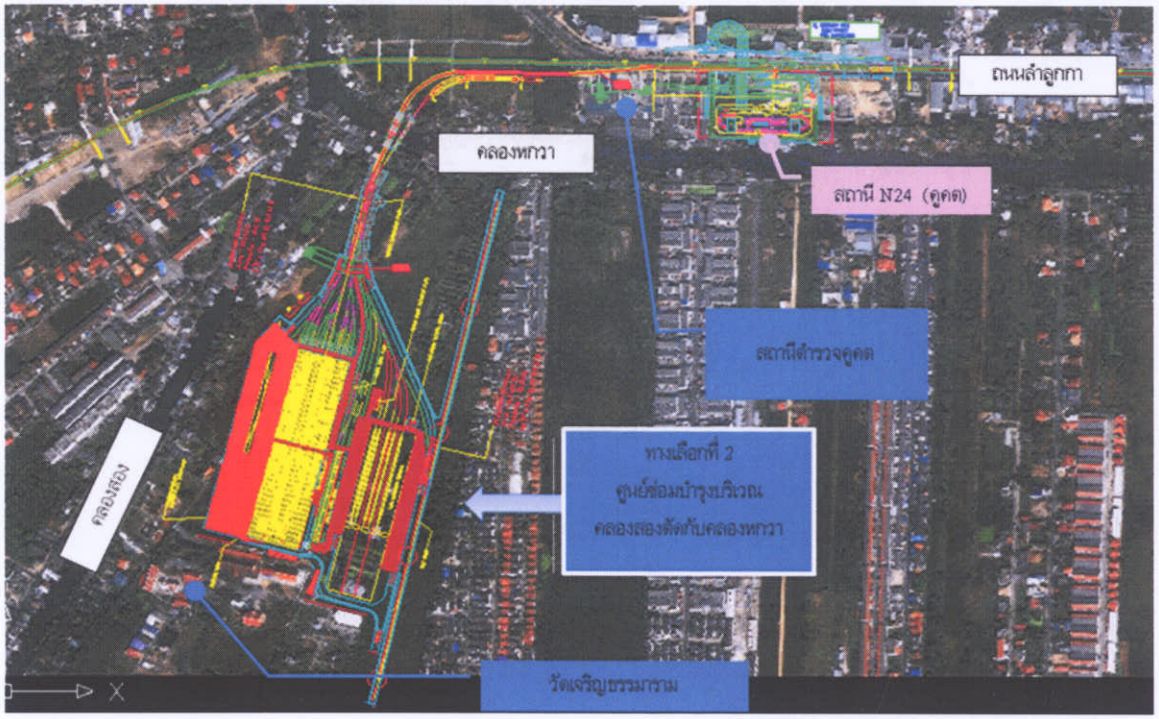
หน่วย: จำนวนเที่ยวการเดินทาง/วัน

▼ ปี 2558 เปิดใช้ช่วง N21 - N28

สถานี	ปีพ.ศ.2558	ปีพ.ศ.2560	ปีพ.ศ.2565	ปีพ.ศ.2570	ปีพ.ศ.2571	ปีพ.ศ.2575	ปีพ.ศ.2588
N-28 สถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก	3,500	3,800	4,800	5,800	6,110	7,500	9,700
N-27 สถานีคลองห้า	2,640	2,900	3,700	4,500	4,680	5,500	7,110
N-26 สถานีคลองสี่	4,780	5,300	6,000	7,000	7,240	8,300	10,740
N-25 สถานีคลองสาม	3,450	3,700	4,200	5,200	5,490	6,800	8,800
N-24 สถานีคูคต	16,400	17,400	20,300	24,500	25,560	30,300	39,200
N-23 สถานี กม.25	19,430	22,500	28,100	40,500	43,040	54,900	71,020
N-22 สถานีพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศ	8,910	10,000	12,300	13,300	13,590	14,800	19,150
N-21 สถานีโรงพยาบาลภูมิพล	8,050	9,000	11,100	12,000	12,250	13,300	17,200
ผู้โดยสารขึ้นใหม่เฉพาะส่วนต่อขยาย (N-21 ถึง -28)	**67,160**	**74,600**	**90,500**	**112,800**	**117,960**	**141,400**	**182,920**
From BMPE (จาก N-20 เข้าสู่ N-21)	**42,220**	**47,400**	**59,400**	**75,600**	**79,330**	**96,200**	**124,440**
To BMPE (จาก N-21 เข้าสู่ N-20)	**41,960**	**47,000**	**57,600**	**74,200**	**78,160**	**96,200**	**124,440**
รวมผู้โดยสารที่ใช้รถไฟฟ้าโครงการ	**109,380**	**122,000**	**149,900**	**188,400**	**197,290**	**237,600**	**307,360**
ปริมาณผู้โดยสารบนระบบสูงสุด (Max Line Load) คน/ชั่วโมง	**6,690**	**7,505**	**9,240**	**11,650**	**12,230**	**14,870**	**19,240**



รูปที่ 6.1.1-3 ทางเลือกที่ 1 ศูนย์ซ่อมบำรุงบริเวณคลองสาม ลำลูกกา



รูปที่ 6.1-4 ทางเลือกที่ 2 ศูนย์ซ่อมบำรุงบริเวณคลองสองตัดกับคลองหกวา (เขตสายไหม)

ที่ปรึกษาได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของพื้นที่ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

6.1.2 ข้อพิจารณาเปรียบเทียบด้านต่างๆ และการประเมินให้คะแนนโดยภาพรวม

6.1.2.1 ข้อพิจารณาเปรียบเทียบด้านวิศวกรรม

No	ประเด็นพิจารณาด้านวิศวกรรม	น้ำหนักของประเด็น	ทางเลือกที่ 1 (บริเวณคลองสาม ลำลูกกา)	คะแนน	ทางเลือกที่ 2 (บริเวณคลองสองตัดกับคลองหกวา)	คะแนน
1	ขนาดพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง	10%	- ขนาดพื้นที่เพียงพอ และมีความเหมาะสมทางกายภาพสามารถสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงและพื้นที่จอดเก็บขบวนรถไฟฟ้าได้ 36 ขบวน	4	- ขนาดพื้นที่เพียงพอ และมีความเหมาะสมทางกายภาพสามารถสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงและพื้นที่จอดเก็บขบวนรถไฟฟ้าได้ 36 ขบวน	4
2	ตำแหน่งที่ตั้งเปรียบเทียบกับแนวเส้นทางโดยประมาณ	10%	- ที่ตั้งอยู่กึ่งกลางเส้นทางค่อนไปทางปลาย	3	- ที่ตั้งอยู่กึ่งกลางเส้นทาง มีข้อดีคือระบบรางที่ออกแบบไว้จะสามารถส่งขบวนรถไฟฟ้าไปสู่สถานีต่างๆเมื่อเริ่มเปิดให้บริการในตอนเช้าได้โดยใช้เวลาน้อย และในระหว่างวันหากขบวนรถเกิดเสียจะใช้เวลาและระยะทางสั้นกว่าในการนำขบวนรถกลับมาศูนย์ซ่อมบำรุง ทำให้เกิดผลกระทบต่อการให้บริการเดินรถน้อยกว่า	4
3	เส้นทางรางเพื่อเข้าถึงศูนย์ซ่อมบำรุง	2%	- ต้องก่อสร้างสถานี N25 เพื่อสร้างเส้นทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง - ระยะทางเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุงวัดจากสถานี N25 มีระยะทางประมาณ 870 เมตร - ไม่มีจุดอุปสรรคในการลดระดับความลาดชันของรางเพื่อเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง	2	- ทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงเชื่อมต่อก่อนถึงสถานี N24 - ระยะทางเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุงวัดจากสถานี N24 มีระยะทางประมาณ 650 เมตร - มีคลองหกวา และถนนเลียบคลองหกวา เป็นข้อจำกัดในการลดระดับความลาดชันของรางเพื่อเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง	2

No	ประเด็นพิจารณาด้านวิศวกรรม	น้ำหนักของประเด็น	ทางเลือกที่ 1 (บริเวณคลองสาม ลำลูกกา)	คะแนน	ทางเลือกที่ 2 (บริเวณคลองสองตัดกับคลองหกวา)	คะแนน
4	เส้นทางถนนเพื่อเข้าถึงศูนย์ซ่อมบำรุง	2%	- มีความเหมาะสม กล่าวคือ เป็นถนนหลักที่มีความกว้างและวงเลี้ยวเพียงพอเหมาะแก่การให้รถบรรทุกหนักวิ่งนำส่งรถไฟฟ้าเข้ามาส่งยังศูนย์ซ่อมบำรุงได้ และเป็นเส้นทางที่พนักงานในศูนย์ซ่อมบำรุงสามารถใช้เดินทางมาทำงานได้โดยสะดวก - ต้องเวนคืนพื้นที่ก่อสร้างถนนจากถนนลำลูกกาเพื่อเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงฯ ยาว 670 เมตร	3	- มีความเหมาะสม กล่าวคือ เป็นถนนหลักที่มีความกว้างและวงเลี้ยวเพียงพอเหมาะแก่การให้รถบรรทุกหนักวิ่งนำส่งรถไฟฟ้าเข้ามาส่งยังศูนย์ซ่อมบำรุงได้ และเป็นเส้นทางที่พนักงานในศูนย์ซ่อมบำรุงสามารถใช้เดินทางมาทำงานได้โดยสะดวก - ต้องเวนคืนพื้นที่ เพื่อขยายถนนยาวประมาณ 180 เมตร ให้เข้าได้จากถนนสายไหม	4
5	ความยืดหยุ่นในการดำเนินโครงการเป็นระยะ (Phasing)	14%	- ต้องเปิดช่วงหมอชิต – คลองสาม (N9-N25) เป็นระยะแรก ดังนั้น ต้องลงทุนก่อสร้างทางวิ่งเพิ่มขึ้น 1.2 กม. และเพิ่มสถานี N25 อีก 1 สถานี	3	- สามารถเปิดช่วงหมอชิต – คูคต (N9-N24) ก่อนเป็นระยะแรกได้ - ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการลงทุนและสอดคล้องกับปริมาณผู้โดยสารโดยสถานีสุดท้ายอยู่ที่สถานีคูคต (N24)	4
6	การระบายน้ำของพื้นที่	2%	- สะดวก อยู่ใกล้คลองสาม	3	- สะดวก อยู่ใกล้คลองสอง และคลองหกวา	4
	สรุปคะแนนรวมด้านวิศวกรรม	**1.6**		**1.28**		**1.56**
	สรุปคะแนนรวมด้านวิศวกรรม โดยคิดเป็น %	**40%**		**32%**		**39%**

6.1.2.2 ข้อพิจารณาเปรียบเทียบด้านการลงทุน

No	ประเด็นพิจารณาด้านการลงทุน	น้ำหนักของประเด็น	ทางเลือกที่ 1 (บริเวณคลองสาม ลำลูกกา)	คะแนน	ทางเลือกที่ 2 (บริเวณคลองสองตัดกับคลองหกวา)	คะแนน
1	ค่าก่อสร้าง	25%	ประมาณ 2,300 ล้านบาท	3	ประมาณ 2,350 ล้านบาท	3
2	ค่าเวนคืน	5%	ประมาณ 750 ล้านบาท	2	ประมาณ 650 ล้านบาท	3
	สรุปคะแนนรวมด้านการลงทุน	**1.2**		**0.85**		**0.90**
	สรุปคะแนนรวมด้านการลงทุนโดยคิดเป็น %	**30%**		**21.25%**		**22.5%**

6.1.2.3 ข้อพิจารณาเปรียบเทียบด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม

No	ประเด็นพิจารณาด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม	น้ำหนักของประเด็น	ทางเลือกที่ 1 (บริเวณคลองสาม ลำลูกกา)	คะแนน	ทางเลือกที่ 2 (บริเวณคลองสองตัดกับคลองหกวา)	คะแนน
1	จำนวนแหล่งน้ำที่แนวเส้นทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงตัดผ่านที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบด้าน แหล่งน้ำผิวดินและคุณภาพน้ำผิวดิน	5%	แนวเส้นทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงตัดผ่านคลองสาม การดำเนินโครงการจึงอาจส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำผิวดินและคุณภาพน้ำผิวดิน (จำนวน 1 แห่ง)	3	แนวเส้นทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงตัดผ่านคลองหกวา การดำเนินโครงการอาจส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำผิวดินและคุณภาพน้ำผิวดินได้ (จำนวน 1 แห่ง)	3
2	จำนวนสนสถานในระยะ 500 ม.ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ เสียง และความสั่นสะเทือน	5%	ในระยะ 500 ม. มีวัดสายไหมซึ่งอาจได้รับผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ เสียง และความสั่นสะเทือนได้ (จำนวน 1 แห่ง)	3	ในระยะ 500 ม. มีวัดเจริญธรรมารามซึ่งอาจได้รับผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ เสียง และความสั่นสะเทือนได้ (จำนวน 1 แห่ง)	3

No	ประเด็นพิจารณาด้านการลงทุน	น้ำหนักของประเด็น	ทางเลือกที่ 1 (บริเวณคลองสาม ลำลูกกา)	คะแนน	ทางเลือกที่ 2 (บริเวณคลองสองตัดกับคลองหกวา)	คะแนน
3	จำนวนสถานศึกษาในระยะ 500 ม.ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ เสียง และความสั่นสะเทือน	5%	ในระยะ 500 ม. มี รร.ผ่องสุวรรณวิทยา และรร.วัดสายไหม ซึ่งอาจได้รับ ผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ เสียง และความสั่นสะเทือนได้ (จำนวน 2 แห่ง)	2	ในระยะ 500 ม. มี รร.ปริยัติพรหมปริญญา และ รร.อนุบาลบ้านอัมรินทร์ซึ่งอาจได้รับ ผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ เสียง และความสั่นสะเทือนได้ (จำนวน 2 แห่ง)	2
4	จำนวนสิ่งปลูกสร้าง/ที่อยู่อาศัยที่ต้องถูกรื้อย้าย	5%	บริเวณพื้นที่ก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงมีลักษณะเป็นพื้นที่ว่าง มีสิ่งปลูกสร้าง/ที่อยู่อาศัยที่ต้องถูกรื้อย้ายจำนวน 23 หลังคาเรือน	3	บริเวณพื้นที่ก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นพื้นที่ว่าง มีสิ่งปลูกสร้าง/ที่อยู่อาศัยที่ต้องถูกรื้อย้ายจำนวน 32 หลังคาเรือน รวมถึงศาลเจ้า 1 แห่ง	2
5	จำนวนสิ่งปลูกสร้าง/ที่อยู่อาศัยที่ต้องถูกโยกย้าย	5%	จะต้องมีการโยกย้ายบ้านเรือนที่อยู่ริมคลองสามซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงจำนวนประมาณ 1-2 หลัง	3	จะต้องมีการโยกย้ายบ้านเรือนที่อยู่ริมคลองหกวาซึ่งอยู่บริเวณทางเข้าศูนย์ซ่อมบำรุงจำนวนประมาณ 8-10 หลัง	2
6	ขนาดพื้นที่ที่ต้องจ่ายค่าทดแทนทรัพย์สิน(เวนคืน)	5%	ขนาดพื้นที่ก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงประมาณ 130 ไร่	3	ขนาดพื้นที่ก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงประมาณ 130 ไร่	3
	สรุปคะแนนรวมด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม	**1.2**		**0.85**		**0.75**
	สรุปคะแนนรวมด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยคิดเป็น %	**30%**		**21.25%**		**18.75%**
	สรุปคะแนนรวมทุกด้าน	**4**		**2.98**		**3.21**
	สรุปคะแนนรวมด้านทุกด้านโดยคิดเป็น %	**100%**		**74.5%**		**80.25%**

หมายเหตุ : การให้คะแนน ดีที่สุด = 4 คะแนน, ดีรองลงมา = 3 คะแนน, ปานกลาง = 2 คะแนน, พอใช้ = 1 คะแนน, ไม่ผ่าน = 0 คะแนน

6.1.2.4 การประเมินให้คะแนนโดยรวม

ที่ปรึกษาได้พิจารณาเปรียบเทียบให้คะแนนทางเลือก 1 และ ทางเลือก 2 เพื่อประเมินความเหมาะสมของที่ตั้งศูนย์ซ่อมบำรุงโดยพิจารณาจากประเด็นทางด้านวิศวกรรม ด้านการลงทุน ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยประเด็นย่อยของแต่ละด้านและเกณฑ์ในการให้คะแนนของที่ปรึกษามีที่มาจากข้อพิจารณาเปรียบเทียบที่ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 6.1.2.1 ถึง 6.1.2.3 ข้างต้น ผลของการประเมินพิจารณาให้คะแนนแสดงในตารางด้านล่าง

6.1.3 สรุปผลการเปรียบเทียบและการประเมินผลให้คะแนนโดยรวม

ในกรณีที่ดำเนินการก่อสร้างโดยแบ่งระยะการก่อสร้างเป็น 2 ระยะได้แก่ 1) ช่วงสะพานใหม่ - คูคต 2) ช่วงคูคต - ลำลูกกา ตำแหน่งของศูนย์ซ่อมบำรุงในแนวทางเลือกที่ 2 (บริเวณคลองสองตัดกับคลองหกวาเขตสายไหม) มีความเหมาะสมมากกว่าแนวทางเลือกที่ 1 (ศูนย์ซ่อมบำรุงบริเวณคลองสาม ลำลูกกา) โดยพิจารณาโดยรวมทั้งด้านวิศวกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านผลกระทบต่อประชาชน และด้านการลงทุน

6.2 สมมุติฐานการใช้งานศูนย์ซ่อมบำรุง

การออกแบบศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ (Depot/OCC) ที่บริเวณคูคต จะต้องออกแบบเพื่อที่จะให้ศูนย์ฯ ดังกล่าวสามารถให้บริการรองรับการเดินรถโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา รวมทั้งช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ (ซึ่งได้มีการสรุปว่าจะไม่มีศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถที่บริเวณด้านทิศใต้ของท่าอากาศยานดอนเมือง อีกต่อไป) ให้ได้อย่างเพียงพอเหมาะสม โดยโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ - ลำลูกกา เป็นส่วนต่อขยายไปทางด้านเหนือของโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว จากสถานีหมอชิต (N8) เป็นระยะทางประมาณ 25 กิโลเมตร

ศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ ที่บริเวณคูคต เป็นศูนย์ซ่อมบำรุงเต็มรูปแบบ (Full Scale Depot) ที่สามารถรองรับการซ่อมบำรุงเบาและการซ่อมบำรุงหนักของโครงการช่วงหมอชิต - ลำลูกกา ได้ทั้งหมดโดยไม่จำเป็นต้องพึงพาศูนย์ซ่อมบำรุงที่อื่น ๆ โดยตั้งอยู่ทางด้านใต้ของสถานีคูคต (N24) และมีเส้นทางรถไฟฟ้าเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุง เป็นระยะทางยาวประมาณ 500 เมตร แยกออกจากแนวเส้นทางหลักก่อนถึงสถานี N24 เพื่อเข้าสู่พื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ดังแสดงใน**รูปที่ 6.2-1**

รูปที่ 6.2-1: ภาพแสดงตำแหน่งที่ตั้งพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงที่บริเวณคูคต

ศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ ที่คูคต จะต้องรองรับกิจกรรมหลักที่จะต้องดำเนินการภายในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ดังต่อไปนี้

- งานบริหาร และงานควบคุมการเดินรถ ซึ่งส่วนใหญ่จะดำเนินการภายในอาคารบริหาร (Administration Building) โดยมีศูนย์ควบคุมการเดินรถ (Operation Control Center - OCC) อยู่ภายในอาคารบริหารด้วย
- การจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า ภายในอาคารโรงจอดเก็บขบวนรถ (Stabling Building)
- การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า
- การซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Maintenance) ของโครงการ ได้แก่งานซ่อมบำรุงโครงสร้างทางวิ่ง และระบบต่าง ๆ ทั้งหมดที่ไม่ใช่ขบวนรถไฟฟ้า
- การจัดเก็บอะไหล่ วัสดุ อุปกรณ์

ทั้งนี้ เนื้อหาในรายงานบทนี้ เมื่อกล่าวถึง "การซ่อมบำรุง" จะหมายถึง การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า ซึ่งรวมถึงการดำเนินการในการจัดการให้มีขบวนรถไฟฟ้าพร้อมใช้ให้บริการเดินรถ การล้างทำความสะอาดขบวนรถทั้งภายในและภายนอก การตรวจสอบขบวนรถ การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) การซ่อมแซมความเสียหาย การซ่อมบำรุงเบา และการซ่อมบำรุงหนัก การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ รวมทั้งการทดสอบความสมบูรณ์และความพร้อมก่อนใช้งานจริง

"การซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน" หมายถึง การซ่อมบำรุงอื่นๆ ที่ไม่ใช่การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า ได้แก่ การซ่อมบำรุงระบบราง ระบบไฟฟ้าเพื่อการขับเคลื่อนขบวนรถไฟฟ้า (Traction Power) ระบบไฟฟ้าสำหรับอาคาร ระบบอาณัติสัญญาณ ระบบสื่อสาร โครงสร้างทางวิ่ง และโครงสร้างพื้นฐานอื่นๆ ของโครงการ รวมทั้งสถานี และอาคารต่างๆ ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง เป็นต้น

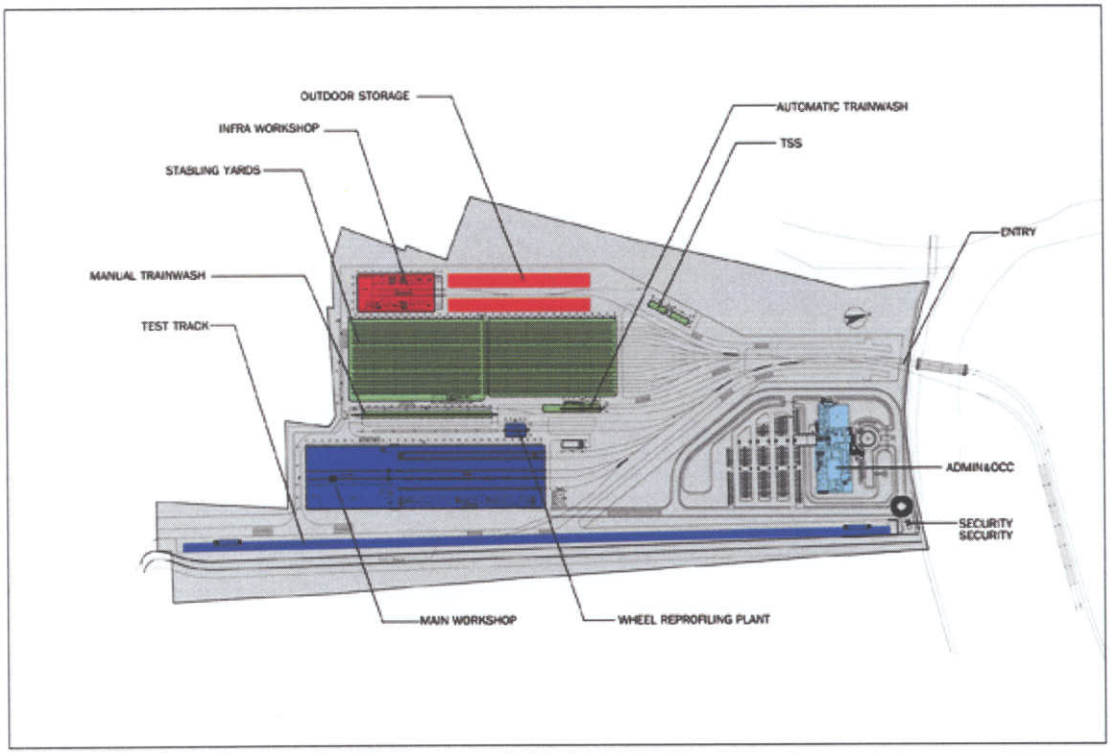
ขบวนรถไฟฟ้าจะได้รับการซ่อมบำรุงรักษา ในช่วงเวลาที่ไม่ได้ใช้งานระหว่างวัน และช่วงหยุดบริการในตอนกลางคืน รวมทั้งในช่วงวันหยุดที่จะให้บริการน้อยลง ในทำนองเดียวกัน การซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน และระบบอื่นๆ ของโครงการ ที่ติดตั้งไว้ และโครงสร้างต่างๆ ก็จะซ่อมบำรุงรักษาในช่วงที่ไม่ได้ใช้งาน

องค์ประกอบหลักของศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ (Depot/OCC) ที่บริเวณคูคต จะประกอบด้วย อาคาร และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ดังต่อไปนี้

- อาคารบริหารและศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (Admin./OCC Building)
- สถานีไฟฟ้าย่อยเพื่อการขับเคลื่อนขบวนรถไฟฟ้า (Traction Service Substation)
- อาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก (Main Workshop) สำหรับซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า
- อาคารโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Maintenance Workshop) สำหรับซ่อมบำรุงองค์ประกอบอื่นๆ ของโครงการที่ไม่ใช่ขบวนรถไฟฟ้า ได้แก่ โครงสร้างทางวิ่ง ระบบราง ระบบอาณัติสัญญาณ ระบบจ่ายไฟฟ้า ระบบสื่อสาร ระบบประกอบอาคาร อาคารและโครงสร้างอื่น ๆ
- อาคารจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า
- โรงล้างขบวนรถไฟฟ้าอัตโนมัติ
- พื้นที่ล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงาน
- โรงเจียรล้อรถไฟฟ้า
- รางทดสอบ
- อาคารเก็บวัสดุอันตราย
- อาคารบำบัดน้ำเสีย
- โรงเก็บขยะ
- โรงพ่นสี (เผื่อพื้นที่ไว้สำหรับสร้างได้ในอนาคต ถ้าต้องการ)
- ถนนภายใน และพื้นที่จอดรถยนต์
- ป้อม/อาคารรักษาความปลอดภัย
- พื้นที่หน่วงน้ำ และสถานีสูบน้ำ
- แนวคันดินกั้นน้ำ และรั้วรอบพื้นที่ทั้งหมด

เนื้อหาของรายงานในบทนี้ จะอธิบายถึงสมมุติฐานการใช้งานศูนย์ซ่อมบำรุง เงื่อนไข และข้อกำหนดเพื่อการออกแบบศูนย์ซ่อมบำรุงที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพ และตรงตามความต้องการของการปฏิบัติการเดินรถ โดยครอบคลุมหัวข้อต่างๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

- สมมุติฐานการใช้งานศูนย์ซ่อมบำรุง
- กิจกรรมหลักของศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ
- การจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า
- การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า
- การซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน
- การจัดเก็บอะไหล่ วัสดุ อุปกรณ์
- ผังพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง และการเคลื่อนย้ายขบวนรถ
- การออกแบบสถาปัตยกรรม สำหรับศูนย์ซ่อมบำรุง
- การออกแบบรายละเอียดวิศวกรรมโครงสร้าง สำหรับศูนย์ซ่อมบำรุง
- การออกแบบรายละเอียดวิศวกรรมงานระบบประกอบอาคาร สำหรับศูนย์ซ่อมบำรุง
- ขั้นตอน และวิธีการก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง
- การประมาณราคาศูนย์ซ่อมบำรุง ตามแบบรายละเอียด



รูปที่ 6.2-2: การจัดวางผังพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (Depot/OCC) ที่คูคต

6.2.1 จำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับการปฏิบัติการเดินรถ

ปริมาณจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องการใช้ทั้งหมด สำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต – ลำลูกกา ในระยะเวลา 30 ปี ซึ่งได้มาจากบทที่ 5 ของรายงานฉบับนี้ สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 6.2.1-1: สรุปจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องใช้ทั้งหมด ในระยะเวลา 30 ปี สำหรับการให้บริการเดินรถช่วงหมอชิต – ลำลูกกา

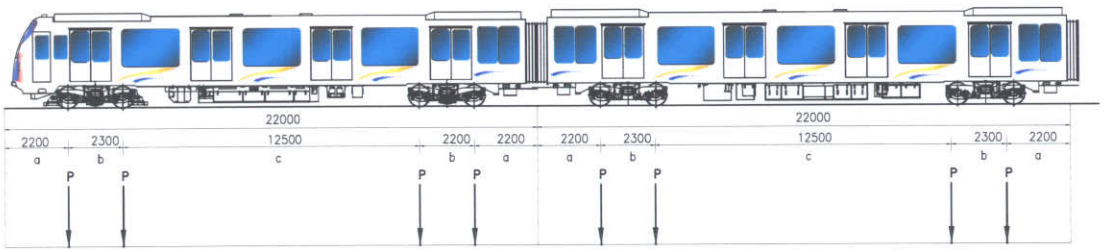
ช่วงปี	รวมตลอดเส้นทาง ช่วงหมอชิต - ลำลูกกา	รวมช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ (ตามการศึกษาออกแบบเดิม)	ช่วงสะพานใหม่ - ลำลูกกา (รวมที่ต้องจัดหาเพิ่มเติม)
ปีที่ 1-10 พ.ศ. 2558-2567	**21 ขบวน**	17 ขบวน	4 ขบวน
ปีที่ 11-20 พ.ศ. 2568-2577	**31 ขบวน**	21 ขบวน	10 ขบวน (4+6)
ปีที่ 21-30 พ.ศ. 2578-2587	**36 ขบวน**	21 ขบวน	15 ขบวน (4+6+5)

หมายเหตุ: 1) ตัวเลขจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องการทั้งหมด เป็นขบวนรถไฟฟ้าขนาดความยาว 4 ตู้/ขบวน
2) ตัวเลขจำนวนขบวนรถไฟฟ้ารวม Spare train แล้ว

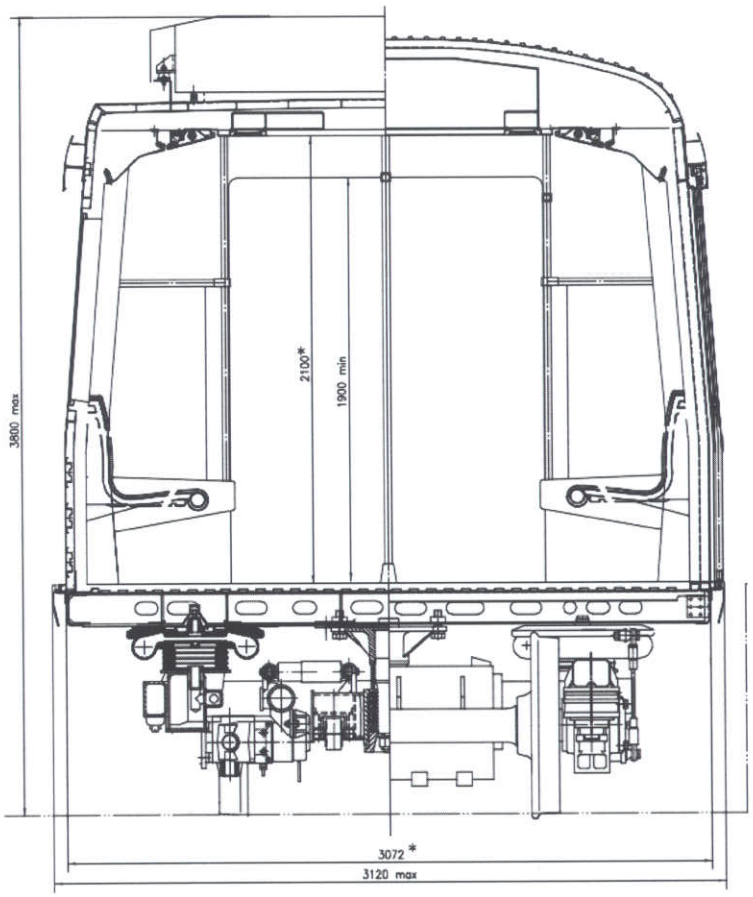
ดังนั้น จำนวนขบวนรถไฟฟ้าสูงสุด ที่ต้องใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการออกแบบเพื่อรองรับการจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้าของศูนย์ซ่อมบำรุงคือ 36 ขบวน ตามจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องการทั้งหมด ในระยะเวลา 30 ปี สำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต – ลำลูกกา

6.2.2 ขนาด และมิติของขบวนรถไฟฟ้า

ถึงแม้ว่าจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องการ ดังแสดงใน **ตารางที่ 6.2.1-1** ข้างต้น จะเป็นขบวนรถไฟฟ้าขนาดความยาว 4 ตู้ต่อขบวน แต่ในการออกแบบศูนย์ซ่อมบำรุง จะทำการออกแบบเผื่อการขยายความยาวขบวนรถไฟฟ้าเพิ่มเติมไว้ ที่ขนาดความยาวสูงสุดของโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว นั่นก็คือ 6 ตู้ต่อขบวน สอดคล้องกับการออกแบบสถานี ระบบเดินรถ ฯลฯ เพื่อให้โครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว ทั้งหมด สามารถรองรับการให้บริการเดินรถไฟฟ้าขนาดยาวสูงสุด 6 ตู้ต่อขบวนได้ ในอนาคต



รูปที่ 6.2-3: ขนาดความยาวของรถไฟฟ้าโดยสังเขป



รูปที่ 6.2-4: ขนาดความกว้าง และความสูงของรถไฟฟ้า โดยสังเขป

ขนาดความยาวของรถไฟฟ้า ซึ่งได้มีการกำหนดไว้ในข้อกำหนดทั่วไปของรถไฟฟ้า จะมีความยาว (ต่อหนึ่งตู้) ไม่น้อยกว่า 19 เมตร แต่ไม่เกิน 22 เมตร ดังนั้นในการออกแบบศูนย์ซ่อมบำรุง จึงเลือกใช้ความยาวที่ 22 เมตร (ต่อหนึ่งตู้) เป็นเกณฑ์ ดังแสดงใน**รูปที่ 6.2-3** ส่วนความกว้างและความสูงของรถไฟฟ้าก็ใช้ตามข้อกำหนดทั่วไปของรถไฟฟ้าคือ กว้างสูงสุดไม่เกิน 3.12 เมตร และสูงไม่เกิน 3.80 เมตร ดังแสดงใน**รูปที่ 6.2-4**

6.2.3 ความต้องการทางด้านการซ่อมบำรุง

โดยปกติ ระยะทางที่วิ่งไปของรถไฟฟ้า จะเป็นตัวกำหนดความต้องการทางด้านการซ่อมบำรุง สำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต - ลำลูกกา จะกำหนดความต้องการทางด้านการซ่อมบำรุง ไว้ตามหลักมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป ดังต่อไปนี้

1). ระยะทางเฉลี่ยที่ขบวนรถไฟฟ้าวิ่งไปในแต่ละปี กำหนดระยะทางโดยประมาณ 135,000 กิโลเมตร โดยมีสมมุติฐานในการประเมิน และรายละเอียดการประเมิน ตามที่แสดงใน**ตารางที่ 6.2.3-1**

ตารางที่ 6.2.3-1: การประเมินระยะทางการเดินรถของขบวนรถทั้งหมดโดยเฉลี่ย ต่อปี ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต - ลำลูกกา

	จำนวนชั่วโมงที่วิ่งให้บริการ	ร้อยละของจำนวนรถเข้าบริการ	
บริการก่อนช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า	1.0	40 %	0.4 ชม.
ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า	3.0	100 %	3.0 ชม.
บริการช่วงกลางวัน	7.5	40 %	3.0 ชม.
ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น	3.0	100 %	3.0 ชม.
บริการช่วงเย็น	3.5	40 %	1.4 ชม.
ชั่วโมงให้บริการ รวม / วัน	18.0		
ชั่วโมงเดินรถ / ขบวน / วันปกติ			10.8 ชม.
ชั่วโมงเดินรถ / ขบวน / 5 วันปกติ			54.0 ชม.
บริการวันเสาร์, % ของวันปกติ		80 %	8.64 ชม.
บริการวันอาทิตย์, % ของวันปกติ		80 %	8.64 ชม.
ชั่วโมงบริการ / ขบวน / สัปดาห์			71.28 ชม.
ความเร็วบริการเฉลี่ย, กม./ชม.			35.0 กม./ชม.
การเดินรถเฉลี่ย, กม./ขบวนรถ/สัปดาห์			2,494.8 กม./สัปดาห์
สัปดาห์ / ปี			52.0 สัปดาห์
การเดินรถเฉลี่ย, กม./ขบวนรถบริการ/ปี			129,729.6 กม./ปี
ขบวนรถสำรอง (รวมถึงขบวนรถที่ไม่ได้ใช้งานสร้างรายได้)			8 %
ตัวคูณการกระจายการเดินรถโดยรวม			92 %
การเดินรถเฉลี่ย, กม./ขบวนรถทั้งหมด			119,351.232 กม./ปี
การเดินรถเฉลี่ย, กม./ขบวนรถทั้งหมด		โดยประมาณ	**135,000 กม./ปี**

2) ระยะทางในการใช้งานล้อรถ ก่อนต้องเข้ารับบริการซ่อมบำรุง กำหนดระยะทางโดยเฉลี่ย 750,000 กิโลเมตร โดยมีช่วงระยะทางจากน้อยสุดคือ 500,000 กิโลเมตร ถึงมากสุด 1,000,000 กิโลเมตร

3). การแบ่งช่วงเวลาสำหรับตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า ขบวนรถไฟฟ้าจะได้รับการตรวจสอบทุก 4 สัปดาห์ โดยจะใช้เวลาในการตรวจสอบและซ่อมบำรุง ในโรงซ่อมแต่ละครั้ง เป็นระยะเวลาหนึ่งกะ (ประมาณ 6-8 ชั่วโมง) หรืออาจกำหนดให้มีการตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้าแต่ละขบวน หลายครั้งย่อยๆ ต่อเดือน โดยมีระยะเวลาตรวจสอบของแต่ละขบวนรวมกันตลอดเดือน เท่ากับหนึ่งกะ ก็ได้

4). ขบวนรถไฟฟ้าที่ผ่านการให้วิ่งบริการเป็นระยะเวลาเฉลี่ยโดยประมาณ 800 ชั่วโมง จะต้องเข้ารับการซ่อมบำรุง

5). การเปลี่ยนชุดแคร่ล้อ (Bogie) จะเปลี่ยนครั้งละ 2-3 ตู้รถไฟฟ้า (เพื่อจำกัดจำนวนชุดแคร่ล้อสำรอง)

6). จำนวนวันทำงาน สำหรับการตรวจสอบขบวนรถ คือ 5 วันต่อสัปดาห์, 250 วัน/ปี

7). จำนวนวันทำงาน สำหรับการซ่อมบำรุงขบวนรถ คือ 360 วัน/ปี

8). จำนวนวันทำงาน สำหรับการเปลี่ยนชุดแคร่ล้อ คือ 250 วัน/ปี

9). จำนวนวันทำงาน สำหรับการซ่อมบำรุงหนักที่ใช้เวลานาน และการยกเครื่องอุปกรณ์ (Component Overhauls) คือ 5 วัน/สัปดาห์, 250 วัน/ปี

10). การล้างรถ (Train Washing) จะทำการล้างรถทุกขบวน 1 ครั้ง/สัปดาห์

11). การทำความสะอาดภายในขบวนรถจะทำทุกวัน

12). การตรวจสอบประจำวัน (Daily Inspection) ของขบวนรถ จะเป็นการตรวจสอบสภาพภายในขบวนรถ ซึ่งจะตรวจสอบในขณะที่ขบวนรถจอดอยู่ที่พื้นที่จอดเก็บขบวนรถ (Stabling Building)

13). การล้างขบวนรถ โดยใช้พนักงาน (Manual Washing) กำหนดให้ล้างประมาณเดือนละ 1 ครั้ง

14). การติดตั้งป้ายประชาสัมพันธ์ ทั้งภายนอก และภายในขบวนรถ กำหนดให้ติดตั้งในขณะที่ขบวนรถจอดอยู่ที่ช่องตรวจสอบขบวนรถ (Inspection Tracks) โดยจะทำในขณะที่ว่าง (เช่น ในวันอาทิตย์)

15). การเปลี่ยนชิ้นส่วนต่างๆ ใหม่อย่างต่อเนื่อง (Progressive Renewals) ถือเป็นส่วนหนึ่งของแผนบำรุงรักษาระยะยาว ที่มีเป้าหมายที่จะปรับปรุงอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพที่ใหม่ อย่างต่อเนื่อง เพื่อลดช่วงระยะเวลาที่อุปกรณ์ไม่สามารถใช้งานได้ (down time) ที่ต้องใช้เวลานาน ให้เหลือน้อยที่สุด

6.3 กิจกรรมหลักของศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ

ภายในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง จะประกอบด้วยกิจกรรมหลัก ดังต่อไปนี้

- งานบริหาร และงานควบคุมการเดินรถ
- การจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า ภายในอาคารโรงจอดเก็บขบวนรถ (Stabling Building)

- การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า
- การซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Maintenance) ของโครงการ
- การจัดเก็บอะไหล่ วัสดุ อุปกรณ์

6.3.1 งานบริหาร และงานควบคุมการเดินรถ (Administration and Operations Control)

งานบริหาร และงานควบคุมการเดินรถ ส่วนใหญ่จะดำเนินการภายในอาคารบริหาร (Administration Building) โดยมีศูนย์ควบคุมการเดินรถ (Operation Control Center - OCC) อยู่ภายในอาคารบริหารด้วย

ศูนย์ควบคุมการเดินรถ (OCC) หรือศูนย์ควบคุมการปฏิบัติการเดินรถ หรือศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถของเส้นทางโครงการรถไฟฟ้า สายสีเขียว ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ - ลำลูกกา จะมีเพียงแห่งเดียว โดยสามารถควบคุมและอำนวยการการเดินรถตลอดเส้นทางช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ - ลำลูกกา

ในกรณีที่มีผู้เดินรถเพียงรายเดียว ให้บริการเดินรถต่อเนื่องตลอดทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้าสายสีเขียว ผู้เดินรถก็อาจสามารถเลือกใช้ศูนย์ควบคุมการเดินรถที่มีอยู่แล้วในปัจจุบันที่หมอชิต (หากศูนย์ดังกล่าวสามารถขยายขีดความสามารถให้ควบคุมการเดินรถ ช่วงหมอชิต - สะพานใหม่ - ลำลูกกา ได้ด้วย) หรืออาจย้ายการควบคุมทั้งหมดมารวมอยู่ในศูนย์ควบคุมแห่งใหม่ที่คูคต

การควบคุมการเดินรถโดยรวมของขบวนรถไฟฟ้า ที่วิ่งอยู่บนเส้นทางหลัก ในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง และบนเส้นทางเชื่อมต่อเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุง จะดำเนินการควบคุมและอำนวยการจากศูนย์ควบคุมการปฏิบัติการเดินรถ (OCC) และมีห้องวิเคราะห์สถานการณ์และอบรมพนักงาน (Playback and Training Room - PTR) ซึ่งจะไม่อยู่ในอาคารเดียวกับศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC) แต่จะกำหนดให้ตั้งอยู่ในอาคารซ่อมบำรุง (Main Workshop Building) ซึ่งจะมีชุดอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ที่เพียงพอสำหรับใช้เป็นห้องสำรองในการควบคุมและอำนวยการการเดินรถในเส้นทางหลักทั้งหมดได้ ในกรณีที่มีการอพยพฉุกเฉินของห้องควบคุมกลาง หรือในกรณีที่สูญเสียการติดต่อสื่อสารกับศูนย์ควบคุมกลางโดยสิ้นเชิง

องค์ประกอบหลักของงานบริหาร และงานควบคุมการเดินรถ จึงประกอบด้วย:

- ห้องควบคุมกลางการปฏิบัติการเดินรถ (Central Control Room - CCR) หรือห้องควบคุมกลาง ซึ่งถือเป็นหัวใจของศูนย์ควบคุมการเดินรถ (OCC) ซึ่งจะใช้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการเดินรถ (Railway Control Facilities) อันประกอบด้วยโต๊ะหรือสถานีควบคุม (Workstations) ของระบบต่างๆ ซึ่งจะมีพนักงานประจำตลอดเวลา (ยกเว้นในช่วงที่มีการอพยพหนีภัยฉุกเฉิน)
- สถานีควบคุมศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Control Workstations) ซึ่งจะรวมอยู่ใน CCR ด้วย โดยจะใช้สำหรับควบคุมและอำนวยการการเคลื่อนย้ายขบวนรถภายในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง
- ห้องรายงานเหตุการณ์ (Incident Room) และห้องสังเกตการณ์ (Viewing Gallery) ซึ่งจะอยู่ใกล้กับห้องควบคุมกลาง (CCR) ภายในอาคารเดียวกัน

- ห้องสำหรับอุปกรณ์ระบบต่างๆ สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ สำหรับพนักงานผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุม
- ห้องทำงานของผู้บริหาร
- ห้องวิเคราะห์สถานการณ์และอบรมพนักงาน (PTR) กำหนดให้ตั้งอยู่ในอาคารซ่อมบำรุง (Main Workshop Building) โดยมีชุดอุปกรณ์ควบคุมสำรอง (Backup Control) ที่เพียงพอสำหรับใช้เป็นห้องสำรองในการควบคุมและอำนวยการการเดินรถในเส้นทางหลักทั้งหมดได้

6.3.2 การจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า

ขบวนรถไฟฟ้าทั้งหมดของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต - ลำลูกกา จะจอดเก็บไว้ในอาคารจอดเก็บขบวนรถ (Stabling Building) หรือโรงจอดขบวนรถ ซึ่งเป็นอาคารหลักอาคารหนึ่งในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต

อาคารจอดเก็บขบวนรถ จะเป็นอาคารชั้นเดียว มีหลังคาเพื่อป้องกัน แดด ฝน และติดตั้งอุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ (ได้แก่ น้ำ ไฟฟ้า โทรศัพท์ ระบบเสียงประกาศ ฯลฯ) รวมทั้งพื้นยกระดับ (Platform) พร้อมระบบแสงสว่าง เพื่ออำนวยความสะดวกให้พนักงานในการ เข้า-ออก สู่พื้นที่ภายในตัวขบวนรถ สำหรับการทำความสะอาดขบวนรถไฟฟ้าประจำวัน

รายละเอียดของการจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า และอาคารจอดเก็บขบวนรถ จะได้อธิบายถึงอีกครั้งใน **หัวข้อ 6.4** ของรายงานฉบับนี้

6.3.3 การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า

การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า เป็นกิจกรรมหลักที่เกี่ยวข้องกับอาคาร และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ หลายส่วนในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ทั้งอาคารซ่อมบำรุงหลัก โรงจอดขบวนรถ โรงล้างขบวนรถไฟฟ้า โรงเจียรล้อรถไฟฟ้า ฯลฯ รวมทั้งรางทดสอบ (Test Track)

รายละเอียดแนวคิดในการซ่อมบำรุง การประเมินขีดความสามารถในการซ่อมบำรุงของอาคารซ่อมบำรุงหลัก กลุ่มงานหรือกลุ่มกิจกรรมการซ่อมบำรุง และอุปกรณ์ สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า จะได้อธิบายถึงโดยละเอียดใน**หัวข้อ 6.5** ของรายงานฉบับนี้

6.3.4 การซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน

การซ่อมบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานของโครงการ จะประกอบด้วย การบริการ การบำรุงรักษาในเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) การซ่อมแซม และการยกเครื่อง ระบบและโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ของโครงการที่ไม่ใช่ขบวนรถไฟฟ้า ตัวอย่างเช่น โครงสร้างเส้นทางวิ่ง ระบบราง และระบบสนับสนุนการเดินรถระบบต่าง ๆ ได้แก่ ระบบจ่ายไฟฟ้า และระบบย่อยต่าง ๆ ของระบบจ่ายไฟฟ้า ระบบอาณัติสัญญาณ ระบบสื่อสารระบบต่าง ๆ ระบบจัดเก็บค่าโดยสาร ระบบประตูกั้นแนบขอบชานชาลา รวมทั้งระบบประกอบอาคาร (E&M หรือ

Building Services) ของอาคารสถานี และอาคารต่าง ๆ ในศูนย์ซ่อมบำรุง ระบบป้องกันอัคคีภัย บันไดเลื่อน ลิฟต์ และโครงสร้างโยธาอื่น ๆ ทั้งหมดของโครงการ

การซ่อมบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานของโครงการ เป็นกิจกรรมหลักที่เกี่ยวข้องกับอาคารโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐานของโครงการ (Infrastructure Workshop) รวมทั้งอุปกรณ์ และพาหนะซ่อมบำรุงพิเศษต่าง ๆ ซึ่งจะได้กล่าวถึงโดยละเอียดใน**หัวข้อ 6.6** ของรายงานฉบับนี้

6.3.5 การจัดเก็บอะไหล่ วัสดุ อุปกรณ์

การจัดเก็บอะไหล่ วัสดุ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง เป็นกิจกรรมหลักอีกอย่างหนึ่งของศูนย์ซ่อมบำรุง ซึ่งจะสนับสนุนกิจกรรมการซ่อมบำรุงรักษา และกิจกรรมอื่น ๆ ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง

การจัดเก็บอะไหล่ วัสดุ และอุปกรณ์ต่าง ๆ จะแยกออกตามประเภทของระบบหรืองานต่าง ๆ ได้แก่ ระบบรางและระบบรางที่ 3 งานซ่อมบำรุงทาง งานซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า และงานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐานของโครงการ ในส่วนของระบบรถไฟฟ้า โดยจะกล่าวถึงโดยละเอียดต่อไปใน**หัวข้อ 6.7** ของรายงานฉบับนี้

6.4 การจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า (Trains Stabling)

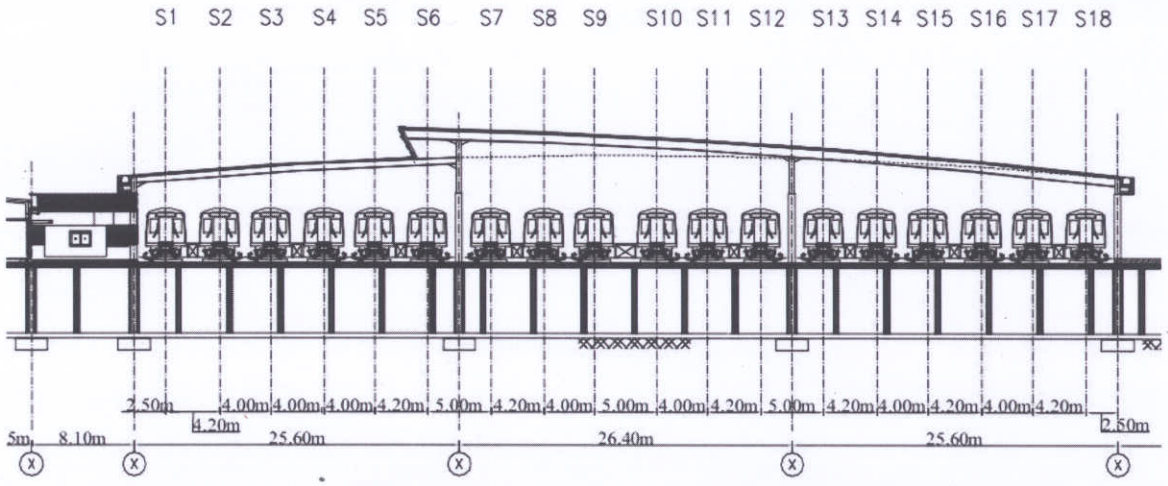
อาคารจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า (Stabling Building) หรือโรงจอดขบวนรถ มีหน้าที่หลักคือ

- เป็นพื้นที่จอดเก็บขบวนรถไฟฟ้าในขณะที่ไม่ได้ใช้งานให้บริการ
- เป็นพื้นที่ทำความสะอาดขบวนรถไฟฟ้าประจำวัน

โรงจอดขบวนรถที่ออกแบบไว้สำหรับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต - ลำลูกกา จะเป็นอาคารชั้นเดียว มีรางจอด (Stabling Track) จำนวนรวม 18 ราง (ราง S1-S18) โดยรางจอดแต่ละรางจะสามารถจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้าที่ความยาวขบวนสูงสุด 6 ตู้/ขบวน (ความยาวสูงสุดของขบวนรถไฟฟ้าไม่เกิน 132 เมตร) ได้ 2 ขบวน โดยมีระยะเว้นห่างที่เหมาะสม

โรงจอดขบวนรถ จึงสามารถจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้าได้สูงสุดรวม 36 ขบวน สอดคล้องกับจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่ต้องการสูงสุด ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต – ลำลูกกา ในระยะเวลา 30 ปี

ความยาวของรางจอด และระยะห่างระหว่างรางจอดจะออกแบบให้สอดคล้องกับ ขนาดความยาว และความกว้างของขบวนรถไฟฟ้าที่กำหนดให้ใช้ในโครงการนี้ และเผื่อระยะความกว้างของทางเดินยาวตลอดความยาวขบวนรถ ซึ่งจะเป็นพื้นยกระดับ (Platform) ที่ยกสูงเสมอพื้นที่ด้านในขบวนรถไฟฟ้า เพื่อใช้อำนวยความสะดวกให้พนักงานใช้ในการ เข้า-ออก สู่พื้นที่ภายในตัวขบวนรถ สำหรับการทำความสะอาดขบวนรถไฟฟ้าประจำวัน



รูปที่ 6.4-1: รูปตัดขวางอาคารจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า หรือโรงจอดขบวนรถไฟฟ้า

รางจอดทั้งหมดของอาคารจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า จะเชื่อมต่อโดยตรงกับเส้นทางหลักโดยผ่านรางหลักที่ใช้เป็นเส้นทางเข้า-ออกสู่เส้นทางหลักจากศูนย์ซ่อมบำรุง (Mainline Access Tracks) จำนวน 2 ราง

อาคารจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า จะจัดวางอาคารขนานอยู่ด้านข้างของอาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก และโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน โดยการเคลื่อนย้ายขบวนรถระหว่างอาคารทั้งสามจะต้องใช้รางกลับขบวนรถ (Shunting Tracks) ที่จัดวางไว้ในฝั่งตรงข้าม

นอกจากนี้ อาคารจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า ยังมีอาคารย่อย พนักงานประจำขบวนรถ และพนักงานทำความสะอาด (Train Operator and Cleaner Facility) ที่ได้ออกแบบรวมไว้เป็นส่วนหนึ่งของอาคาร โดยวางตำแหน่งไว้ที่ด้านข้างของอาคาร ด้านที่ใกล้กับอาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก ที่สามารถเข้าถึงได้โดยทางถนนจากทางเข้าหลักของพื้นที่ยกระดับโดยไม่ต้องมีการตัดข้ามราง

พื้นที่ดังกล่าวนี้จะประกอบด้วย ห้องรายงานตัวของพนักงานประจำขบวนรถ (Reporting Room) ห้องทำงานหัวหน้าพนักงานประจำขบวนรถ (Supervisor's Office) พื้นที่พักผ่อน

ห้องรายงานตัวของพนักงานประจำขบวนรถ จะเป็นที่ที่พนักงานประจำขบวนรถมาลงชื่อรายงานตัว รับมอบเลขขบวนรถและภารกิจที่ต้องปฏิบัติการ และลงชื่อออกหลังเสร็จภารกิจ ส่วนพื้นที่พักผ่อนจะใช้สำหรับเป็นที่พักรอของพนักงานประจำขบวนรถ ก่อนที่จะเข้ารับมอบภารกิจที่ต้องปฏิบัติ

ในบริเวณพื้นที่นี้จะมีพื้นที่ของพนักงานทำความสะอาดขบวนรถ (Train Cleaners Staff Room) ที่จะใช้เป็นห้องรายงานตัวเข้าปฏิบัติงาน มีห้องเปลี่ยนเครื่องแต่งตัว ห้องเก็บของและอุปกรณ์การทำความสะอาด และมีห้องน้ำที่จะใช้ร่วมกันระหว่างพนักงานประจำขบวนรถ และพนักงานทำความสะอาดขบวนรถ

6.5 การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า

งานซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า ครอบคลุมกิจกรรมต่างๆ ที่ใช้อาคาร และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง หลายพื้นที่ โดยมีกิจกรรมต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้

1) การล้างทำความสะอาดขบวนรถไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยการทำความสะอาดทั่วไปประจำวันในขณะที่ขบวนรถจอดเก็บอยู่ที่อาคารจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า และการล้างขบวนรถที่โรงล้างขบวนรถอัตโนมัติ และการล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงานในพื้นที่ที่จัดไว้เฉพาะเพื่อการล้างขบวนรถ

2) การตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า ซึ่งจะดำเนินการขณะที่ขบวนรถจอดอยู่บนรางตรวจสอบขบวนรถ (Train Inspection Tracks) ภายในอาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก รางตรวจสอบขบวนรถและสิ่งอำนวยความสะดวกประกอบที่เกี่ยวข้อง จะได้รับการออกแบบเพื่อให้พนักงานสามารถเข้าถึงพื้นที่ทุกระดับที่ต้องการการตรวจสอบ ได้แก่ ระดับใต้ท้องขบวนรถ ระดับพื้นขบวนรถ และระดับหลังคาขบวนรถ

3) การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยการซ่อมบำรุงถอดประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ ขณะที่ขบวนรถจอดอยู่บนรางซ่อมบำรุง (Train Repair Tracks) ภายในอาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก การซ่อมหนักหรือการยกเครื่องชิ้นส่วนอุปกรณ์ในห้อง/โรงซ่อมอุปกรณ์ ภายในอาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก หลังจากที่ถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์นั้นออกจากขบวนรถแล้ว และการเจียรล้อรถไฟฟ้า ที่จะต้องดำเนินการที่โรงเจียรล้อ (Wheel Re-Profiling Plant)

โดยสามารถแบ่งงานซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า ออกเป็นส่วนย่อย ได้ดังตัวอย่าง เช่น

- การเปลี่ยนฐานล้อ และปรับแต่งรูปทรงล้อ
- มอเตอร์ขับเคลื่อน และห้องเกียร์
- ห้ามล้อ และหม้อลม
- ระบบปรับอากาศ
- ประตู และหน้าต่าง
- อุปกรณ์เกี่ยวกับระบบไฟฟ้า
- การปรับแต่งภายใน และภายนอกตัวรถ
- ฯลฯ

4) การทดสอบขบวนรถไฟฟ้า บนรางทดสอบ เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของระบบควบคุม ระบบขับเคลื่อน และระบบเบรกของขบวนรถไฟฟ้า หลังการซ่อมบำรุง ก่อนที่จะนำขบวนรถไปใช้ให้บริการ

6.5.1 แนวคิดและจำนวนรางซ่อมบำรุงที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า

6.5.1.1 การตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า (Train set Inspections)

การตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า จะหมายความรวมถึงกิจกรรมหลายอย่าง เช่น การตรวจสอบอุปกรณ์ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และการซ่อมบำรุงย่อยต่างๆ ดังนี้

- การตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า จะเป็นการตรวจสอบโดยทั่วไป ที่มุ่งเน้นไปที่อุปกรณ์และชิ้นส่วนที่สามารถมองเห็นและตรวจวัดสภาพความสึกหรอได้อย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น ล้อ ชิ้นส่วนอุปกรณ์ระบบเบรก ฯลฯ
- การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จะหมายความรวมถึง การทำความสะอาดไส้กรองอากาศสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ การตรวจใส่น้ำมันหล่อลื่นที่ครีบล้อ (Flange) น้ำมันชุดเฟือง (Gearbox Oil) ฯลฯ
- การซ่อมบำรุงย่อย หมายความรวมถึงการแก้ไขสภาพบกพร่องชำรุดต่างๆ ที่ตรวจพบระหว่างการตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า รวมทั้งชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ที่ทราบล่วงหน้า หรือวางแผนไว้ว่าจะเปลี่ยนหรือซ่อมแซมในช่วงการตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า

โปรแกรมหรือรายการการตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า ควรจะต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมอย่างต่อเนื่องจนท้ายที่สุดจะได้ โปรแกรมการซ่อมบำรุงที่มีความสมดุล โดยคำนึงถึงกิจกรรมการซ่อมบำรุงต่างๆ ที่ต้องดำเนินการในรอบปี และแบ่งกระจายงานเหล่านี้เป็นงานส่วนย่อยที่เท่าๆ กัน ที่สามารถแบ่งดำเนินการได้ในช่วงที่ขบวนรถไฟฟ้าไม่ได้ใช้งาน ดังนั้น ท้ายที่สุดแล้ว การตรวจสอบประจำสัปดาห์ การตรวจสอบประจำเดือน หรือประจำปี ก็จะหล่อหลอมรวมกันเป็นกิจกรรมผสมที่มีเป้าหมายที่จะกระจายภารกิจการซ่อมบำรุงต่างๆ ออกให้สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง สม่ำเสมอ ตลอดปี

รางตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า (Train Inspection Tracks) จะมีจำนวนรางทั้งหมด 2 ราง (ราง M4 และ M5) ขนาดความยาวเพียงพอที่จะรองรับขบวนรถ 6 ตู้/ขบวน. ในบริเวณรางดังกล่าวจะมีบ่อ พื้นยก และบันได ที่จะสามารถอำนวยความสะดวกให้พนักงานสามารถเข้าตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้าที่ระดับความสูงต่างๆ เช่น ที่ -1.10 เมตร และ -1.60 เมตร โดยใช้บ่อและหลุมที่เจาะไว้ที่พื้น ที่ระดับ +1.10 เมตร และระดับหลังคารถที่ +3.52 เมตร โดยใช้พื้นยกระดับและบันได และมีระบบไฟฟ้าเพื่อการขับเคลื่อนจ่ายให้ทางสายต่อ (stingers) ที่สามารถเสียบกับขบวนรถเพื่อให้ขบวนรถสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยไม่ต้องมีการติดตั้งรางที่สาม บริเวณรางดังกล่าวยังมีเครนขนาด 2 ตัน ติดตั้งไว้ด้านบน เพื่อให้สามารถใช้ยกถอดประกอบเครื่องระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่บนหลังคาขบวนรถ

6.5.1.2 การประเมินจำนวนรางซ่อมบำรุง (Workshop Tracks) ที่ต้องการใช้งาน

การประเมินจำนวนรางซ่อมบำรุงที่ต้องการ จะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ หลายประการ ซึ่งแสดงไว้ในการประเมินในตารางต่อไป โดยต้องระลึกด้วยว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณงาน (Workload) ที่ต้องดำเนินการ อาจส่งผลเปลี่ยนแปลงไปถึงจำนวนรางซ่อมบำรุงที่ต้องการด้วย ซึ่งแม้ว่าจะสามารถประเมินได้ว่าโครงการจำเป็นต้องมีขบวนรถไฟฟ้าทั้งหมด 36 ขบวน โดยสมมุติให้เป็นขบวนรถที่ยาวสูงสุด 6 ตู้/ขบวน แต่ในการประเมินจำนวนรางซ่อมบำรุงในที่นี้ จะประเมินใช้จำนวนขบวนรถสูงสุดที่มากกว่าจำนวนขบวนรถที่ต้องการใช้จริงอีกด้วย

จำนวนขบวนรถสูงสุด ที่จะสามารถซ่อมบำรุงรักษาได้ที่ศูนย์ซ่อมบำรุงในที่นี้ จึงขึ้นอยู่กับทั้งสมรรถนะของอุปกรณ์ และแผนการจัดการการซ่อมบำรุง

ตารางที่ 6.5.1.2-1: การคำนวณขีดความสามารถของรางซ่อมบำรุง (Workshop Tracks Calculations)

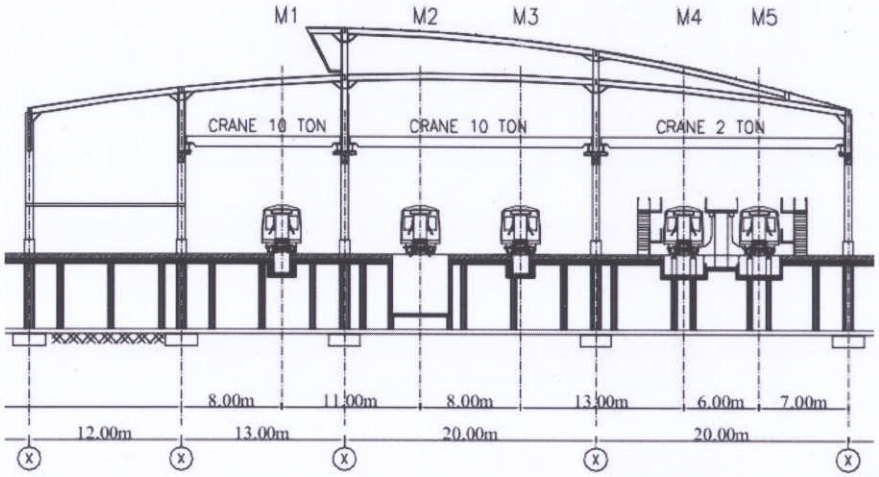
FLEET	40.00	60.00	70.00	trains
TRAIN INSPECTIONS				
Inspection program				
Inspection intervals	4.00	4.00	4.00	weeks
Workshop dwell time (1 shift)	6 to 8	6 to 8	6 to 8	hours
Inspections per month	40.00	60.00	70.00	nr
Inspections per week	10.00	15.00	17.50	nr
Work days per week	5.00	5.00	5.00	workdays/wk
Inspections per day per track - minimum	1.00	1.00	1.00	nr
Train inspections per week per track - minimum	5.00	5.00	5.00	nr
Inspection tracks fort 1 inspection per track per day	2.00	3.00	3.50	tracks
Number of inspection tracks, say	2.00	3.00	4.00	track
Inspections per day per track - maximum	2.00	2.00	2.00	nr
Train inspections per week per track - maximum	10.00	10.00	10.00	nr
Inspection tracks for 2 inspections per track per day	1.00	1.50	1.75	tracks
Number of inspection tracks, say	*1.00*	*2.00*	*2.00*	*tracks*
Train inspection workshop design	***2.00***	***2.00***	***2.00***	***tracks***
Workshop loading with 2 inspection tracks...				
At 1 inspection per track per day	*100*	*150*	*175*	*%*
At 2 inspections per track per day	***50***	***75***	***88***	***%***
TRAIN REPAIRS				
Repair load				
Operating-km per train per year	135,066	135,066	135,066	km/a
Operating speed	31.67	31.67	31.67	km/h
Operating hours per train per year	4,264.79	4,264.79	4,264.79	hours
Operating hours between workshop visits	800.00	800.00	800.00	hours
Workshop visits per train per year, net	5.33	5.33	5.33	nr
Workshop visits for fleet per year, net	213.24	319.86	373.17	nr
Factor for randomness of failures (bunching factor)	35.00	35.00	35.00	%
Workshop visits for fleet per year for workshop sizing	287.87	431.81	503.78	nr
Repairs accomplished per day per track	2.00	2.00	2.00	nr
Repairs per days year	143.94	215.91	251.89	days
Work days per year	360.00	360.00	360.00	days
Repair tracks required	0.40	0.60	0.70	tracks
Number of repair tracks, say	1.00	1.00	1.00	tracks
Repair track occupancy	***40***	***60***	***70***	***%***
Bogie changes				
Wheel life	500,000	500,000	500,000	op-km
Bogie change-out intervals (due to wheel wear), worst case	3.70	3.70	3.70	years
Duration, bogie change-out program	2.00	2.00	2.00	years
Bogie change-outs per year (entire trains = 12 bogies)	20.00	30.00	35.00	trains
Workshop dwell time, days per train	2.00	2.00	2.00	day
Repair days per year	250.00	250.00	250.00	days
Repair track occupancy (lifting plant), days per year	40.00	60.00	70.00	days
Number repair tracks with lifting plant	1.00	1.00	1.00	track
Repair track occupancy (lifting plant)	***16***	***24***	***28***	***%***
Long-term work, overhauls, mid-life updates, etc.				
Intervals - overhauls, progressive renewals, etc.	6.00	6.00	6.00	years
Program duration - overhauls, progressive renewals, etc.	6.00	6.00	6.00	years
Duration per train - overhauls, progressive renewals, etc.	1.00	1.00	1.00	months
Program duration for fleet	40.00	60.00	70.00	months
Trains completed per year	6.67	10.00	11.67	trains
Repair tracks allocated, say	*1.00*	*1.00*	*1.00*	*track*
Repair track occupancy	***56***	***83***	***97***	***%***
Total occupancy of 3 repair tracks - average	***37***	***56***	***65***	***%***

โดยการใช้งานรางซ่อมบำรุง ทั้ง 5 รางในโรงซ่อมบำรุง จะมีความยืดหยุ่นในการใช้งานที่สามารถสับเปลี่ยนกันได้ ดังแสดงในตารางต่อไป

ตารางที่ 6.5.1.2-2: การแบ่งการใช้งานรางซ่อมบำรุง (Workshop Tracks Utilization)

	Train inspection	Train inspection	Train repair	Train repair inground lifting	Train repair long-term
Track	**M5**	**M4**	**M3**	**M2**	**M1**
Train inspection	primary	primary	secondary	secondary	secondary
Train repairs	secondary	secondary	primary	primary	primary
Bogie changes			emergency	primary	emergency
Long-term work	secondary	secondary	primary		primary

จาก**ตารางที่ 6.5.1.2-1 และตารางที่ 6.5.1.2-2** ข้างต้นจะเห็นว่ารางซ่อมบำรุง จำนวนรวม 5 ราง (ราง M1-M5) ที่กำหนดไว้ในโรงซ่อมบำรุงหลัก มีความสามารถเพียงพอที่จะรองรับการซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า (ขนาด 6 ตู้/ขบวน) จำนวนรวม 40 ขบวน 60 ขบวน หรือถึง 70 ขบวน ได้



รูปที่ 6.5.1-1: รูปตัดขวางอาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก

โดยในกรณีที่มีขบวนรถไฟฟ้ารวม 40 ขบวน รางที่ใช้ในการตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า (Train Inspections) ทั้ง 2 ราง จะมีการใช้งานเพียง 50% และรางที่ใช้ในการซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า (Train Repairs) จะมีการใช้งานสูงสุดเพียง 56% หรือเฉลี่ย 3 รางเพียง 37%

ในกรณีที่มีขบวนรถไฟฟ้ารวม 60 ขบวน รางที่ใช้ในการตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า ทั้ง 2 ราง จะมีการใช้งาน 75% และรางที่ใช้ในการซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า จะมีการใช้งานสูงสุด 83% หรือเฉลี่ย 3 รางที่ 56%

ในกรณีที่มีขบวนรถไฟฟ้ารวม 70 ขบวน รางที่ใช้ในการตรวจสอบขบวนรถไฟฟ้า ทั้ง 2 ราง จะมีการใช้งาน 88% และรางที่ใช้ในการซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า จะมีการใช้งานสูงสุด 97% หรือเฉลี่ย 3 รางที่ 65%

6.5.1.3 การประเมินปริมาณงานซ่อมหนัก หรืองานยกเครื่องอุปกรณ์ (Component Overhaul Workload)

ในการซ่อมใหญ่ หรือการยกเครื่องอุปกรณ์ มีงานที่คาดว่าจะเป็นขีดจำกัดที่สำคัญที่สุดคืองานซ่อมแคร่ล้อ (Bogie) การจัดวางผังพื้นที่โรงซ่อมบำรุง จึงต้องเอื้ออำนวยให้สามารถทำการประกอบ และทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งแคร่ล้อ ได้ตามแผนการซ่อมบำรุงที่จะกระจายทยอยดำเนินการตลอด 4 ปี ได้อย่างสมบูรณ์

การประเมินอัตราการทำงานในการซ่อมใหญ่อุปกรณ์ต่างๆ แสดงอยู่ในตารางต่อไป โดยปริมาณงาน และอัตราการทำงานที่ต้องการ จะประเมินโดยสมมุติใช้จำนวนขบวนรถสูงสุดที่ยาว 6 ตู้/ขบวน เป็นจำนวนรวม 40, 60 และ 70 ขบวน ตามลำดับ

ตารางที่ 6.5.1.2-3: ประเมินอัตราการซ่อม/ยกเครื่องอุปกรณ์ (Workshop Repair/Overhaul Program)

BMLE Rolling stock component overhaul & repair program: 40 Trains X 6 Cars										
COMPONENTS	WORK TYPE	Units	Quantity per train	Quantity per fleet	Overhaul cycle: years	Duration, overhaul program: years	Process rates			
							units per year	units per month	units per week	units per day
Bogies, motor	heavy mechanical	nr	6	240	6	4	60	5.0	1.2	0.2
Bogies, trailer	heavy mechanical	nr	6	240	6	4	60	5.0	1.2	0.2
Traction motors	heavy mechanical	nr	12	480	6	4	120	10.0	2.4	0.5
Gear boxes	heavy mechanical	nr	12	480	6	4	120	10.0	2.4	0.5
Gearbox couplings	heavy mechanical	nr	12	480	6	4	120	10.0	2.4	0.5
Wheel bearings	heavy mechanical	nr	48	1920	6	4	480	40.0	9.6	1.9
Primary suspension	heavy mechanical	bogie set	12	480	6	4	120	10.0	2.4	0.5
Secondary suspension	heavy mechanical	bogie set	12	480	6	4	120	10.0	2.4	0.5
Couplers, end	heavy mechanical	nr	2	80	6	4	20	1.7	0.4	0.1
Couplers, intermediate	heavy mechanical	nr	5	200	6	4	50	4.2	1.0	0.2
Wheel sets	heavy mechanical	nr	24	960	6	4	240	20.0	4.8	1.0
Gangways	heavy mechanical	nr	5	200	12	4	50	4.2	1.0	0.2
Brake actuators	mechanical	nr	48	1920	6	4	480	40.0	9.6	1.9
Power collector gear	mechanical	nr	24	960	6	4	240	20.0	4.8	1.0
Compressors	mechanical	nr	2	80	6	4	20	1.7	0.4	0.1
Dampers	mechanical	bogie sets	12	480	6	4	120	10.0	2.4	0.5
Interior components	mechanical	car sets	6	240	12	4	60	5.0	1.2	0.2
Door panels	mechanical	nr	96	3840	12	4	960	80.0	19.2	3.8
Floor, covering	mechanical	car sets	6	240	12	4	60	5.0	1.2	0.2
Painting - exterior	mechanical	cars	6	240	12	4	60	5.0	1.2	0.2
Batteries	electrical	sets	2	80	6	4	20	1.7	0.4	0.1
Ground brushes	electrical	bogie sets	24	960	6	4	240	20.0	4.8	1.0
Door operators	electrical	nr	48	1920	6	4	480	40.0	9.6	1.9
Air conditioners	refrigeration	nr	12	480	6	4	120	10.0	2.4	0.5

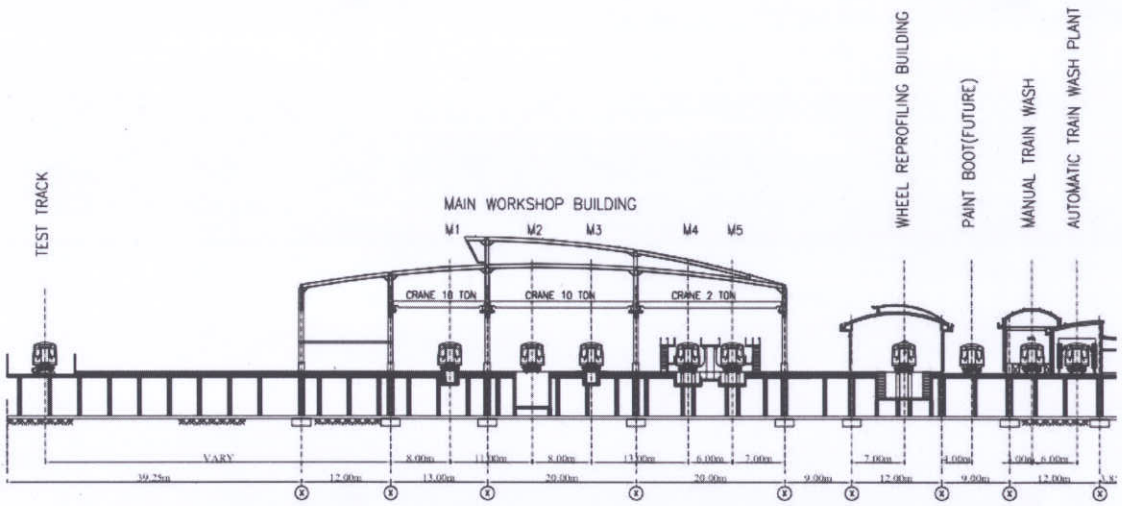
40 Trains x 6 Cars - 50% Traction

BMLE Rolling stock component overhaul & repair program: 60 Trains x 6 Cars										
COMPONENTS	WORK TYPE	Units	Quantity per train	Quantity per fleet	Overhaul cycle: years	Duration, overhaul program: years	Process rates			
							units per year	units per month	units per week	units per day
Bogies, motor	heavy mechanical	nr	6	360	6	4	90	7.5	1.8	0.4
Bogies, trailer	heavy mechanical	nr	6	360	6	4	90	7.5	1.8	0.4
Traction motors	heavy mechanical	nr	12	720	6	4	180	15.0	3.6	0.7
Gear boxes	heavy mechanical	nr	12	720	6	4	180	15.0	3.6	0.7
Gearbox couplings	heavy mechanical	nr	12	720	6	4	180	15.0	3.6	0.7
Wheel bearings	heavy mechanical	nr	48	2880	6	4	720	60.0	14.4	2.9
Primary suspension	heavy mechanical	bogie set	12	720	6	4	180	15.0	3.6	0.7
Secondary suspension	heavy mechanical	bogie set	12	720	6	4	180	15.0	3.6	0.7
Couplers, end	heavy mechanical	nr	2	120	6	4	30	2.5	0.6	0.1
Couplers, intermediate	heavy mechanical	nr	5	300	6	4	75	6.3	1.5	0.3
Wheel sets	heavy mechanical	nr	24	1440	6	4	360	30.0	7.2	1.4
Gangways	heavy mechanical	nr	5	300	12	4	75	6.3	1.5	0.3
Brake actuators	mechanical	nr	48	2880	6	4	720	60.0	14.4	2.9
Power collector gear	mechanical	nr	24	1440	6	4	360	30.0	7.2	1.4
Compressors	mechanical	nr	2	120	6	4	30	2.5	0.6	0.1
Dampers	mechanical	bogie sets	12	720	6	4	180	15.0	3.6	0.7
Interior components	mechanical	car sets	6	360	12	4	90	7.5	1.8	0.4
Door panels	mechanical	nr	96	5760	12	4	1440	120.0	28.8	5.8
Floor, covering	mechanical	car sets	6	360	12	4	90	7.5	1.8	0.4
Painting - exterior	mechanical	cars	6	360	12	4	90	7.5	1.8	0.4
Batteries	electrical	sets	2	120	6	4	30	2.5	0.6	0.1
Ground brushes	electrical	bogie sets	24	1440	6	4	360	30.0	7.2	1.4
Door operators	electrical	nr	48	2880	6	4	720	60.0	14.4	2.9
Air conditioners	refrigeration	nr	12	720	6	4	180	15.0	3.6	0.7

60 Trains x 6 Cars - 50% Traction

BMLE Rolling stock component obverhaul & repair program: 70 Trains x 6 Cars										
COMPONENTS	WORK TYPE	Units	Quantity per train	Quantity per fleet	Overhaul cycle: years	Duration, overhaul program: years	Process rates			
							units per year	units per month	units per week	units per day
Bogies, motor	heavy mechanical	nr	6	420	6	4	105	8.8	2.1	0.4
Bogies, trailer	heavy mechanical	nr	6	420	6	4	105	8.8	2.1	0.4
Traction motors	heavy mechanical	nr	12	840	6	4	210	17.5	4.2	0.8
Gear boxes	heavy mechanical	nr	12	840	6	4	210	17.5	4.2	0.8
Gearbox couplings	heavy mechanical	nr	12	840	6	4	210	17.5	4.2	0.8
Wheel bearings	heavy mechanical	nr	48	3360	6	4	840	70.0	16.8	3.4
Primary suspension	heavy mechanical	bogie set	12	840	6	4	210	17.5	4.2	0.8
Secondary suspension	heavy mechanical	bogie set	12	840	6	4	210	17.5	4.2	0.8
Couplers, end	heavy mechanical	nr	2	140	6	4	35	2.9	0.7	0.1
Couplers, intermediate	heavy mechanical	nr	5	350	6	4	88	7.3	1.8	0.4
Wheel sets	heavy mechanical	nr	24	1680	6	4	420	35.0	8.4	1.7
Gangways	heavy mechanical	nr	5	350	12	4	88	7.3	1.8	0.4
Brake actuators	mechanical	nr	48	3360	6	4	840	70.0	16.8	3.4
Power collector gear	mechanical	nr	24	1680	6	4	420	35.0	8.4	1.7
Compressors	mechanical	nr	2	140	6	4	35	2.9	0.7	0.1
Dampers	mechanical	bogie sets	12	840	6	4	210	17.5	4.2	0.8
Interior components	mechanical	car sets	6	420	12	4	105	8.8	2.1	0.4
Door panels	mechanical	nr	96	6720	12	4	1680	140.0	33.6	6.7
Floor, covering	mechanical	car sets	6	420	12	4	105	8.8	2.1	0.4
Painting - exterior	mechanical	cars	6	420	12	4	105	8.8	2.1	0.4
Batteries	electrical	sets	2	140	6	4	35	2.9	0.7	0.1
Ground brushes	electrical	bogie sets	24	1680	6	4	420	35.0	8.4	1.7
Door operators	electrical	nr	48	3360	6	4	840	70.0	16.8	3.4
Air conditioners	refrigeration	nr	12	840	6	4	210	17.5	4.2	0.8

70 Trains x 6 Cars - 50% Traction



รูปที่ 6.5.1-2: รูปตัดขวางพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง (ไม่รวมอาคารจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า)

6.5.2 อุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกในการซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า

การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาคาร และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ หลายส่วนในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ทั้งอาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก โรงจอดขบวนรถ โรงล้างขบวนรถไฟฟ้า โรงเจียรล้อรถไฟฟ้า รวมทั้งรางทดสอบ (Test Track) โดยมีรายละเอียด และแนวคิดการใช้งาน ดังต่อไปนี้

6.5.2.1 โรงเจียรล้อ (Wheel Re-profiling Plant)

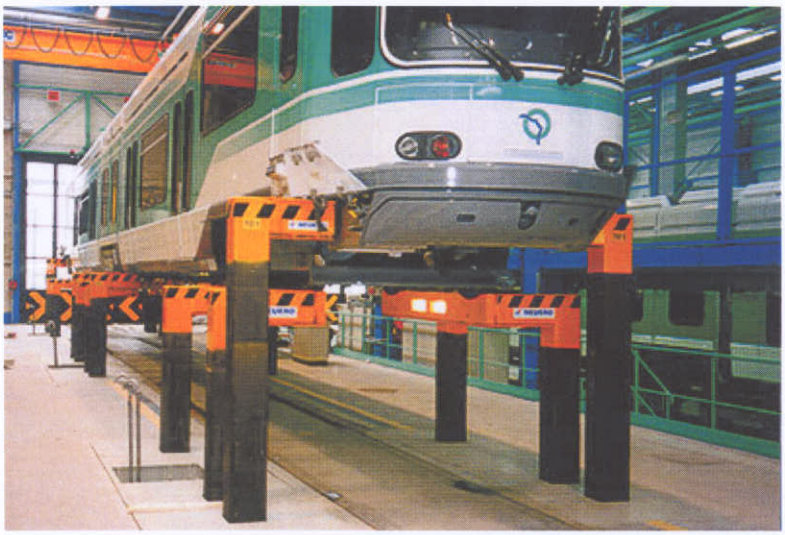
เครื่องเจียรล้อ ที่ติดตั้งในโรงเจียรล้อ มีแนวคิดของการใช้งานที่กำหนดให้ความแข็งของล้อน้อยกว่าความแข็งของราง การสึกหรอจึงเกิดขึ้นกับล้อ โดยเมื่อล้อถูกใช้งานมาระยะช่วงเวลาหนึ่งจะต้องมีการปรับแต่งรูปทรง (Profile) ของล้อ โดยการเจียรล้อจะสามารถดำเนินการได้โดยไม่ต้องถอดล้อออกจากชุดล้อ หรือแคร่ล้อ แต่สามารถนำขบวนรถที่ต้องการปรับแต่งล้อเคลื่อนผ่านเครื่องเจียรล้อโดยใช้รถลากจูง ซึ่งเครื่องเจียรล้อจะตรวจวัดและบันทึกขอมูลรูปทรงของล้อแต่ละล้อเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การปรับแต่งล้อที่เหมาะสมที่สุด ก่อนที่เครื่องเจียรล้อจะเริ่มการเจียรล้อให้ได้รูปทรงใหม่ที่ต้องการ

การเจียรล้อจะดำเนินการบนรางเจียรล้อ ที่วางอยู่เหนือเครื่องเจียร รางดังกล่าวจะมีความยาวเพียงพอทั้งสองด้านของเครื่องเจียร สำหรับขบวนรถ 6 ตู้/ขบวน รวมทั้งความยาวรถลากจูง (train shunter) ที่จะใช้ผลักขบวนรถ เนื่องจากรางดังกล่าวจะไม่มีรางที่สามเพื่อจ่ายไฟฟ้าในการขับเคลื่อน ดังนั้นการเคลื่อนขบวนรถไฟฟ้ามายังตำแหน่งเจียรจึงต้องใช้รถลากจูง ด้านข้างของโรงเจียรล้อจะมีประตูให้พนักงาน และรถยก (Forklift) สามารถเข้ามายกถังบรรจุเศษโลหะ ชิ้นส่วนจากการเจียร เพื่อนำไปทิ้งได้โดยสะดวก

รูปที่ 6.5.2.1: รูปตัวอย่างเครื่องเจียรล้อ

6.5.2.2 เครื่องยกขบวนรถ โดยจะยกทั้งขบวน (Train set Lifting Plant)

เครื่องยกขบวนรถ เป็นเครื่องมือสำหรับยกขบวนรถ โดยจะสามารถยกทั้งขบวนพร้อมกัน หรือยกทีละตู้ก็ได้ เพื่อการตรวจสอบ และเพื่อถอดประกอบแคร่ล้อ (Bogie) กับตัวขบวนรถ โดยเครื่องยกจะแยกการยกออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่รับน้ำหนักของชุดแคร่ล้อ และส่วนที่รับน้ำหนักของตัวรถ ชุดยกทั้งสองส่วนนี้สามารถแยกการควบคุมการขึ้นลงได้ ทำให้การถอดประกอบ และตรวจสอบแคร่ล้อ และอุปกรณ์ด้านล่างของขบวนรถทำได้สะดวก เครื่องยกขบวนรถ จะติดตั้งถาวรในพื้นที่รางซ่อมบำรุง ในโรงซ่อมบำรุงหลัก



รูปที่ 6.5.2.2: รูปตัวอย่างเครื่องยกขบวนรถ ซึ่งทำงานโดยนำรถ หรือขบวนรถเข้ามาจอดในตำแหน่งที่กำหนด แล้วเครื่องจะยกขบวนรถขึ้น เพื่อตรวจสอบช่วงล่างของรถ และปรับเปลี่ยนชุดแคร่ล้อ

เครื่องยกขบวนรถสำหรับขบวนรถยาว 6 ตู้ จะติดตั้งไว้ที่รางซ่อมบำรุง (ราง M2) ในอาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก ที่บริเวณรางดังกล่าวจะมีการจ่ายไฟฟ้าเพื่อการขับเคลื่อนให้ทางสายต่อ (Stinger) ที่สามารถเสียบเข้ากับขบวนรถ เพื่อให้ขบวนรถสามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องใช้ระบบรางที่สาม

6.5.2.3 เครื่องยกแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Jacking Set, 4 x 15 t)

เครื่องยกแบบเคลื่อนที่ได้ เป็นเครื่องมือสำหรับยกรถที่สามารถเคลื่อนย้ายที่ตั้งได้ โดยจะสามารถยกทั้งขบวน หรือยกทีละตู้ก็ได้ โดยรถหนึ่งตู้ (คัน) จะต้องใช้เครื่องยกสี่ตัว ใช้ยกรถเพื่อทำการตรวจสอบ แก้ไข ซ่อมแซม อุปกรณ์ต่างๆ ในพื้นที่ด้านใต้ของรถ และใช้สำหรับยกรถที่จะนำมาติดตั้งใหม่ด้วย

รูปที่ 6.5.2.3: รูปตัวอย่างเครื่องยกแบบเคลื่อนที่ได้ โดยนำเครื่องยกไปตั้งในตำแหน่งที่ต้องการ แล้วยกรถขึ้น

เครื่องยกแบบเคลื่อนที่ได้ ที่สามารถยกทั้งขบวน หรือยกทีละตู้ก็ได้ จะใช้บริเวณรางซ่อมบำรุง (ราง M1 และ M3) ซึ่งเมื่อมีเหตุฉุกเฉิน จะสามารถใช้รางดังกล่าวในการยกถอดประกอบแคร่ล้อได้โดยยกรถที่ละตู้ เมื่อแยกถอดรถออกจากกันแล้ว ที่บริเวณรางดังกล่าวจะมีการจ่ายไฟฟ้าเพื่อการขับเคลื่อนให้ทางสายต่อ (Stinger) ที่สามารถเสียบเข้ากับขบวนรถ เพื่อให้ขบวนรถสามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องใช้ระบบรางที่สาม

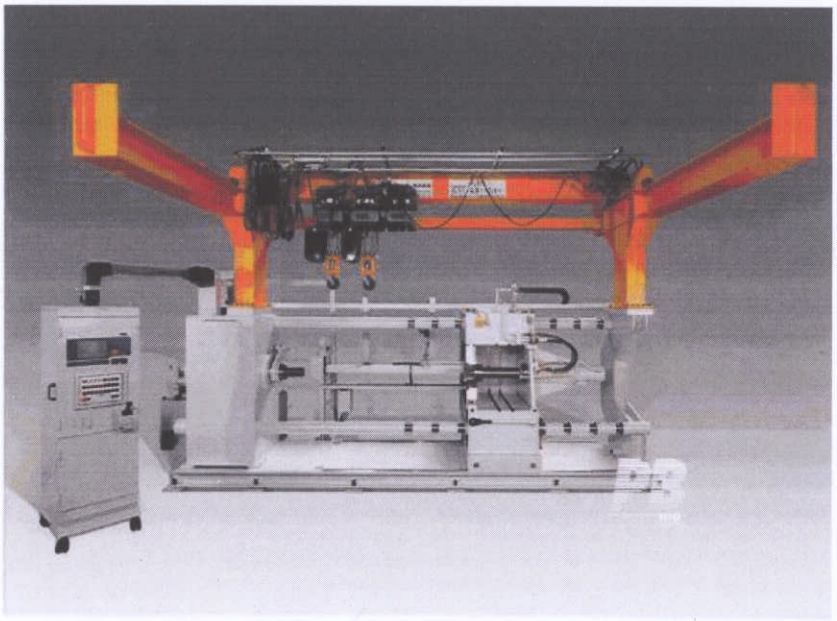
6.5.2.4 ชุดหมุนแคร่ล้อ (Bogie Turntable)

ชุดหมุนแคร่ล้อ หรือ Bogie Turntable เป็นเครื่องมือสำหรับเปลี่ยนย้ายเส้นทางกลิ้งของชุดแคร่ล้อ เนื่องจากชุดแคร่ล้อมีน้ำหนักมาก ในการเคลื่อนย้ายจะใช้วิธีการกลิ้งไปบนราง และเมื่อต้องการจะเปลี่ยนทิศทางก็จะใช้ชุดหมุนนี้หมุนเปลี่ยนทิศทางการกลิ้ง ซึ่ง จะช่วยผ่อนแรงและอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายได้ โดยจะติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวในบริเวณที่เป็นทางแยกของพื้นที่สำหรับซ่อมบำรุงส่วนต่างๆ

รูปที่ 6.5.2.4: รูปตัวอย่างชุดหมุนแคร่ล้อ

6.5.2.5 เครื่องอัดไฮโดรลิคสำหรับ ถอด-ประกอบ ล้อ (Hydraulic Wheel Press)

เครื่องอัดไฮโดรลิคสำหรับ ถอด-ประกอบ ล้อ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการถอดและใส่ล้อเข้ากับเพลาล้อ เมื่อต้องการถอดล้อหลังจากมีการใช้งานล้อตามระยะทางที่กำหนด โดยในการถอดล้อ ซึ่งตัวล้อจะติดอยู่กับเพลาล้อ เครื่องจะถอดล้อออกจากเพลาโดยการดึงด้วยระบบไฮโดรลิค และในการใส่ล้อ ก็จะใช้หลักการอัดดันด้วยระบบไฮโดรลิค เช่นกัน



รูปที่ 6.5.2.5: รูปตัวอย่างเครื่องอัดไฮโดรลิคสำหรับ ถอด-ประกอบ ล้อ กับเพลาล้อ

6.5.2.6 เครื่องกลึงเพล (Axle Lathe)

เครื่องกลึงเพลา ใช้งานในการกลึงเพลา เมื่อมีการใช้งานเพลาล้อตามระยะทางที่กำหนด เพลาที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว และเพลาใหม่ จะต้องทำการกลึงเพื่อให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี

รูปที่ 6.5.2.6: รูปตัวอย่างเครื่องกลึงเพลา

6.5.2.7 Bogie Preload Stand

Bogie Preload Stand เป็นเครื่องมือทดสอบการบรรทุกน้ำหนักของแคร่ล้อ โดยเมื่อมีการประกอบชุดแคร่ล้อ จะต้องมีการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกด้วยการนำชุดแคร่ล้อที่ประกอบเสร็จมาทดสอบกับเครื่องทดสอบการบรรทุก เครื่องจะทำการส่งแรงกดไปที่จุดรับน้ำหนักของชุดแคร่ล้อ และแสดงสถานะในการรับน้ำหนักของชุดแคร่ล้อ ตลอดการทดสอบ

รูปที่ 6.52.7: รูปตัวอย่าง Bogie Preload Stand สำหรับทดสอบการบรรทุกน้ำหนักของชุดแคร่ล้อ

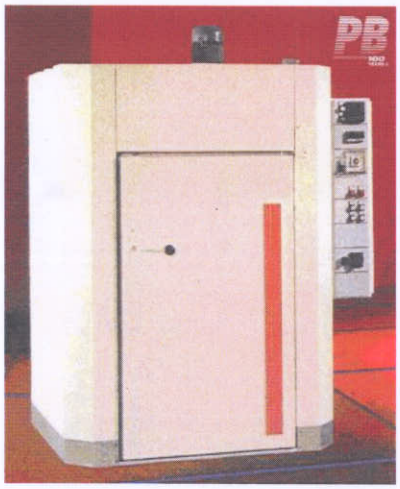
6.5.2.8 Wheel Boring Machine

Wheel Boring Machine เป็นเครื่องมือที่ใช้เจาะและปรับแต่งล้อ โดยล้อที่จะนำมาประกอบกับเพลาล้อจะต้องเจาะปรับแต่งให้เหมาะสมกับแกนล้อ หลักการในการทำงานของเครื่องมือชิ้นนี้คือ การใช้การกดและการเจียร โดยแท่นส่วนล่างของอุปกรณ์จะทำหน้าที่หมุนล้อ ส่วนบนของอุปกรณ์จะกดลงมาทำการเจาะและเจียรตามที่ต้องการ

รูปที่ 6.5.2.8: รูปตัวอย่าง Wheel Boring Machine

6.5.2.9 เตาอบแห้ง (Drying Oven)

เตาอบแห้ง เป็นเครื่องมือที่ใช้กำจัดความชื้น โดยจะใช้ในส่วนของการซ่อมบำรุงมอเตอร์ขับเคลื่อน เมื่อมีการถอดประกอบมอเตอร์เพื่อซ่อมบำรุง ที่จะต้องนำส่วนขดลวดของมอเตอร์ออกมาแก้ไข และก่อนที่จะประกอบกลับเข้ากับส่วนอื่นๆ จะต้องมีการเคลือบฉนวนให้กับขดลวดของมอเตอร์ และจะต้องทำให้แห้งโดยจะใช้เตาอบแห้งทำหน้าที่กำจัดความชื้นออก ก่อนที่จะนำมาประกอบกับตัวเรือนของมอเตอร์ต่อไป



รูปที่ 6.5.2.9: รูปตัวอย่างเตาอบแห้ง ใช้สำหรับกำจัดความชื้นให้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์มอเตอร์และอุปกรณ์วงจรไฟฟ้า

6.5.2.10 Damper Test Stand

Damper Test Stand เป็นเครื่องมือทดสอบการรับแรงกด โดยจะใช้เครื่องมือนี้กับอุปกรณ์ประเภท Damper โดยจะติดตั้งในบริเวณส่วนซ่อมบำรุงแคร่ล้อ อุปกรณ์ทดสอบนี้จะใช้หลักการในการผลักและดึงโดยจะผลักและดึง Damper เพื่อทดสอบการยืดและหดตัวของ Damper

6.5.2.11 Wheel Profile Measuring เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวัด และบันทึกขนาดรูปทรงของล้อ

6.5.2.12 Wheel Inspection Gauges เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวินิจฉัยล้อ

6.5.2.13 Wheel & Axle Test Set เป็นเครื่องมือตรวจทดสอบข้อบกพร่องของล้อและเพลาล้อ

6.5.2.14 Traction Motor Test Facility

Traction Motor Test Facility เป็นชุดเครื่องมือสำหรับทดสอบมอเตอร์ขับเคลื่อน เมื่อมอเตอร์ขับเคลื่อนได้รับการซ่อมบำรุงและประกอบกลับโดยสมบูรณ์แล้ว จะต้องมีการทดสอบการทำงานต่างๆ เช่น การทดสอบการให้กำลังของมอเตอร์ การทดสอบการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า การทดสอบการสั่นสะเทือนจากการใช้งาน ซึ่ง การทดสอบต่างๆ เหล่านี้จะดำเนินการที่ Traction Motor Test Facility

รูปที่ 6.5.2.14: รูปตัวอย่างชุดเครื่องมือสำหรับทดสอบมอเตอร์ขับเคลื่อน

6.5.2.15 พื้นยกและบันได ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ (Mobile Access Platform and Stairs)

พื้นยกและบันไดที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ เป็นเครื่องมือที่ใช้อำนวยความสะดวกในการเดินขึ้นและลงรถไฟฟ้า ระหว่างที่อยู่ในบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง โดยเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และอำนวยความสะดวกในการขึ้นลงจากระดับพื้นอาคารเพื่อทำการซ่อมบำรุงและทำความสะอาด ที่ระดับพื้นภายในตัวรถ และการขึ้นลงที่ระดับสูงกว่าพื้นรถ

รูปที่ 6.5.2.15: รูปตัวอย่าง Mobile Access Platform and Stairs

6.5.2.16 Brake and Compressor Maintenance Equipment

Brake and Compressor Maintenance Equipment เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบระบบห้ามล้อหรือเบรก และชุดลมอัด ด้วยการนำเบรกที่ต้องการทดสอบมาติดตั้งกับเครื่องทดสอบ โดยจะมีการทดสอบต่างๆ หลายระดับ ก่อนที่จะสามารถนำตัวเบรกกลับไปติดตั้งกับแคร่ล้อ

6.5.2.17 Electrical Maintenance Equipment

Electrical Maintenance Equipment เป็นกลุ่มอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับตรวจสอบวงจรไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยจะมีอุปกรณ์ในการตรวจสอบทางไฟฟ้าต่างๆ เช่น โวลท์มิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ มัลติมิเตอร์ และโต๊ะสำหรับทำงานไฟฟ้า เป็นต้น

6.5.2.18 Door Maintenance Equipment

Door Maintenance Equipment เป็นชุดเครื่องมือทดสอบและซ่อมบำรุงประตูรถ ด้วยการนำประตูหรืออุปกรณ์ที่ต้องการซ่อมบำรุงมาทดสอบกับอุปกรณ์นี้ ซึ่งจะต่อพ่วงกับอุปกรณ์ควบคุมที่เหมือนกันกับอุปกรณ์จริงบนตัวรถ โดยจะทดสอบการปิดและเปิด ทดสอบระบบความปลอดภัยในกรณีฉุกเฉิน ทดสอบแรงกระแทกจากการปิดประตู เป็นต้น

รูปที่ 6.5.2.18: รูปตัวอย่างชุดเครื่องมือสำหรับทดสอบ และซ่อมบำรุงประตูรถ

6.5.2.19 Coupler Maintenance Equipment

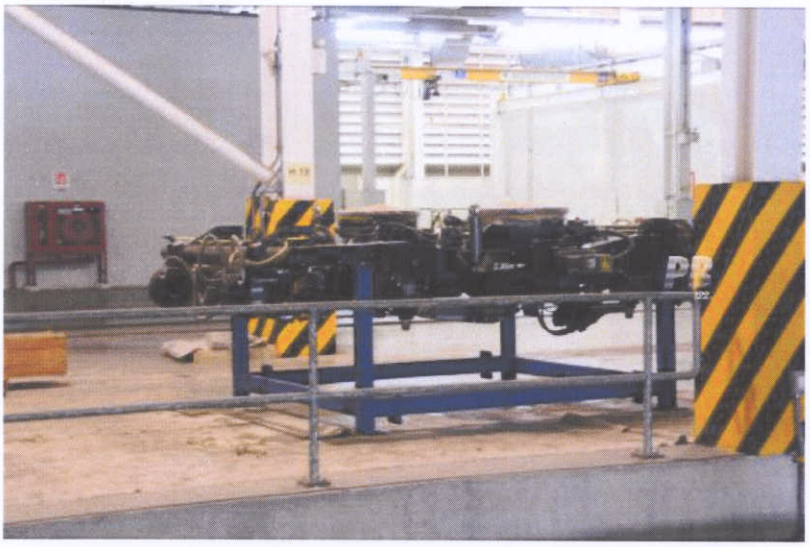
Coupler Maintenance Equipment เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจ ซ่อมบำรุง อุปกรณ์พ่วงต่อรถ (Coupler) ในการทดสอบจะนำอุปกรณ์ที่ต้องการซ่อมบำรุงมาติดตั้งบนแท่นทดสอบ โดยจะมีการทดสอบการเข้าชนกัน การทดสอบหารอยแตก และตรวจความเสียหาย

6.5.2.20 Battery Maintenance Equipment

Battery Maintenance Equipment เป็นชุดเครื่องมือสำหรับตรวจสอบ และเพิ่มประจุให้กับแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่จะต้องมีการซ่อมบำรุงต่างๆ เช่น การเติมน้ำกลั่น การเปลี่ยนเซลล์แบตเตอรี่ การอัดเพิ่มประจุไฟฟ้า เป็นต้น

6.5.2.21 Bogies Workstand

Bogies Workstand เป็นแท่นสำหรับถอดวาง และติดตั้งชุดแคร่ล้อ



รูปที่ 6.5.2.21: รูปตัวอย่างแท่นสำหรับถอดและติดตั้งชุดแคร่ล้อ

6.5.2.22 Train Air-conditioners Workstand

Train Air-conditioners Workstand เป็นแท่นสำหรับวางซ่อมบำรุงชุดเครื่องระบบปรับอากาศ

รูปที่ 6.5.2.22: แท่นสำหรับวางซ่อมบำรุงชุดเครื่องระบบปรับอากาศ

6.5.2.23 Soldering Equipment เป็นเครื่องมือสำหรับเชื่อมโลหะประเภทตะกั่วในระบบวงจรไฟฟ้า

6.5.2.24 อุปกรณ์ยก (Lifting Equipment)

อุปกรณ์ยกจำพวกเครน (Crane) เป็นเครื่องมือสำคัญกลุ่มหนึ่งที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า ซึ่งในศูนย์ซ่อมบำรุง จะมีการใช้อุปกรณ์ยกขนาดต่างๆ กันดังต่อไปนี้

10 Ton Overhead Crane

อุปกรณ์สำหรับยกของที่มีน้ำหนักไม่เกิน 10 ตัน ใช้ในบริเวณที่ต้องการยกรถทั้งตู้

รูปที่ 6.5.2.24-1: รูปตัวอย่างอุปกรณ์สำหรับยกของที่มีน้ำหนักไม่เกิน 10 ตัน

เครน 10 ตัน หนึ่งชุดจะติดตั้งไว้เพื่อใช้งานร่วมกันระหว่าง รางซ่อมบำรุง M2 และ M3 และมีเครน 10 ตัน อีกหนึ่งชุด สำหรับใช้งานเฉพาะที่ราง M1.

5 Ton Overhead Crane

อุปกรณ์สำหรับยกของที่มีน้ำหนักไม่เกิน 5 ตัน ใช้ในบริเวณพื้นที่เก็บของ และพื้นที่ซ่อมบำรุงชุดแคร่ล้อ

รูปที่ 6.5.2.24-2: รูปตัวอย่างอุปกรณ์สำหรับยกของที่มีน้ำหนักไม่เกิน 5 ตัน

2 Ton Overhead Crane

อุปกรณ์สำหรับยกของที่มีน้ำหนักไม่เกิน 2 ตัน ใช้ในบริเวณพื้นที่สำหรับตรวจสอบขบวนรถ พื้นที่สำหรับซ่อมชุดเครื่องระบบปรับอากาศ และพื้นที่สำหรับซ่อมชุดล้อ

รูปที่ 6.5.2.24-3: รูปตัวอย่างอุปกรณ์สำหรับยกของที่มีน้ำหนักไม่เกิน 2 ตัน

6.5.2.25 เครื่องล้างขบวนรถอัตโนมัติ (Automatic Train Wash Plant)

เครื่องล้างขบวนรถอัตโนมัติ หรือโรงล้างขบวนรถอัตโนมัติ จะติดตั้งขนานกับอาคารจอดเก็บขบวนรถ โดยขบวนรถที่มาจากเส้นทางหลัก จะต้องกลับขบวนรถก่อนและหลังสิ้นสุดการล้างขบวนรถ เพื่อที่จะเข้าไปจอดในอาคารจอดเก็บขบวนรถ ส่วนขบวนรถจากอาคารจอดเก็บขบวนรถ จะต้องกลับขบวนรถ 3 ครั้ง เพื่อที่จะเข้าไปล้างขบวนรถและกลับไปจอดที่อาคารจอดเก็บขบวนรถตามเดิม

รูปที่ 6.5.2.25: รูปตัวอย่างเครื่องล้างขบวนรถอัตโนมัติ

ขั้นตอนการล้างขบวนรถ จะเป็นไปในทิศทางเดียว (uni-directional) แต่สามารถยอมให้ขบวนรถวิ่งผ่านเครื่องโดยไม่มีการล้างได้ทั้งสองทิศทาง ในการเริ่มขั้นตอนการล้างขบวนรถ พนักงานประจำขบวนรถ จะต้องสั่งเริ่มขั้นตอนจากแผงควบคุมของโรงล้างขบวนรถ การล้างขบวนรถอัตโนมัติ จะประกอบด้วยการล้างด้านข้างขบวนรถ ด้านบนหลังคาของขบวนรถ และหัวขบวนรถทั้งด้านหน้าด้านหลังของขบวนรถ ซึ่งในการล้างหัวขบวนรถ จำเป็นต้องจอดหัวขบวนรถให้ตรงกับตำแหน่งที่กำหนด ในขั้นตอนการล้างขบวนรถจะมีการหมุนเวียนนำน้ำเก่ากลับมาใช้เพื่อความประหยัด และจะใช้น้ำใหม่เฉพาะตอนล้างครั้งสุดท้ายเท่านั้น

ขั้นตอนการล้างขบวนรถจะใช้เวลาประมาณ 14-15 นาที โดยเวลาดังกล่าวประกอบการใช้เวลาขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ ใช้เวลา 4 นาที ในการเคลื่อนขบวนรถผ่านโรงล้างขบวนรถอัตโนมัติ (ขบวนรถยาวประมาณ 120 เมตร + ความยาวของโรงล้างประมาณ 60 เมตร + ระยะเว้นทั้ง 2 ด้านของโรงล้าง 10 เมตร + 10 เมตร) ที่ความเร็วในการล้าง 3.0 กม./ชม. บวกด้วยระยะเวลาในการล้างหัวขบวนรถประมาณ 2 x 5 นาที

การจัดวางระบบรางในบริเวณโรงล้างขบวนรถอัตโนมัติ จะจัดวางให้สามารถนำขบวนรถขบวนต่อไปที่จะล้างมาจอดรอขนานอยู่ด้านข้างของโรงล้างฯ และไปกลับขบวนรถเพื่อมาเข้าโรงล้างฯ ได้ในขณะที่ขบวนก่อนหน้าอยู่ในขั้นตอนการล้างหัวขบวน การจัดวางชุดประแจสับหลีกทั้งหมดจะจัดวางให้การเคลื่อนย้ายขบวนรถอื่นๆ ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง (เช่น ขบวนรถที่จะเคลื่อนไปยังโรงซ่อมบำรุงหลัก) จะไม่ถูกกีดขวางโดยขบวนรถที่อยู่ในขั้นตอนการล้าง

ห้องเครื่องห้องอุปกรณ์ของโรงล้างขบวนรถอัตโนมัติ จะเป็นที่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ถังบรรจุน้ำยาล้าง ซึ่งจะมีมาตรวัดและมีระบบจ่ายน้ำยาล้าง และอุปกรณ์ปรับสภาพน้ำล้าง ระบบการล้างขบวนรถจะควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยมีห้องควบคุมเล็กๆ สำหรับพนักงานในการตรวจดูขั้นตอนการล้าง

6.5.2.26 สถานีล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงาน (Manual Train Washing Station)

สถานีล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงาน ซึ่งประกอบรวมเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ที่ใช้ในการล้างขบวนรถอัตโนมัติ จะตั้งอยู่บนรางที่กำหนดไว้โดยเฉพาะเพื่อการล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงาน รางดังกล่าวจะไม่มีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพื่อการขับเคลื่อนขบวนรถ ขบวนรถที่จะล้างจึงต้องได้รับการลากหรือดันมายังตำแหน่งที่จะใช้ล้างโดยใช้รถลากจูง (Shunter) และนำกลับไปยังรางส่วนที่มีพลังงานไฟฟ้าโดยวิธีเดียวกัน

สถานีล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงาน จะมีพื้นยกที่จะใช้ในการเข้าถึง (Access Platform) ระดับพื้นของรถยาวตลอดสองข้างของขบวนรถ และจะมีหลังคาที่จะคลุมเลยท้ายขบวนรถออกไปเพื่อให้ครอบคลุมรถลากจูง (Shunter) ได้ด้วย

ตลอดความยาวพื้นยกดังกล่าว จะมีจุดจ่ายไฟฟ้า (Electrical Receptacles) และจุดจ่ายน้ำ (Hose Bib) เพื่อให้พนักงานใช้ และต้องมีระบบรวมน้ำล้างที่ต้องแยกออกต่างหากจากระบบรวมน้ำฝน เพื่อนำน้ำล้างไปบำบัดก่อนที่จะสามารถระบายลงลำรางสาธารณะได้

การรวมกิจกรรมการล้างขบวนรถ ทั้งในส่วนการล้างแบบอัตโนมัติ และการล้างด้วยแรงงานพนักงาน ไว้ในพื้นที่เดียวกัน จึงเป็นการรวมพื้นที่เปียก และน้ำที่ต้องได้รับการบำบัดไว้ในบริเวณเดียวกัน

6.5.2.27 พาหนะใช้งาน (Auxiliary Vehicles)

พาหนะใช้งานที่ใช้ในส่วนงานซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า ในศูนย์ซ่อมบำรุงของโครงการ ได้แก่

รถลากจูงขบวนรถ (Train Shunter)

รถลากจูง หรือ Shunter เป็นรถที่ใช้สำหรับลากหรือดันขบวนรถไปในพื้นที่ที่ไม่มีระบบจ่ายไฟฟ้า (ขบวนรถไม่สามารถเคลื่อนที่ไปด้วยตัวเองในพื้นที่นั้น) เช่น บริเวณพื้นที่ล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงาน (Manual Wash) หรือใช้ลากหรือดันขบวนรถที่ระบบขับเคลื่อนมีความบกพร่อง หรือเสีย ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

รถไฟฟ้าสำหรับเดินทางภายในศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot-internal Transportation)

รถไฟฟ้าสำหรับเดินทางภายในศูนย์ซ่อมบำรุง จะใช้เป็นพาหนะสำหรับพนักงานที่จะเดินทางไปอาคารหรือพื้นที่ต่างๆ ในศูนย์ซ่อมบำรุง ซึ่ง เส้นทางวิ่งจะของรถไฟฟ้าดังกล่าวจะต้องอยู่บนถนนที่กำหนดไว้ภายในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงเท่านั้น ซึ่งถนนดังกล่าวจะออกแบบให้มีจุดตัดข้ามรางน้อยที่สุดเพื่อความปลอดภัย

6.5.2.28 Material Handling Equipment

Material Handling Equipment ได้แก่ รถยก หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งวางวัสดุ ได้แก่

1) รถยก ขนาดบรรทุก 3 ตัน (Forklift truck, 4 wheels, 3T, battery powered)

เป็นรถยก 4 ล้อ ขนาดบรรทุก 3 ตันที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในการขับเคลื่อน

รูปที่ 6.5.2.28: รูปตัวอย่างรถยก ขนาดบรรทุก 3 ตัน

2) รถยก ขนาดบรรทุก 2 ตัน (Forklift truck, 4 wheels, 2T, battery powered)

เป็นรถยก 4 ล้อ ขนาดบรรทุก 2 ตันที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในการขับเคลื่อน

3) Wagon, 4-wheel type เป็นรถพ่วงบรรทุก 4 ล้อ

4) Pallet Truck เป็นรถยกที่ใช้ยกแผ่น pallet ยกน้ำหนักได้ 2 ตัน

5) Hand Trolley เป็นรถเข็น ยกน้ำหนักได้ 60 kg.

6) Work Stands ได้แก่ แท่นสำหรับวางชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ที่จะซ่อมบำรุง โดยการซ่อมบำรุงอุปกรณ์แต่ละประเภทจะมีแท่นวางเฉพาะที่แตกต่างกัน ที่เหมาะสมกับการทำงาน

6.5.2.29 Emergency Response Equipment

Emergency Response Equipment ได้แก่ อุปกรณ์กู้ภัย หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ตอบสนองเหตุการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งอาจจะใช้ทั้งในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง และใช้บนเส้นทางหลัก ได้แก่พาหนะพิเศษ และอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) Rerailing Equipment ได้แก่ เครื่องมือยก และเคลื่อนย้ายรถไฟ ใช้ในกรณีที่รถไฟตกราง

2) Rescue Equipment ได้แก่ชุดเครื่องมือสำหรับให้ความช่วยเหลือ โดยจะเป็นพาหนะที่วิ่งไปตามเส้นทางราง และจะมีอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ในการกู้ชีวิต

3) Vehicle Recovery Trolley

4) Emergency Shower and Eye Wash Stations ได้แก่ อุปกรณ์สำหรับล้างตัวและล้างตา เพื่อใช้ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุที่มีสารเคมีเลอะเปื้อนพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

6.5.2.30 อุปกรณ์และเครื่องมือใช้งานทั่วไป (General Machines)

เครื่องมือใช้งานทั่วไป ได้แก่ อุปกรณ์ และเครื่องมือกลต่างๆ ดังต่อไปนี้ ซึ่งจะใช้ทั้งในงานซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง และอาจนำไปใช้ในงานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐานของโครงการในบริเวณเส้นทางหลักด้วยก็ได้

1) Multi-function metal working machine เครื่องมือสำหรับทำงานเหล็ก

2) Cut-off saw เครื่องมือสำหรับตัด

3) Handsaw หรือเลื่อยมือ

4) Grinder, abrasive disc type เครื่องมือสำหรับขัดเจียร

5) Drill Press เครื่องมือสำหรับเจาะ

6) Oxygen-Acetylene cutting and welding set ได้แก่ ชุดเครื่องมือสำหรับงานตัดเชื่อมด้วยก๊าซ ติดตั้งบนรถเข็น 2 ล้อ

7) Arc welder เครื่องมือสำหรับงานเชื่อมด้วยไฟฟ้า

8) TIG welder เครื่องมือสำหรับงานเชื่อม TIG

9) Shot Blast Cabinet ตู้พ่นทราย สำหรับใช้ขัดชิ้นงาน

10) Paint booth (small parts) ตู้/ห้องพ่นสี สำหรับทำสีชิ้นงานขนาดเล็ก

11) Portable drilling machine, Magnetic base เครื่องมือเจาะแบบพกพา ที่มีเครื่องเก็บเศษเหล็ก

12) Portable core drilling machine เครื่องมือสำหรับเจาะคอนกรีตแบบพกพา

13) 5 Ton Hydraulic Press หรือเครื่องมือกดไฮโดรลิค ขนาด 5 ตัน

14) Weld screens ฉากกั้นกันการกระเด็นจากการเชื่อม

6.5.2.31 รางทดสอบ (Test Track)

รางทดสอบเป็นรางช่วงตรง ที่มีความยาวเหมาะสมในการใช้ทดสอบขบวนรถไฟฟ้าหลังจากที่ได้รับการซ่อมบำรุงแล้ว เพื่อสังเกตหาความผิดปกติของการควบคุมการเร่ง และชะลอความเร็วของขบวนรถไฟฟ้า และตรวจสอบความพร้อมในการวิ่งให้บริการของขบวนรถไฟฟ้าขบวนนั้น

รางทดสอบจะมีความยาวประมาณ 720 เมตร ระหว่าง buffer stop หัวท้ายราง ที่ความยาวดังกล่าวจะสามารถทดสอบขบวนรถไฟฟ้าที่ความเร็วการให้บริการที่ 80 กม./ชม. ได้ โดย: ระยะ 720 เมตร – 50 เมตร (2 x 25 เมตร ระยะหยุดปลอดภัยก่อนถึง Buffer stop) – 132 (ความยาวสูงสุดของขบวนรถ) – 245 เมตร สำหรับเร่งความเร็ว (ที่ 1 m/s2) -190 เมตร สำหรับชะลอความเร็ว (ที่ 1.3 m/s2) = 105 เมตร เป็นระยะทางที่ขบวนรถวิ่งที่ความเร็ว 80 กม./ชม. หรือประมาณ 4.7 วินาที ทั้งนี้ ตัวเลขต่างๆ ข้างต้นเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น

รางทดสอบจะใช้งานมากในช่วงที่มีการนำส่งขบวนรถไฟฟ้าเพื่อมาใช้งานครั้งแรก และใช้ทดสอบสมรรถนะหลังจากผ่านงานซ่อมใหญ่ (งานยกเครื่อง หรือปรับเปลี่ยนอุปกรณ์) ได้แก่ การทดสอบระยะเบรก และการทดสอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอาณัติสัญญาณ เช่น ความถูกต้องในการหยุดจอด ฯลฯ นอกจากนี้ รางทดสอบยังสามารถใช้ในการฝึกอบรมพนักงานประจำขบวนรถได้อีกด้วย

6.5.2.32 โรงพ่นสี (อนาคต)

จะมีการเตรียมพื้นที่สำหรับก่อสร้างโรงพ่นสี (Paint shop หรือ paint booth) ในอนาคต ซึ่งจะเป็นอาคารอิสระ มีรางที่จะนำรถไฟฟ้าเข้ามาในโรงพ่นสี การพ่นสีจะใช้เทคโนโลยีที่อาศัยการไหลลง (downdraft) ของอากาศ โดยอากาศดีจะเข้ามาในโรงพ่นสีจากด้านบน และไอเสียจะออกจากอาคารทางด้านข้างทั้ง 2 ข้างของโรงพ่น จึงไม่มีความจำเป็นต้องเจาะพื้นของศูนย์ซ่อมบำรุง

6.6 การซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Maintenance)

การซ่อมบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานของโครงการ จะประกอบด้วย การบริการ การบำรุงรักษาในเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) การซ่อมแซม และการยกเครื่อง ระบบและโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ของโครงการที่ไม่ใช่ขบวนรถไฟฟ้า ตัวอย่างเช่น โครงสร้างเส้นทางวิ่ง ระบบราง และระบบสนับสนุนการเดินรถระบบต่างๆ ได้แก่ ระบบจ่ายไฟฟ้า และระบบย่อยต่างๆ ของระบบจ่ายไฟฟ้า ระบบอาณัติสัญญาณ ระบบสื่อสารระบบต่างๆ ระบบจัดเก็บค่าโดยสาร ระบบประตูกั้นแนบขอบชานชาลา รวมทั้งระบบประกอบอาคาร (E&M หรือ Building Services) ของอาคารสถานี และอาคารต่างๆ ในศูนย์ซ่อมบำรุง ระบบป้องกันอัคคีภัย บันไดเลื่อน ลิฟต์ และโครงสร้างโยธาอื่นๆ ทั้งหมดของโครงการ

กิจกรรมการบำรุงรักษาทางรถไฟฟ้าและสถานี ประกอบด้วย การตรวจสอบ การบริการ การทดสอบ และการเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งงานที่ดำเนินการบนเส้นทางหลักของรถไฟฟ้า จำเป็นต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จในช่วงชั่วโมงที่หยุดให้บริการเดินรถ ขณะที่งานอื่นๆ เช่น งานที่ดำเนินการในสถานี อาจสามารถดำเนินการระหว่างช่วงชั่วโมงที่ให้บริการเดินรถได้

6.6.1 โรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Maintenance Workshop)

โรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน เป็นอาคารหลักอาคารหนึ่งในศูนย์ซ่อมบำรุง ใช้ในงานการซ่อมบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ที่ติดตั้งไว้ตลอดเส้นทางหลักของโครงการ และใช้เป็นที่จอดเก็บและซ่อมบำรุงพาหนะพิเศษต่างๆ ที่ใช้งานในการซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน ของโครงการ

โรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน มีองค์ประกอบ สิ่งอำนวยความสะดวก หรืออุปกรณ์ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

1) รางสำหรับพาหนะซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน (ราง I1 และ I2) เป็นรางที่ติดตั้งไว้บริเวณกลางอาคารโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน ใช้งานในการตรวจสอบ ให้บริการ และซ่อมบำรุงอุปกรณ์และพาหนะซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐานที่เดินทางไปตามราง รางหรือพื้นที่กลางอาคารโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน ยังใช้เป็นที่เตรียมความพร้อมของพาหนะซ่อมบำรุง (Work Trains) สำหรับภารกิจที่จะได้รับมอบหมายให้ออกไปดำเนินการตามแนวเส้นทางหลัก รางหรือพื้นที่บริเวณกลางอาคารนี้ยังมีเครน ขนาด 5 ตัน ติดตั้งไว้ด้านบน สำหรับใช้งานยกอุปกรณ์อะไหล่ เครื่องมือ ต่างๆ

รางสำหรับรถหรือพาหนะซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน จะเชื่อมต่อโดยตรงกับเส้นทางหลักโดยไม่ต้องมีการกลับรถ หรือกลับทิศทางการเคลื่อนที่ แต่ทั้งนี้ ยังมีรางกลับขบวนรถ (Shunting Tracks) จำนวน 2 ราง ที่จัดวางไว้ในฝั่งตรงข้ามกับโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อใช้ในการกลับรถ จัดเรียงทิศ และจัดลำดับของพาหนะซ่อมบำรุงต่างๆ ที่จะพ่วงต่อกันเป็นขบวนรถซ่อมบำรุง

รูปที่ 6.6.1-1: รูปตัวอย่างโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน ที่มีรางสำหรับพาหนะซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน จำนวน 2 ราง และเครนสำหรับยกของติดตั้งอยู่ด้านบน

2) พาหนะซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Maintenance Work Trains) เป็นพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานจากภายในตัวพาหนะเอง (อาจเป็นแบตเตอรี่ หรือเครื่องดีเซล) ใช้ในงานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐานของโครงการ ส่วนต่างๆ ที่จำเป็น

3) ห้องหรือพื้นที่ทำงานอื่นๆ ซึ่งต้องจัดไว้เป็นฐานสำหรับการจัดการ การวางแผน การเตรียมการภารกิจประจำวันและกิจกรรมที่ต้องดำเนินการเป็นระยะ และใช้สำหรับการมอบหมายงานแก่พนักงานผู้ปฏิบัติงาน

พื้นที่ดังกล่าว จะใช้งานเป็นทั้งสำนักงาน และโรงซ่อม จึงต้องมีอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุที่เหมาะสม มีพื้นที่จัดเก็บวัสดุ และสถานที่ทำงานสำหรับพนักงาน ดังต่อไปนี้

- พื้นที่เก็บอะไหล่ และชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ใช้แล้วหมดไป (Consumables) และวัสดุทั่วไปอื่นๆ รวมทั้งห้องทำงานของผู้ดูแลการจัดเก็บอะไหล่
- ห้องทำงานหัวหน้างาน ที่จะใช้วางแผน และจัดการงานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน
- ห้องบรรยาย/ห้องประชุม
- ห้อง/พื้นที่ส่วนงานซ่อมบำรุงราง ที่จะใช้ซ่อมชิ้นส่วนระบบราง และเก็บอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ
- ห้อง/พื้นที่ส่วนงานซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้า ซึ่งหมายความรวมถึง ระบบไฟฟ้าเพื่อการขับเคลื่อน และระบบไฟฟ้าสำหรับอาคาร
- ห้อง/พื้นที่ส่วนงานซ่อมบำรุงระบบอาณัติสัญญาณ และพื้นที่เก็บอุปกรณ์ เครื่องมือที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุง
- ห้อง/พื้นที่ส่วนงานซ่อมบำรุงระบบ SCADA ระบบสื่อสาร และระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด
- ห้อง/พื้นที่ส่วนงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าเครื่องกลประกอบอาคาร
- ห้อง/พื้นที่ส่วนงานซ่อมบำรุงอาคาร
- ห้อง/พื้นที่ส่วนงานซ่อมบำรุงรถยนต์ (Road vehicle)
- พื้นที่บริการทั่วไป (ห้องอาหาร, ห้องเปลี่ยนเครื่องแต่งตัว ห้องอาบน้ำ, ห้องน้ำ และห้องปฐมพยาบาล)
- สถานีจ่ายน้ำมันดีเซล (Diesel fuel dispensing equipment) ซึ่งจะตั้งอยู่ด้านหน้าของโรงซ่อมฯ

รูปที่ 6.6.1-2: รูปตัวอย่างสถานีจ่ายน้ำมันดีเซล (Diesel fuel dispenser)

6.6.2 งานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน

6.6.2.1 งานซ่อมบำรุงระบบรางและทางวิ่งรถไฟฟ้า

ประกอบด้วย

- งานที่ต้องทำเป็นประจำ เช่น การทำความสะอาดและหล่อลื่นส่วนที่เคลื่อนที่ของงานรางพิเศษ (ประแจ รอยต่อขยายตัว) การตรวจสอบสภาพราง ความบกพร่อง ความเสียหาย สนิมอันเกิดจากการใช้งาน และทำความสะอาดโดยทั่วไป
- งานที่ต้องทำเป็นช่วงระยะเวลา เช่น งานตรวจ/ขัน อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง
- งานที่ต้องทำนานๆ ครั้ง เช่น การเปลี่ยนรางที่สึกหรอ และชำรุด (อายุการใช้งานขั้นต่ำของรางช่วงโค้งประมาณเท่ากับ 5 ปี และรางทางตรงประมาณ 20 ปี) และส่วนที่สึกหรอของประแจ เป็นต้น
- งานที่ต้องทำอย่างเร่งด่วน เช่น งานซ่อมแซมชั่วคราวกรณีมีรางหัก และภารกิจฉุกเฉินเร่งด่วนอื่นๆ ตามความจำเป็น

6.6.2.2 งานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้ากำลังและระบบไฟฟ้าย่อย รวมถึงระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน

ประกอบด้วย

- งานที่ต้องทำเป็นประจำ เช่น งานตรวจสอบสภาพ แนวสายไฟฟ้า
- งานที่ต้องทำเป็นช่วงระยะเวลา เช่น งานตรวจหาสาเหตุการขัดข้องของอุปกรณ์
- งานที่ต้องทำนานๆ ครั้ง เช่น งานเปลี่ยนชุดอุปกรณ์ สายไฟ เป็นต้น

6.6.2.3 งานซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าเพื่อการขับเคลื่อน (รางที่สาม)

ประกอบด้วย

- งานที่ต้องทำเป็นประจำ เช่น งานตรวจสอบสภาพ แนวรางที่สาม และสายไฟฟ้า
- งานที่ต้องทำเป็นช่วงระยะเวลา เช่น งานตรวจสอบความบกพร่องของระบบ หาจุดร้อน (Hot Spot) บนราง และสายไฟ
- งานที่ต้องทำนานๆ ครั้ง เช่น การเปลี่ยนรางตัวนำ และสายไฟ

6.6.2.4 งานซ่อมบำรุงระบบอาณัติสัญญาณ

ประกอบด้วย งานที่ต้องดำเนินการตามความจำเป็น ทั้งในส่วนที่อยู่บนโครงสร้างทางวิ่ง และในตำแหน่งพื้นที่อื่น เช่น ที่สถานี เพื่อหาสาเหตุ ปรับแก้ ซ่อมแซม อุปกรณ์ควบคุม และอุปกรณ์ที่ติดตั้งตามแนวเส้นทาง (Transponders)

6.6.2.5 งานซ่อมบำรุงโครงสร้างโยธา

ประกอบด้วย

- งานที่ต้องทำเป็นประจำ เช่น การตรวจสอบด้วยสายตา การทำความสะอาด/ปัดกวาดรางระบายน้ำ
- งานที่ต้องทำเป็นช่วงระยะเวลา เช่น การทำความสะอาด/ปัดกวาดรอยต่อโครงสร้าง (แผ่นอุด/แผ่นรอง) เป็นต้น

6.6.2.6 งานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ประกอบด้วย

- งานที่ต้องทำเป็นช่วงระยะเวลา เช่น การตรวจสอบระบบแสงสว่าง การทำความสะอาดโคมไฟแสงสว่าง
- งานที่ต้องทำตามความจำเป็นต้องการ เช่น การซ่อมแซมและเปลี่ยนโคมไฟและหลอดไฟแสงสว่าง

6.6.2.7 งานซ่อมบำรุงป้าย (Signage)

ประกอบด้วย

- งานที่ต้องทำเป็นช่วงระยะเวลา เช่น การตรวจสอบ
- งานที่ต้องทำตามความจำเป็นต้องการ เช่น การซ่อมแซม และเปลี่ยนป้ายที่มีการชำรุดเสียหาย

6.6.2.8 งานซ่อมบำรุงอาคาร และสถานที่ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

อาคารและสถานที่ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ได้แก่ สถานี ศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารโรงซ่อมต่างๆ จำเป็นต้องมีการซ่อมบำรุงรักษา เพื่อคงสภาพและประสิทธิภาพในการใช้งาน ดังนั้นจึงต้องการการวางแผน การจัดองค์กร และการประสานงานอย่างดี โดยจะต้องมีอุปกรณ์ซ่อมบำรุงเคลื่อนที่ที่ติดตั้งบนรถ จัดเตรียมความพร้อมไว้สำหรับงานซ่อมบำรุงต่างๆ สำหรับการบำรุงรักษาสถานี และบริเวณที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการ

อาคารและสถานที่ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ต้องการความชำนาญที่แตกต่างออกไปสำหรับการบำรุงรักษา เช่น ต้องการความชำนาญด้านอิเล็กโทรนิกส์/ไฟฟ้า สำหรับระบบควบคุมอาคาร SCADA, UPS, CCTV ฯลฯ ขณะที่การบำรุงรักษาอาคารทั่วไป อาจต้องการความชำนาญของงานประเภทต่างๆ เช่น งานอิฐ กระเบื้อง กระจก เครื่องปรับอากาศอาคาร ครุภัณฑ์ ประตู งานไฟฟ้า งานไม้ และเครื่องกล เป็นต้น

6.6.3 อุปกรณ์และเครื่องมือซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน

อุปกรณ์และเครื่องมือหลักที่ใช้ในงานการซ่อมบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐาน ประกอบด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับงานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน ส่วนต่างๆ ดังนี้

6.6.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือซ่อมบำรุงระบบราง (Trackwork Maintenance)

ประกอบด้วย

1) Trackwork Tools หรืออุปกรณ์สำหรับการติดตั้งรางรถไฟ

2) Trackwork Inspection Equipment Tools หรืออุปกรณ์สำหรับตรวจสอบราง

3) Work Lights, portable หรือเครื่องให้แสงสว่างแบบพกพา เพื่อช่วยให้แสงสว่างในการทำงานในบริเวณด้านนอกและด้านในอาคารที่ต้องการแสงสว่างเพิ่ม จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า และแหล่งกำเนิดแสงสว่าง

4) Rail Re-profiling Equipment เป็นรถที่ใช้สำหรับปรับแก้รูปทรงราง โดยเมื่อรถเคลื่อนผ่านราง เครื่องมือที่ติดตั้งอยู่ใต้รถจะเจียรรางตามรูปทรงที่กำหนดเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

5) Rail Fastener Impact Wrench หรือเครื่องมือขันยึดอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางให้ยึดกับรางให้แน่น โดยการขันจะไม่มีผลกระทบกับราง

6) Rail Heater หรือเครื่องทำให้รางร้อน เพื่อปรับอุณหภูมิของรางให้เหมาะสมกับการเชื่อมรางในแต่ละแบบ

7) Field Weld Hardware Set หรือชุดอุปกรณ์ในการเชื่อมราง

8) Weld Shear ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการเชื่อมรางรูปแบบหนึ่ง

9) Rail Tensioner หรืออุปกรณ์ในการบังคับรางที่จะเชื่อมให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม และใช้บังคับรางที่เชื่อมแล้วที่ยังไม่แข็งแรงเต็มที่

10) Rail Drilling Machine หรืออุปกรณ์สำหรับเจาะราง

11) Rail Cut-off Saw หรือเลื่อยสำหรับตัดราง บริเวณที่ได้รับความเสียหายหรือหมดสภาพ

12) Rail Head Grinding Machine หรืออุปกรณ์สำหรับขัดเจียรตกแต่งรูปทรงหัวราง

13) Emergency Rail Clamps หรืออุปกรณ์สำหรับหนีบประกบต่อรางเพื่อใช้งานในกรณีฉุกเฉิน โดยจะใช้ในกรณีที่รางยังทำการซ่อมยังไม่เสร็จแต่จำเป็นที่จะต้องนำขบวนรถวิ่งผ่านในบริเวณดังกล่าว

14) Rail Lifting Jacks หรืออุปกรณ์สำหรับยกราง

15) Rail Trolley หรือรถขนส่งของที่ใช้สามารถวิ่งไปตามรางได้ ใช้สำหรับขนของที่ต้องใช้สำหรับงานซ่อมบำรุงระบบราง

16) Air Compressor, portable หรือเครื่องอัดลมแบบพกพาได้

6.6.3.2 พาหนะใช้งาน (Auxiliary Vehicles)

พาหนะใช้งานที่ใช้ในส่วนงานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน ได้แก่

1) Infrastructure Maintenance Vehicle ได้แก่ รถหรือพาหนะหัวลากสำหรับงานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน มีลักษณะเป็นรถกระบะ และมีเครนสำหรับยกของ ใช้สำหรับขนของ วัสดุอุปกรณ์ ที่ต้องใช้เพื่อซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐานของโครงการ

2) Flat Car มีลักษณะเป็นรถกระบะ ใช้สำหรับขนของที่จำเป็นในการซ่อมบำรุงเส้นทาง

3) Train Shunter หรือรถลากจูง ใช้สำหรับลากหรือดันเข็นขบวนรถไปในพื้นที่ที่ขบวนรถไม่สามารถเคลื่อนที่ไปด้วยตัวเอง

4) Pick-up Truck หรือรถกระบะสำหรับบรรทุกสิ่งของสำหรับการซ่อมบำรุง ที่ต้องออกไปซ่อมบำรุงภายนอกสถานที่ เช่น ที่สถานี

5) Van หรือรถตู้สำหรับบรรทุกเครื่องมือสำหรับซ่อมอุปกรณ์อิเล็กโทรนิก โดยรถนี้จะใช้ออกไปซ่อมบำรุงภายนอกสถานที่ เช่น ที่สถานี

6) Sedan เป็นรถเก๋งสำหรับเคลื่อนย้ายบุคลากร ไปในพื้นที่ที่ต้องทำงาน

7) Depot-internal Transportation หรือรถไฟฟ้าสำหรับพนักงานใช้เดินทางภายในศูนย์ซ่อมบำรุง

8) Cable Reel Handling Equipment ได้แก่ อุปกรณ์หรือที่ตั้งม้วนสายไฟ ใช้ในงานการติดตั้งซ่อมบำรุงสายไฟฟ้า

9) Road Vehicle Lift หรือแม่แรงสำหรับยกรถ ใช้ในการยกซ่อมบำรุงรถตู้ รถกระบะ

6.6.3.3 Material Handling Equipment

Material Handling Equipment ได้แก่รถยก หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการตั้งวางวัสดุ ซึ่งอาจใช้ทั้งในงานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน และงานซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า อุปกรณ์เหล่านี้ได้กล่าวถึงไว้แล้วใน **หัวข้อที่ 6.5.2.28**

6.6.3.4 Emergency Response Equipment

Emergency Response Equipment ได้แก่ อุปกรณ์กู้ภัย หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ตอบสนองเหตุการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งอาจจะใช้ทั้งในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง และใช้บนเส้นทางหลักในระหว่างที่ต้องซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐานของโครงการ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ ได้กล่าวถึงไว้แล้วใน **หัวข้อที่ 6.5.2.29**

6.6.3.5 อุปกรณ์และเครื่องมือซ่อมบำรุงทั่วไปอื่นๆ

งานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐานยังอาจมีการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือซ่อมบำรุงทั่วไปอื่นๆ เช่นเดียวกับงานซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์ทั่วไปเหล่านี้ ได้กล่าวถึงไว้แล้วใน **หัวข้อที่ 6.5.2.30**

6.7 การจัดเก็บอะไหล่ วัสดุ อุปกรณ์

ศูนย์ซ่อมบำรุงจะต้องมีระบบการสำรองเก็บชิ้นส่วนอะไหล่ ของใช้ที่ใช้แล้วหมดไป และวัสดุอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อให้แน่ใจได้ว่าจะมีอะไหล่ต่างๆ พร้อมใช้งานเมื่อมีความต้องการ โดยจะมีการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ รวมเป็นชุดมาตรฐานไว้ล่วงหน้าให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ เพื่อสำหรับใช้ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การซ่อมบำรุง และการซ่อมใหญ่ และเก็บอะไหล่วัสดุชุดมาตรฐานเหล่านี้ไว้ให้พร้อมจำหน่ายออกเพื่อใช้งานทันทีโดยไม่ล่าช้า

ระบบจัดเก็บ (Storage Systems) ที่เพียงพอเหมาะสม และมีการจัดการที่ดี จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำคัญที่ต้องมีไว้ เพื่อสำรองเก็บอะไหล่ วัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆ ระบบจัดเก็บสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

6.7.1 การจัดเก็บภายในอาคาร (Indoor Storage Area)

ระบบการจัดเก็บอะไหล่ วัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆ ไว้ภายในอาคาร ที่จะมีไว้ใช้ในอาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก (Main Workshop) และอาคารโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Maintenance Workshop) ประกอบด้วย ชั้นเก็บต่างๆ ดังนี้

1) Storage racks, rolling stock workshop หรือชั้นวางของในส่วนงานซ่อมบำรุงขบวนรถ

รูปที่ 6.7.1-1: รูปตัวอย่างลักษณะชั้นวางของภายในอาคาร

2) Storage racks, infrastructure workshop หรือชั้นวางของในอาคารโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน

3) Small parts storage, rolling stock workshop หรือชั้นวางอะไหล่ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ในส่วนงานซ่อมบำรุงขบวนรถ

4) Storage racks, wheel sets หรือชั้นวางชุดล้อ

5) Storage racks, air conditioners หรือชั้นวางอุปกรณ์ ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ

6) Storage racks, various locations หรือชั้นวางของทั่วไป

รูปที่ 6.7.1-2: รูปตัวอย่างลักษณะชั้นวางของทั่วไป ภายในอาคารโรงซ่อม

7) Tool and test equipment storage หรือห้องเก็บเครื่องมือสำหรับงานซ่อมและทดสอบ

8) Storage bins หรือกล่อง สำหรับเก็บของชิ้นเล็ก

9) Storage cabinets หรือตู้สำหรับเก็บของ

6.7.2 การจัดเก็บภายนอกอาคาร (Outdoor Storage Area)

ด้านหน้าของอาคารโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน จะมีการจัดเตรียมพื้นที่เก็บของนอกอาคารไว้ตลอดสองฝั่งของรางที่เข้ามายังอาคารโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน พื้นที่ดังกล่าวเหมาะสมสำหรับวางเก็บชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ โดยจะใช้รถยก (Forklift Trucks) และเครนไฮโดรลิคบนพาหนะที่เคลื่อนที่ไปตามแนวราง เป็นเครื่องมือในการเคลื่อนย้าย ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่จะวางเก็บไว้ที่พื้นที่ภายนอกอาคารนี้ ได้แก่

- ราง (Rails)
- รางนำไฟฟ้า หรือรางที่ 3 (3rd Rail conductors)
- เสาสัญญาณไฟ (Signal light poles)
- ชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆ (Various structures)
- ม้วนสายเคเบิล ฯลฯ (Cable reels, etc.)

6.7.3 การจัดเก็บวัสดุอันตราย (Hazardous Materials Store)

วัสดุอันตราย ประเภทวัสดุไวไฟ เช่น สี ทินเนอร์ น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันที่ใช้แล้ว ฯลฯ จะต้องมีอาคารจัดเก็บโดยเฉพาะ อาคารดังกล่าวจะมีประตูเข้า 2 ประตูที่มีขนาดกว้างเพียงพอที่จะใช้รถยก (Forklift Truck) เข้าไปขนวัสดุต่างๆ ได้ ภายในอาคารเก็บวัสดุอันตรายจะมีชั้นวางของ ตั้งเรียงไว้โดยรอบตลอดแนวขอบพื้นที่ของอาคาร ที่กำแพงอาคารจะมีช่องระบายอากาศขนาดใหญ่ (Large Louver) เพื่อให้มีการหมุนเวียนระบายอากาศโดยธรรมชาติ และจะมีสถานีล้างตัวฉุกเฉิน (Emergency Shower) ติดตั้งไว้ใกล้กับอาคารเก็บวัสดุอันตราย เพื่อใช้ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุที่มีสารเคมีเลอะเปื้อนพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

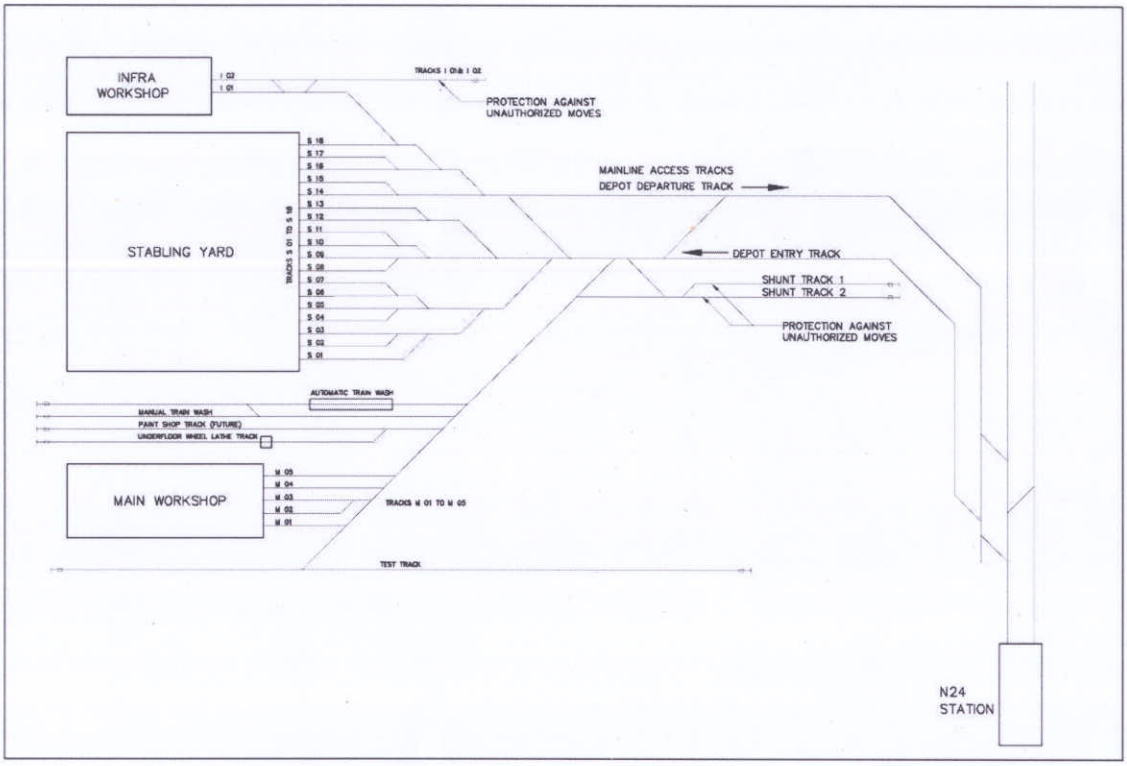
6.7.4 โรงเก็บขยะ

โรงเก็บขยะ มีหน้าที่เก็บรวบรวมขยะจากศูนย์ซ่อมบำรุงไว้ก่อนที่รถขนขยะของเทศบาล หรือบริษัทกำจัดขยะ จะมาขนออกไปจากพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง โรงเก็บขยะจะมีลักษณะเป็นเพียงอาคารที่มีเสารับหลังคา เพื่อกันแดดกันฝน และมีจุดต่อท่อน้ำเพื่อล้างพื้นที่เก็บขยะเป็นครั้งคราว

6.8 ผังพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง และการเคลื่อนย้ายขบวนรถ

6.8.1 ผังพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต

ผังพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต ในลักษณะผังกลุ่มงาน (Functional Diagram) ที่แสดงแนวเส้นทางราง ภายในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงแสดงอยู่ใน**รูปที่ 6.8-1**



รูปที่ 6.8-1: ผังพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต แสดงตำแหน่งของอาคารและเส้นทางของราง

6.8.1.1 การเชื่อมต่อเส้นทางการเดินรถจากศูนย์ซ่อมบำรุง เข้า-ออกสู่เส้นทางสายหลัก

ในการออกแบบการเชื่อมต่อเส้นทางรางจากศูนย์ซ่อมบำรุง สู่เส้นทางสายหลัก ได้ยึดถือหลักการออกแบบหลายอย่างรวมกัน โดยต้องคำนึงถึงระดับความสูงของเส้นทางสายหลัก ระดับความสูงของพื้นที่ศูนย์ฯ ความลาดชันของแนวเส้นทางเชื่อมต่อ และความสะดวกในการเดินรถจากภายในศูนย์ซ่อมบำรุง และการเชื่อมต่อเข้า-ออกสู่เส้นทางสายหลัก โดยผลการออกแบบที่ได้มีสาระที่สำคัญ ดังนี้

- เส้นทางเชื่อมต่อจากศูนย์ซ่อมฯ สู่เส้นทางสายหลัก จะมีระยะความยาวทางราบที่เพียงพอสำหรับขบวนรถไฟฟ้า (ที่ความยาวสูงสุด 6 ตู้/ขบวน) ในการจอดรอบนทางราบ เพื่อรอสัญญาณระบบอาณัติสัญญาณ จากศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ ที่จะอนุญาตให้ขบวนรถเคลื่อนเข้าไปในเส้นทางสายหลัก

- เส้นทางราง เข้า-ออกศูนย์ซ่อมบำรุง ได้จัดเตรียมไว้จำนวน 2 เส้นทาง เพื่อป้องกันปัญหาการถูกปิดกั้นจากทางสายหลัก ในกรณีที่อาจมีปัญหาที่เส้นทางราง เข้า-ออกศูนย์ซ่อมบำรุง เส้นใดเส้นหนึ่ง

6.8.1.2 การออกแบบทางกายภาพของระบบราง และจำนวนช่องทางรางที่กำหนดไว้

การออกแบบระบบรางภายในศูนย์ซ่อมบำรุง ได้ออกแบบตามเกณฑ์การออกแบบทางกายภาพของระบบราง และกำหนดพื้นที่การใช้งานที่ต้องมีเส้นทางระบบรางภายในศูนย์ซ่อมบำรุง ให้สามารถเชื่อมต่อโดยตรงได้กับเส้นทางเข้า-ออก 2 ช่องทาง โดยทิศทางการเข้า-ออก ให้วิ่งทางเดียวคือด้านเข้าและด้านออก แต่ในกรณีฉุกเฉินสามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้ และในการจัดวางพื้นที่ภายในศูนย์ซ่อมบำรุงนั้น ได้วางพื้นที่ของอาคารจอดเก็บขบวนรถ, โรงซ่อมบำรุงขบวนรถไฟฟ้า, โรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน และอาคารย่อยอื่นๆ ให้สามารถเข้าถึงได้สะดวกโดยคำนึงถึงความถี่ในการเข้าถึงและลักษณะในการใช้งานเป็นหลัก

การจัดช่องทางรางในศูนย์ซ่อมบำรุง ประกอบด้วยช่องทางรางต่างๆ ดังต่อไปนี้

- รางตรวจสอบขบวนรถ (Inspection Track) จัดเตรียมไว้ 2 ช่องทาง (ราง M4 และ M5)
- รางซ่อมแซมขบวนรถ (Repair Track) จัดเตรียมไว้ 3 ช่องทาง (ราง M1-M3)
- รางจอดเก็บขบวนรถ (Stabling Track) จัดเตรียมไว้ จำนวน 18 ช่องทาง (ราง S1-S18) สามารถจอดขบวนรถซ้อนกันได้ 2 ขบวน/ราง
- การล้างขบวนรถ มีช่องล้างขบวนรถ (Train Wash Track) จำนวน 2 ราง สามารถล้างด้วยเครื่องล้างอัตโนมัติ (Automatic) และล้างด้วยแรงงานพนักงาน (Manual)
- รางเจียรล้อ (Wheel Re-profiling Track) จัดเตรียมไว้ 1 ราง สำหรับการปรับแต่งเจียรล้อรถไฟฟ้า

- รางสำหรับพาหนะพิเศษสำหรับงานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน (Auxiliary Vehicle) จัดเตรียมไว้ 2 ช่องทาง (ราง I1 และ I2) ที่บริเวณโรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Maintenance Building)
- รางสำหรับกลับขบวนรถ (Shunt Track) จัดเตรียมไว้ 2 ราง
- รางทดสอบ (Test Track) จัดเตรียมไว้ 1 ราง
- รางสำหรับงานพ่นสี (Paint Shop Track) จัดเตรียมพื้นที่โรงพ่นสี และช่องทางรางเข้าสู่พื้นที่ดังกล่าว เผื่อล่วงหน้าไว้ 1 ราง สำหรับติดตั้งได้ในอนาคต ถ้าต้องการ

6.8.2 การเคลื่อนย้ายขบวนรถ และพาหนะอื่นๆ ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง

6.8.2.1 การปล่อยขบวนรถเข้าสู่เส้นทางหลัก (Train Dispatch)

การเคลื่อนขบวนรถระหว่างเส้นทางหลัก และรางจอดเก็บขบวนรถในศูนย์ซ่อมบำรุง จะเป็นการเคลื่อนย้ายถึงกันในลักษณะการเคลื่อนที่โดยตรง โดยไม่มีการกลับขบวนรถ (Without Reversing) โดยใช้เส้นทางราง เข้า-ออก จากศูนย์ซ่อมบำรุงสู่จุดเชื่อมต่อกับเส้นทางสายหลัก ที่กำหนดออกแบบไว้จำนวน 2 ชุด

การเคลื่อนย้ายขบวนรถทั้งหมด ทั้งบนเส้นทางหลัก ภายในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง และการเคลื่อนย้ายขบวนรถระหว่างเส้นทางหลักกับศูนย์ซ่อมบำรุง จะดำเนินการควบคุมจากศูนย์ควบคุมกลางการเดินรถ (OCC)

พนักงานประจำขบวนรถ (Train Operator) จะลงชื่อรายงานตัวที่ห้องรายงานตัวพนักงานประจำขบวนรถ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอาคารย่อยที่รวมอยู่กับอาคารจอดเก็บขบวนรถ จากนั้นพนักงานประจำขบวนรถ จะรับมอบภารกิจ และเดินสู่ขบวนรถที่กำหนด เพื่อเตรียมความพร้อมในการให้บริการก่อนที่จะเคลื่อนขบวนรถเข้าสู่เส้นทางหลัก

หลังจากกลับมาจากการให้บริการ พนักงานประจำขบวนรถ จะจอดเก็บขบวนรถไว้ในตำแหน่งที่ได้รับการกำหนดไว้ และลงชื่อรายงานตัวออกจากการปฏิบัติงานที่ห้องรายงานตัว

6.8.2.2 การเคลื่อนย้ายขบวนรถภายในศูนย์ซ่อมบำรุง

ในการเคลื่อนขบวนรถ สำหรับการซ่อมบำรุงจะมีการหมุนเวียนขบวนรถระหว่างอาคารโรงจอดขบวนรถ อาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก และพื้นที่การให้บริการซ่อมบำรุงรักษาอื่นๆ โดยเส้นทางเคลื่อนย้ายขบวนรถจะได้รับการออกแบบให้รองรับการเคลื่อนขบวนรถพร้อมกัน และแยกกันระหว่างทางสายหลัก และโรงจอดขบวนรถ และการเคลื่อนขบวนรถอื่นๆ ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนในการใช้ขบวนรถ และทำการเคลื่อนย้ายขบวนรถให้เป็นไปตามแผนที่กำหนด เช่น ขบวนรถที่มีแผนจะส่งไปยังซ่อมบำรุงรักษา ควรกำหนดให้จอดรอในบริเวณที่จะสามารถเคลื่อนย้ายไปยังโรงซ่อมบำรุงหลักได้สะดวก (ในกรณีที่ไม่มีพื้นที่ในโรงซ่อมบำรุงหลักในขณะนั้น) โดยการเคลื่อนย้ายขบวนรถจะต้องไม่ไปรบกวนการเคลื่อนขบวนรถที่จะออกไปให้บริการในเส้นทางหลัก เป็นต้น

การเคลื่อนขบวนรถไปยังพื้นที่ล้างขบวนรถ และไปยังโรงเจียรล้อ ก็จะใช้หลักการเดียวกับการเคลื่อนขบวนรถไปยังโรงซ่อมบำรุงหลัก โดยในส่วนรางเจียรล้อจะจัดให้มีช่องทางรางเฉพาะแยกออกมาจากเส้นทาง เข้า-ออกหลัก และรางจะมีความยาวที่เพียงพอสำหรับขบวนรถ เพื่อมิให้ท้ายขบวนยาวยื่นเกินออกมารบกวนการเดินรถ เข้า-ออก สู่เส้นทางหลัก และเพื่อมิให้กีดขวางการเดินรถบนทางข้างเคียงในการปฏิบัติการอื่นๆ ของศูนย์ซ่อมบำรุง

โดยปกติขบวนรถจะเคลื่อนที่ในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงด้วยพลังงานไฟฟ้าที่รับมาสู่ขบวนรถนั้นๆ ด้วยตัวเอง ส่วนขบวนรถที่ไม่มีพลังงานไฟฟ้า จะเคลื่อนย้ายด้วยการใช้รถลากพลังแบตเตอรี่

รางเจียรล้อ (Wheel Re-profiling Track) และรางในพื้นที่ส่วนงานซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน จะไม่มีพลังงานไฟฟ้าจ่ายให้

การเคลื่อนย้ายขบวนรถระหว่างพื้นที่ภายในศูนย์ซ่อมบำรุง จะใช้การกลับขบวนรถ ที่รางกลับขบวนรถ (Shunting Tracks) ที่อยู่ตรงข้ามกับโรงซ่อมบำรุงหลัก รางกลับขบวนรถยังทำหน้าที่เป็นช่องทางป้องกันการเคลื่อนที่ของขบวนรถเข้าสู่เส้นทางหลักโดยไม่ได้รับอนุญาต อีกด้วย

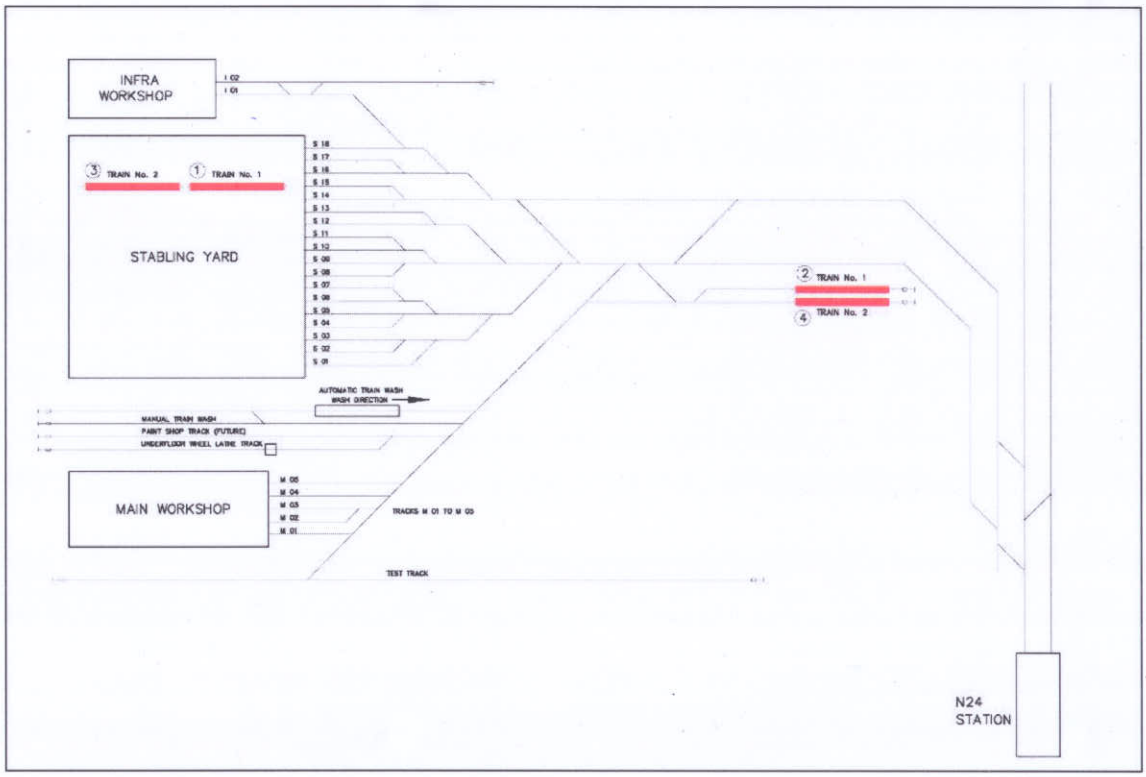
รางกลับขบวนรถ ยังช่วยอำนวยความสะดวกให้การเคลื่อนย้ายขบวนรถไปยังโรงซ่อมหลักดำเนินการได้รวดเร็วขึ้น โดยสามารถจอดขบวนรถที่จะรอซ่อมบำรุงขบวนหนึ่งไว้ในรางกลับขบวนรถรางที่หนึ่ง ในขณะที่ยังมีรางกลับขบวนรถอีกหนึ่งรางที่ว่างอยู่ สามารถรองรับการกลับขบวนรถของขบวนรถที่จะถอยออกมาจากโรงซ่อมบำรุง ได้ทำให้สามารถลดระยะเวลาการสลับขบวนรถเข้าสู่โรงซ่อมบำรุงหลักให้สั้นที่สุด และเป็นอิสระจากการเคลื่อนย้ายขบวนรถอื่นๆ ในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ได้

การเคลื่อนย้ายขบวนรถที่ต้องดำเนินการเป็นประจำภายในศูนย์ซ่อมบำรุง ได้แก่การเคลื่อนย้ายระหว่าง:

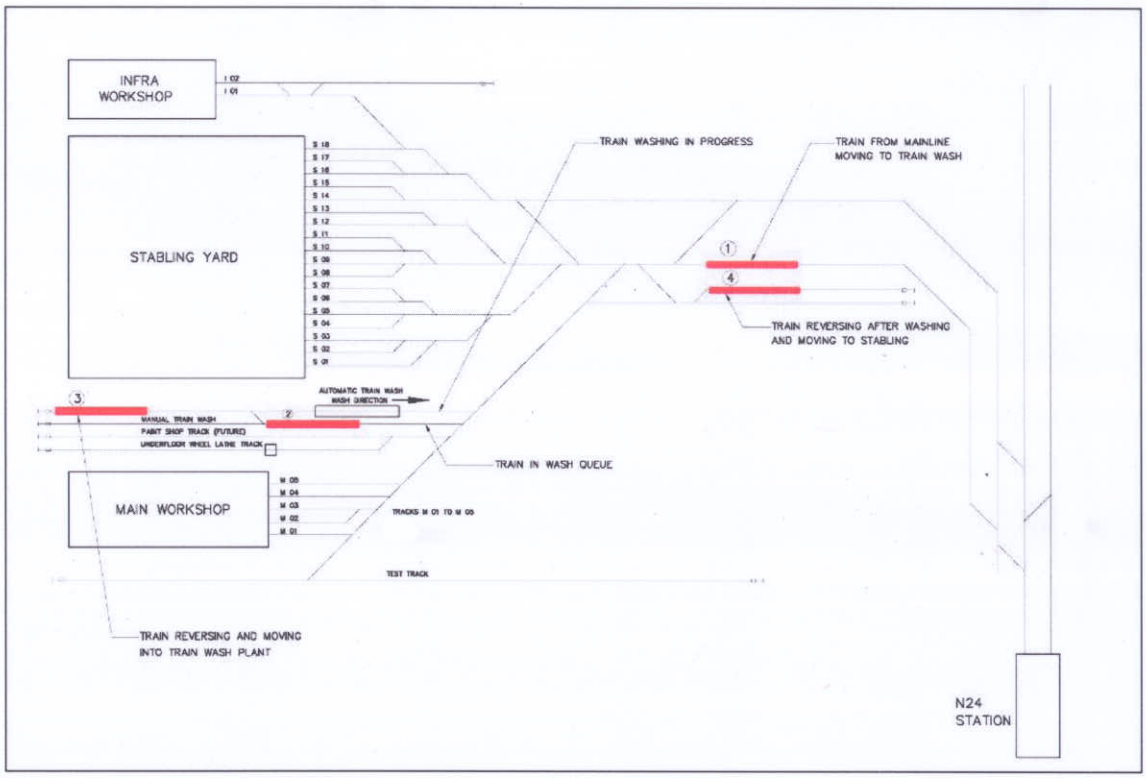
- เส้นทางหลัก – พื้นที่จอดเก็บขบวนรถ
- พื้นที่จอดเก็บขบวนรถ - เส้นทางหลัก
- เส้นทางหลัก – โรงล้างขบวนรถอัตโนมัติ – พื้นที่จอดเก็บขบวนรถ
- เส้นทางหลัก – รางล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงาน
- รางล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงาน – พื้นที่จอดเก็บขบวนรถ / เส้นทางหลัก
- เส้นทางหลัก – โรงซ่อมบำรุงหลัก
- เส้นทางหลัก – โรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน
- โรงซ่อมบำรุงโครงสร้างพื้นฐาน - เส้นทางหลัก
- พื้นที่จอดเก็บขบวนรถ – รางกลับขบวนรถ - โรงซ่อมบำรุงหลัก
- โรงซ่อมบำรุงหลัก – รางกลับขบวนรถ - พื้นที่จอดเก็บขบวนรถ

- โรงซ่อมบำรุงหลัก / พื้นที่จอดเก็บขบวนรถ – รางกลับขบวนรถ - รางทดสอบ
- รางทดสอบ– รางกลับขบวนรถ - โรงซ่อมบำรุงหลัก / พื้นที่จอดเก็บขบวนรถ
- เส้นทางหลัก – โรงเจียรล้อ
- โรงซ่อมบำรุงหลัก / พื้นที่จอดเก็บขบวนรถ – รางกลับขบวนรถ - โรงเจียรล้อ
- โรงเจียรล้อ – รางกลับขบวนรถ - โรงซ่อมบำรุงหลัก / พื้นที่จอดเก็บขบวนรถ

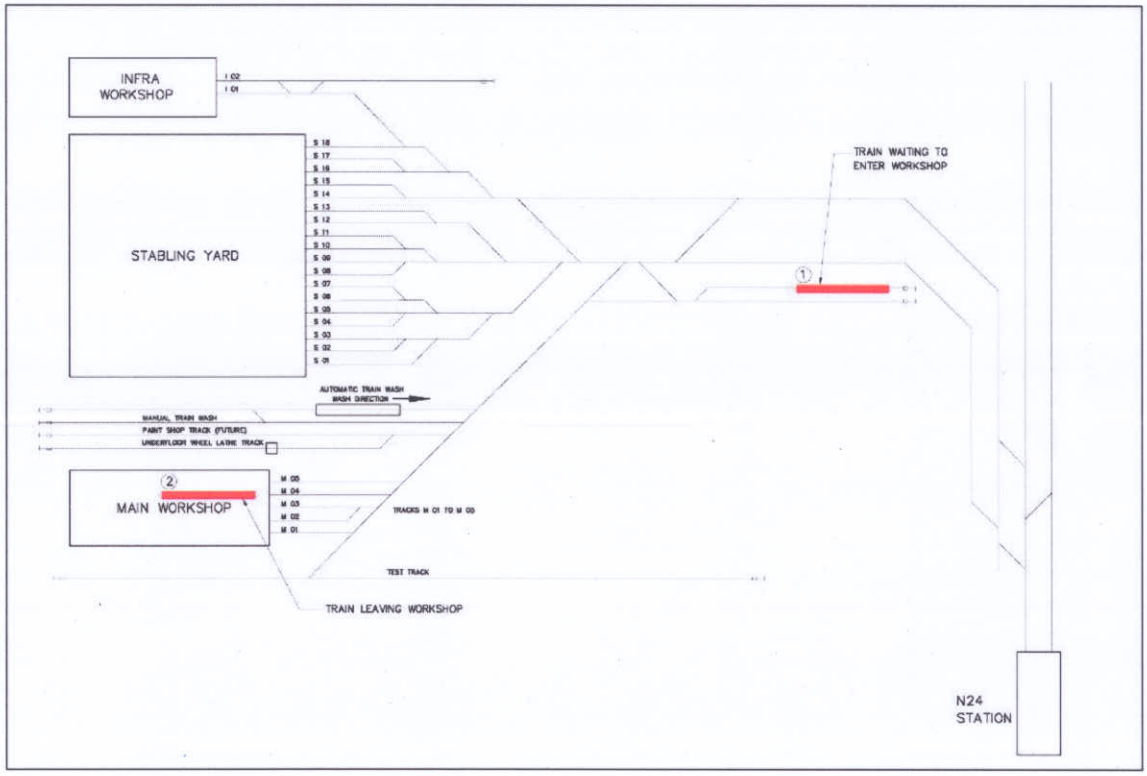
โดยสามารถแสดงการเคลื่อนย้ายด้วยภาพได้ ดังต่อไปนี้



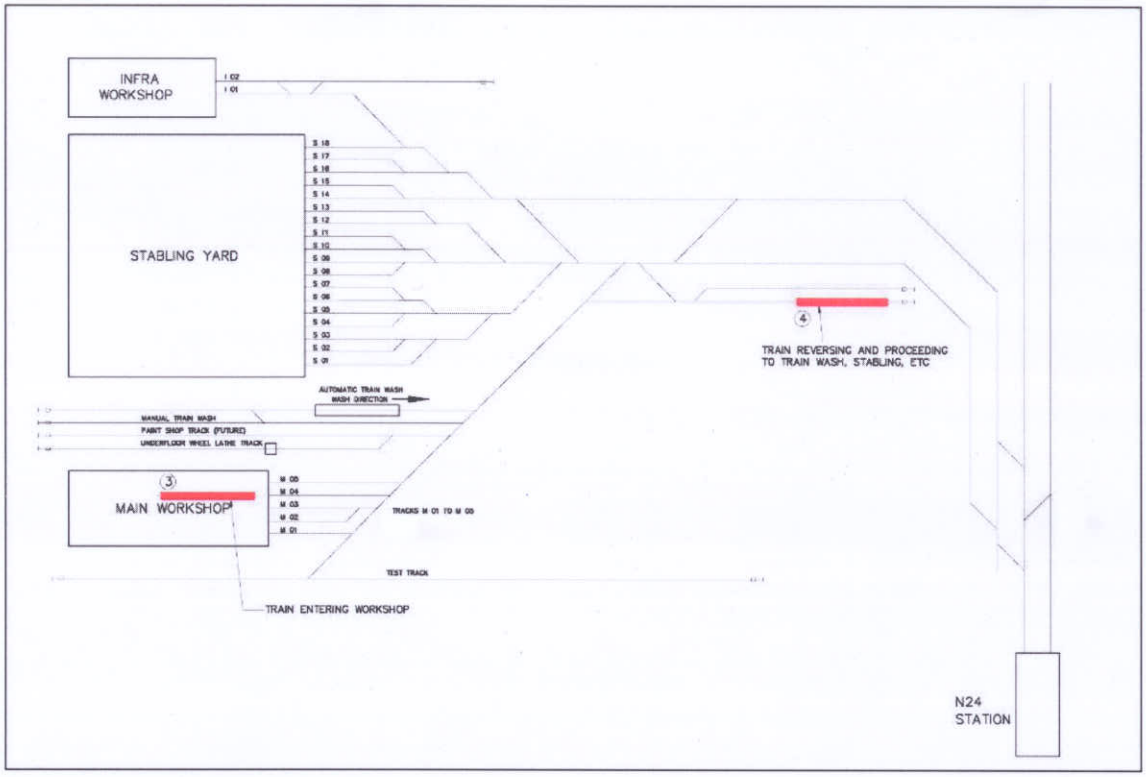
รูปที่ 6.8-2: การเคลื่อนขบวนรถจากพื้นที่สำหรับจอดเก็บขบวนรถ ไปยังพื้นที่ส่วนอื่นๆ ของศูนย์ซ่อมบำรุง



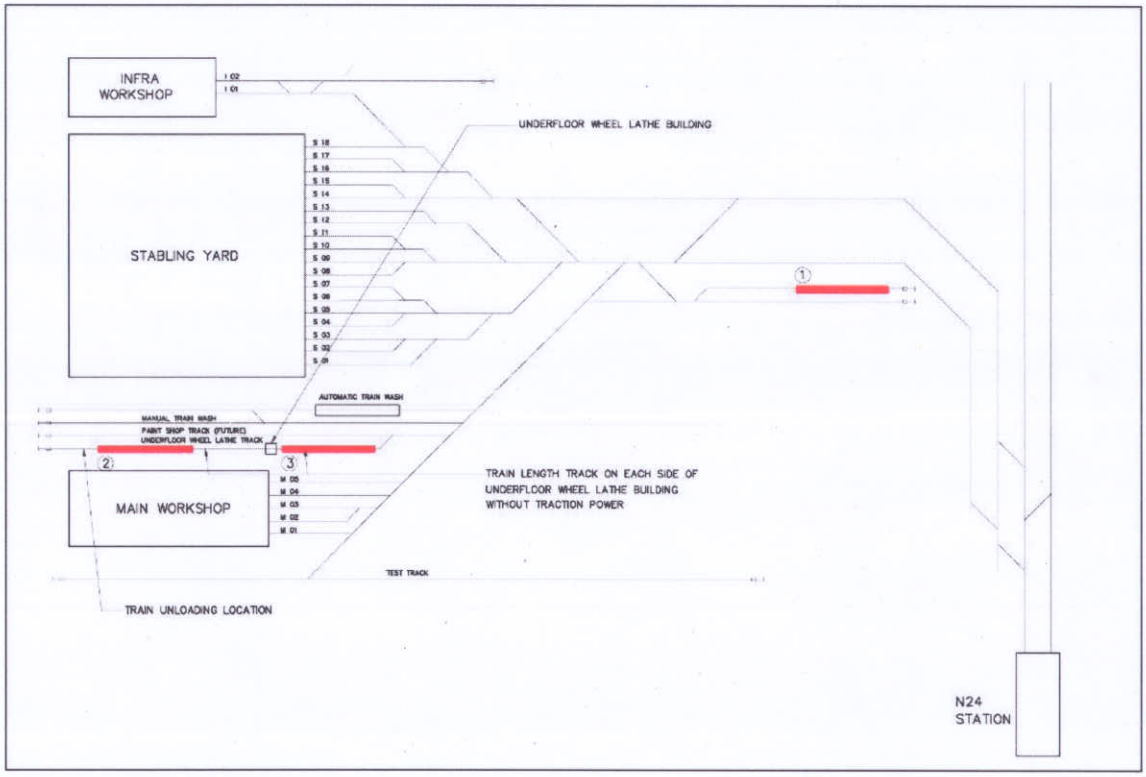
รูปที่ 6.8-3: การเคลื่อนขบวนรถจากเส้นทางหลัก ไปยังพื้นที่ล้างขบวน และกลับไปยังพื้นที่จอดเก็บขบวนรถ



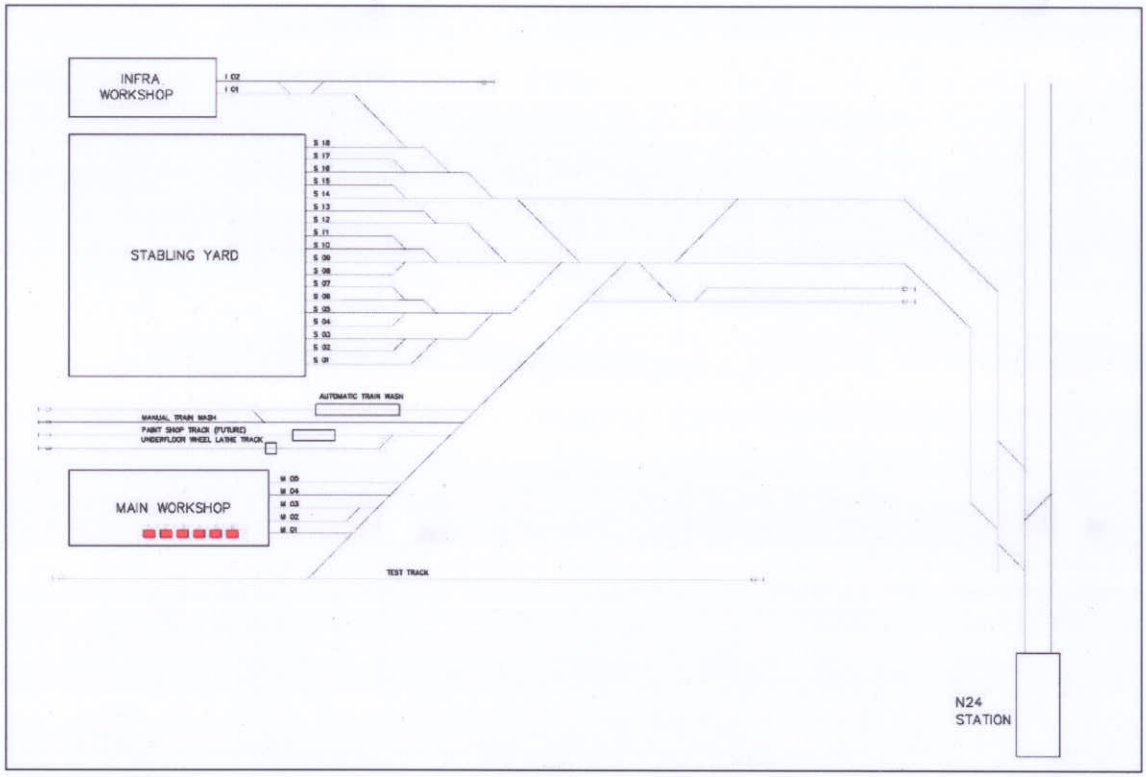
รูปที่ 6.8-4: การเคลื่อนขบวนรถจากรางกลับขบวนรถ ไปยังโรงซ่อมบำรุงหลัก



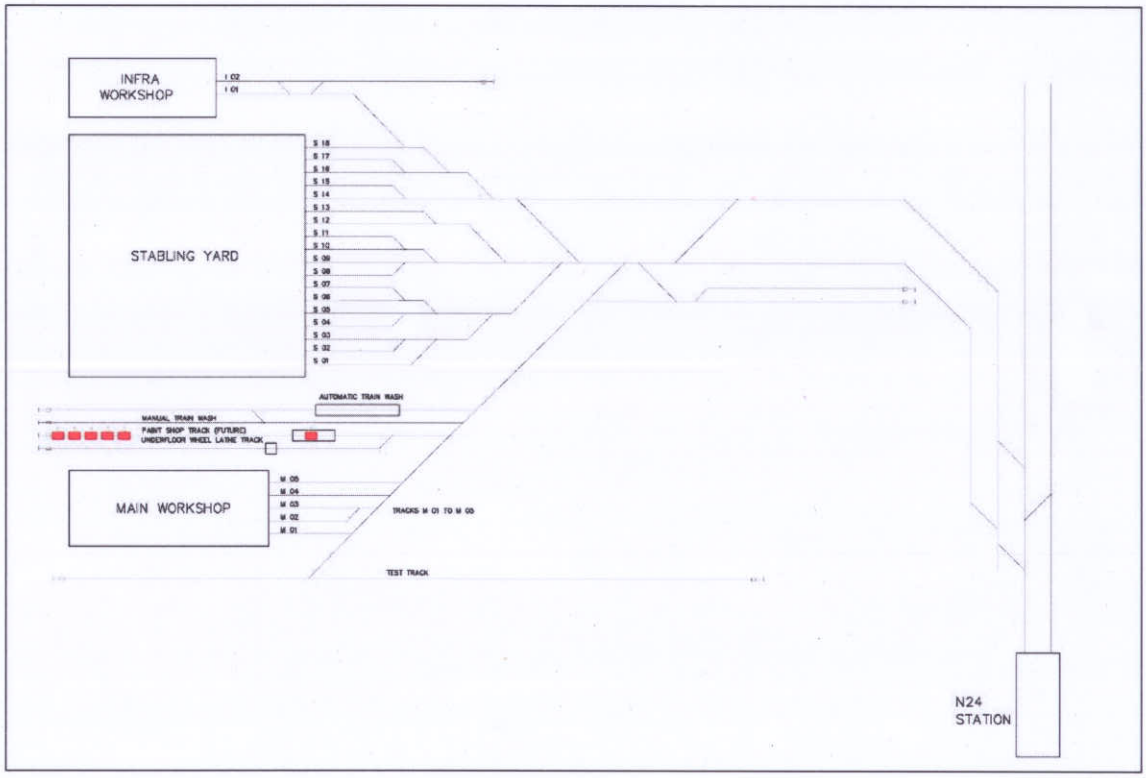
รูปที่ 6.8-5: การเคลื่อนขบวนรถจากโรงซ่อมบำรุงหลัก ไปยังรางกลับขบวนรถ ก่อนเคลื่อนไปยังพื้นที่อื่นๆ



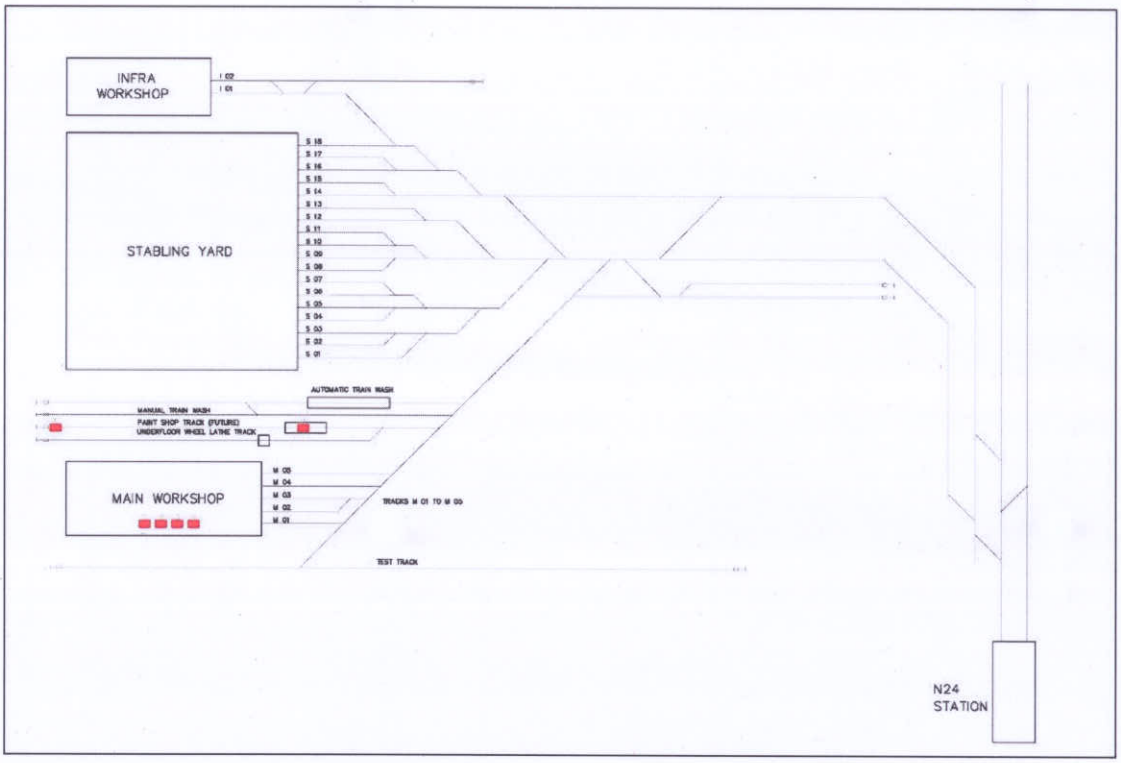
รูปที่ 6.8-6: การเคลื่อนขบวนรถจากรางกลับขบวนรถ ไปพื้นที่โรงเจียรล้อ



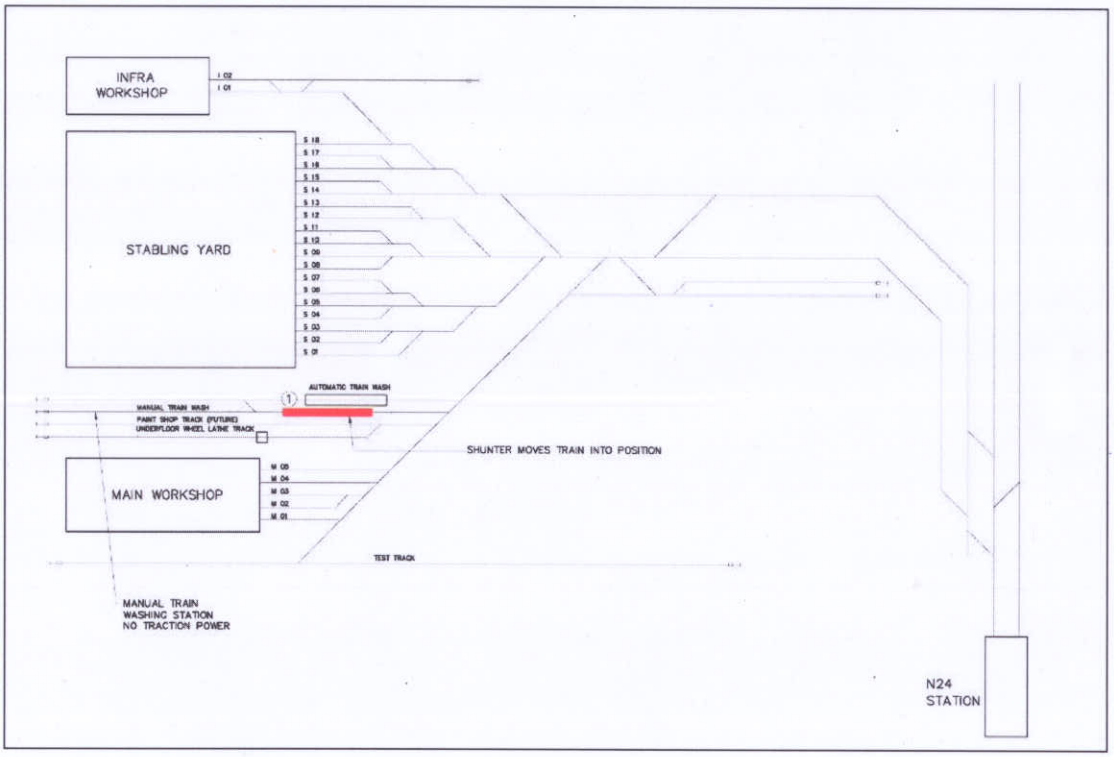
รูปที่ 6.8-7: การเคลื่อนขบวนรถเพื่อนำไปพื้นที่สำหรับทำสีตัวรถ (โดยนำขบวนรถมาถอดแยกตู้รถที่โรงซ่อมบำรุงหลัก ก่อน)



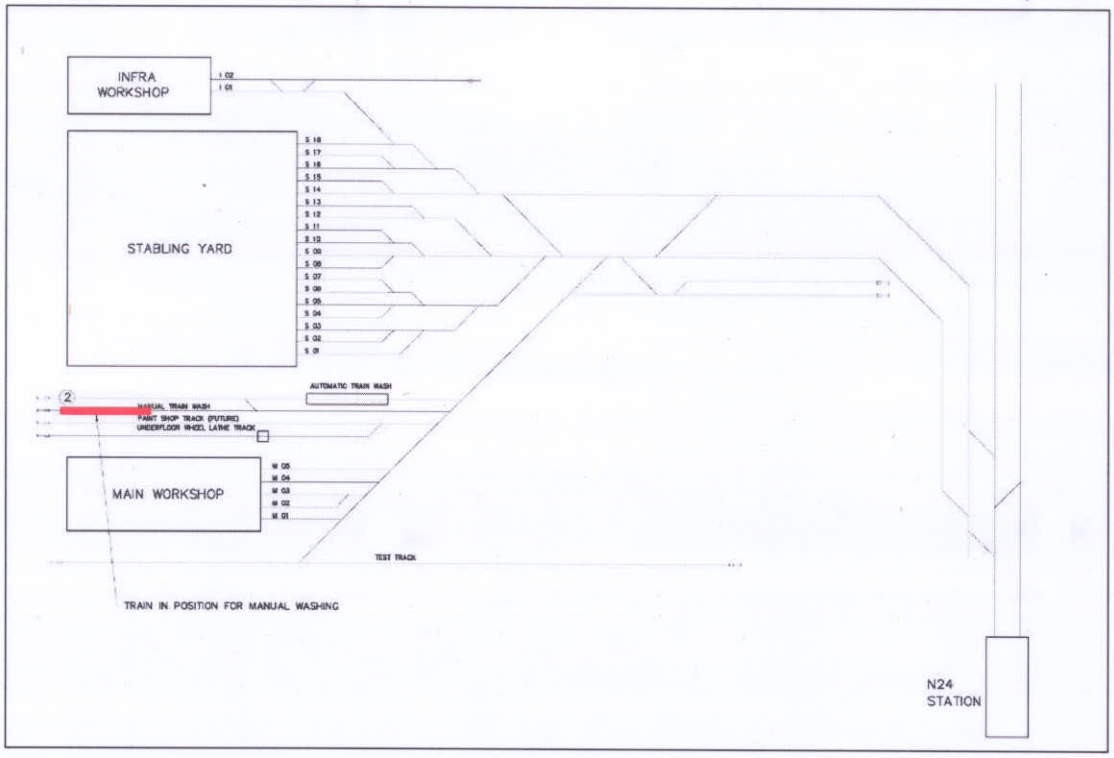
รูปที่ 6.8-8: การเคลื่อนขบวนรถไปบริเวณพื้นที่สำหรับทำสีตัวรถ (นำตู้รถที่จะทำสีไปยังช่องรางทำสี)



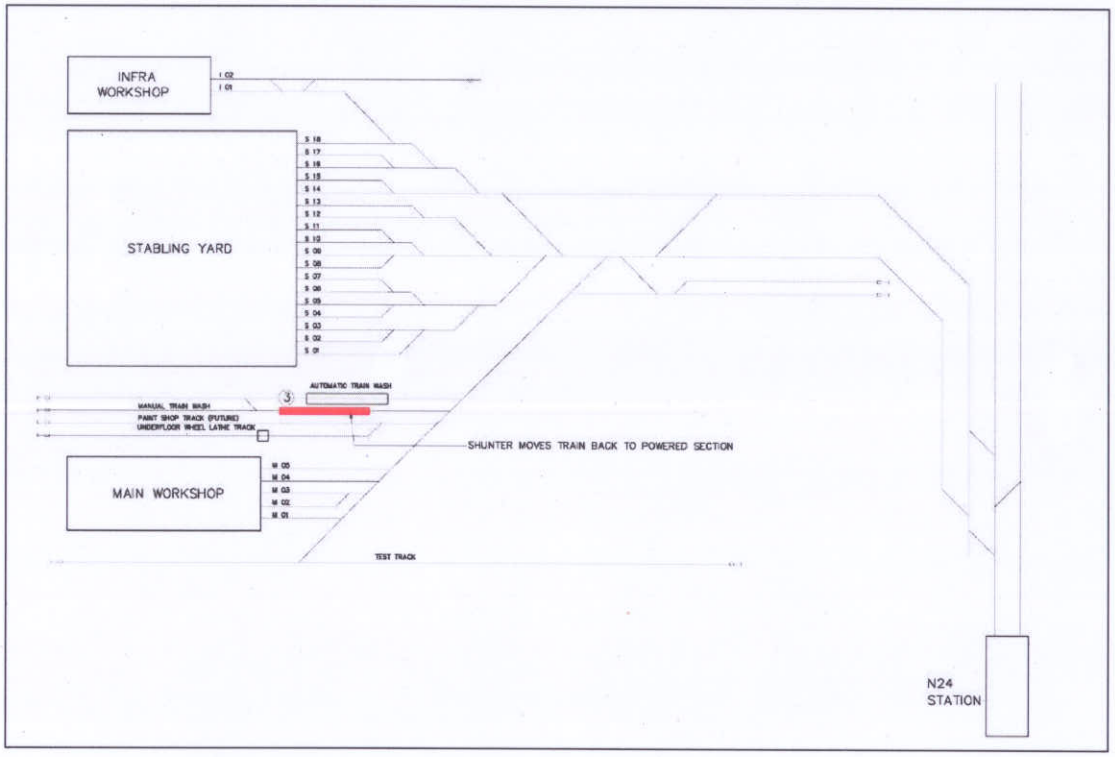
รูปที่ 6.8-9: การเคลื่อนขบวนรถหลังการทำสีตัวรถ
(นำตู้รถที่ทำสีแล้วมาที่โรงซ่อมบำรุงหลัก เพื่อประกอบรวมตู้รถกลับเป็นขบวนรถ)



รูปที่ 6.8-10: การเคลื่อนขบวนรถไปพื้นที่ล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงาน
(เคลื่อนขบวนรถมายังบริเวณช่องทางรางดังกล่าวแล้วหยุดที่บริเวณด้านหน้า)



รูปที่ 6.8-11: การเคลื่อนขบวนรถไปพื้นที่ล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงาน
(ใช้รถลากเข้าไปในพื้นที่ล้างรถ เนื่องจากบริเวณนี้ต้องการความปลอดภัยจากไฟฟ้า จึงไม่มีระบบรางที่ 3)



รูปที่ 6.8-12: การเคลื่อนขบวนรถจากพื้นที่ล้างขบวนรถด้วยแรงงานพนักงาน
(หลังจากล้างขบวนรถเสร็จ จะใช้รถดันขบวนรถไฟกลับมายังบริเวณที่มีระบบรางที่ 3)

6.8.2.3 การป้องกันการเข้าสู่เส้นทางวิ่งหลัก โดยไม่ได้รับอนุญาต

เส้นทางรางเข้า-ออก เส้นทางวิ่งหลักจากศูนย์ซ่อมบำรุงทั้ง 2 ราง จะมีการป้องกันในลักษณะของการมีทางแยก เพื่อป้องกันขบวนรถไฟฟ้าเข้าไปยังเส้นทางวิ่งหลักโดยไม่ตั้งใจ หรือโดยไม่ได้รับอนุญาต ทางแยกนี้จะอยู่ในตำแหน่งที่ขบวนรถจะจอดรอ และขบวนรถจะเคลื่อนเข้าสู่เส้นทางเดินรถหลักได้หลังจากได้รับการตั้งระบบให้เข้าสู่สภาวะการเดินรถโดยอัตโนมัติ (ATO) แล้ว

ในกรณีที่ขบวนรถยังไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าสู่เส้นทางหลัก ถ้าขบวนรถมีการเคลื่อนที่หรือวิ่งออกไปจากอาคารโรงจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า ขบวนรถดังกล่าวจะถูกจัดเส้นทางให้เข้าไปในช่องทางรางกลับขบวนรถ (Shunt Tracks) รางใดรางหนึ่งที่ฝั่งตรงข้ามของโรงจอดเก็บขบวนรถไฟฟ้า

6.8.2.4 ทางรถยนต์เข้า-ออก สู่ศูนย์ซ่อมบำรุง และถนนภายใน

การเข้า-ออกทางรถยนต์ สู่พื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ได้กำหนดให้มีทางเข้า-ออกหลักอยู่ทางด้านทิศใต้ของพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง จากทางด้านถนนสายไหม โดยมีประตูทางเข้าหลัก 2 ประตู ประตูหนึ่งจะเป็นเส้นทางไปยังอาคารบริหารและศูนย์ควบคุมการเดินรถ (Administrative Building/OCC) ส่วนอีกประตูหนึ่งจะเป็นทางขึ้นไปยังส่วนพื้นที่ยกระดับของศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Platform) เพื่อไปยังพื้นที่อื่นๆ ของศูนย์ซ่อมบำรุงต่อไป โดยทางเข้า-ออกจะอยู่ภายใต้การดูแลของพนักงานฝ่ายรักษาความปลอดภัย ตลอด 24 ชั่วโมง

พื้นที่ต่างๆ บนส่วนพื้นที่ยกระดับของศูนย์ซ่อมบำรุง ที่เป็นจุดที่ต้องมีการรับส่งอะไหล่ วัสดุ อุปกรณ์ (หรือแม้แต่การส่งขบวนรถไฟฟ้า) จากภายนอก จะมีทางถนนไปถึงจุดดังกล่าว โดยมีการออกแบบความกว้าง วงเลี้ยวต่างๆ รวมทั้งที่จอดรถที่เหมาะสมสำหรับรถยนต์ทุกประเภทเช่น รถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุก รถบรรทุกหนัก ที่จะเข้าไปในพื้นที่ดังกล่าว เพื่อส่งของสำหรับงานซ่อมบำรุงภายในศูนย์ซ่อมบำรุง

จุดที่ถนนต้องมีการตัดข้ามรางที่ระดับเดียวกัน จะออกแบบให้มีจำนวนน้อยที่สุด และมีการติดตั้งที่กั้นและมาตรการความปลอดภัยอื่นๆ เพื่อความปลอดภัย

6.8.2.5 การนำส่งขบวนรถไฟฟ้าใหม่ ที่ศูนย์ซ่อมบำรุง

การนำส่งขบวนรถไฟฟ้าใหม่ ที่ศูนย์ซ่อมบำรุง โดยรถบรรทุกหนักจะนำส่งรถไฟฟ้าที่รางเจียรล้อที่ต่อออกมาจากอาคารโรงเจียรล้อ รางดังกล่าวไม่มีระบบรางที่สาม จึงสามารถใช้เป็นรางที่จะนำรถไฟฟ้ามาส่งวางได้โดยสะดวก ในบริเวณดังกล่าวจะมีการสร้างพื้นยกเตี้ยๆ เสมอระดับสันราง เพื่ออำนวยความสะดวกให้รถบรรทุกมาจอดเทียบกับราง และยกวางรถไฟฟ้าลงได้โดยใช้เครื่องยกแบบเคลื่อนที่ได้ (mobile jack) ถนนที่รถบรรทุกจะนำรถไฟฟ้ามายังรางดังกล่าวจะมีความชันสูงสุดไม่เกิน 4% และมีรัศมีโค้งต่ำสุดไม่น้อยกว่า 14 เมตร (รัศมีโค้งใน) และ 20 เมตร (รัศมีโค้งนอก)

6.8.2.6 รั้ว (Fence)

พื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงโดยรอบทั้งหมด จะมีรั้วล้อมรอบตลอดแนวเขตพื้นที่ โดยรั้วจะมีความสูงประมาณ 1.8 เมตร และจะมีรั้วสูงประมาณ 1.2 เมตร กั้นตลอดความยาวของรางทดสอบ (Test Track) เพื่อความปลอดภัยของพนักงาน

ส่วนพื้นที่ยกระดับของศูนย์ซ่อมบำรุง ที่มีความสูงขึ้นไปจากระดับพื้นดิน ก็จะมีรั้วล้อมรอบเพื่อความปลอดภัยของพนักงานและยานพาหนะที่จะวิ่งขึ้นไปบนพื้นที่ดังกล่าว

6.9 การออกแบบสถาปัตย์

6.9.1 ข้อคำนึงในการออกแบบ

1) ออกแบบให้ตอบสนองกระบวนการซ่อมบำรุงรถไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2) ออกแบบกายภาพให้เสริมกับระบบการบริหารจัดการภายในอาคารซ่อมบำรุง (Operate System)
3) คำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้พื้นที่และการใช้อาคาร
4) ออกแบบให้ได้ตามมาตรฐานของการซ่อมบำรุง และระบบการเดินรถ
5) ออกแบบให้คุ้มค่ากับงบประมาณการก่อสร้าง และดูแลรักษาง่าย
6) ออกแบบให้ผู้ใช้อาคารทุกส่วนมีคุณภาพชีวิตที่ดี
7) ออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่และสภาพอากาศ

6.9.2 การกำหนดพื้นที่ใช้สอย

การกำหนดพื้นที่ใช้สอยหลัก ต้องสอดคล้องกับกระบวนการซ่อมบำรุงของระบบการเดินรถไฟ และการบริหารจัดการต่าง ๆ และรองรับการใช้งานทั้งหมดได้ การกำหนดขนาดพื้นที่ใช้สอยส่วนใหญ่กำหนดจากขนาดอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรที่จะใช้งานในศูนย์ ให้สัมพันธ์กับจำนวนผู้ใช้

ศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ ประกอบไปด้วยอาคารและสิ่งปลูกสร้างหลัก ดังนี้

1) อาคารบริหารและศูนย์ควบคุมการเดินรถ (Administration & OCC. Building)
2) อาคารซ่อมบำรุงหลัก (Main Workshop Building)
3) อาคารซ่อมบำรุงส่วนสาธารณูปโภค (Infrastructure Maintenance Workshop)
4) อาคารโรงจอด (Stabling Building)
5) อาคารล้างรถ (Train Wash Plant)
6) อาคารซ่อมซุ้มล้อ (Wheel Reprofilng Building)
7) อาคารสถานีไฟฟ้าย่อย (Traction Substation Building)
8) อาคารเก็บวัตถุเคมี (Hazardous Material Store)
9) อาคารบำบัดน้ำเสีย (Waste Water Treatment Plant)

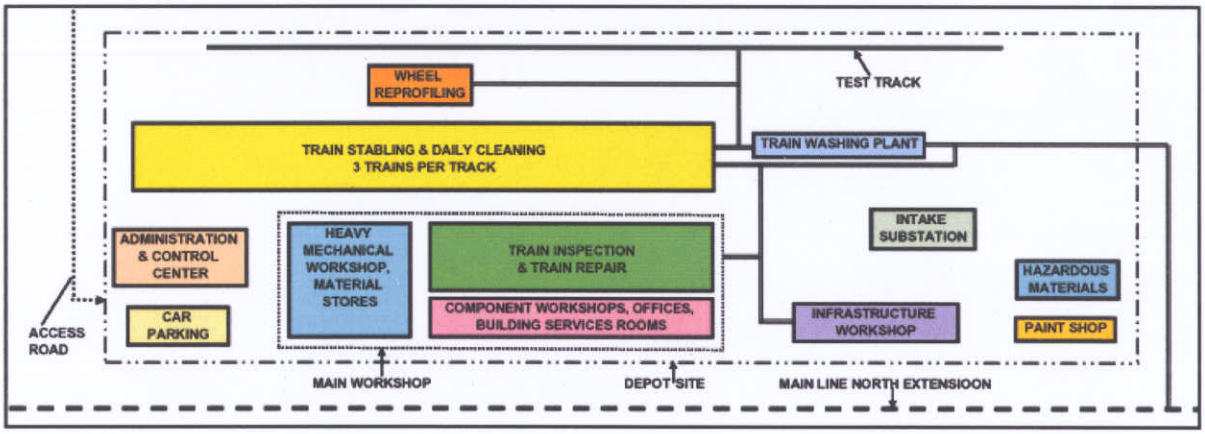
10) อาคารล้างรถด้วยมือ (Manual Wash Plant)
11) ป้อมยาม (Guard House)
12) อาคารเครื่องปรับอากาศ (Chiller Plant)
13) อาคารสถานีสูบน้ำ (Storm Water Pump Station)
14) อาคารเก็บขยะ (Garbage House)

6.9.3 แนวคิดการออกแบบ

6.9.3.1 แนวคิดการวางผัง

แนวคิดภาพรวมการวางตำแหน่งอาคารจะกำหนดตำแหน่งให้สอดคล้องกับระบบการเดินรถ เส้นทางรางรถไฟที่จะเข้าออกพื้นที่โครงการเป็นหลัก ขั้นตอนต่อมาจะกำหนดตำแหน่งของที่ตั้งอาคารประกอบในส่วนที่เป็นอิสระจากการวางระบบรางในพื้นที่ โดยให้ความสัมพันธ์ของแต่ละอาคารอยู่ในตำแหน่งที่ใช้งานต่อเนื่องกันได้สะดวก ดังนี้

1) ทางเข้าออก มี 2 ทาง ได้แก่ ทางเข้าออกของรางรถไฟ ในระดับที่ 2 จาก Viaduct และทางเข้าออกของรถยนต์
2) กลุ่มอาคารที่เกี่ยวกับการซ่อมบำรุงทั้งหมด จัดให้อยู่บริเวณเดียวกันที่การวางรางรถไฟสามารถเข้าไปถึงได้ ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนกลางของที่ดินที่มีระยะกว้างยาวของที่ดินเพียงพอที่จะรองรับส่วนซ่อมบำรุงทั้งหมดให้อยู่ในบริเวณเดียวกันได้ ทั้งนี้เพื่อความสอดคล้องและสะดวกในการใช้งานโดยแยกการสัญจรต่าง ๆ ไม่ได้ตัดกัน
3) กลุ่มสำนักงาน เป็นกลุ่มการใช้งานที่สามารถแยกออกมาจากส่วนซ่อมบำรุงได้โดยไม่กระทบกระบวนการซ่อมบำรุง จึงจัดวางให้อยู่พื้นที่บริเวณด้านทิศเหนือของพื้นที่โครงการ
4) จัดวางตำแหน่งของอาคารให้อยู่ในทิศทางที่เข้าถึงสะดวกสัมพันธ์กับแดดและลม เพื่อดึงเอาประโยชน์ของธรรมชาติเข้ามาใช้เพื่อให้เกิดความร่มรื่น อยู่สบายและประหยัดพลังงานและมีมุมมองที่สวยงาม ซึ่งจะช่วยให้ภาพรวมของโครงการสมบูรณ์ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 6.9-1 แสดงการจัดวางตำแหน่งพื้นที่ภายในศูนย์ซ่อมบำรุงและศูนย์ควบคุมการเดินรถ

6.9.3.2 แนวคิดการออกแบบสถาปัตยกรรม

1) แนวคิดภาพลักษณ์อาคาร

ออกแบบให้สถาปัตยกรรมอาคารมีความสวยงามทันสมัย สื่อถึงเทคโนโลยี การเคลื่อนไหวและการเดินทาง ผู้ออกแบบจึงเลือกใช้เส้นโค้งทรงกลมและทรงคลื่น (Wave) เพื่อสื่อถึงการเคลื่อนไหวและการเดินทางอีกทั้งเป็นรูปทรงที่เหมาะกับอาคารขนาดใหญ่ที่ต้องการพื้นที่ใช้สอยเป็นลักษณะโถงใหญ่เช่นเดียวกับโรงซ่อมบำรุง

การวางอาคารแต่ละอาคารจัดให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งกำหนดส่วนผนังทึบและส่วนที่เป็นช่องแสง รูปทรงหลังคา ให้มีความสอดคล้องและมีสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้สอยภายในห้องต่าง ๆ เพื่อประหยัดพลังงานในแต่ละอาคาร

การออกแบบกลุ่มพื้นที่สำนักงาน โถงต้อนรับ และโรงอาหาร เน้นการเสริมสร้างประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น จึงออกแบบให้อาคารโปร่งโล่ง ใช้แสงและการระบายอากาศธรรมชาติเข้ามาเสริมให้มากขึ้น

2) แนวคิดการเลือกใช้วัสดุ

การเลือกใช้วัสดุภายนอก ที่ปรึกษาฯ เลือกใช้วัสดุที่ตอบสนองแนวคิดด้านภาพลักษณ์โครงการ ได้แก่ ผนังกระจก Curtain Wall, ผนัง Aluminums Composite Cladding, Stainless Steel และ Metal Sheet เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้วัสดุผิวมันวาวสามารถสื่อถึงเทคโนโลยีที่ทันสมัยได้ ทั้งนี้วัสดุต่าง ๆ ภายในแต่ละอาคารออกแบบให้เป็นวัสดุที่คงทนดูแลรักษาได้ง่าย เหมาะสมกับอาคารประเภทโรงซ่อมบำรุง และการประเภทการใช้งานที่แตกต่างไปของแต่ละอาคารด้วย

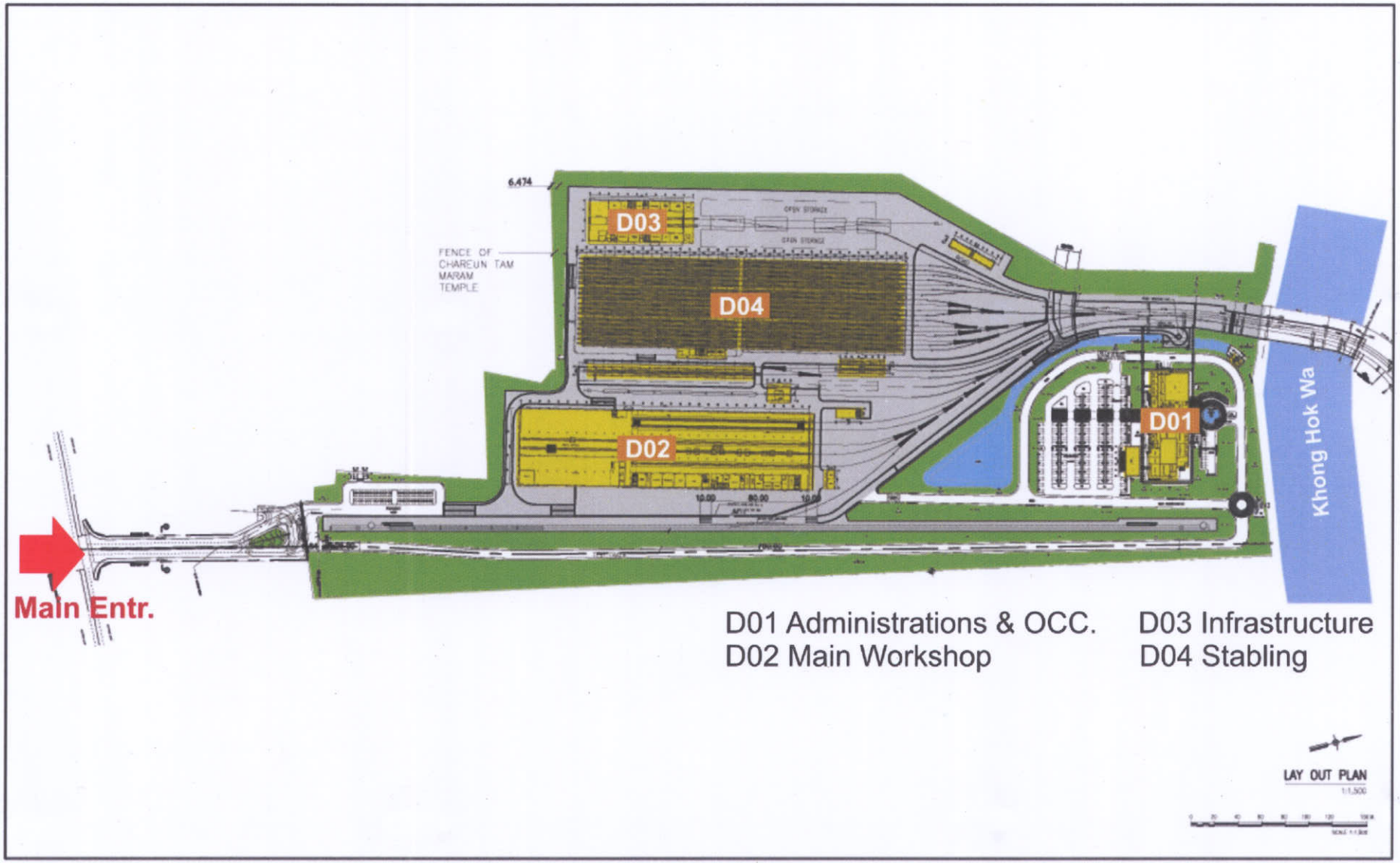
การเลือกใช้วัสดุภายใน สำหรับพื้นที่ใช้สอยซึ่งต้องการการดูแลพิเศษ เช่น ห้องอุปกรณ์พิเศษหรือห้องปฏิบัติการและอื่น ๆ ที่ปรึกษาฯ เลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติควบคุมอุณหภูมิและเสียง เช่น ในส่วนของผนัง และฝ้าเพดาน ใช้ Acoustic Board เป็นต้น

6.9.3.3 ทางด้านภูมิสถาปัตยกรรม

งานภูมิสถาปัตยกรรมประกอบโครงการศูนย์ซ่อมบำรุงฯ นี้ มีลักษณะเป็นตัวกำหนดขอบเขตของพื้นที่ต่าง ๆ โดยจะปลูกต้นไม้ตามแนวขอบเขตของพื้นที่โครงการและตามแนวเส้นทางสัญจรทั้งทางเท้าและรถยนต์ ให้มีความเป็นระเบียบโปร่งโล่งไม่บดบังทัศนวิสัยในการมองเห็น เพื่อง่ายต่อการดูแลความปลอดภัยในกรณีมีผู้บุกรุกเข้ามาในโครงการ

งานภูมิสถาปัตยกรรมบริเวณด้านหน้าโครงการเน้นงานต้นไม้ที่ช่วยเสริมอาคารให้ดูสง่างาม และต้อนรับผู้มาเยี่ยมเยือน

การเลือกใช้พันธุ์ในโครงการ เลือกใช้พันธุ์ไม้ที่นกไม่ชอบมาอาศัยทำรัง และเป็นพันธุ์ไม้ที่ดูแลรักษาง่าย

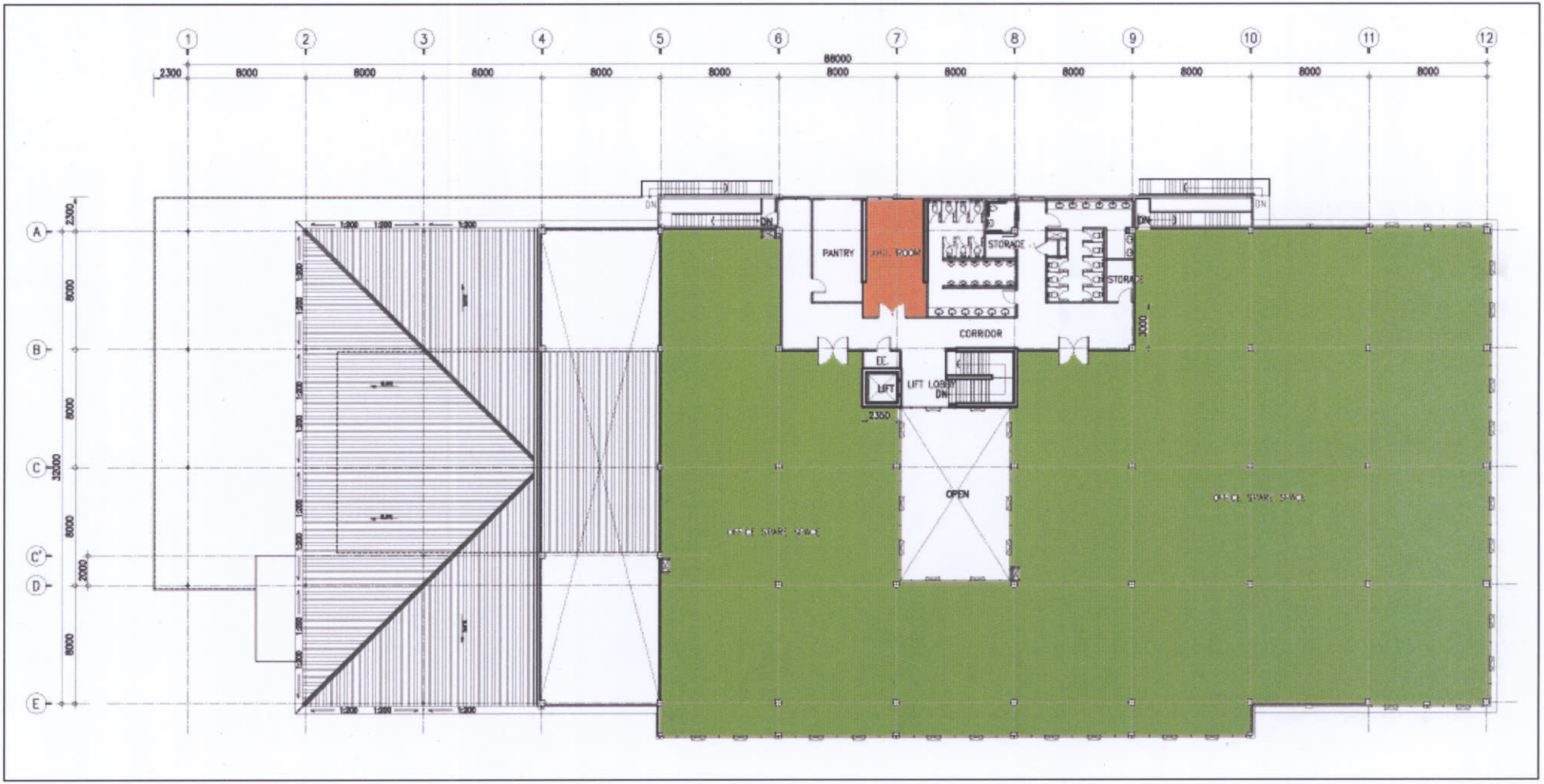


รูปที่ 6.9-2 แสดงผังบริเวณโครงการศูนย์ซ่อมบำรุง

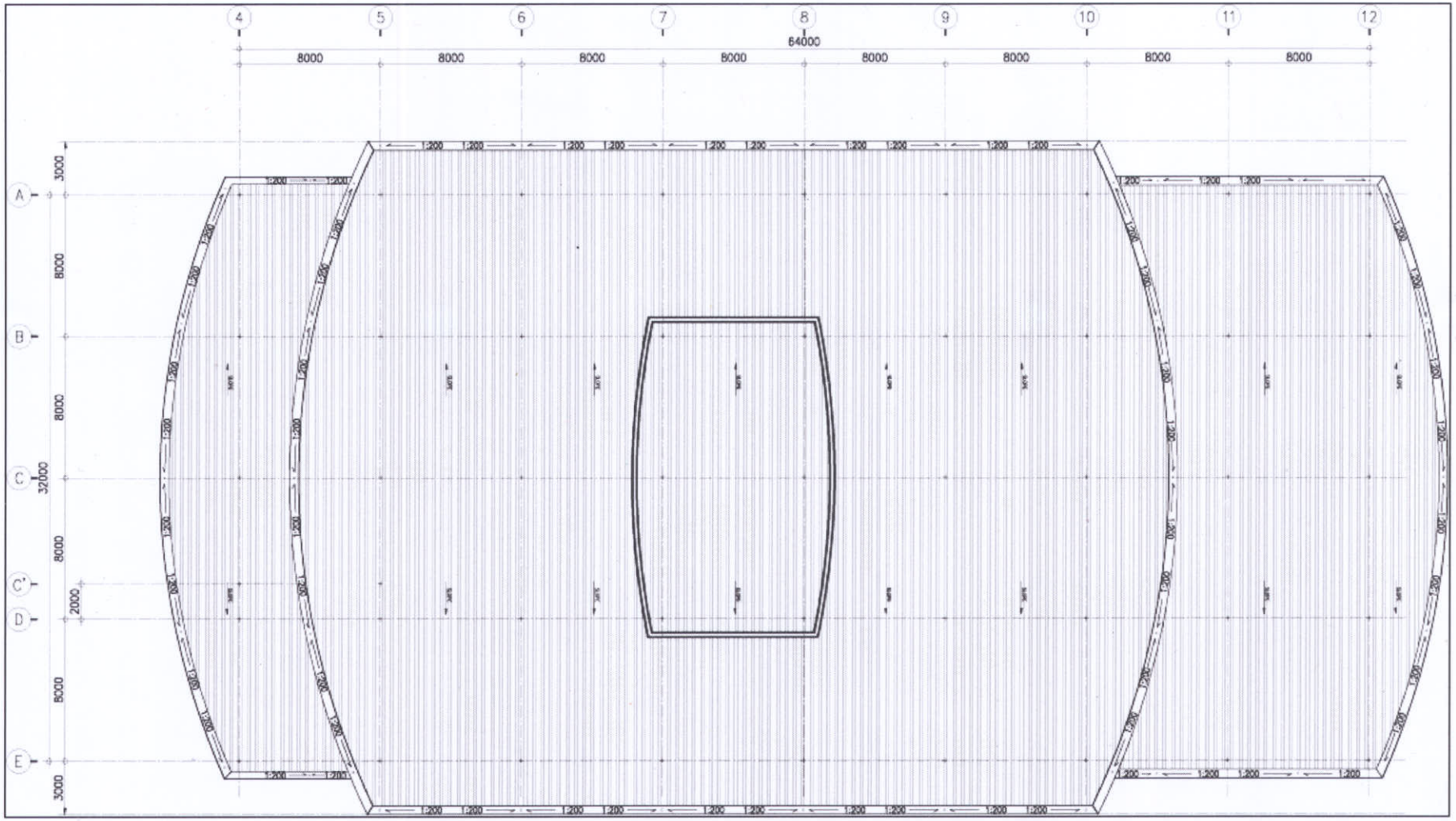
1. Administration & OCC. Building

รูปที่ 6.9-3 แสดงแบบแปลนชั้นล่าง อาคารบริหารและควบคุมการเดินรถ

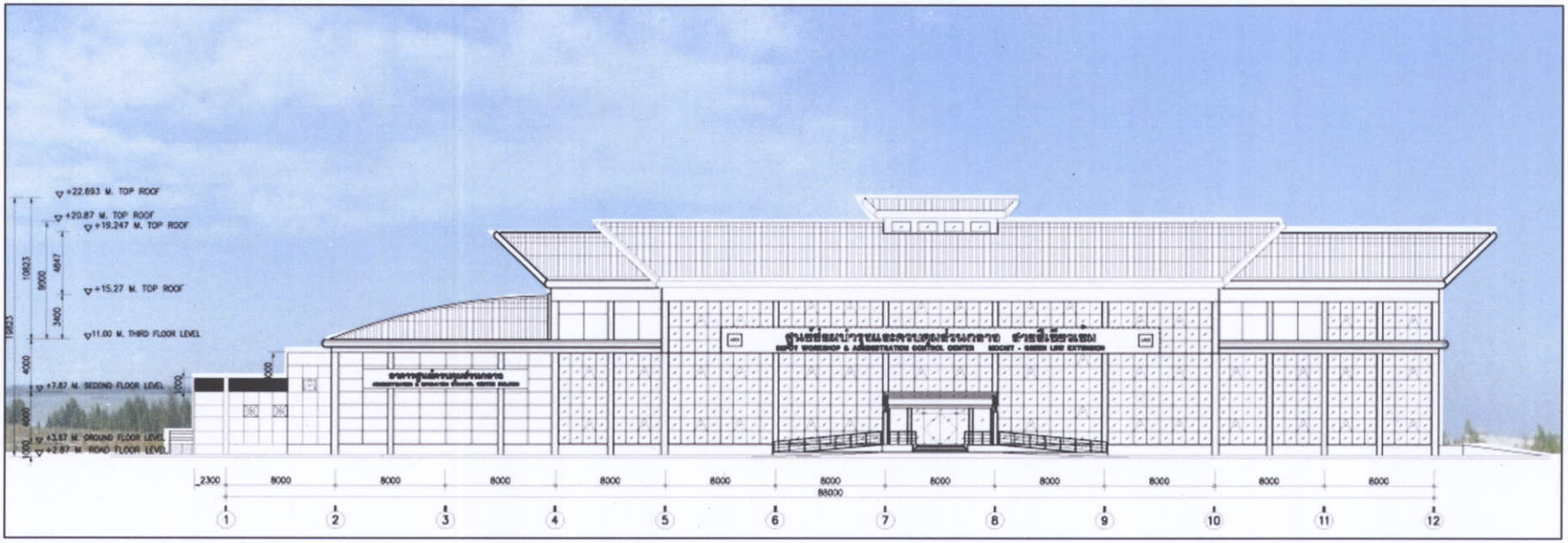
รูปที่ 6.9-4 แสดงแบบแปลนชั้นสอง อาคารบริหารและควบคุมการเดินรถ



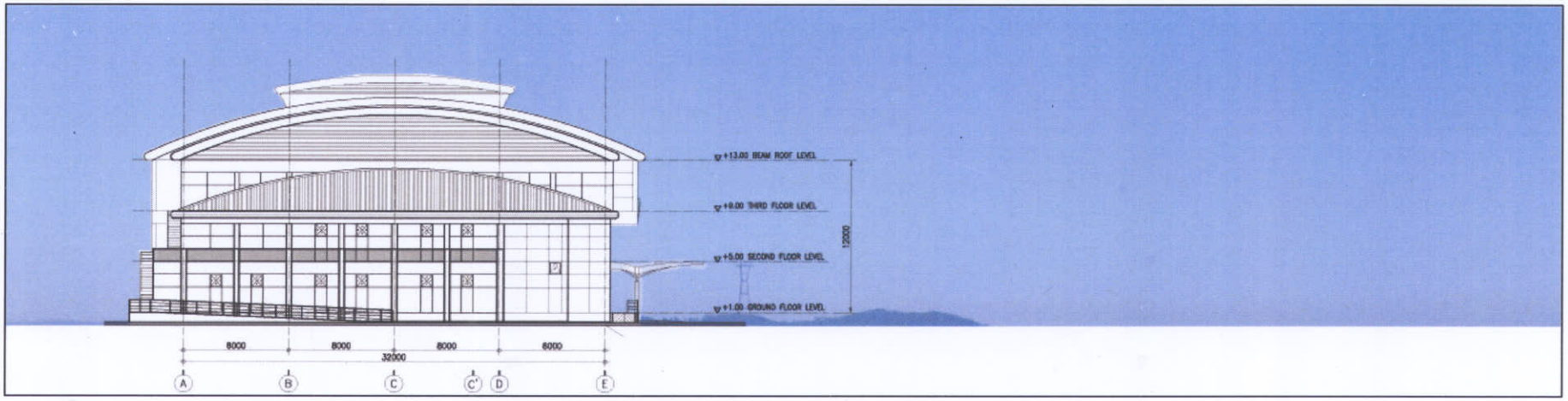
รูปที่ 6.9-5 แสดงแบบแปลนชั้นสาม อาคารบริหารและควบคุมการเดินรถ



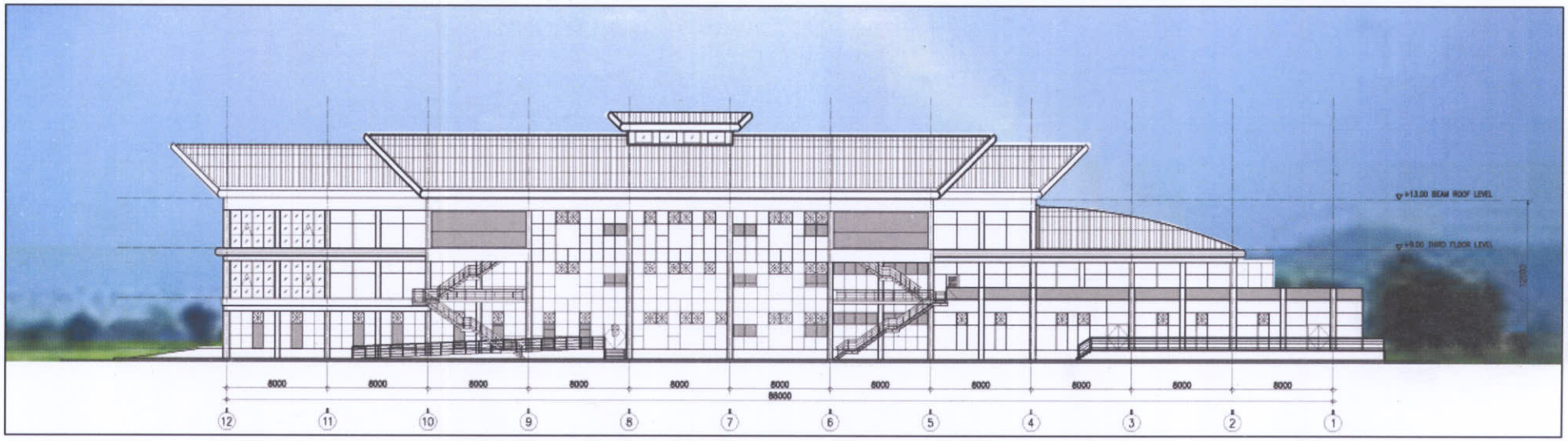
รูปที่ 6.9-6 แสดงแบบแปลนหลังคา อาคารบริหารและควบคุมการเดินรถ



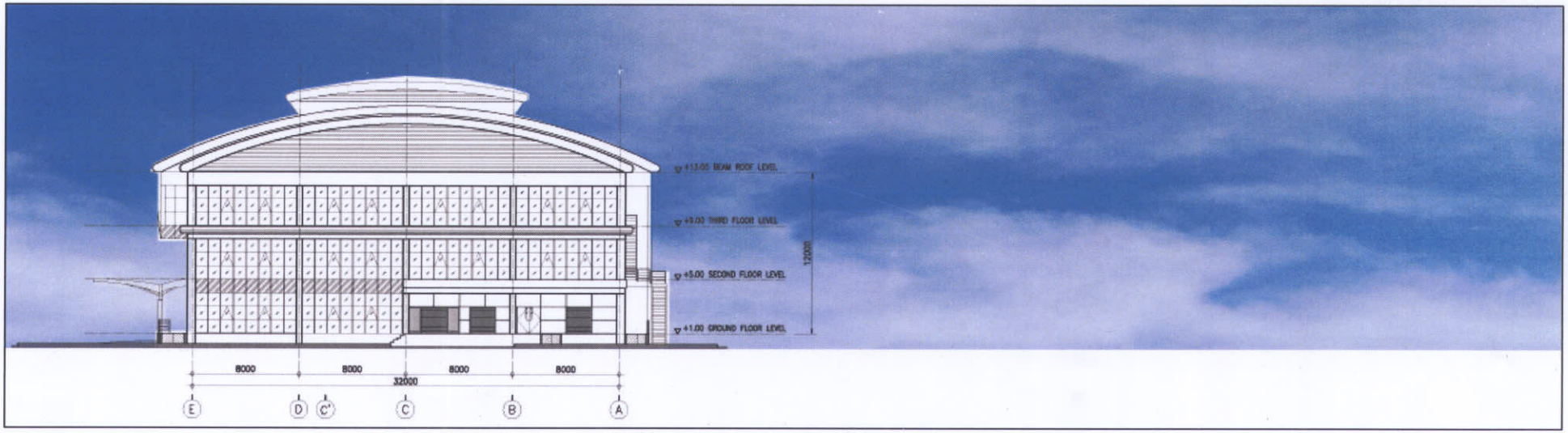
รูปที่ 6.9-7 แสดงรูปด้านหน้าอาคาร อาคารบริหารและควบคุมการ



รูปที่ 6.9-8 แสดงรูปด้านข้างซ้ายอาคาร อาคารบริหารและควบคุมการเดิน

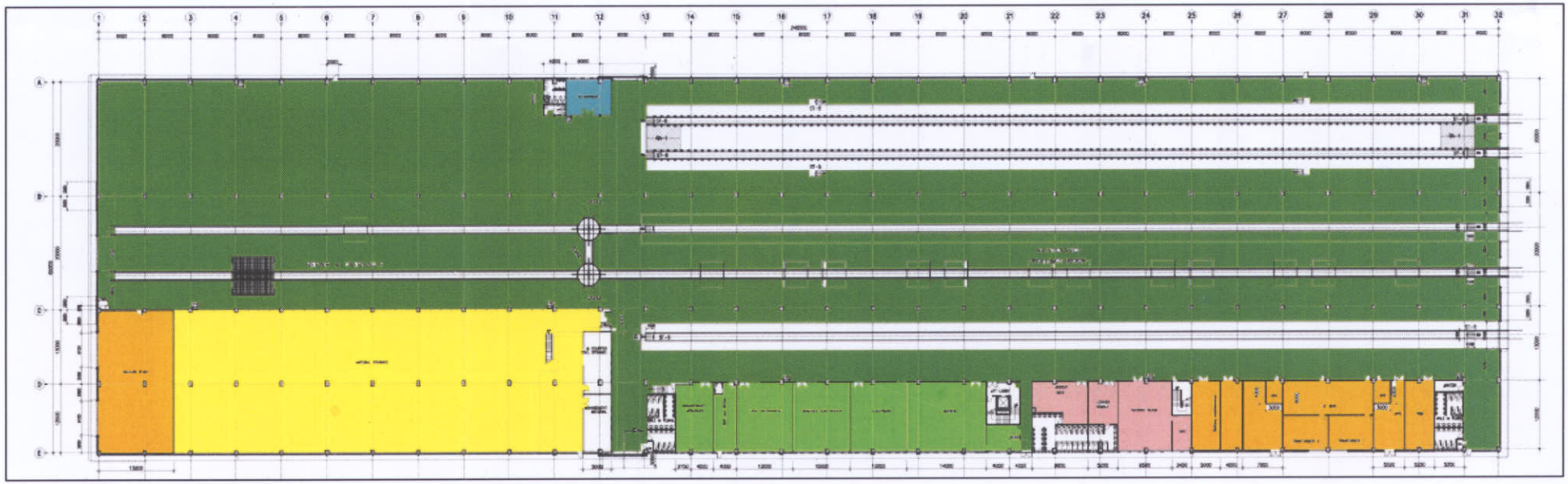


รูปที่ 6.9-9 แสดงรูปด้านหลังอาคาร อาคารบริหารและควบคุมการเดินรถ

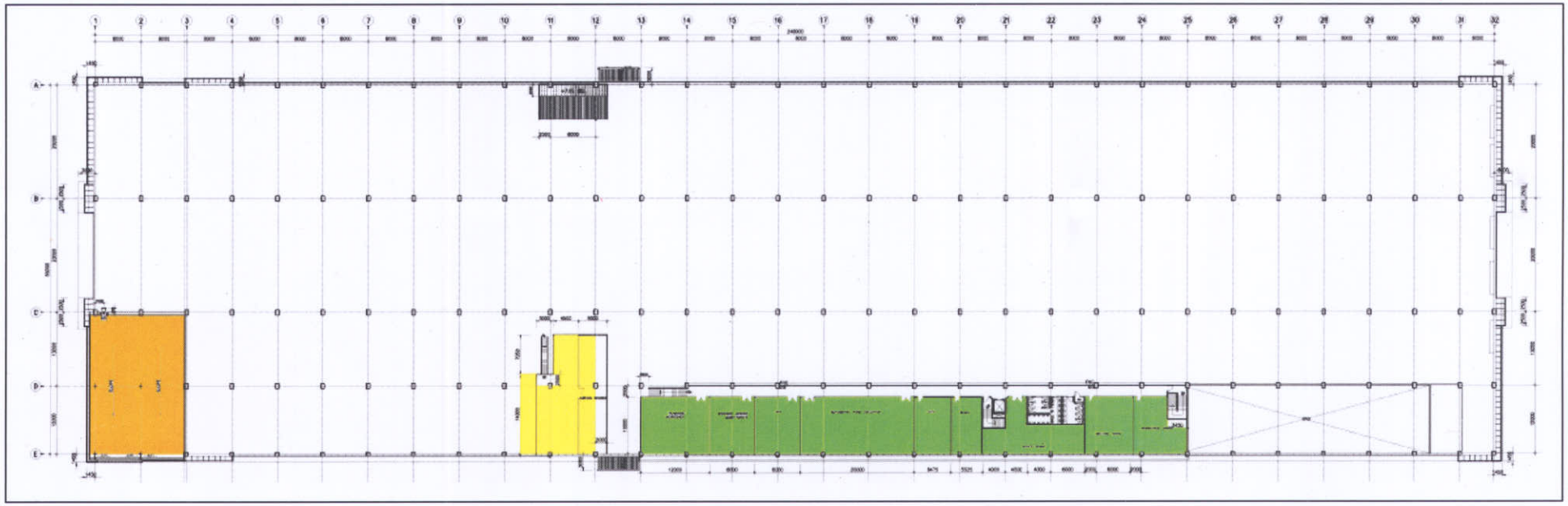


รูปที่ 6.9-10 แสดงรูปด้านข้างขวาอาคาร อาคารบริหารและควบคุมการเดินรถ

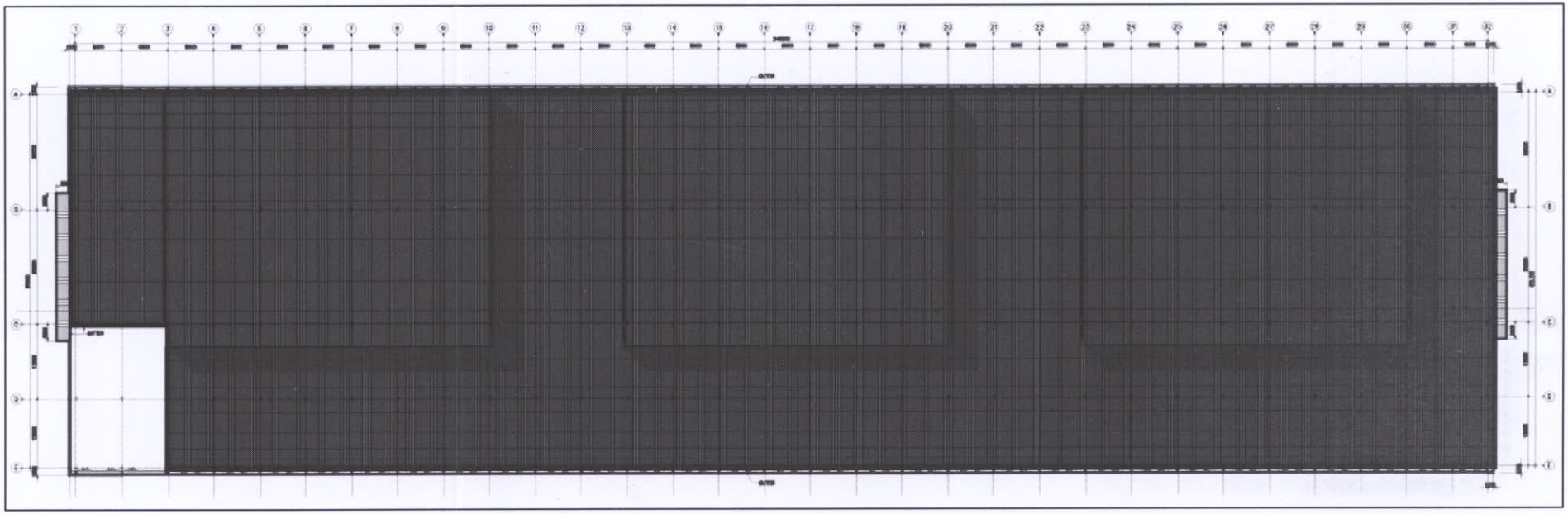
2. Main Workshop Building



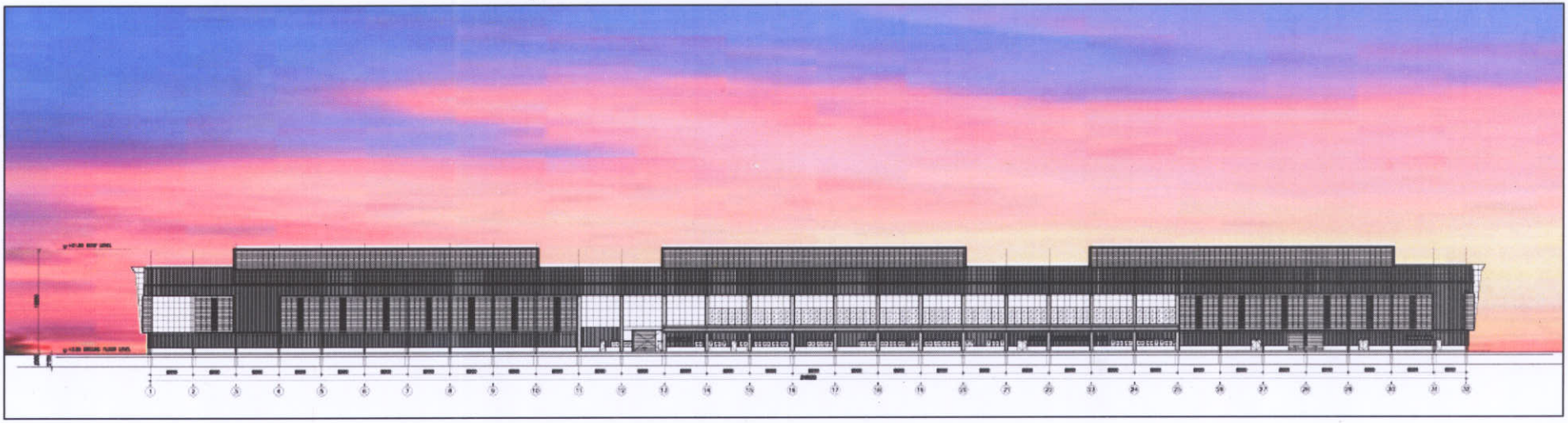
รูปที่ 6.9-11 แสดงแบบแปลนชั้นล่าง อาคารซ่อมบำรุงหลัก



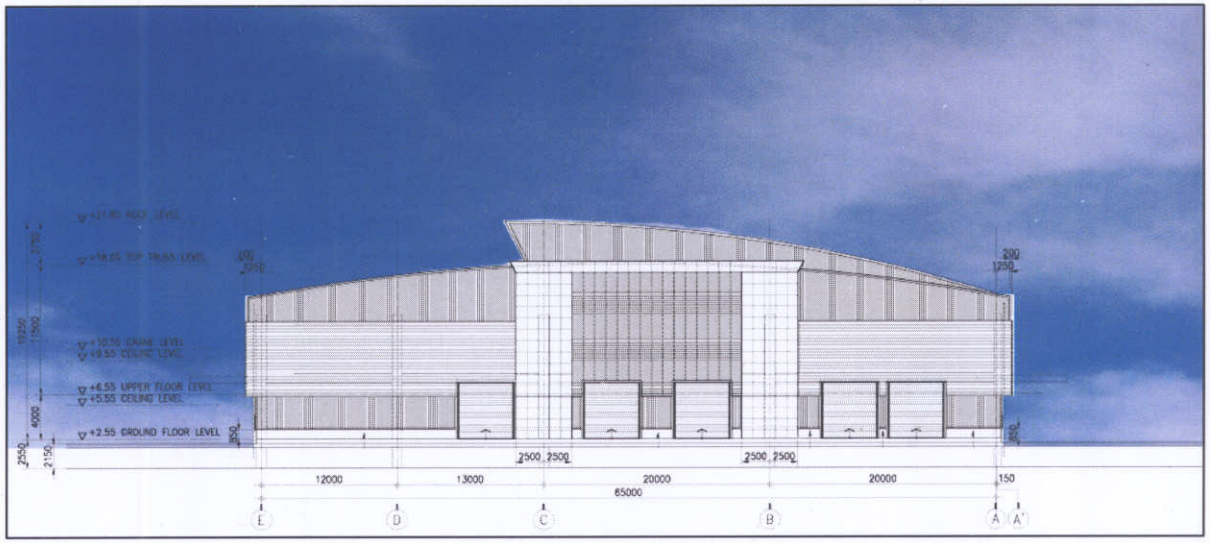
รูปที่ 6.9-12 แสดงแบบแปลนชั้นสอง อาคารซ่อมบำรุงหลัก



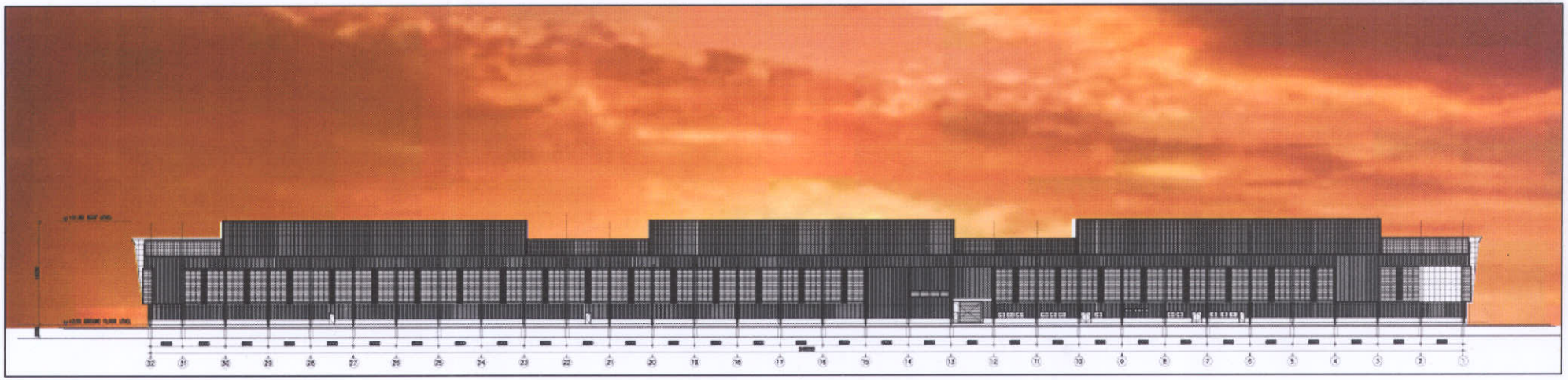
รูปที่ 6.9-13 แสดงแบบแปลนหลังคา อาคารซ่อมบำรุงหลัก



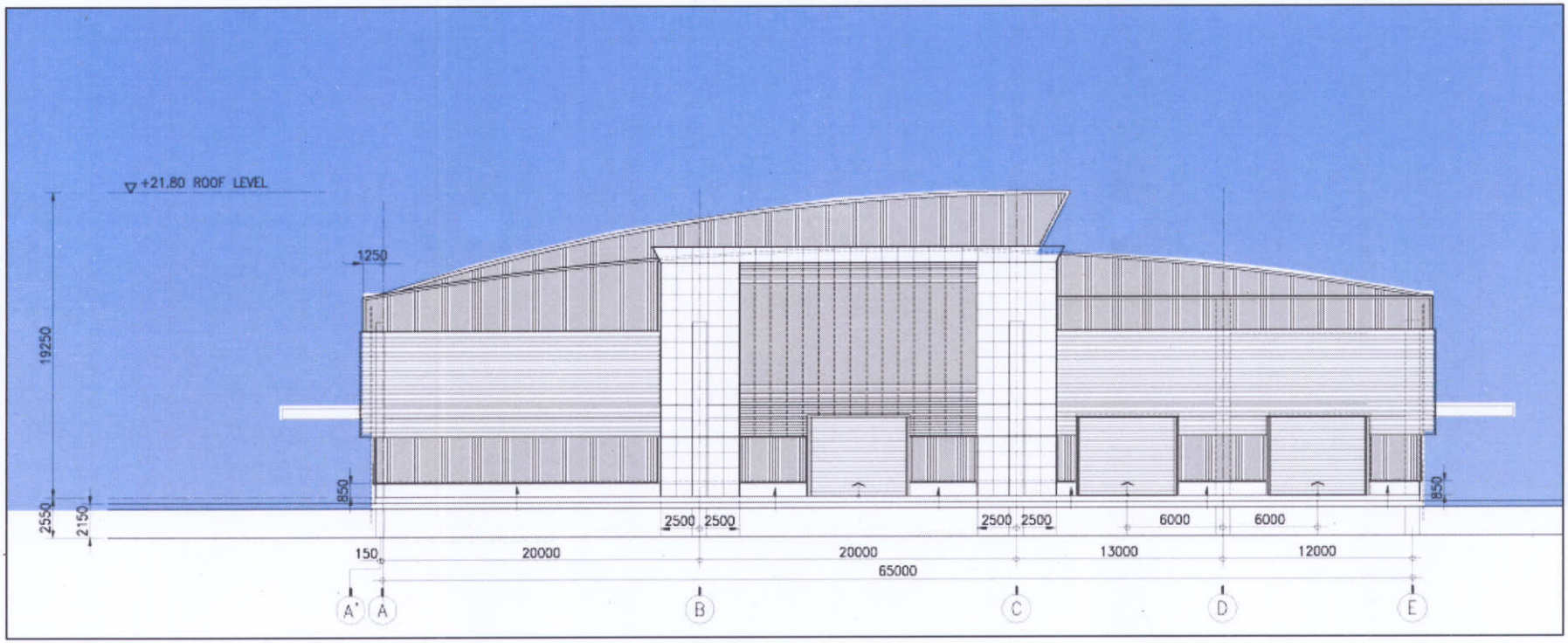
รูปที่ 6.9-14 แสดงรูปด้านข้างซ้าย อาคารซ่อมบำรุงหลัก



รูปที่ 6.9-15 แสดงรูปด้านหน้า อาคารซ่อมบำรุงหลัก

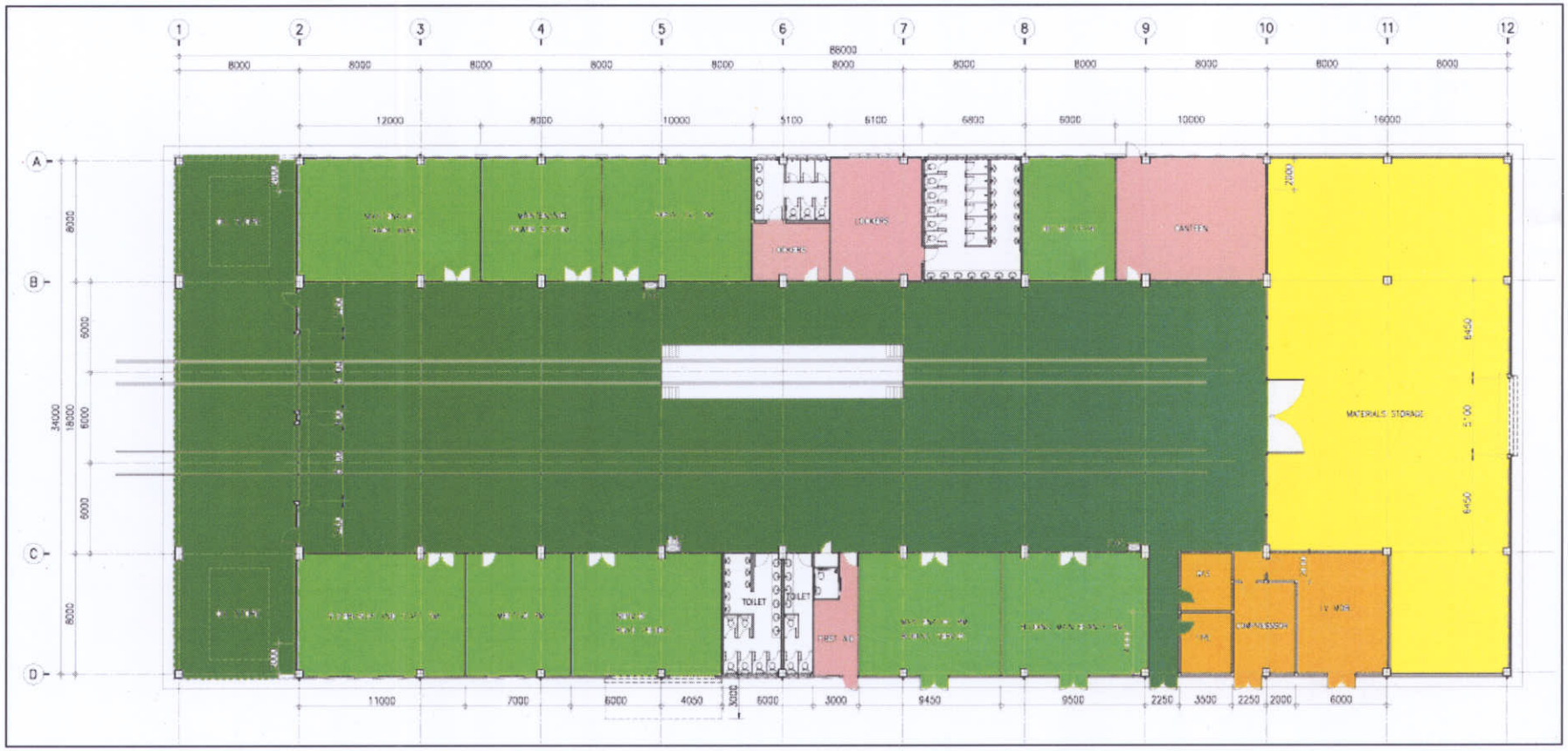


รูปที่ 6.9-16 แสดงรูปด้านข้างขวา อาคารซ่อมบำรุงหลัก

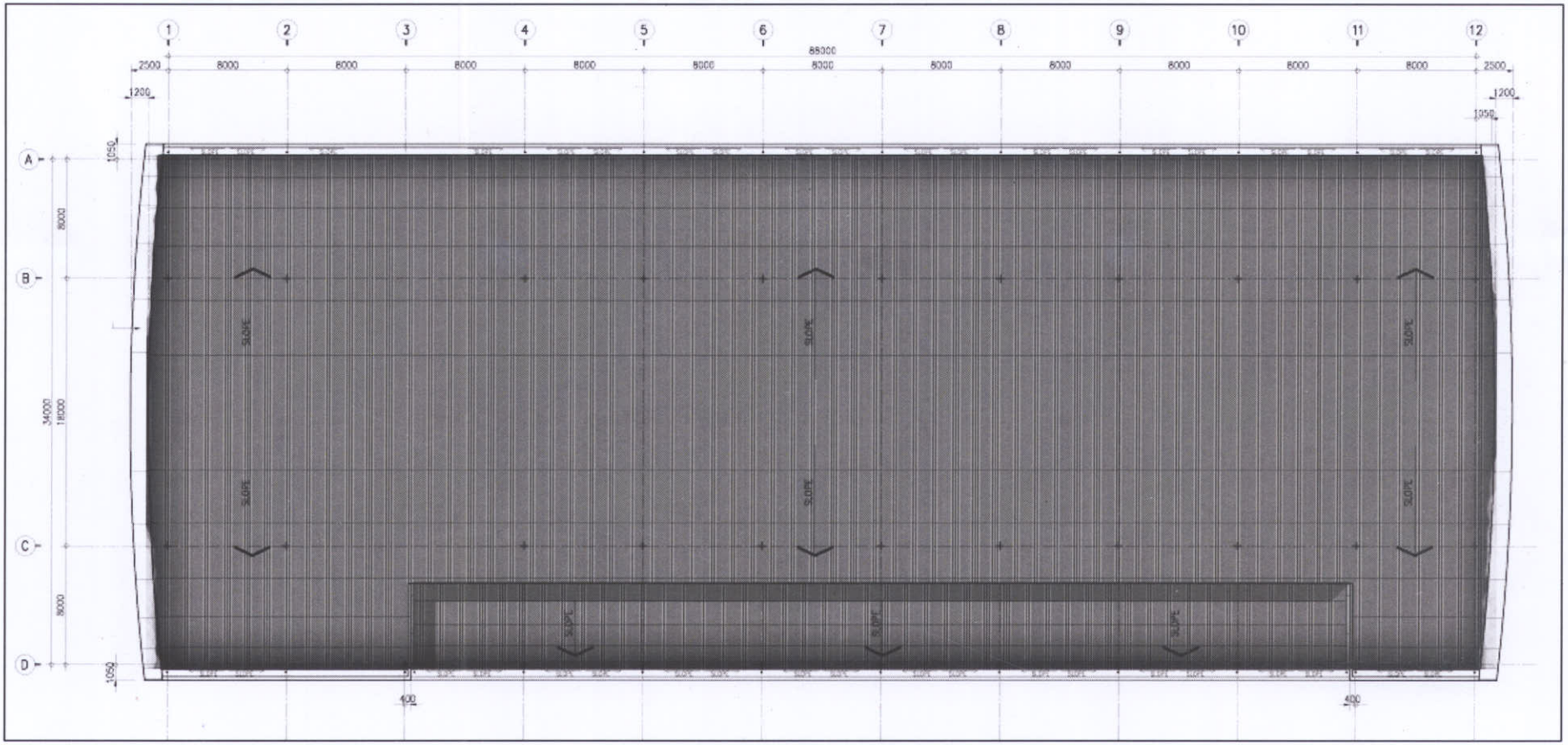


รูปที่ 6.9-17 แสดงรูปด้านหลัง อาคารซ่อมบำรุงหลัก

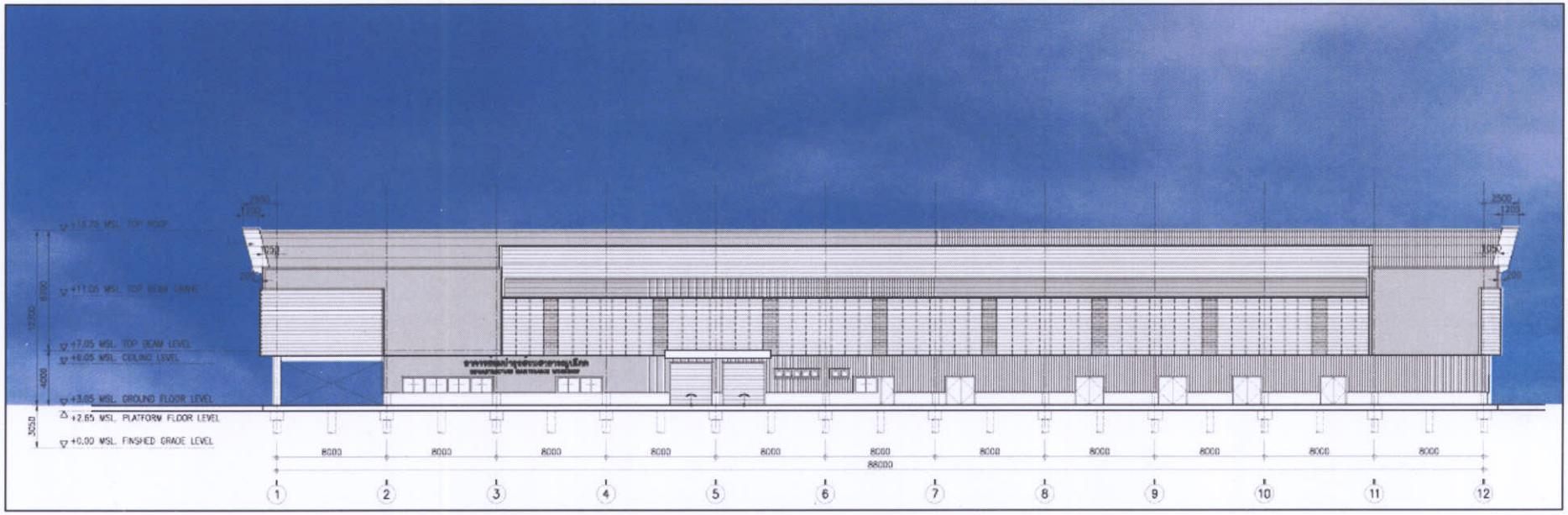
3. Infrastructure Maintenance Workshop



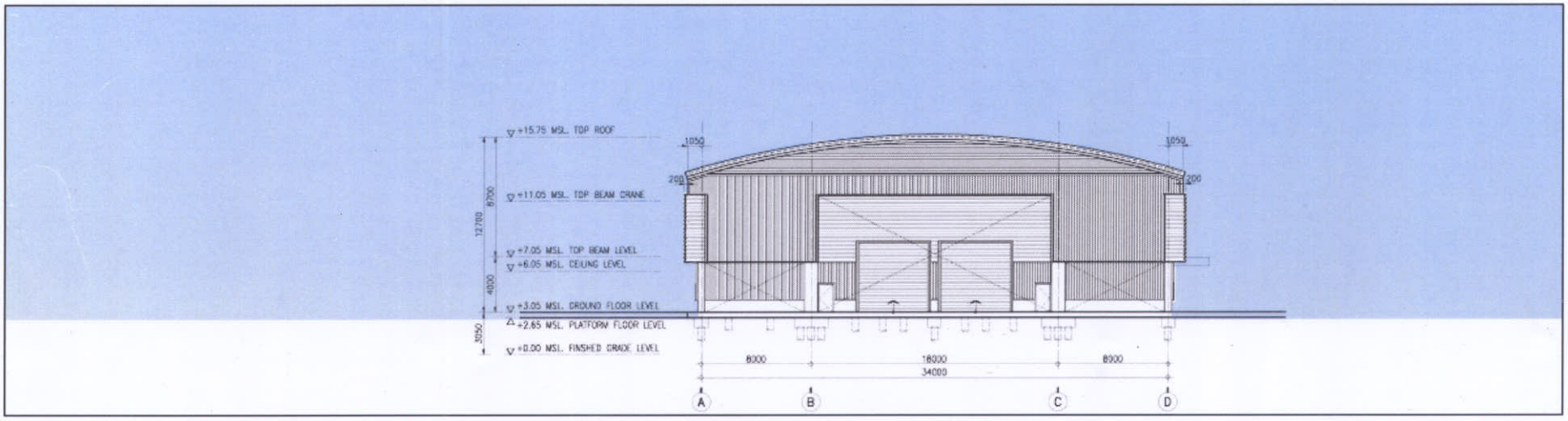
รูปที่ 6.9-18 แสดงแบบแปลนชั้นล่าง อาคารซ่อมบำรุง



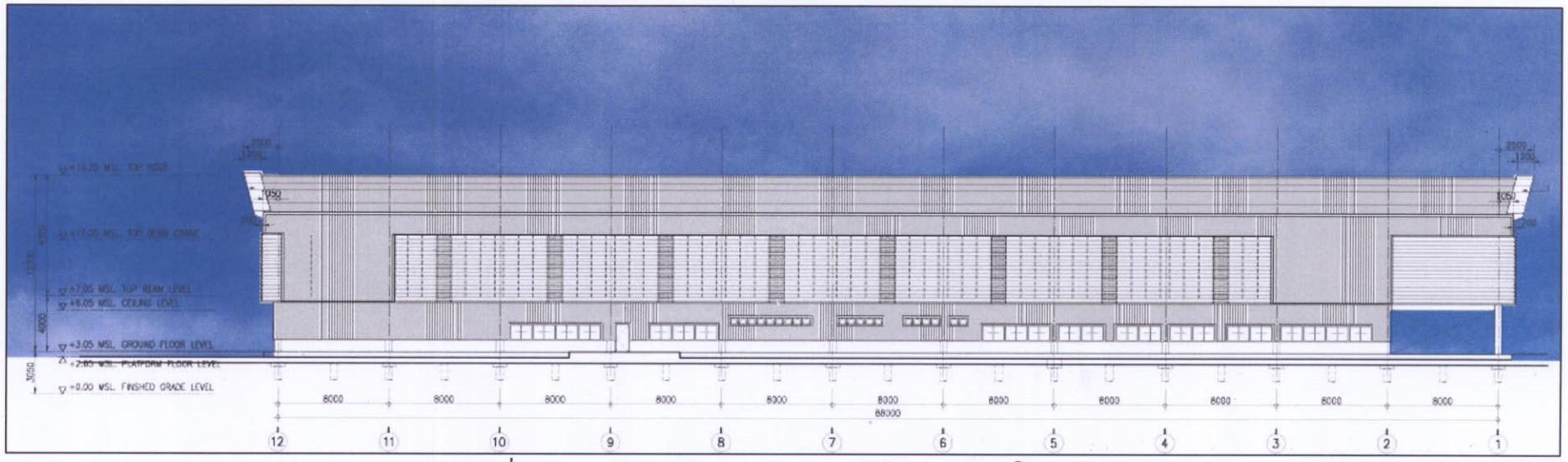
รูปที่ 6.9-19 แสดงแบบแปลนหลังคา อาคารซ่อมบำรุงสาธารณูปโภคหลัก



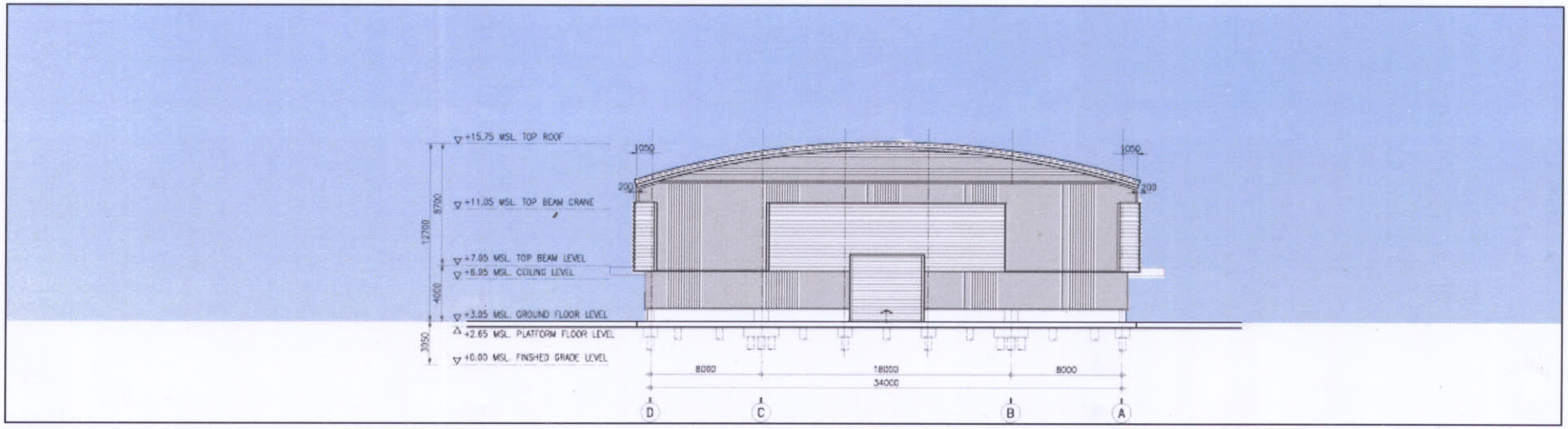
รูปที่ 6.9-20 แสดงรูปด้านข้างซ้าย อาคารซ่อมบำรุงสาธารณูปโภคหลัก



รูปที่ 6.9-21 แสดงรูปด้านหน้า อาคารซ่อมบำรุงสาธารณูปโภคหลัก

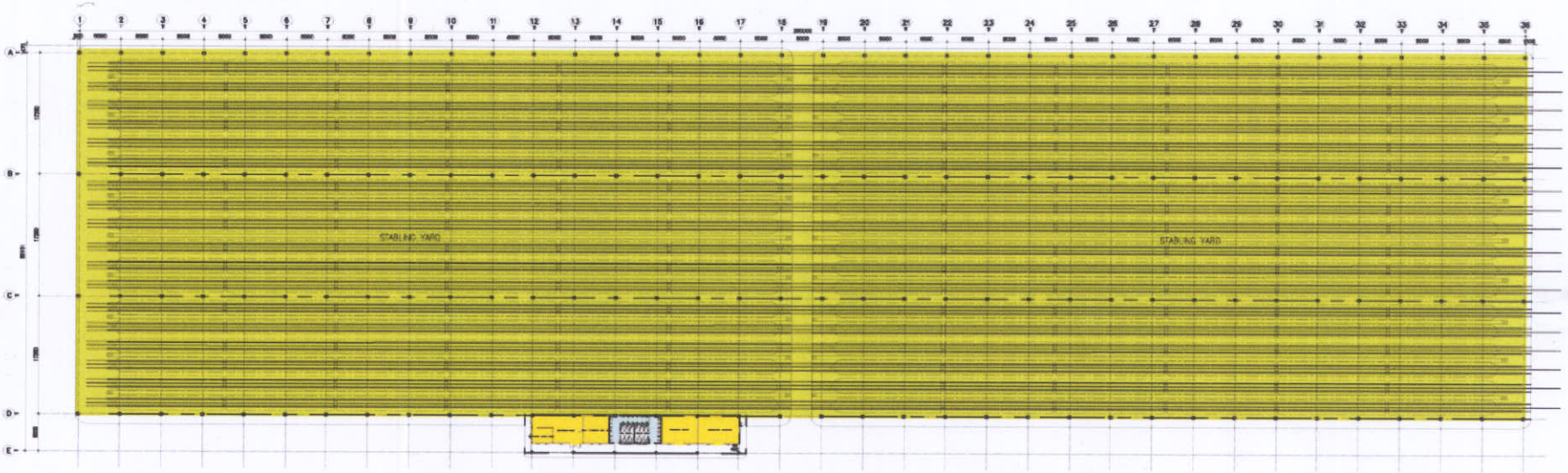


รูปที่ 6.9-22 แสดงรูปด้านข้างขวา อาคารซ่อมบำรุงสาธารณูปโภคหลัก

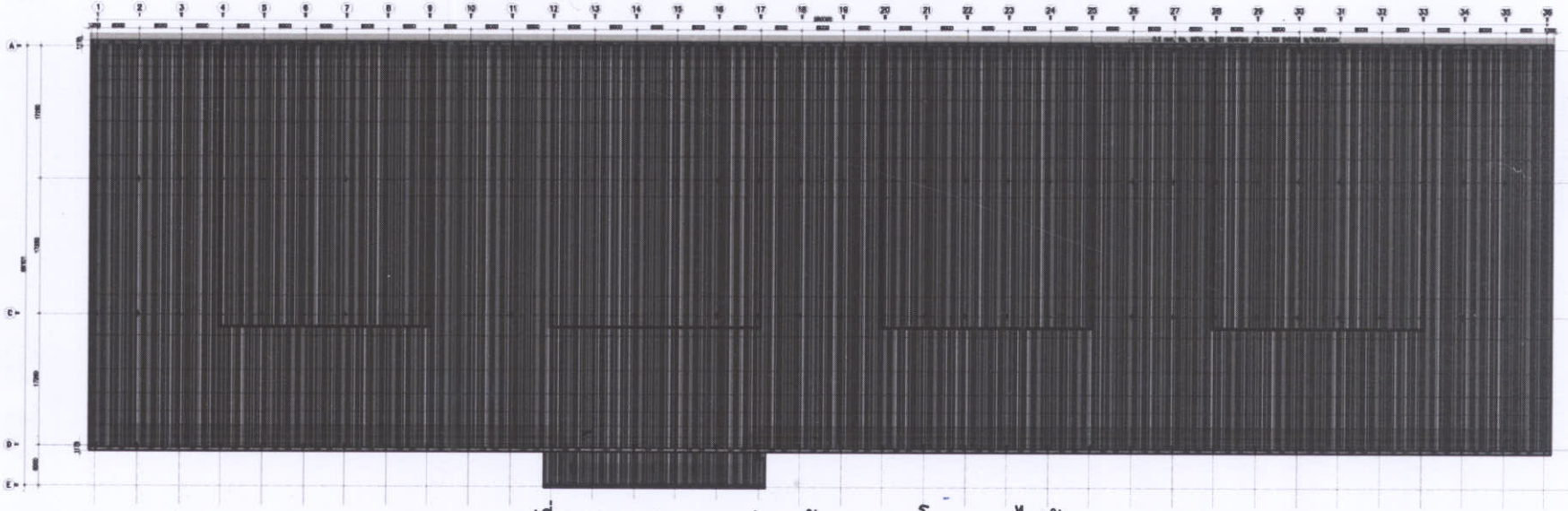


รูปที่ 6.9-23 แสดงรูปด้านหลัง อาคารซ่อมบำรุงสาธารณูปโภคหลัก

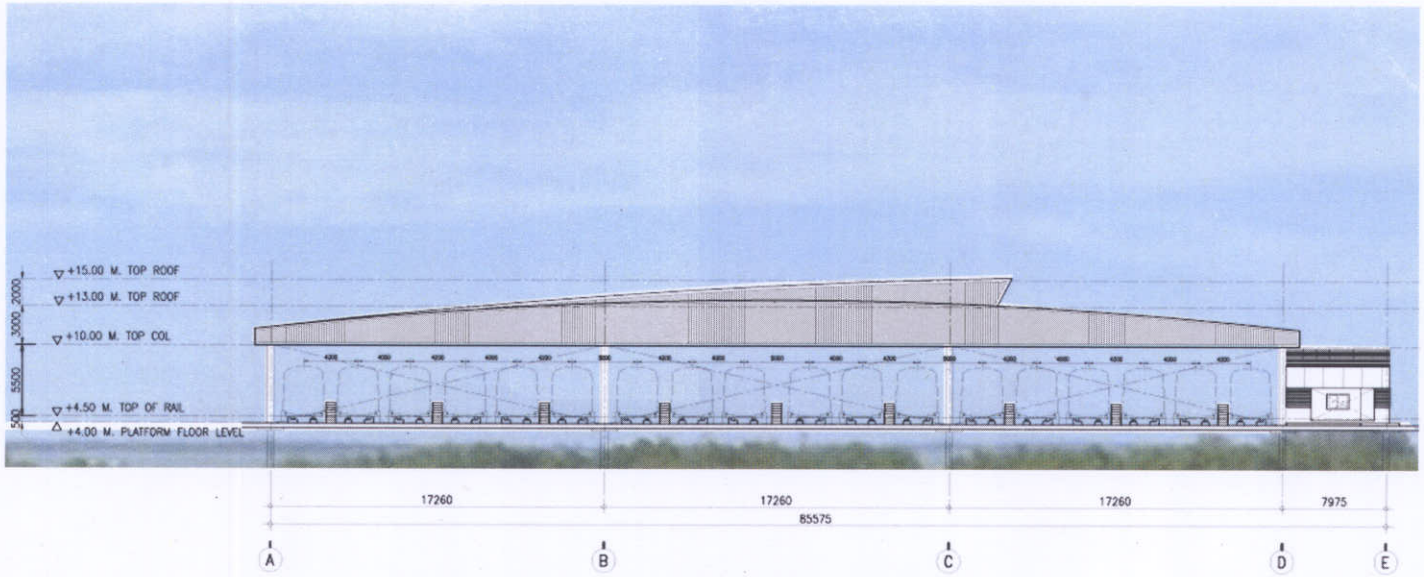
4. Stabling Building



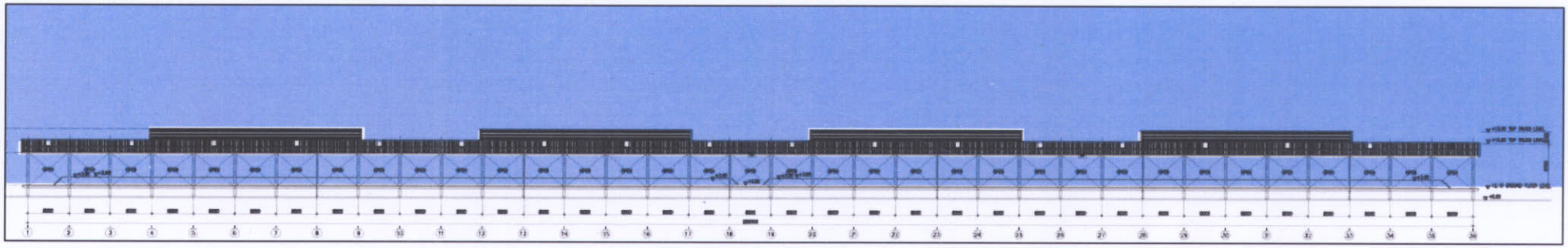
รูปที่ 6.9-24 แสดงแบบแปลนชั้นล่าง อาคารโรงจอดรถไฟฟ้า



รูปที่ 6.9-25 แสดงแบบแปลนหลังคา อาคารโรงจอดรถไฟฟ้า

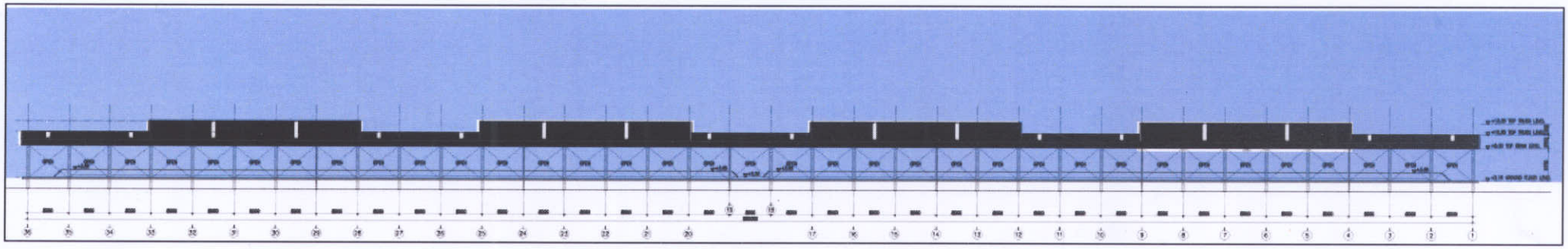


รูปที่ 6.9-26 แสดงรูปด้านหน้า อาคารโรงจอดรถไฟฟ้า



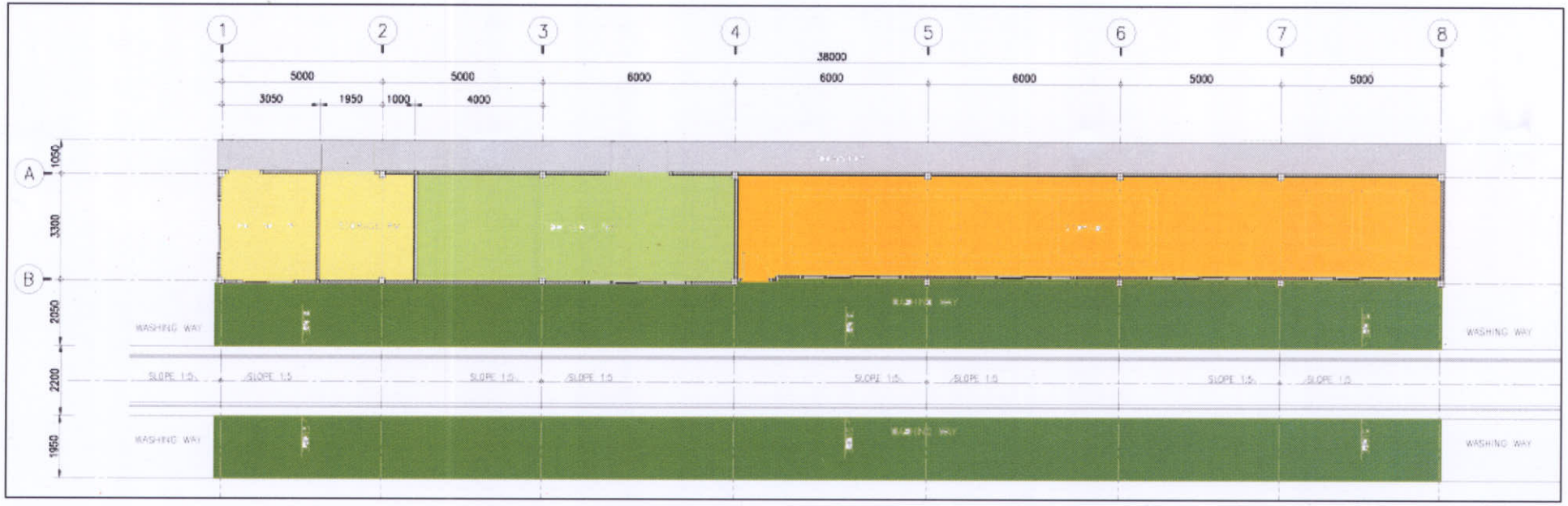
รูปที่ 6.9-27 แสดงรูปด้านข้างขวาอาคารโรงจอดรถไฟฟ้า

รูปที่ 6.9-28 แสดงรูปด้านหลัง อาคารโรงจอดรถไฟฟ้า

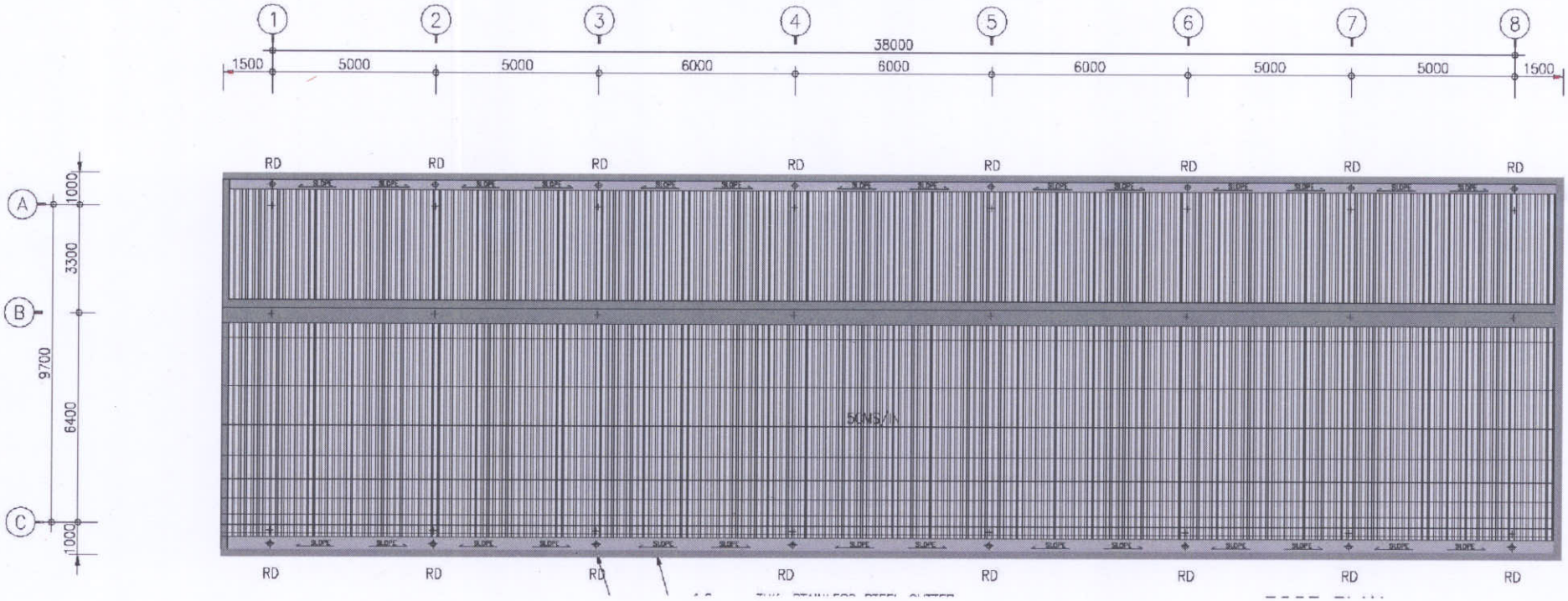


รูปที่ 6.9-29 แสดงรูปด้านข้างซ้าย อาคารโรงจอดรถไฟฟ้า

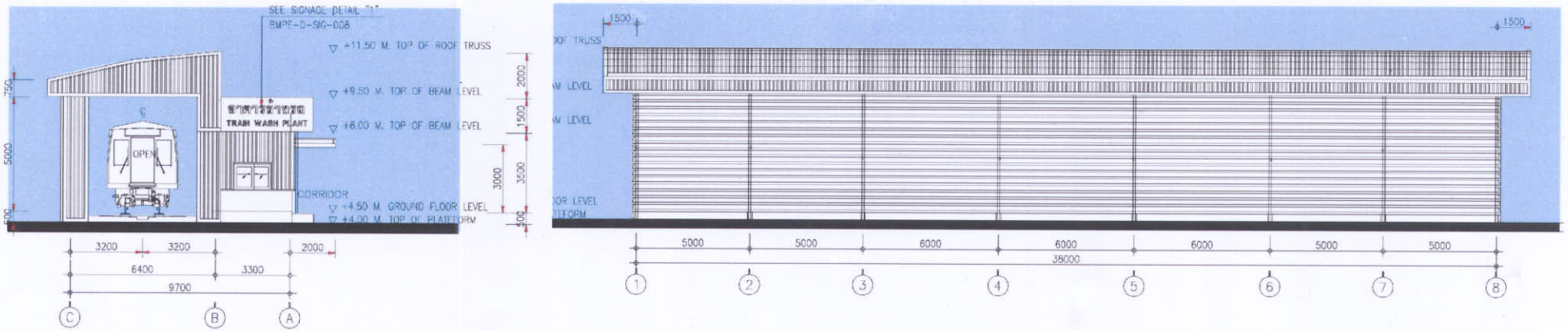
5. Train Wash Plant



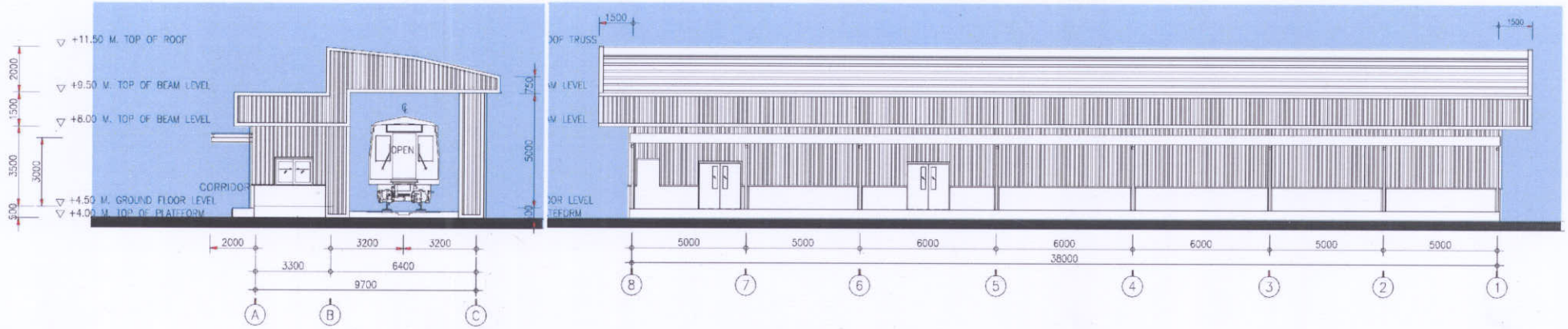
รูปที่ 6.9-30 แสดงแบบแปลนชั้นล่าง อาคารล้างรถ



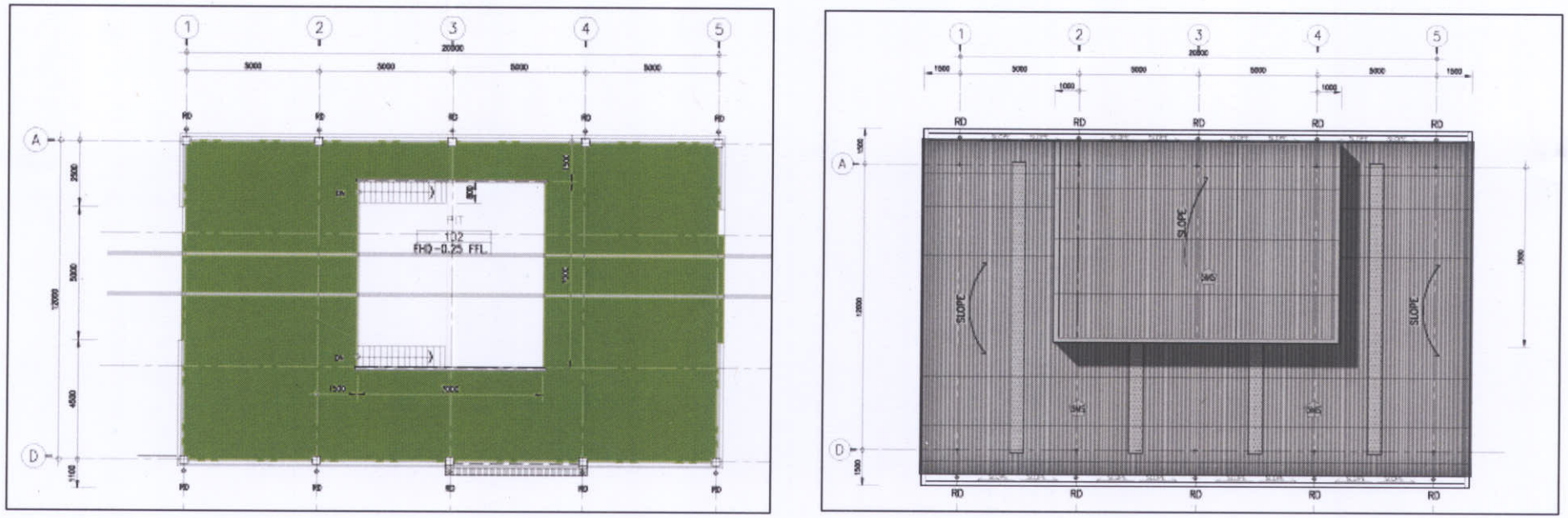
รูปที่ 6.9-31 แสดงแบบแปลนหลังคา อาคารล้างรถ



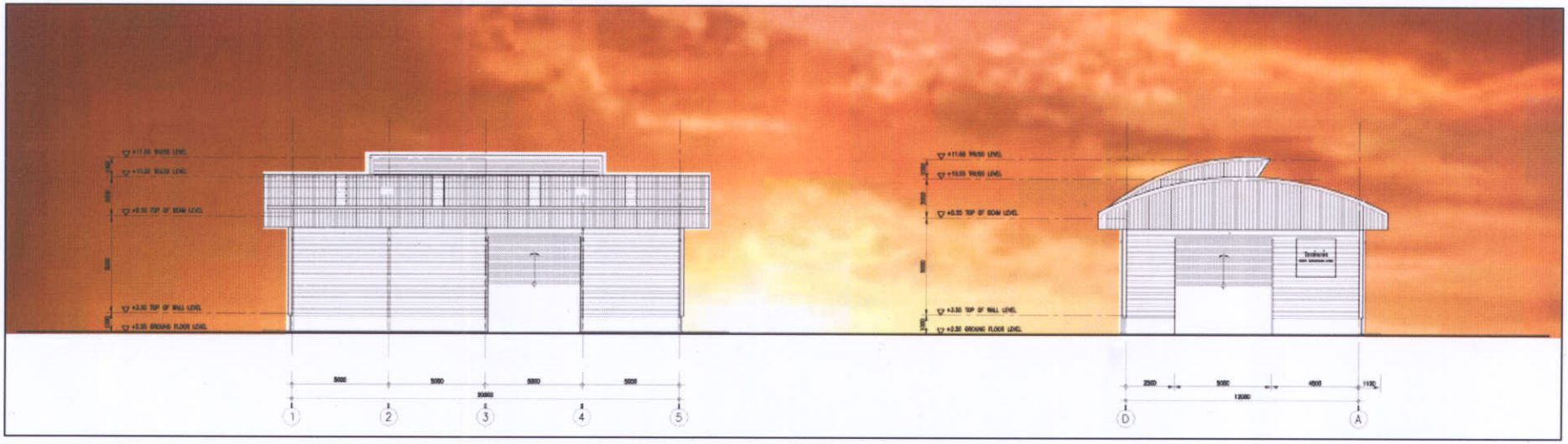
รูปที่ 6.9-32 แสดงรูปด้านหน้าและด้านซ้าย อาคารล้างรถ



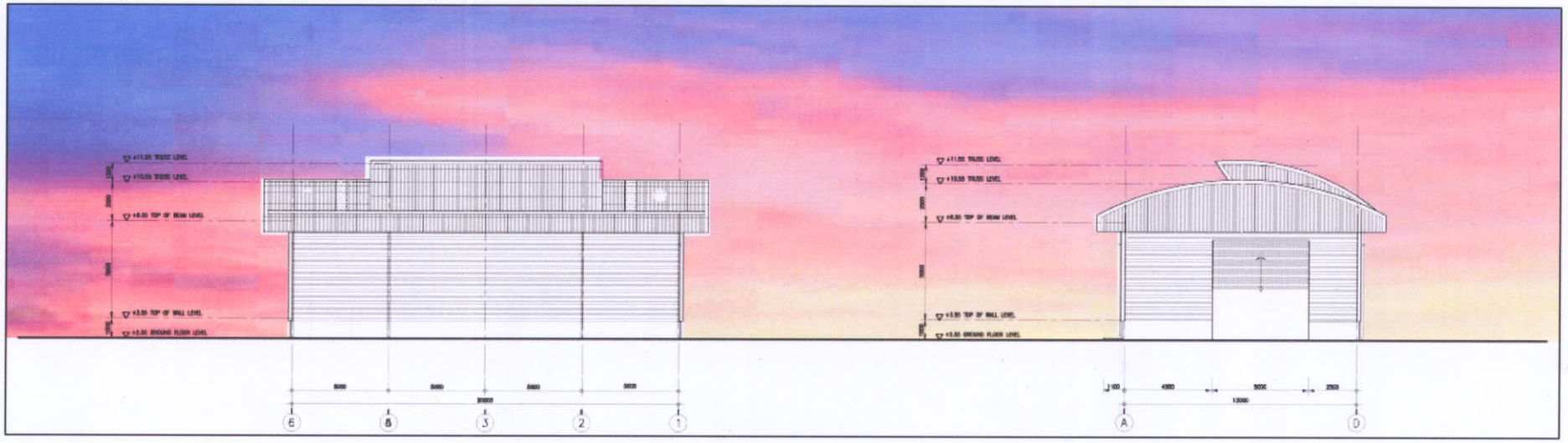
รูปที่ 6.9-33 แสดงรูปด้านหลังและด้านขวา อาคารล้างรถ



รูปที่ 6.9-34 แสดงแบบแปลน อาคารซ่อมซุ้มล้อ

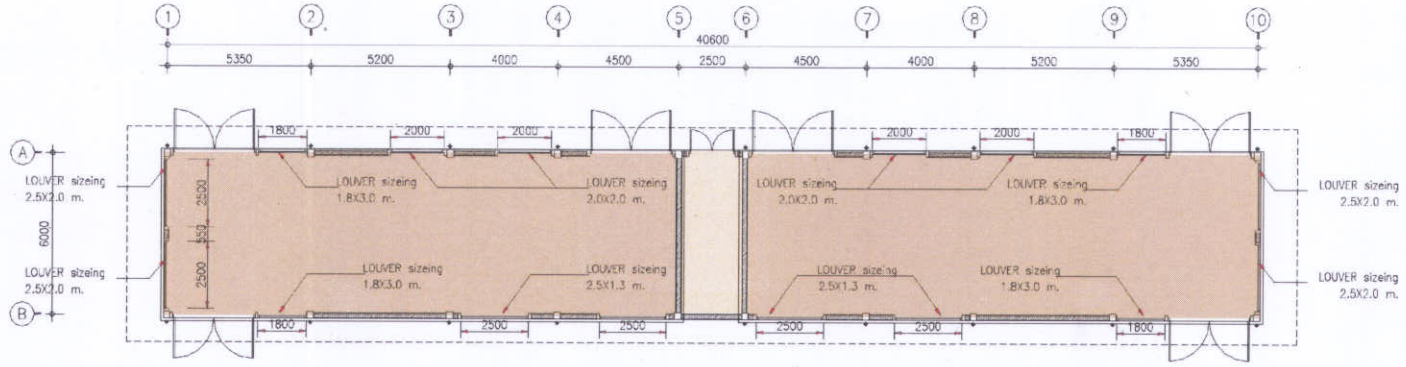


รูปที่ 6.9-35 แสดงรูปด้านหน้าและด้านข้างขวา อาคารซ่อมซุ้มล้อ

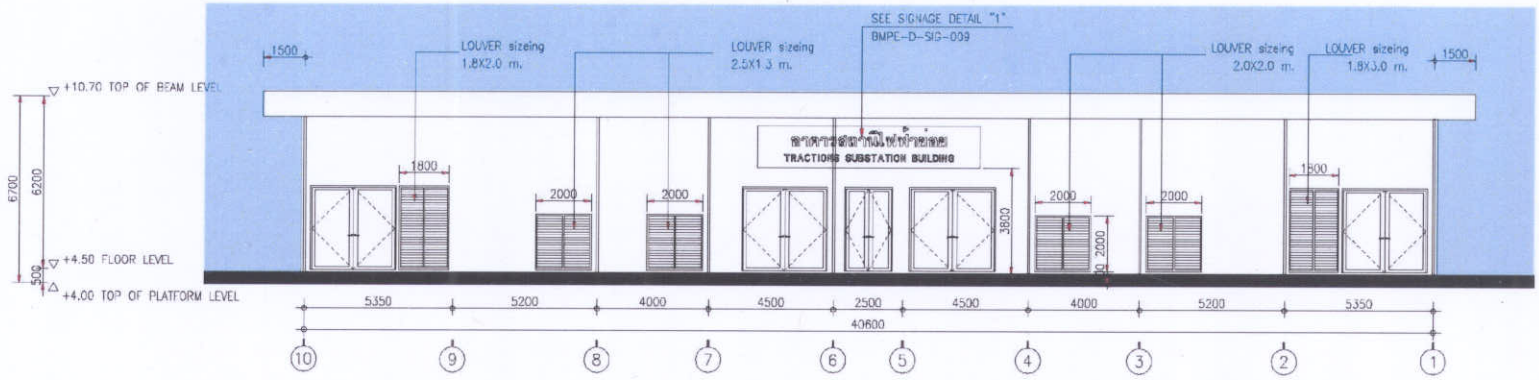


รูปที่ 6.9-36 แสดงรูปด้านหลังและด้านซ้าย อาคารซ่อมซุ้มล้อ

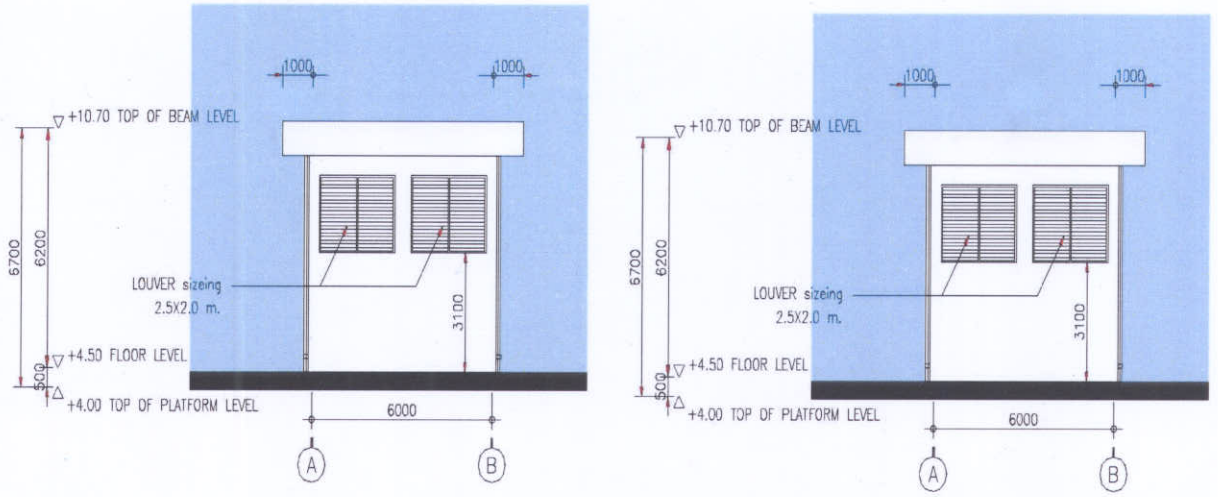
6. Traction Substation Building



รูปที่ 6.9-37 แสดงแบบแปลน อาคารสถานีไฟฟ้าย่อย

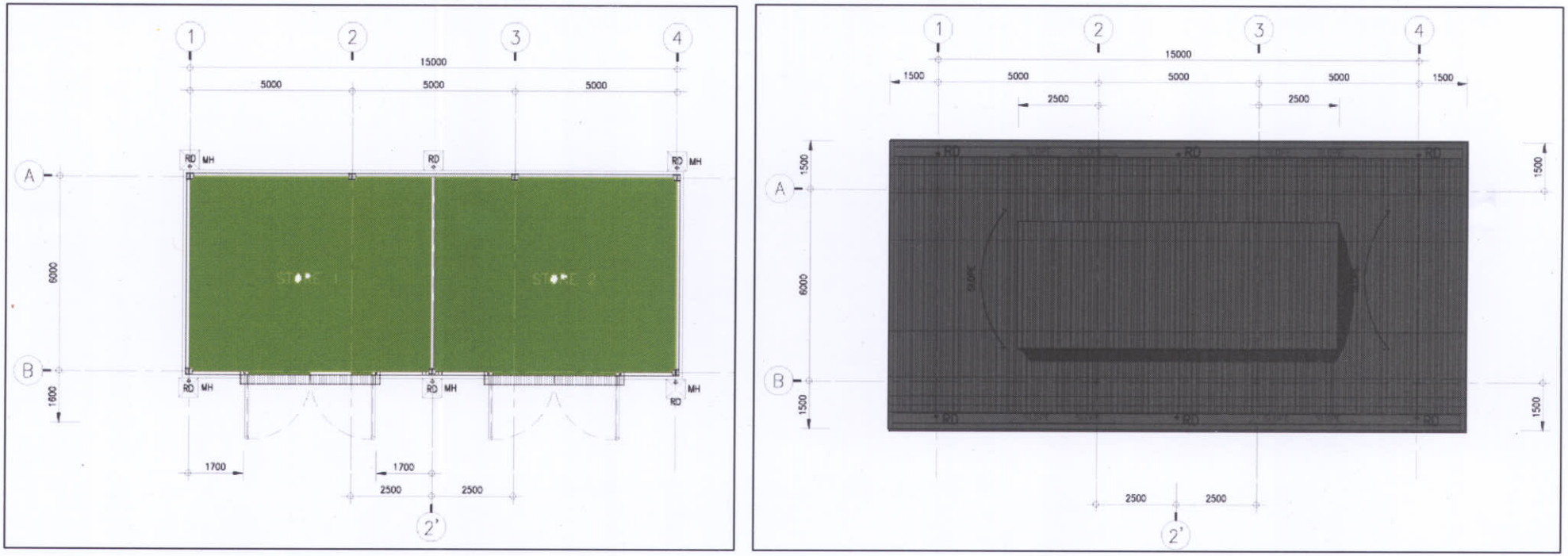


รูปที่ 6.9-38 แสดงรูปด้านหน้า อาคารสถานีไฟฟ้าย่อย

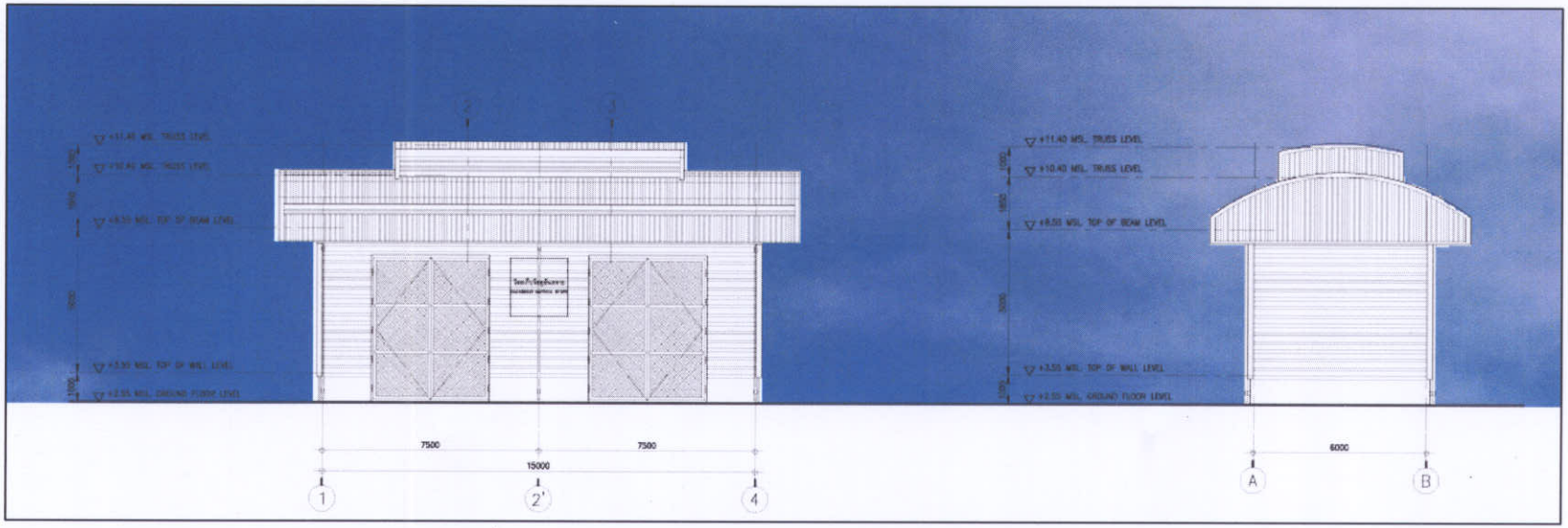


รูปที่ 6.9-39 แสดงรูปด้านข้าง อาคารสถานีไฟฟ้าย่อย

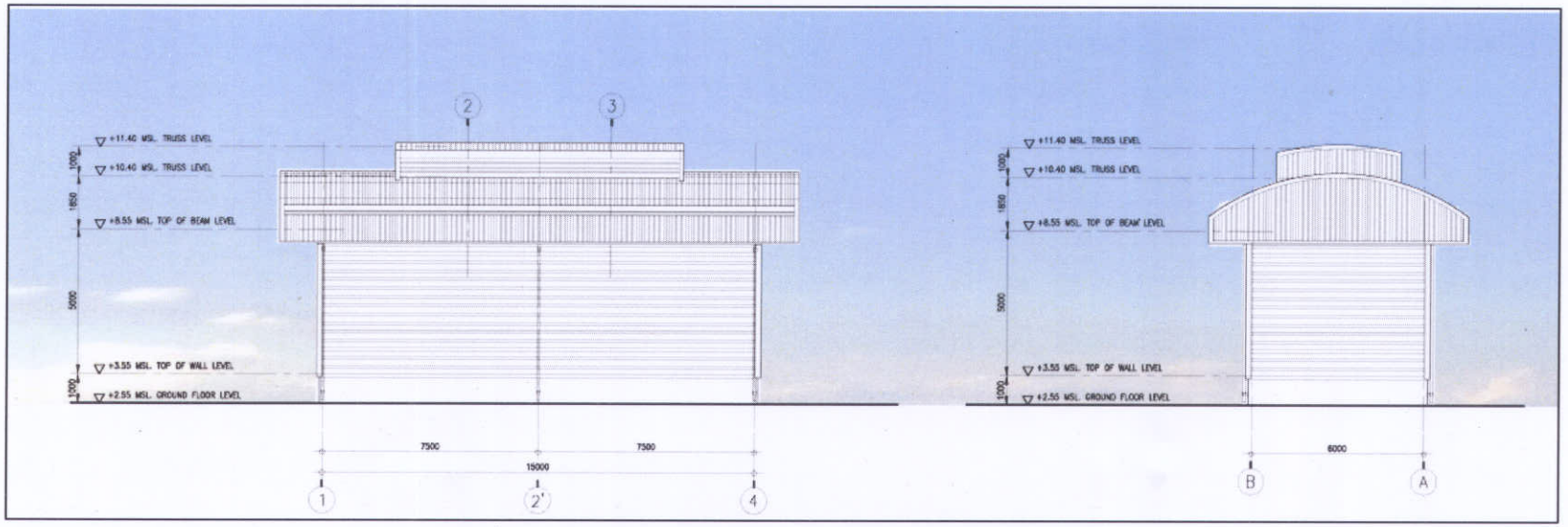
7. Hazardous Material Store



รูปที่ 6.9-40 แสดงแบบแปลน โรงเก็บวัตถุเคมี

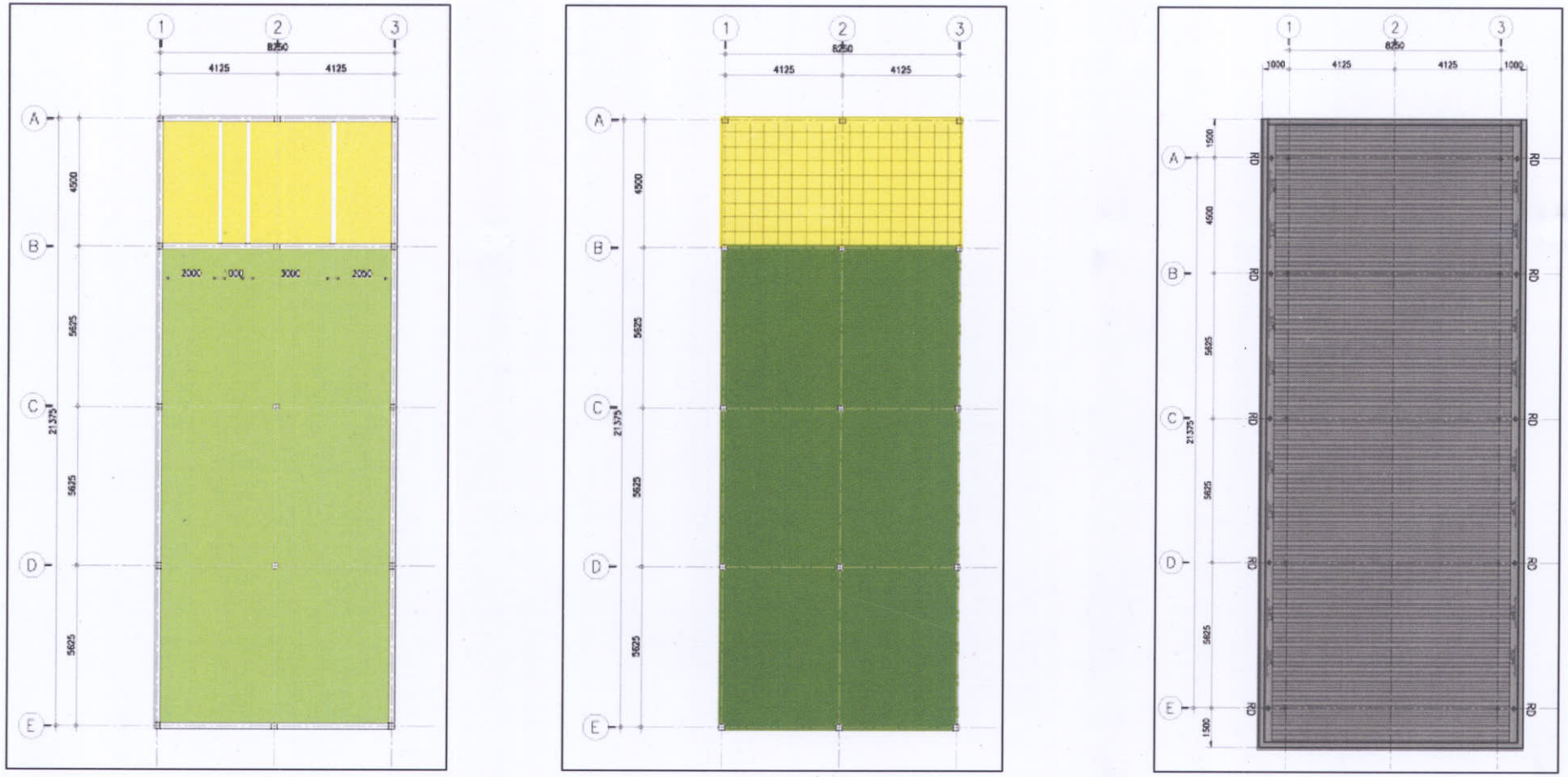


รูปที่ 6.9-41 แสดงรูปด้านหน้าและด้านข้างซ้าย โรงเก็บวัตถุเคมี

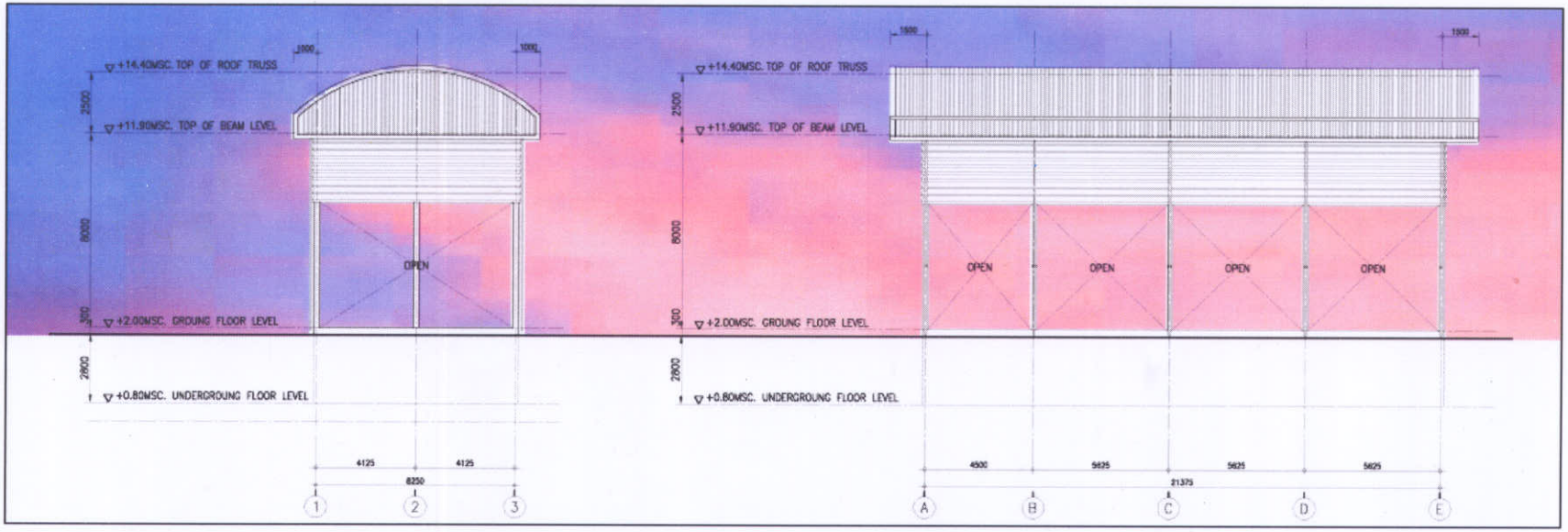


รูปที่ 6.9-42 แสดงรูปด้านหลังและด้านข้างขวา โรงเก็บวัตถุเคมี

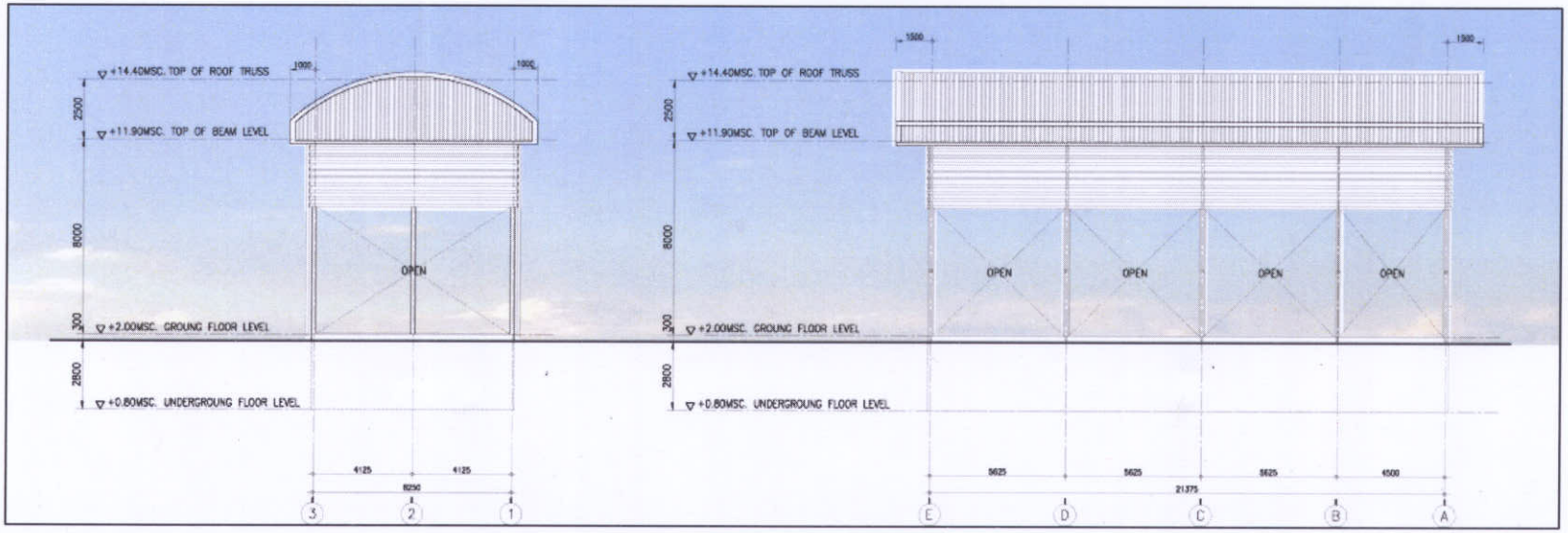
8. Waste Water Treatment Plant



รูปที่ 6.9-43 แสดงแบบแปลน โรงบำบัดน้ำเสีย

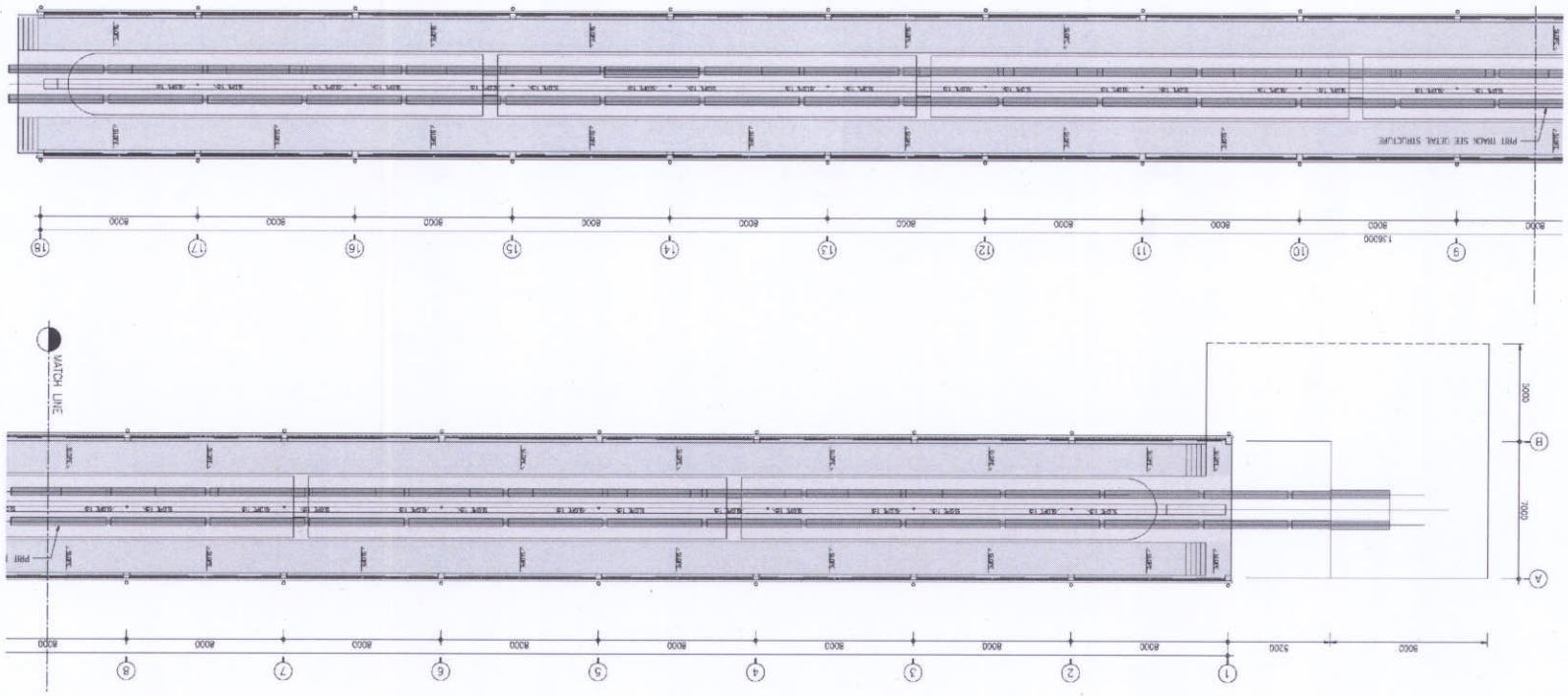


รูปที่ 6.9-44 แสดงรูปด้านหน้าและด้านซ้าย โรงบำบัดน้ำเสีย

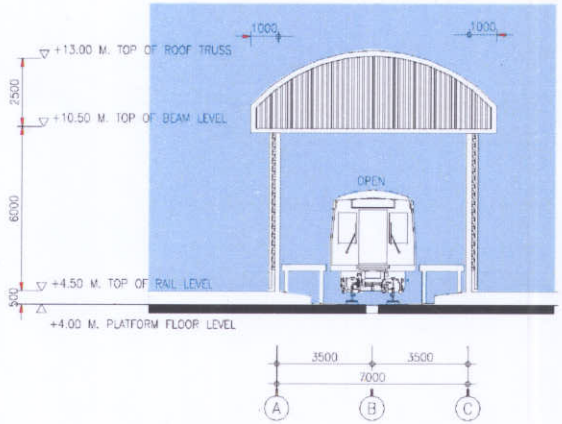


รูปที่ 6.9-45 แสดงรูปด้านหลังและด้านขวา โรงบำบัดน้ำเสีย

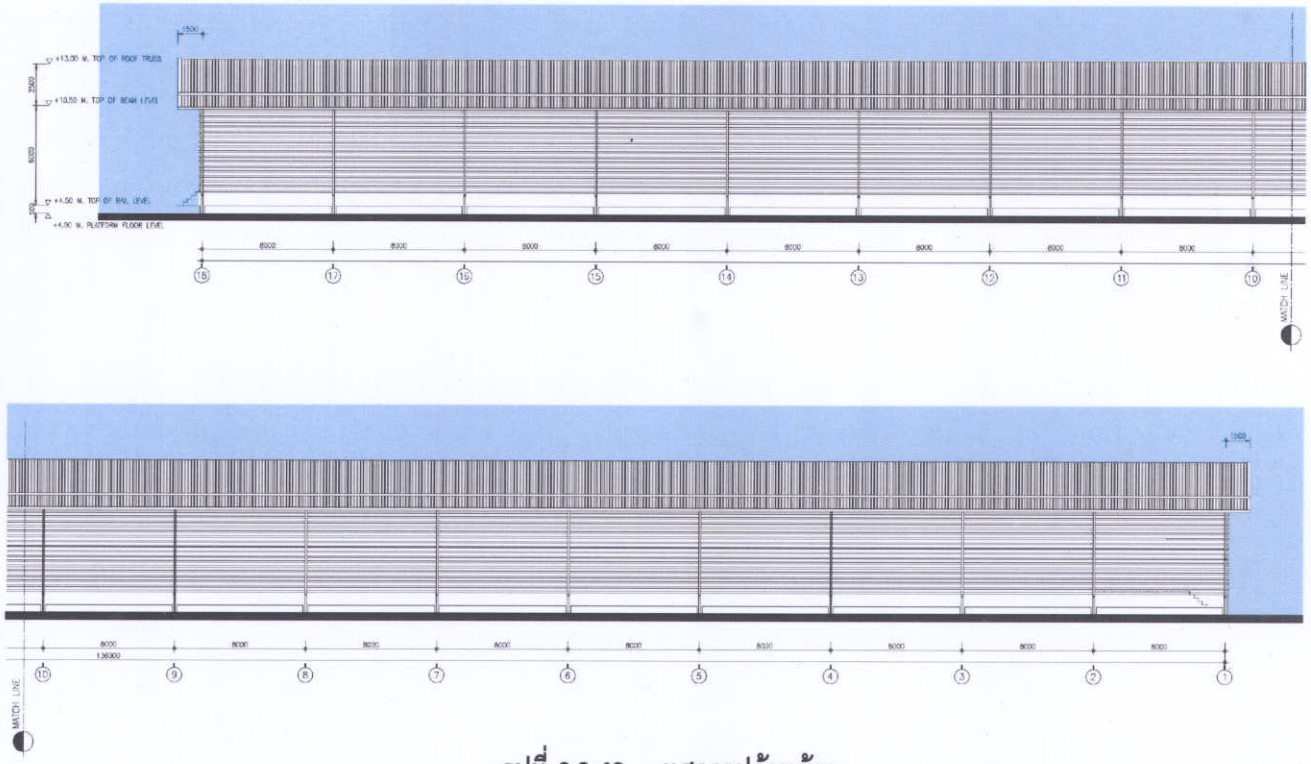
9. Manual Wash Plant



รูปที่ 6.9-46 แสดงแบบแปลนโรงล้าง

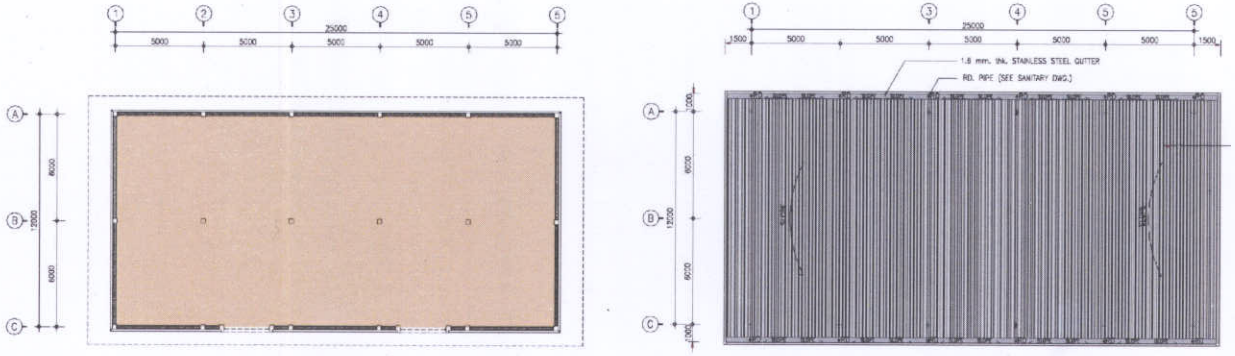


รูปที่ 6.9-47 แสดงรูปด้านหน้าอาคาร

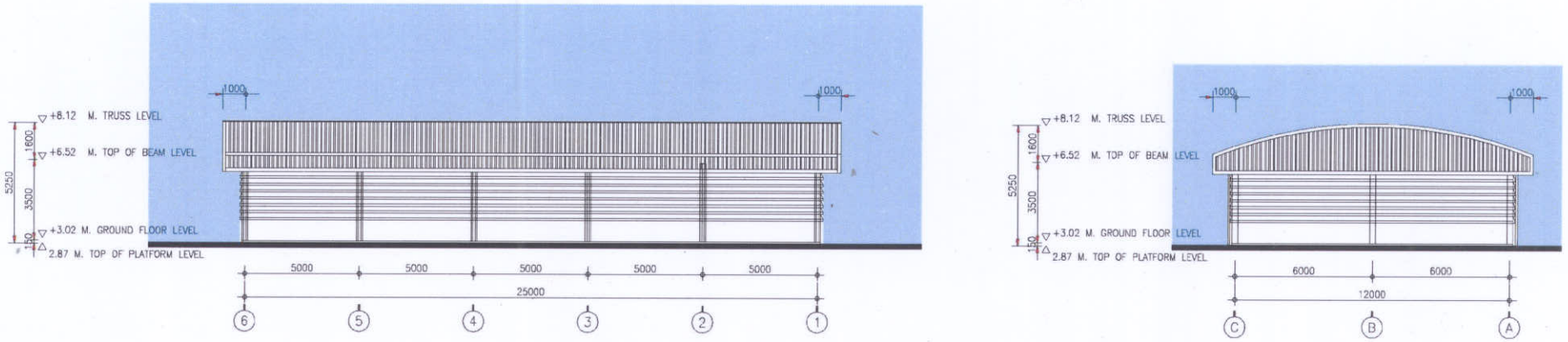


รูปที่ 6.9-48 แสดงรูปด้านข้าง

10. Chiller Plant

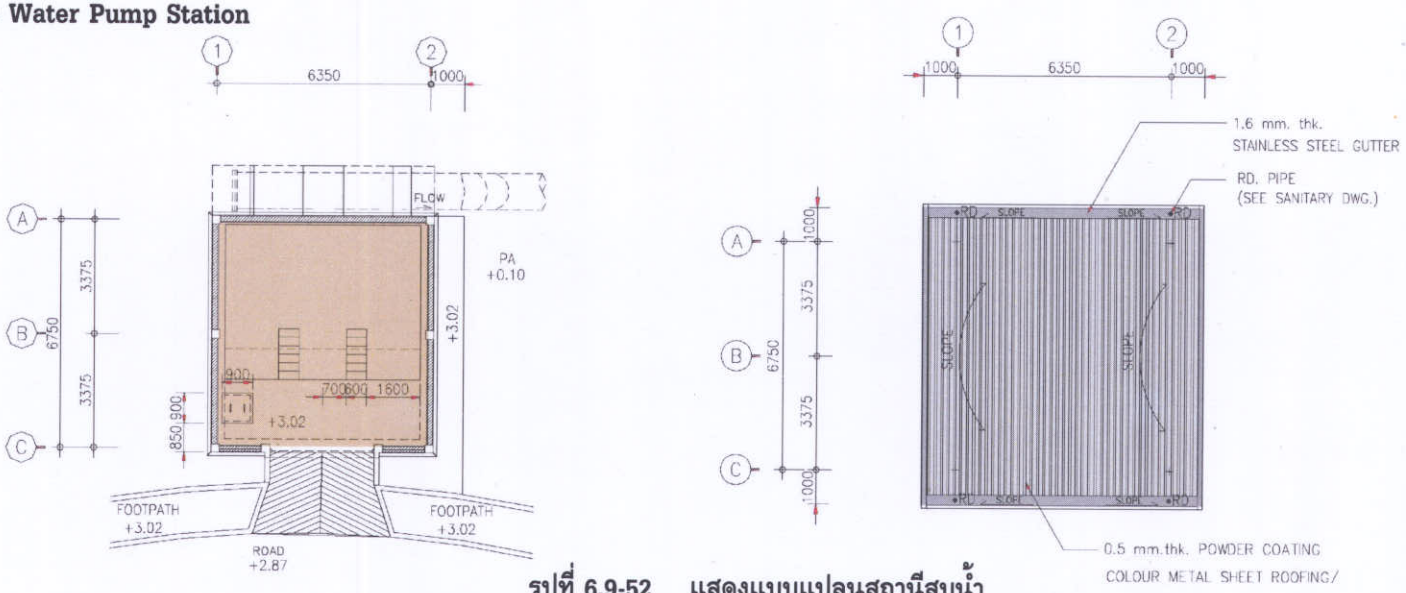


รูปที่ 6.9-49 แสดงแบบแปลนอาคาร

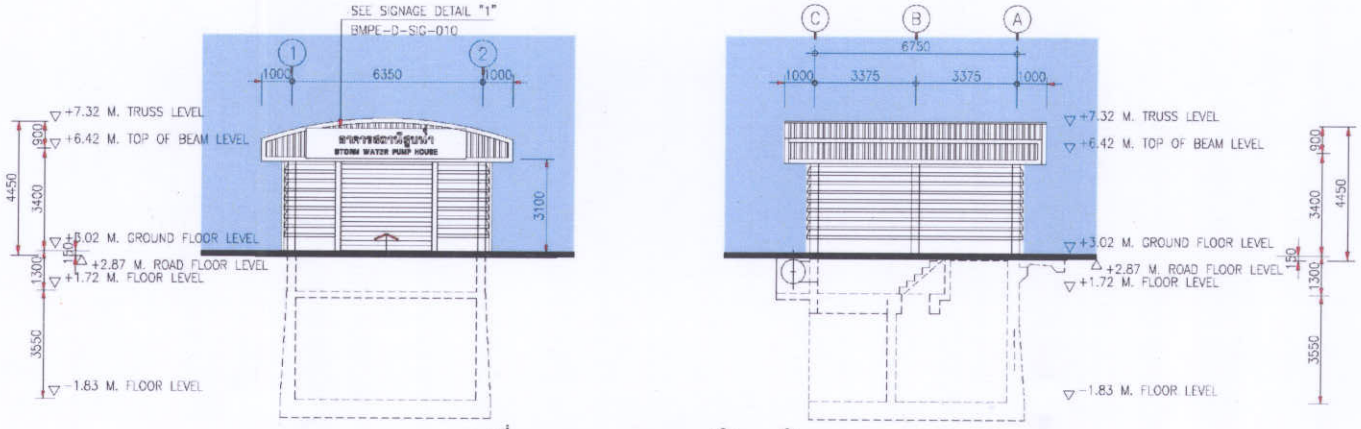


รูปที่ 6.9-50 แสดงรูปด้านหน้าอาคาร

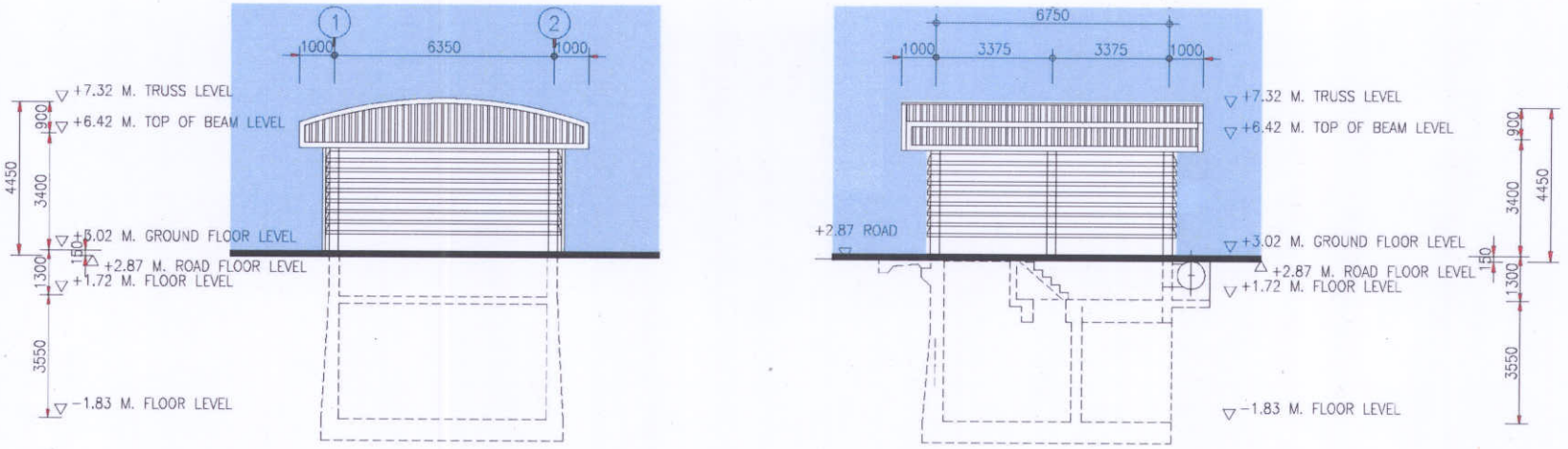
11. Storm Water Pump Station



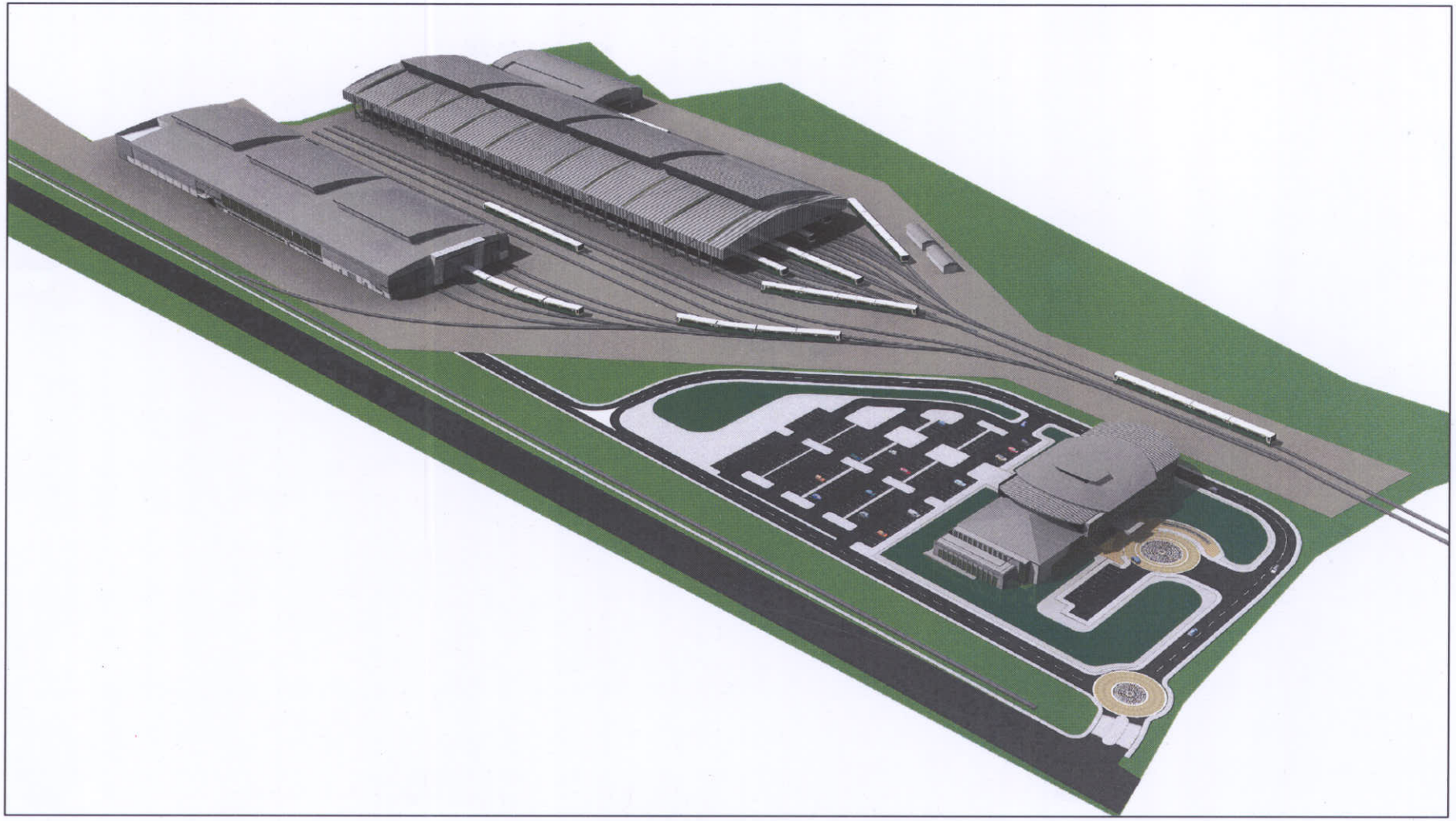
รูปที่ 6.9-52 แสดงแบบแปลนสถานีสูบน้ำ



รูปที่ 6.9-53 แสดงรูปด้านหน้าอาคาร



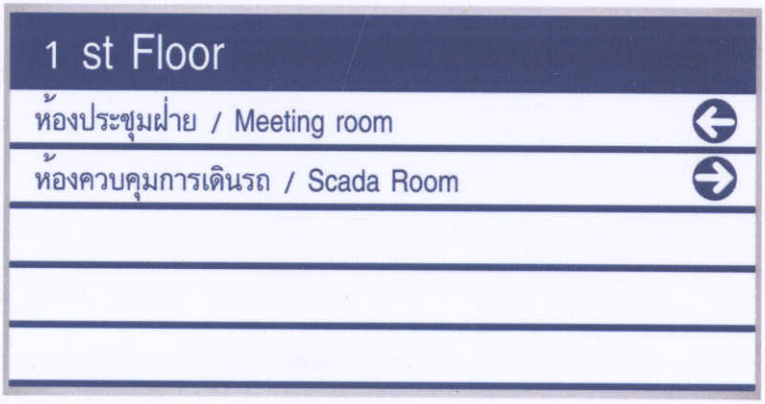
รูปที่ 6.9-54 แสดงรูปด้านข้าง



รูปที่ 6.9-55 แสดงภาพทัศนียภาพโครงการศูนย์ซ่อมฯ

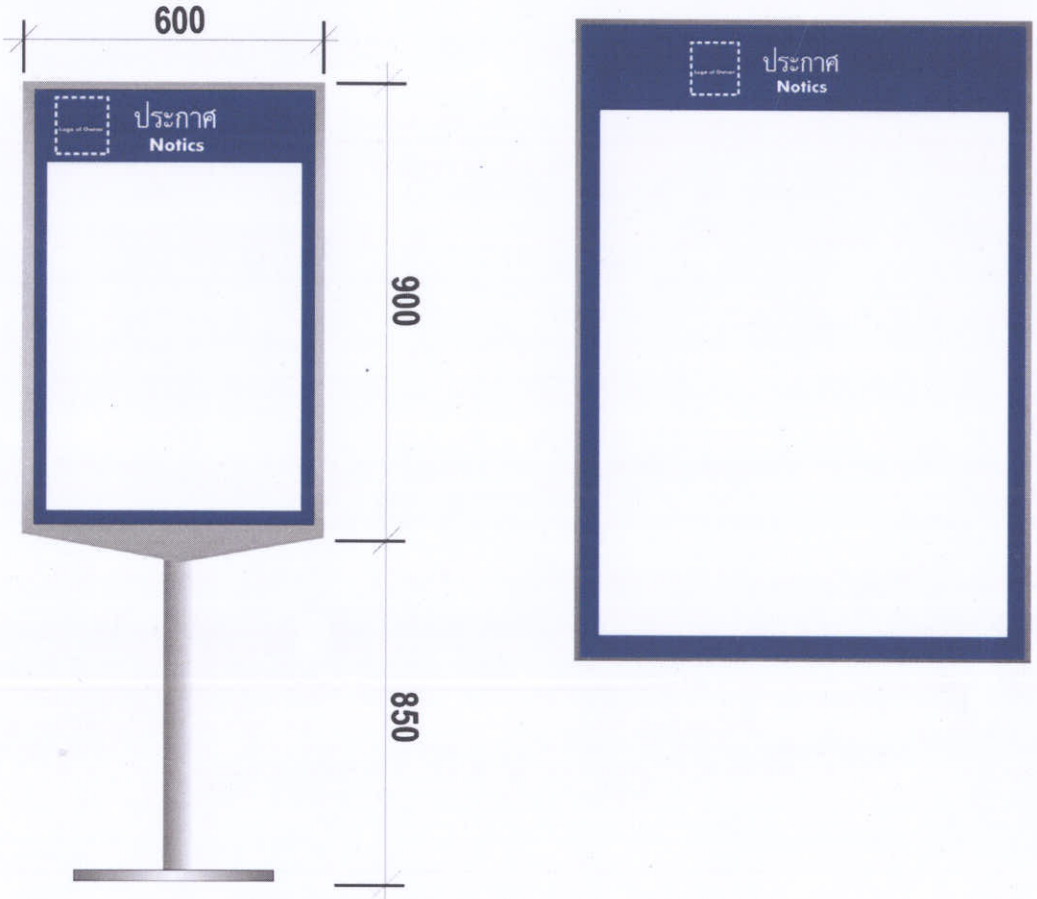
ป้ายชื่อห้องและป้ายทิศทาง

• **แนวคิดการเลือกใช้วัสดุ** - กรอบสแตนเลส (โดยใช้กับแบบแผ่นป้าย) - แผ่นป้ายใช้ Laminate - ตัวอักษรและสัญลักษณ์แบบลอยใช้สแตลเลส อบสี - ตัวอักษรและสัญลักษณ์ ใช้สติกเกอร์อย่างดี	• **แนวคิดการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง** - บริเวณหน้าห้องต่าง ๆ - บริเวณทางเดิน	• **แนวคิดการเลือกวิธีการติดตั้ง** - ใช้แบบยึดกับผนังอาคาร - ใช้แบบแขวนกับฝ้าเพดานอาคาร



ป้ายประชาสัมพันธ์

● **แนวคิดการเลือกใช้วัสดุ** - กรอบอลูมิเนียม และกรอบสแตนเลส สีกำหนดภายหลัง - ขาตั้งใช้เสาแบบขาเหล็กสแตนเลส - ตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สติกเกอร์อย่างดี	● **แนวคิดการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง** - บริเวณส่วนสาธารณะของอาคาร - บริเวณหน้าห้องต่างๆ - บริเวณทางเข้า – ออก	● **แนวคิดการเลือกวิธีการติดตั้ง** - วางบนพื้นสถานี - ยึดติดกับผนังอาคาร



ป้ายเตือนและป้ายห้าม

• **แนวคิดการเลือกใช้วัสดุ** - แผ่นป้าย Colour Acrylic - แผ่นป้าย Laminate - แผ่นป้าย Aluminums - ตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สติกเกอร์อย่างดี - ตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สีน้ำมัน	• **แนวคิดการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง** - บริเวณภายใน Workshop - บริเวณภายในอาคารศูนย์ควบคุม - บริเวณห้องต่าง ๆ ตามการใช้งานจำเพาะ	• **แนวคิดการเลือกวิธีการติดตั้ง** - ยึดติดกับผนังสถานี - แบบแขวนกับฝ้าเพดาน

Plate Size: 200 x 300

Plate Size: 200 x 300

Plate Size: 200 x 300

Plate Size: 200 x 300

Plate Size: 100 x 120

Plate Size: 450 x 600

Plate Size: 300 x 450

Plate Size: 400 x 800

ป้ายความปลอดภัย

• **แนวคิดเบื้องต้นในการเลือกใช้วัสดุ** - แผ่นป้าย Laminate - แผ่นป้าย Aluminums - ตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สติกเกอร์อย่างดี - ตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สีน้ำมัน	• **แนวคิดเบื้องต้นในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง** - บริเวณภายใน Workshop - บริเวณภายในอาคารศูนย์ควบคุม - บริเวณห้องต่าง ๆ ตามการใช้งานจำเพาะ	• **แนวคิดเบื้องต้นในการเลือกวิธีการติดตั้ง** - ยึดติดกับผนังสถานี - แบบแขวนกับฝ้าเพดาน

Plate Size: 300 x 450

Plate Size: 300 x 450

Plate Size: 300 x 450

Plate Size: 150 x 400

Plate Size: 150 x 400

Plate Size: 120 x 250

Plate Size: 300 x 900

ป้ายบังคับ

• **แนวคิดเบื้องต้นในการเลือกใช้วัสดุ** - แผ่นป้าย Laminate - แผ่นป้าย Aluminums - ตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สติกเกอร์อย่างดี - ตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สีน้ำมัน	• **แนวคิดเบื้องต้นในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง** - บริเวณภายใน Workshop - บริเวณภายในอาคารศูนย์ควบคุม - บริเวณห้องต่าง ๆ ตามการใช้งานจำเพาะ	• **แนวคิดเบื้องต้นในการเลือกวิธีการติดตั้ง** - ยึดติดกับผนังสถานี - แบบแขวนกับฝ้าเพดาน

Plate Size: 300 x 450

Plate Size: 300 x 450

Plate Size: 300 x 450

Plate Size: 300 x 450

Plate Size: 300 x 450

Plate Size: 300 x 450

ป้ายฉุกเฉิน

• **แนวคิดเบื้องต้นในการเลือกใช้วัสดุ** - กรอบอลูมิเนียม สีกำหนดภายหลัง - แผ่นป้าย Colour Acrylic มีตั้งแบบภายใน กล่องซ่อนไฟ Fluorescent และแบบใช้แผ่นนำแสง - ตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สติกเกอร์อย่างดี	• **แนวคิดเบื้องต้นในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง** - บริเวณบันได – บันไดหนีไฟ - บริเวณทางเดินทั่วไป - บริเวณทางออก	• **แนวคิดเบื้องต้นในการเลือกวิธีการติดตั้ง** - แบบยึดกับผนังอาคาร - แบบแขวนกับฝ้าเพดานอาคาร

Plate Size: 200 x 500

Plate Size: 330 x 1250

Plate Size: 200 x 500

Plate Size: 300 x 1100

Plate Size: 200 x 300

Plate Size: 200 x 300

Plate Size: 200 x 300

Plate Size: 200 x 300

ป้ายสำหรับคนพิการ

• **แนวคิดเบื้องต้นในการเลือกใช้วัสดุ** - แผ่นป้าย Colour Acrylic สีกำหนดภายหลัง มีตั้งแบบภายในกล่องซ่อนไฟ Fluorescent และแบบใช้แผ่นนำแสง - ตัวอักษรและสัญลักษณ์ใช้สติกเกอร์อย่างดี	• **แนวคิดเบื้องต้นในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง** - บริเวณทางขึ้น – ลง - บริเวณทางเดินทั่วไป - บริเวณลิฟท์ - บริเวณจุดบริการ	• **แนวคิดเบื้องต้นในการเลือกวิธีการติดตั้ง** - แบบยึดกับผนังอาคาร - แบบแขวนกับฝ้าเพดานอาคาร

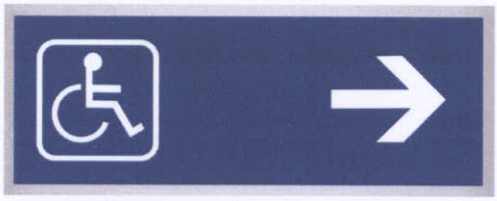


Plate Size: 300 x 1150

Plate Size: 300 x 1150

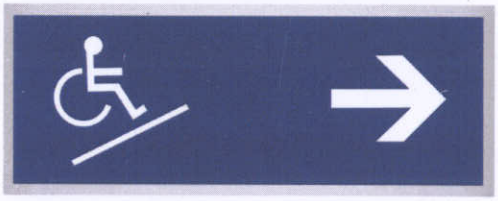


Plate Size: 300 x 1150

Plate Size: 300 x 1150

Plate Size: 300 x 500

Plate Size: 200 x 240

Plate Size: 200 x 240

Plate Size: 200 x 240

6.10 การออกแบบวิศวกรรมโครงสร้าง

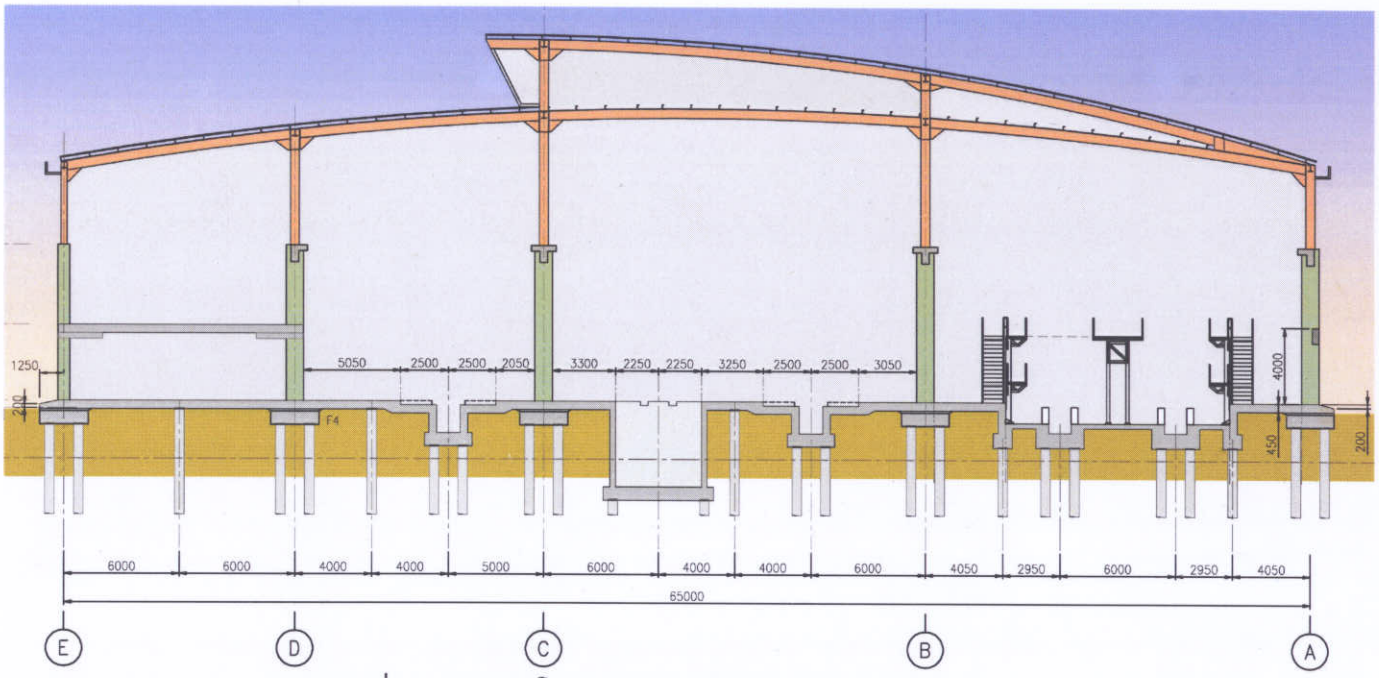
สำหรับการออกแบบรายละเอียดด้านวิศวกรรมโครงสร้างของศูนย์ซ่อมบำรุงและควบคุมการเดินรถ ได้จัดให้รูปแบบของโครงสร้างต่างๆสามารถก่อสร้างได้อย่างไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีความคงทนในระยะยาว ต้องการการบำรุงรักษาน้อย และรับน้ำหนักบรรทุกต่างๆได้ตามข้อกำหนด โดยทั่วไปโครงสร้างหลักของแต่ละอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก โครงหลังคาและพื้นทางเดินงานซ่อมบำรุงจะเป็นเหล็กรูปพรรณ ระบบโครงสร้างของอาคารต่างๆสามารถสรุปได้ตามตารางข้างล่างนี้

ลำดับ	ชื่ออาคาร	ระบบโครงสร้าง
1	Administration & OCC	● โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก สูง 3 ชั้น ● ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่บนเสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มม. ● เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ขนาดโดยทั่วไป 400x400 มม. ● พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่แบบไร้คาน ความหนาโดยทั่วไป 275 มม. ● หลังคาโครงเหล็กมุงทับด้วย metal sheet
2	Main Workshop	● อาคารตั้งอยู่ในพื้นที่ Platform แต่เป็นโครงสร้างแยกจาก Platform โดยมี Expansion joint รอบแนวอาคาร ● โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก สูง 2 ชั้น ● ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่บนเสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มม. ● เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ขนาดโดยทั่วไป 600x900 มม. และ 600x600 มม. ● พื้นชั้นล่างโดยทั่วไปเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่แบบไร้คาน ● พื้นชั้นบนเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ระบบพื้นและคานแบนกว้าง ● หลังคาโครงเหล็กมุงทับด้วย metal sheet
3	Infrastructure Workshop	● อาคารตั้งอยู่ในพื้นที่ Platform แต่เป็นโครงสร้างแยกจาก Platform โดยมี Expansion joint รอบแนวอาคาร ● โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ● ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่บนเสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มม.

ลำดับ	ชื่ออาคาร	ระบบโครงสร้าง
		● เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ขนาดโดยทั่วไป 500x800 มม. และ 500x500 มม. ● พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่แบบไร้คาน ● หลังคาโครงเหล็กมุงทับด้วย metal sheet
4	Stabling Building	● อาคารตั้งอยู่ในพื้นที่ Platform แต่เป็นโครงสร้างแยกจาก Platform โดยมี Expansion joint รอบแนวอาคาร ● โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ● ฐานรากเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มม. ● เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ● พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่แบบไร้คาน ความหนาโดยทั่วไป 400 มม. ● หลังคาโครงเหล็กมุงทับด้วย metal sheet
5	Train Wash Plant	● อาคารตั้งอยู่บนพื้น Platform ● โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ● เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ● หลังคาโครงเหล็กมุงทับด้วย metal sheet
6	Wheel Reprofiling Plant	● อาคารแยกจากพื้น Platform ● โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ● เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ● หลังคาโครงเหล็กมุงทับด้วย metal sheet
7	Traction Service Substation	● อาคารตั้งอยู่บนพื้น Platform ● โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ● เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ● หลังคาโครงเหล็กมุงทับด้วย metal sheet
8	Hazardous Material Store	● อาคารตั้งอยู่บนพื้น Platform ● โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ● เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ● หลังคาโครงเหล็กมุงทับด้วย metal sheet

ลำดับ	ชื่ออาคาร	ระบบโครงสร้าง
9	Water Treatment Plant	● อาคารแยกจากพื้น Platform ● โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ● เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ● หลังคาโครงเหล็กมุงทับด้วย metal sheet
10	Guard House	● โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ● ฐานรากเสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ ● เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ● พื้นโครงสร้างเป็นระบบพื้นและคาน ● หลังคาโครงเหล็กมุงทับด้วย metal sheet
11	Depot Platform	● โครงสร้างเป็นระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่แบบไร้คาน ● พื้นคอนกรีตหล่อในที่ ความหนา 400 มม. วางบนเสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มม. ที่ระยะห่าง 4 ม. ● Expansion joint จัดไว้ที่ระยะห่างโดยประมาณ 60 ม.
12	Depot Approach Structure	● โครงสร้างทั้งหมดเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ประกอบด้วย Abutment Structure และ Transition Structure ● Abutment Structure ใช้รองรับโครงสร้าง Viaduct มีฐานรากเป็นเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ ● Transition Structure เป็นโครงข้อแข็งที่มีความลาดเอียงตามแนวยาวจาก Abutment ไปยัง Platform มีฐานรากเป็นเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ
13	Special Bridge Structure	● โครงสร้างทั้งหมดเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ และเป็นระบบ post-tensioned slab system ● ความยาวช่วงเสา 30-50-30-30 เมตร โดยที่ มี สามช่วงเป็นต่อเนื่องชิ้นเดียวกัน โดยที่โครงสร้างช่วงเสาสุดท้ายจะเป็น simple support span ● Foundation ฐานรากเป็น เข็ม สองชนิด เข็มเจาะ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร และ barrette pile 3.0 x 1.5 เมตร ● เสารองรับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร

ลำดับ	ชื่ออาคาร	ระบบโครงสร้าง
14	Chiller	● โครงสร้างอาคารเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ● ฐานรากเสาเข็มตอกคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ ● เสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ ● พื้นโครงสร้างเป็นระบบพื้นและคาน ● หลังคาโครงเหล็กมุงทับด้วย metal sheet



รูปที่ 6.10-1 รูปตัดโครงสร้างอาคารโรงซ่อมบำรุงหลัก

6.11 งานออกแบบรายละเอียดงานระบบประกอบอาคาร (Mechanical and Electrical System) สำหรับอาคารศูนย์ซ่อมบำรุง

6.11.1 ขอบเขตการออกแบบ

ขอบเขตการออกแบบรายละเอียดของงานระบบไฟฟ้า เครื่องกลของอาคารศูนย์ซ่อมบำรุงและอาคารศูนย์ควบคุมจะประกอบไปด้วยงานในแต่ละส่วนดังนี้;

- ระบบไฟฟ้ากำลัง
- ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ
- ระบบประปาและสุขาภิบาล
- ระบบดับเพลิงและแจ้งเหตุเพลิงไหม้
- ระบบลิฟท์

6.11.2 ข้อมูลอ้างอิงสำหรับการออกแบบ

ผู้ออกแบบงานระบบประกอบอาคาร ได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ เพื่อการออกแบบ และเน้นไปที่การใช้ข้อมูลการออกแบบรายละเอียด ของงานโครงการรถไฟฟ้าส่วนต่อขยายพหลโยธิน ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ เป็นหลัก เนื่องจากเป็นโครงการต่อเนื่องกัน

นอกจากนี้ยังได้มีการประชุมหารือกับสถาปนิก ผู้ออกแบบงานโยธาและโครงสร้าง รวมถึงผู้เชี่ยวชาญการจัดวางตำแหน่งห้องและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อสรุปในการออกแบบผังศูนย์ควบคุมที่เหมาะสมที่สุด และเป็นไปตามข้อกำหนดและกฎหมายควบคุมต่างๆ อนึ่งข้อมูลต่างๆ ที่กล่าวอ้างจะรวมถึง;

- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร
- กฎกระทรวง เช่น ฉบับที่ 33 และ 50 เป็นต้น
- กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
- มาตรฐานสากล เช่น ASHRAE, NFPA, IEC, IEEE เป็นต้น
- ข้อมูลจากงานโครงการรถไฟฟ้าอื่นๆ เช่น โครงการรถไฟฟ้าขนส่งสายสีม่วง บางซื่อ-บางใหญ่ โครงการรถไฟฟ้าขนส่งกรุงเทพมหานครส่วนต่อขยายสายสุขุมวิทและสายสีลม โครงการรถไฟฟ้าต่อเชื่อมสนามบินสุวรรณภูมิ เป็นต้น

6.11.3 การออกแบบรายละเอียด

สำหรับการออกแบบรายละเอียดงานระบบประกอบอาคารสำหรับอาคารศูนย์ซ่อมบำรุงนั้น มีการดำเนินงานในการออกแบบดังนี้

1. กำหนดเกณฑ์และมาตรฐานสำหรับการออกแบบ

   เกณฑ์ และมาตรฐาน รวมถึงความต้องการต่างๆ สำหรับการออกแบบรายละเอียดงานระบบไฟฟ้า เครื่องกลและสุขาภิบาล (ระบบประกอบอาคาร) ของอาคารศูนย์ซ่อมบำรุง โดยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก.5 หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบงานประกอบอาคาร

2. กำหนดตำแหน่งห้องเครื่องและแนวการเดินท่อ

   ทำการกำหนดตำแหน่งห้องเครื่องต่างๆ สำหรับงานระบบประกอบอาคาร แนวเส้นทางการเดินท่อน้ำ ท่อไฟ รางร้อยสายไฟที่เหมาะสม ร่วมกับสถาปนิก รวมทั้งคำนึงถึงแนวเส้นทางการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ขนาดใหญ่ที่เหมาะสมเป็นไปตามหลักวิศวกรรม ทั้งในช่วงการก่อสร้างและการซ่อมบำรุง ซึ่งจะได้แผนผังอาคารที่ครบถ้วนสมบูรณ์

3. ออกแบบรายละเอียดและทำรายการคำนวณ

   ทำการออกแบบรายละเอียดงานระบบประกอบอาคารตามแผนผังที่ได้จากสถาปนิก โดยทำการ

คำนวณเพื่อหาขนาดอุปกรณ์ขนาดใหญ่ รวมถึงผังวงจรต่างๆ ที่จำเป็น ซึ่งแบบรายละเอียดฉบับร่างนั้นจะประกอบด้วยผังวงจร (Schematic Diagram) ของระบบต่างๆ แผนผังงานระบบต่างๆ ดังที่ได้แสดงในเอกสารแบบประกอบ (Drawings)

4. รายการประมาณราคา

การทำรายการประมาณราคาในขั้นออกแบบรายละเอียดฉบับร่างนี้ ใช้วิธีการประมาณราคาและถอดรายการปริมาณบัญชีอย่างละเอียดจากแบบรายละเอียดฉบับสมบูรณ์

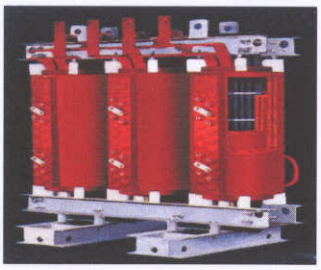
6.11.4 รายละเอียดงานระบบประกอบอาคาร

สำหรับงานระบบประกอบอาคารสำหรับอาคารศูนย์ซ่อมบำรุงนั้น มีการกำหนดรูปแบบต่างๆ ตามเกณฑ์และมาตรฐานที่กำหนดไว้ และมีข้อสรุปใจความหลักดังนี้

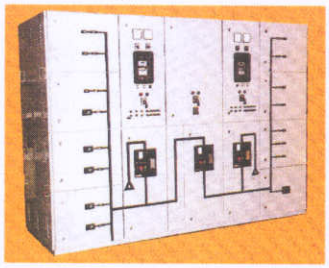
1. งานระบบไฟฟ้ากำลัง

- ขอบเขตงานระบบไฟฟ้ากำลังจะเริ่มจากจุดด้านไฟฟ้าแรงต่ำ 415/240V ของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยหม้อแปลงขนาด 1,000kVA 2 ชุดติดตั้งที่อาคาร Admin & OCC และขนาด 1,600kVA 2 ชุดติดตั้งที่อาคาร Main workshop

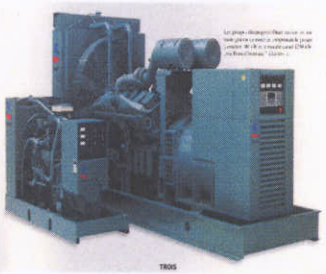
- แบ่ง Load ออกเป็น 3 ระดับคือ Non-Essential, Essential และ Very Essential โดย Non-Essential จะเป็น Load ทั่วไปที่รับไฟฟ้าจากหม้อแปลงเพียงอย่างเดียว ขณะที่ Essential load จะรับไฟฟ้าจาก Standby Generator ในกรณีที่ไม่มีไฟฟ้ามาจากหม้อแปลง และ Very Essential load นั้นรับไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมงโดยรับไฟฟ้าผ่านทาง Generator และ UPS



1)



2)



3)

รูป 6.11.1- 1) Transformer, 2) LV Main Switchboard and 3) Stand by Generator

- การจ่ายไฟฟ้าให้กับ Load ต่างๆ นั้นจะใช้เป็นระบบการเดินสายไฟฟ้า (Cabling) บนรางร้อยไฟฟ้า (Cable Tray) และท่อร้อยสายไฟฟ้า (Conduit) ตามความเหมาะสม โดยกำหนดให้ค่าแรงดันตก (Voltage Drop) ที่วงจรปลายสุดมีค่าไม่เกิน 5%

รูป 6.11.2 การติดตั้งระบบ Cable Tray

- จะมีการติดตั้งอุปกรณ์ชดเชยค่าประกอบกำลัง (Power factor compensation) หรือ Capacitor bank ที่จะปรับปรุงให้ค่า Power factor ของระบบไม่ต่ำกว่า 0.95

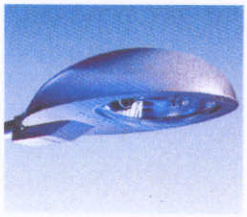
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะถูกออกแบบเพื่อตอบสนองกับพื้นที่การใช้งาน ความปลอดภัยและรูปลักษณ์ที่เหมาะสม รวมถึงความทนทานและการประหยัดพลังงาน และเลือกใช้ Electronic Ballast การออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับพื้นที่สาธารณะนั้นออกแบบให้มีระบบควบคุมอัตโนมัติ (Lighting Control System) ควบคุมการเปิดและปิดไฟฟ้าแสงสว่างให้สอดคล้องกับความสว่างภายนอกอาคาร และเวลาการใช้งาน ร่วมกับ Photo switch และ Timer switch ส่วนในพื้นที่ห้องทำงานและห้องเครื่องต่างๆ จะใช้สวิทช์เปิด-ปิด

- สำหรับทางหนีไฟ ทางเดิน บันได ห้องทำงานและห้องเครื่อง จะติดตั้งด้วยโคมไฟฉุกเฉินชนิดมีแบตเตอรี่สำรองในตัวเอง (Self-Contained Battery) ที่สามารถทำงานได้ 3 ชั่วโมง

- ติดตั้งโคมไฟถนนภายในศูนย์ควบคุม โดยมีค่าความเข้มแสงสว่างแนวราบโดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 18 ถึง 22.5 lux และมีอัตราการกระจายความส่องสว่าง (Uniformity ratio) ไม่ต่ำกว่า 1:3 และติดตั้งโคมไฟ High Bay พร้อมหลอดไฟชนิด Metal Halide กับอาคารซ่อมบำรุงหลักที่มีหลังคาสูงกว่า 5 เมตร

1)

2)



3)

รูป 6.11.3 1) Recess Mounted Fluorescent, 2) High Bay Luminaire, and 3) Street Light

- อาคารศูนย์ควบคุมและซ่อมบำรุง รวมถึงอาคารอื่นๆ นั้นจะถูกออกแบบให้มีการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า ตามมาตรฐานของ วสท., NFPA780, IEC61024 หรือ BS6651 ตามความเหมาะสม โดยจะใช้ระบบการป้องกันฟ้าผ่าแบบ Conventional Faraday Cage

- ระบบต่อลงดินจะถูกออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับ เช่น IEEE80, NEC, BS7430 และ E.I.T เป็นต้น เพื่อจุดประสงค์ด้านความปลอดภัยในชีวิตบุคคล (Safely of persons) ความปลอดภัยในการทำงานของระบบ (Operation safely) และป้องกันการเกิด Stray Current โดยความต้านทานระหว่างระบบต่อลงดินหลัก (Structure Earth) กับดินไม่เกิน 1 โอห์ม

- ทำการเชื่อมต่อการทำงานของระบบประกอบอาคาร (M&E System) กับระบบรถไฟฟ้า (Railway Systems) โดยเป็นการส่งสัญญาณการแจ้งเหตุ และควบคุม โดยใช้หน้าสัมผัส (Dry Contact) ผ่านแผงสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณ (Terminal Box) และสายไฟฟ้า เชื่อมต่อกับระบบแผงรับสัญญาณ (Dispatching Panel) ของระบบ SCADA

2. งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

- ออกแบบระบบปรับอากาศเป็นระบบ Air-Cooled Chiller Plant สำหรับอาคารศูนย์ซ่อมบำรุงและอาคารควบคุม โดยจะส่งน้ำเย็นไปยังอาคารผ่าน AHU และ FCU จ่ายลมเย็นให้กับอาคาร สำหรับอาคารอื่นๆ จะใช้ระบบแอร์แยกส่วน (Split type) ตามความเหมาะสม
- ใช้ระบบ Mechanical Ventilation ในห้องหรือพื้นที่ที่มีความจำเป็นเท่านั้น รวมถึงพัดลมดูดอากาศ (Gas purge) สำหรับห้องเครื่องที่มีระบบดับเพลิงพิเศษ (Clean agent fire protection system)
- จะเน้นให้การออกแบบตอบสนองต่อความสะดวกสบายของพนักงานที่เหมาะสมที่สุด สัมพันธ์กับความประหยัดและความคุ้มค่า
- ใช้เครื่องปรับอากาศแบบ Precision Air Conditioner และรองรับการทำงานต่อเนื่องวันละ 24 ชั่วโมงได้กับห้องอุปกรณ์และห้องควบคุมสำหรับการเดินรถ ซึ่งเป็นหัวใจของโครงการ

1)

2)

รูป 6.11.4 a) Chiller Plant and b) Water Pumps Station

3. งานระบบประปาและสุขาภิบาล

- ใช้เกณฑ์การคำนวณการใช้น้ำ 55 ลิตรต่อคน สำหรับปริมาณน้ำดี และปริมาณน้ำกักเก็บในถังน้ำสำรองสำหรับ 2 วัน ใช้ปั๊มน้ำร่วมกับถังอัดอากาศเพื่อทำการส่งจ่ายน้ำดีให้กับอาคาร

รูป 6.11.5 Cold water supply pump

- ติดตั้งถังบำบัดน้ำเสียที่อาคารต่างๆ ในศูนย์ซ่อมบำรุง โดยให้มีค่า BOD ไม่เกิน 20mg/L สำหรับน้ำทิ้งที่ผ่านถังบำบัดแล้ว

- ระบบบำบัดน้ำเสียจากห้องน้ำ, ครัว และ Pantry ต้องเป็นระบบ Contact aeration, activated sludge process และมีถังดักไขมัน

- น้ำเสียจากโรงจอด ลานล้างรถ และอาคารซ่อมบำรุงจะถูกส่งผ่านบ่อแยกน้ำมัน (Oil interceptor) ก่อนถูกส่งไปยังถังบำบัดน้ำเสียรวม

4. งานระบบดับเพลิงและแจ้งเหตุเพลิงไหม้

- อาคารศูนย์ควบคุม และอาคารซ่อมบำรุงนั้น มีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และเครื่องยนต์ดีเซล ที่พร้อมจะทำงานได้ทันทีเมื่อมีเหตุเพลิงไหม้ขึ้น และมีถังเก็บน้ำสำรองสำหรับการใช้งานไม่ต่ำกว่า 30 นาที

- การออกแบบระบบดับเพลิงนั้นเป็นไปตามมาตรฐาน และกฎหมายควบคุมอาคาร โดยมีระบบตรวจจับและแจ้งเหตุที่จะคอยเตือนเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้

- ใช้ระบบสารดับเพลิงพิเศษ (Clean Agent Fire Suppression System) กับห้องเครื่อง ห้องศูนย์ควบคุมและห้องที่มีอุปกรณ์พิเศษต่างๆ ส่วนพื้นที่อื่นๆ เช่น ห้องทำงาน ห้องเก็บของ พื้นที่สาธารณะ และอาคารซ่อมบำรุงนั้นจะใช้ระบบฉีดน้ำอัตโนมัติ (Water sprinkler)

1) 2)

รูป 6.11.6 1) Fire pumps and 2) Clean agent fire protection system

- มีการส่งสัญญาณการทำงานจากระบบดับเพลิงไปยังศูนย์ควบคุมส่วนกลาง
- ระบบดับเพลิงจะทำงานสัมพันธ์กับระบบอื่นๆ เช่น ลิฟท์ พัดลมระบายอากาศ เป็นต้น
- มีการติดตั้งระบบท่อน้ำดับเพลิง และหัวน้ำ (Hydrant) รอบๆ บริเวณพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงและอาคารต่างๆ เพื่อใช้สำหรับดับเพลิงภายนอก
- ออกแบบใช้ระบบแจ้งเหตุไฟไหม้เป็นระบบที่สามารถระบุตำแหน่งได้โดยอัตโนมัติ (Automatic Addressable) โดยสามารถระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ในวงจรตรวจจับได้ โดยสัญญาณการตรวจจับ จะถูกส่งไปยังแผงควบคุมที่ติดตั้งในห้องควบคุมในศูนย์ควบคุม (OCC).
- อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ (Manual Station) ชนิด Break Glass จะถูกติดตั้งในบริเวณทางเดินทางหนีไฟ ใกล้กับทางออกหรือในที่ที่เหมาะสม เพื่อให้พนักงานทำการแจ้งเหตุแทนระบบอัตโนมัติ
- ชนิดของอุปกรณ์แจ้งเหตุของห้องต่างๆ ในอาคารศูนย์บำรุง และในอาคารอื่นๆ เป็นไปตามข้อกำหนดกฎหมายควบคุมของประเทศไทย ว.ส.ท และ NFPA 72

5. งานระบบลิฟท์

- มีการติดตั้งลิฟท์โดยสารสำหรับอาคารศูนย์ควบคุมและอาคารซ่อมบำรุง สำหรับการสัญจรภายในของพนักงาน จะเน้นใช้ลิฟท์ชนิดไม่มีห้องเครื่องลิฟท์ด้านบน

6.11.5 บทสรุปการออกแบบระบบประกอบอาคาร

การออกแบบงานระบบประกอบอาคารในระดับการออกแบบรายละเอียดฉบับสมบูรณ์นั้น สามารถทำการออกแบบได้ครบทุกๆ อาคาร จำนวน 11 อาคารในศูนย์ซ่อมบำรุง โดยได้แสดงการออกแบบไว้ในเอกสารเล่มที่ 5 – แบบรายละเอียด เพื่อเป็นเอกสารประกอบสัญญาต่อไป

6.12 ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง

ในการก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงจากข้อมูลความต้องการใช้พื้นที่สำหรับการซ่อมบำรุงและการจัดวางตำแหน่งของเครื่องจักรสำหรับงานซ่อมบำรุงที่เหมาะสมกับการใช้งานในปัจจุบันและอนาคต เมื่อมีการออกแบบและวางแผนในเรื่องของการวางตำแหน่งเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ลงไปในผังบริเวณได้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนต่อไปจะต้องมีการวางแผนงานในการก่อสร้าง โดยก่อนที่จะดำเนินการก่อสร้างจะต้องมีการปรับพื้นที่สำหรับการก่อสร้าง

เนื่องจากสถานที่สำหรับก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงเป็นพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่มาก ในการวางแผนการก่อสร้างจึงได้มีการแยกพื้นที่โดยจะมีการแบ่งพื้นที่เพื่อความสะดวกในการจัดการในการก่อสร้าง ในการแยกพื้นที่นั้นจะมีการตัดถนนดินเพื่อเป็นเส้นทางในการนำวัสดุก่อสร้างต่างๆ เข้าไปยังพื้นที่ก่อสร้าง เช่น เสาเข็ม รถบรรทุกคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้าง เป็นต้น ในการก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงนั้นงานโครงสร้างจะแบ่งหลักๆได้ 2 ส่วนคือ

1. งานก่อสร้าง โครงสร้าง Platform เป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของศูนย์ซ่อมบำรุง โดยจะเป็นพื้นราบสำหรับติดตั้งระบบรางและระบบต่างๆที่เกี่ยงเนื่อง
2. งานก่อสร้างอาคารปฏิบัติการ สำหรับการเดินรถ โรงจอดรถ และอาคารซ่อมบำรุงประกอบ

โดยงานก่อสร้าง โครงสร้าง Platform ดำเนินการก่อสร้างก่อนโดยเมื่อแบ่งพื้นที่และมีถนนเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะมีพิธีการวางศิลาฤกษ์ เพื่อเป็นขวัญกำลังใจในการทำการก่อสร้างหลังจากการวางศิลาฤกษ์โดยศิลาฤกษ์จะเลือกทำบริเวณที่เป็นเสาเอกซึ่งกำหนดโดยพราหมณ์

รูปที่ 6.12-1: รูปการทำพิธีบวงสรวงสิ่งศักดิ์สิทธิ์ในพิธีวางเสาเอก

หลังจากนั้น ก็จะเริ่มวางผังสำหรับวางตำแหน่งของเสาเข็มและเสา โดยจะทำงานไปตามแผนผังที่มีการออกแบบไว้ เมื่อได้ตำแหน่งแล้วก็จะนำปั้นจั่นเข้ามาในพื้นที่การก่อสร้าง

รูปที่ 6.12-2: รูปวิธีการตอกเสาเข็ม

รูปที่ 6.12-3 : รูปวิธีการนำเสาเข็มเข้ามาในพื้นที่ทำงานโดยใช้ถนนที่ทำเอาแล้วเป็นเส้นทางขนส่ง

รูปที่ 6.12-4 : รูปเสาเข็มที่ใช้ในการก่อสร้าง

โดยในโครงการนี้เลือกใช้ระบบเสาเข็มแบบSPUN PILEโดยเสาเข็มระบบดังกล่าวจะต้องใช้ปั้นจั่นเป็นเครื่องมือในการตอก ในการตอกนั้นจะตอกไปตามแผนที่ได้มีการเรียงลำดับเมื่อตอกลงไปจนหมดก็จะต่อเสาเข็มด้วยวิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้าแล้วตอกต่อไปจนได้ระดับที่ผู้ออกแบบกำหนดเอาไว้ เมื่อตอกเข็มเสร็จแล้วก็จะทำการเลื่อนปั้นจั่นไปตอกยังเสาเข็มต้นต่อไป

รูปที่ 6.12-5 : รูปที่ 6.12-6 : รูปวิธีการตอกเสาเข็มและวิธีการ

ส่วนเสาเข็มต้นที่ตอกเสร็จแล้วจะทำการทดสอบเสาเข็ม ด้วยวิธีการทดสอบตามขั้นตอนการทดสอบโดยนำแท่งคอนกรีตที่มีน้ำหนักตามที่กำหนดมาวางตั้งบริเวณเหนือเสาเข็ม ที่ต้องทำการทดสอบพร้อมกับติดตั้งเสาเข็มเสมอดิ่ง โดยการใช้เครื่องมือที่เป็นเครื่องวัดแรงดันด้วยการเพิ่มแรงดันให้กับแท่งคอนกรีตเป็นช่วงๆตามวิธีการ หลังจากนั้นนำแท่งคอนกรีตออกเป็นช่วงๆ ตามวิธีการจากการทดสอบจะได้ผลการทดสอบการรับน้ำหนักเสาเข็มว่าเป็นไปตามที่ออกแบบ เสาเข็มแบบ STATIC ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM เมื่อทดสอบการรับน้ำหนักแล้ว

รูปที่ 6.12-7 : รูปวิธีการตอกเสาเข็มและวิธีการเชื่อมต่อเสาเข็ม

รูปที่ 6.12-8 รูปที่ 6.12-9 : รูปวิธีการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยการนำแท่งน้ำหนักมาวางบนเสาเข็ม

ขั้นตอนต่อไปจะต้องทำการตัดหัวเข็มตามตำแหน่งที่กำหนดเอาไว้ แล้วทำการหล่อ Pile cap และเสารองรับโครงสร้าง Platform ต่อไป

ในขั้นตอนงานก่อสร้างคานและพื้นอาคาร ซึ่งเป็นระบบโครงสร้างหล่อในที่ พร้อมกับจะมีการปรับระดับพื้นเพื่อให้มีความพร้อมสำหรับการติดตั้งงานระบบรถไฟเป็นงานต่อไป เป็นการเสร็จงานในส่วนของ โครงสร้าง Platform

รูปที่ 6.12-10 : รูปการตัดหัวเสาเข็ม และการทำแท่นรับน้ำหนักบริเวณหัวเสาเข็ม

รูปที่ 6.12-11 : รูปการการเทคอนกรีตพื้นของศูนย์ซ่อมบำรุง

ในส่วนของก่อสร้างอาคารปฏิบัติการสำหรับการเดินรถก็จะทำระบบเสาเข็มและฐานรากตามที่ได้มีการออกแบบ หลังจากนั้นงานคานและพื้นจะดำเนินการต่อโดยในงานพื้นจะต้องเตรียมพื้นที่สำหรับติดตั้งเครื่องมือต่างๆ ในขณะเดียวกันงานเสา โครงสร้างหลัก และหลังคาก็จะดำเนินไป เมื่องานดังกล่าวแล้วเสร็จ ก็จะถือได้ว่างานโครงสร้างหลักๆแล้วเสร็จ หลังจากนี้ งานระบบต่างๆและเครื่องมือต่างๆก็จะเข้ามาติดตั้งภายในอาคารต่อได้

6.13 การประมาณราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียด

6.13.1 ด้านวิศวกรรม

6.13.1.1 โครงสร้าง

การประมาณราคาโครงสร้าง โดยสังเขป จะจำแนกเป็นราคาวัสดุสิ่งของ และค่าแรง โดยที่ราคาวัสดุหลักจะอ้างอิงจากราคาของสำนักงานดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ และ ค่าแรงจะอ้างอิงกับ สำนักมาตณฐานงบประมาณ สำนักงบประมาณ อย่างไรก็ดี จะมีการเปรียบเทียบกับราคาตามราคาตลาดด้วย ในกรณีที่ไม่สามารถหาราคาอ้างอิงได้จากส่วนราชการที่กล่าวมาข้างต้น

รายการประมาณราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียดด้านโครงสร้างของโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต สามารถสรุปโดยแบ่งตามอาคาร ได้ตามตารางข้างล่างนี้

รายการ	รายละเอียด	ราคาโดยประมาณ บาท
D01	ADMIN & OCC BUILDING	45,851,412
D02	MAIN WORKSHOP	230,075,330
D03	INFRASTRUCTURE WORKSHOP	41,459,000
D04	STABLING YARD & OPERATOR REPORT OFFICE	121,899,845
D05	TRAIN WASH PLANT	1,737,460
D06	WHEEL REPROFLING PLANT	2,142,767

รายการ	รายละเอียด	ราคาโดยประมาณ
D07	MANUAL WASH SHED	1,532,159
D08	HAZARDOUS STORE	842,216
D09	WATER TREATMENT PLANT	3,648,929
D10	TRACTION SUBSTATION	2,711,924
D11	GUARD HOUSE BUILDING	144,773
D12	PLATFORM STRUCTURE	564,571,192
D13	CHILLER	35,829,000
D14	PUMP STATION	300,000
D15	APPROACH STRUCTURE	28,714,201
D16	SPECIAL BRIDGE STRUCTURE	136,739,899
D17	GARBAGE HOUSE	306,846
D00	LANDSCAPE	7,751,133
	รวมทั้งหมด	1,226,258,085

หมายเหตุ : ราคานี้เป็นราคาประเมินเบื้องต้นตามแบบเท่านั้น โดยเป็นราคาที่รวมค่าวัสดุและค่าแรงเท่านั้น ไม่รวมตัวคูณต่างๆ รายละเอียดของราคาจะแสดงไว้ในรายงานบัญชีปริมาณงานและการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

6.13.1.2 การประมาณราคาระบบไฟฟ้า เครื่องกล และสุขาภิบาล

การประมาณราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียด ของงานระบบไฟฟ้า เครื่องกล และสุขาภิบาล สำหรับศูนย์ซ่อมบำรุงนั้น จะใช้ข้อมูลอ้างอิงมาจากการการประมาณราคาในโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ เป็นหลัก เนื่องจากเป็นโครงการต่อเนื่อง

การประมาณราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียดสำหรับงานระบบไฟฟ้า เครื่องกล และสุขาภิบาล นั้น จะใช้วิธีประมาณราคาจากการประมาณหน่วยที่ทำการติดตั้งจริง ราคาประมาณเบื้องต้นนี้ คิดรวมค่าแรงติดตั้งแล้ว แต่ไม่รวมค่าดำเนินการ/กำไร โดยการประมาณค่าก่อสร้างนี้ยังถือว่ายังไม่สมบูรณ์ 100% เนื่องจากการออกแบบรายละเอียดยังไม่สมบูรณ์ 100% เช่นกัน

การประมาณราคาค่าก่อสร้างตามแบบรายละเอียดด้านงานระบบไฟฟ้า เครื่องกล และสุขาภิบาล ของโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุงที่คูคต ได้ประมาณการไว้เป็น 388,100,000 บาท ราคานี้เป็นราคาประเมินเบื้องต้นตามแบบเท่านั้น โดยเป็นราคาที่รวมค่าวัสดุและค่าแรงเท่านั้น ไม่รวมตัวคูณต่างๆ รายละเอียดของราคาจะแสดงไว้ในรายงานบัญชีปริมาณงานและการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

บทที่ 7

แผนการดำเนินงานโครงการ

บทที่ 7: แผนการดำเนินงานโครงการ (Project Implementation Program)

7.1 แผนดำเนินงานโครงการโดยรวม (Overall Project Implementation Program)

การดำเนินงานโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา คลอง 4 โดยนโยบายของภาครัฐ ที่ต้องการให้มีการลงทุนโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้กำหนดให้โครงการแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงสะพานใหม่-คูคต และ ช่วงคูคต-ลำลูกกา สำหรับช่วงสะพานใหม่-คูคต กำหนดให้ดำเนินการก่อสร้างสอดคล้องกับโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวส่วนต่อขยาย ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ ส่วนโครงการช่วงคูคต-ลำลูกกา จากผลการศึกษาในโครงการแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนระบบรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลนั้น ได้ระบุให้ดำเนินการเปิดให้บริการในปี 2571 ซึ่งสอดคล้องกับผลการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสาร ดังนั้นในหัวข้อนี้ ที่ปรึกษาจึงขอเสนอแผนการดำเนินงานก่อสร้างโครงการเฉพาะช่วงสะพานใหม่-คูคต ที่มีระยะทางประมาณ 6.5 กิโลเมตร ดังรูปที่ 7.1-1

BMLE Overall Project Implementation Program

	Description	Y0	Y1		Y2		Y3		Y4
		2H	1H	2H	1H	2H	1H	2H	1H
	งานโครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงสะพานใหม่ - คูคต								
1	การจัดซื้อจัดจ้าง (Procurement/Tender Period)								
2	ส่งมอบพื้นที่ก่อสร้าง (Land Handover)								
3	งานรื้อย้ายสาธารณูปโภค (Utilities Relocation)								
4	งานก่อสร้างโครงสร้างทางวิ่งและสถานี (Viaduct & Stations Construction)								
5	งานก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot/OCC Construction)								
6	งานก่อสร้างศูนย์อำนวยความสะดวก (Intermodal Transfer Facilitis)								
7	งานติดตั้งระบบราง (Trackwork Installation)								
8	งานติดตั้งอุปกรณ์ซ่อมบำรุงในศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot Equipment Installation & Testing)								
9	งานติดตั้งและทดสอบระบบรถไฟฟ้า (Railway Systems Installation & Testing)								
10	การจัดส่งรถไฟฟ้า								
11	งานทดสอบระบบโดยรวมและทดลองการเดินรถ (Integrated Testing & Trial Run)								
	งานที่เกี่ยวข้องอื่นๆ (Other Relevant Works)								
A	การคัดเลือกและว่าจ้างผู้ให้บริการเดินรถ	กำหนดแล้วเสร็จที่ช้าที่สุด							
B	การจัดตั้งศูนย์ประมวลและจัดแบ่งรายได้ (Clearing House)								
		กำหนดแล้วเสร็จที่ช้าที่สุด							
C	การว่าจ้างที่ปรึกษาบริหารโครงการ ควบคุมงานก่อสร้างติดตั้ง และงานที่ปรึกษาอื่นๆ	กำหนดแล้วเสร็จที่ช้าที่สุด							

รูปที่ 7.1-1 แผนดำเนินงานโครงการโดยรวม

การดำเนินงานโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-คูคต ตามแผนดำเนินงานโดยรวมในรูปที่ 7.1-1 ตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่ารัฐบาลจะเป็นผู้รับผิดชอบดำเนินงานในส่วนการรื้อย้ายสาธารณูปโภค การจัดกรรมสิทธิ์พื้นที่ (เวนคืน) ส่งมอบพื้นที่เพื่อการก่อสร้าง และงานโครงสร้างพื้นฐานทั้งหมดของโครงการ (Project Infrastructures) ได้แก่การก่อสร้างโครงสร้างทางยกระดับ สถานีรถไฟฟ้า ศูนย์ซ่อมบำรุง งานก่อสร้างติดตั้งระบบราง และงานก่อสร้างศูนย์อำนวยความสะดวก

ส่วนการติดตั้งระบบรถไฟฟ้า อุปกรณ์ซ่อมบำรุงในศูนย์ซ่อมบำรุง และการจัดซื้อรถไฟฟ้าจะดำเนินการโดยผู้เดินรถ ซึ่งภาครัฐฯ อาจพิจารณาให้ผู้เดินรถในระบบส่วนเดิมและหรือส่วนที่ต่อเนื่องจากโครงการหมอชิต-สะพานใหม่ เป็นผู้ให้บริการเดินรถต่อเนื่องมายังส่วนต่อขยายของโครงการ หรือภาครัฐอาจคัดเลือกและว่าจ้างผู้เดินรถรายใหม่ให้เข้ามาเป็นผู้ให้บริการเดินรถและดำเนินการงานในส่วนนี้

เนื่องจากระบบรถไฟฟ้าระบบต่างๆ โดยเฉพาะรถไฟฟ้า ต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน ในออกแบบผลิต ทดสอบในโรงงาน และจัดส่งมายังโครงการ (ใช้ระยะเวลารวมประมาณ 10-15 เดือน) การจัดซื้อจัดจ้างระบบรถไฟฟ้า และรถไฟฟ้าในส่วนความรับผิดชอบของผู้เดินรถจึงกำหนดให้เริ่มพร้อมกับการจัดจ้างผู้รับจ้างก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานในส่วนที่รัฐบาลจะเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินงาน อย่างไรก็ตามการคัดเลือกผู้ลงทุนและผู้เดินรถไฟฟ้า ควรจะแล้วเสร็จก่อนที่จะเริ่มดำเนินการก่อสร้างงานก่อสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า ดังนั้นการคัดเลือกและว่าจ้างผู้เดินรถ จึงควรจะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จก่อนครึ่งปีแรกของปีที่ 1 (หัวข้อ A ของรูปที่ 7.1-1)

ในกรณีที่ภาครัฐฯ เลือกที่จะเป็นผู้รับผิดชอบดำเนินงานการจัดซื้อจัดจ้างระบบรถไฟฟ้า และรถไฟฟ้าเอง และว่าจ้างผู้ให้บริการเดินรถเพียงเพื่อให้บริการเดินรถและบำรุงรักษาระบบ แผนดำเนินงานโครงการโดยรวมที่เสนอก็ยังสามารถใช้งานได้ โดยขั้นตอนการคัดเลือกและว่าจ้างผู้ให้บริการเดินรถจะไม่จำเป็นต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จก่อนครึ่งปีแรกของปีที่ 1 และสามารถใช้เวลาในการคัดเลือกผู้ให้บริการเดินรถและเจรจาต่อรองต่อไปได้จนถึงช่วงก่อนการเริ่มติดตั้งและทดสอบระบบรถไฟฟ้า

แผนดำเนินงานในรูปที่ 7.1-1 ยังสามารถใช้ได้ภายใต้สมมุติฐานที่ว่าผู้เดินรถที่ได้สัมปทานโครงการจะเป็นผู้รับผิดชอบดำเนินงานในส่วนโครงสร้างพื้นฐานทั้งหมดของโครงการ (Project Infrastructures) และการติดตั้งระบบรถไฟฟ้า อุปกรณ์ซ่อมบำรุงในศูนย์ซ่อมบำรุง และการจัดซื้อรถไฟฟ้า ด้วยตนเองทั้งหมด โดยสิ่งที่จะเปลี่ยนแปลงไปคืองานในขั้นตอนการจัดซื้อจัดจ้างส่วนใหญ่จะเปลี่ยนมาอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของผู้ได้รับสัมปทานเดินรถ

7.2 การดำเนินงานโครงการโดยรวม และกิจกรรมหลัก

การกำหนดแผนการดำเนินงานโดยรวมของโครงการ กำหนดให้มีกรอบระยะเวลาดำเนินการที่เหมาะสม ไม่เร่งรัดจนเกินไป โดยกำหนดระยะเวลาตั้งแต่ขั้นตอนการจัดซื้อจัดจ้างต่างๆ ทั้งหมดแล้วเสร็จ จนถึงวันที่สามารถเริ่มเปิดให้บริการเดินรถได้ มีระยะเวลาดำเนินการรวมทั้งหมดประมาณ 4 ปี ซึ่งสามารถพิจารณาแยกงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งหมดย่อยเป็นกิจกรรมหลัก ๆ ได้ดังต่อไปนี้

7.2.1 การจัดซื้อจัดจ้าง

การจัดซื้อจัดจ้างโครงสร้างพื้นฐานทั้งหมดของโครงการ และระบบรถไฟฟ้าระบบต่าง ๆ รวมทั้งรถไฟฟ้า และอุปกรณ์ซ่อมบำรุง กำหนดกรอบระยะเวลาทั้งหมดไว้เบื้องต้นประมาณ 6 เดือน โดยแบ่งเป็นขั้นตอนการคัดเลือกคุณสมบัติเบื้องต้นประมาณ 2 เดือน และขั้นตอนการประกวดราคาประมาณ 4 เดือน และกำหนดให้เริ่มกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างในเดือนกรกฎาคม เพื่อให้ว่าจ้างได้ผู้รับจ้างทั้งหมดในเดือนธันวาคม

7.2.2 การส่งมอบพื้นที่เพื่อการก่อสร้าง

การส่งมอบพื้นที่เพื่อการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานทั้งหมดของโครงการ ในเบื้องต้นกำหนดให้เริ่มส่งมอบพื้นที่ทันทีที่ดำเนินการว่าจ้างได้ผู้รับจ้างก่อสร้างแล้ว และทยอยส่งมอบพื้นที่ทั้งหมดภายใน 12 เดือน

7.2.3 งานรื้อย้ายสาธารณูปโภค

งานรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคในพื้นที่ก่อสร้างโครงการ ในเบื้องต้นกำหนดให้เริ่มงานทันทีที่มีการส่งมอบพื้นที่ และใช้เวลาในการรื้อย้ายสาธารณูปโภคทั้งหมดประมาณ 6 เดือน

7.2.4 งานก่อสร้างโครงสร้างทางวิ่งและสถานีรถไฟฟ้า

งานก่อสร้างโครงสร้างทางยกระดับทั้งในส่วนเส้นทางหลัก และเส้นทางยกระดับเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุง และการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้า รวมทั้งงานระบบประกอบอาคาร และงานระบบลิฟท์และบันไดเลื่อนทั้งหมดที่สถานี ในเบื้องต้นประเมินว่าจะสามารถเริ่มงานได้ภายในไม่เกิน 6 เดือน หลังจากการรื้อย้ายสาธารณูปโภค และจะใช้เวลาก่อสร้างทั้งหมดประมาณ 1 ปี 6 เดือน (หรือประมาณ 18 เดือน)

7.2.5 งานก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง

งานก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง ซึ่งประกอบด้วยอาคารต่าง ๆ และพื้นที่จอดขบวนรถไฟฟ้า ในเบื้องต้นกำหนดให้เริ่มงานเมื่อได้รับมอบพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงทั้งหมด ซึ่งกำหนดวันล่าช้าที่สุดไว้ภายในไม่เกิน 9 เดือน หลังจากการว่าจ้างผู้รับจ้างก่อสร้าง และประเมินว่าต้องใช้เวลาก่อสร้างทั้งหมด รวมการทดสอบระบบประกอบอาคาร ประมาณ 1 ปี 6 เดือน (หรือประมาณ 18 เดือน) โดยจะสามารถทยอยเริ่มการติดตั้งอุปกรณ์ซ่อมบำรุงได้ในปีสุดท้าย

7.2.6 งานก่อสร้างศูนย์อำนวยความสะดวก

งานก่อสร้างศูนย์อำนวยความสะดวก ซึ่งประกอบด้วยอาคารพื้นที่จอดรถทั้งที่เป็นอาคารและลานจอดรถ รวมถึงการทำพื้นที่สำหรับที่จอดรถสาธารณะ ในเบื้องต้นกำหนดให้เริ่มงานเมื่อได้รับมอบพื้นที่ของการก่อสร้างทั้งหมดซึ่งได้จากการเวนคืน ซึ่งกำหนดวันล่าช้าที่สุดไว้ภายในไม่เกิน 6 เดือน หลังจากการว่าจ้างผู้รับจ้างก่อสร้าง และประเมินว่าต้องใช้เวลาก่อสร้างทั้งหมด รวมการทดสอบระบบประกอบอาคาร ประมาณ 1 ปี (หรือประมาณ 18 เดือน) โดยจะต้องประสานในการก่อสร้าง SKYWALK ในการเชื่อมระหว่างศูนย์อำนวยความสะดวกกับสถานี

7.2.7 งานก่อสร้างและติดตั้งระบบราง

งานก่อสร้างและติดตั้งระบบราง ทั้งในส่วนเส้นทางหลัก เส้นทางเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุง และงานรางในศูนย์ซ่อมบำรุง กำหนดให้เริ่มงานติดตั้งในช่วงท้ายหรือหลังงานก่อสร้างโครงสร้างทางและสถานีรถไฟฟ้าแล้วเสร็จ และดำเนินการติดตั้งระบบรางทั้งหมดแล้วเสร็จภายในระยะเวลาประมาณ 1 ปี

โดยปกติแล้วงานก่อสร้างติดตั้งระบบรางบนโครงสร้างทางช่วงต่าง ๆ ควรจะเริ่มดำเนินงานไม่น้อยกว่าประมาณ 3 เดือนหลังก่อสร้างโครงสร้างทางในช่วงดังกล่าวแล้วเสร็จ เพื่อลดผลกระทบของการหดตัวเนื่องจากการล้าและการเสียน้ำของคอนกรีต โดยงานติดตั้งรางจะมีอัตราความเร็วในการก่อสร้างติดตั้งระบบรางประมาณ 40-100 เมตร/ราง/วัน หรือประมาณ 20-50 เมตร/วัน สำหรับรางคู่ โดยขึ้นอยู่กับสภาพแนวเส้นทางและความสามารถของผู้รับจ้าง

สำหรับเส้นทางหลักของโครงการ ซึ่งเป็นรางคู่บนโครงสร้างทางยกระดับ มีระยะทางรวมประมาณ 6.5 กิโลเมตร สภาพเส้นทางโดยรวมเป็นเส้นทางตรง มีช่วงโค้งสำคัญเพียงบริเวณที่ตัดผ่านเข้าสู่พื้นที่ประตูกรุงเทพ และถนนลำลูกกา จึงประเมินว่าอัตราการก่อสร้างติดตั้งระบบรางบนพื้นฐานของการทำงานก่อสร้างได้ต่อเนื่อง และใช้เวลารวมประมาณ 12 เดือน ก็จะแล้วเสร็จ

7.2.8 งานติดตั้งอุปกรณ์ซ่อมบำรุงในศูนย์ซ่อมบำรุง

งานติดตั้งและทดสอบอุปกรณ์ซ่อมบำรุงในศูนย์ซ่อมบำรุง ในเบื้องต้นกำหนดให้เริ่มงานในช่วงปีสุดท้ายของงานก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง และประเมินว่าจะดำเนินการแล้วเสร็จภายในไม่เกิน 4-6 เดือน หลังงานก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงแล้วเสร็จ

7.2.9 งานติดตั้งและทดสอบระบบรถไฟฟ้า

งานติดตั้งและทดสอบระบบรถไฟฟ้าระบบต่างๆ รวมทั้งระบบจ่ายไฟฟ้า แต่ไม่รวมรถไฟฟ้า ประเมินว่าจะใช้เวลารวมทั้งหมดประมาณ 10-12 เดือน แล้วแต่ระบบที่ติดตั้งและการเปิดพื้นที่ให้เข้าทำงานโดยผู้รับจ้างงานก่อสร้างโครงสร้างทางและสถานีรถไฟฟ้า โดยประเมินว่าจะสามารถเริ่มงานในช่วงท้ายของงานก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าและศูนย์ซ่อมบำรุง และดำเนินงานแล้วเสร็จทั้งหมดประมาณไม่เกิน 6 เดือนหลังการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าและศูนย์ซ่อมบำรุงแล้วเสร็จ

7.2.10 กำหนดการจัดส่งรถไฟฟ้า

รถไฟฟ้า เป็นงานอีกส่วนหนึ่งที่ผู้ผลิตต้องใช้ระยะเวลาในการออกแบบ ผลิต ทดสอบ และจัดส่งค่อนข้างนาน โดยประเมินว่าจะต้องใช้เวลาประมาณ 24 เดือน

หลังจากได้รับขบวนรถไฟฟ้าแล้วจะต้องมีการตรวจทดสอบทั่วไป (Routine Tests) ก่อนจะนำไปทดสอบทางพลวัตรร่วมกับระบบอาณัติสัญญาณ (Signalling Dynamic Test) และทดสอบโดยรวมร่วมกับระบบรถไฟฟ้าระบบต่างๆ ซึ่งถือเป็นส่วนของงานทดสอบระบบโดยรวมและทดลองการเดินรถ

การจัดส่งขบวนรถไฟฟ้า อาจสามารถจัดส่งมาเพียงบางส่วนเพื่อเริ่มการทดสอบต่าง ๆ และทยอยส่งรถไฟฟ้าที่เหลือมาทดสอบให้ครบถ้วนก่อนเริ่มการทดลองการเดินรถ

7.2.11 การทดสอบระบบโดยรวมและทดลองการเดินรถ

การทดสอบรถไฟฟ้าทางพลวัตรร่วมกับระบบอาณัติสัญญาณ ประเมินว่าจะใช้เวลาทั้งหมดไม่เกิน 2 เดือน ส่วนการทดสอบระบบโดยรวมและทดลองการเดินรถ ประเมินว่าจะใช้เวลารวมทั้งหมดประมาณไม่เกิน 6 เดือน โดยการทดสอบระบบโดยรวมจะเริ่มงานได้หลังงานติดตั้งระบบราง และงานติดตั้งและทดสอบระบบรถไฟฟ้าทั้งหมดแล้วเสร็จ และรถไฟฟ้าผ่านการทดสอบทางพลวัตรร่วมกับระบบอาณัติสัญญาณแล้ว

7.2.12 การคัดเลือกและว่าจ้างผู้ให้บริการเดินรถ

จากแนวคิดการดำเนินงานโครงการโดยรวมที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งกำหนดให้การติดตั้งระบบรถไฟฟ้า อุปกรณ์ซ่อมบำรุงในศูนย์ซ่อมบำรุง และการจัดซื้อรถไฟฟ้า ดำเนินการโดยผู้ให้บริการเดินรถ ซึ่งภาครัฐฯ จะเป็นผู้คัดเลือกและว่าจ้างให้เข้ามาดำเนินการ การคัดเลือกและว่าจ้างผู้ให้บริการเดินรถจึงจำเป็นต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จตั้งแต่เริ่มขั้นก่อนจะมีการก่อสร้างทางวิ่งและสถานีรถไฟฟ้า ทั้งนี้เพื่อให้การเตรียมการในงานของระบบรถไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับงานก่อสร้างด้านโยธา

เนื่องจากการคัดเลือกและว่าจ้างผู้ให้บริการเดินรถมีรายละเอียดปลีกย่อยต่าง ๆ ที่ต้องพิจารณาเปรียบเทียบอย่างรอบคอบหลายประเด็น การดำเนินงานจึงอาจต้องใช้เวลามากกว่าการจัดซื้อจัดจ้างงานอื่น ๆ ภาครัฐฯ จึงควรกำหนดนโยบายในเรื่องดังกล่าวให้ชัดเจน และเร่งรัดการดำเนินงานตามนโยบายที่กำหนดโดยเร็ว ความล่าช้าในการคัดเลือกผู้ให้บริการเดินรถ จะส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการจัดซื้อจัดจ้างระบบรถไฟฟ้า อุปกรณ์ซ่อมบำรุง และรถไฟฟ้า อันจะส่งผลให้การเริ่มให้บริการเดินรถล่าช้าตามไปด้วย

7.2.13 การคัดเลือกและว่าจ้างที่ปรึกษาบริหารและควบคุมการก่อสร้างติดตั้งโครงการ และที่ปรึกษาอื่นๆ

หน่วยงานที่เป็นเจ้าของโครงการควรดำเนินการว่าจ้างที่ปรึกษาบริหารและควบคุมการก่อสร้างติดตั้งโครงการ และที่ปรึกษาอื่น ๆ ที่จำเป็น ให้เข้ามาช่วยงานให้เร็วที่สุด โดยอาจว่าจ้างที่ปรึกษาให้เข้ามาช่วยงานตั้งแต่ในขั้นตอนการคัดเลือกผู้ให้บริการเดินรถ หรือในขั้นตอนการจัดซื้อจัดจ้างอื่น ๆ ตามแต่ความเห็นชอบของหน่วยงาน

ทั้งนี้ ที่ปรึกษาบริหารและควบคุมงานก่อสร้างติดตั้งโครงการ ควรเข้ามาเริ่มปฏิบัติงาน อย่างช้าที่สุดคือก่อนที่ผู้รับจ้างงานโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ จะเริ่มงานก่อสร้าง

7.2.14 การจัดตั้งศูนย์ประมวลและจัดแบ่งรายได้ (Clearing House)

ในกรณีที่ภาครัฐฯ กำหนดให้มีการคัดเลือกและว่าจ้างผู้เดินรถรายใหม่ แทนการให้ผู้เดินรถของระบบส่วนเดิม ก็จำเป็นต้องมีการดำเนินการให้เกิดระบบตั๋วร่วมสมบูรณ์ระหว่างผู้ให้บริการเดินรถทั้ง 2 ราย และจำเป็นต้องมีศูนย์ประมวลและจัดแบ่งรายได้ เป็นตัวกลางในการตรวจสอบประมวลตัวเลขและจัดแบ่งเงินที่เก็บได้ให้แก่ผู้ให้บริการเดินรถแต่ละราย ให้ถูกต้องตามข้อตกลงร่วม ซึ่งภาครัฐฯ จะต้องเป็นผู้ดำเนินการผลักดันงานส่วนนี้

ในเบื้องต้น ที่ปรึกษาได้กำหนดให้งานในส่วนนี้ต้องแล้วเสร็จก่อนการทดสอบระบบโดยรวมและทดลองการเดินรถของระบบ เพื่อให้มีระยะเวลาในการทดลองการทำงานของศูนย์ประมวลและจัดแบ่งรายได้ไปพร้อมกันกับการทดสอบระบบและทดลองเดินรถของระบบรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา คลอง 4

7.3 กิจกรรมวิกฤติ (Critical Activities) และสายงานวิกฤติ (Critical Path)

จากกรอบระยะเวลาการดำเนินงานโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยาย ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา คลอง 4 ที่กำหนดไว้ประมาณ 4 ปี หลังจากการจัดซื้อจัดจ้างแล้วเสร็จ สายงานวิกฤติ (Critical Path) ของการดำเนินการโครงการประเมินในเบื้องต้นได้ว่าจะอยู่ที่งานก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง โดยมีกิจกรรมวิกฤติ (Critical Activities) อยู่ที่การจัดกรรมสิทธิที่ดินสำหรับพื้นที่ก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง งานก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง และการติดตั้งและทดสอบระบบรถไฟฟ้า และการทดสอบระบบโดยรวม และการทดลองการเดินรถ

ทั้งนี้ มีประเด็นที่ควรกล่าวถึงอื่น ๆ ดังนี้

- ในแผนดำเนินงานโครงการ กำหนดให้การส่งมอบพื้นที่ล่าช้าที่สุดไม่เกิน 9 เดือนหลังจากได้ผู้รับจ้างก่อสร้าง ดังนั้นหากภาครัฐฯ สามารถเวนคืน และส่งมอบพื้นที่ที่ต้องการในการก่อสร้างโครงการทั้งหมด โดยเฉพาะพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ได้ก่อนกำหนดวันดังกล่าว ก็อาจสามารถดำเนินงานโครงการทั้งหมดให้แล้วเสร็จเร็วขึ้นได้
- กิจกรรมวิกฤติในส่วนงานก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง อยู่ที่งานก่อสร้างอาคาร Infrastructure Maintenance Workshop ซึ่งในการวางแผนงานกำหนดให้ดำเนินงานก่อสร้าง Platform ของศูนย์ซ่อมบำรุงไล่จากฝั่งด้านหนึ่งของศูนย์ซ่อมบำรุง ไปยังอีกฝั่งหนึ่ง ดังนั้นหากในการก่อสร้างจริงผู้รับจ้างก่อสร้างสามารถดำเนินงานก่อสร้าง Platform โดยมีชุดทำงานมากกว่าหนึ่งชุด หรือดำเนินการในพื้นที่ส่วนที่เป็นอาคารสำคัญก่อน ก็อาจสามารถดำเนินงานโครงการทั้งหมดให้แล้วเสร็จเร็วขึ้นได้

ในส่วนรถไฟฟ้า ซึ่งโดยปรกติจะใช้เวลาในการออกแบบ ผลิต ทดสอบ และจัดส่งรถไฟฟ้าเป็นระยะเวลาประมาณ 18-36 เดือน โดยขึ้นอยู่กับจำนวนรถที่สั่งซื้อ กำลังการผลิตของโรงงาน และงานที่ยังค้างอยู่ของโรงงานของผู้ผลิต ดังนั้นหากในช่วงการดำเนินงานโครงการมีการสั่งซื้อรถไฟฟ้าจากโครงการต่าง ๆ ทั่วโลกเป็นจำนวนมาก หรือมีความล่าช้าในขั้นตอนการจัดซื้อ จนใช้เวลามากกว่า 24 เดือนตามที่ประเมินไว้ในแผนก็อาจมีผลกระทบให้กิจกรรมดังกล่าวกลายเป็นกิจกรรมวิกฤติได้ เช่นกัน

7.4 เป้าหมายกำหนดเวลาของกิจกรรมการก่อสร้างหลักและข้อจำกัดต่างๆ

จากแผนดำเนินงานโครงการในรูปที่ 7.4-1 สามารถสรุปเป้าหมายกำหนดเวลาของกิจกรรมก่อสร้างหลักและข้อจำกัดต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

No.	กิจกรรมการก่อสร้าง	กำหนดแล้วเสร็จ	ข้อจำกัด
1	กำหนดวันที่ล่าช้าที่สุด ในการส่งมอบพื้นที่เพื่อการก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง	NTP + 9 เดือน	การเวนคืนที่ดิน การย้ายผู้บุกรุก อาศัยบริเวณริมคลองหกวา
2	โครงสร้างทางยกระดับของเส้นทางหลักแล้วเสร็จ	NTP + 24 เดือน	การก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้า
3	ติดตั้งงานระบบราง แล้วเสร็จ	NTP + 27 เดือน	การก่อสร้างโครงสร้างทางยกระดับของเส้นทางหลัก การก่อสร้างโครงสร้างทางเข้าสู่ศูนย์ซ่อมบำรุง และการก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง
4	ก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าทั้งหมด แล้วเสร็จ	NTP + 24 เดือน	การย้ายระบบสาธารณูปโภค การเปิดพื้นที่ก่อสร้างเป็นช่วง เพื่อลดผลกระทบจราจร
5	ก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารต่างๆ ภายในพื้นที่ แล้วเสร็จ	NTP + 24 เดือน	วันส่งมอบพื้นที่ก่อสร้าง ถนนเข้า-ออกพื้นที่ ซึ่งเกี่ยวพันกับโครงการถนนใหม่เชื่อมต่อถนนวิภาวดี กับถนนพหลโยธิน

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบ

ภาคผนวก ก.1

หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบแนวเส้นทาง (Track Alignment)

ภาคผนวก ก.1

หลักเกณฑ์และมาตราฐานในการออกแบบแนวเส้นทาง (Track Alignment)

1. GENERAL

1.1 Geometric design criteria is developed considering passenger comfort, safety and accepted engineering practices used in currently operating rapid transit and railroad systems. These criteria shall be adhered to in all cases. In difficult circumstances where certain physical constraints may require deviation form this geometric design, the designer shall identify and present to the Employer's Representative for review and comments, the specific location(s) and nature of the deviation(s). Design alignment shall also be conducted to provide not less than minimum clearance within an existing permanent way constructed required by others

1.2 Following the process outline here for any deviations is essential to ensure that the overall system performance is not jeopardised.

1.3 This geometric design establishes the basic Civil Engineering Criteria for horizontal and vertical control, alignment and clearances for the proposed vehicle dimensions and structure fixture and fittings.

2. STANDARDS and CODES

2.1 The standards presented in these criteria are taken from UIC leaflet 703R.

2.2 Due to the fact that this project is an extension of the existing Green line these criteria are provided to conform as closely as possible to the existing system.

2.3 The limiting alignment design criteria are specified to 3 levels:-

- Preferred values
- Desirable limit
- Absolute limit

2.4 The application of preferred values leads to the best passenger comfort, minimum wears and lowest maintenance cost.

2.5 The application of desirable limits will decrease the passenger comfort, increase wear and will lead to increased maintenance cost, but will be normally acceptable.

2.6 The application of absolute limits will lead to a minimum of passenger comfort, more increase in wear and higher maintenance cost. The absolute limits should only be applied as absolutely necessary on an exceptional basis

2.7 In order to minimize wear and tear and maximize passenger-riding comfort the alignment should, wherever possible, conform to the following:

- Frequent changes in curvature should be avoided.
- Preferred values for any element of the alignment should be applied if possible.
- Desirable limits can normally be applied, but absolute limits should only be used when unavoidable.
- Largest practical vertical curves should be used at each location.
- Lengths of elements shall be sufficient to allow vehicles to stabilise between leaving one curve and entering another.
- Crossovers and turnouts should be located on straight track sections and be clear of vertical curves.
- A nominal cant deficiency of 25mm is normally retained before cant is applied in order to provide positive guidance to steer the bogies through curves.

3. OPERATING REQUIREMENT

3.1 The maximum design speed is the theoretical maximum speed at which any train may travel on a section of a track based on these design criteria. For this project the maximum design speed does not need to exceed 80 km/h. The target of the alignment design is to achieve this speed at any position along the line.

3.2 The design speed is the speed at which trains will travel on the track. The design speeds are used for the determination of appropriate cant and spiral lengths on any curved section of track. In this project the design speed is 80 km/h for tangent tracks, 45 km/h for curved tracks with R = 100m and 25 km/h for secondary tracks. The applied cants and spirals should be checked to allow for these conditions.

4. HORIZONTAL ALIGNMENT

4.1 GENERAL

4.1.1 The horizontal alignment on mainline track shall consist of tangent sections connected to circular curves by spiral transitions. The maximum operating speed for the mainline revenue track shall be 80 km/h, the approach to Depot shall be 60 km/h, and for the depot tracks shall be 25 km/h with the exception of the straight portion of the test track (in the Depot) which shall have a higher design speed limit of 80 km/h.

4.1.2 If required by the M&E Contractor, design should be carried out for 80 km/h but checked for up to 90 km/h catch-up speed to ensure that the comfort criteria are not violated. Where feasible, maximum speed will be maintained through the curved track sections by

the application of superelevation, which shall be limited to a maximum of 125 mm and cant deficiency of 110 mm maximum.

4.2 TANGENT SECTIONS

4.2.1 The horizontal alignment shall be on tangent at all station platforms for the entire length of the platform. The platform length is based on a "full train set" length, which consists of 6 cars. To maintain constant distance between platform and vehicle, the tangent section shall also extend beyond each end of the platform. The minimum desirable unsuperelevated tangent length beyond each end of a platform is usually based on the length of one car. A special study shall be undertaken if ideal conditions are not met.

4.2.2 All special trackwork shall be on tangent track. The minimum length of tangent track preceding a switch point in both mainline track and Depot shall be 5.0 m, except where the movement of the vehicle would entail a reverse curve movement. In this case the criteria for tangent lengths between reverse curves shall apply.

4.3 CURVED SECTIONS

4.3.1 Circular Curves

4.3.1.1 Circular curves shall be defined by their radii in metres.

4.3.1.2 Larger radii shall be used whenever possible to improve rider comfort. The minimum lateral radius of curvature for mainline track shall be governed by the design speeds and by the limits for superelevation, but it shall not be less than 200 m for the mainline, in general, with the exception in the Northbound bored tunnel between Ratchada and Lat Phrao stations where the lateral radius of 190m is adopted

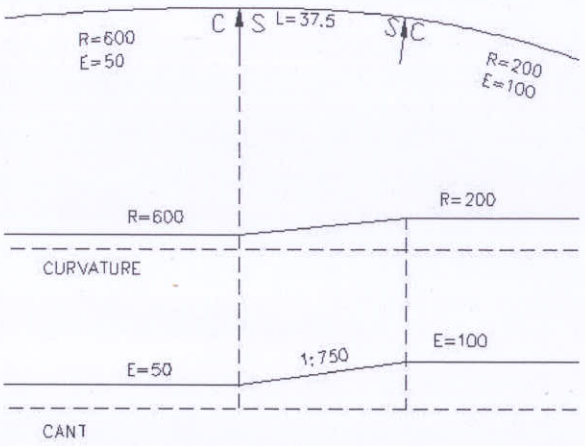
4.3.1.3 The absolute minimum lateral radius of curvature to be used in Depot tracks shall be 100 m, subject to the criteria established by the M&E Contractor.

4.3.1.4 The desirable minimum length of a circular curve shall be V/2 in metres where V is the design speed in km/h.

4.3.1.5 For dual tracks on curves, the smaller of the two radii shall govern the selection of clearance requirements and minimum spacing of track centres.

4.3.2 Compound Curves

Compound curves will not normally be required between two different radii of the circular curves where the change of radius of the larger curve does not exceed 15% of the radius of smaller curve and provided that the cant deficiency and/or cant excess criteria are not exceeded for either circular curve. Where a compound circular curve is employed with a change of radius greater than 15% of the smaller radius, or where the cant deficiency or cant excess criteria necessitate a change in cant between the circular curves, a suitable transition curve shall be interposed between the two parts of the curve. The length of such a transition shall be equal to the difference between the required transition lengths at each end of the curve.



4.3.3 Reverse Curves

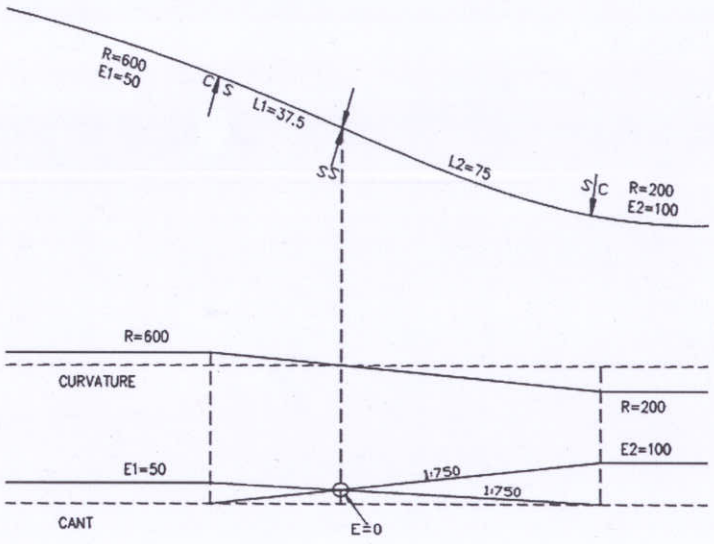
A tangent of a minimum length shall connect reverse curves without cant. Horizontal transition curves shall be used if the minimum length (15m) cannot be achieved.

Reverse curves with cant and transition curves shall be designed with equal superelevation ramp gradients.

The cant gradient being calculated/applied between adjacent curve CS/SC points are shown below.

Cant application/gradients in reverse curves

$$\frac{L1}{L2} = \frac{E1}{E2}$$



4.4 Curvature and Minimum Tangents

4.4.1 The limits for radii for horizontal circular curves shall be as follows:

- Desirable minimum radius 350 metres for running lines
- Absolute minimum radius:
  a) 200 metres for running lines and depot connection tracks
  b) 100 metres within depots

4.4.2 Whenever possible the track shall be straight throughout the length of the stations. The presence of external constraints may necessitate limited encroachment of transition curves at station ends but this shall be avoided wherever possible. Where encroachment is unavoidable this shall be limited such that the vehicle throw does not affect the platform nosing clearance.

4.4.3 Circular curve radii shall be selected to be the maximum practicable. The radius selected for any particular curve shall not be so large as to unnecessarily impose more severe curvature of the track at either end of the curve.

4.4.4 The combination of circular curves and their related transition curves shall be chosen such that the length of pure circular arc between transitions is not less than the following:

- Preferred minimum 50 metres
- Desirable minimum 25 metres
- Absolute minimum 17 metres

4.4.5 For any two consecutive circular curves of the same direction of curvature the length of straight track between the ends of the curves or of the transitions where these are required shall be not less than the following:

- Preferred minimum 50 metres
- Desirable minimum 25 metres
- Absolute minimum 17 metres

4.4.6 For any consecutive circular curves with opposite direction of curvature the length of straight track between the ends of the curves or of the transitions where these are required shall be not less than the values given in clause 2.1.5 above.

4.4.7 Reverse curves in depot tracks shall require to be connected by a minimum length of straight track that shall be determined by the rolling stock characteristics and radii concerned.

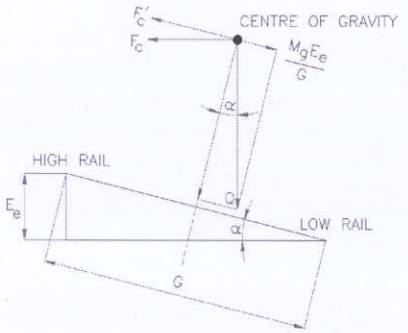
4.5 SUPERELEVATION (CANT)

4.5.1 General

4.5.1.1 Superelevation or cant is the incremental vertical height by which the outer rail in a curved track is raised above the inner rail. A superelevation shall be introduced in curves on all tracks where deemed necessary in accordance with the formulae given below.

4.5.1.2 Superelevation shall not normally be provided on depot track.

4.5.1.3 Where deceleration, consideration should essionaire, to varying the superel l forces caused by varying speeds.



4.5.1.4 The equ minal track gauge of 1435 mm an

4.5.2 Equili

Equilibrium superelevation (E_e) is the theoretical amount of additional elevation of the outer rail with respect to the inner rail on a given curve that is required to balance the centrifugal force at a given speed V, thus reducing the lateral acceleration, a1, to zero. E_e can be calculated from the equation.

$$v^2/R - gE_e/G = 0 \qquad \ldots(1)$$

$$v^2/R = gE_e/G \qquad \ldots(2)$$

$$E_e = (v^2)G/Rg \qquad \ldots(3)$$

Where v = speed, **m/s**
V = speed, **km/h**
R = radius, **m**
g = acceleration due to gravity, **9.81m/s²**
G = distance between rail axes, **1500mm**

$$\mathbf{E_e = 11.8\ V^2/R} \qquad \mathbf{\ldots(4)}$$

4.5.3 Normal Superelevation (En)

4.5.3.1 For practical reasons it has been determined that E_e may be decreased to E_n which will still provide satisfactory passenger comfort. E_n is defined as the acceptable elevation of the outer rail with respect to the inner rail on a given curve and E_u is defined as deficiency of superelevation. Then ...(1) shall be rewritten as shown below:

$$v^2/R - g(E_n - E_u)/G = 0 \qquad \ldots(5)$$

$$\text{let; } gE_u/G = Z \qquad \ldots(6)$$

Z; a non compensated lateral acceleration, m/s^2, therefore

$$\mathbf{E_n = [(V^2/12.96R) - Z)\ 153\ ]} \qquad \mathbf{\ldots(7)}$$

Computed E_n values under 20mm are disregarded. The maximum allowable superelevation shall be 125mm

4.5.3.2 Taking into account the passenger comfort, Normal superelevation shall allow to create a non compensated lateral acceleration, (Z) at the value of not greater than $0.72m/s^2$. Above this value the designed speed shall be adjusted.

4.5.4 Absolute Minimum Superelevation (Emin)

4.5.4.1 In difficult design conditions, the unbalanced superelevation may be increased by the minimum amount necessary. This increase in unbalanced superelevation will cause an increase in lateral acceleration, which shall be limited to a maximum value of 0.72m/s^2. E_{min} can be calculated from:

From EQ. ...(6), $gE_u/G = Z$

$$E_u = (1500x0.72)/9.81 = 110mm$$

$$\mathbf{E_{min} = (11.83V^2/R) - 110} \qquad \mathbf{...(8)}$$

Where:
E_{min} = minimum superelevation (mm)
V = design speed (km/h)
R = radius (m)

4.5.4.2 Computed values of E_{min} between 1 mm and 20 mm are to be rounded up to 20 mm.

4.5.4.3 The design superelevation shall not result in a lateral acceleration in excess of 0.72m/s^2,

4.5.5 Unbalanced superelevation (Cant deficiency)

4.5.5.1 Unbalanced superelevation or cant deficiency shall be calculated as follow:

$$\mathbf{E_u = E_e - E_n} \qquad \mathbf{...(9)}$$

Where:
E_u = Cant deficiency
E_e = Equilibrium cant
E_n = Normal cant.

4.5.5.2 The deficiency of cant shall be limited to:

- Maximum allowable deficiency of cant on plain line for CWR and jointed track 100 mm
- Maximum allowable deficiency of cant on turnouts and crossings of CWR and jointed track 90 mm
- Limit of negative cant on switches and crossings for CWR and jointed track 80 mm
- It is desirable that trains normally operate with a slight cant deficiency and the minimum value at 80 km/h shall be taken as 20 mm

4.5.6 Acceptable Range of Superelevation (for circular curves)

4.5.6.1 Where the introduction of E_n causes a reduction in design speed from the maximum design speed based on normal train operation, the maximum design speed may be maintained by allowing the lateral acceleration to increase (by the smallest amount necessary) toward but not exceeding 0.72 m/s^2.

4.5.6.2 Where there is alignment restrictions, minimum clearances or for economic considerations, the procedure stated in spiral length shall be taken into account

4.5.7 Application of Superelevation

4.5.7.1 The selection of superelevation required for a particular curve will be dependent on the following criteria:

- Maintenance of the maximum speed through the curve;
- Providing the desired level of passenger comfort;
- Choosing the minimum value of superelevation.

4.5.7.2 The designer shall use desirable values for superelevation wherever possible. If desirable values are not attainable, the superelevation may be reduced (by the smallest amount necessary) toward the absolute minimum superelevation.

4.5.7.3 Maximum permissible speed $V = 0.29 \times \sqrt{[\, R\,(Ea + Eu)\,]}$

Where:
- R = horizontal curve radius in metres
- V = maximum permissible speed in km/h
- Ea = applied cant in mm
- Eu = maximum allowable deficiency of cant in mm

4.5.7.4 The maximum applied cant shall be:

- Absolute maximum 125 mm
- Desirable maximum 110 mm.

4.5.7.5 The maximum non compensated acceleration experienced by a passenger within the train, a_d, is given by $a_d = g.h_d / s$

where
- g = gravitational acceleration at 9.81 m/s^2
- s = track centres, taken as 1.5 m.

4.5.7.6 Non compensated lateral acceleration shall be limited to:

- Desirable maximum = 0.50 m/s^2
- Absolute maximum = 0.85 m/s^2
- Desirable minimum = 0.13 m/s^2

4.5.7.7 The track alignment shall be designed on the basis of maximum line speed of 80 km/h. Where external constraints or train operations require, speed restrictions may be introduced.

The maximum speed will then be as follows, subject to the provision of suitable entry and exit transitions:

Curve Radius (m)	Speed (km/h)
100	45
125	50
150	55
175	60
200	63
250	71
300	77
> 300	80

4.5.7.8 Applied cant shall be specified to the nearest millimeter for non-ballasted track.

4.6 TRANSITION SPIRAL

4.6.1 For a smooth transition, transition spirals shall be used between tangent track and circular curves. When the shift of any calculated transition curve would be less than 10 mm the actual transition curve may be omitted. In this case, the required change of cant shall take place over the calculated length of the transition, or length of a car whichever is the greater, and in the same location as if the transition had been provided.

4.6.2 In general for all running lines and depot connection tracks transition curves shall be provided wherever possible between a circular curve and adjoining straight, between the different radii of a compound curve and at the adjoining ends of circular curves forming reverse curves. Transition curves are not required in sidings or in depot tracks.

4.6.3 Spiral Length

4.6.3.1 the principles that govern the determination of the spiral length are;

- To privilege the maximum operational speed
- To allow for the installation of the maximum normal superelevation (En) while operating at maximum operational speed
- The length of the circular curve with normal superelevation (En) that has to be at least equal to the distance between the extreme wheel of a train car i.e. 15.8 + 2.5 = 18.3m

This principles lead to the following formula;

$E_{n,max}$ = 125mm, $E_{u,\,max}$ = 110mm

From formulae ...(4) and ...(9) then

$$E_n + E_u = 235 = (11.8V^2_{max})/R \qquad ...(11)$$

$$\mathbf{V_{max} = 4.46(R^{1/2})} \qquad \mathbf{...(12)}$$

V_{max} is the maximum operation speed in the condition of the appliance of the Maximum normal superelevation (E_n), km/h

4.6.3.2 The minimum spiral length is calculated according to the technological characteristic of the modern Rolling Stock for which the maximum value of the velocity of the longitudinal rotation is limited to 0.033rad/s or 50mm/s in term of rate of change of cant (J. Alias – La Voie Ferié) this figure represents the maximum admissible cant gradient and corresponse to the expression

$$180/V_{max} = \text{Cant gradient} \qquad ...(13)$$

where V_{max} is in km/h

The maximum absolute value for, for safety reason, is 4mm/m

4.6.3.3 Further to the calculation of the minimum spiral length we verify this length in comply with the following criteria related to the passenger comfort during the train riding through the curve

the following figures have been agreed by M&E Designated Contractor

Rate of change of cant and cant deficiency ($\Delta E_u/\Delta t$)

- Preferable 35mm/s
- Maximum 55mm/s
- Exceptional 70mm/s

$$\Delta t = V/3.6L \qquad ...(14)$$

where V in km/h, then

$$\Delta E_u/\Delta t = (E_u V_{max})/(3.6L_s) \qquad ...(15)$$

In modern railway systems the variation of the rate of change of cant deficiency (JERK) is, for passenger comfort reason, limited to 0.47m/s³ or 0.048g/s which correspond to the exceptional value of 70mm/s of the rate of change of cant deficiency here above

4.6.3.4 In case of the above calculation is not met the aforementioned criteria. The following procedure shall be observed

analyse the possibility to increase the spiral length by taken into account the principle c) in clause 4.3.2.1 and the tunnel geometrical position

if the above analysis by increasing the length comes out impossible , the speed will shall be reassessed to comply with the criteria set out in this section

4.6.4 Spiral Geometry

4.6.4.1 Figure 1 – Transition Spiral indicates the geometry of the transition spiral to be used. The symbols and equations for this spiral are as follows:

Designated Points for Spiral and Circular Curve:

T.S = point of change form the tangent to the spiral curve;
S.C. = point of change form the spiral curve to the circular curve;
C.S. = point of change from the circular curve to the spiral curve;
S.T. = point of change from the spiral curve to the tangent;
P.I. = point of intersection of the two main tangents;
S.P.I. = point of intersection of the straigth and the tangent to the circular curve in point SC;
P.O.S. = point on spiral

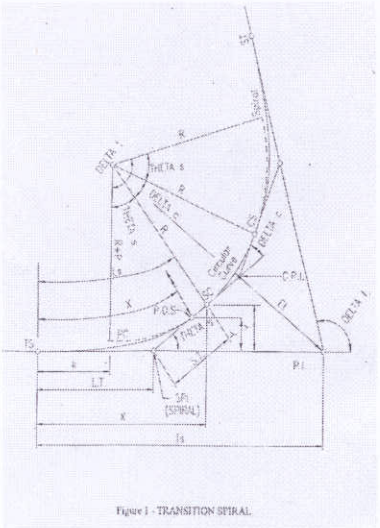


Figure 1 - TRANSITION SPIRAL

4.6.3.2 Equation for Spiral and Circular Curve

L_s = actual length of spiral
R = radius of circular curve
r_λ = instantaneous radius to point on spiral (P.O.S.)
λ = partial length of spiral curve from T.S. or S.T. to any point on the spiral (P.O.S.). The limiting value is Ls.

$$= \frac{RL_s}{r_\lambda}$$

DELTA t (Δ_1) = total central angle, degrees
$= 2\theta_s + \Delta_c$

THETA s (θ_s) = total spiral angle, degrees

$$= \frac{90L_s}{\pi R}$$

Δ_c = central angle of circular curve, degrees

$\theta_s = \frac{L_s}{2R}$ expressed in radians

Δ_r = angle in radians between tangent to spiral at P.O.S. to the long tangent

X = abscissa distance from T.S. to S.C. or S.T. to C.S.

$$= L_s \left[\frac{\Delta_{s2}}{3} + \frac{\Delta_{s4}}{216} + \frac{\Delta_{s6}}{9360} + \frac{\Delta_{s8}}{685440} + \ldots \right]$$

Y = ordinate distance from T.S. to S.C. or S.T. to C.S.

$$= L_s \left[\frac{\Delta_r}{3} + \frac{\Delta_{r3}}{42} + \frac{\Delta_{r5}}{1320} + \frac{\Delta_{r7}}{75600} + \frac{\Delta_{r9}}{6894720} + \ldots \right]$$

x = abscissa distance from T.S. to P.O.S.

$$= \lambda \left[1 - \frac{\Delta_{s2}}{3} + \frac{\Delta_{s4}}{216} + \frac{\Delta_{s6}}{9360} + \frac{\Delta_{s8}}{685440} + \ldots \right]$$

y = ordinate distance from T.S. to P.O.S.

$$= \lambda \left[\frac{\Delta_r}{3} + \frac{\Delta_{r3}}{42} + \frac{\Delta_{r5}}{1320} + \frac{\Delta_{r7}}{75600} + \frac{\Delta_{r9}}{6894720} + \ldots \right]$$

L.T. = long tangent $= X - \frac{Y}{\tan\theta_s}$

S.T. = short tangent $= \frac{Y}{\sin\theta_s}$

q = abscissa distance from the T.S. to point on circular curve produced where the circular curve radius is perpendicular to the long tangent of the spiral
$= X - R \sin\theta_s$

p = ordinate offset from tangent line through T.S. to point on circular curve produced where the radius is perpendicular to the long tangent of the spiral
$= Y - R (1 - \cos\theta_s)$

Et = distance from P.I. to circular curve projected through centre of circle
$= (R + p) (\sec\theta_s/2 - 1) + p$

Ts = tangent length from T.S. or S.T. to P.I.
$= (R + p) \tan\theta_s/2 + q$

Note: All lengths are in metres.

4.6.5 The cant gradient shall be subject to the following limits:

- Absolute maximum = 1 : 400
- Preferred = 1 : 500 (or baseplate centres in mm)
- Minimum = 1 : 1000

4.6.6 The rate of change of cant or cant deficiency shall be limited to:

- Absolute maximum = 55 mm/s for plain track
- Desirable maximum = 35 mm/s for plain track
- Absolute maximum = 90 mm/s for special trackwork

4.6.7 Transition curves will not normally be required between different radii of a compound curve where the change of radius of curvature does not exceed 15% of the smaller radius and provided that the cant deficiency and/or cant excess criteria are not exceeded for either curve.

4.6.8 Where a compound curve is employed with a change of radius greater than 15% of the smaller radius, or where the cant deficiency or cant excess criteria necessitates a change in cant between the circular curves, a suitable transition curve shall be interposed between the two parts of the curve. The length of such a transition shall be equal to the difference between the required transition lengths at each end of the curve.

4.6.9 When the actual shift of any calculated transition curve would be less than 10 mm the actual transition curve may be omitted. In such case, the required change of cant shall take place over the calculated length of the transition, or 17 metres whichever is the greater and in the same location as if the transition had been provided.

4.6.10 The principle of virtual transition shall be adopted at locations where it is not possible to provide a transition. Examples are to be found in special trackwork at the toe of the switches. In such cases a chord of length of 14.8 metres is used to compute the apparent versine and whence radius of curve. The 14.8 m represents the distance between bogie centres of a typical transit car.

5. VERTICAL ALIGNMENT

5.1 GENERAL

5.1.1 Station Track : Change of grade within length of station platform plus one car beyond each end of platform is not permitted without special study and issue of a notice of no objection. The preferred grade for station areas is 0.0% (although there must be adequate drainage), but maximum gradients up to 0.5%, for above ground stations and 0.3% for underground stations will be permitted subject to the review by the M&E Contractor and issue of a notice of no objection.

5.1.2 Inter-Station Track : The maximum desirable sustained grade shall be 5.0% or less. The minimum desirable length of constant profile grade shall be 100 metres. A flat (0.0%) grade is acceptable if adequate drainage can be provided. However, in practice alternating longitudinal grades of 0.5% with drains at the low point, is the most effective way of assuring proper drainage.

5.1.3 Depot Tracks : The desirable grade on storage tracks is 0.0% but the maximum grade shall not exceed 0.3%. Adequate track drainage shall be designed to suit the actual grade. All shop tracks be 0.0% grade.

5.2 VERTICAL CURVES

5.2.1 All changes in grade shall be connected by a circular curve or by a parabolic curve as shown in Figure 3 – Properties if Parabolic Vertical Curve.

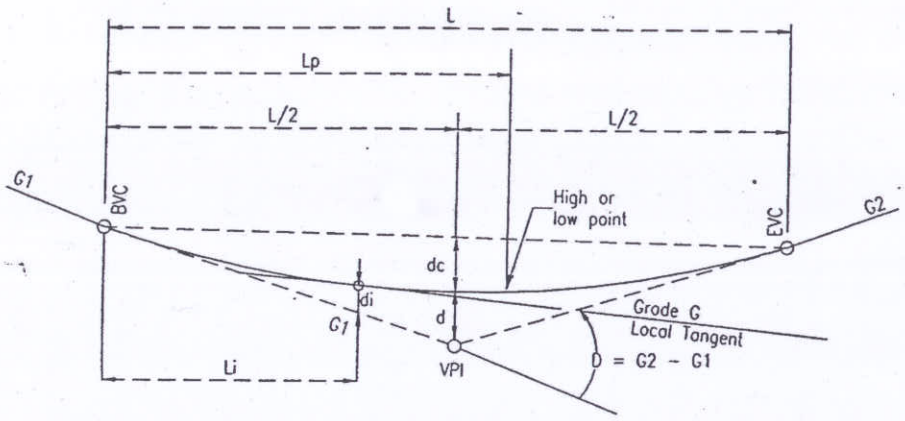


Figure 3 - PROPERTIES OF PARABOLIC VERTICAL CURVES

D = G2 – G1 (Algebraic difference of adjoining grades)

d = $dc = \frac{DL}{800}$ (Offset from VPI to the mid point of curve)

$d_i = \frac{L_i^2 d}{\frac{(L)^2}{4}}$

(Offset from grade tangent to any point on the vertical curve, distance Li from BVC)

$di = \frac{DLI^2}{200L}$

G = G1 – LiD (Grade at distance L from BVC – Local Tangent)

Lp = $\frac{G1L}{D}$ (High or low point on vertical curve (Apex) from BVC)

Note: Distance L, d, dc, Lp, Li are in meters;
Grade G1, G2, D, G are in percent

5.2.2 Radius of Curvature and Length of Curve

5.2.2.1 The minimum desirable length of the vertical curve shall be the larger of the following:

(1) Lc = 60 m Mainline

(2) $Lc = 0.0025\ DV^2$

where: Lc = the minimum length of vertical curve (m)
L = the actual length of the vertical curve (m)
D = algebraic difference (absolute value) of the adjoining grades (%)
V = design speed (km/h)

5.2.2.2 The minimum radius of the vertical curve occurs at its apex and is defined as follows:

$$R = 100\ L/D$$

Where L and D have the same definition as for equation 2 above.

5.2.3 Vertical curves in plain line shall wherever possible be positioned such that coincidence with horizontal transitions is avoided. Where such coincidence is unavoidable the largest practicable vertical curve radius shall be employed.

5.2.4 This exception applies solely to non-ballasted track, in the case of ballasted track such coincidence is not permitted.

5.2.5 Vertical curves shall, for each location, be selected on the basis of the largest practicable vertical curve radius subject to the following limit:

- Minimum desirable radius = 1500 metres
- Preferred radius = 4000 metres
- Vertical acceleration, av = vmax2/Rv, shall be limited to;
  - a) Desirable maximum = 1%g ~ 0.10 m/s2
  - b) Absolute maximum = 3%g ~ 0.30 m/s2

5.2.6 The length of constant grade between consecutive vertical curves shall be as follows:

- Desirable minimum = 50 metres
- Absolute minimum = 25 metres

5.2.7 At special trackwork vertical curves shall conform in general to the requirements for plain line and additionally such curves shall neither coincide with any part of the overall length of switches and movable crossings nor with any monobloc crossing.

5.2.8 At station ends the tangent point of the vertical curve shall be permitted to encroach within the length of the platform to a limited extent. This length of encroachment shall be such that the vertical offset of the curve from the station gradient - normally level - at the platform end shall not exceed 15 mm.

5.3 Gradients G

5.3.1 The limits for gradients shall be as follows:

5.3.1.1. For running lines the desirable maximum gradient shall be 3.5% and the absolute maximum gradient shall be 4.0%. Where gradients of 1% or less are used they may be unrestricted in length. Gradients of between 3% and 4% shall be kept as short as possible.

5.3.1.2. At stations the track shall be at 0% grade throughout the length of the platform except for the limited length of vertical curves as specified in Clause 3.1.5 above.

5.3.1.3. Drainage provisions on elevated tracks shall be built in to the trackform in such a manner as to permit rapid dispersal of rainfall to the system as provided under the civil structures contract and such provision shall not be instrumental in dictating the track vertical profile.

5.3.1.4. Sidings shall be level or shall fall away from the main line connection at a gradient not exceeding 0.25%. Train berths shall be level or shall fall towards the end stops at a gradient not exceeding 0.25%.

5.4 Equivalent Gradients - Curve Resistance

5.4.1 The effects of horizontal curvature may be added algebraically to the vertical upgrade to derive the "equivalent" vertical grade that is used to compute train running simulation, particularly in the case of degraded operational circumstances, such as a failed train being pushed forward by a following train.

The following values are to be used:

Rh - horizontal curve radius metres	Equivalent vertical grade Ge%
200	0.45
250	0.33
300	0.27
400	0.19
500	0.15

6. TURNOUT AND CROSSING GEOMETRY

6.1 General

6.1.1 Whenever possible special trackwork shall coincide with neither vertically nor horizontally curved track.

6.1.2 Where it is not possible to avoid coincidence with vertical curves the movable components, switch rails and movable crossings, if used, shall not be laid on vertical curves. In a similar manner, cast or machined monobloc crossings are similarly restricted as to vertical curve geometry.

6.1.3 Special Trackwork shall not coincide with horizontal transition curves.

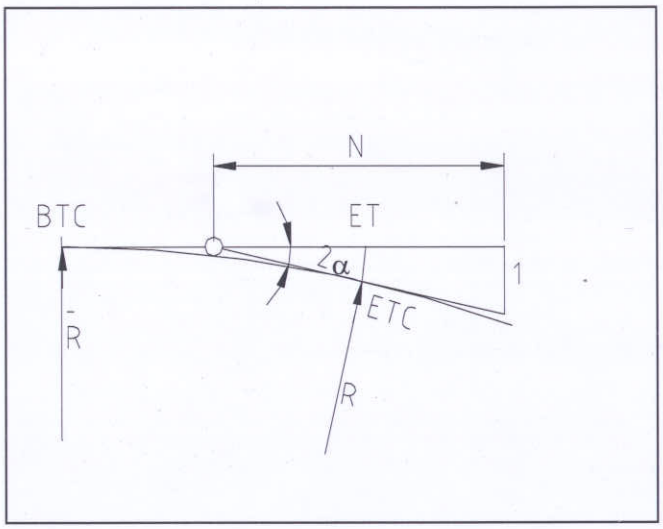
6.1.4 All movable parts of special trackwork and associated operating equipment shall be prohibited from being positioned over a structural movement joint and shall wherever possible encroach no closer than 10 metres from such joint.

6.1.5 Main Line Turnout geometry shall be designed using the principle of virtual transition so as to conform to passenger comfort values and this shall dictate the radii and associated entry angles. Depot Turnouts shall require to permit safe transit at the design speeds and passenger comfort shall not necessarily dictate geometry.

6.1.6 A turnout enables a vehicle to be diverted from one track to another. A turnout consists of a pair of switches and a crossing, connected by closure rails.The diverging track is

composed of a segment of a circle, which is tangential to the through line at the start of the divergence.

6.1.7 Wherever possible turnouts shall be located on straight and level tracks. The maximum deficiency of cant in turnout curves is 90 mm. If this is not practical, turnouts may be located on curved sections and within a gradient Turnouts and diamonds are not to be located in vertical curves. The crossing angles of the turnouts proposed for this project are determined according to the Right Angle Measurement (RAM).



$$2\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1}{N}\right) \qquad N \text{ and } CA = \frac{1}{\tan 2\alpha}$$

CA	=	crossing angle
BTC	=	begin of turnout curve
ETC	=	end of turnout curve
R	=	radius of the turnout measured in the centre line of the track
2α	=	angle in degrees

6.2 Emergency Crossovers - Main Running Lines

6.2.1 Emergency Crossovers shall be based on a suitable geometry to permit a speed of up to 35 km/h through the crossover in accordance with the curve criteria in Clause 2.3 above.

6.3 Double Crossovers - Scissor Type Crossover - Main Running Lines

6.3.1 Double Crossovers shall be based on a suitable geometry to permit a minimum operational speed of 40 km/h in accordance with the curving criteria in Clause 2.3 above.

6.4 Isolated Turnouts & Crossovers - Main Running Lines & Depot Connection Track

6.4.1 Turnouts and Crossovers on the main lines shall be based on a suitable geometry to permit passage at up to 50 km/h on the reverse route and up to 80 km/h on the normal route, in accordance with the curving criteria in Clause 2.3 above.

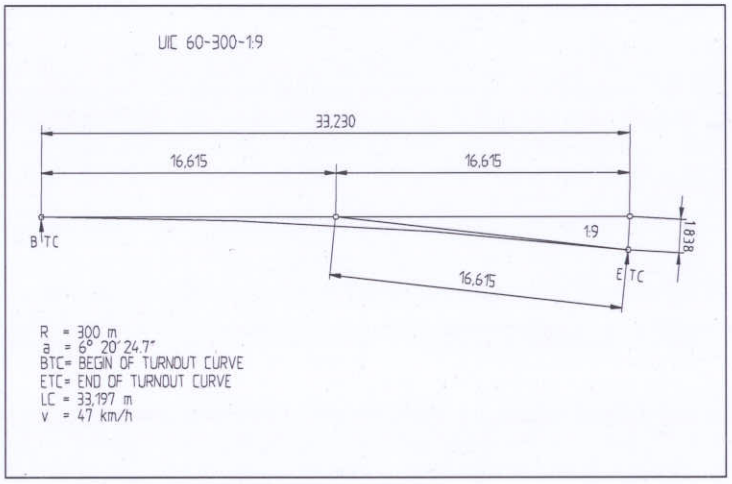
6.4.2 Generally the Normal route shall be on tangent alignment, however, where local constraints dictate that the normal route is curved then the principle of equivalent radius shall apply.

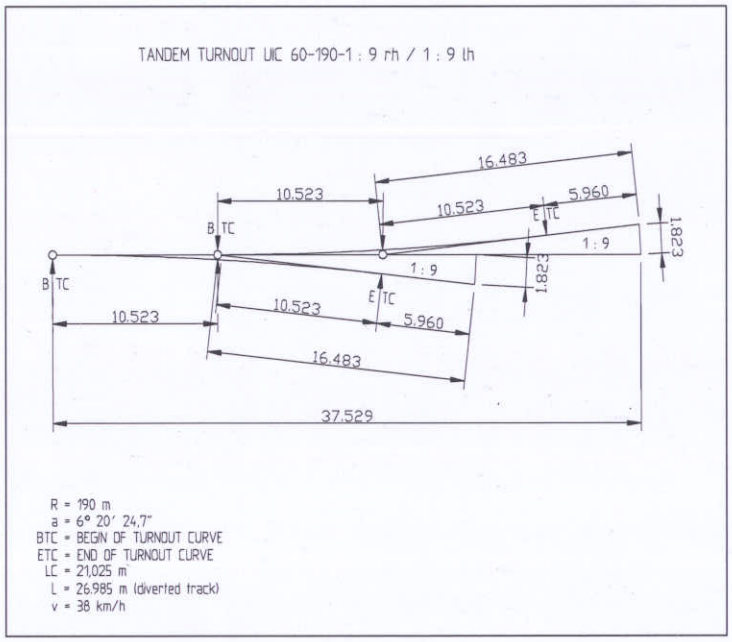
- For turnouts diverging with contraflexure, $Re = [Rm \times R] / [Rm - R]$
- For Turnouts diverging with similar flexure, $Re = [Rm \times R] / [Rm + R]$
- Main Line cant must be considered in the computation of speed through the turnout.

6.5 Type of Turnouts

6.5.1 The following turnouts are used in this Project:

- tandem turnout UIC 60 - 190 - 1:9 rh / 1:9 lh
- single turnout UIC 60 - 300 - 1:9





6.5.2 The maximum allowable speeds through the turnout curves as indicated in the figures above have been derived from:

- the maximum permissible deficiency of cant,
- the maximum lateral acceleration and
- the turnout curve radii.

6.5.2 Speed in turnouts and crossovers

The lateral acceleration is the criterion for the maximum speed in turnouts:

$$A = \frac{V^2}{12.96 \times R} - \frac{9.81 \times E}{1500}$$

Let $E = 0$

then:

$$A = \frac{V^2}{12.96 \times R}$$

and transposing:

$$V = \sqrt{A \times 12.96 \times R}$$

The formula for the maximum lateral acceleration is:

$$\max A = \frac{D \times g}{s} \qquad [m / sec^2]$$

Let: maximum D =90 mm in turnouts, g = 9.81 m/sec2 and s = 1500 mm

then: $\boxed{\max A = 0.5886}$ $[m / sec^2]$

The maximum speed in turnouts is given by the formulae:

$$V = \sqrt{0.5886 \times 12.96 \times R}$$

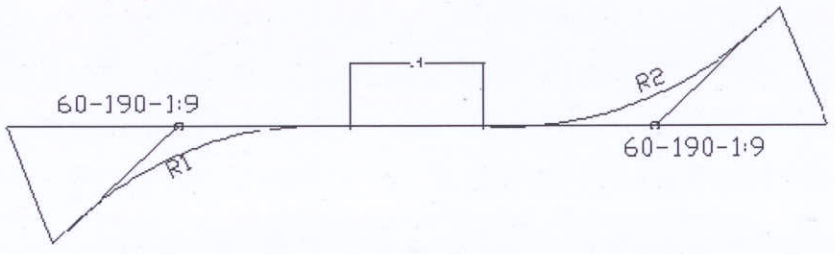
$$\boxed{V = 2.76 \times \sqrt{R}}$$ [km/h] (maximum)

6.6 Distance between beginning points of turnouts

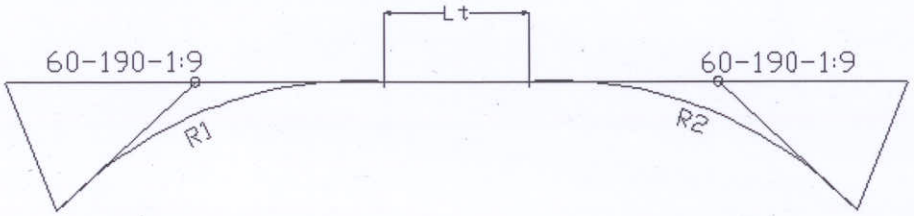
6.6.1 The tangent length, Lt must be min 7.000m if an insulated joint is installed between the turnouts

6.6.2 Under the condition that 1000 / R1 + 1000/ R2 > 10, the tangent length (lt) must be min 6.000 m

6.6.3 Under the condition that 1000 / R1 + 1000/ R2 < 10, the tangent length (lt) must be 0.10 x V.



6.6.4 Lt must be min 7.000m if an insulated joint is installed between the turnouts, else the turnouts may have a common beginning point



6.7 Tangents

6.7.1 To maintain passenger comfort a sufficient tangent length shall be provided to permit the vehicle to stabilise between two separate curves.

6.7.2 The length of straight track between circular or transition curves should preferably not be less than the following:

- Preferred length 0.4 x V
- Desirable length 0.25 x
- Minimum length 15 m.

6.7.3 If unavoidable, a shorter length may be used in crossovers or turnout fans.

6.7.4 The above listed tangent lengths are derived from the German Railway Regulations RIL 80001. They are required in order to stabilise the vehicle after passing a non- transitioned change in curvature.

6.8 Circular curves

6.8.1 The tables below show the Radii for both, mainline and siding tracks.

6.8.1.1 Main Line

- Preferred radius 350 m
- Desirable radius 300 m
- Minimum radius 95 m.

6.8.1.2 Siding

- Preferred radius 300 m
- Desirable radius 190 m
- Minimum radius 80 m.

6.8.2 The length of the a circular arc shall not be less than the following:

- Preferred length 0.4 x V
- Desirable length 0.25 x
- Minimum length 15 m.

6.9 Special Trackwork - Depot Tracks

6.9.1 Such tracks shall be restricted to an operational speed of up to 25 km/h and design shall permit this speed to be attained in a safe manner but does not require strict adherence to the passenger comfort values in Clause 2.3 above.

6.10 Physical Flank Protection by such as Trap Switches or Derail devices.

6.10.1 The safe working of trains may require the provision of such apparatus at turnback sidings and depot connection tracks.

6.10.2 If they are provided it shall be essential to restrict the movement of derailed vehicles to minimise the risk of fouling any adjacent track structure gauge and in addition a derailed vehicle shall neither promote structural failure nor the vehicle falling from the superstructure.

7. Clearances and gauges

7.1 General

7.1.1 For operational safety, the clearance gauges have to be observed for all operating vehicles.

7.1.2 The clearance gauges depend on the structural size of the rolling stock and the additional safety values. The clearance gauges were developed for the existing BTS Project.

7.1.3 Due to the fact that this project is an extension of an existing line the Clearance requirements are the same as on the existing line and will be applied unchanged.

7.1.4 For information and to recall the for construction relevant clearance dimensions on the next page is shown a sketch with the structure gauge dimensions.

7.2 Track Gauge

7.2.1 Track gauge The type of rail to be used is typically based on a cost/benefit analysis of the various sections available.

7.2.2 The analysis considers design axle load, predicted traffic levels, relative costs of switches and crossings and a maximum design speed of 80 km/h.

7.2.3 Running rails type UIC 60 kg/meter have been adopted, inclined at 1:40 on plain line.

7.2.4 The standard track gauge shall be 1435 mm, measured 14 mm below the surface of the rails between the inner faces of the two running rails.

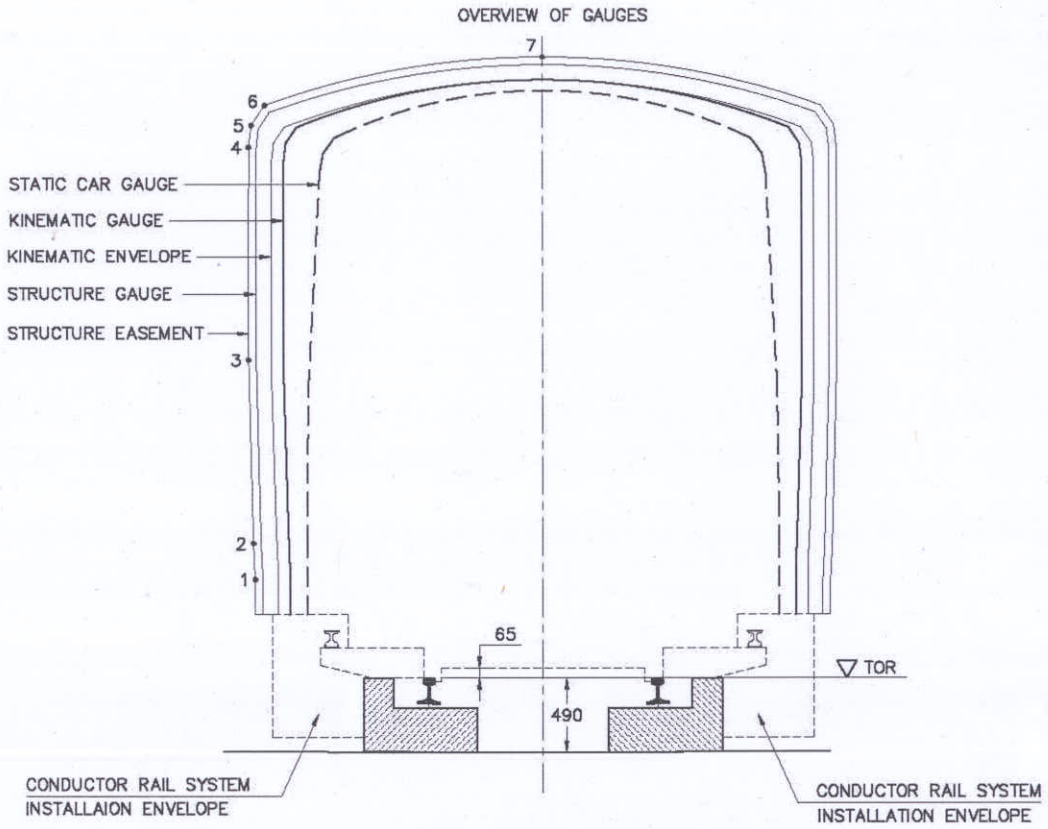
7.3 Track Distance in Main Line, Stations and Sidings

7.3.1 The track distance on the main line is 3.8m for tangent tracks.

7.3.2 In the stations the track distance is defined by the width of the platform and the distance between the track centre line and the platform edge.

7.3.3 In curved tracks the track distances must be enlarged due to the applied cant and the vehicle throw, if the effect of cant and throw shows to an overlap of the Kinematic Envelopes.

7.4 Structure Gauge Dimensions



GENERAL TRACK ALIGNMENT OVERVIEW OF GAUGES

STRUCTURE GAUGE

NO.	HORIZONTAL	VERTICAL
1	1.855	0.653
2	1.867	0.893
3	1.898	2.111
4	1.897	3.521
5	1.882	3.651
6	1.811	3.756
7	0.000	4.071

7.5 Track Gauge for Station and Platform

7.5.1 Wherever possible the track shall be straight and level throughout the length of a station.

7.5.2 A minimum distance of 20 m from the end of the platform area for fare paying passengers to the start of a horizontal curve or a turnout must be maintained to avoid the vehicle throw affecting the platform nosing clearance.

7.5.3 In general, a vertical curve should not be designed in the station area. In order to avoid the coincidence of a horizontal transition curve with a vertical curve beyond the station area a vertical curve may be designed in the station area, but at least 20m from the fare paying passenger platform area.

7.5.4 If curved platforms are unavoidable, a minimum radius of 1000 m is required.

7.5.5 Common practice is that passengers step upwards when entering a train and downward when alighting, therefore the optimal height of the platform nosing is at the floor level of a packed train. For this project the platform height is 1.11m.

7.5.6 The horizontal distance between a stopped train and the platform is computed, under trackwork and rolling stock considerations, as 1.642 m.

7.6 Throw of vehicle

7.6.1 The horizontal throw, obtained on curved tracks, is the difference between the horizontal distance from any point on the vehicle measured perpendicularly to the track centre and the corresponding distance which would exist on the straight.

7.6.2 The throw of a vehicle mid-way between the two bogies is called the centre throw and that at the ends of the vehicle the end throw.

7.6.3 A vertical throw occurs on vertical curves and is already included to the respective gauges and therefore not to be considered.

7.6.4 The effect of centre throw and end throw of the rolling stock, resulting from the horizontal curvature, is disregarded in the development of the gauges.

7.6.5 The gauges relate to straight and level track.

7.6.6 The throw has to be calculated from the track geometry and the rolling stock basic dimensions and is assumed according to Existing BTS train.

- Centre Throw $Tc = 28 / R$
- End Throw $Te = 33 / R$

7.6.7 The relevant gauges and envelopes are to be individually enlarged due to the appropriate throw.

7.7 Consideration of cant effects

7.7.1 All alignment data are related to the plain track centre line. Therefore it is necessary to compute horizontal distances for all dimensions related to the track centre line of a canted track.

$$S \div 2 - (S \div 2) \times \cos\alpha$$

$$\alpha = \sin^{-1}(E \div 1.500)$$

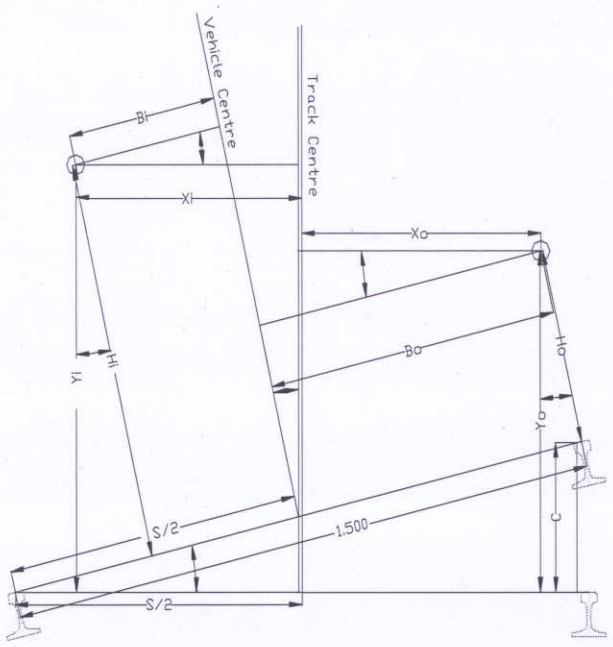
$$X_i = (\ H_i \times \sin\alpha + B_i \times \cos\alpha\ ) + a$$

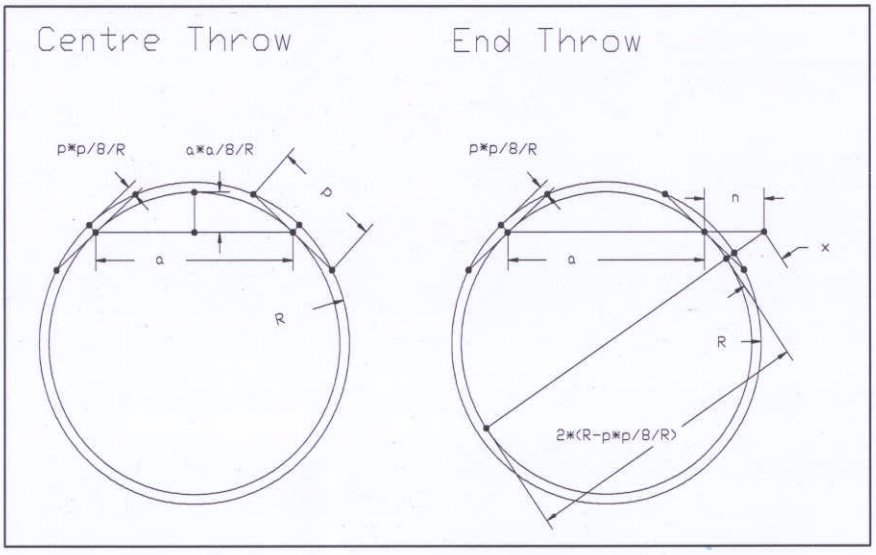
$$Y_i = (\ H_i \times \cos\alpha - B_i \times \sin\alpha\ ) + E \div 2$$

$$X_o = (\ B_o \times \cos\alpha - H_o \times \sin\alpha\ ) - a$$

$$Y_o = (B_o \times \sin\alpha + H_o \times \cos\alpha) + E \div 2$$

Computation of horizontal distances in canted track





The following formulae for the end throw (TE) and centre throw (THC) are taken from the:

UIC Code, leaflet 505-5, Appendix A1, page 65.

$$TE = \frac{nc \times (a + nc) - \frac{p^2}{4}}{2 \times R} \qquad THC = \frac{a^2 + p^2}{8 \times R}$$

TE = end throw
THC = centre throw
nc = max distance between bogie centre and coupler face
a = bogie centres
p = axle centres (wheelbase)
R = radius of curve

The vertical throw should be calculated for the minimum radius.

$$x \times \left(x + 2 \times \left(R - \frac{p^2}{8 \times R}\right)\right) = nc \times (nc + a)$$

α

$\frac{p^2}{8 \times R}$ Related to R is small and can be neglected:

$$x^2 + 2 \times x \times R = nc \times (nc + a)$$

x^2 is small and therefore neglected:

α

$$x = \frac{nc \times (nc + a)}{2 \times R}$$

$$TV = \frac{nc \times (nc + a)}{2 \times R} - \frac{p^2}{8 \times R}$$

vertical throw =

The maximum possible vertical throw of 41 mm at a radius of 800 m is already part of the clearance gauge. Therefore no vertical throw need to be considered.

7.8 Application of throw in curves and turnouts

7.8.1 Both centre throw and end throw will occur on straight track when the leading axle enters a curve.

7.8.2 The amount of the throw on the straight will vary according to the curve radius.

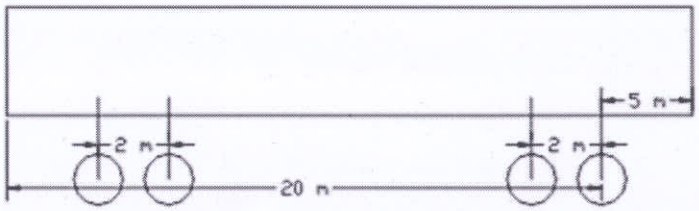
7.8.3 The additional throw before and after curves has to be determined from the dimensions of the rolling stock.

7.8.4 Common vehicle data have been used for the following figures:

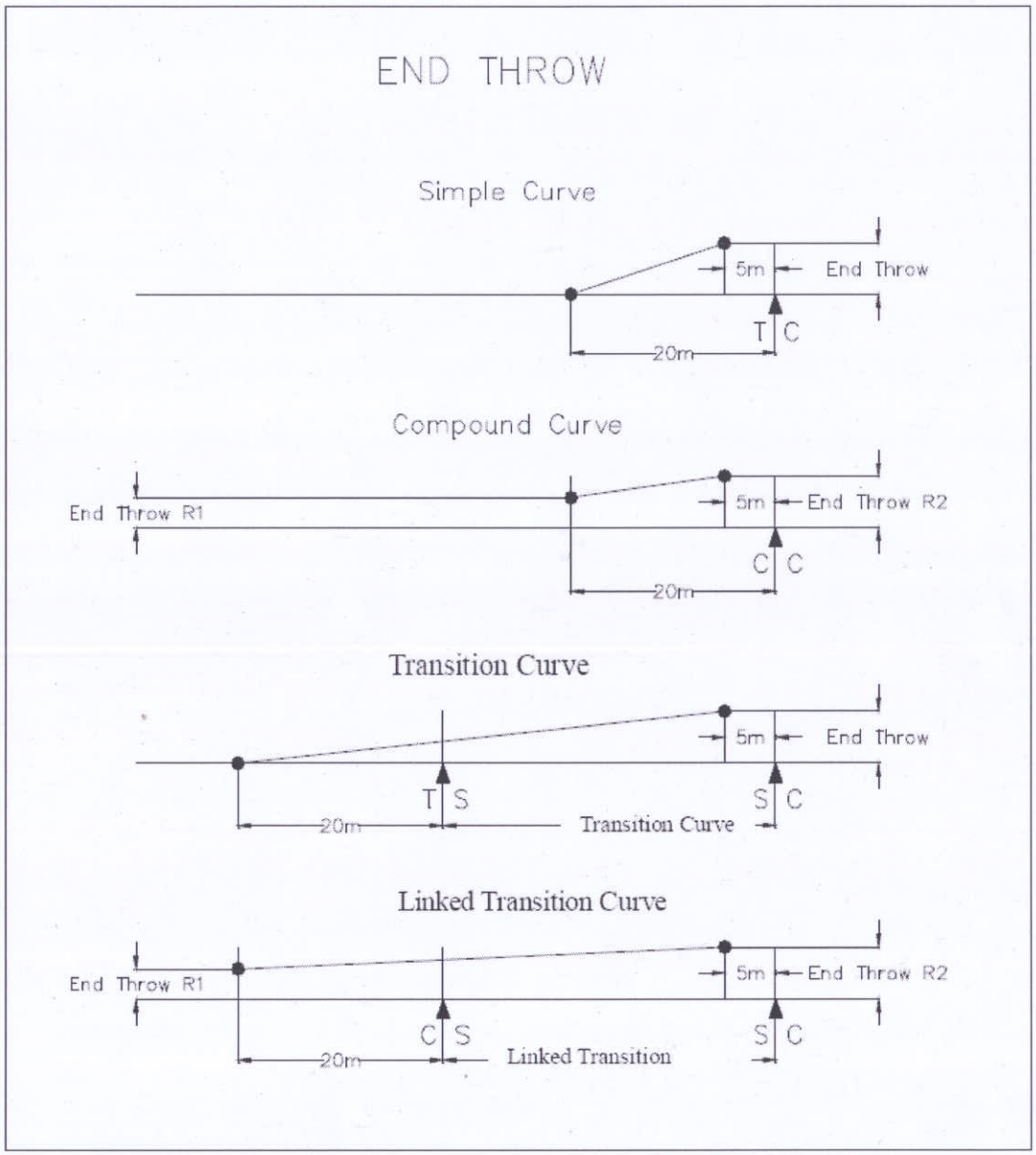
- beginning of the vehicle to leading axle 5m

- leading axle to the end of vehicle 20m
- axle centres 2m.

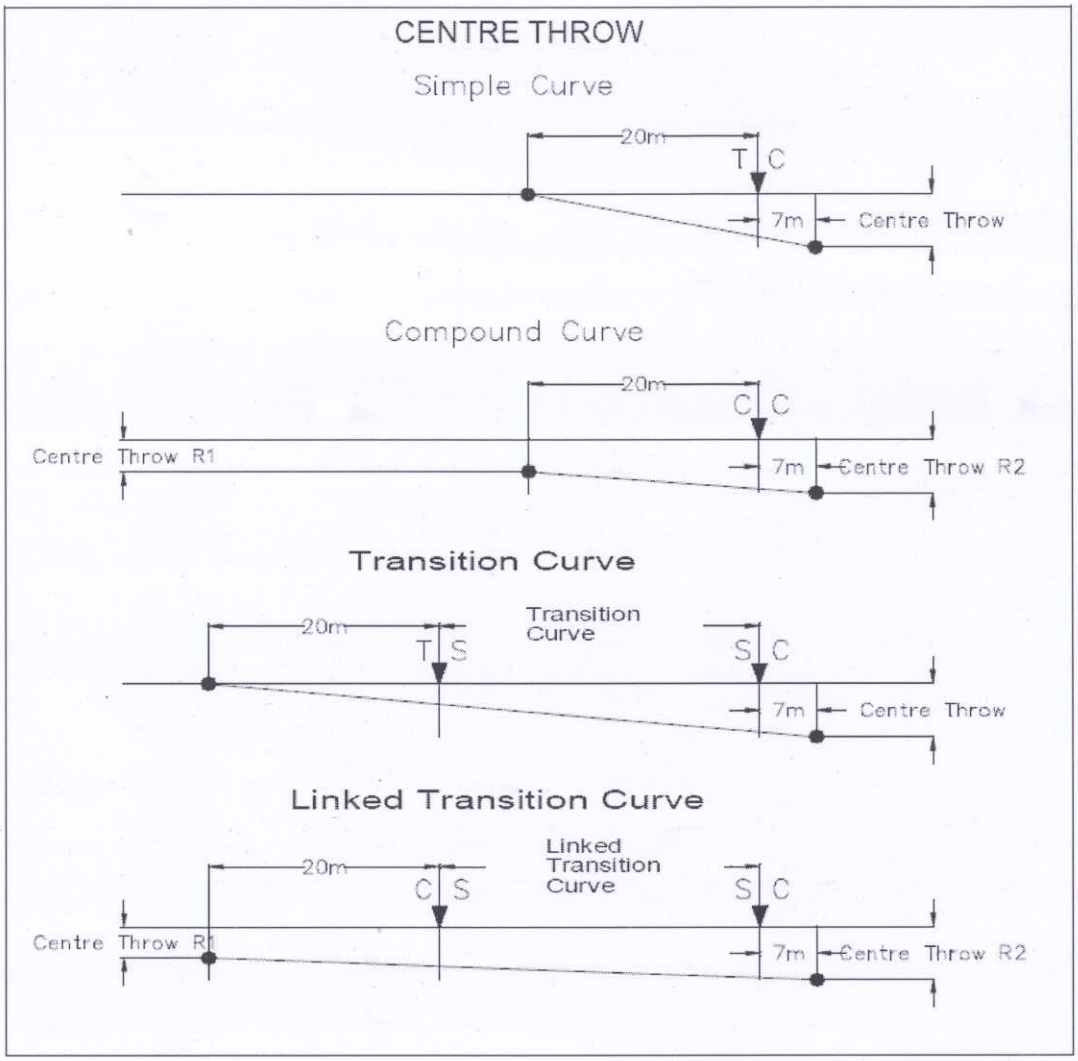
7.8.5 These values are used to demonstrate the application of throws and for the transition between sections with different structure gauges. They cover the worst case. The application of the actual rolling stock dimensions may lead to more relaxed throw values, but it always has to be kept in mind that also maintenance vehicles operate on the tracks. For that vehicles are the dimensions not always known.



7.8.6 Transition of End Throw



7.8.7 Transition of Centre Throw



ภาคผนวก ก.2

หลักเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า

ภาคผนวก ก.2
หลักเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า

1. มาตรฐานและแรงที่กระทำกับโครงสร้าง

มาตรฐานงานออกแบบโครงสร้างรถไฟฟ้า กำหนดแรงต่างๆจากน้ำหนักบรรทุกจร แรงลม กระแสน้ำ แรงจากแผ่นดินไหวและแรงอื่นๆรวมถึง Load combination จะใช้จากข้อกำหนดของ ACI358 1R-92: American Concrete Institute, Analysis and Design of Reinforced and Prestressed-Concrete Guideway Structures, 1992 เป็นหลัก โดยข้อกำหนดของการออกแบบโครงสร้างชิ้น segmental box-girder จะอ้างอิงตามมาตรฐานของ American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges, 1999 (INTERIM 2003)

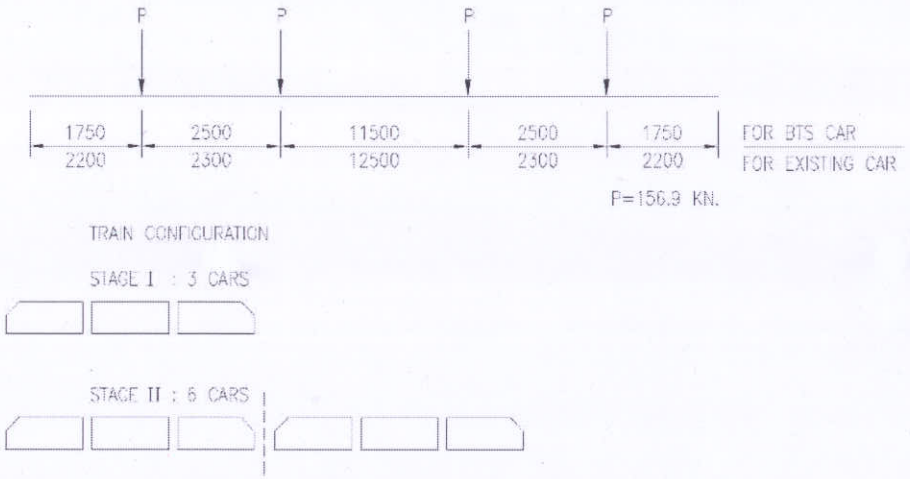
นอกเหนือจากมาตรฐานข้างต้นแล้ว เพื่อให้มีความสมบูรณ์ของการกำหนดค่าแรงต่างๆ ที่กระทำต่อโครงสร้างรวมถึงการออกแบบชิ้นส่วนของโครงสร้างตามมาตรฐานสากล ซึ่งได้แก่

- AASHTO (LRFD) American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 1998
- AASHTO (STD) American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Specifications for Highway Bridges, 2002
- BS5400 British Standards Institution, British Standard 5400 (Steel, concrete and composite bridges)
- CEB-FIP Euro-International Committee for Concrete and International Federation for Prestressing, CEB-FIB Model Code 1990 (Design Code), 1990
- EUROCODE 1 European Standard ENV 1991, Basis of Design and Actions on Structures, 2000

แรงต่างๆที่กระทำต่อโครงสร้างเป็นไปตามข้อกำหนดออกแบบ ประกอบด้วย

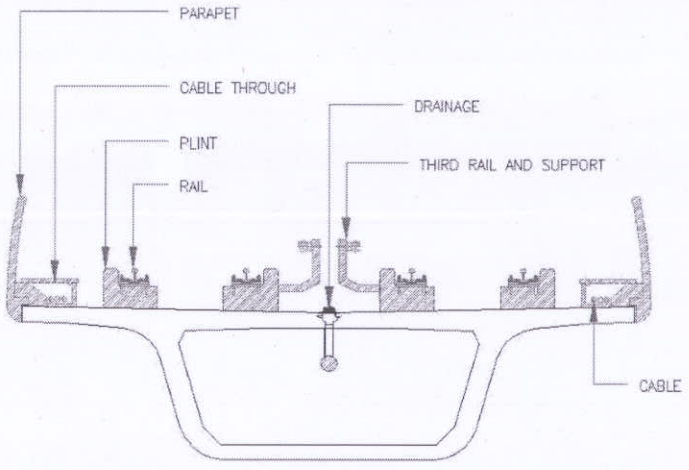
ก) น้ำหนักบรรทุกจร

สำหรับน้ำหนักบรรทุกรถไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบนี้จะใช้น้ำหนักบรรทุก โดยรูปแบบจำนวนการต่อพ่วงที่นำมาวิเคราะห์จะเป็นดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 แสดงน้ำหนักรถไฟฟ้า ที่ใช้ในการออกแบบ

ข) น้ำหนักบรรทุกคงที่ ได้แก่น้ำหนักโครงสร้างและน้ำหนักบรรทุกตายตัวเพิ่มเติม (Super imposed dead load) ดังรูปที่ รูปที่ 1-2

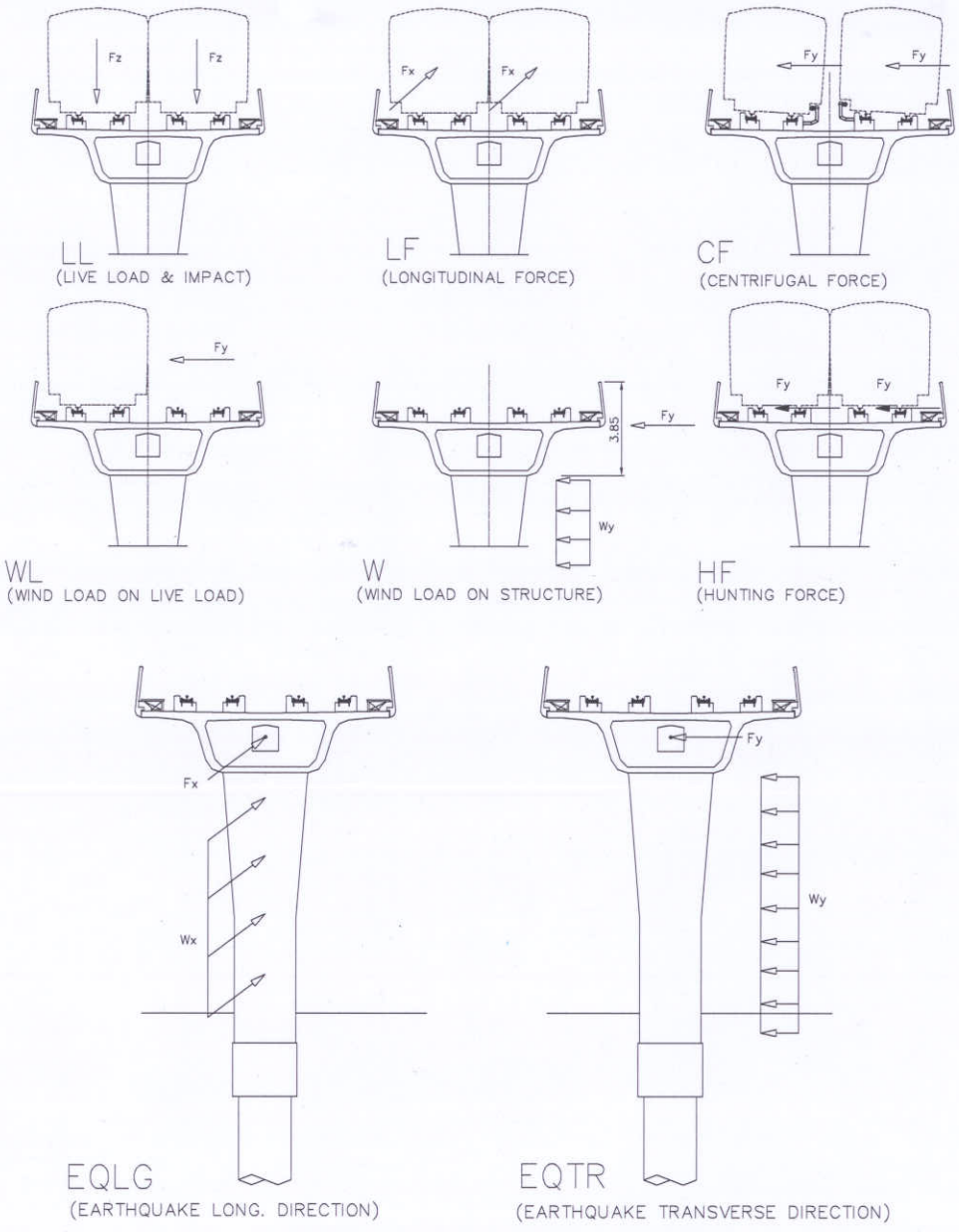


รูปที่ 1-2 น้ำหนักบรรทุกคงที่

ค) แรงภายนอกอื่นๆ เช่น แรงตามยาวของน้ำหนักบรรทุกจร (longitudinal force) แรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (centrifugal force) แรงลม (wind load) แรงจากการแกว่งของตัวรถที่กระทำต่อราง (haunting force) แรงเนื่องจากแผ่นดินไหว (earthquake) อุณหภูมิ (temperature) การทรุดตัวที่แตกต่างของฐานราก (differential support settlement) แรงเนื่องจากรถไฟตกราง (Derailment Load) แรงเนื่องจากการชนของยานพาหนะอื่นที่มีต่อโครงสร้างสะพาน (Collision Load from Highway Vehicles) ดังรูปที่ 1-3

ง) แรงภายในต่างๆ เช่น ผลจากการคืบตัว หดตัว แรงอัดจากลวดอัดแรง

จ) แรงที่เกิดขึ้นขณะก่อสร้าง เช่น น้ำหนักของอุปกรณ์เครื่องจักรก่อสร้าง รวมถึงผลของแรงที่แปรเปลี่ยนตามลำดับขั้นตอนก่อสร้าง (Construction sequence)



รูปที่ 1-3 แรงที่กระทำต่อโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า

2. การจำลองรูปแบบและการวิเคราะห์โครงสร้าง

สำหรับการวิเคราะห์และผลของการวิเคราะห์โครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าช่วงทั่วไป มีการพิจารณาดังรายละเอียดต่อไปนี้

ก) การวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้าง Segmental Box Girder

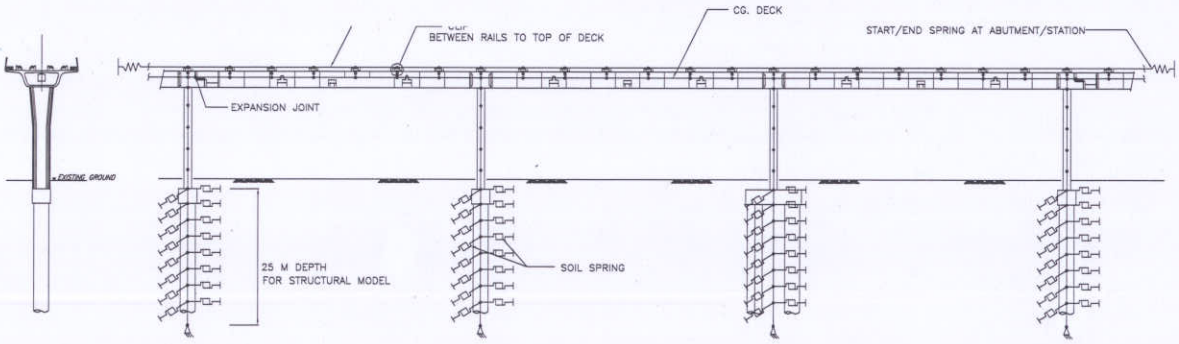
รูปแบบโครงสร้างทางวิ่งยกระดับรถไฟฟ้าเป็นแบบ External post-tensioning system components และมีความต่อเนื่อง 3 ช่วงแต่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอดความยาว Non-monolithic Continuity การวิเคราะห์หากำลังหน้าตัดของโครงสร้างเพื่อการออกแบบ และตรวจสอบความสามารถการรับน้ำหนักจะกล่าวในหัวข้อการออกแบบรายละเอียด

ข) แบบจำลองโครงสร้างเพื่อการวิเคราะห์

ระบบโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างรองรับรางและตัวราง ทั้งสองโครงสร้างนี้ยึดเหนี่ยวกันด้วยตัวยึดเหนี่ยวราง ดังรูปที่ รูปที่ 2-1

การจำลองระบบยึดระหว่างรางรถไฟและโครงสร้างพื้นสะพานได้จำลองโดยการใส่สปริงชนิด bi-linear ในแนวราบ ระหว่างรางกับโครงสร้าง ตลอดช่วงความยาวทั้งหมดของแบบจำลอง โดยจำนวนสปริงทั้งหมดในแต่ละช่วงความยาวจะต้องไม่น้อยกว่า 10 ตัว และระยะห่างระหว่างสปริงไม่เกิน 5 m

ตัวยึดเหนี่ยวราง นี้สามารถยึดรั้งโครงสร้างรองรับรางและตัวรางเข้าด้วยกันโดยยอมให้มีการขยับตัวได้ในแนวราบได้ระดับหนึ่ง คุณสมบัตินี้สามารถแปลงตัวยึดเหนี่ยวนี้ให้มีคุณสมบัติคล้ายรูปแบบจำลองของสปริงที่มีค่า stiffness (k)



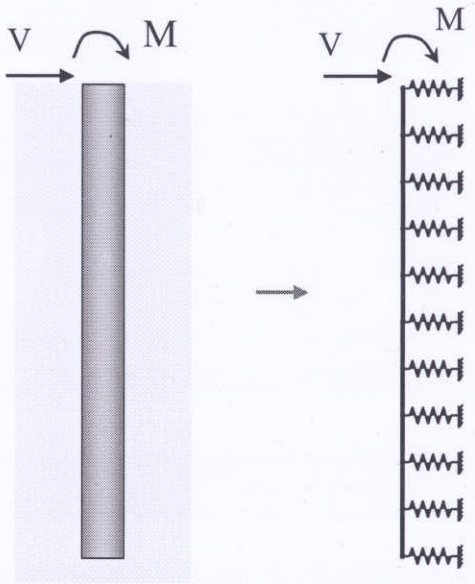
รูปที่ 2-1 แบบจำลองโครงสร้าง

ค) การจำลองรูปแบบฐานรากเสาเข็ม

แรงด้านข้างที่กระทำต่อโครงสร้างทางวิ่งยกระดับ เช่น แรงลม แรงแผ่นดินไหว แรงเบรคหรือแรงเหวี่ยงหนีศูนย์จากตัวรถไฟฟ้า รวมทั้งแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและหดตัวของคอนกรีต จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อใช้ในการออกแบบฐานรากให้สามารถต้านทานแรงดังกล่าวได้อย่างปลอดภัย โดยมีการเคลื่อนตัวในระหว่างการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากโครงการนี้ใช้เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่หนึ่งต้นหรือสองต้นเรียงใน

แนวสะพานที่มีปลายเสาเข็มวางตัวอยู่ในชั้นทรายแน่นชั้นที่ 2 ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถก่อสร้างได้ในพื้นที่จำกัด และการก่อสร้างสามารถทำได้รวดเร็วกว่าฐานรากแบบเสาเข็มกลุ่มหลายต้น

การวิเคราะห์เสาเข็มรับแรงกระทำทางด้านข้างจะต้องพิจารณาถึงการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเสาเข็มและดินรอบข้าง (soil-pile interaction) ซึ่งพฤติกรรมของอีกฝ่ายหนึ่งจะขึ้นกับอีกฝ่ายหนึ่ง ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่ค่อนข้างซับซ้อน เพราะไม่สามารถที่จะแยกพิจารณาแรงที่ดินหรือเสาเข็มอย่างเดียวได้ การวิเคราะห์ความสามารถในการรับแรงกระทำด้านข้างและการคำนวณหาระยะการเคลื่อนตัวของเสาเข็มเดี่ยว มีด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือ วิธี p-y curves ซึ่งพัฒนามาจาก วิธีคานบนฐานรากยืดหยุ่นแบบอีลาสติก (Beam on Elastic Foundation) วิธีนี้เสาเข็มจะทำหน้าที่เหมือนคานยืดหยุ่นโดยสมมติว่าแรงต้านทานของดินที่มีต่อเสาเข็มสามารถจำลองได้โดยใช้สปริงยืดหยุ่นจำนวนมากเรียงกันตลอดความยาวของเสาเข็ม ดังแสดงในรูปที่ 2-2 สปริงแต่ละตัวจะทำงานแยกกัน (Independent Spring) เมื่อมีแรงมากระทำกับสปริง มันจะเกิดการเคลื่อนตัว ซึ่งการเคลื่อนตัวของสปริงแต่ละตัวจะไม่ส่งผลต่อสปริงตัวอื่นๆ



รูปที่ 2-2 การจำลองเสาเข็มโดยใช้วิธี Beam on Elastic Foundation

ข้อมูลชั้นดินที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ได้มาจากการข้อมูลการเจาะสำรวจดิน

p-y Curves ดังกล่าวจะใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับสร้างแบบจำลองในส่วนฐานรากของโครงสร้างทางวิ่งยกระดับ เพื่อใช้วิเคราะห์หาแรงโมเมนต์และการเคลื่อนตัวของโครงสร้างทางวิ่ง รายละเอียดของแบบจำลองของโครงสร้าง

3. การตรวจสอบข้อกำหนดใช้งาน (Service limit state) ของโครงสร้างและของการเดินรถ

ผลการวิเคราะห์ได้นำมาตรวจสอบกับข้อกำหนดตามมาตรฐานเดินรถ เช่น การโก่ง-แอ่นตัวทั้งแนวดิ่งและแนวราบ (vertical and horizontal displacement) การบิดตัวของทางวิ่ง (deck twisting) การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ทั้งตามยาวและตามขวาง ตามระบุในเกณฑ์ออกแบบโครงสร้าง

ก) ข้อกำหนดเกี่ยวกับการเปลี่ยนรูปร่างและการสั่นสะเทือน

1) ทั่วไป

การเปลี่ยนแปลงในรูปร่างทางเรขาคณิตของรางและเกิดการสั่นสะเทือนของโครงสร้างสะพานที่มากเกินไปสามารถทำให้เกิดอันตรายต่อการเดินของรถไฟฟ้าได้ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในรูปร่างและการสั่นสะเทือนในโครงสร้างนี้จะทำให้เกิดน้ำหนักขึ้นบนสะพานและทำให้เกิดสภาวะที่ไม่สะดวกสบายสำหรับผู้โดยสาร

2) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสะพานจะต้องคำนึงถึงเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

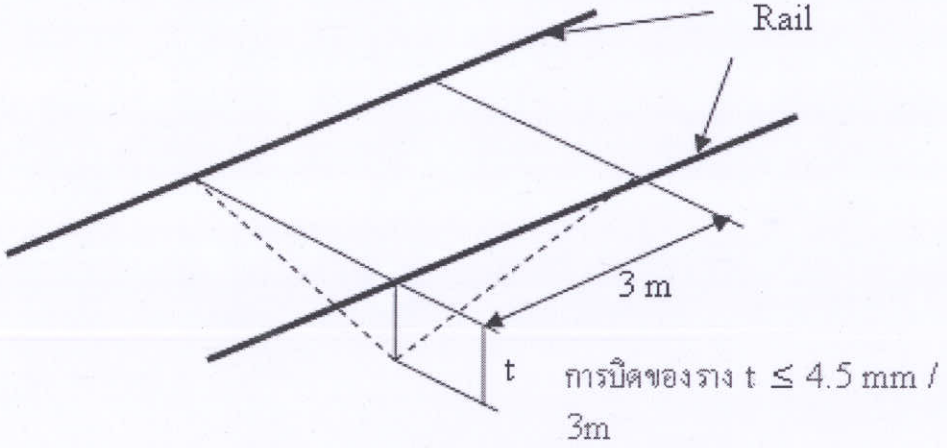
2.1) จุดประสงค์สำหรับความปลอดภัย (เพื่อทำให้เกิดความมั่นใจในความมั่นคงแข็งแรงและความต่อเนื่องของแนวรางและให้แน่ใจว่ารางและล้อสัมผัสกัน)

2.1.1) การเพิ่มความเร่งในแนวดิ่งของสะพาน

2.1.2) การบิดของพื้นสะพาน

ค่าการบิดของพื้นเมื่อวัดในระยะ 3 m จะต้องไม่เกินค่าดังต่อไปนี้

$V \leq 120$ km/h ➔ $t \leq 4.5$ mm / 3m ดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แสดงการบิดตัวของพื้นสะพานราง

2.1.3) การหมุนที่ปลายของพื้นสะพาน

ภายใต้น้ำหนักของรถไฟรวมกับแรงกระทบและรวมผลของความต่างของอุณหภูมิ มุมของการหมุนสูงสุดที่ปลายของพื้นสะพานวัดในแนวแกนของรางรถไฟดังรูปที่ 3-2 จะต้องมีค่าไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

สำหรับรถไฟรางเดียว

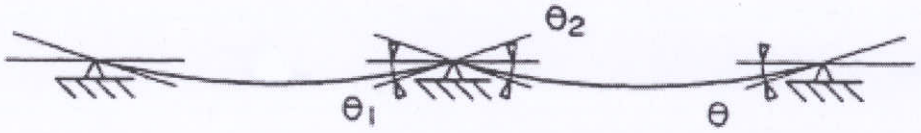
θ = 6.5 x 10^{-3} radians : ช่วงรอยต่อระหว่างพื้นสะพานและดินถม

$\theta_1 + \theta_2$ = 10 x 10^{-3} radians : ระหว่างพื้น 2 พื้นที่ติดกัน

สำหรับรถไฟรางคู่

θ = 3.5 x 10^{-3} radians : ช่วงรอยต่อระหว่างพื้นสะพานและดินถม

$\theta_1 + \theta_2$ = 5 x 10^{-3} radians : ระหว่างพื้น 2 พื้นที่ติดกัน



รูปที่ 3-2 แสดงการหมุนตัวที่ปลายของสะพาน

ตัวอย่างผลการแอ่นตัวในแนวดิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างแสดงในรูปที่ 3-3

รูปที่ 3-3 ตัวอย่างการแอ่นตัวในแนวดิ่ง

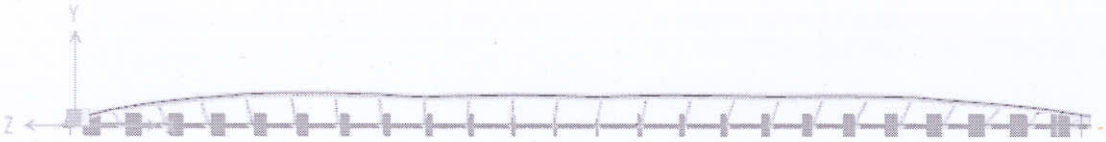
2.1.4) การเปลี่ยนแปลงของมุมในแนวราบ

ภายใต้น้ำหนักของรถไฟรวมแรงกระทบ, แรงลม, แรงแกว่ง, แรงหนีศูนย์กลางและรวมผลของความต่างของอุณหภูมิ รัศมีความโค้งในแนวราบของโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนรูปร่างในทิศทางแนวราบจะต้องมีค่าไม่เกินตามที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ค่ารัศมีความโค้งในแนวราบของโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนรูปร่างที่ยอมให้

ช่วงความเร็ว (Km/hr)	มุมหมุนสูงสุด (rad)	ค่ารัศมีความโค้งน้อยสุด	
		ช่วงเดียว (m)	หลายช่วง (m)
V < 120	0.0035	1700	3500

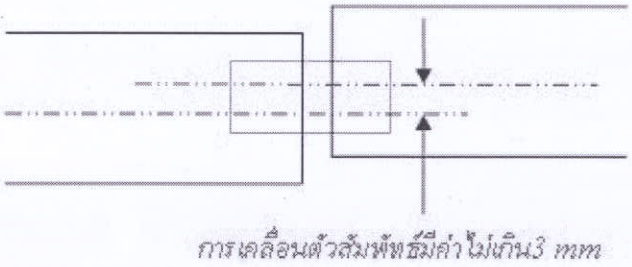
ค่าการเคลื่อนตัวทางขวาง (δ_h) จะต้องไม่ทำให้เกิดมุมหมุนและรัศมีความโค้งตามที่ได้กำหนดไว้ในตารางข้างต้น ค่ารัศมีความโค้งสามารถหาได้จากสมการ $R = \frac{L^2}{8\delta_h}$ รูปที่ 3-4 แสดงตัวอย่างผลการแอ่นตัวในแนวราบจากการวิเคราะห์โครงสร้าง



รูปที่ 3-4 ตัวอย่างการแอ่นตัวแนวราบ

2.1.5) การจำกัดการเคลื่อนตัวในแนวขวาง

สำหรับช่วงต่อระหว่างราง การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ในแนวขวางจะต้องมีค่าไม่เกิน 3 mm ดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 รูปแบบการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์แนวราบ

2.1.6) การจำกัดการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างพื้นสะพาน

ภายใต้น้ำหนักกระทำปกติ ค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างพื้นสะพาน หรือระหว่างพื้น หรือ ระหว่างพื้นกับ Abutment เมื่อเกิดการหยุดรถในรางด้านใดด้านหนึ่ง ในขณะที่อีกรางหนึ่งมีรถวิ่ง (ในกรณีที่มี 2 รางหรือมากกว่า) ค่าที่ได้จะต้องไม่เกิน 4 mm

2.2) จุดประสงค์สำหรับความสบายของผู้โดยสาร

2.2.1) การแอ่นตัวในแนวดิ่งของพื้นสะพาน

เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผู้โดยสารจะได้รับความสบายในระหว่างการเดินทางค่าขีดจำกัดการแอ่นตัวในแนวดิ่งที่มากที่สุดได้กำหนดไว้ในข้อจำกัดสำหรับการจราจรที่ปลอดภัยสำหรับสะพานรองรับรถไฟฟ้า ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความยาวช่วง L และความเร็วของรถไฟ V ซึ่งความเร็วออกแบบในโครงการนี้ใช้ 100 กม./ชม.

ความสบายของผู้โดยสารจะขึ้นอยู่กับความเร่งในแนวดิ่ง b_v ภายในห้องโดยสารระหว่างการเดินทาง การแบ่งระดับความสบายได้แสดงไว้ตามตาราง

ความสัมพันธ์ระหว่างความสบายของผู้โดยสารกับความเร่งในแนวดิ่ง

ระดับความสบาย	ความเร่งในแนวดิ่ง by
ดีมาก	1.0 m / s^2
ดี	1.3 m / s^2
ยอมรับได้	2.0 m / s^2

การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งให้พิจารณาที่แนวกึ่งกลางคาน โดยคิดน้ำหนักของรถไฟรวมกับตัวคูณค่าสำหรับแรงกระทบ

กำหนดให้ค่า $\frac{\delta}{L}$ สำหรับการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งสำหรับโครงสร้างซึ่งมีจุดรองรับแบบช่วงเดียวและหลายช่วงติดกัน โดยที่ $n \geq 3$, $b_v = 1.0$ m / s^2

ความสัมพันธ์ระหว่างความสบายของผู้โดยสารกับความเร่งในแนวดิ่ง

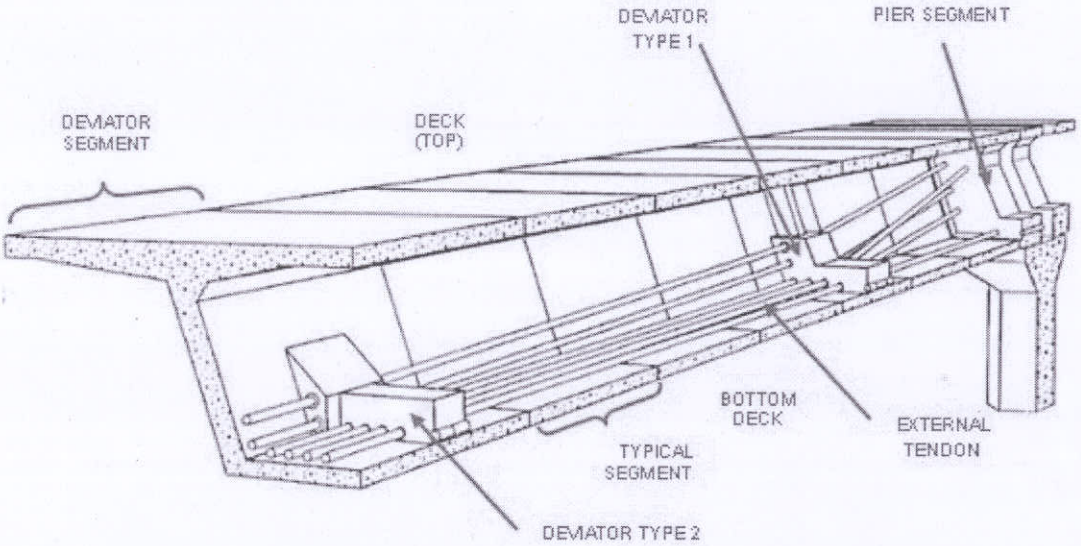
V (Km/hr)	ความยาวช่วง L(m)				
	L < 15	15 < L < 30	30 < L < 50	50 < L < 90	90 < L < 120
V < 120	1/800	1/900	1/800	1/600	1/600

ให้คูณค่าด้วยตัวคูณค่าดังต่อไปนี้

1.1 สำหรับโครงสร้างแบบต่อเนื่อง

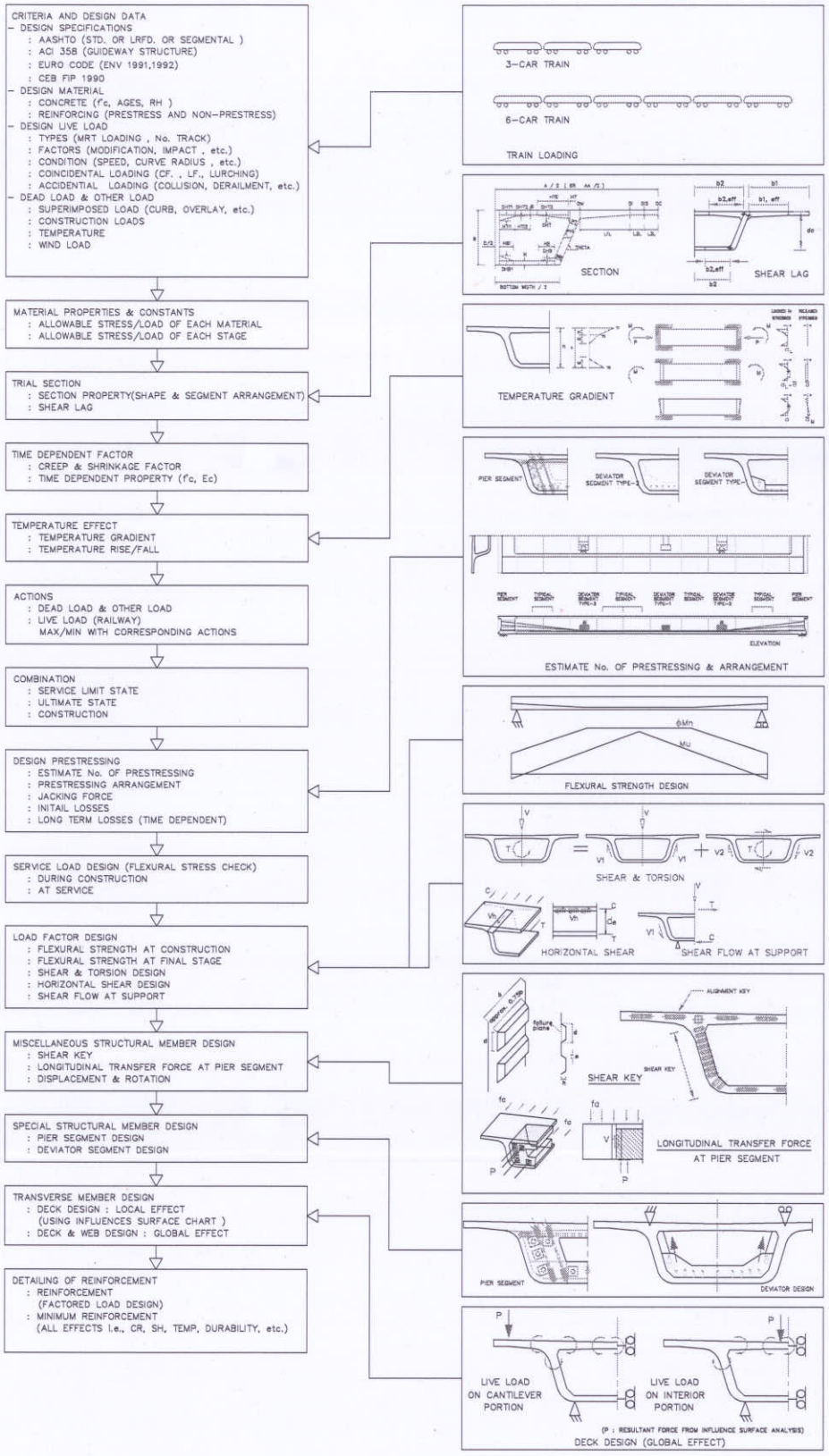
2.0 สำหรับโครงสร้าง 1 ช่วง

4. การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ



รูปที่ 4-1 รูปแบบชิ้นส่วนโครงสร้าง Segmental Box Girder

จากรูปที่ 4-1 ซึ่งแสดงชิ้นส่วนต่างๆของโครงสร้าง Segmental Box Girder การออกแบบส่วนต่างๆ จะเป็นไปตามมาตรฐาน AASHTO LRFD 2005 ซึ่งขั้นตอนการออกแบบแสดงไว้ในรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 ขั้นตอนการออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้าง Segmental Box Girder

ก) หน้าตัดโครงสร้างพื้นสะพาน

การกำหนดรูปแบบและขนาดหน้าตัดของคานคอนกรีตอัดแรงได้พิจารณาจากกำลังของหน้าตัดที่เพียงพอต่อการรับน้ำหนักบรรทุกและเพียงพอต่อสภาวะการใช้งาน เพื่อให้ได้หน้าตัดที่มีประสิทธิผลสูงสุด ในโครงการนี้ได้วิเคราะห์ออกแบบอย่างละเอียดจนได้หน้าตัดที่ผ่านเกณฑ์สภาวะการใช้งานตามที่ได้กำหนดไว้ในเกณฑ์การออกแบบ โดยมีอัตราส่วนกำลังรับแรงดัดของหน้าตัดต่อน้ำหนักแบกทาน (Ø ØMn / Mu) ประมาณ 1.03-1.06 ซึ่งเพียงพอตามมาตรฐานออกแบบสากลทั่วไป

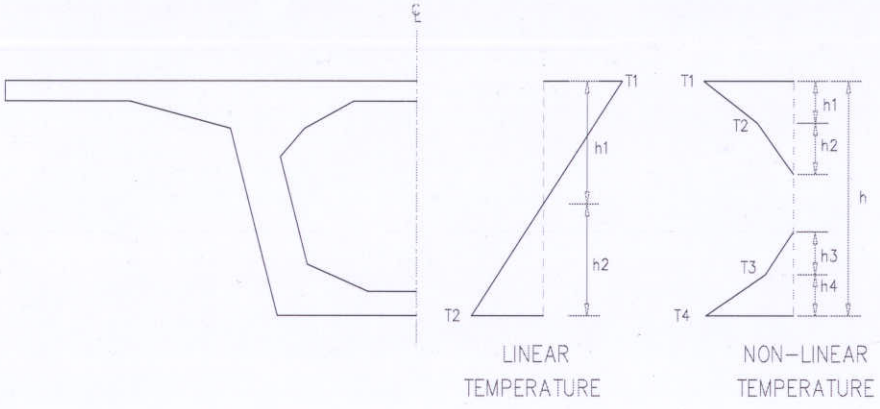
ข) ผลของเวลาต่อคอนกรีต (Concrete Properties with Time dependent)

โครงการนี้ได้ออกแบบโดยคำนึงถึงคุณสมบัติของคอนกรีตที่แปรเปลี่ยนตามระยะเวลาซึ่งส่งผลกับค่าการคืบตัว (Creep) และการหดตัว (Shrinkage) เนื่องจากโครงสร้างพื้นสะพานรองรับทางวิ่งรถไฟฟ้าเป็นคานคอนกรีตอัดแรงที่ผลข้างต้นจะทำให้โครงสร้างพื้นสะพานเกิดการโก่ง-แอ่นตัวและหดตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการเดินรถโดยตรงและส่งผลทางอ้อมต่อโครงสร้างที่เกี่ยวเนื่อง เช่น ราง รอยต่อพื้นสะพาน เป็นต้น การคำนวณคุณสมบัติคอนกรีตตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นกับผลดังกล่าวได้ใช้วิธีตาม CEB-FIP creep model 1990

ค) ผลของอุณหภูมิ (แบบไม่เชิงเส้น, Non-Linear Temperature Gradient)

ผลการกระจายอุณหภูมิแบบไม่เชิงเส้นมีผลต่อแรงเค้นในหน้าตัดคานรวมถึงการโก่ง-แอ่นตัวแตกต่างจากผลของกระจายอุณหภูมิแบบเชิงเส้นค่อนข้างมาก

โดยที่ผลจากการวิเคราะห์หน่วยแรงเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นอาจมีค่าสูงถึง 30-40% ของหน่วยแรงจากน้ำหนักบรรทุกจร ซึ่งมีสัดส่วนค่อนข้างสูงมาก การคำนวณผลของอุณหภูมิแบบไม่เชิงเส้นใช้วิธีการคำนวณใช้ตามมาตรฐาน BS5400 ซึ่งวิธีการคำนวณนี้มีความใกล้เคียงกับวิธีการคำนวณด้วยมาตรฐาน AASHTO (Thermal Effects in Concrete Bridge Superstructure, 1989)



รูปที่ 4-3 ค่าแรงเค้นเปรียบเทียบระหว่างการกระจายอุณหภูมิแบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น

ง) การตรวจสอบความเค้นในสภาวะใช้งาน (Stress at Service stage)

การคำนวณหาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตในสภาวะการใช้งาน แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ในช่วงของการก่อสร้าง (Construction stage) และขณะใช้งาน (Final stage) หน่วยแรงที่คำนวณได้ถูกตรวจสอบตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานที่นำมาใช้

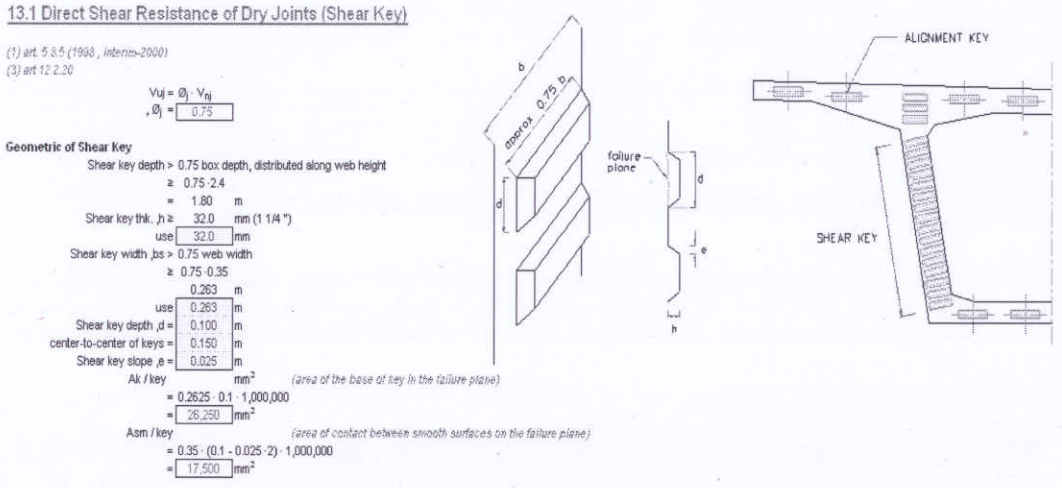
จ) การตรวจสอบในสภาวะประลัย (Ultimate stage)

เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าโครงสร้างมีความสามารถในการรับกำลังได้อย่างปลอดภัยที่สภาวะประลัย ประกอบด้วยการตรวจสอบแรงดัด แรงเฉือน และ แรงบิด

โครงสร้างรูปกล่องที่มีแผ่นเอว (Web) จะต้องรับแรงเฉือนและรับแรงบิดซึ่ง Web จะรับแรงเฉือนโดยตรงและรับแรงในแนวแกนจากผลของแรงบิด

พื้นสะพาน (Deck) ทำหน้าที่ปีกรับแรงอัดซึ่งจะต้องถ่ายแรงสู่แผ่นเอว (Web) ซึ่งผลของการถ่ายแรงจะเป็นไปในลักษณะแรงเฉือนระหว่างพื้นกับแผ่นเอวโดยผ่านทางหน้าตัดทั้งในระนาบราบและระนาบดิ่ง

ฉ) การออกแบบ Shear key



รูปที่ 4-4 การคำนวณแรงเฉือนที่รอยต่อ (Shear Key)

รอยต่อระหว่างชิ้นส่วนโครงสร้างจะมีการถ่ายแรงเฉือนผ่านทางรอยต่อรับแรงเฉือน แรงเฉือนที่ผ่านรอยต่อนี้คำนวณจากผลรวมระหว่างแรงเฉือนและแรงบิดในแต่ละข้างของ Web

ช) การตรวจสอบ Horizontal Shear at pier segment

13.2 Pier Segment : Check Tendon Force Transferring

Nominal shear resistance of the interface plane, Vn

$Vn = c \cdot Acv + \mu \cdot [Avf \cdot fy + Pc]$ *[(1), eq. 5.8.4.1-1]*

$\leq 0.2 \cdot f'c \cdot Acv$ *[(1), eq. 5.8.4.1-2]*

$\leq 0.55 \cdot Acv$ *[(1), eq. 5.8.4.1-3]*

Acv ; area of concrete engage in shear transfer , mm^2

Avf ; area of shear reinforcement crossing the shear plane , mm^2

$\Sigma Pu \leq \quad \emptyset Vn$

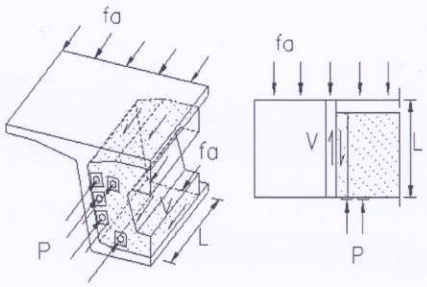
$\emptyset =$ 0.75

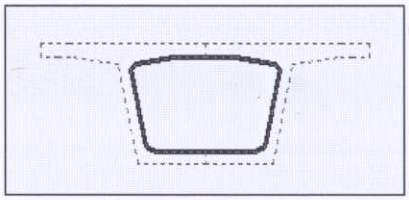
$\Sigma Pu =$ Total Factored Tendon Load (= 1.2· maximum tendon jacking force)

$=$ (1.2 · 36.60) + add 10% for future tendon

$=$ 48.31 MN

$fy =$ 392 MPa



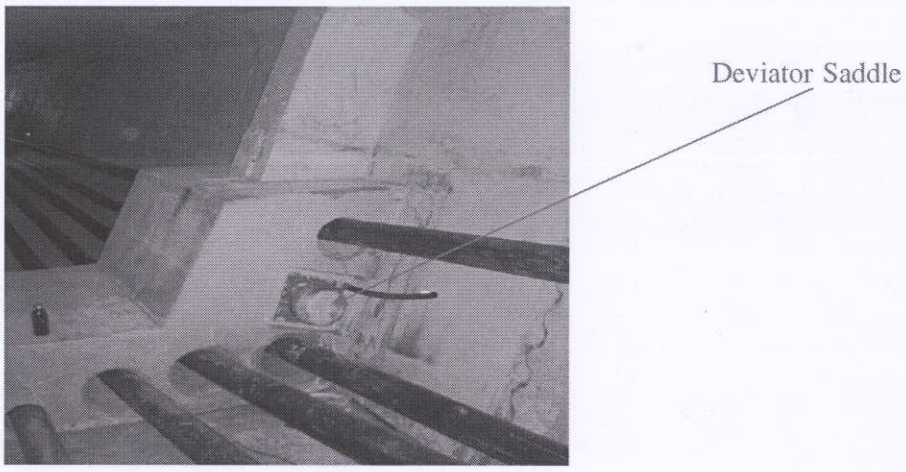


Potential crack plane

รูปที่ 4-5 การคำนวณแรงเฉือนทะลุที่ Pier Segment ขณะถ่ายแรง

แรงเฉือนทะลุที่ Pier segment ขณะถ่ายแรงดังแสดงในรูปที่ 4-5 เป็นการถ่ายแรงจากแรงดึงของลวดเข้าสู่แผ่นเอว (web) พื้นบนและล่าง (top & bottom deck) ในลักษณะของ Shear Friction แต่เนื่องจากบริเวณ Pier segment จะมีความหนาค่อนข้างมากทำให้โอกาสที่จะเกิดความเสียหายได้ในรูปแบบที่ซับซ้อน

ซ) การออกแบบจุดยึดรั้งลวดอัดแรง (Deviator)

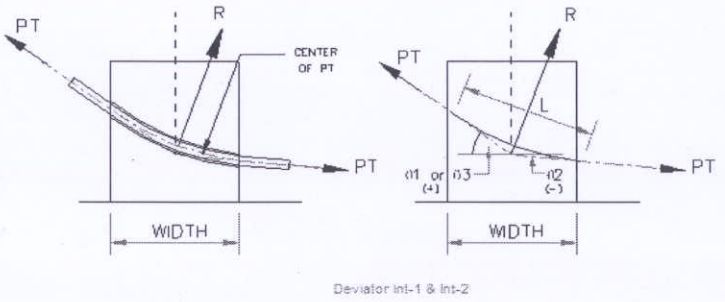


รูปที่ 4-6 รูปแบบ Deviator

14.2 Deviator Saddle

Saddle at points of deviation requirements
1) withstand with longitudinal and transverse forces subjected by the tendon and cable to transmit these force to the structure
2) ensure , without unacceptable angular breaking, the connection between to straight tendon sections.
3) withstand movements of the external tendon during stressing without compromising the tendon corrosion protection system
4) minimum tendon radii must be followed the following table or recommended by the manufacturer of the saddle at point of deviations.

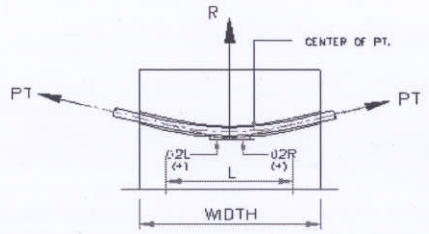
tendon size	minimum radii (m)
up to 5-19 or 6-12	2.50
up to 5-31 or 6-19	3.00
up to 5-55 or 6-37	4.00



Deviator int-1 & int-2

14.2 a) Design parameter of deviator saddle

Design forces acting on Deviators	1.20	x Jacking forces
Radius of tendon at int-1, R_1	5.00	m
Radius of tendon at mid , R_2	5.00	m
width of anchor block at int-1 & int-2	1.10	m
width of anchor block at mid	0.60	m
control stress in reinforcement	0.40	fy
	= 156.80	MPa
fy	392.00	MPa
f'c	40.00	MPa



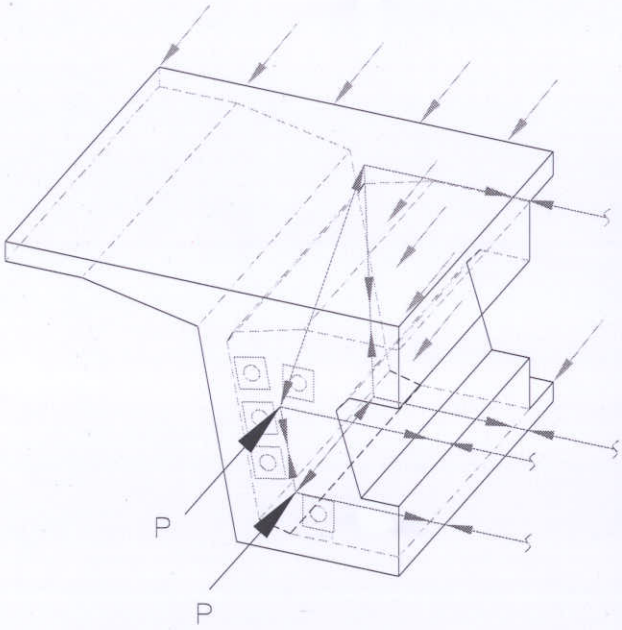
รูปที่ 4-7 การคำนวณ Deviator Saddle

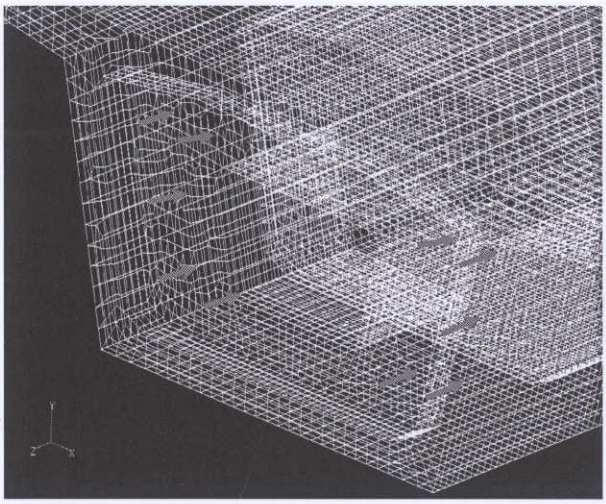
Deviator ทำหน้าที่รั้งแนวลวดอัดแรงให้มีแนวลวดอัดแรงมีระยะเยื้อง (eccentricity, e) เพื่อให้เกิดโมเมนต์ดัดต้านทาน (Resisting Moment, Mr = P * e) การยึดรั้งแนวลวดอัดแรงทำให้เกิดแรงยกขึ้นบริเวณจุดนี้ทำให้ต้องเสริมเหล็กเพื่อรับแรงยกนี้

ฌ) การออกแบบ Pier Segment

การวิเคราะห์และออกแบบสำหรับชิ้นส่วนปลายคาน (Pier segment) ได้วิเคราะห์และออกแบบโดยการใช้รูปแบบจำลองโครงสร้างชนิด Strut-Tie ในการออกแบบเบื้องต้นและได้วิเคราะห์โครงสร้างแบบ finite element 3 มิติในขั้นตอนออกแบบ

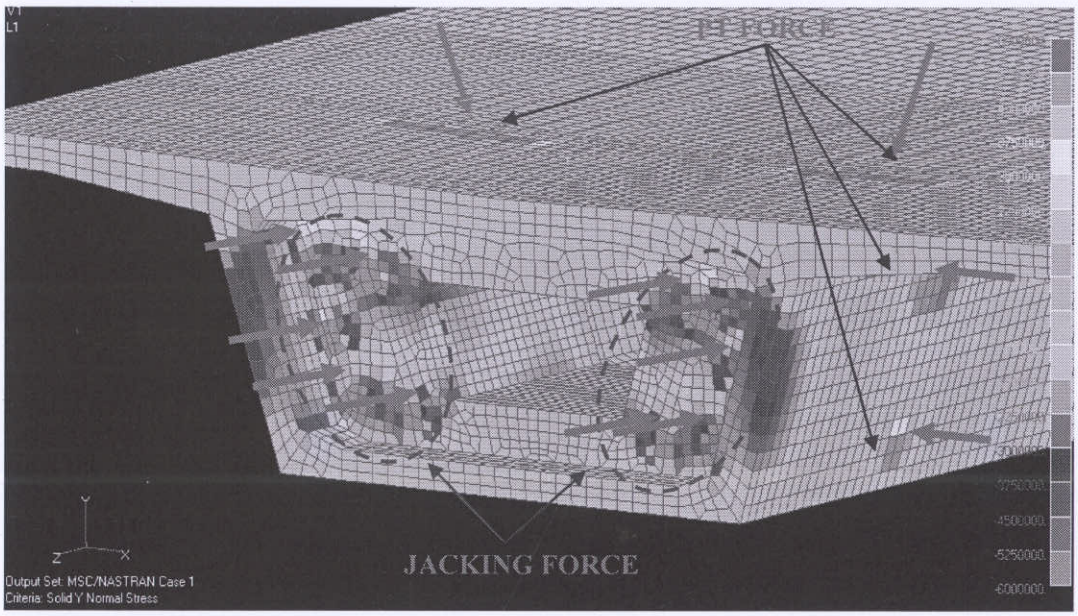
ผลจากการออกแบบโดยรูปแบบจำลองแบบ Strut-tie มีพฤติกรรมให้ผลสอดคล้องกับการวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบจำลอง Finite element ดังรูปที่ รูปที่ 4-8 และ รูปที่ 4-9 โดยค่าของหน่วยแรงที่ได้จากแบบจำลองแบบ Strut-tie มีค่าสูงกว่าผลจากการวิเคราะห์แบบจำลอง Finite element ประมาณ 10%





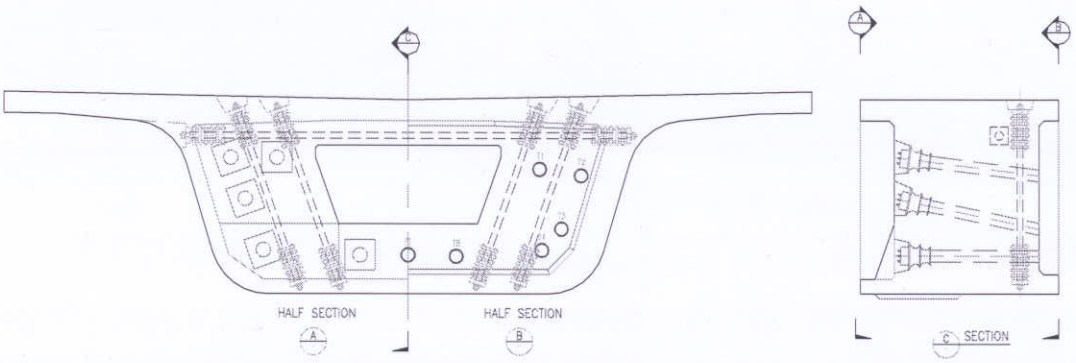
Strut-tie model Finite element 3D

รูปที่ 4-8 แบบจำลองโครงสร้าง Pier Segment จากแรงอัดของลวดอัดแรง



รูปที่ 4-9 การกระจายความเค้นที่ Pier Segment ด้วยรูปแบบจำลอง Finite element 3D

ญ) การออกแบบได้ใช้ลวดอัดแรง (PT bars) เสริมเพิ่มเติมจากเหล็กเสริมปกติที่ pier segment เพื่อป้องกันการแตกร้าวขณะดึงลวดอัดแรงตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4-10



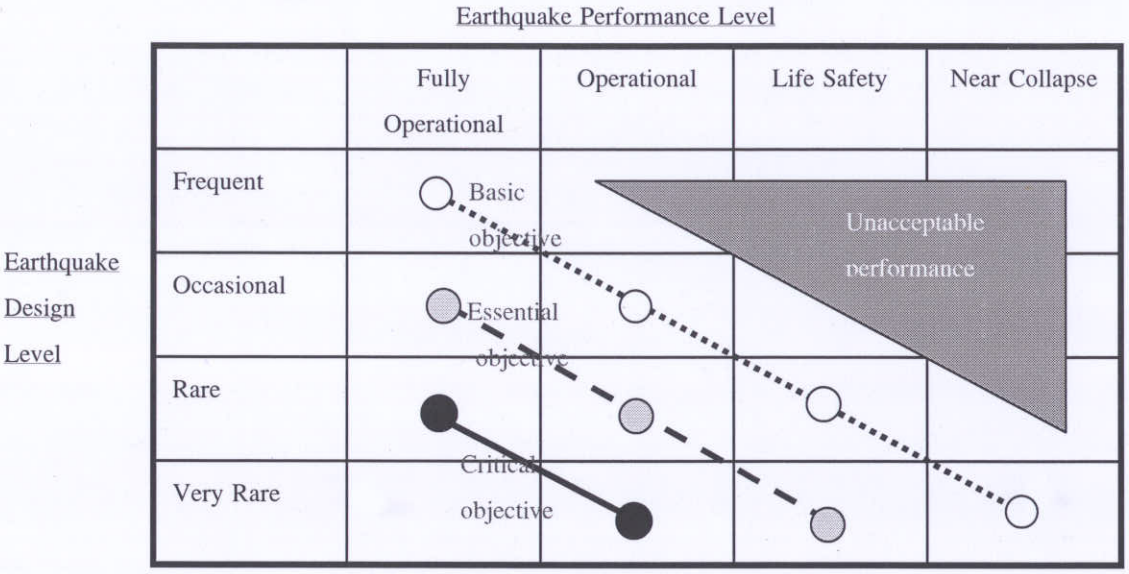
รูปที่ 4-10 การเสริม PT bars ที่ Pier Segment

5. แรงแผ่นดินไหว (Seismic Loads)

ก) ระดับของสมรรถนะโครงสร้างที่ออกแบบ (performance level)

การออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวจะมีการกำหนดสมรรถนะของโครงสร้างที่พึงประสงค์ไว้เพื่อเป็นเป้าหมายในการออกแบบ โดยสมรรถนะที่ประสงค์จะมีความสอดคล้องกับความสำคัญของโครงสร้างและความรุนแรงของแผ่นดินไหวในบริเวณที่ตั้งของโครงสร้าง การออกแบบโครงสร้างทางยกระดับจะออกให้มีสมรรถนะดังนี้

ภายใต้แผ่นดินไหวที่อาจเกิดในช่วงอายุใช้งานของโครงสร้างที่มีขนาดเล็ก จะคาดหวังให้ไม่เกิดความเสียหายใดๆ กับโครงสร้าง สำหรับแผ่นดินไหวที่นานๆ เกิดครั้งหนึ่งซึ่งมีขนาดใหญ่ จะคาดหวังให้โครงสร้างโดยทั่วไปเกิดความเสียหายได้ แต่ไม่พังทลายและไม่เป็นอันตรายต่อชีวิตผู้คน รูปที่ 5-1 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของ ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว ความเสียหายที่คาดหวังว่าจะให้เกิด และความสำคัญของโครงสร้างที่ออกแบบ ปรัชญาของการออกแบบนี้เป็นรากฐานของการพัฒนาข้อกำหนดในประเทศต่างๆ ทั่วโลก



รูปที่ 5-1 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว และความเสียหายที่คาดหวังว่าจะให้เกิด

ข) พื้นฐานการคำนวณแรงจากแผ่นดินไหว

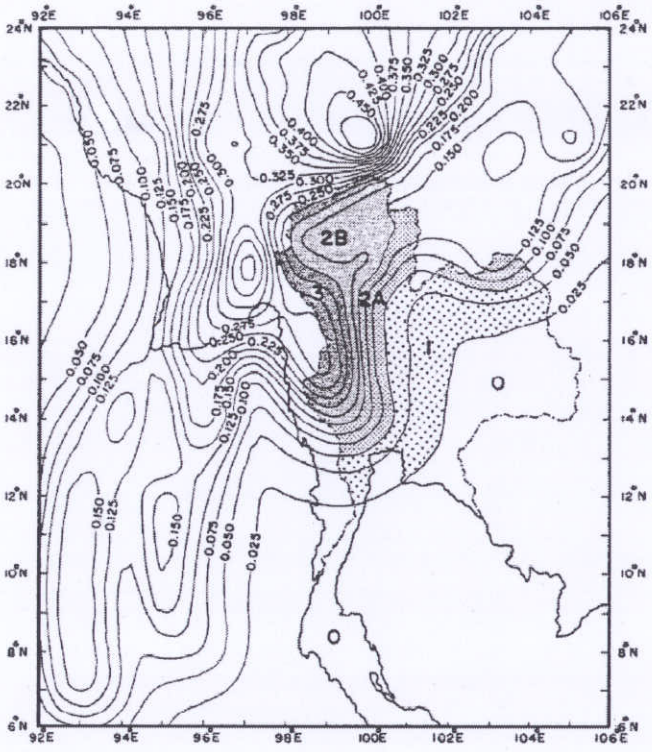
การคำนวณแรงจากแผ่นดินไหวจะอาศัยข้อมูลและวิธีการที่มีระบุในมาตรฐาน กฎหมาย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. American Association of State Highway and Transportation Officials "Standard Specifications for Highway Bridges, Division I-A: Seismic Design, Washington, D.C., 2002.
2. กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550
3. Warnitchai, P., and Lisantono, A. (1996) "Probabilistic Seismic Risk Mapping for Thailand" Proceedings of the 11th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 1271.
4. Warnitchai, P., Sangarayakul, C., And Ashford, A. (2000) "Seismic Hazard In Bangkok Due To Long-Distance Earthquakes" Proceedings Of The 12th World Conference On Earthquake Engineering, Paper No. 2145.

โดยจะนำข้อมูลที่มีกำหนดในเอกสารข้างต้นมากำหนดค่าตัวแปรในการออกแบบให้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานและกฎหมายที่มีและในขณะเดียวกันมีการใช้ข้อมูลในประเทศที่เป็นไปตามหลักวิชาการ

ค) ความเร่งสูงสุดสำหรับการออกแบบโครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหว

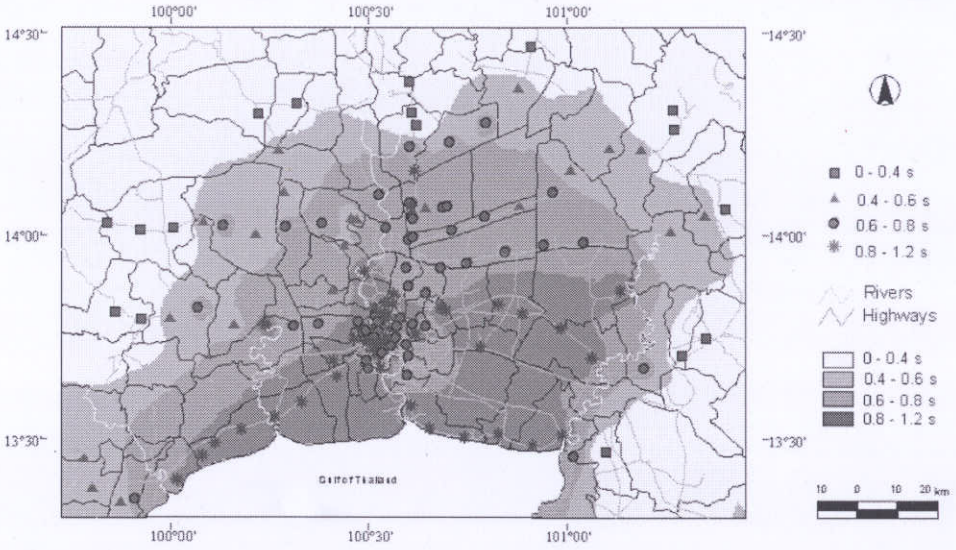
การคำนวณแรงจากแผ่นดินไหวจะใช้ค่าความเร่งสูงสุด เป็นพื้นฐานในการคำนวณแรงในการออกแบบและผลตอบสนองของโครงสร้าง สำหรับโครงการนี้จะอาศัย ค่าความเร่งสูงสุดที่มีพื้นฐานมาจากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยจะใช้ความเร่งสูงสุดที่มีความน่าจะเป็น Probability of Exceedance เท่ากับ 10% ในช่วง 50 ปี หรือเทียบเท่ากับ ความเร่งสูงสุดที่มีคาบการเกิดซ้ำเท่ากับ 475 ปี ค่าความเร่งสูงสุดสำหรับการออกแบบในประเทศไทย มีค่าดังแสดงในรูปที่ 5-2



รูปที่ 5-2 รูปแสดงความเร่งสูงสุดที่มีคาบการเกิดซ้ำเท่ากับ 475 ปีเป็นจำนวนเท่าของความเร่งจากแรงโน้มถ่วงโลก (Warnitchai, P. and Lisantono 1996)

ง) การขยายความรุนแรงของการสั่นไหวจากผลของชั้นดิน

เป็นที่ยอมรับในระดับสากล ว่าชั้นดินอ่อนสามารถขยายความรุนแรงของคลื่นแผ่นดินไหว และคลื่นที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะการสั่นโดยมีคาบเวลาการสั่นที่เด่นชัดซึ่งอาจทำให้เกิดการสั่นพ้องกับโครงสร้าง ทำให้โครงสร้างมีผลตอบสนองที่สูง สำหรับบริเวณกรุงเทพคาบการสั่นหลักของคลื่น (Predominant Period) ที่ได้จากการทดสอบจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 5-3



รูปที่ 5-3 คาบการสั่นหลัก (Predominant Period) คลื่นบริเวณกรุงเทพ (Warntchai 2004)

เนื่องจากชั้นดินบริเวณกรุงเทพ มีลักษณะเป็นชั้นดินอ่อน ดังนั้นการคำนวณแรงจากแผ่นดินไหวจะต้องพิจารณาผลการขยายความรุนแรงของคลื่นแผ่นดินไหว ในการออกแบบแต่ละจุดจะต้องพิจารณาผลเจาะสำรวจดินที่จุดนั้นๆ เพื่อหาผลการขยายคลื่นแผ่นดินไหว นอกจากนี้ในกรณีที่โครงสร้างมีคาบการสั่นที่ใกล้เคียงกับค่าคาบเวลาของคลื่นแผ่นดินไหว จะต้องพิจารณาเป็นพิเศษโดยอาจจะต้องเลือกใช้การวิเคราะห์ที่มีพื้นฐานบนวิธีพลศาสตร์

อนึ่งทั้งข้อมูลความเร่งสูงสุดและการขยายความรุนแรงของคลื่นแผ่นดินไหวจากชั้นดินเป็นผลมาจากการศึกษาวิจัย การเลือกใช้ข้อมูลในการออกแบบจะต้องมีพื้นฐานอยู่บนหลักวิศวกรรมและจะต้องนำมาพิจารณาและเทียบเคียงให้สอดคล้องกับค่าต่างๆ ที่มีกำหนดใน กฎกระทรวง และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

จ) วิธีการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหว

การวิเคราะห์โครงสร้างทางยกระดับเพื่อคำนวณหาแรงภายใน แบ่งได้เป็นสี่วิธีหลักคือ

1. วิธีกระจายแรงสม่ำเสมอ (Uniform Load Method)
2. วิธีสเปคตรัมหนึ่งโหมด (Single Mode Spectral Method)
3. วิธีสเปคตรัมหลายโหมด (Multimode Spectral Method)
4. วิธีพลศาสตร์ (Time History Method)

ในการออกแบบจะต้องเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมสำหรับช่วงโครงสร้างนั้นแต่ละช่วง ในช่วงที่มีรูปแบบโครงสร้างปกติทั่วไป จะสามารถใช้ วิธีที่มีพื้นฐานบนแรงสถิตได้ (Uniform Load Method) ในกรณีที่โครงสร้างบางช่วงที่มีรูปแบบผิดไปจากแบบทั่วไป มีจำนวนช่วง span ที่ต่อเนื่อง มีความโค้งสูง หรือมีช่วงความยาวเป็นพิเศษ จะต้องพิจารณาว่ามีการบิดตัวมากหรือมีการตอบสนองในหลายโหมดมากกว่าเฉพาะในโหมดพื้นฐานจะวิเคราะห์ออกแบบด้วยวิธีสเปคตรัมหรือวิธีทางพลศาสตร์

ฉ) วิธีการคำนวณหาแรงสถิตเทียบเท่า

ในกรณีที่มีรูปแบบโครงสร้างปกติทั่วไป แรงสถิตเทียบเท่าเนื่องจากแผ่นดินไหว P สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P = \frac{C_s W}{R}$$

โดยที่ C_s คือสัมประสิทธิ์ของแรงสถิตเทียบเท่าซึ่งหาจากสเปคตรัมของความเร่งตอบสนอง
W คือน้ำหนักชิ้นส่วนโครงสร้าง
R คือตัวประกอบปรับลดผลตอบสนองมีค่าแตกต่างกันขึ้นกับองค์อาคารที่พิจารณา

สัมประสิทธิ์ของแรงสถิตเทียบเท่า C_s สามารถคำนวณได้จาก

$$C_s = \frac{1.2AS}{T^{2/3}}$$

โดยที่ A คือความเร่งของผิวดินซึ่งมีค่าเป็นจำนวนเท่าของความเร่งโน้มถ่วง ซึ่งหาได้จากแผนที่เสี่ยงภัย สำหรับประเทศไทย
S คือสัมประสิทธิ์สำหรับคุณสมบัติของดินซึ่งคำนึงถึงการขยายตัวของความเร่งเนื่องจากอ่อนบริเวณที่ตั้งของโครงสร้าง

ช) แนวคิดในการออกแบบและการให้รายละเอียด (Seismic Detailing)

นอกจากการออกแบบโครงสร้างให้มีความแข็งแรงเพียงพอ โครงสร้างจะต้องมีการให้รายละเอียดที่เหมาะสม สำหรับการออกแบบโครงสร้างในโครงการนี้ จะใช้การให้รายละเอียดตาม มาตรฐาน AASHTO ระดับสมรรถนะ B ซึ่งสอดกับระดับความเสี่ยงภัยของประเทศไทย โดยจะมีการให้รายละเอียดพิเศษ เกี่ยวข้องกับปริมาณและระยะห่างของเหล็กปลอก ซึ่งจะทำให้โครงสร้างมีความเหนียว (Ductility) ที่เพียงพอ

เสาและฐานรากเป็นองค์ประกอบหลักของโครงสร้างในการรับแรงแผ่นดินไหว หลักการในการออกแบบโครงสร้าง จะอาศัยความเหนียวของโครงสร้างส่วนบนเป็นหลักในการสลายพลังงาน โดยจะออกแบบให้โครงสร้างเกิดการเสียรูปเกิดพิกัดยืดหยุ่น ในกรณีที่เกิดแผ่นดินไหวในระดับที่ออกแบบ และพิจารณาการให้รายละเอียด (Detailing) ที่สามารถรองรับการเสียรูปที่จะเกิดขึ้น

หลักการในการออกแบบโครงสร้างในส่วนฐานราก จะออกแบบให้โครงสร้างโดยเฉพาะเสาเข็มไม่เกิดการครากหรือเสียหาย หากเป็นไปได้ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างใต้ดินจะทำการตรวจสอบและซ่อมแซมลำบากหลังจากเกิดแผ่นดินไหว

รูปแบบของโครงสร้างฐานรากสำหรับรับแรงแผ่นดินไหวมีได้หลายรูปแบบ เช่น ฐานรากเสาเข็มกลุ่ม หรือฐานรากเข็มเดี่ยวต่อเนื่องกับโครงสร้างเสา (Integral pile-shaft)

ในแง่การรับแรงแผ่นดินไหว ฐานรากทั้งสองแบบมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในเขตที่มีแผ่นดินไหว ตารางที่ 5-1 แสดงตัวอย่างลักษณะฐานรากที่มีใช้ในสะพานในเขตที่มีแผ่นดินไหวในต่างประเทศ

ตารางที่ 5-1 ลักษณะฐานรากที่ใช้ในการก่อสร้างสะพานในเขตที่มีแผ่นดินไหว

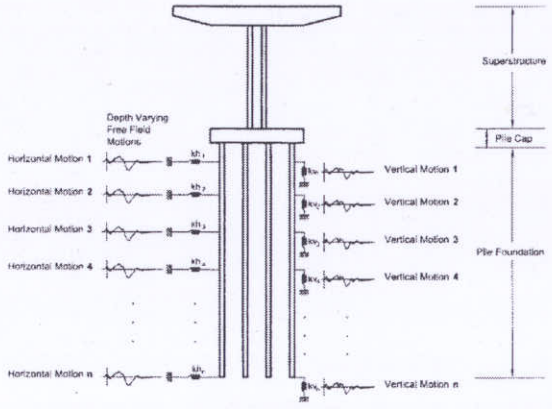
	USA (California)	France	New Zealand	Taiwan
Integral Pile-Shaft	60%	4%		
Steel Group Piles	10%	26%	30%	
Concrete Group Piles	30%	70%	70%	100%

ข้อมูลการศึกษาของ International Federation for Structural Concrete, Bulletin 39

จะเห็นได้ว่า หากได้รับการออกแบบที่เหมาะสม ฐานรากทั้งสองแบบจะมีความแข็งแรงและความเหนียวเพียงพอสำหรับรับแรงแผ่นดินไหว การเลือกใช้รูปแบบฐานรากจะต้องพิจารณาจากปัจจัยร่วมอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการก่อสร้าง ผลกระทบจากการก่อสร้าง เป็นต้น

ในการออกแบบฐานรากในจุดที่สำคัญ จะต้องพิจารณาผลตอบสนองร่วม (Soil-Structure Interaction) ระหว่างดินและฐานราก โดยทำการจำลองชั้นดินที่ต้านทานการเคลื่อนที่ด้านข้างของฐานราก ลักษณะแบบจำลองที่นิยมใช้จะพิจารณาดินด้านข้างของเข็มให้มีลักษณะเป็นสปริงยืดหยุ่นดังแสดงในรูปที่ 5-4

สำหรับกรณีที่เลือกใช้เสาเข็มเดี่ยวชนิด Integral Pile-Shaft จะต้องพิจารณาการดัดตัวของเข็มในชั้นดินอ่อน ภายใต้แรงแผ่นดินไหวเสาเข็มอาจเกิดการเคลื่อนตัวเกินพิกัดยืดหยุ่นและเกิดเป็นจุดหมุนพลาสติก (Plastic Hinging) อย่างไรก็ตามหากเป็นได้ จะออกแบบให้โครงสร้างมีการเสียรูปในช่วงอีลาสติกและไม่เกิดการครากขั้น ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างใต้ดินจะทำการตรวจสอบและซ่อมแซมลำบาก หลังจากเกิดแผ่นดินไหว ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น



รูปที่ 5-4 ลักษณะแบบจำลอง ในการวิเคราะห์และออกแบบฐานราก

ภาคผนวก ก.3

หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบโครงสร้างสถานี และ Depot

ภาคผนวก ก.3
หลักเกณฑ์และมาตราฐานในการออกแบบ โครงสร้างสถานี และ Depot

STATION STRUCTURAL DESIGN

1 General

This subsection consists of the design requirements for all elevated station structure including superstructure, substructure and foundation. They are to be designed for a lifetime usage of 100 years.

2 Design Standards And Codes of Practice

The BMPE Structures shall be designed in accordance with all applicable portions of the following standards and codes:

AASHTO : AASHTO, Standard Specifications for Highway Bridges, 17th Edition, 2002

: AASHTO, Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridge, 2nd Edition, 1999

: AASHTO, Guide Specifications, Thermal Effects in Concrete Bridge Superstructures

ACI : ACI 224R-92, Control of Cracking in Concrete Structures

: ACI 318-99, Building Code Requirements for Structural Concrete

: ACI 336.3R-93, Design and Construction of Drilled Piers

: ACI 343R-95, Analysis and Design of Reinforced Concrete Bridge Structures

: ACI 358.1R-92, Analysis and Design of Reinforced Concrete Guideway Structures

: ACI 435R-95, Control of Deflection in Concrete Structures

AISC : American Institute of Steel Construction, Manual of Steel Construction, 9th Edition 1999

AREMA : American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association

ASBI : American Segmental Bridge Institute

BS : BS 5400, Part 2. Specification for Loads

: BS 5400, Part 4, Code of Practice for Design of Concrete Bridges

: BS 5400, Part 9, Bridge Bearings

CEB-FIP : MODEL CODE 1990

European Standard :

: ENV 1991, Basis of Design

: ENV 1992, Design of Concrete Structures

: ENV 1993, Design of Steel Structures

: ENV 1994, Design of Composite Structures

: ENV 1997, Geotechnical Design

: ENV 1998, Design of Structures for Earthquake Resistance

: PrEN 1337, Structural Bearing

FHWA : Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. Publication No. FHWA-IF-99-025, Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods. August 1999.

NAVFAC : U.S. Naval Facilities Engineering Command, Design Manual DM 7.01, Soil Mechanics

: U.S. Naval Facilities Engineering Command, Design Manual DM 7.02, Foundation and Earth Structures

PCI : Prestressed Concrete Institute

UBC : Uniform Building Code 1997

UIC : The Union International Chemins de Fer

JIS : Japanese Industrial Standard

EIT : The Engineering Institute of Thailand under H.M. the King's Patronage

TIS : Thai Industrial Standard

ASTM : American Society for Testing and Materials Standards

3 Materials

3.1 Concrete

The minimum 28-days concrete cylinder strength test in accordance with ASTM C39-86 for bridge structures shall be as follows:

Table 3.1: Typical Concrete Use

Typical Use	f_c' (N/mm^2)	E_c (kN/mm^2)
Blinding Concrete	15	
Normal concrete	30	26.0
Bored piles	30	26.0
Prestressed spun piles	50	33.4
Foundation and pier	35	28.0
Precast segmental deck	40	30.0
Cast in-situ segmental deck	40	30.0
Cast in-situ prestressed concrete members	35	28.0

3.2 Reinforcing Bars

SR-24: Mild Steel Round Bars Grade SR24 $f_y = 240$ N/mm^2
According to TIS 20-2543, for 6 mm. – 9 mm. dia.
SD-40: High Yield Deformed Bar Grade SD40 $f_y = 390$ N/mm^2
According to TIS 24-2536, for 12 mm. – 32 mm. dia.
SD-50: High Yield Deformed Bar Grade SD50 $f_y = 490$ N/mm^2
According to TIS 24-2536, for ≥ 32 mm. dia.

3.3 Prestressing Strands

Prestressing strand shall be seven wires low relaxation strand conforming to ASTM A416 Grade 270. Prestressing strand properties are shown in Table 3.2.

Table 3.2: Properties of Prestressing Strand

Nominal dia., mm	15.24	12.7
Nominal mass, kg/m	1.101	0.775
Nominal area, mm^2	140	98.71
Breaking strength, kN	260.8	183.7
Relaxation - 70% UTS - 80% UTS	 2.5% 3.5%	 2.5% 3.5%
Es, N/mm^2	195,000	195,000

Table 3.3: Design Parameters for Prestressing Concrete

Design Parameter	Tendon Type	
	Internal	External
Coefficient of friction (μ),/radian	0.3	0.15 – Bare strands in HDPE sheath 0.07 – Greased plastic coated strands in HDPE sheath
Wobble factor (K), /m	0.0033 (in situ) 0.0033 (Segmental)	0.002 – Embedded section
Wedge drawn in, mm.	7	7
Relative humidity	75%	75%

For delivered external tendons the wobble factor is only considered over the embedded section in the diaphragms and deviators.

3.4 Prestressing Bars

High tensile bars shall be ASTM A722 Grade 150. Tensile strength of bars shall be at least equal to 1,000 N/mm^2 when tested in accordance to AASHTO M215 method.

3.5 Prestressing Wires

Wire shall be uncoated, stress-relieved, cold-drawn, high-tensile steel wire conforming to ASTM A421.

3.6 Sheathing for Prestressing Tendons

1. Sheathing for internal tendons shall be formed from thin galvanized steel sheeting.
2. External prestressing shall be protected from corrosion by the use of high density polyethylene (HDPE) sheathing which shall be continuous between anchorages.
3. The internal cross section area of the sheath shall be at least 2.5 times the strands area. The sheath shall have an external diameter to wall thickness ratio of 21 or less.
4. At deviators a double sheathing system shall be used.
5. At anchorages the sheathing shall be either the embedded steel tubing (non replaceable system) or a double sheathing system (replaceable system).
6. Typical diameters are given in the following table.

Table 3.4: Tendons and Sheathing Dimensions

Tendon Size	Size of External Tendon Sheathing System (mm)	Size of Internal Tendon Sheathing System (mm)
5K15 to 7K15	66 ID.	60 ID.
8 K15 to 12K15	79 ID.	80 ID.
13K15 to 19K15	97 ID.	95 ID.
3S15, 4S15	Not applicable	75 x 25

Note: ID = inside diameter

3.7 Structural Steel

1. Structural steel shall conform to ASTM A36 or equivalence with minimum yield strength = 245 N/mm2
2. Structural bolt shall conform to ASTM A325 or equivalence unless otherwise noted

4 Durability Requirements

4.1 Stress and Surface Crack Width

1. Non-Prestressed Members
   For considerations of durability, the following requirements shall be maintained:
   To limit flexural cracking in reinforced concrete section, the factor Z shall be limited to 22,760 N/mm.

Design surface crack width at service load conditions calculated by ACI 224R-92 or BS 5400 Part 4 methods shall be not more than 0.2 mm.

2. Prestressed Members
Maximum compressive stress due to effective prestressing forces plus permanent dead load shall not exceed 0.45 f_c'.

a) Longitudinal stresses in the precompressed tensile zone shall be as follows;

i) Type A joints with minimum bonded auxiliary reinforcement through the joints sufficient to carry the calculated tensile force at a stress of 0.5 f_y ; internal and external tendons.
f_t = zero tension when not included thermal gradient effect
f_t = $0.5\sqrt{f_c'}$ N/mm^2 maximum tension, when included thermal gradient effect.

Where the calculated tensile stress exceeds this value, bonded reinforcement shall be provided at stress of 0.5 f_y to resist the total tensile force in the concrete computed on the assumption of an uncracked section.

ii) Type A joints without the minimum bonded auxiliary reinforcement through the joints; internal no tension allowed.

iii) Type B joints external tendons, not less than;

f_c = 0.7 N/mm^2 ,minimum compression
f_c = zero tension for other areas

b) Transverse tension in precompressed tensile zone:

f_t = $0.25\sqrt{f_c'}$ N/mm^2 (maximum tension)

Where the calculated tensile stress exceeds this value, bonded reinforcement shall be provided at stress of 0.5 f_y to resist the total tensile force in the concrete computed on the assumption of an uncracked section. In such cases, the maximum tensile stress shall not exceed $0.5\sqrt{f_c'}$.

i) The Type A and Type B joints are as defined in AASHTO Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges, 2nd Edition, 1999.

4.2 Concrete Covering
The following minimum concrete cover (from face of concrete to face of outermost bar) shall be provided as detailed in Table 4.1.

Table 4.1: The Minimum Concrete Cover

Location	Cover (mm)
In-Situ piles	75
Precast spun piles	45
Underside of pile caps	75
Piles caps (other than underside)	50
Columns (external face)	40
Superstructure (external face)	40
Columns and superstructure (internal face)	30
Top bars in precast deck without wearing surface	40
Top bars in deck without wearing surface	50
Top bars in precast deck (covered with wearing surface)	35
Top bars in deck (covered with wearing surface)	45
Parapets	30
Side cover to tendon sheathing	50
Bottom cover to tendon sheathing	100

Note:
1. The concrete covers shown in Table 4.1 are the minimum concrete cover required for durability.
2. For design (and detail of all structural element) the concrete cover shown in Table 4.1 shall increased by 10 mm (tolerance allowance).
3. Minimum covers are mentioned above provide for structure to make it meet 100 years design life

5 Loads

5.1 Dead Load (D)

Dead load is the vertical load due to the weight of the entire structure and all permanently installed elements such as wall, track work, ballast, conduits and others fixed service equipments.

1. Self Weight (SW)
   When computing the dead load, the unit weight in Table 5.1 shall be used.

Table 5.1: Unit Weight of Dead Load

Material	Unit Weight	
	kN/m^3	kg/m^3
Steel	76.9	7,850
Cast Iron	70.6	7,200
Aluminium Alloy	27.4	2,800
Timber (untreated)	7.8	800
Plain Concrete	23.5	2,400
Reinforced Concrete	24.5	2,500
Prestressing Concrete	24.5	2,500
Ballast	18.0	1,840
Soil	17.6	1,800
Water	9.8	1,000
Full-Sized Brick	3.5 (kN/m^2)	360 (kg/m^2)
Half-Sized Brick	1.8 (kN/m^2)	180 (kg/m^2)
Light wall	0.5 (kN/m^2)	50 (kg/m^2)
Metal Sheet Roof	0.07 (kN/m^2)	7 (kg/m^2)

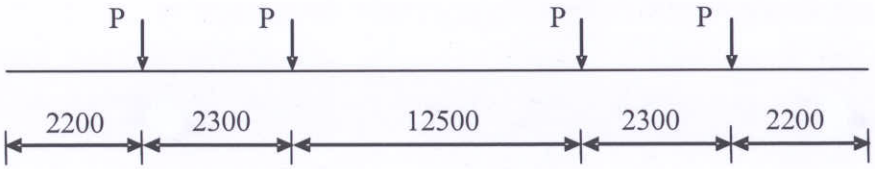
2. Superimposed Dead Load (SDL)
   Superimposed dead load shall be followed by Table 5.2.

Table 5.2: Superimposed Dead Load

Superimposed Dead Load	Single track	Dual track
Rails w/ Fastener (kN/m)	1.46	2.93
Signalling (kN/m)	0.26	0.51
Power Cable (kN/m)	1	2
Drainage (kN/m)	0.5	0.5
Other (Parapet, Plinth, Concrete Cable Box)	As Actual	As Actual

5.2 Transient Loads

1. Standard Vehicle Load (L)
The track supporting structure shall be designed to carry the proposed standard train loading as shown in Figure 5.1. This load pattern shall be placed at the most critical position to generate maximum stress for the part of structure considered. The one to six-car trains per one track are assumed to found out the worse effect on structures element. The maximum train operating speed 80 km/h.



Note: 1) Dimensions in mm. (For 1 Car)

2) Axle Load, P = 156.9 kN for crush load
= 93.2 kN for empty car train based on 4 kN/m^2 over 3.2 m width and 22.5 m long.

Figure 5.1: Standard One Car Train load

2. Lurching
Lurching forces caused by the train rotating slightly about its axis. The 56% and 44% of the train load shall be applied as shown in Figure 5.2. This causes a couple at the rail level or a moment with a magnitude of 6% of the maximum axle load multiplied by the distance between the rails.

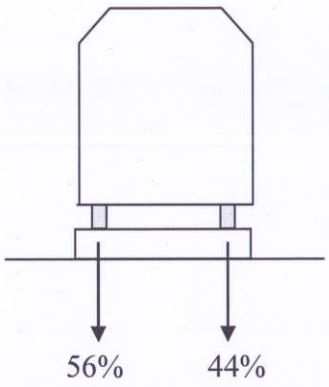


Figure 5.2: Lurching Forces

3. Impact Factor (I)
Vertical impact as defined below shall be applied to all superstructure and substructure members, with the exceptions of the piles below ground level foundation, and elastomeric bearings.

Table 5.3: Dynamic Load Allowance (Impact)

Structure Type	Rubber-tired and Continuously Welded Rail	Jointed rail
Simple-span structures, $I = VCF/f_1 - 0.1$	≥ 0.10	≥ 0.30
Continuous-span structures, $I = VCF/2f_1 - 0.1$	≥ 0.10	≥ 0.30

VCF = vehicle speed / Span length
f_1 = $(3.14159/2L_s^2)\sqrt{(E_cI_g/M)}$

where;
L_s = span length, center to center of supports in m.
M = mass per unit length of guideway, which includes all the sustained loads the beam carries including its own mass in kg/m
f_1 = first mode flexural (natural) frequency of the guideway, H_z
VCF = Vehicle crossing frequency, H_z
E_c = Modulus of elasticity of the guideway, N/m^2
I_g = Moment of inertia of uncracked section of the guideway, m^4

4. Hunting Force (HF)
The hunting force or nosing force caused by the lateral interaction of the train and rail is shown in Figure 5.3. The hunting force shall be applied laterally on the top of rail in tangent track at the lead axle of the train as follows:

Table 5.4: Hunting Force

Bogie type	Hunting force
Nonsteerable	0.08L
Steerable	0.06L

where:L = Standard Vehicle Axle load

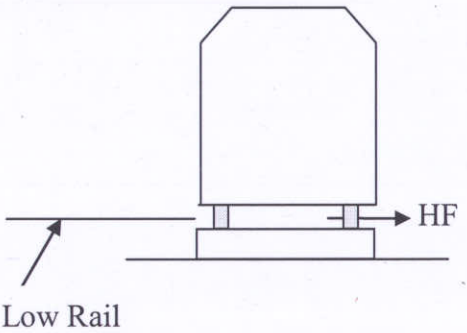


Figure 5.3: Hunting Force

When centrifugal and hunting forces act simultaneously, only the larger of them need to be considered.

5. Centrifugal Force (CF)
Structure on horizontal curves shall be designed for a horizontal lateral radial force. The centrifugal force, CF acts through the center of gravity of the vehicle at a curved track. The centrifugal force is assumed to act at 1.50 m above the top of low rail as illustrated in Figure 5.4

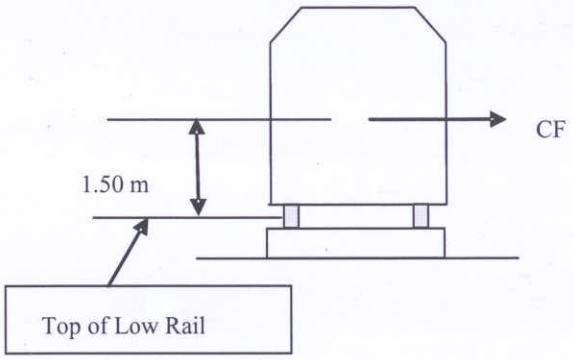


Figure 5.4: Centrifugal Force

$CF = LV^2/(127R)$

where:
CF = Centrifugal force in kN
V = Maximum train speed on curve in km/h
R = Radius of curve in m
L = Train loading without impact in kN

6. Longitudinal Force (LF)
The longitudinal force acts simultaneously with the vertical live load of a standard train load. It may be applied in either direction: forward in breaking or deceleration or reverse in acceleration. The longitudinal force should be applied as follows:

a) Service Longitudinal Force (LF_n)
For service acceleration and/or deceleration, LF_n, shall be equal to 15% of the standard train loading without impact load and shall be applied 1.80 m. above the top of low rail.
$LF_n = 0.15L$

b) Emergency Longitudinal Force (LF_e)
For emergency service acceleration and or deceleration, LF_e shall be equal to 30% of the standard train loading without impact load and shall be applied 1.80 m. above the top of low rail.
$LF_e = 0.30L$

Load Reduction for Emergency Longitudinal Force
Loading reduction shall be used on emergency longitudinal loading only. The following percentages of LF_e tabulated in Table 5.5 shall be used in the view of the improbability of coincident maximum loadings:

Table 5.5: Percentage of LF_e

No. of Trains	Percentage of LF_e
One & Two trains	100 %
Three trains	90%
Four trains or more	75%

7. Service Walkway Loads
Live load on service or emergency walkways shall be base on 4.0 kN/m^2 of area. This load should be used together with empty vehicles on guideway, since the walkway load is the result of vehicles being evacuated.

8. Load on Safety Railing
The lateral load from pedestrian traffic on railings should be 1.5 kN/m applied at the top of railing.

9. Wind Load
Direction of wind load on structure (WS) and wind load on live load (WL) are indicated in Figure 5.5

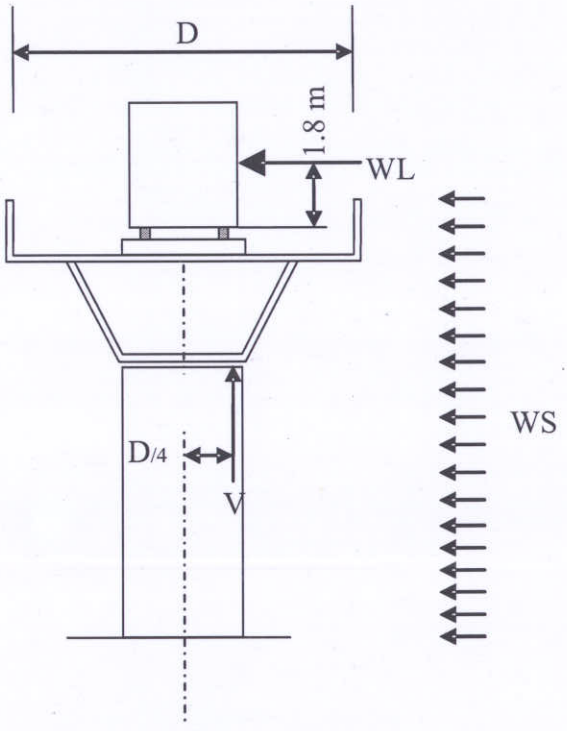


Figure 5.5: Wind Load Direction

a) Wind Load on Viaduct Structure (WS)
   i) Wind load shall consist of uniformly distributed loads applied to the exposed area of the structure. The exposed area shall be the sum of the areas of all members including floor system and railing as seen in elevation at 90 degree to the longitudinal axis of the structure. The forces and loads given herein are for a base wind velocity of 44.4 m/s which equivalent to 100 mph.

ii) A wind load of 2.39 kN/m^2 shall be applied horizontally at right angles to the longitudinal axis of the structure. The total force shall not be less than 4.38 kN/m in the plane of the windward chord, 2.19 kN/m in the plane of the leeward chord on truss spans and not less than 4.38 kN/m on girder spans.

b) Wind Load on Train Live Load (WL)
A wind load of 2.39 kN/m^2 shall be applied horizontally at right angles to the train. Train height for wind load calculation is 4 m and WL act at level 1.8 m above rail.

c) Overturning Forces (V)
The effect of force tending to overturn structures shall be calculated by assuming that the wind direction is right angles to the longitudinal axis of the structure. In addition, an upward force of 0.96 kN/m^2 of deck and sidewalk plan area shall be applied at the windward quarter point of the transverse superstructure width.

10. Force of Stream Flow Current on Piers (SF)
The effect of flowing water on pier shall be calculated by the formula:

$$P = 515\,Kv^2$$

where:
P = Average pressure in N/m^2
v = Average velocity of the water computed by dividing the flow rate by the flow area, m/s
K = A constant, being 1.4 for square ended-piers, 0.50 for angle ended-piers where the angle is 30 degrees or less, and 0.70 for circular piers

5.3 Loads due to Volumetric Changes

Provisions should be made for all movements and forces that can occur in the structure as a result of shrinkage, creep, and variations in temperature. Load effects that may be induced by a restraint to these movements should be included in the analysis. These restraints include those imposed during construction on a temporary basis and those imposed by rail-fastener interaction on an on-going basis. Effects due to thermal gradients within the section should also be considered.

1. Temperature Rise or Fall Effect (TRF)
The range of effective temperature for computing thermal stresses and movements of the structure are as follows:
Concrete structures: 10 to 40 Celsius with an average temperature of 28 Celsius
Steel Structures (rails): range 10 to 60 Celsius
The installation temperature for rails is defined as 32 ±5 Celsius
The coefficient of thermal expansion (α)
12.0×10^{-6} /Celsius for rails
10.8×10^{-6} /Celsius for concrete

2. Temperature Gradient Effect (TG)
Curvature caused by temperature gradient is considered in accordance with Appendix A of National Cooperative Highway Research Program Report

276 Thermal Effects in Concrete Bridge Superstructures and the following distributions:

a) Temperature Gradient Effect for Hot Top Condition

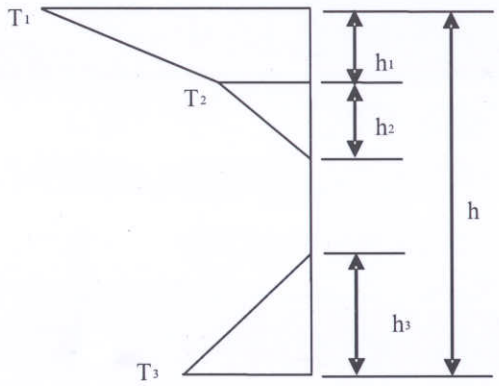


Figure 2.3.5.6: Unballasted Hot Top Condition

where

T1	=	12.3 °C	
T2	=	3.6 °C	
T3	=	1.6 °C	
h1	=	0.3h	≤ 0.15 m
h2	=	0.3h	≤ 0.25 m but ≥ 0.10 m
h3	=	0.3h	≤ 0.18 m

b) Temperature Gradient Effect for Cold Top Condition

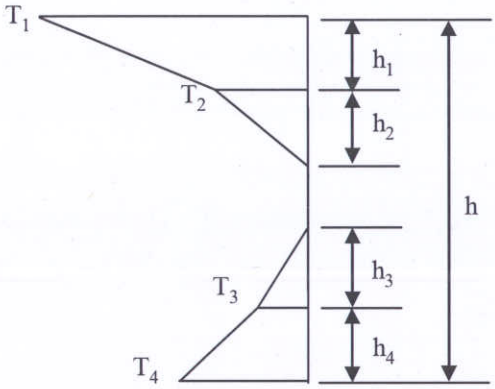


Figure 2.3.5.7: Unballasted Cold Top Condition

where

T1	=	-11.0 °C	
T2	=	-0.8 °C	
T3	=	-0.5 °C	
T4	=	-5.4 °C	
h1	=	0.2h	≤ 0.25 m
h2	=	0.25h	≤ 0.20 m
h3	=	0.25h	≤ 0.20 m

$$h4 = 0.2h \leq 0.25\ m$$

Temperature gradient is incorporated in the service load group in accordance with the AASHTO Guide Specifications for Segmental Bridges 1999.

c) Temperature Gradient Effect for Transverse Section Design (TG_T)
For transverse design of concrete box section, the differential temperature between inside and outside box for design shall be different by ± 6 Celsius. Linear distribution between outside and inside box is assumed.

3. Thermal Rail Force (FR)
Axial rail stress due to a change in temperature after installation, f_r, is expressed by

$$f_r = E_r\alpha\,(T_1 - T_0)$$

where:
f_r = axial stress in the continuously welded rail in N/mm^2
α = coefficient of thermal expansion in per Celsius
T_0 = the installation temperature (zero-stress condition) in Celsius
T_1 = the final rail temperature in Celsius
E_r = modulus of elasticity of rail steel = 200,000 N/mm^2

The corresponding longitudinal rail force, F_r, is expressed by

$$F_r = \Sigma A_r E_r \alpha (T_1 - T_0)$$

where:
F_r = axial force in the continuously welded rail in N
A_r = cross-section area of a rail in mm^2

In case of horizontally curved structure, the resulting from the thermal rail forces is expressed as

$$F_R = F_r/R$$

where:
F_R = radial force per unit length due to curvature of continuously welded rail in N/m
R = radius of curvature in m
FR = result of F_r and F_R

4. Broken Rail Force (BR)
a) Continuously welded rails will, on occasion, fail in tension. This situation occurs because of rail wear, low temperature, defects in the rail, defects in a welded joint, and fatigue or some combination of these effects. When the rail breaks, it slips through the fasteners on both sides of the break unit. Tensile force in the rail before the break is counteracted by the reverse fastener restraint forces.

b) The assumed longitudinal force of 350 kN shall be applied to the deck at rail level. In either direction or both, design shall be based on the possibility of any only one continuous welded rail breaking on one deck.
c) At rail expansion joints, a force of 500 kN shall be applied to the deck at each end of the interrupted track, unless another value is verified by a comprehensive track work-structure interaction calculation.

5. Creep and Shrinkage (CR & SH)
a) A camber equal and opposite to the long-term deflection plus live load deflection of trains is cast into the bridge geometry. Thus, once the bridge completes all time dependent movement (assumed as 27,000 days in the computer models), the bridge deck would match the intended vertical geometry. The long term strain effects of concrete creep and shrinkage are computed in accordance with CEB-FIP Model Code for Concrete Structures, Version 1990, using the following parameters :

RH = Relative humidity = 75 %

b) The vertical growth (or decrease) in camber from six months to full life shall be limited to a maximum of 10 mm to ensure that it is within the adjustment capacity of the rail fastening system.

5.4 Exceptional Load

1. Collision Force from Highway Vehicles (CL)
Piers or other guideway support elements that are situated less than 3 m from the edge of an adjacent street or highway should be designed to withstand a horizontal static force 1000 kN, unless protected by suitable barriers. The force is to be applied on the support element, or the protection barrier, at the angle of 10 deg from the direction of the road traffic and at a height of 1.20 m above carriageway level. The collision load need not be applied concurrently with load other than the dead load of structure.

2. Earthquake Load (EQ)
Earthquake regulation for Bangkok area is defined as Zone I. With reference to UBC 1997 Code, Zone I is equivalent to peak ground acceleration 0.08g. Equivalent static load method shall be applied for seismic analysis and designed by using 8% of dead load (including superimposed dead load) subjected laterally to bridge structure applied to the center of gravity of the structure.

$$EQ = C \times F \times W$$

where:
C = 0.08
F = Frame factor (1.0 for single column, 0.8 for frames)
W = Dead weight of structure plus superimpose dead load

5.5 Other Sustained Loads

1. Differential Settlement (DS)
a) The differential settlement between adjacent piers is assumed as 30 mm for piles founded on Bangkok second sand layer and 50 mm for pile founded on Bangkok first sand layer. For simply supported structures,

the differential settlement has little or no structural impact on either the columns or superstructure.

b) For framed structures, the differential settlement will have a structural impact and shall be a permanent load at both service and ultimate load states. It is considered a long-term effect that develops gradually therefore its effect may be mitigated by concrete creep calculated in accordance with CEB-FIB. Therefore, the differential settlement is assumed to occur evenly over a period of 10 years, starting immediately after the structure went into service.

2. Earth Pressure (E)
   a) Structures which retain fills shall be proportioned to withstand pressure as given by Coulomb's Equation. However, no structure shall be designed less than an equivalent fluid weight (mass) of 4.8 kN/m^3.
   b) When highway traffic comes within a horizontal distance from the top of the structure equal to one half its height, the pressure shall be added to it. A live load surcharge pressure equals to not less than 0.60 meter of earth height.
   c) Where an adequately designed reinforced concrete approach slab supported at one end by the bridge is provided, no live load surcharge needs to be considered.
   d) All designs shall provide for the thorough drainage of the back-filling material by means of weep holes and crushed rock, pipe drains or gravel drains, or by perforated drains.

3. Buoyancy (B)
   Buoyancy shall be considered wherever affects the design of either substructure including piling, or the superstructure.

5.6 Live Loads for Station & Building

Table 5.6 Live Load for Station & Building

Occupancy or Use	Live Load	
	kN/m^2	Kg/m^2
Platform, concourse, retail area, stair	5.0	500
Mechanical area(normal)	8.0	800
Mechanical are (heavy)	15.0	1,500
Office	3.0	300
Metal sheet roof	0.3	30
Reinforced concrete roof	1.0	100
Lift room	5.0	500
Pump room	10.0	1,000
Air conditioning work		
- Cooling tower	10.0	1,000
- Chiller's area	15.0	1,500
- Air hanging Units	5.0	500
Parking Area (Passenger Car)	4.0	400
Parking Area (Bus)	10.0	1,000

5.7 Wind Load for Station & Building

According to Bangkok Metropolitan Administration's regulations, wind load shall be according to Table 5.7

Table 5.7: Wind Load for Station & Building

Building Height, m	Load (kg/m^2)
$H \leq 10$	50
$10 < H \leq 20$	80
$20 < H \leq 40$	120
$40 < H \leq 80$	160
$H > 80$	200

6 Load Combination

6.1 Service Load Combination

Load combinations outline in the "AASHTO Guide Specifications for the Design and Construction of Segmental Bridge, 1999" and " ACI358.1R-92 Analysis and Design of Reinforced Concrete Guideway Structures" are incorporated into the design criteria. The final service load combinations are tabulated in Table 6.1.

Table 6.1: Service Load Combination

Group	Load Combination	Allowable Percentage of Basic Unit Stress
S1	D + L + I + PS + 0.5TG + CF	100
	D + L + I + PS + 0.5TG + HF	100
	D + L + I + PS + 0.5TG + FR	100
S2	D + PS + 0.5TG + WS	125
S3	S1 + 0.3WS + WL + LF_n	125
S4	S1 + SH + CR + TRF + DS	125
S5	S2 + SH + CR + TRF+ DS	140
S6	S3 + SH + CR + TRF + DS	140
S7	D + PS + 0.5TG + EQ	133
S8	D + LER+PS + SH + CR + TG + EL	125
S9	D+LER+PS+SH+CR+TG+EL+WER	133

where:

CF = Centrifugal loads
CR = Forces due to creep in concrete
D = Dead load + Superimposed dead load
DS = Differential Settlement
EQ = Earthquake Force
EL = Erection loads
FR = Rail structure interaction (results of F_R and F_r)
HF = Hunting force (nosing)
I = Impact
L = Live load
LER = Live load at erection stage
LF_n = Normal longitudinal braking
PS = Forces and effects due to prestressing
SH = Forces due to shrinkage in concrete
TG = Temperature Gradient Effect (Superstructure only)
TRF = Loads due to temperature rise or fall exclusive of rail forces
WER = Wind load at erection stage
WL = Wind load on live load (Wind load applied to vehicle)
WS = Wind load on structure

6.2 Load Factor Combination

Load combinations outline in the "AASHTO Guide Specifications for the Design and Construction of Segmental Bridges" and "ACI Analysis and Design of Reinforced Concrete Guideway Structures" are incorporated into the design criteria. The final ultimate load combinations are tabulated in Table 6.2. (ACI358.1R-92 Section 4.4)

Table 6.2: Load Factor Combination

Load component	Load Combination									
	U0	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9
D	1.3*	1.3*	1.3*	1.3*	1.25*	1.25*	1.3*	1.3*	1.3*	1.3*
L, I	2.17		1.3	1.3		1.25		1.3**		
SH and CR	1.3	1.3	1.3	1.3	1.25	1.3	1.3	1.3		
DS	1.3	1.3	1.3	1.3	1.25	1.25	1.3	1.3	1.3	
PS	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
WL			1.3			1.25		1.3		
WS		1.3	0.39			0.375		0.39		
TRF				1.3	1.25	1.25				
SF	1.3	1.3	1.3	1.3	1.25	1.25	1.3	1.3	1.3	1.3
EQ							1.3			
LF_e			1.3			1.25				
CF or HF or BR or FR	1.3		1.3	1.3		1.25			1.3	
CL									1.3	
DR								1.3		
B	1.3	1.3	1.3	1.3	1.25	1.25	1.3	1.3	1.3	1.3
E	1.3	1.3	1.3	1.3	1.25	1.25	1.3	1.3	1.3	1.3
EL										1.3
LER										1.3
WER										1.3

* Use 0.9 when effect is more conservative

** Use the weight of an empty train only

Notation:

BR = Broken rail forces
DR = Transit vehicle mishap load, due to vehicle derailment
LF_e = Emergency longitudinal force
CL = Collision force from train or highway vehicle to pier
SF = Stream force (Stream flow load)
E = Earth pressure
B = Buoyancy force

7 Design Consideration

7.1 Design Standards

1. General bridge works have to be designed to the AASHTO Standard Specifications, 17th Edition, 2002 and the modifications given in this document.

2. Segmental; viaducts are to be designed to AASHTO Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridge, 2nd Edition, 1999 and the modifications given in this document.

3. For the effect of concrete creep and shrinkage, refer to CEB-FIP Model Code, 1990 Bridge bearings shall be designed in accordance with the British Standard, BS 5400 part 9.

4. Building structures that are not classified as stations shall be designed in accordance with the editions of the Bangkok Metropolitan Administration's Regulations. For any items that are not covered by BMA Building regulation, the Uniform Building codes (UBC) that were current on 1997 or ACI 318-99 Building Code requirements for reinforce concrete shall be used.

7.2 General Philosophy

The general design philosophy is given below

Table 7.1: General Design Philosophy

Item	Philosophy
Piling	Service Load design for soil capacity, Load factor design for structural elements, and service load for surface crack width check reinforcement bars for bored cast in situ pile shall be provided as required by ACI 336.3R-93.
Reinforced Concrete Pile cap	Load factor design for structural elements and service load for surface crack width check.
Reinforced Concrete Column	Load factor design for structural elements and service load for surface crack width check.
Reinforced Concrete Column Head	Load factor design for structural elements and service load for surface crack width check.
Reinforced Concrete Portal Frame	Load factor design for structural elements service load for surface crack width check.
Prestressed Concrete	Service load design and capacity check for ultimate load.
All Items of Concrete Structures	Load factor design for structural elements and service load for surface crack width check.
Structural Steel Structures	Working Stress Design by AISC Method

7.3 Load Factors and Overstress Allowances

Factors for load factor design and overstress factors for service load design are given in section 5 of this document.

7.4 Strength Reduction Factors

Strength reduction factors Φ are listed in Table 7.2

Table 7.2: Strength Reduction Factors

Component	Flexure	Shear & Torsion	Axial	Joint
RC beams & slabs	0.90	0.85		
RC columns	0.70-0.90	0.85	0.70-0.90	
In situ prestressed	0.95	0.90		
Precast prestressed	0.95	0.90		
Segmental – longitudinal at joints				
Joint type A* with internal tendons	0.95	0.90		
Joint type A* with external tendons	0.90	0.85		
Joint type B* with external tendons	0.85	0.85		0.75
Segmental – longitudinal between joints				
All Joint types	0.95	0.90		
Segmental – transverse				
Prestressed	0.95	0.90		
Reinforced concrete	0.90	0.85		

*Note: Type A Joints are cast-in-place concrete joints, and wet concrete or epoxy joints between precast units.
Type B Joints are dry joints between precast units.

7.5 Pile Foundations

1. Load combinations for service and factored load as detailed in section 6 are used for pile design.
2. Pile and pile group effect as recommend by AASHTO Standard Specification 17th Edition shall be applied.
3. The calculation of design load per pile should be based on the service load combinations. The worst case of service load combinations should be adopted for the design.
4. The behavior of pile foundation shall be assessed with respect to the individual as well as pile group failure.
5. The effects of down drag or negative skin friction forces shall be deducted from the design axial capacity as follows:

$$Q_{all} = Q_{ult}/FS$$

Where:
Q_{all} = allowable axial capacity
Q_{ult} = ultimate axial capacity
FS = factor of safety

6. Factors of safety on piled foundation for different cases are given in table 7.3.

Table 7.3 Pile Factor of Safety

Item	Description	Design Criteria
1.	Load Capacity of single pile	
	1.1) Compression under permanent loads	FS ≥ 2.5
	1..2) Compression under temporary loads	FS ≥ 1.5
	1.3) Tension under permanent loads	FS ≥ 3.0
	1.4) Tension under temporary loads	FS ≥ 2.0
2	Stability of pile group	FS ≥ 2.0
3	3.1) Total Settlement of pile group	≤ 100 mm.
	3.2) Differential settlement between adjacent piers	≤ 30 mm.

Lateral capacity of piles

Piles shall be designed to adequately resist lateral loads transferred onto them from the supported structure. Reference method in AASHTO Standard Specifications 17th Edition, ACI 336.3R-93, NAVFAC Design Manual DM 7.02 Foundation and Earth Structures, and Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. Publication No. FHWA-IF-99-025, Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods. August 1999 shall be considered.

7.6 Pile Cap

1. Piles cap level will be defined case by case to meet construction requirements, such as the support constructions for under-slung trusses.
2. The differential settlement between pile cap and carriageway nearby also will be considered case by case.
3. Pile cap shall be designed in accordance to AASHTO Standard Specification 17th Edition, 2002 and as required by general philosophy as mentioned above.

7.7 Flexural Capacity

The flexural capacity of the reinforced and prestressed concrete members are calculated in accordance with the provisions of the AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges 17th Edition and AASHTO Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges 2nd Edition 1999 with the modification for external un-bonded prestressed concrete segmental viaduct as follows;

$$f^*_{su} = f_{se} + 250 \text{ N/mm}^2$$

Where:

f^*_{su} = average stress in prestressing steel at ultimate load, N/mm^2

f_{se} = effective stress in prestressing strand after all losses, N/mm^2

(From actual test of several project design manuals, Second Stage Expressway System Sector A,B, C, D, Bangna Bangpli Bangpakong Expressway, BTS Project, SVBTC(India), etc)

7.8 Fatigue

1. Prestressed Concrete Members
Under service load combination S1 with and without thermal gradient effect, the durability requirements as mentioned in section 3.1-(2) must be satisfied.

2. Non-Prestressed Reinforcements Members
Under service load combination S1, the stress range shall be limited as mentioned by clause 5.5.3 of ACI 358.1 R-92 Analysis and Design of Reinforced Concrete Guideway Structures.

3. Prestressed Reinforcements Members
The change in stress in the prestressing reinforcement for cycling load combination S1 (L + I, without thermal gradient nor creep and shrinkage), Table 5.1, shall not exceed:

0.04fpu - for straight tendons
0.025fpu - for curved tendons

Where:
fpu = ultimate strength of prestress steel

7.9 Deflection Criteria
(Reference AASHTO Clause 9.11)

1. General
Deflection calculations shall consider dead load, live load, prestressing, erection loads, concrete creep and shrinkage, and steel relaxation.

2. Superstructure Deflection Limitations
When making deflection computations, the following criteria are recommended.

- Members having simple or continuous spans preferably should be designed so that the deflection due to service live load plus impact shall not exceed 1/1000 of span.

- The deflection of cantilever arms due to service live load plus impact preferably should be limited to 1/375 of the cantilever arm.

ภาคผนวก ก.4

ขนาดพื้นที่ห้องและความสัมพันธ์ของประโยชน์ใช้สอย รวมทั้งวัสดุที่ใช้ของห้องต่างๆ ภายในสถานี

ภาคผนวก ก.4
ขนาดพื้นที่ห้องและความสัมพันธ์ของประโยชน์ใช้สอย รวมทั้งวัสดุที่ใช้ของห้องต่างๆ ภายในสถานี

ข้อมูลที่แสดงในตารางดังต่อไปนี้ ใช้ในการออกแบบและติดตั้งสำหรับสถานีรถไฟฟ้าในโครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานครฯ ส่วนต่อขยายสายพหลโยธิน ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกา คลอง 4 โดยข้อมูลนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้น เพื่อเป็นส่วนประกอบในการออกแบบในส่วนที่สำคัญ ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีการประสานกับงานระบบรถไฟฟ้าและระบบเดินรถในรายละเอียด

Room Data Sheets สำหรับสถานียกระดับ

ชื่อห้อง	Refuse Storage Room (Ground Level)			**Code Ref.**	G-1
การใช้งาน	เก็บขยะที่ใช้แล้วของชั้นระดับดิน เพื่อรอการจัดเก็บของรถเก็บขยะของ กทม. ต่อไป				
ขนาดที่ต้องการ	10 m^2 (โดยประมาณ)				
ที่ตั้ง	ชั้นระดับพื้นดิน ใต้บันไดทางเข้า (กำหนดตำแหน่งในแบบ)				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-	**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / ออก
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด			
การปรับอากาศ	ระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ โดยจัดเตรียมเกล็ดระบายอากาศไว้ที่ระดับบนและล่างของผนังห้อง		**อัตราความดัง (dB)**		-
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	1 x 36w fluorescent bare batten, surface mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	เฉลี่ย 100 lux ที่ระดับพื้น		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Rate of Rise Heat Detector			
	ระบบดับเพลิง	Automatic Sprinkler System (Water)			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น				
	ระบบดูดควันไฟ	No			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	1	ผนัง	2P+E 16 A ชนิดกันน้ำ (Water proof)	Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	-	-	-	-
ระบบระบายน้ำ		Floor Drain			
ระบบประปา		Hose Bib			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**	-			
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง			
อื่นๆ	-				

ชื่อห้อง	Fire Water Tank and Pump Room			**Code Ref.**	G -2
การใช้งาน	ติดตั้งเครื่องสูบน้ำระบบดับเพลิงและระบบน้ำดี พร้อมติดตั้งถังเก็บน้ำสำรองใต้ดิน				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 20 m^2 (ขึ้นกับขนาดอุปกรณ์)				
ที่ตั้ง	ชั้นระดับดินติดกับห้อง Generator Room				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	0.5		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**	90 / ออก
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด			
การปรับอากาศ		Ventilation @ 15 Air Change per hr.		**อัตราความดัง (dB)**	65
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2 x 36w Fluorescent, Weather Proof, surface mounted with Acrylic diffuser			
	ความส่องสว่าง (Lux)	เฉลี่ย 200 lux ที่ระดับความสูง 600mm จากระดับพื้นห้อง		**IP**	65
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Rate of Rise Heat Detector			
	ระบบดับเพลิง	-			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น				
	ระบบดูดควันไฟ	No			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	4 (หรือทุกระยะ 5 เมตร)	Wall	2P+E 16 A ชนิดกันน้ำ	Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	Ground Bar เชื่อมกับระบบต่อลงดิน และ Structure Earth			
ระบบระบายน้ำ		รางระบายน้ำบนพื้นรอบห้อง			
ระบบประปา		ท่อน้ำดีพร้อมมิเตอร์น้ำ			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**	เครื่องสูบน้ำดับเพลิง (Electric pump 1 ชุด, Engine pump 1 ชุด, Jockey pump 1 ชุด) เครื่องสูบน้ำดี 2 ชุด และแผงควบคุม พร้อมถังเก็บน้ำสำรองใต้ดินขนาด 100 cu.m (หรือจากการออกแบบ)			
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง และป้ายหนีไฟ			
อื่นๆ	1. ที่วัดระดับน้ำในถังเก็บน้ำสำรอง 2. ช่องเปิด (Access) เพื่อนำเครื่องเข้าติดตั้ง และนำเครื่องออกเพื่อการซ่อมแซม				

ชื่อห้อง	Generator Room			**Code Ref.**	G -3
การใช้งาน	ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองและถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 20 m^2 (ขึ้นกับขนาดอุปกรณ์)				
ที่ตั้ง	ชั้นระดับดินติดกับห้อง Fire Water Tank and Pump Room				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	0.5	**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / ออก
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร					
การปรับอากาศ		Ventilation @ 20 Air Change per hr.	**อัตราความดัง (dB)**		65
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2 x 36w Fluorescent, Weather Proof, surface mounted with Acrylic Diffuser			
	ความส่องสว่าง (Lux)	เฉลี่ย 200 lux ที่ระดับความสูง 600mm จากระดับพื้นห้อง		**IP**	65
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Fixed Temp Heat Detector			
	ระบบดับเพลิง	-			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น	-			
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	2 (หรือทุกระยะ 5 เมตร)	Wall	2P+E 16 A ชนิดกันน้ำ	Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	Ground Bar เชื่อมกับระบบต่อลงดิน และ Structure Earth			
ระบบระบายน้ำ		รางระบายน้ำบนพื้นรอบห้อง			
ระบบประปา		-			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า แผงควบคุม และถังน้ำมันเชื้อเพลิง			
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง, ป้ายหนีไฟและป้ายเตือนอันตราย			
อื่นๆ	1. แท่นคอนกรีตเสริมเหล็กสำหรับติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2. ช่องเปิด (Access) เพื่อนำเครื่องเข้าติดตั้ง และนำเครื่องออกเพื่อการซ่อมแซม				

ชื่อห้อง	Refuse Storage Room (Concourse Level)			**Code Ref.**	C -1
การใช้งาน	เก็บขยะที่ใช้แล้วของร้านค้า ก่อนนำไปเก็บที่ห้อง Refuse Storage Room ในชั้นระดับพื้นดินเพื่อรอการจัดเก็บของรถเก็บขยะของ กทม. ต่อไป (ตามความจำเป็นของการออกแบบ)				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 5 m^2				
ที่ตั้ง	บนชั้นจำหน่ายตั๋ว ติดทางเดิน ใกล้กับส่วนร้านค้า (ถ้ามี)				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**	90 / เข้า
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด			
การปรับอากาศ	ระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ โดยจัดเตรียมเกล็ดระบายอากาศไว้ที่ระดับบนและล่างของผนังห้อง			**อัตราความดัง (dB)**	-
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	1 x 36w fluorescent bare batten, surface mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	เฉลี่ย 100 lux ที่ระดับพื้น		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Rate of Rise Heat Detector			
	ระบบดับเพลิง	Automatic Sprinkler System (water)			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น				
	ระบบดูดควันไฟ	No			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	1	ผนัง	2P+E 16 A ชนิดกันน้ำ	Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		Floor Drain			
ระบบประปา		1 x Hose Bib			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**	-			
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง			
อื่นๆ	-				

ชื่อห้อง	Station Control Room / Ticket Office			**Code Ref.**	C -2
การใช้งาน	เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของสถานี งานระบบประกอบอาคาร การติดต่อส่อสาร ควบคุมลิฟท์ บันไดเลื่อน รวมถึงการจำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 15-25 m^2				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋วระหว่างพื้นที่ Paid Area และ Unpaid Area				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**	ออก
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	-			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ /แฟกซ์ /โทรศัพท์ฉุกเฉิน/CCTV/Radio/ Public Address/Master Clock			
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 55 ± 5%RH + Standby A/C (24hrs. Operation)	Outdoor Air @ 10 L/s per person		**อัตราความดัง (dB)**	45
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Split type fan coil unit จำนวน 2 เครื่อง ที่มีระบบฟอกอากาศ สามารถใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมง 2. พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทช์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent 0.60x1.20m w/ Aluminium reflector & louver, recess mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	350 to 500 lux Normal ที่ระดับโต๊ะทำงาน		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric Smoke Detectors			
	ระบบดับเพลิง	Clean Agent Fire Protection System			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น				
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	12	ผนัง	2P+E 16 A	Concealed
	อุปกรณ์พิเศษ	1. เต้ารับชนิด Very Essential สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับ Fire Alarm Control Panel, Lighting Control Panel, SCADA interface box, Work station, etc. 2. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		-			
ระบบประปา		-			

อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	อุปกรณ์งานระบบ	Fire alarm control panel + Graphic Annunciator, Lighting Control Panel, SCADA Marshalling box, Workstation computer, Lift and Escalator Control Panel, AFC Control Panel, etc.
ป้าย	ชนิด	ชื่อและเลขที่ห้อง
อื่นๆ	1. พื้นยกระดับความสูง 300 mm 2. ผนังกระจกใส 3 ด้าน มีหน้าต่าง 4 บาน โดย 3 บานจะอยู่ในด้าน Unpaid area และ 1 บานจะอยู่ในด้าน Paid area พร้อมติดตั้งระบบ Speak Through ในหน้าต่าง 3. Manual start/stop key switch, Remote start/stop panel operating with key switch สำหรับบันไดเลื่อน 4. เตรียมการติดตั้งระบบจำหน่ายและตรวจสอบตั๋ว/ คอมพิวเตอร์ / Emergency Release button / Station Accounting system	

ชื่อห้อง	Cash and Ticket Room			**Code Ref.**	C -3	
การใช้งาน	เก็บเงินสด ตั๋ว เอกสารสำคัญ เป็นห้องสำหรับการขนถ่ายเงินสด ตั๋วและอุปกรณ์นับเงิน					
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 20-24 m^2					
ที่ตั้ง	ตั้งบนชั้นจำหน่ายตั๋วในพื้นที่ Paid Area หรือ Unpaid Area ที่มีการติดตั้งประตูเหล็กม้วน					
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า -ออก**	90 / เข้า	
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	-				
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์				
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 55 ± 5%RH + Standby A/C (24hrs. Operation)	Outdoor Air @ 10 L/s per person		**อัตราความดัง (dB)**	45	
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Split type fan coil unit จำนวน 2 เครื่อง ที่มีระบบฟอกอากาศ สามารถใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมง 2. พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทช์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)					
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent 0.60x1.20m w/ Aluminium reflector & louver, recess mounted				
	ความส่องสว่าง (Lux)	300 to 500 lux Normal ที่ระดับโต๊ะทำงาน			**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric smoke detector				
	ระบบดับเพลิง	-				
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC			
	การกั้น	-				
	ระบบดูดควันไฟ	-				
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**	
	เต้ารับไฟฟ้า	10	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.	Concealed	
	อุปกรณ์พิเศษ	1. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control				
ระบบระบายน้ำ		-				
ระบบประปา		-				
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**					
ป้าย	**ชนิด**					
อื่นๆ	Emergency Call เป็นสัญญาณไฟและเสียง ส่งสัญญาณเตือนภัยให้กับเจ้าหน้าที่ภายในห้อง Station Control Room ในกรณีฉุกเฉิน					

ชื่อห้อง	Ticket Office			**Code Ref.**		C -4
การใช้งาน	จำหน่ายตั๋ว แลกเงิน และดูแลความปลอดภัย					
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 15 m^2					
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋วระหว่างพื้นที่ Paid Area และ Unpaid Area					
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / ออก
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	-				
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ /โทรศัพท์ฉุกเฉิน				
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 55 ± 5%RH + Standby A/C (24hrs. Operation)	Outdoor Air @ 10 L/s per person		**อัตราความดัง (dB)**		45
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Split type fan coil unit จำนวน 2 เครื่อง ที่มีระบบฟอกอากาศ สามารถใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมง 2. พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทช์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)					
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent 0.60x1.20m w/ Aluminium reflector & louver, recess mounted				
	ความส่องสว่าง (Lux)	350 to 500 lux Normal ที่ระดับโต๊ะทำงาน			**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric Smoke Detectors				
	ระบบดับเพลิง	-				
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC			
	การกั้น					
	ระบบดูดควันไฟ	-				
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**		**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	5	ผนัง	2P+E 16 A		Concealed
	อุปกรณ์พิเศษ	1. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control				
ระบบระบายน้ำ		-				
ระบบประปา		-				
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**					
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง				
อื่นๆ	1. พื้นยกระดับความสูง 300 mm 2. ผนังกระจกใส 3 ด้าน มีหน้าต่าง 4 บาน โดย 3 บานจะอยู่ในด้าน Unpaid area และ 1 บานจะอยู่ในด้าน Paid area พร้อมติดตั้งระบบ Speak Through ในหน้าต่าง 3. เตรียมการติดตั้งระบบจำหน่ายและตรวจสอบตั๋ว/ คอมพิวเตอร์ / Emergency Release button / Station Accounting system					

ชื่อห้อง	Station Cleaner Room			**Code Ref.**	C -5
การใช้งาน	ใช้เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ และน้ำยาทำความสะอาดพื้น กระจก เป็นต้น				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 5-10 m^2				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-	**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / เข้า
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		-			
การปรับอากาศ		Ventilation @ 6 Air Change per hr.	**อัตราความดัง (dB)**		
	1. พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทช์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	1 x 36w fluorescent bare batten, surface mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	100 to 150 lux ที่ระดับพื้น		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric smoke detector			
	ระบบดับเพลิง	Automatic Sprinkler System (water)			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น	-			
	ระบบดูดควันไฟ	No			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	2	Wall	2P+E 16 A. ชนิดกันน้ำ	Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	1. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		ท่อระบายน้ำทิ้งเพื่อติดตั้งอ่างน้ำล้างอุปกรณ์ทำความสะอาด และตู้น้ำเย็น รูระบายน้ำบนพื้นห้อง			
ระบบประปา		ท่อน้ำดี และก๊อกน้ำ			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**				
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง			
อื่นๆ	ชั้นและตู้เก็บของ อ่างล้างมือ				

ชื่อห้อง	Police / Security Staff Room			**Code Ref.**		C -6
การใช้งาน	ที่พักเจ้าหน้าที่ตำรวจ และพนักงานรักษาความปลอดภัย					
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 15-18 m^2					
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว					
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / เข้า
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2				
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด				
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 55 ± 5%RH	Outdoor Air @ 10 L/s per person		**อัตราความดัง (dB)**		45
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Split type fan coil unit 2. พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทช์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)					
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent 0.60x1.20m w/ Aluminium reflector & louver, recess mounted				
	ความส่องสว่าง (Lux)	300 to 500 lux Normal ที่ระดับโต๊ะทำงาน			**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric Smoke Detector				
	ระบบดับเพลิง	-				
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC			
	การกั้น	-				
	ระบบดูดควันไฟ	-				
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**		**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	8	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.		Concealed
	อุปกรณ์พิเศษ	1. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control				
ระบบระบายน้ำ		ท่อระบายน้ำทิ้งเพื่อติดตั้งอ่างน้ำล้างมือ และตู้น้ำเย็น				
ระบบประปา		ท่อน้ำดี				
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**					
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง				
อื่นๆ						

ชื่อห้อง	First Aid Room			**Code Ref.**	C -7
การใช้งาน	ห้องปฐมพยาบาล และจัดเก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาล				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 15-18 m^2				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-	**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / เข้า
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด			
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 55 ± 5%RH	Outdoor Air @ 10 L/s per person	**อัตราความดัง (dB)**		45
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Split type fan coil unit 2. พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทช์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2 x 36w fluorescent w/ plastic diffuser, surface mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	300 to 500 lux ที่ระดับโต๊ะทำงาน		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric smoke detector			
	ระบบดับเพลิง	-			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น	-			
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	2	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.	Concealed
	อุปกรณ์พิเศษ	1. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		ท่อระบายน้ำทิ้งเพื่อติดตั้งอ่างน้ำล้างมือ และท่อระบายน้ำบนพื้น			
ระบบประปา		ระบบท่อน้ำดี และก๊อกน้ำ			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**				
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง			
อื่นๆ	1. ชั้น / ตู้ / โต๊ะ / เตียงปฐมพยาบาล พร้อมผ้าม่าน 2. อ่างล้างมือ ไฟสำหรับตรวจผู้ป่วย				

ชื่อห้อง	Ticket Issuing Machine Room			**Code Ref.**	C -8
การใช้งาน	สำหรับติดตั้งเครื่องจำหน่ายตั๋ว แลกเหรียญ				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 15-20m^2 เพียงพอกับการตั้งตู้ TIM 4 ตู้ และเครื่องแลกเหรียญ 1 ตู้				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋วในพื้นที่ Unpaid Area ใกล้ประตูทางเข้าสถานีทั้งสองฝั่ง				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**	90 / ออก
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		-			
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 55 ± 5%RH	Outdoor Air @ 1.4 L/s/sq.m.		**อัตราความดัง (dB)**	45
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Split type fan coil unit				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	1 x 36w fluorescent bare batten, surface mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	150 to 200 lux Normal ที่ระดับความสูง 600mm		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric Smoke Detector			
	ระบบดับเพลิง	-			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น	-			
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	2	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.	Concealed
	อุปกรณ์พิเศษ	2. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		-			
ระบบประปา		-			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**				
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง			
อื่นๆ					

ชื่อห้อง	Miscellaneous Operation Room			**Code Ref.**	C -9
การใช้งาน	ที่พักเจ้าหน้าที่ พนักงาน				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 15-25 m^2				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-	**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / เข้า
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด			
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 55 ± 5%RH	Outdoor Air @ 10 L/s per person	**อัตราความดัง (dB)**		
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Split type fan coil unit 2. พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทช์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent 0.60x1.20m w/ Aluminium reflector & louver, recess mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	300 to 500 lux Normal ที่ระดับโต๊ะทำงาน		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric Smoke Detector			
	ระบบดับเพลิง	-			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น	-			
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	6	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.	Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		ท่อระบายน้ำทิ้งเพื่อติดตั้งอ่างน้ำล้างมือ และตู้น้ำเย็น			
ระบบประปา		ระบบท่อน้ำดี			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**				
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง			
อื่นๆ					

ชื่อห้อง	Staff Area			**Code Ref.**	C -10
การใช้งาน	ที่พักผ่อน ทานอาหาร เก็บของใช้ส่วนตัวของพนักงาน				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 15-25 m^2				
ที่ตั้ง	ตั้งบนชั้นจำหน่ายตั๋ว ใกล้กับห้อง Locker Room และ Staff Toilet				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-	**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / เข้า
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 2 จุด			
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 55 ± 5%RH	Outdoor Air @ 10 L/s per person	**อัตราความดัง (dB)**		
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Split type fan coil unit จำนวน 2 เครื่อง ที่มีระบบฟอกอากาศ สามารถใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมง 2. พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทช์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2 x 36w Fluorescent w/ Plastic Diffuser, Recess Mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	200 to 300 lux Normal ที่ระดับโต๊ะทำงาน		**IP**	21
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Rate of Rise Heat Detector			
	ระบบดับเพลิง	-			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น				
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	6	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.	Concealed
	อุปกรณ์พิเศษ	1. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		ท่อระบายน้ำทิ้งเพื่อติดตั้งอ่างล้างจานและตู้น้ำเย็น			
ระบบประปา		ระบบท่อน้ำดีและก๊อกน้ำ			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**	-			
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง			
อื่นๆ	หม้อหุงข้าว (ขนาดเล็ก), ตู้เย็น, ตู้เก็บของติดผนัง, อ่างล้างมือ Stainless Steel, ถังขยะ เป็นต้น				

ชื่อห้อง	Staff Toilet (Male) / (Female)			**Code Ref.**	C -11
การใช้งาน	ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ สำหรับพนักงาน				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 15-30 m^2 (ขึ้นกับจำนวนพนักงาน)				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋วใกล้ห้อง Locker				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-	**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / เข้า
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุดต่อห้อง			
การปรับอากาศ		Ventilation @ 12 Air Change per hr.	**อัตราความดัง (dB)**		
	พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทช์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	1x36w above lavatory and 2x18w fluorescent w/ plastic diffuser, recess mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	100 to 150 lux Normal ที่ระดับพื้น		**IP**	31
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Rate of Rise Heat Detector			
	ระบบดับเพลิง	-			
	ถังดับเพลิง	-			
	การกั้น	-			
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	-	-	-	-
	อุปกรณ์พิเศษ	Hand Dryer	Wall	Junction Box	Concealed
		1. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		รูระบายน้ำพื้น			
ระบบประปา		ระบบท่อน้ำดี พร้อมก๊อกน้ำสำหรับอ่างล้างหน้า ห้องอาบน้ำและสุขภัณฑ์			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**				
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง			
อื่นๆ					

ชื่อห้อง	Station Store Room			**Code Ref.**	C -12
การใช้งาน	ห้องเก็บของ				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 10-20 m^2				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-	**มุมการเปิด/ เข้า - ออก**		90 / เข้า
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		-			
การปรับอากาศ		Ventilation @ 6 Air Change per hr.	**อัตราความดัง (dB)**		
	พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทซ์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	1 x 36w fluorescent bare batten, surface mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	100 to 150 lux ที่ระดับพื้น		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric smoke detector			
	ระบบดับเพลิง	Automatic Sprinkler System (water)			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น	-			
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	1	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.	Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ				
ระบบระบายน้ำ					
ระบบประปา					
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**				
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง			
อื่นๆ					

ชื่อห้อง	Communication/Signalling Equipment Room			**Code Ref.**	C -13
การใช้งาน	ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบสื่อสาร และอาณัติสัญญาณ				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 25-30 m^2 (ขึ้นกับขนาดอุปกรณ์)				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-	**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / เข้า
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด			
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 22 ± 1°C, 50 ± 10%RH + Standby A/C (24hrs. Operation)	Outdoor Air @ 1.4 L/s /sq.m.	**อัตราความดัง (dB)**		55
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Precision Air-conditioning ชนิดใช้สำหรับห้องคอมพิวเตอร์ ทำงาน 24 ชั่วโมง (ตามข้อกำหนดรายละเอียดทางเทคนิค) 2. Standby mechanical exhaust purging system				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent industrial trough, surface mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	200 to 300 lux Normal ที่ระดับพื้น		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Photoelectric smoke detectors (cross zone verification)			
	ระบบดับเพลิง	Total Gas (Clean Agent) Flooding System			FM-200
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น	-			
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	ทุกระยะ 5 เมตรรอบห้อง	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.	Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		ระบบระบายน้ำทิ้งเครื่องปรับอากาศ รูระบายน้ำทิ้งบนพื้น			
ระบบประปา		-			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**	แผงควบคุมงานระบบสื่อสารของงานระบบรถไฟฟ้า			
ป้าย	**ชนิด**	1. Warning sign for FM 200 2. ชื่อและหมายเลขห้อง 3. ป้ายเตือนอันตราย 4. ป้ายห้ามเข้า			

อื่นๆ	1. Smoke detector ใต้พื้น Raised floor 2. Mini-horn/Strobe light สำหรับ F/A system 3. Abort switch สำหรับ FM 200 4. Mini-horn/Strobe light (ภายใน) 5. Mini-horn/Strobe light + manual release (ภายนอก) 6. Thermostat control box สำหรับ A/C 7. Ground Bar ต่อกับระบบต่อลงดิน และ Structure Earth

ชื่อห้อง	Battery Room			**Code Ref.**		C -14
การใช้งาน	ติดตั้งชุด Battery และ Battery Charger รวมถึง UPS สำหรับงานระบบสื่อสาร					
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 15-20 m^2 (ขึ้นกับขนาดอุปกรณ์)					
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตัว ใกล้กับห้อง Communication Room, Station Service Substation					
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / ออก
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2				
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด				
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 50 ± 5%RH + Standby A/C (24hrs. Operation)	Standby Ventilation @10 Air Change per hr.		**อัตราความดัง (dB)**		55
	Air Conditioning shall be split type fan coil unit (as per battery manufacturer's recommendation) combined with mechanical ventilation and combined smoke clearance and FM200 purge system.					
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent industrial trough, surface mounted				
	ความส่องสว่าง (Lux)	150 to 200 lux Normal ที่ระดับพื้น			**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Photoelectric smoke detectors (cross zone verification)				
	ระบบดับเพลิง	Total Gas (Clean Agent) Flooding System				FM200
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC			
	การกั้น	-				
	ระบบดูดควันไฟ	-				
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**		**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	4	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.		Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	UPS Panels, Very essential distribution boards, Auto transfer switch				
		ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control				
ระบบระบายน้ำ		รูระบายน้ำบนพื้น				
ระบบประปา		-				
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**	Steel Rack supporting for Battery set and UPS panel				
ป้าย	**ชนิด**	Warning sign (FM 200) ชื่อและเลขที่ห้อง ป้ายเตือนอันตราย ป้ายห้ามเข้า				

อื่นๆ	1. Mini-horn/Strobe light สำหรับ F/A system 2. Abort switch สำหรับ FM 200 3. Mini-horn/Strobe light (ภายใน) 4. Mini-horn/Strobe light + manual release (ภายนอก) 5. Thermostat control box สำหรับ A/C 6. Ground Bar ต่อกับระบบต่อลงดิน และ Structure Earth

ชื่อห้อง	Gas Bottle Room			**Code Ref.**	C -15	
การใช้งาน	ติดตั้งถังเก็บสารดับเพลิง FM-200					
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 5-15 m^2 (ขึ้นกับจำนวนถัง)					
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว ใกล้กับตำแหน่งห้องเครื่องที่ใช้ระบบดับเพลิงพิเศษ					
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**	90 / ออก	
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2				
อุปกรณ์สื่อสาร						
การปรับอากาศ		Ventilation @ 6 Air Change per hr.		**อัตราความดัง (dB)**		
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	1 x 36w fluorescent bare batten, surface mounted				
	ความส่องสว่าง (Lux)	100 to 150 lux ที่ระดับพื้น			**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric smoke detector				
	ระบบดับเพลิง	-				
	ถังดับเพลิง	-				
	การกั้น	Fire Damper				
	ระบบดูดควันไฟ	-				
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**	
	เต้ารับไฟฟ้า	-	-	-	-	
	อุปกรณ์พิเศษ	1. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control				
ระบบระบายน้ำ		-				
ระบบประปา		-				
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**	ถังเก็บสารดับเพลิง พร้อมระบบท่อ				
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง				
อื่นๆ	แผงควบคุมระบบระบายอากาศสำหรับห้องเครื่องที่มีระบบดับเพลิงพิเศษ					

ชื่อห้อง	Station Substation Room			**Code Ref.**		C -16
การใช้งาน	ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำให้กับสถานี					
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 35-60 m^2 (ขึ้นกับขนาดอุปกรณ์)					
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว ทุกสถานี					
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		180 / ออก
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	3				
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด				
การปรับอากาศ	ระบายอากาศโดยวิธีทางกล โดยคำนวณอัตราการระบายอากาศจากความร้อนที่ถ่ายเทออกมาจากอุปกรณ์ ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่า 10 Air Change / hr.			**อัตราความดัง (dB)**		65
	Mechanical Ventilation and Combined smoke clearance and FM200 purge system					
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent industrial trough, surface mounted				
	ความส่องสว่าง (Lux)	150 to 200 lux Normal ที่ระดับความสูง 600 mm			**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Photoelectric smoke detectors (cross zone verification)				
	ระบบดับเพลิง	Total Gas (Clean Agent) Flooding System				FM200
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC			
	การกั้น	-				
	ระบบดูดควันไฟ	-				
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**		**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	3	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.		Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	32A 3P+N+E for Maintenance Purpose ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control				
ระบบระบายน้ำ		รูระบายน้ำบนพื้น				
ระบบประปา		-				
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**	อุปกรณ์ที่ติดตั้งประกอบด้วย - 24kV Switchgear - Auxiliary Transformer - LV Main Distribution Board - Control and Relay Panels - RTU and Marshalling Box				

ป้าย	ชนิด	1. Warning sign (CLEAN AGENT) 2. ชื่อและเลขที่ห้อง 3. ป้ายเตือนอันตรายไฟฟ้าแรงสูง 4. ป้ายห้ามเข้า
อื่นๆ	1. Mini-horn/Strobe light สำหรับ F/A system 2. Abort switch สำหรับ FM 200 3. Mini-horn/Strobe light (ภายใน) 4. Mini-horn/Strobe light + manual release (ภายนอก) 5. Thermostat control box สำหรับ A/C 6. Ground Bar ต่อกับระบบต่อลงดิน และ Structure Earth 7. Concrete Plinth หนาประมาณ 100 mm สำหรับติดตั้ง Main Distribution Panel	

ชื่อห้อง	Traction Substation Room			**Code Ref.**	C -17
การใช้งาน	ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับแปลงกระแสไฟฟ้าสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง จ่ายไฟฟ้าให้กับราง				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 100 m^2 (ขึ้นกับขนาดอุปกรณ์)				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว ทุกๆ 2 สถานี (หรือตามการออกแบบงานระบบรถไฟฟ้า)				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**	90 / ออก
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	3			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด			
การปรับอากาศ	ระบายอากาศโดยวิธีทางกล โดยคำนวณอัตราการระบายอากาศจากความร้อนที่ถ่ายเทออกมาจากอุปกรณ์ ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่า 10 Air Change/ hr.			**อัตราความดัง (dB)**	65
	Mechanical Ventilation and Combined smoke clearance and FM200 purge system				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent industrial trough, surface mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	150 to 200 lux normal ที่ระดับความสูง 600mm		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Photoelectric smoke detectors (cross zone verification)			
	ระบบดับเพลิง	Total Gas (Clean Agent) Flooding System			FM-200
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น	-			
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	6	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.	Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	32A 3P+N+E for Maintenance Purpose ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		รูระบายน้ำบนพื้น			
ระบบประปา		-			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**	อุปกรณ์ที่ติดตั้งประกอบด้วย - 24kV AC Switchgear - Rectifier Transformer - Rectifier - DC 750V Switchgear - Control and Relay Panels - RTU and Marshalling Box			

ป้าย	ชนิด	1. Warning sign (CLEAN AGENT) 2. ชื่อและเลขที่ห้อง 3. ป้ายเตือนอันตรายไฟฟ้าแรงสูง 4. ป้ายห้ามเข้า
อื่นๆ	1. ระบบพื้นยกสูงประมาณ 0.8 เมตร ทำจากแผ่นเหล็กตะแกรงยกออกได้ ชุบ Hot-Dipped Galvanized แข็งแรงเพียงพอกับการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 2. Mini-horn/Strobe light สำหรับ F/A system 3. Abort switch สำหรับ FM 200 4. Mini-horn/Strobe light (ภายใน) 5. Mini-horn/Strobe light + manual release (ภายนอก) 6. Thermostat control box สำหรับ A/C 7. Ground Bar ต่อกับระบบต่อลงดิน และ Structure Earth	

ชื่อห้อง	Interlocking Room (SER)			**Code Ref.**		C -18
การใช้งาน	ติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ					
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 50 m^2 (ขึ้นกับขนาดอุปกรณ์)					
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว (ตามการออกแบบงานระบบรถไฟฟ้า) สำหรับ Interlocking Station					
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**		90 / ออก
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2				
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด				
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 22 ± 1°C, 50 ± 5%RH + Standby A/C (24hrs. Operation)	Outdoor Air @ 1.4 L/s /sq.m.		**อัตราความดัง (dB)**		45
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Precision Air-conditioning ชนิดใช้สำหรับห้องคอมพิวเตอร์ ทำงาน 24 ชั่วโมง (ตามข้อกำหนดรายละเอียดทางเทคนิค) 2. Standby mechanical exhaust purging system					
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent industrial trough, surface mounted				
	ความส่องสว่าง (Lux)	200 to 300 lux Normal ที่ระดับความสูง 600mm			**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Photoelectric smoke detectors (cross zone verification)				
	ระบบดับเพลิง	Total Gas (Clean Agent) Flooding System				
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC			
	การกั้น	-				
	ระบบดูดควันไฟ	-				
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**		**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	ทุกระยะ 5 เมตรรอบห้อง	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.		Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	1. Ground Bar เชื่อมกับระบบต่อลงดิน และ Structure Earth 2. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control				
ระบบระบายน้ำ		ระบบระบายน้ำทิ้งเครื่องปรับอากาศ รูระบายน้ำทิ้งบนพื้น				
ระบบประปา		-				
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**	แผงควบคุมงานระบบอาณัติสัญญาณของงานระบบรถไฟฟ้า				
ป้าย	**ชนิด**	1. Warning sign (CLEAN AGENT) 2. ชื่อและเลขที่ห้อง 3. ป้ายเตือนอันตราย 4. ป้ายห้ามเข้า				

อื่นๆ	1. พื้นยกระดับความสูง 300 mm 2. Smoke detector ใต้พื้น Raised floor 3. Mini-horn/Strobe light สำหรับ F/A system 4. Abort switch สำหรับ FM 200 5. Mini-horn/Strobe light (ภายใน) 6. Mini-horn/Strobe light + manual release (ภายนอก) 7. Thermostat control box สำหรับ A/C 8. Ground Bar ต่อกับระบบต่อลงดิน และ Structure Earth

ชื่อห้อง	Interlocking Battery Room			**Code Ref.**	C -19
การใช้งาน	ติดตั้งชุด Battery, Battery Charger สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ระบบอาณัติสัญญาณ				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 15-20 m^2 (ขึ้นกับขนาดอุปกรณ์)				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว ใกล้กับห้อง Signalling Equipment Room				
ประตู	**ชนิด**	-			
	อัตราการต้านลม	-	**มุมการเปิด/ เข้า - ออก**		90 / เข้า
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด			
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 50 ± 5%RH + Standby A/C (24hrs. Operation)	Standby Ventilation @10 Air Change per hr.	**อัตราความดัง (dB)**		45
	Air Conditioning shall be split type fan coil unit (as per battery manufacturer's recommendation) combined with mechanical ventilation and combined smoke clearance and FM200 purge system.				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent industrial trough, surface mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	150 to 200 lux Normal ที่ระดับพื้น		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Photoelectric smoke detectors (cross zone verification)			
	ระบบดับเพลิง	Total Gas (Clean Agent) Flooding System			FM-200
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น	-			
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	4	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.	Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	1. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		รูระบายน้ำบนพื้น			
ระบบประปา		-			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**				
ป้าย	**ชนิด**	1. Warning sign (CLEAN AGENT) 2. ชื่อและเลขที่ห้อง 3. ป้ายเตือนอันตราย 4. ป้ายห้ามเข้า			

อื่นๆ	1. Mini-horn/Strobe light สำหรับ F/A system 2. Abort switch สำหรับ FM 200 3. Mini-horn/Strobe light (ภายใน) 4. Mini-horn/Strobe light + manual release (ภายนอก) 5. Thermostat control box สำหรับ A/C 6. Ground Bar ต่อกับระบบต่อลงดิน และ Structure Earth

ชื่อห้อง	UPS for Interlocking Room			**Code Ref.**	C -20
การใช้งาน	UPS สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ระบบอาณัติสัญญาณ				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 15-20 m^2 (ขึ้นกับขนาดอุปกรณ์)				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว ใกล้กับห้อง Signalling Equipment Room				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า – ออก**	90 / เข้า
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	2			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด			
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 50 ± 5%RH + Standby A/C (24hrs. Operation)	Outdoor Air @ 1.4 L/s /sq.m.		**อัตราความดัง (dB)**	45
	Air Conditioning shall be split type fan coil unit combined with mechanical ventilation and combined smoke clearance and FM200 purge system.				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent industrial trough, surface mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	150 to 200 lux Normal ที่ระดับพื้น		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Photoelectric smoke detectors (cross zone verification)			
	ระบบดับเพลิง	Total Gas (Clean Agent) Flooding System			FM-200
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น	-			
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	2	Wall	Universal duplex 2P+E 16 A.	Exposed
	อุปกรณ์พิเศษ	1. UPS Panels, Very essential distribution boards, Auto transfer switch 2. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		รูระบายน้ำบนพื้น			
ระบบประปา		-			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**				
ป้าย	**ชนิด**	1. Warning sign (CLEAN AGENT) 2. ชื่อและเลขที่ห้อง 3. ป้ายเตือนอันตราย 4. ป้ายห้ามเข้า			

อื่นๆ	1. Mini-horn/Strobe light สำหรับ F/A system 2. Abort switch สำหรับ FM 200 3. Mini-horn/Strobe light (ภายใน) 4. Mini-horn/Strobe light + manual release (ภายนอก) 5. Thermostat control box สำหรับ A/C 6. Ground Bar ต่อกับระบบต่อลงดิน และ Structure Earth

ชื่อห้อง	Special Event Ticket Office			**Code Ref.**	C -22	
การใช้งาน	จำหน่ายตั๋ว แลกเงิน ในสถานีที่คาดว่าจะมีผู้โดยสารหนาแน่นเป็นพิเศษ					
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 10 m^2					
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋วระหว่างพื้นที่ Paid Area และ Unpaid Area					
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-		**มุมการเปิด/ เข้า -ออก**	90 / ออก	
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	-				
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ /โทรศัพท์ฉุกเฉิน				
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 55 ± 5%RH + Standby A/C (24hrs. Operation)	Outdoor Air @ 10 L/s per person		**อัตราความดัง (dB)**		
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Split type fan coil unit จำนวน 2 เครื่อง ที่มีระบบฟอกอากาศ สามารถใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมง 2. พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทช์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)					
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent 0.60x1.20m w/ Aluminium reflector & louver, recess mounted				
	ความส่องสว่าง (Lux)	350 to 500 lux Normal ที่ระดับโต๊ะทำงาน			**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric Smoke Detectors				
	ระบบดับเพลิง	-				
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC			
	การกั้น					
	ระบบดูดควันไฟ	-				
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**	
	เต้ารับไฟฟ้า	4	ผนัง	2P+E 16 A	Concealed	
	อุปกรณ์พิเศษ	1. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control				
ระบบระบายน้ำ		-				
ระบบประปา		-				
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**					
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง				
อื่นๆ	1. พื้นยกระดับความสูง 300 mm 2. ผนังกระจกใส 3 ด้าน 3. เตรียมการติดตั้งระบบจำหน่ายและตรวจสอบตั๋ว/ คอมพิวเตอร์ / Emergency Release button / Station Accounting system					

ชื่อห้อง	Train Crew Room			**Code Ref.**	C -23
การใช้งาน	ห้องพักผ่อนของพนักงานขับรถ (ตามความจำเป็น)				
ขนาดที่ต้องการ	ประมาณ 10 m^2				
ที่ตั้ง	ชั้นจำหน่ายตั๋ว				
ประตู	**อัตราการต้านลม**	-	**มุมการเปิด/ เข้า -ออก**	90 / ออก	
	อัตราการทนไฟ (ช.ม)	-			
อุปกรณ์สื่อสาร		เต้ารับโทรศัพท์ 1 จุด			
การปรับอากาศ	Normal A/C @ 24 ± 1°C, 55 ± 5%RH + Standby A/C (24hrs. Operation)	Outdoor Air @ 10 L/s per person	**อัตราความดัง (dB)**		
	1. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด Split type fan coil unit 2. พัดลมระบายอากาศ (เปิด/ปิด ด้วยสวิทช์ไฟแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะ)				
ไฟฟ้าแสงสว่าง	**ชนิด**	2x36w fluorescent 0.60x1.20m w/ Aluminium reflector & louver, recess mounted			
	ความส่องสว่าง (Lux)	350 to 500 lux Normal ที่ระดับโต๊ะทำงาน		**IP**	20
การป้องกันไฟ	**อุปกรณ์ตรวจจับ**	Automatic Photoelectric Smoke Detectors			
	ระบบดับเพลิง	-			
	ถังดับเพลิง	Yes	ABC		
	การกั้น				
	ระบบดูดควันไฟ	-			
เต้ารับและไฟฟ้ากำลัง		**จำนวน**	**ตำแหน่ง**	**ชนิด**	**ชนิดการท่อร้อยสายไฟ**
	เต้ารับไฟฟ้า	4	ผนัง	2P+E 16 A	Concealed
	อุปกรณ์พิเศษ	1. ท่อร้อยสายไฟขนาด 3/4 นิ้ว พร้อมกล่องสำหรับติดตั้งระบบ Access Control			
ระบบระบายน้ำ		ท่อระบายน้ำทิ้งสำหรับอ่างล้างมือ			
ระบบประปา		ท่อน้ำดี			
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	**อุปกรณ์งานระบบ**				
ป้าย	**ชนิด**	ชื่อและเลขที่ห้อง			
อื่นๆ					

ห้องต่างๆ ในสถานี	สถานี							
	N21	N22	N23	N24	N25	N26	N27	N28
Refuse Storage Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Fire Water Tank and Pump Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Generator Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Refuse Storage Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Station Control Room / Ticket Office	X	X	X	X	X	X	X	X
Cash & Ticket Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Ticket Office	X	X	X	X	X	X	X	X
Station Cleaner Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Police / Security Room	X	X	X	X	X	X	X	X
First Aid Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Ticket Issuing Machine Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Miscellaneous Operation Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Staff Area	X	X	X	X	X	X	X	X
Staff Toilet (M)	X	X	X	X	X	X	X	X
Staff Toilet (FM)	X	X	X	X	X	X	X	X
Station Store Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Communication/Signalling Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Battery Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Carbon Dioxide or FM200 Room	X	X	X	X	X	X	X	X
Station Substation Room (1)	X	X	X	X	X	X	X	X
Station Substation Room (2)	X	X	X	X	X	X	X	X
Traction Substation Room	X		X	X	X	X	X	
Interlocking Room	X			X				X
Interlocking Battery Rooom	X			X				X
UPS for Interlocking Room	X			X				X
Train Crew Room								X

ภาคผนวก ก.5

หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบงานระบบประกอบอาคาร (M&E Detailed Design Criteria and Stranded)

ภาคผนวก ก.5
หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบงานระบบประกอบอาคาร (M&E Detailed Design Criteria and Standard)

1. ระบบไฟฟ้า

1.1 ทั่วไป

หลักเกณฑ์การออกแบบนี้ จะเป็นแนวทางในการออกแบบงานระบบไฟฟ้า สำหรับโครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานครฯ ส่วนต่อขยายสายพหลโยธิน ช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 โดยเป็นระบบประกอบอาคารสำหรับสถานีโรงพยาบาลภูมิพลอดุยเดช (N21) จนถึงสถานีวงแหวนรอบนอกฝั่งทิศตะวันออก (N28) รวมจนถึงอาคารศูนย์ซ่อมบำรุง สะพานข้ามแยกและทางเดินเชื่อมต่อต่างๆ

1.1.1 มาตรฐานและข้อกำหนด

มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในการออกแบบระบบไฟฟ้า จะพิจารณาให้สอดคล้องกับมาตรฐานและข้อกำหนดภายในต่างประเทศ รวมถึงพระราชบัญญัติ กฎกระทรวงและกฎหมายควบคุมต่างๆ ตลอดจนมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้องกับโครงการระบบรถไฟฟ้าดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

E.I.T	:	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
MEA	:	มาตรฐานการไฟฟ้านครหลวง (มาตรฐานและกฎการเดินสายไฟ)
ANSI	:	American National Standard Institute
IEC	:	International Electro-Technical Commission
NFPA	:	National Fire Protection Association, USA
NEC	:	National Electrical Code
IEEE	:	Institute of Electrical and Electronics Engineer
BS	:	British Standard Institution
IES	:	International Illumination Engineering Society
CIE	:	International Lighting Commission
TISI	:	Thai Industrial Standards Institute

UL : Under Writers Laboratories INC.

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 รวมถึงพระราชกฤษฎีกา และกฎกระทรวง ออกตามความใน พ.ร.บ

1.1.2 ขอบเขต

งานระบบไฟฟ้าสำหรับสถานี อาคารศูนย์ซ่อมบำรุง สะพานข้ามแยกและทางเดินเชื่อมต่อ จะครอบคลุมถึง

1. ระบบจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำ
2. ระบบแจ้งเหตุไฟไหม้
3. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างระบบไฟฟ้าสำรอง
4. ระบบต่อลงดินและป้องกันฟ้าผ่า
5. ระบบเชื่อมต่อการทำงานกับระบบ SCADA

1.2 เกณฑ์ในการออกแบบ

1.2.1 เกณฑ์ทั่วไป

เกณฑ์การออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นของการออกแบบ และคำนวณสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องกลที่ติดตั้งในสถานี และในศูนย์ควบคุม ดังนี้

DESCRIPTION	CRITERIA
1). System voltage	416/240V, 3 phase, 4 wires, 50Hz
2). Ambient temperature	40 degree C
3). Demand Factor	80%
4). Load power factor	0.95
5). Voltage Drop (Final Circuit)	5%
6). Grounding system	TN-S System
7). Spare capacity - Distribution Panels	25%
- Cable Raceway	40%

1.2.2 ค่าความส่องสว่าง (Illumination Lighting level)

ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยสำหรับพื้นที่ต่างๆ จะถูกออกแบบให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล เช่น IES และอื่นๆ โดยให้มีความสม่ำเสมอของการกระจายความส่องสว่าง (Uniformity factor) ไม่น้อยกว่า 0.7 โดยมีค่าความส่องสว่างในกรณีฉุกเฉินตามพื้นที่ต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Areas	Average Normal (Lux)	Min. Emergency (Lux)
Passengers Ways	150-200	15
Electrical and Plant Rooms	150-200	15
Office/Control room	300-500	50
Stairs and Escalators	175-250	25
Conference/Training Room	300-500	50
Workshop	200-300	50
Lobby	200-300	50
Toilets	100-150	10
Corridor	150-200	15
Canteen/Kitchen Room	200-300	25
Ancillary Room	100-150	10
Store Room	100-150	15
Car Park (Above Ground)	30-50	0
Car Park (Underground)	150-200	15
Locker Room	150-200	15
Forecourt	25-75	0

1.2.3 การระบุรหัสสี (Colour Code)

สำหรับสายไฟฟ้า Busbar จะมีการระบุรหัสสี (Colour Code) ตามมาตรฐานการไฟฟ้านครหลวง (MEA) เพื่อบอกถึงเฟส ดังนี้

PHASE	COLOUR
1). PHASE – A	Black
2). PHASE – B	Red
3). PHASE - C	Blue
4). NEUTRAL	White or Grey
5). GROUND	Green or Yellow Strip Green

1.3 รายละเอียดของระบบ

1.3.1 ระบบจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำ

ระบบจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำจะเริ่มจาก Secondary Side ของหม้อแปลง ผ่าน Main Distribution Panel และส่งจ่ายไฟฟ้าให้กับ Load ต่างๆ ทางด้านแรงต่ำต่อไป โดยจ่ายไฟฟ้าด้วยระบบแรงดัน 416/240Vac, 50Hz, 3 phases, 4 wires

สำหรับการจ่ายไฟฟ้าในสถานีและศูนย์ควบคุมนั้น จะรับไฟฟ้ามาจากหม้อแปลง 2 ชุด จ่ายไฟฟ้าให้กับ Load ทั้งหมด ในกรณีที่หม้อแปลงตัวหนึ่งตัวใดไม่สามารถจ่ายไฟได้ หม้อแปลงอีกตัวจะทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าทั้งหมดแทน และถ้าในกรณีที่หม้อแปลงทั้ง 2 ลูกไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ Diesel Generator จำนวน 1 ชุด จะทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับ Load ชนิด Essential และ Very Essential และจะแบ่งการจ่าย Load ออกได้เป็น

1. Normal Load รับไฟฟ้าผ่านหม้อแปลง 2 ชุด ที่ทำงาน Interlock กัน ประกอบด้วย
   - วงจรไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไป
   - บันไดเลื่อน
   - วงจรเต้ารับไฟฟ้าทั่วไป
   - ระบบปรับอากาศและระบายอากาศปกติ
   - เครื่องสูบน้ำดับเพลิง
   - อื่นๆ

2. Essential Load รับไฟฟ้าผ่าน Diesel Generator ประกอบด้วย

- วงจรไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน
- วงจรป้ายทางออกและทางหนีไฟฉุกเฉิน
- ระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้
- วงจรควบคุมระบบสารดับเพลิงพิเศษ
- Jockey pump
- วงจรเต้ารับไฟฟ้าอุปกรณ์ชนิดฉุกเฉิน
- ระบบปรับอากาศและระบายอากาศฉุกเฉิน
- ลิฟท์
- ระบบสุขาภิบาล
- UPS สำหรับงานระบบรถไฟฟ้า
- อื่นๆ

3. Very Essential Load รับไฟฟ้าผ่าน UPS ที่จ่ายไฟฟ้าได้ 2 ชั่วโมง ประกอบด้วย

- ระบบโทรศัพท์และสื่อสาร (Telephone and Telecommunication)
- ระบบนาฬิกา (Master Clock)
- ระบบเสียงประกาศ (Public Address)
- ระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV)
- อุปกรณ์คอมพิวเตอร์
- อื่นๆ

การจ่ายไฟฟ้าให้กับ Load ต่างๆ นั้นจะใช้เป็นระบบการเดินสายไฟฟ้า (Cabling) บนรางร้อยไฟฟ้า (Cable Tray) และท่อร้อยสายไฟฟ้า (Conduit) ตามความเหมาะสม และเลือกใช้ Busway สำหรับอาคารศูนย์ควบคุม อาคารควบคุมและอาคารสำนักงาน โดยกำหนดให้ค่าแรงดันตก (Voltage Drop) ที่วงจรปลายสุดมีค่าไม่เกิน 5% จากค่าแรงดันที่ MDB Busbar

หม้อแปลงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉิน (Diesel Generator) จัดหาโดยผู้รับเหมางานระบบรถไฟฟ้า โดยผู้รับเหมางานโครงสร้างพื้นฐานจะทำการคำนวณเพื่อหาค่าขนาดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต้องการ และมีผลถึงการเลือกขนาดหม้อแปลงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉินต่อไป

สำหรับการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดชนิด Very-Essential นั้น จะเป็นการจ่ายกระแสไฟฟ้าจาก Essential busbar ของแผง Essential Distribution Panel ผ่านอุปกรณ์ UPS

ออกแบบให้มีแผง MDB 2 แผงรับไฟฟ้าจากหม้อแปลงทั้ง 2 ตัว กรณีที่หม้อแปลงตัวหนึ่งไม่สามารถจ่ายไฟได้ หม้อแปลงอีกตัวจะทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับระบบทั้งหมด โดยใช้ระบบควบคุมโหลด (Load Shedding) ด้วย PLC ทำการตัดโหลดที่ไม่จำเป็นออกโดยอัตโนมัติ

จะมีการติดตั้งอุปกรณ์ชดเชยค่าประกอบกำลัง (Power factor compensation) หรือ Capacitor bank ที่จะปรับปรุงให้ค่า Power factor ของระบบไม่ต่ำกว่า 0.95

แผงประธาน (Main Distribution Panel) และแผงประธานย่อย (Sub-Distribution Panel) เป็นชนิดตั้งพื้น Metal Clad From 3b ที่มีการแบ่งกั้นช่อง ออกแบบและผลิตตามมาตรฐาน IEC60439 โดยมีระดับการป้องกันที่ IP42 ตามมาตรฐาน IEC60529 โดยแผงไฟฟ้าทั้งหมดจะมีการติดตั้ง MCB ย่อยเผื่อ (Spare) 20% ของขนาด Main MCB สำหรับการเพิ่ม Load ในอนาคต

1.3.2 ระบบตรวจจับและแจ้งเหตุไฟไหม้

ระบบแจ้งเหตุไฟไหม้เป็นระบบที่สามารถระบุตำแหน่งได้โดยอัตโนมัติ (Fully Addressable) ออกแบบและติดตั้งตามมาตรฐาน NFPA 72 และ วสท. โดยสามารถระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ในวงจรตรวจจับได้ โดยสัญญาณการตรวจจับ จะถูกส่งไปยังแผงควบคุม (Fire Alarm Control Panel) ที่ติดตั้งในห้องควบคุมหลักของสถานี และศูนย์ควบคุม (Central Control Room)

ระบบตรวจจับและแจ้งเหตุไฟไหม้อัตโนมัติ จะประกอบด้วย

- แผงควบคุมและแจ้งเหตุ (Fire Alarm Control Panel)
- แผงแสดงจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ (Annunciator)
- อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและควันไฟ (Smoke and Heat Detector)
- อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ (Manual Station)
- อุปกรณ์แจ้งเตือนด้วยเสียง (Alarm Sounder)
- แบตเตอรี่และชาร์จเจอร์ (Battery and Battery charger) และ
- อุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อทำงานร่วมกับระบบอื่นๆ

ระบบแจ้งเหตุไฟไหม้มีการทำงานร่วมกับระบบอื่นๆ ดังนี้

- รับแจ้งสถานะการทำงานของระบบดับเพลิงด้วยสารพิเศษ (Clean Agent Suppression System)
- ส่งสัญญาณแจ้งเหตุไปยังระบบลิฟท์ เพื่อสั่งให้ลิฟท์จอดในชั้นที่กำหนด

- ส่งสัญญาณให้บันไดเลื่อนหยุด
- รับสัญญาณแจ้งการทำงานของระบบดับเพลิง เช่น การทำงานของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ระดับน้ำในถังเก็บน้ำสำรอง การทำงานของวาล์วน้ำ การไหลของน้ำ เป็นต้น
- รับแจ้งสถานะการทำงานของระบบสุขาภิบาล เช่น การทำงานของเครื่องสูบน้ำดี ระดับน้ำในถังน้ำ เป็นต้น
- รับและส่งสัญญาณให้กับระบบปรับอากาศและระบายอากาศ โดยจะสั่งให้เครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศในพื้นที่เกิดเพลิงไหม้หยุดการทำงาน และสั่งให้พัดลมดูดควันไฟทำงานต่อเนื่อง
- ส่งสัญญาณให้กับระบบเสียงประกาศ (Public Address) เพื่อให้แจ้งเตือนการอพยพผู้ที่อยู่ในพื้นที่หรืออาคารที่เกิดเหตุเพลิงไหม้
- ส่งสัญญาณไปยังระบบเก็บตั๋วอัตโนมัติ (Automatic Fare Collection-AFC) เพื่อให้ประตูกั้น (AFC Gate) เปิดออกทั้งหมด ให้ผู้โดยสารอพยพออกจากสถานี
- ส่งสัญญาณแจ้งการทำงานของระบบไปยังศูนย์ควบคุมส่วนกลาง ที่อาคารศูนย์ควบคุมผ่านทางระบบ SCADA

สายสัญญาณระบบแจ้งเหตุเป็นชนิด Class A หรือ Full Duplex ส่วนสายวงจรอื่นๆ เป็น Class B โดยเชื่อมต่อการทำงานและตรวจสอบการทำงานของระบบอื่นๆ ด้วยอุปกรณ์ Module

ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเตือนด้วยเสียง หรือกระดิ่งสัญญาณ ในพื้นที่สัญจรของประชาชนบนสถานี เพื่อไม่ให้มีการแตกตื่น ส่วนในศูนย์ซ่อมบำรุงมีการติดตั้งกระดิ่งสัญญาณในทุกๆ พื้นที่

อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ (Manual Station) ชนิด Break Glass จะถูกติดตั้งในบริเวณทางเดิน ทางหนีไฟ ใกล้กับทางออกหรือในที่ที่เหมาะสม เพื่อให้พนักงานทำการแจ้งเหตุแทนระบบอัตโนมัติ

1.3.3 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะถูกออกแบบเพื่อตอบสนองกับพื้นที่การใช้งาน ความปลอดภัยและรูปลักษณ์ที่เหมาะสม รวมถึงความทนทานและการประหยัดพลังงาน และเลือกใช้ Electronic Ballast

การออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับแต่ละพื้นที่ จะมีความสม่ำเสมอของการกระจายความส่องสว่าง (Uniformity factor) ไม่น้อยกว่า 0.7 และค่าความสว่างฉุกเฉินนั้นมีค่าความส่องสว่างไม่น้อยกว่า 25% จากค่าความสว่างปกติ

สำหรับในพื้นที่สาธารณะที่มีขนาดใหญ่นั้น จะออกแบบให้มีระบบควบคุมอัตโนมัติ (Lighting Control System) ควบคุมการเปิดและปิดไฟฟ้าแสงสว่างให้สอดคล้องกับความสว่างภายนอกอาคาร และเวลาการใช้งาน ร่วมกับ Photo switch และ Timer switch เพื่อให้ได้ค่าความสว่างที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยแบ่งระดับความสว่างออกเป็น 3 ระดับคือ 25%, 50% และ 100% ส่วนในพื้นที่ห้องทำงานและห้องเครื่องต่างๆ จะใช้สวิทซ์เปิด-ปิด

สำหรับทางหนีไฟ ทางเดิน บันได ห้องทำงานและห้องเครื่อง จะติดตั้งด้วยโคมไฟฉุกเฉินชนิดมีแบตเตอรี่สำรองในตัวเอง (Self-Contained Battery) ที่สามารถทำงานได้ 3 ชั่วโมง

ทุกสถานีจะต้องมีการติดตั้งโคมไฟใต้สถานี ที่มีค่าความส่องสว่างไม่น้อยกว่าค่าความส่องสว่างของไฟฟ้าถนนเดิม รวมถึงการออกแบบไฟฟ้าถนนภายในศูนย์ควบคุม โดยมีค่าความเข้มแสงสว่างแนวราบโดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 18 ถึง 22.5 lux และมีอัตราการกระจายความส่องสว่าง (Uniformity ratio) ไม่ต่ำกว่า 1:3 และติดตั้งโคมไฟ High Bay พร้อมหลอดไฟชนิด Metal Halide กับอาคารซ่อมบำรุงหลักที่มีหลังคาสูงกว่า 5 เมตร

ในพื้นที่และห้องต่างๆ จะมีการติดตั้งปลั๊กไฟฟ้า (Socket outlet) ตามข้อกำหนดทางเทคนิค และในแบบรายละเอียด โดยในห้องเครื่องต่างๆ จะเป็นชนิด Universal 2P+G, 220V, 16A ติดตั้งในกล่อง (Box) ชนิด Robust Material โดยติดตั้งในท่อลอยบนผนังหรือเสา และติดตั้งในท่อฝังในผนังหรือเสาในห้องสำนักงานหรือห้องทำงานที่ต้องการความสวยงาม และติดตั้งที่ตำแหน่งสูงจากพื้นประมาณ 30 เซนติเมตร

บนพื้นที่สำธารณะและทางเดิน รวมถึงพื้นที่ด้านนอกอาคาร จะมีการติดตั้งปลั๊กไฟฟ้า (Socket outlet) ชนิด Weather proof IP54 โดยจะติดตั้งไว้ทุกๆ 15 เมตร ในบริเวณพื้นที่ทางเดิน

ปลั๊กไฟฟ้า (Socket outlet) สำหรับทางเดินสาธารณะทั้งหมดจะมีการป้องกันด้วย Residual Current Device (RCD) หรือ Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) เพื่อป้องกันไฟฟ้าดูด

1.3.4 ระบบไฟฟ้าสำรอง

ระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับสถานีและศูนย์ควบคุม ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง (Diesel Generator) และเครื่องจ่ายไฟฟ้าสำรองฉุกเฉิน (Uninterruptible Power Supply-UPS) ที่มีขนาดพอเพียงกับอุปกรณ์ที่ต้องสามารถทำงานได้ในกรณีที่ไฟฟ้าหลักดับ หรือมีปัญหา

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองและ UPS สำหรับระบบ Signalling จะเป็นงานการออกแบบและจัดหาโดยผู้รับเหมางานระบบรถไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน 25% จากระดับไฟฟ้าปกติ บริเวณชานชาลา ชั้นจำหน่ายตั๋ว ทางเข้า บันไดเลื่อน ทางเดิน จะรับไฟฟ้าจาก Diesel Generator ในกรณีที่ไฟฟ้าหลักล้มเหลว และอุปกรณ์ชนิด Very Essential เช่น อุปกรณ์สื่อสารและควบคุมนั้น รับไฟฟ้าจาก UPS

1.3.5 ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning protection)

โครงสร้างสถานีรถไฟฟ้า อาคารศูนย์ควบคุมและซ่อมบำรุง รวมถึงอาคารอื่นๆ นั้นจะถูกออกแบบให้มีการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า ตามมาตรฐานของ วสท., NFPA780, IEC1024 หรือ BS6651 ตามความเหมาะสม โดยจะใช้ระบบการป้องกันฟ้าผ่าแบบ Conventional Faraday Cage ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ

- สายอากาศล่อฟ้า (Air Terminal) ทำจากทองแดง ติดตั้งอยู่บนหลังคาสถานี หลังคาอาคารต่างๆ และส่วนที่ตั้งโล่งๆ เหนือพื้นดิน
- สายนำลงดิน (Down Conductor) อาจเป็นสายทองแดงเปลือยเดินในท่อร้อยสายไฟ หรือเป็นแถบเทปทองแดงหุ้มฉนวน หรือใช้เสาโครงสร้างเป็นสายนำลงดินก็ได้
- หลักดิน (Earth Electrode) โดยทั่วไปเป็นแท่งเหล็กหุ้มทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5/8" ยาว 3 เมตรถูกติดตั้งอยู่ใต้ดิน พร้อมกับมีจุดที่สามารถทำการทดสอบวัดค่าความต้านทานได้ จำนวนหลักดินขึ้นอยู่กับความต้านทานจำเพาะของดิน โดยคำนึงถึงว่าความต้านทานของดินจะต้องไม่ทำให้เกิดการสปาร์คด้านข้างภายในอาคาร และค่าแรงดันช่วงก้าว (Step Voltage) และค่าแรงดันสัมผัส (Touch Voltage) จะต้องไม่เกินกว่าค่าที่กำหนด เพื่อไม่ทำให้เกิดอันตรายแก่สิ่งมีชีวิตในพื้นที่ได้ อาจจะทำการออกแบบโดยใช้หลักดิน (Earth Electrode) ร่วมกับงานระบบต่อลงดิน (Earthing and Bonding) ได้
- ระบบป้องกันฟ้าผ่าจะถูกต่อรวมเข้ากับระบบต่อลงดิน ในระดับที่ค่าความต่างศักย์เป็นศูนย์ เพื่อไม่ให้เกิดการไหลย้อนของกระแสไฟฟ้าจากฟ้าผ่าเข้าไปยังระบบอื่นๆ และทำการติดตั้งตัวกรองกระแสฟ้าผ่าไว้ที่ด้านแรงดันต่ำด้วย
- ระบบหลักดินของระบบป้องกันฟ้าผ่านั้น อาจจะใช้หลักดินของระบบต่อลงดินได้ แต่ต้องมีจุดที่สามารถตัดระบบป้องกันฟ้าผ่าออกจากระบบ เพื่อทำการตรวจสอบได้

1.3.6 ระบบต่อลงดิน (Earthing and Bonding)

ระบบต่อลงดินจะถูกออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับ เช่น IEEE80, NEC, BS7430 และ E.I.T เป็นต้น เพื่อจุดประสงค์เพื่อความปลอดภัยในชีวิตบุคคล (Safely of persons) ความปลอดภัยในการทำงานของระบบ (Operation safely) และป้องกันการเกิด Stray Current

หลักการออกแบบระบบต่อลงดินจะต้องคำนึงถึง;

1) ความต้านทานระหว่าง Structure Earth กับดินไม่เกิน 1 โอห์ม
2) การเผื่อ (Redundancy) เพื่อกระจายและถ่ายเทประจุไฟฟ้าลงดินได้ด้วยระยะเวลาที่น้อยที่สุด และปลอดภัยน้อยที่สุด

3) สอดคล้องกับมาตรฐานการออกแบบโครงการระบบรถไฟฟ้าอื่นๆ

การออกแบบระบบต่อลงดินของระบบ System Grounding นั้นจะเป็นระบบ TN-S โดยแยกสายดินเป็นอิสระจากสาย Neutral โดยสายดิน (Ground Conductor) เป็นสายไฟทองแดงหุ้มฉนวน ระบุสีเปลือกเป็นสีเขียว หรือสีขียวและแถบสีเหลือง

จะทำการออกแบบ Earth Farm สำหรับเป็นจุดที่รับระบบต่อลงดินทั้งหมดในชั้นพื้นดิน โดยประกอบด้วยหลักดิน (Earth Electrode) ทำจากแท่งเหล็กหุ้มทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5/8" ยาว 3 เมตร เชื่อมต่อกันด้วยสายไฟทองแดง โดยจำนวนหลักดินขึ้นอยู่กับความต้านทานจำเพาะของดิน โดยคำนึงถึงว่าความต้านทานของดินจะต้องไม่ทำให้เกิดการสปาร์คด้านข้างภายในอาคาร และค่าแรงดันช่วงก้าว (Step Voltage) และค่าแรงดันสัมผัส (Touch Voltage) จะต้องไม่เกินกว่าค่าที่กำหนด เพื่อไม่ทำให้เกิดอันตรายแก่สิ่งมีชีวิตในพื้นที่ได้

สำหรับการออกแบบ Earth Farm ที่บริเวณสถานีรถไฟฟ้านั้น อาจจะใช้เหล็กเส้นฝังในเสาเข็มและเสาโครงสร้างเป็นหลักดิน (Earth Electrode) แทนได้ โดยการต่อเชื่อมทั้งหมดจะเป็นระบบ Exothermic Weld

ในโครงสร้างทางวิ่ง Viaduct Box Girder นั้น จะมีการติดตั้ง Band Steel 50x5mm ในทุกๆ Segment เชื่อมต่อถึงกันด้วยสายไฟทองแดง 120mm2 บรรจบจนถึง Earth Terminal ที่ติดตั้งบนทุกๆ หัวเสาโครงสร้าง และต่อเข้ากับ Earth Busbar ที่ติดตั้งในห้อง Traction และ/หรือ Station Service Substation ของทุกๆ สถานี

1.3.7 ระบบป้องกันการผุกร่อน (Stray Current Protection)

เมื่อกระแส Stray Current นั้นมีการรั่วไหลจากรางวิ่ง (Running Rails) ก็จะพยายามวิ่งไปตามโครงสร้างต่างๆ ที่มีเหล็กเสริมหรือวัสดุอื่นใดที่มีความต้านทานต่ำไปสู่ดิน ดังนั้นการป้องกัน Stray Current ได้นั้นจะต้องออกแบบให้กระแสสามารถเดินทางได้อย่างดีใน Running Rail และเพิ่มความต้านทานให้มากที่สุดระหว่าง Running Rail และ Ground โดยระบุดังนี้

- ใช้วัสดุฉนวนนำไฟฟ้า (แผ่นยาง) ในพื้นที่ต่างๆ เช่น ใต้พื้น Running Rail และ Rail Clips ต่างๆ
- ทาสีป้องกันการผุกร่อนที่โครงสร้างเหล็ก
- ติดตั้ง Stray Current Collection Mat ใน Track Plinth และใต้พื้นคอนกรีตชั้นแรกในบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง
- เชื่อมต่อ Stray Current Collection Mat ด้วย Bonding Cable ตลอดความยาว Viaduct และจะต่อลงดินผ่านระบบดินที่ฝังใน Viaduct Box Girder

1.3.8 ระบบเชื่อมต่อการทำงาน SCADA

การเชื่อมต่อการทำงานของระบบประกอบอาคาร (M&E System) กับระบบรถไฟฟ้า (Railway System) จะเป็นการส่งสัญญาณการแจ้งเหตุ และควบคุม โดยใช้หน้าสัมผัส (Dry Contact) ผ่านแผงสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณ (Terminal Box) และสายไฟฟ้า เชื่อมต่อกับระบบแผงรับสัญญาณ (Dispatching Panel) ของระบบ SCADA

แผงรับสัญญาณ (Dispatching Panel) จะประกอบด้วย Terminal Block ที่ใช้สำหรับการ Wiring สายไฟฟ้าจากหน้าสัมผส (Dry Contact) ของระบบประกอบอาคาร โดยมี Terminal Point ดังนี้

System	Point Schedule	Remark
1. Electrical System		
1.1 Main MDB & EMDB	1. Remote/Local Status for MDB-1 2. Remote/Local Status for MDB-2 3. Remote/Local Status for EMDB 4. ON/OFF status for all MCBs 5. ON/OFF Status for all Tie-CBs/ATS 6. TRIP Alarm for all MCBs 7. TRIP Alarm for all Tie-CBs/ATS 8. ON/OFF Status for Fire Pump CBs 9. TRIP Alarm for Fire Pump CBs 10. ON/OFF Status for Cold water pump CBs 11. TRIP Alarm for Cold Water pump CBs 12. Incoming Voltage "V" 13. Incoming Current "A" 14. Incoming Kilowatt "kW" 15. PLC Fault Alarm	ติดตั้งแผงรับสัญญาณ (Dispatching panel) ไว้ที่ห้อง Station Substation

1.2 Generator	1. ON/OFF Status 2. General Alarm 3. Voltage "V" 4. Current "A" 5. Fuel Low Level Alarm	Generator อยู่ในขอบเขตงานระบบรถไฟฟ้า
1.3 UPS	1. Incoming 1 Power Fail 2. Incoming 2 Power Fail 3. Battery Voltage Low 4. Bypass Active 5. Output Voltage "V" 6. General Alarm	UPS อยู่ในขอบเขตงานระบบรถไฟฟ้า
1.4 Fire Alarm System	1. System healthy/Status 2. General Alarm	
2. Fire Fighting System		
2.1 Fire Pump	1. Fire Pump Status 2. Pump Fault 3. Fuel Low Level Alarm 4. Water tank Low Level Alarm 5. Water tank High Level Alarm	ส่งสัญญาณผ่านระบบตรวจจับและแจ้งเหตุไฟไหม้ (Fire Alarm and Detection system)
2.2 Fire Hose Cabinets & Sprinkler Fire	1. Flow Switch Contact 2. Supervisory Switch Contact	
2.3 Clean Agent System	1. System healthy/Status 2. Gas Discharged Alarm	

2.4 ESPS	1. System healthy/Status 2. Water Discharged Alarm	
3. Air Condition and Ventilation System		
3.1 Room Temperature	1. All plant room Temp. 2. All office room Temp. 3. All control room Temp.	ส่งสัญญาณไปยังระบบ BMS และ SCADA (ตามความจำเป็น)
4. Cold/Waste Water System		
4.1 Cold Water Pump	1. Pump Status 2. Overload/Alarm 3. Water tank High/Low level Alarm	ส่งสัญญาณไปยังระบบ BMS และ SCADA (ตามความจำเป็น)
4.2 Waste Water Sump pump	1. Pump Status 2. Overload/Alarm 3. Water tank High/Low level Alarm	
4.3 Waste Water Treatment	1. Pump Status 2. Pump Overload/Alarm 3. Waste Tank High level Alarm	
5. Lift and Escalator		
5.1 Lift	1. ON/OFF 2. General Alarm	ส่งสัญญาณไปยังระบบ BMS และ SCADA (ตามความจำเป็น)
5.2 Escalator	1. ON/OFF Status 2. General Alarm	

2. ระบบเครื่องกล

2.1 ทั่วไป

หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบในส่วนนี้ ใช้สำหรับงานระบบเครื่องกลซึ่งประกอบไปด้วยระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ระบบดับเพลิง ระบบสุขาภิบาล ระบบลิฟท์และบันไดเลื่อน ในส่วนสถานีรถไฟฟ้า รวมถึงโรงจอดและซ่อมบำรุง (Depot) เพื่อให้ทราบถึงมาตรฐานและข้อกำหนดต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ และแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบ ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

2.1.1 มาตรฐานและข้อกำหนด

มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ระบบดับเพลิง ระบบสุขาภิบาล ระบบลิฟท์และบันไดเลื่อน จะพิจารณาให้สอดคล้องกับ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และกฎกระทรวงออกตามความใน พ.ร.บ. รวมถึงมาตรฐานดังต่อไปนี้

ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

AMCA	:	Air Moving and Conditioning Association
ARI	:	Air Conditioning and Refrigeration Institute
ASA	:	American Standard Association
ASHRAE	:	The American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
ASME	:	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	:	American Society of Testing Material
MEA	:	The Metropolitan Electricity Authority
NEC	:	National Electrical Code
NEMA	:	National Electrical Manufacturers Association
NFPA	:	National Fire Protection Association, USA
PIARC	:	Permanent International Association of Road Congresses
SMACNA	:	Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association
TISI	:	Thai Industrial Standards Institute

UL	:	Under Writers Laboratories INC.

ระบบดับเพลิง

NFPA	:	National Fire Protection Association, USA
FM	:	Factory Mutual Research Corp.
NEC	:	National Electrical Code
NEMA	:	National Electrical Manufacturers Association
กทม.	:	ประกาศ หรือข้อบัญญัติกรุงทพมหานคร
วสท.	:	สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร

ระบบสุขาภิบาล

NPC	:	National Plumbing Code
ASPE	:	American Society of Plumbing Engineers
NFPA	:	National Fire Protection Association, USA
NEC	:	National Electrical Code
NEMA	:	National Electrical Manufacturers Association
ASTM	:	American Society for Testing and Material
กปน.	:	การประปานครหลวง
วสท.	:	สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
สวล.	:	สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม

ระบบลิฟท์และบันไดเลื่อน

EN81	:	European Norms (Standard Safety Code for Lifts)
EN 115	:	European Norms (Standard Safety Code for Escalators)
COE	:	มาตรฐานระบบเครื่องกลขนส่งในอาคาร (ลิฟท์) ของสภาวิศวกร (วสท. เดิม)
MEA	:	มาตรฐานระบบไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้านครหลวง

2.1.2 ขอบเขต

งานระบบเครื่องกลสำหรับสถานีและศูนย์ซ่อมบำรุง จะครอบคลุมถึง

1. ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ
2. ระบบดับเพลิง
3. ระบบสุขาภิบาลและระบายน้ำ
4. ระบบลิฟท์และบันไดเลื่อน

2.2 ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

2.2.1 ขอบเขต

ส่วนสถานีรถไฟฟ้า

1) ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับ Station Control Room / Ticket Office, Special Event Ticket Office, Cash and Ticket Room, UPS/Battery Room โดยสามารถรองรับการทำงานต่อเนื่องวันละ 24 ชั่วโมง
2) ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับ Staff Area, Police/Security Staff Room, First Aid Room, Miscellaneous Operations Room, Train Crew Supervisor's Office, Train Crew Room, Ticket Issuing Machine Room (TIM) ซึ่งจะทำงานแฉพาะช่วงเวลาที่เปิดให้บริการเดินรถ
3) ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับ Signaling และ Communication Room โดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบ Precision Air Conditioner และรองรับการทำงานต่อเนื่องวันละ 24 ชั่วโมง
4) ระบบระบายอากาศสำหรับ Traction Substation, Station Substation, Filter Plant Room โดยจะสามารถรองรับการทำงานต่อเนื่องวันละ 24 ชั่วโมงได้
5) ระบบระบายอากาศสำหรับ Staff Toilets, Station Cleaner Room, Station Store Room, Refuse Store, Commercial Tenant Toilets, Fire Tank and Pump Room, Generator Room ซึ่งจะทำงานแฉพาะช่วงเวลาที่เปิดให้บริการเดินรถ
6) ระบบดูดสารดับเพลิง (Gas Purging System) สำหรับ UPS/Battery Room, Traction Substation, Station Substation, Filter Plant Room, Signaling และ Communication Room
7) ระบบระบายอากาศใต้สถานี เพื่อลดมลพิษทางอากาศบริเวณใต้สถานี(ตามความจำเป็น)

ส่วนโรงจอดและซ่อมบำรุง (Depot)

1) ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับห้องควบคุมและห้องอุปกรณ์ต่างๆเช่น Security Control Room, UPS/Battery Room โดยสามารถรองรับการทำงานต่อเนื่องวันละ 24 ชั่วโมง

2) ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับ Training Center, Canteen, Staff and Office Areas ซึ่งจะทำงานแฉพาะช่วงเวลาที่เปิดให้บริการเดินรถ

3) ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับ OCC, Telecom Room, Signaling และ Communication Room ใช้เครื่องปรับอากาศแบบ Precision Air Conditioner และรองรับการทำงานต่อเนื่องวันละ 24 ชั่วโมง

4) ระบบระบายอากาศสำหรับ Traction Substation, Service Substation โดยสามารถรองรับการทำงานต่อเนื่องวันละ 24 ชั่วโมง

5) ระบบระบายอากาศสำหรับ Storage Rooms, Pump Room, Air Pump Room, Generator Room, Lift Machine Room, Light Maintenance Area, Staff Toilets, Train Crew Locker Rooms, Archive Area, Maintenance Locker Room, Janitorial Equipment Rooms, Minor Component Repair Area, Framable Room, Pallet Area ซึ่งจะทำงานแฉพาะช่วงเวลาที่เปิดให้บริการเดินรถ

6) ระบบดูดสารดับเพลิง (Gas Purging System) สำหรับ UPS/Battery Room, Traction Substation, Service Substation, Telecom, Signaling และ Communication Room

2.2.2 หลักเกณฑ์และแนวทางในการออกแบบ

1) สภาวะอากาศภายนอก

(a) หน้าร้อน : 36°C DB, 28°C WB

(b) หน้าหนาว : 18.5°C DB

(c) Outdoor Daily Range : 10°C

2) สภาวะอากาศภายในห้อง

พื้นที่	อุณหภูมิ (°C)	% ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)
(a) ชั้นจำหน่ายตั๋ว	Ambient	-
(b) ชั้นชานชาลา	Ambient	-

พื้นที่	อุณหภูมิ (°C)	% ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)
(c) Staff Area	24 ± 1°C	55 ± 5%
(d) Station Control Room	24 ± 1°C	55 ± 5%
(e) Ticket Office	24 ± 1°C	55 ± 5%
(f) Telecom & Comm.	22 ± 1°C	50 ± 5%
(g) Battery Room (Sealed)	24 ± 1°C	50 ± 5%
(h) First Aid	24 ± 1°C	55 ± 5%
(i) TIM Room	24 ± 1°C	55 ± 5%
(j) Canteen	24 ± 1°C	55 ± 5%

3) อัตราการระบายอากาศ

พื้นที่	การระบายอากาศต่อชั่วโมง
(a) Substation & Equipment Room (อุณหภูมิห้องไม่เกิน 40°C)	ขึ้นกับความร้อนที่ถ่ายเทจากอุปกรณ์ แต่ไม่น้อยกว่า 10 ครั้งต่อชั่วโมง
(b) Non Sealed Battery Room	10
(c) Toilets	12
(d) Cleaners Room & Storage	6
(e) Maintenance Areas	6
(f) Gas Purge System	6 (minimum)

4) Internal Load

4.1) People

พื้นที่	Heat Gain (W)	
	Sensible	Latent
Office Areas & Staff Areas	75	55
Canteen	80	80

4.2) Lighting Load

พื้นที่	Lighting Load (W/m^2)
Office Areas & Staff Areas	25
Canteen	25
Equipment & Electrical Room	20

4.3) Equipment Heat Gain

พื้นที่	Heat Gain (W/m^2)
Office Areas & Staff Areas	10
Canteen	10
Equipment & Electrical Room	ตรวจสอบกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งจริง

4.4) Occupancy Load

พื้นที่	Persons
Office Areas & Staff Areas	5 m^2 / person
Canteen	3 m^2 / person
Equipment & Electrical Room	2 persons

5) ความต้องการอากาศบริสุทธิ์ (Minimum Fresh Air Ventilation)

พื้นที่	Fresh Air Quantities
Office Areas & Staff Areas	10 L/s / person
Canteen	15 L/s / person
Equipment & Electrical Room	20 L/s

6) การออกแบบท่อลม

Description	Criteria
Maximum Duct Friction Rate	1.23 Pa/m
Maximum Velocities	12.5 m/s

7) การควบคุมเสียง

การออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศจะต้องควบคุมระดับเสียงแต่ละพื้นที่ภายในสถานีและศูนย์ซ่อมบำรุงดังต่อไปนี้

พื้นที่	Noise (dB)
- Offices	NC 45
- 2 m. around plant rooms with door or access in closed position	NC 55
- Workshops, Canteen	NC 55
- Stabling Areas	NC 60

8) ระบบระบายอากาศใต้สถานี (เฉพาะสถานีที่มีการจราจรหนาแน่นในอนาคต)

การออกแบบระบบระบายอากาศใต้สถานีจะต้องควบคุมระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่เกิดจากควันรถใต้สถานีให้อยู่ในระดับที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด คือ ค่าเฉลี่ยต่อหนึ่งชั่วโมงมีค่าไม่เกิน 34.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือเท่ากับ 30 ppm และ ค่าเฉลี่ยต่อแปดชั่วโมงมีค่าไม่เกิน 10.26 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือเท่ากับ 9 ppm

2.3 ระบบดับเพลิง

2.3.1 ขอบเขตการออกแบบ

ขอบเขตงานการออกแบบระบบดับเพลิงจะครอบคลุมถึง

1) ระบบหัวกระจายน้ำอัตโนมัติ (Sprinkler System)

Description	Criteria
ประเภทพื้นที่ครอบครอง	พื้นที่ครอบครองอันตรายปานกลางเทียบเท่ากับ Ordinary Hazard Group III
Design Criteria	NFPA 13, 14, 20, 130. 2002
Hazard Class	Ordinary Hazard Group III
ประเภทของระบบ	ท่อเปียกอัตโนมัติ

2) ระบบสายฉีดน้ำดับเพลิง (Hydrant and Hose Reel System)

Description	Criteria
ประเภทการใช้งาน	ประเภทที่ 3 สายฉีดน้ำดับเพลิงขนาด 25 มม. หรือ 40 มม. วาล์วสายฉีดน้ำดับเพลิงขนาด 65 มม.
Design Criteria	NFPA 14, 1961. 2002, BS 5306: Part 1 (1988)
ความดันใช้งาน	65 - 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
Hydrant Type	65 mm instantaneous twin-outlet
Hose Reel Type	30 m Hose Reel tubing, 25 mm internal diameter to BS5274
พื้นที่ปกป้อง	ตำแหน่งสายฉีดน้ำดับเพลิงถึงตำแหน่งต่อไปต้องมีระยะไม่เกิน 60 เมตร และระยะการใช้งานของสายฉีดน้ำดับเพลิงประมาณ 30 เมตร

3) Total Flooding Gas Suppression System

Description	Criteria
ข้อกำหนด	NFPA 2001 Standard on Clean Agent Fire Systems
Gas Agent	Environmental friendly clean agent (FM200)
ค่าความเข้มข้นการออกแบบ	7% โดยปริมาตรของพื้นที่ปกป้อง
เวลาฉีดสารดับเพลิง	น้อยกว่า 10 วินาที
พื้นที่ปกป้อง	ห้องไฟฟ้าที่มีความต้องการในการจ่ายไฟตลอดเวลา และห้องอื่นๆที่ระบุ

4) เครื่องดับเพลิงมือถือ (Portable Fire Extinguisher)

Description	Criteria
ข้อกำหนด	NFPA 10, 130. 2002
พื้นที่ปกป้อง	ทุกห้องและตลอดทั่วพื้นที่สถานีและdepot

5) เครื่องสูบน้ำดับเพลิง (Fire Pump)

Description	Criteria
ข้อกำหนด	NFPA 20, 2002
การออกแบบ	เป็นแบบ Horizontal split case เมื่อติดตั้งในระนาบเดียวกับก้นถังเก็บน้ำหรือแบบ Vertical Turbine เมื่อติดตั้งเหนือบ่อเก็บน้ำ
จำนวนสูบน้ำต่อสถานี	เครื่องสูบน้ำขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า 1 ชุด เครื่องสูบน้ำเครื่องยนต์ดีเซล 1 ชุด และเครื่องสูบน้ำรักษาแรงดัน (Jockey pump) ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

2.4 ระบบสุขาภิบาล

2.4.1 หลักเกณฑ์และแนวทางในการออกแบบ

1) ระบบน้ำประปา

ระบบประปาจะออกแบบให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

a.) 55 ลิตรต่อคนต่อวัน (ประมาณเจ้าหน้าที่ทั้งหมด 45 คนต่อสถานี)

b.) ความดันใช้งาน 15-35 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

c.) ปริมาณน้ำกักเก็บ 2 วัน สำหรับสถานีและ Depot โดยรวมการใช้งานประจำวันต่างๆ การใช้งานเพื่ออุปโภค บริโภค และรดน้ำต้นไม้

d.) ปริมาณน้ำกักเก็บ 30 นาทีเพื่อการดับเพลิง

e.) ถังเก็บน้ำให้ออกแบบโดยแบ่งเป็นสองส่วน ต่อถึงกันโดยระบบท่อและวาล์ว

ให้ออกแบบท่อมีความเสียดทานน้อยกว่า 250 Pa/m และความเร็วสูงสุดไม่เกิน 2.5 m/s, โดยให้เลือกขนาดท่อที่ใหญ่กว่า

ท่อที่จ่ายน้ำให้สุขภัณฑ์แบบ Flush valve ต้องติดตั้ง Water hammer arrestor หรือ Shock absorber ไม่อนุญาตให้ใช้ Air chamber

การหาขนาดของ Fixture unit ให้เป็นไปหรือไม่น้อยกว่าที่ระบุในตารางนี้

Fixture Type	Demand Weight in Fixture Unit
Staff Toilet	
Water Closet	10
Urinal	10
Lavatory/Basin	2
Shower	4
Public Toilet	
Water Closet	10
Urinal	10
Lavatory/Basin	2

2) ระบบระบายน้ำโสโครก และน้ำเสีย

ขนาดท่อต้องเป็นไปตามการคำนวณจาก Drainage fixture unit โดยขนาดท่อที่ต่อเข้าสุขภัณฑ์ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่านี้

a.) โถส้วม	:	ท่อขนาด 100 มม. ท่ออากาศขนาด 50 มม.
b.) โถปัสสาวะ	:	ท่อขนาด 50 มม. ท่ออากาศขนาด 40 มม.
c.) อ่างล้างมือ	:	ท่อขนาด 50 มม. ท่ออากาศขนาด 32 มม.
d.) Sink	:	ท่อขนาด 50 มม. ท่ออากาศขนาด 32 มม.
e.) Floor Drain	:	ท่อขนาด 50 มม.

ความลาดเอียงของท่อต้องไม่น้อยกว่า 1: 100 และความเร็วในท่อแนวนอนต้องไม่น้อยกว่า 0.75 เมตรต่อวินาที

การคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำ ต้องทำงานไม่เกิน 6 ครั้งต่อชั่วโมง

ระบบบำบัดต้องได้รับการติดตั้งภายในเขต Right of way และต้องไม่ส่งกลิ่นหรือเสียงรบกวนพื้นที่ข้างเคียง โดยที่พื้นที่ติดตั้งต้องสะดวกในการเข้าถึงของรถบำรุงรักษา

ระบบบำบัดน้ำเสียจากห้องน้ำ, ครัว และ Pantry ต้องเป็นระบบ contact aeration, activated sludge process

ค่าสำหรับน้ำทิ้งที่ได้รับการบำบัดแล้ว

a.) BODไม่เกิน 20 mg/L

b.) Suspended Solids ไม่เกิน 40 mg/L

c.) Oil & Grease ไม่เกิน 20 mg/L

d.) ค่าอื่นๆที่เป็นไปตามกำหนดของกฎหมายควบคุมอาคาร หรืออื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2.5 ระบบลิฟท์และบันไดเลื่อน

2.5.1 หลักเกณฑ์และแนวทางในการออกแบบ

1) ระบบลิฟท์

a.) เป็นลิฟท์ประเภทไม่ต้องใช้ห้องเครื่องลิฟท์ด้านบน

b.) ขนาดภายในห้องโดยสารกว้าง 1100 มม. X ลึก 1400 มม. สูง 2300 มม. ประตูกว้างไม่น้อยกว่า 900 มม.

c.) มีอักษรเบรลล์บนแผงปุ่มกดทั้งภายในตัวลิฟท์และหน้าชั้นทุกชั้น

d.) มีเสียงพูดบอกตำแหน่งลิฟท์เมื่อลิฟท์จอดตามชั้น ทุกชั้น ทั้งภายในและภายนอกลิฟท์

e.) มีระบบป้องกันลิฟท์ค้างกรณีไฟฟ้าดับ

f.) มีการติดตั้งกล้องวงจรปิดภายในและภายนอกลิฟท์ (ส่วนงานระบบรถไฟฟ้า)

g.) ภายในลิฟท์ต้องได้รับการติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการ ตามที่ระบุไว้ในพระราชบัญญัติฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ และกฎหมายอาคาร

h.) ลิฟท์ต้องได้รับการออกแบบตามมาตรฐาน EN-81 หรือ ISO 4190

2) ระบบบันไดเลื่อน

a.) ขั้นบันไดเลื่อนกว้าง 1000 มิลลิเมตร

b.) มีมุมเอียง 30 จากระดับแนวราบ

c.) ความเร็วไม่เกิน 0.75 เมตรต่อวินาที

d.) มีขั้นบันได้ในแนวราบ 3-4 ขั้นทั้งด้านบนและด้านล่าง

e.) ติดตั้ง Skirt Brushes ตลอดแนวบันไดทั้ง 2 ข้าง

f.) Ballustrades, skirtings, steps, pallets and belts ต้องทำจาก non-combustible material ตามมาตรฐาน BS 476 Part 4

g.) น้ำมันหล่อลื่น หรือวัตถุหล่อลื่นต่างๆต้องเป็นประเภทก่อเกิดควันน้อยเมื่อโดนความร้อนสูง

h.) บันไดเลื่อนต้องได้รับการออกแบบให้มีระบบสปริงเกลอร์ติดตั้งไว้เพื่อป้องกันโครงทรัสและส่วนประกอบอื่นๆ และรวมถึงระบบตรวจจับควันและความร้อนด้วย

i.) บันไดเลื่อนต้องเป็นแบบ Heavy Duty และเป็นแบบ Outdoor type

j.) บันไดเลื่อนต้องได้รับการออกแบบตามมตรฐาน EN 115

3. การออกแบบช่วงอายุการใช้งาน (Design life and Serviceability)

อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องกลทั้งหมดสำหรับงานระบบประกอบอาคาร รวมถึงสายไฟฟ้า จะมีช่วงอายุการใช้งานตามการออกแบบตามรายละเอียดด้านล่าง โดยที่จะถือว่าอุปกรณ์ที่ติดตั้งทั้งหมดจะต้องได้รับการบำรุงรักษาสม่ำเสมอ ตลอดช่วงอายุการใช้งาน โดยอายุการใช้งานตามการออกแบบ (Design Life) นี้จะไม่หมายความว่าเมื่อถึงเวลาที่กำหนดแล้ว โครงสร้างหรือชิ้นส่วนนั้น จะไม่สามารถใช้งานได้ต่อไป ซึ่งผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ดังนี้

- Main switchboards : 20 ปี
- Transformers : 20 ปี
- Sub-main switchboards : 20 ปี
- Cables : 20 ปี
- Fire alarm main panel : 20 ปี
- Luminaries : 20 ปี
- Tray, trunking and supports : 20 ปี
- Lightning protection : 20 ปี
- Sub-assemblies and components : 5 ปี

การกำหนดอายุการใช้งานตามการออกแบบ (Design Life) ของอุปกรณ์ระบบประกอบอาคาร นั้นจะเป็นการกำหนดโดยตั้งสมมติฐานว่าอุปกรณ์ต่างๆ จะได้รับการบำรุงรักษาเป็นประจำตามคู่มือการบำรุงรักษา

ภาคผนวก ก.6

หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบระบบราง (Track Work)

ภาคผนวก ก.6

หลักเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบระบบราง

(Track Work)

1 INTRODUCTION

1.1 GENERAL

1.1.1 These Design Criteria presents a part of the Trackwork Design and the purpose of which is to ensure that all proposed items will be in accordance with the Client requirements. It includes trackwork design approach criteria to meet the requirements for the Bangkok Mass Transit System: Saphan Mai – Lum Lukka Section.

1.1.2 Two trackwork applications are required for this entire project. Firstly, the trackwork on the viaduct and stations, and secondly, on the Depot and on a small section on the approach tracks.

1.1.3 Operational Requirements :

The trackwork system shall be designed and constructed to meet the following requirements:

- Maximum speed in underground sections 80km/h;
- Maximum speed through stations and on Depot approach tracks 60 km/h;
- Maximum speed in Depot 25 km/h;
- Maximum vehicle axle load 16 tonnes;
- Maximum wheel load 9.1 tonnes
- Maximum unsprung mass 2000 kg;
- Maximum distance between axle centres of one bogie 2.6m;
- Maximum distance between end of coach to centre of bogie 3.7 m;
- Maximum cant in plain line for ballasted track or direct fixation track 125mm;
- Maximum cant deficiency 110 mm;
- Standard track gauge 1435 mm;
- Track gauge for 100 m to 200 m radius track 1441mm.
- Rail inward inclination 1:40 for plain line track and vertical for special
- trackwork and tracks inside buildings.

- Check rails will be used on curves of less than 200 metres radius. Flange way clearance between check rail and running rail shall be 45mm for a track of 1435mm. The check rail assembly shall extend into the adjoining tangent track a distance of not less than 10m at the entrance to the curve, and not less than 6m at the exit from the curve. The check rail assembly shall not contribute additional thermal force to the track

1.1.4 The basis of this report is all applicable design criteria, codes and standards (Appendix I – Applicable Codes and standards) interface requirements with other sub-systems and accepted industry practices.

1.1.5 This section addresses the issues related to equipment, materials and systems designed, manufactured and tested in accordance with the latest issue of applicable international and/or national codes and standards.

Alternative standard materials or equipment that is equal to or better than those specified may be proposed.

- ASSHTO American Association of State Highway and Transportation
- ACI American Concrete Institute
- AFNOR French Standard Association
- AISC American Institute of Steel Construction
- AREA American Railway Engineering Association
- ASTM American Society for Testing and Materials
- AWS American Welding Association
- BS British Standard
- BSI British Standard Institute
- BSCP British Standard Code of Practice
- CRD US Army corps. Of Engineer, Concrete Research Division
- CSA Canadian Standards Association
- CISC Canadian Institute of Steel Construction
- DIN Deutsch Industrie Normen
- EN Euronorm Standard
- IEC International Electrical Commission (General)
- IEC International Electromechanical Commission (Electrical/Mechanical Engineering
- IEEE Institution of Electrical and Electronics Engineers (USA)
- ISO International Standard Organization
- JIS Japanese Industrial Standards
- NFPA National Fire Protection Association
- NSCT National Safety Council of Thailand
- TIS Thai Industrial Standards
- TSP Thai Standards on Pollution

- SRT State Railway of Thailand
- UIC International Union of Railway

1.1.6 Using the applicable Codes and Standards, the designer will further develop a final installation design that will be compatible with achieving the desired design life, performance and features of an integrated system. The standards to be adopted shall represent the latest and best international practice.

1.2 SCOPE

1.2.1 The scope of work covered by this document includes, but is not necessary limited to, the equipment from the top of the sub-ballast up to the top of the rail for ballasted track, and from the top of the first stage invert concrete surface up to the top of the rail for direct fixation track, including the second pour concrete the third rail and buffer stops.

1.3 GOALS AND OBJECTIVES

1.3.1 The prime factors in the trackwork design will be passenger safety, comfort, low wheel and rail maintenance, as well as noise and vibration control, economy, maintainability and constructability.

1.3.2 All materials, criteria and practices specified will be based on the current requirements of the UIC (Union International des Chemins de Fer) Standards, the American Railway Engineering Association (AREA) Standards or other internationally recognised standards.

2 TRACK CLASSIFICATION

2.1 GENERAL

2.1.1 Primary Track

2.1.1.1 Primary track shall be designed and constructed for the operation of the vehicles carrying revenue passengers. Non revenue tracks which are critical to the system operation and subjected to high traffic density such receiving and dispatching tracks or transfer tracks, including approaches to the depot and the test track, as required by the owner, shall be constructed to primary track standards. All primary tracks shall be designed and constructed of continuous welded rails (CWR).

2.1.2 Depot Track

2.1.2.1 Depot track shall consist of the tracks for the purpose of switching, storing or maintaining vehicles not carrying revenue passengers. All depot tracks, including shop tracks, shall be designed and constructed of fishplated tracks., except the test track which shall be CWR track. During the installation design phase a further examination of the depot's slab constructive characteristics shall be done aiming to identify if jointed rails section were necessary especially in the fan area.

2.1.2.2 Depot tracks shall be designed at zero grades. There shall be no superelevation on the depot tracks.

2.2 TRACK DESCRIPTION

2.2.1 General

2.2.1.1 For tangent and curved tracks, horizontal alignment will be based on the centreline of the track equidistant between the gauge sides of the rails.

2.2.1.2 The vertical profile will be based on the top of the lower rail.

2.2.2 Track Gauge

2.2.2.1 All tracks shall be designed as the standard gauge 1435mm, measured at a point 14 mm below the top of the running rail for tangent tracks and curved track with radii superior to 200 m.

2.2.2.2 Gauge widening of 6 mm shall be applied to curved tracks with radii equal or under 200. Unless noted otherwise, track gauge shall be installed to standard gauge. (Gauge widening requirements may be reviewed by the M&E Contractor)

2.2.3 Rail Inclination

2.2.3.1 Rail inclination is a measure of the inward vertical inclination angle of the installed rail measured perpendicular to the cross level of the two rails.

2.2.3.2 The primary and depot tracks shall be designed and constructed with 1:40 inward inclination of the rails except for track within the limits of special trackwork units, the tracks on pit and the embedded tracks in the depot shop. The transition between canted and non-canted rail shall be achieved through twist rails laid outside the fabricated units of the special trackworks; in the other cases, the transition shall be achieved across two fastening at inclination 1/30 and 1/60.

2.2.3.3 Rail inclination on the standard primary track shall be obtained by use of the canted fasteners. Rail inclination on the depot tracks shall be obtained by sloping of the sleeper at the rail seat. Rail in special trackwork shall be designed with no inclination of the rail.

2.2.4 Rail Superelevation

2.2.4.1 Maximum superelevation shall be limited to 125mm in plain line circular curve.

2.2.4.2 The low rail will be maintained at the required elevation indicated on the Drawings. Track shall be superelevated by rotation about the low rail.

2.2.4.3 The superelevation shall be increased uniformly from zero to full superelevation over the length of superelevation runoff.

3 Trackwork Technical Specification

3.1 Rail

3.1.1 Types of Rail

3.1.1.1 Rail Profile UIC 60

For main line tracks including turnouts the cross section of the rail shall be of the profile 60 E1 (UIC 60) according to figure A.21 of the EN 13674-1.

3.1.1.2 Technical Requirements

The rails have to be manufactured according to:

- EN 13674-1: "Railway application - Track - Rail - Part 1: Flat bottom symmetrical railway rails 46 kg/m and above", edition December 2003
- UIC 860: "Technical Specification for the supply of rails".

The hardness of the head of the standard rail shall be between 260 and 300 (HBW).

Wear resistant rails have to be installed in all main line tracks with a radius of <400 m.

The minimum length of the rail to be installed in all class of tracks shall be 18 meters.

The profile class the rails shall be "x" according to table 8 of the EN 13674-1 and the straightness class "A" according table 9 shall apply for all rails. The straightening of the rails shall be done with an approved straightener system.

The rails have to be delivered without any holes drilled.

AII rails have to be tested by an inline ultrasonic testing procedure to be carried out in the premises of the rail manufacturer. The cross section of the rail shall be tested according to section 9 of the EN 13674-1, using the requested gauges.

The test results have to be made available on the Employer's request.

Use of wear-resistant Rail in Curves:

- In main line tracks with a radius of less than 400 meter wear-resistant rail shall be installed.
- Head hardened or fully heat-treated rails are acceptable as wear resistant rails, however, head-hardened rails are preferred.
- The hardness in the running surface of the head of the rail shall be between 350 (HBW) as a minimum, the tensile strength shall be minimum 1 175 N/mm2.

3.1.1.3 Identification

The manufacturer shall identify the rails according to section 7.4 of the EN 13674-1.

Wear resistant rails have to be marked according section 5, table 1 of the EN 13674- 1.

Head hardened rails have to be identified by adding the letters "HH" or another unambitious mark to each of the branding marks. The letters or marks have to have the same dimensions as the other letters and numbers of the rolling mark. For a clear identification on the construction site, all wear - resistant rails have to be marked by the manufacturer by painting the complete cross section on both ends and the following 10 cm of the rail body in yellow.

The manufacturer shall apply hot stamping marks in accordance with section 7.4.2 of the EN 13674-1. The hot stamp shall be marked with white paint. Any stamping of the cold rail is not permitted.

3.1.1.4 Testing of the Rails

The manufacturer shall test the rails according to section 8 of the EN 13674-1. The geometric dimensions for the rail profile class "A" shall be within the tolerances as mentioned in table 9 of the EN 13674-1.

The dimensions of the straightness, flatness at the rail ends and the twist of the rail shall not exceed the values as given in table 9 of the EN 13674-1. The right-angled shape of the cut ends shall be within the tolerances of the table 10.

3.1.1.5 Rail Seat Inclination

The rails in all tracks shall to be inclined towards the center line of the track under an angle of 1:40. Inspection tracks and embedded can be inclined towards the track center line at 1:40 or alternatively they can be laid with the rail vertical i.e. 1:∞. The inclination of the rails in turnouts shall be 1:∞.

In track sections between turnouts with a length of less than 25 meter, the rails shall be inclined 1:∞.

To change the rail inclination from the specified 1:40 to vertical, baseplates with varying inclination in the rail seat shall be used.

3.1.2 Continuously Welded Rail (CWR)

All joints in main line tracks shall be welded continuously. In order to minimize the effect of the welding procedure on maintenance, the welding procedure shall minimally induce the heat-affected zone adjacent the welding joint.

The minimum distance between consecutive welds of rails in the main line tracks shall be 10 meters. Between short rails at least one rail with the length of 18 meters shall be installed.

The rails as delivered to the construction site shall be welded to form long welded rails. The maxi-mum length of the long welded shall be determined considering the radius of the track section.

Welded rails shall form the continuously welded rail (CWR) sections. The range of fastening temperatures shall be considered during the preparation of the CWR. The minimum rail temperature is assumed to be +10 °C, the maximum rail temperature is assumed to be +52 °C.

The Contractor shall propose the maximum length of the long welded rails and shall define the range of fastening temperature. He shall submit these values for approval.

If necessary, during the preparation of the CWR rail elongation by using rail tensors shall be performed. Elongation by using an open flame is not permitted.

The approved welding procedures are:

- For the preparation of long welded rails, the flash butt welding procedure shall be used.
- For the execution of welds in turnouts and rail expansion joints and for the final welds to form the CWR the THERMIT© welding procedure shall be used (following called "aluminothermic welding procedure").

The Contractor shall propose special measures during or after the welding of wear resistant rails, ensuring that the hardness of the running surface of the rail does not decrease by more than 25 HBW. Those shall be approved by the rail manufacturer.

After welding re-profiling and grinding each weld shall be tested using the ultrasonic test procedure.

3.1.2.1 Cutting Rails

Cutting of rails is permitted only by sawing or abrasive grinding. Cutting using a flame of any kind is not allowed.

During cutting of wear resistant rails using an abrasive saw, an appropriate cooling system shall guarantee that the hardness at the rail head does not decrease more than 20 HBW within a section of 10 cm at both sides of the cut.

All cuts have to be rectangle with a maximum permitted deviation 0.5 mm in any direction along the cut. The roughness of the cutting surface should be less than 0.3 mm.

3.1.2.2 Flash Butt Welding

Preparation of Flash Butt Welding:

Before welding the rails have to he placed such that the branding markers at the web of the rail are at the same side.

Over the entire track length the branding markers of both rails shall be positioned at the same side.

The running edge shall be clearly marked by means of a white painted line at the end of the rail over a length of 200mm.

The Contractor shall remove all mill scale from the head and the base of the rail down to the bare metal over a length of at least 150 mm from the end of the rail or as recommended by the manufacturer of the welding machine.

The Contractor shall remove all burrs and shall prepare the surfaces where the electrodes contact the rail as recommended by the manufacturer of the welding machine.

Welding Company and Staff

The flash butt welding shall be performed by a welding company certified by a major international railway organization or by the manufacturer of the welding equipment. References of the welding company and certificates of the welding company and the individual welders have to be provided.

Test Welds

Before commencing welding the welding company shall execute test welds. Two specimen of the following configuration have to be welded:

- Two standard rails welded together
- Two wear resistant rails welded together
- Two standard rail welded to a wear resistant rail.

The specimen shall be tested using the ultrasonic test procedure. One specimen each shall be tested for bending; the other specimen will be cut, macro etched and checked for inclusions and lack of fusion.

The slow bending test specimen shall be mounted horizontally on two point supports. The spacing between the supports is 500 mm either side of the weld. A vertical point load shall be applied at the center of the weld. The load shall be slowly increased until 900 kN during which the deflection shall be recorded continuously. The weld shall show no cracking or other distress. The load shall he increased until failure of the weld. The weld should have a modulus of rupture of a minimum of 690 MPa and a deflection of not less than 19mm.

The macro-etched section shall show no evidence of cracks, lack of fusion or incomplete weld penetration. The total area of weld defects should not exceed 10 mm^2; the single failure should not exceed 2 mm in diameter. All welds shall be done on the basis of these welding parameters.

Treatment of Flash Butt Welds

After the welding process, the welds shall he ground in warm condition by hand or shall be profiled by a shearing machine. During these works, tension forces on the weld shall be avoided. No permanent damage shall occur to the rail due to the welding or profiling process. The rail web and the rail foot shall be ground to the original rail profile, such that the functions of the fastening system are not impaired. Wear resistant rails shall be quenched to a temperature of less than 500 °C by appropriate cooling regime (such as compressed air) for which the Contractor shall submit documents to the Employer for approval. Regular rails shall be protected against immediate quenching such as heavy rain.

Straightening

The welded rails are permitted to be straightened horizontally and vertically on a straightening machine after welding. In the temperature range of the rails between 200°C and 350°C, straightening is not allowed.

Grinding after Flash Butt Welding

The final precise grinding shall be done after quenching. The geometrical tolerances after final grinding are:

- Level +0.0 \ -0.2 mm
- At the running edge smaller/equal +0.2 /-0.0 mm (no gauge narrowing permitted)

The measurements have to be taken using a 1 meter long straight steel ruler or other equipment, which is subject to the approval by the Employer.

Recording and Monitoring of Flash Butt Welds

During production, a recorder shall be attached to the welding machine in order to plot platen movements and current impulse against time. The Contractor shall carefully examine the plot after each weld. If the plot indicates characteristics, which vary significantly from the expected characteristics, the weld shall be considered as defective and shall be replaced immediately.

The control records of the Flash-Butt welding machine shall be collected for every weld. Additionally, the measurements of the straightness of the welds (geometrical measurement) with the approved equipment shall be documented for every weld. The soft copy of the records shall be handed over to the Employer at the end of each week.

Ultrasonic Testing of Flash Butt Welds

Each flash butt weld shall be tested after the execution of the weld. Each weld found defective shall be repaired by a procedure as approved by the Employer.

All ultrasonic inspection works have to be done by a company with extended experience in the execution of such works. The company should be approved and certified by a major railways organization. The certificate shall be provided to the Employer.

Only qualified ultrasonic inspectors are allowed to carry out the ultrasonic tests. The execution of the qualification shall be proven by forwarding the certificate, issued by the training institute, to the Employer.

The Contractor shall submit the proposed test method to the Employer for approval. This shall include the following:

- Calibration procedure of the ultrasonic test instrument
- Type of test heads to be used for testing the rail head, web and fool
- Angle under which the rail sections will be tested
- Maximum peak on the screen of the ultra sonic test instrument.

3.1.2.3 Aluminothermic Welding

General

Aluminothermic welding may be applied for the execution of the final welds in the Continuously Welded Track and for the welding within turnouts, diamond crossings and rail expansion joints. In order to achieve reliable quality of the aluminothermic welding material and to reduce the effect of the individual workmanship during the welding procedure, only one-shot crucibles shall be used.

Welding Company and its Staff

Welding on site will be done by a company certified by a major international railway organization or by the manufacturer of the welding equipment. The welding teams shall be trained and certified. References of the welding company and certificates of the welding company and the individual welder have to be provided.

The following documents have to be submitted by the welding company to the Employer for approval:

- Aluminothermic welding equipment to be used
- Certificate of the Railway Organization
- Certification of welding crews
- Procedure for detecting defective welds
- Procedure for replacement of defective welds. (Note: wide gap welds will not he permitted, and closure rails shall not be shorter than 10 m in the Main Line.
- Proposed minimum and maximum gap between the rails before aluminothermic welding.
- Method of placing, fixing and maintaining the rails in position during welding.
- Method used for the elongation of the rails before execution of the final weld to prepare the CWR.
- Proposed method to be used for welding including description of special tools for removing excess metal and finishing the weld to the required rail profile.
- Cooling regime for wear resistant rail to avoid any unacceptable decrease of the hardness of the rail head.

The Contractor shall apply the following for welding normal and wear resistant rails together.

Test Welds

Prior to commencement, the welding company shall execute test welds using the proposed welding procedure. Two specimen of the following configuration have to be welded:

- Two standard rails welded together.
- Two wear resistant rails welded together.
- Two standard rails welded to a wear resistant rail.

The specimen shall be tested using the ultrasonic test procedure. One specimen shall be tested for bending; the other specimen will be cut, macro etched and checked for inclusions and lack of fusion.

The slow bending test specimen shall be mounted horizontally on two point supports. The spacing between the supports is 500 mm either side of the weld. A vertical point load shall be applied at the centre of the weld. The load shall be slowly increased until 900 kN during which the deflection shall be recorded continuously. The weld shall show no cracking or other distress. The load shall be increased until failure of the weld. The weld should have a modulus of rupture of a minimum of 690 MPa and a deflection of not less than 19 mm.

The macro-etched section shall show no evidence of cracks, lack of fusion or incomplete weld penetration. The total area of weld defects should not exceed 10 mm2; the single failure should not exceed 2 mm in diameter.

Welding Tolerances

Each aluminothermic weld shall be ground with the following tolerances:

- For the level +0.0 / -0.2 mm
- At the running edge smaller/equal +0.2 / -0.0 mm (no gauge narrowing permitted)

The inspection shall be carried out using a 1 meter long straight steel edge, placed centrally over the welding joint and the measurement taken in the middle of the straight edge. Other equipment for checking the geometry of the welds would be acceptable, but shall be subject to the approval by the Employer.

Documentation of Aluminothermic Welds

For each aluminothermic weld a record should be prepared, mentioning the following but not limited to:

- Date and time of the execution of the weld and climate conditions during the execution.
- Input data for the calculation of elongation, if any.
- Name/number of the welding team/members of the team.
- Batch number and supplier of the welding portion as mentioned on the one-shot crucible.
- Result of the ultrasonic test.
- Weld number.
- Track (NB, EB, pocket track, Crossover or turnout number).
- Rail (left or right or location in turnout)
- Chainage.

Marking of Welds

Each aluminothermic weld shall be marked with a stamp or label to be applied at the outside of the rail head within a distance of 10 to 20 cm from the welding joint. The marking shall identify the welding team, month and year of execution of the weld.

Ultrasonic Testing of Welded Rails

Every weld shall be tested using the ultrasonic test procedure.

The test shall be carried out at the location where the weld was executed. A record for each weld shall be prepared.

Each weld found defective shall he repaired by a procedure as approved by the Employer.

The tolerances have to comply with the regulations set out by a major international railway organization.

All ultrasonic inspection works have to be done by a company with extended experience in the execution of such works. The company should be approved and certified by a major railways organization.

The certificate shall be provided to the Employer.

Only qualified ultrasonic inspectors are allowed to carry out the ultrasonic tests. The execution of the qualification shall be proven by forwarding the certificate, issued by the training institute, to the Employer.

The Contractor shall submit the proposed test method to the Employer for approval. This shall include but is not limited to the following:

- Calibration procedure of the ultrasonic test instrument.
- Type of test heads to be used for testing the rail head, web and foot.
- Angle under which the rail sections will be tested.
- Maximum peak on the screen of the ultrasonic test instrument.

3.1.3 Rail Joints

Two types of fishplated rail joints have to be installed in the BMLE :

- Insulated rail joints
- Standard fishplated rails joints without insulation function.

3.1.3.1 Insulated rail joints (IRJ)

General

IRJ may be installed in main line tracks in turnouts, diamond crossings and/or at crossovers. The installation location is determined by the signaling and power supply contractor.

For main line tracks and turnouts IRJ's with 6 bolts have to be used.

All IRJ's shall be pre-fabricated from a rail with the minimum length of 9 meters, cut in its center. Prefabricated IRJ have to be welded into the track. IRJ's have to be made of standard rails or head-hardened rails. Before inserting IRJ's made from standard rails, the head of the rail shall be treated to reduce the later wear of the railhead.

If unavoidable, for example in turnouts, the joints can be manufactured in-situ. The spacing between the in-situ joints and the adjacent welding joint shall not be less than 1.5 meter.

At special locations different requirements may occur. The location and arrangement of the adjacent insulating rail joints at these special locations have to be submitted to the Employer for approval.

Material

The fishplates shall be quenched and tempered carbon steel in accordance with the UIC Code 864-4/0.

The bolts shall be high strength and shall comply with the requirements of UIC 864-2/0 for the strength category 8.8. Washers shall comply with the requirements according to UIC 864-3/0 for steel spring washer.

The insulating material shall be of high pressure, laminated design. It shall be impervious to oil and grease.

Testing of IRJ's

Pre-production Testing:

Two specimens shall be prepared by cold-cutting an 1125 mm long rail end 450 mm from one end and rejoining the pieces as a bonded insulated joint.

Electrical Resistance

The Contractor shall measure the electrical resistance across the specimen joint before and after the mechanical tests described below. A joint in isolation under dry conditions shall have the resistance measured from rail to rail and from the rail end to both fishplates at 500 Volts DC. The maximum current for 500 Volts DC shall be 100 Milli Amperes. The minimum impedance with 500 Volts DC shall be 10 Mega Ohm.

The measured resistance will be used as a benchmark for comparative purposes for the production Testing.

If the Signaling Contractor defined any electrical resistance of more than 10 Mega Ohm, this requirement has to be achieved in the type test.

Stroke Rolling Load Test

The Contractor shall mount the IRJ on a 675 mm stroke rolling machine between supports at 900 mm centers with the joint centralized between the supports.

The Contractor shall apply 200 kN load on the rail for 2-million load cycles at approximately one cycle per second. At the first 500,000 cycles and then every 50,000 cycles the Contractor shall record the deflection at the rail center line to the nearest 0.025 mm.

After 2-million load cycles the joint shall exhibit no evidence of failure by bending of the bonded joint. The measured deflections shall nowhere exceed 1.65 mm.

Longitudinal Tensile and Compression Tests

One end of the joint shall be fixed and to the other end a force shall be applied for compression and tensile testing. If necessary, holes shall be drilled into the web for the application of the forces.

For the tensile and compression test, a load of 750 kN shall be applied. The force shall be increased by 50 kN in each step, and shall be kept until the longitudinal deflection of the rail has ceased before the load is increased to the next increment. At each increment the Contractor shall monitor the load and the respective movements in all directions of the rail and the fishplates to the nearest 0.025 mm.

There shall be no signs of slipping of the rail before reaching the 750 kN load. Differential movements in all directions should be limited to a maximum of 1.6 mm. The difference between the initial position of the fishplate and the position of the fishplate after the final load of 750 kN has been released should not be more than 0.8 mm.

Production Test

The Contractor shall test the resistance of every bonded IRJ prior to installation by applying 500 V DC across the Joint. The resistance shall not be less than 10 Mega ohm or whatever higher benchmark value is required by the Signaling Contractor as a result of co-ordination.

3.1.3.2 Fishplated Joint

Fishplated joints have to be provided at locations where the movement of the end of the continuously welded rail could affect the function of installed equipment.

If applicable, fishplated joints have to be provided 3 meter in front of:

- Wheel lathe
- Turntables
- Under floor lifting equipment and similar

- Other equipment installed in the track that the varying length of the rail end could impair function
- Locations, where from structural reasons the installation of fishplated joints is necessary.

The rail ends at both sides of the fishplated joint have to be, connected by a copper cable, provided by the power supply contractor.

The fishplated joints shall be of a design with a minimum of 4 bolts.

The fishplates for all rail joints shall be manufactured according to UIC Code 864-4/0. The high tensile bolts with the quality 8.8 shall be manufactured following the regulations of the UIC Code 864-2/0.

3.1.4 Cable Connections to Rails and Turnouts

3.1.4.1 General

The exact location, where cables have to be connected to the rails, shall be determined by the responsible sub-systems, either the signaling or the power supply designers. All cable connections shall be made in the rail web at the neutral axis of the rail.

3.1.4.2 Connection Type

In all main line tracks and turnouts, any cable connections to the rail shall be made by bolting. No connections between rails and cable, which introduce heat into the rail material, such as welding or soldering, are acceptable.

3.1.4.3 Responsibility

The holes for the bolted cable connections will be drilled by the Contractor, which shall drill a hole of the appropriate size into the rail and de-burr the hole immediately after drilling. In case the cable connection will not be prepared immediately after drilling the hole, the Contractor shall protect the hole from rust by a layer of grease. The responsible sub-system contractor will carry out the required connections between the rail and the cable.

The Contractor shall submit his proposals for chilling the hole and the proposed equipment for approval.

3.1.5 Grinding and Ultrasonic Testing of Tracks and Turnouts

3.1.5.1 Grinding of Tracks and Turnouts

After the completion of the installation all main line tracks and turnouts have to be ground.

The grinding shall be limited to the removal of the mill scale and the other irregularities in the railhead surface caused by the construction of the tracks and turnouts. The grinding shall not affect the cross section of the railhead.

The grinding of the rails with mechanized, self-propelled grinding machines is not permitted in the following areas of the turnouts:

- Between the beginning of the tongue rail until a location where the distance between the closed tongue rail and the stock rail is 100 mm.
- In rigid frogs between the knuckle point of the wing rails until the heel end of the wing rails.

These areas in the turnouts and the rail expansion joints have to be ground using hand guided grinding machines.

After grinding the following requirements shall be fulfilled:

- Maximum width of the facets after grinding with rotating grinding stones 5rnm.
- No major width variations along the length of the facets.
- No continuous blue color of the rail steel.
- No burr at the running surface.
- Maximum variation of the cross section of the rail head -0.3 mm, measured 0 to 30 mrn radial from the center line of the rail head.
- Maximum corrugation smaller/equal 0.01 mm over a wave length smaller/equal 10 mm and over a wave length between smaller 10 mm and smaller/equal 30 mm.
- Maximum corrugation smaller/equal 0.02 mm over a wave length (I) of 30 mm.

The Contractor shall submit the following to the Employer for approval:

- Proposed mechanized self-propelled grinding machine for tracks and turnouts.
- Proposed hand-operated grinding machine for grinding the remaining sections of the turnouts.
- Equipment for checking the corrugations after grinding.
- Equipment for checking the cross section of the rail head after grinding.
- Reference list of the grinding company.

3.1.5.2 Ultrasonic testing of tracks and turnouts

After the mill scale grinding, the tracks and turnouts have to be tested using the ultrasonic testing procedure.

The acceptance tolerances for the inclusions found during the ultrasonic testing shall follow the regulations set out by a major international railway organization.

Te tolerances shall include but shall not be limited to the following:

- Calibration procedure of the ultrasonic test instrument
- Type of test heads to be used for testing the rail head, web and foot
- Angle under which the rail sections will be tested
- Maximum peak on the screen of the ultrasonic test instrument.

The ultrasonic test of the rails shall be carried out by a specialized company, certified by a major railway organization. The staff, executing the inspection, shall be fully trained and certified.

References of the ultrasonic test company and the certificates of the company as well as of the individual inspector have to be submitted to the Employer.

3.2 Rail Installation

3.2.1 Installation Principles

Rail installation methods shall be developed to cope with the different radii of curvature and other requirements in order to specify appropriate working methods.

3.2.2 Installation and Inspections Specifications for CWR

The CWR axial forces shall be analyzed and used for CWR installation under the controlled environment. The actual records of rail temperature variations as already used for the existing BMPE system shall also be used for the determination of the range of fastening temperatures for the preparation of the CWR of the BMPE extensions.

3.2.3 Final Weld of CWR installation

The conditions for final-welding of the CWR installation shall be determined before installation, including but not limited to temperature range of fastening temperature of the rail, cross section at the location of the final weld and allowable geometrical tolerance of track. Methods and procedures for stress release to remedy the situations where the final-weld conditions cannot be met shall be developed.

3.2.4 Installation Records

Complete records shall be provided of track stress release and installation.

3.3 Fastening System

3.3.1 General

The fastening system as used in all main line as well in turnouts and rail expansion joints shall provide an adequate resilience of the rails, electrical insulation between the rails and the supporting structure, support and guidance to ensure the gauge and rail inclination.

It shall in particular:

- Fix the rails in the correct position.
- Control longitudinal and lateral displacement within the specified range.
- Prevent the rail from overturning.
- Be adequate to transmit the bearing force appropriately into the trackbed and accommodate forces imposed by differential movements and due to forces of the bent rail.
- Attenuate rail borne vibrations and electrical isolation between the track and the structure below.
- Accommodate the special requirements which may occur at special locations, such as on sharp curves, in the vicinity of turnouts and rail expansion joints and on top of long structures or continuous spans.

The fastening systems shall meet the requirements in accordance with:

- EN 13481-1: "Railway application - Track - Fastening systems, part 1, Definitions"
- EN 13481-5: "Railway application - Track - Fastening systems, part 5: Performance requirements for fastening systems for slab track"
- EN 50122-2: "Railway Applications -- Fixed Installations - Part 2: Protective Provisions against the effects of stray currents caused by D.C. traction systems".

For maintenance purposes the fastening system in slab tracks shall be adjustable. The adjustment shall be possible by using a minimum amount of different or additional elements in the fastening system and shall not affect the elasticity of the rails.

The fastening system shall be tested by an independent and international recognized test institute. The test shall simulate similar load conditions as found in the BMPE system. The test institute shall confirm that the proposed fastening system meets all requirements of the specification.

The fastening system shall maintain the gauge without failure due to fatigue or excessive maintenance during the complete life time of the components, including the cast-in components.

The fastening system for tracks, turnouts and rail expansion joints of the BMPE extension lines shall comply as much as possible with the fastening system of the existing BMPE Trackwork.

If the Contractor decides to use the fastening system of the existing BMPE system for the tracks, turnouts and expansion joints for the BMPE extension lines, no separate type tests for this fastening system shall be done.

3.3.2 Specification of Fastening System for Slab Tracks

Only fastening systems in slab tracks are acceptable, which have been installed internationally proven for a period of at least 5 years under similar operating conditions as found in the existing BMPE system. The fastening for all main line tracks shall provide an appropriate elasticity under the applicable traffic loads.

For maintenance purposes, the fastening system in all slab tracks shall be adjustable. In order to accommodate later settlements of the civil structure, the vertical adjustability of the rail shall be at least 10 mm. The horizontal adjustability shall be +/- 4 mm as a minimum. The adjustment shall be possible by using a minimum amount of different or additional elements in the fastening system and shall not affect the elasticity of the rails.

On elevated structures the toe load per rail seat shall not exceed 14 kN and the creep resistance per rail seat shall not exceed 7 kN.

The fatigue test of the clamp or clip must be carried out with 2.0 mm amplitude and at least 3-million load cycles and the clip force should not be reduced by more than 10%. All other performance requirements for fastening systems for slab track, laid down in EN 13481-5 shall be fulfilled.

The fastening system shall ensure that the width of a pull-apart gap of a fractured rail is limited to 50 mm. The fastening systems for slab track shall pass all tests as determined in EN 13481-5 "Railway application - Track - Fastening systems - Part 5: Performance requirements for fastening systems for slab track".

3.3.3 Materials of the Main Fastening Components

The materials of the main fastening components like clip, resilient rail pad, bolts, insulator, baseplate etc. shall be proposed by the Contractor. The specification of the components has to be submitted for approval. It shall include drawings and material descriptions.

All components of the fastening system shall be resistant against corrosion. At the location of washing plants, fastening components have to be hot-dip galvanized in accordance with BS 729 or otherwise protected by a method, approved by the Employer.

Additionally, after the completed installation the fastener in the washing plant area and the concrete surfaces of the slab track have to be coated with a layer of epoxy or a similar material, subject to the approval of the Employer.

3.3.3.1 Cast-in Elements

All cast-in elements shall be manufactured from internationally proven material. The material properties have to be defined such, that the applicable loads will be safely transferred into the supporting structure.

All cast-in elements shall be suitable bonded into the concrete structure and shall be maintenance free during their complete design life time. The cast-in components shall be protected from corrosion and shall not fail due to the expected loads introduced into the fastening system.

Cast-in elements which are subject to direct longitudinal or transverse forces have to be calculated to withstand these forces. The calculations are subject of the approval of the Employer.

3.3.3.2 Elastomeric Material (Elastic Pad)

The elastomeric material of the fastener shall provide vibration isolation between the rail and the concrete bearer or trackbed within a temperature range of -10°C and +60°C and shall be able to insulate the rail electrically from the concrete. It shall have a minimum design life time of 10 years.

The elastomeric material shall be equivalent to the type as already used in the existing BMPE system.

3.3.3.3 Rail Seat Bearing Pad

The pad between the rail and the baseplate shall be made of a High Density Polyethylene (HOPE) or equivalent approved. The rail pad shall be capable of transferring all loads from the rail into the components below and shall provide electrical insulation between the rail and the remaining fastening elements.

3.3.3.4 Insulators

Components, functioning as an insulator have to be installed between the edge of the rail foot and the spring clip and between the rail and the base plate.

Additional insulation shall be provided between the cast-in elements and the baseplate of the fastening system.

Insulators shall be suitable for a DC system, operated with 750 V and shall withstand the average ultraviolet radiation of 800 kJ/m² per year. Their function should not be affected by diesel oil, grease or solvents.

3.3.3.5 Rail Clips

The rail clips shall be manufactured of hardened and tampered spring steel.

The rail clips shall provide a suitable toe load to the rail, ensuring that the width of the pull-apart gap does not exceed 50 mm.

3.3.3.6 T-head bolts and hexagon nut

After the completion of the installation works, the exposed thread of the T-head bolt shall be protected from corrosion by a layer of corrosion-protection material. The type and composition of the material shall be submitted for approval.

3.3.4 Fastening System for Turnouts and Rail Expansion Joints

The fastening system for turnouts and rail expansion joints shall provide a similar elasticity as the fastening system in the adjacent track sections. The components of the fastening system for turnouts and rail expansion joints shall fulfill the same requirements as the fastening systems for main line tracks.

3.3.5 Testing of the Fastening System

The fastening system shall be type-tested according to EN 13146-1 to 8 "Railway applications - Track -Test methods for fastening systems - Part 1 to 8".

The tests shall be carried out by an approved testing institute and the results have to be submitted to the Employer for review.

The final quality requirements, inspection methods and test certificates for the fastening system and its components shall be developed throughout the design period and be submitted prior to construction.

3.3.6 Spacing between the Fastener

Following the design of the existing BMPE system the spacing between the center lines of the fastener shall be as follows:

Type of Track	Radius	Spacing of Fastener
Main line tracks	Larger/equal 400 m	700 mm
Main line tracks	smaller 400 m	650 mm
Depot Track		1000 mm
Inspection pit Track		Minimum 1500 mm

3.4 Track Bed

3.4.1 Bearers

3.4.1.1 General:

The use of a pre-cast concrete sleeper/bearer is preferred for the installation of main line tracks as well as in turnouts and rail expansion joints.

The type of bearer for the main line track slab system will depend on the type of the chosen slab track system.

The concrete sleepers shall be manufactured and tested according to the rollowing standards:

- EN 13230-1: "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 1: General requirements" and
- EN 13230-2: "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 2:
- Pre-stressed monoblock sleepers" or
- EN 13230-4: "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 4: Pre-stressed bearers for switches and crossings".

If other standards apply, the Contractor shall submit a copy of those standards in English language for approval.

3.4.1.2 Bearer for Slab Track

Slab track shall be constructed utilizing bearers embedded into the trackbed by reinforced concrete.

Pre-cast bearers are the preferred solution for concrete bearers. They shall fulfill the requirements of:

- EN 13230-1: "Railway applications - Track -- Concrete sleepers and bearers - Part 1: General requirements"
- EN 13230-2: "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 2 Pre-stressed mono-block sleepers".

The dimensions of the bearer shall follow the design of the proposed slab track system and the geometrical requirements of the rail fastening system.

3.4.1.3 Design of the Bearer

All components of the track system must be designed to withstand all forces resulting from the design static axle load of 16.5 tons and the design speed of 80 km/h in the main line tracks (40 km/h for main line tracks with a radius of smaller/equal 100 meter). In turnouts the maximum speed through the straight track as well as the speed through the diverging track shall be considered for the design of the bearers.

The following minimum requirements for the design of pre-stressed bearers shall be fulIfiIled:

- Concrete compressive strength:
  - Nominal Cylindrical Strength: f_{ck} = 50 MPa
  - Strength at prestressing transfer: f_{ct} = 40 MPa
- Minimum number of strands: 4
- Low relaxation steel
- Nominal ultimate strength : 1860 Mpa
- Nominal yield strength: 1674 MPa or similar strand material, which is subject to the approval by the Employer
- Minimum diameter of strands: 7 mm.

The following shall be considered for the design and testing of the new designed pre-stressed concrete bearer:

- Design moments
- M_{dr} = 6500 Nm
- M_{dc} = -4000 Nm

Load assumptions and test specification according EN 13230-1 "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 1: General requirements", Annex E

- Static impact factors: k1 = 1.8; k2 = 2.5
- Dynamic impact factors: k1 = 1.5; k2 = 2.2

Design load factors according EC 1992, part 1-1 (EC2) in the actual edition:

- Y1 = 1.2 y2 = 1.0

3.4.1.4 Quality

The concrete bearers shall be manufactured and tested according to EN 13230 "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers".

The final design details, inspection methods and test certificates for the bearer shall be developed throughout the design period and be submitted for approval.

3.4.1.5 Acceptance of Concrete Bearers

Two types of tests of the bearers have to be executed:

- Type test of the new designed bearers
- Performance test during the manufacturing of the bearers in the premises of the manufacturer.

The acceptance test shall be executed following the regulations of the section 7.1 of the EN 13230-1.

The calculations, drawings and the results of the acceptance test have to be submitted for approval.

For the acceptance testing of the bearers the following alterations shall be considered:

- Annex A, not applicable
- Annex B, not applicable.

All other tests according Annexes C and D have to be performed.

During the manufacturing the bearer dimension tolerances according table 1 of the EN 13230-1 shall not be exceeded.

3.4.2 Slab track system

3.4.2.1 General

In the main line, slab tracks shall be installed.

The slab track system consists of the reinforced plinths with the pre-stressed concrete bearers cast in, fastened to the structure and provides derailment upstands. Those will accommodate the Conductor Rail brackets. The slabs are segmented to allow cable crossings and drainage provisions.

The slab track system shall be suitable to withstand the forces resulting from the operation of the BMPE system and from the environmental conditions as found on the elevated structure.

On elevated structures the slab track system shall ensure a safe transfer of the loads from the track structure into the viaduct structure. The effects due the short and long term behavior of the deck structure (thermal effects, creep and shrinkage) shall be accommodated by the slab track during the complete life time of the systems.

3.4.2.2 Specification

The slab track systems consist of reinforced concrete plinths connected to the supporting concrete and pre-stressed concrete bearers cast in with the rail fasteners and rails installed.

The surface of the slab shall be profiled towards the drainage system. Openings at the catch basins for cleaning and checking of the drainage system will be placed at the trackbed to match the spacing of the bearers or fasteners.

On viaducts, the length of the slabs shall be limited to about 5 m and shall be designed to end at the structural movement joints of the viaduct deck. The connection between the slabs and the deck structure shall be established by shear connectors, which shall be provided by the Contractor.

The interfaces with the signaling system, power supply and stray current protective provisions have to be considered during detailed design and construction of the trackbed. Any kind of metal meshes in the reinforcement of the trackbed shall have a minimum distance from the bottom of the running rails of 300 mm in the area of S-bonds installed by signaling contractor.

The slab track system shall include all cast-in provisions for fixing the Third Rail brackets.

3.4.2.3 Vertical displacement

The vertical displacement adjustment shall be provided within the fastening system.

The total vertical adjustability of the rail shall be at least 10 mm; the horizontal adjustability shall be +/- 4 mm as a minimum. The adjustment shall be possible by using a minimum amount of different or additional elements in the fastening system and shall not affect the elasticity of the rail.

3.4.2.4 Drainage System and Cable Crossings

The surface of the slab shall be profiled towards the ditches leading to the drainage system. If necessary, openings in the slabs for cleaning and checking of the drainage shall be provided. The actual position shall be match the spacing of the bearers.

Drainage pipes and pipes for cable crossings may be necessary in the slab track. The exact location of cable crossing pipes and their dimension must be coordinated with the operator.

3.4.2.5 Derailment Protection

Protection of derailed vehicles from falling off the viaduct shall be provided along all main lines. A concrete upstand shall be installed at both sides of the concrete track slab.

The contractor shall prepare calculations to substantiate, that the upstand can contain the derailed vehicles within the allocated envelope. The construction height of this concrete protection shall not infringe the structure gauge; the interface with the third rail supports shall be considered.

The Contractor shall submit for approval such locations, where installation of upstands is either considered unnecessary or impossible to construct. Special provisions of the later shall be proposed if required by the Employer.

3.4.2.6 Earthing, Bonding and Stray Current Provisions

Particular requirements for earthing and bonding, the return current system and the potential balance as identified by interfacing designers and those requirements deemed necessary for the track slabs shall be included in the design.

Special provisions are necessary to prevent damage of the structure due to stray current effect. All tracks, fastenings must provide sufficient insulation against leakage currents from the negative return currents. Stray current collector must be proposed for approval and installation.

As a minimum six longitudinal reinforcement bars shall be connected in the upper layer of the concrete slab structure. A 200 mm overlap shall be provided for the individual reinforcement bars, which shall be welded in a predetermined pattern by arc welding. The connected reinforcement bars shall be located in the vicinity of the running rails of the track and in the middle of the track slab (two adjacent reinforcement bars in the center line of the slab).

The exact number and diameter of longitudinal reinforcement bars to be connected to each other shall be confirmed during interface with the power supply contractor in the detailed design stage. At one end of each slab track element all upper longitudinal reinforcement bars shall be connected to a flat steel plate with a cross section of minimum 120 mm2. The steel plate shall be welded to the reinforcement bars. For the possibly necessary later connection between the steel plate and the earthing system and for testing purposes after construction, at the end of the steel plate a terminal shall be provided to be located outside the upstand. The surface of the terminal shall be in the same level as the concrete surface.

The minimum concrete cover for the reinforcement used for the earthing shall be 50 mm.

The Contractor shall interface with the Operator especially with regards to particular requirements in the Trackwork earthing and bonding system in the vicinity of signaling equipment.

3.4.2.7 Quality

The quality specification and the test methods for the slab track system including construction requirements shall be developed throughout the design period and be submitted prior to construction.

3.4.3 Transition between existing BMPE Tracks and Tracks to be constructed

At the location of the transition between the track of the existing BMPE system and the newly designed track of the BMPE extensions the actual height of the existing rail head level shall be determined and design details proposed for achieving smooth transitions.

The Contractor shall check the actual vertical and horizontal alignment of the existing tracks on top of the last BMPE span. If necessary, remedial works have to he done or a proposal for the realignment shall be submitted for approval.

3.5 Special Trackwork

3.5.1 Type of Special Trackwork

The geometry of the special Trackwork, such as turnouts, diamond crossings and rail expansion joints shall follow the operational requirements in respect of the speed through the diverging track of turnouts or speed through the diamond crossings and rail expansion joints.

The Geometry of the turnouts used for the BMLE systems is shown in the Trackwork Standard Drawings.

The following turnouts and diamond crossings shall be installed:

Type of turnout / diamond crossing	Speed through diverging track
UIC 60 - 300 - 1:9	50 km/h, for main line crossovers between stations
UIC 60 - 190 - 1:9/1:9 Tandem Turnout	40 km/h, for pocket tracks

3.5.2 Limits for installing Turnout

Turnouts shall not be installed over or in the direct vicinity of structural expansion joints. In order to ensure that no forces from the differential movements between the viaduct structure and the track will be transferred into the turnout, no structural joints are permitted 7 meters in front and behind the following areas:

- beginning of the turnout
- last sliding baseplate at the heel of the tongue rail.
- tip of the frog of the turnout.

It is assumed that in a distance exceeding 7 meters the movements between structure and trackwork has no negative impact onto the parts of the turnouts. The Contractor shall confirm this assumption and/or increase this distance if required.

3.5.3 Electrical Point Machines

The electrical point machine will be provided and specified by the signaling system. The design of the tongue rails shall be determined to operate within the criteria specified for the point machine.

3.5.4 Quality of turnout

The quality standards and test methods for production and installation shall be developed throughout the design period and be submitted for approval. The submission shall include the Contractors QA/QC system with the relevant logs and documentation.

During production and after installation the turnouts and its components will be tested, inspected and measured against the approved criteria.

3.5.5 Turnouts

3.5.5.1 Slabs and Bearers

All turnouts shall be mounted on reinforced concrete slabs. The slab design shall incorporate the requirements of long turnout sleepers for point operating equipment.

The design of the reinforced concrete slab shall fulfill the requirements of:

- EN 13230-1: "Railway applications - Track -- Concrete sleepers and bearers - Part 1: General requirements"

- EN 13230-4: "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 4: Pre-stressed bearers for switches and crossings".

3.5.5.2 Design of Turnout Slabs

All components of the track system must be designed to withstand the forces resulting from the design static axle load of 16.5 tons and the design speed of 80 km/h in the main line tracks (40 km/h for main line tracks with a radius of smaller/equal 100 meter). In turnouts the maximum speed through the straight track as well as the speed through the diverged track shall be considered for the design of the slab.

The Contractor shall design the turnout slabs, considering the requirements of the EN 13230-4 "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 4: Pre-stressed bearers for switches and crossings".

The design of the slabs, including the load assumptions, material specifications and testing requirements shall be submitted for approval.

3.5.5.3 Acceptance of Turnout Slabs

The acceptance test shall be executed following the regulations of the section 5 of the EN 13230-4.

The results of the acceptance test have to be submitted to the Employer for approval.

The final quality requirements, inspection methods and test certificates for the slab shall be submitted for approval prior to construction.

3.5.5.4 Frog

All frogs in the turnouts and diamond crossings of main line tracks shall be one-piece crossings (Monoblock).

The frogs have to be manufactured according UIC 866 "Technical specification for the supply of cast manganese steel crossings for switch and crossing work".

Rigid frogs shall consist of a one-piece frog vee, manufactured from one solid block. Running rails shall be of UIC 60 profile and of steel grade 900A. They will be flash butt-welded to the end of the solid block. The wing rails consist of machined standard UIC 60 rails, steel grade 900A. High tensile bolts shall connect the frog vee and the wing rail. As an alternative a semi-welded design of the frog would be acceptable.

3.5.5.5 Stock Rails

All un-machined turnout rails have to be manufactured from a standard UIC 60 rail profile. They shall be from wear-resistant grade rails.

3.5.5.6 Tongue Rails

For all turnouts the asymmetrical tongue rail profile Zu 1-60 shall be used. The design shall be suitable for new and worn wheel profiles.

The tongue rail profile shall be forged to a UIC 60 rail profile and welded to the standard rail section by approved methods. The finally machined tongue rails shall be hardened rail to a hardness of 350 - 390 HBW.

3.3.5.7 Fastening System

The rail fastening system of the most common assembly in the turnouts shall provide a track elasticity equivalent to the adjacent track. Between the turnout and the adjacent track a transition of the elasticity from turnout to track shall be designed and incorporated.

3.3.5.8 Sliding Base Plates

The sliding base plates of the turnouts, located in the reversing tracks at the terminal stations shall be of a lubrication free design.

Preference will be given to a maintenance free tongue roller system, installed between the turnout sleepers, which lifts and lowers the tongue rail during the switching process.

Alternatively, maintenance free internal tongue roller equipment as included in the baseplate system would be acceptable.

The proposed design of the tongue roller equipment has to be submitted to the Employer and is subject to his approval.

3.3.5.9 Point Machine Connecting Components

The tongue rail shall be locked in its finally switched position.

The locking device shall be of an external design (locking device external from the point machine, i.e. installed in the turnout). The Scope of Work includes the locking devices fully installed at the tongue rail/stock rail assembly and adjusted to suit the signaling installations, the rods to the signaling devices and the fittings for the signaling devices to the slabs and concrete sleepers.

The tongue rails have to have provisions for the connection of the point locks. The provisions as requested by the signaling system have to be incorporated in the tongue rail.

3.3.5.10 Check Rail

The checkrail shall be designed from a UIC 33 profile. Preference is given to a design, where the running rail is assembled with the checkrail on the same base plate. Bolting directly to the running rails will not be accepted.

The checkrail gap shall be adjustable. During the adjustment, there should be no need for the running rail to be removed or otherwise affected.

3.3.5.11 Closure Rails

All un-machined turnout rails shall be manufactured from a standard UIC 60 rail profile and shall be made from wear-resistant rails.

3.3.5.12 Drainage

The surface of the slab shall be profiled towards the ditches leading to the drainage system.

At locations where the turnout slabs cover the drainage inlets, openings in the slab for cleaning and checking of the drainage shall be placed in the slab.

The gaps between consecutive plinths and between the slabs under the turnouts provide drainage in transverse direction. The gaps can also be used for the crossing of cables under tracks and turnouts.

No special provisions for transverse cable crossings within the plinth or turnout slabs are to be provided.

3.5.6 Rail Expansion Joints

At locations where additional rail stress from viaduct movement and due to braking and acceleration exceeds ± 92 MPa or where the calculated gap of broken rail exceeds 50 mm, rail expansion joints shall be installed.

Viaduct deck movements from live load (girder end rotation), ±20 K temperature variation and a residual creep and shrinkage strain of -10x10-5 shall be considered.

The Contractor shall review the civil structures and shall determine the location of rail expansion joints. For critical viaduct expansion joint configurations calculations shall be performed.

The location of the rail expansion joints including the calculations and its result and the proposed design of the joint shall be submitted to the Employer for approval.

The fastening to be installed in the rail expansion joints shall be as far as possible compatible with the fastening system of the tracks and turnouts of the BMPE extension lines and with the fasteners of the already installed rail expansion joints in the existing BMPE system.

The stiffness modulus of the fastener shall be similar to that of the tracks adjacent to the joint.

The rail expansion joints are to be located adjacent to the bridge structure gap and provide the capability for rail expansion with minimal impacts on safety, comfort and dynamic loading during operations.

The process of installation for each rail joint shall be recorded, including the temperature at installation, adjustment and rail fixation and information regarding the welding procedure.

3.6 Safety Measures

3.6.1 General

Safety related items including the following:

- Interlocking between turnout and signal
- Buffer stops
- Level crossings
- Protection of derailed vehicles.

3.6.2 Interlocking between Turnout and Signal

All relevant items are parts of the Signaling System and therefore described in the relevant specification. The Contractor shall interface with file signaling designers accordingly.

3.6.3 Buffer Stop

3.6.3.1 General

At the end of each track provisions have to be made preventing vehicles from running over the end of the rails. In main line tracks, buffer stops shall be used.

The design of the buffer stops shall ensure that the compatibility between the coupler of the rolling stock and the bumping surface of the buffer stop is ensured.

3.6.3.2 Friction Type Buffer Stops

At the end of each mainline, a buffer stop shall be installed. The buffer stop shall be of a friction type and must be able to stop a fully loaded 6-car-train, hitting the buffer stop with a speed of 10 km/h within a distance of 10 meters between the bumping block and the end of the track.

The buffer stop shall be designed such that no major damage occurs to the rolling stock or the buffer stop and the track due to the impact. The buffer stop must be equipped with an anti-climbing device and with a device, allowing pulling the buffer stop back into its initial position after impact.

If welding joints are located within the sliding distance, the rail head shall be profiled such that movement of the sliding elements will not be impaired. Provisions have to be made to identify the initial position of the buffer stop.

3.6.3.2 Fixed Buffer Stop

The buffer stops shall be able to stop an empty 6-car-train, hitting the buffer stop with 5 km/h without damage to the vehicle or the buffer stop or track. Where space provisions do not allow the installation of fixed buffer stops, alternatively the installation of suitable friction type wheel stops would be acceptable, subject to the approval of the Employer.

3.6.4 Derailer

Derailers shall be installed at locations, where unattended running rolling stock could run foul of adjacent main line tracks.

Provisions have to be incorporated in the slab track design in the vicinity of the derailer, ensuring that a derailed vehicle does not damage the sleeper or slab track structure.

3.6.5 Derailment Protection

Derailment protection shall be provided at all main line tracks and turnouts.

The protection system is incorporated into the slab track system in form of the concrete upstand. The upstand shall be installed on both sides of the track slab. A reinforced concrete upstand is preferred, cast as part of the reinforced concrete slabs. A different design of the derailment containment provisions can be considered and is subject to approval by the Employer.

At locations, where due to other reasons no derailment protection upstand can be installed, the length of such omission shall be limited as much as possible..

3.7 Other Specifications

3.7.1 Construction Acceptance Tolerances for new constructed Tracks and Turnouts

After completion of the Trackwork installation a final inspection shall be done.

The inspection shall be executed with self-propelled equipment, running on the rails, checking and monitoring the following parameters:

- Chainage
- Gauge
- Cant/Cross level
- Horizontal alignment (relative alignment)
- Vertical alignment (relative alignment)
- Twist.

The different parameters shall be monitored as computer file and have to be made available as paper printout at request.

3.7.2 Track Markers

Signs and markers shall be installed to indicate the position of reference points.

For the dimensions of the markers, color and dimensions of the letters and the location and method of fixing the markers the design of those of the existing BMPE system shall apply.

The following signs and markers have to be installed:

- Fouling point marker
- Kilometer post marker
- Curvature marker (including TS, SC, CS, ST, etc.).

The location and description on each marker shall be submitted for approval.

3.7.3 Special Construction and Maintenance Machines

The Contractor shall specify the proposed number and type of special Trackwork related machinery, tools and equipment.

The proposed equipment shall be suitable for the construction of the tracks, turnouts and other special Trackwork equipment as well as for the execution of maintenance activities at the specified location during the scheduled time.

The Contractor shall submit the following information as a minimum to the Employer for approval prior to the beginning of construction works:

- Proposed machines, tools and equipment for construction.
- Number of proposed machines, tools and equipment per one work front.
- Proposed machines, tools and equipment for track maintenance.

3.7.4 Cable troughs

Cable troughs have to be installed alongside the line, one cable trough for each track. Special cable troughs are necessary for Jumper Cables of the CR System or for cable crossings. The cable routing shall be coordinated with the Operator.

A design similar to the cable troughs of the BMPE network is preferred.

Cable troughs and covers shall be manufactured from reinforced concrete.

Adjacent cable troughs units shall be interlocked by appropriate design and shape.

All cable troughs shall be provided with covers securely fastened to the trough. Additionally the finished surface of the cable trough cover shall provide a non-slip surface for a pedestrian walkway.

4 Conductor Rail (CR) Technical Specification

4.1 CR System Design

4.1.1 System Requirements

The CR system shall be proven in service conditions for a minimum of 5 years under similar or more severe conditions as the one applicable for the BMPE Bangkok system. All materials and components proposed by the Contractor shall be selected taking into consideration the lowest life cycle costs.

A design similar to the existing design of BMPE Bangkok with a maximum of similar CR components is preferred in order to reduce the cost for maintenance and stock keeping.

For the approval, the Contractor shall submit design calculations and analysis for at least the following items:

- Short circuit temperature rise calculations
- Thermal expansion calculations
- Electromagnetic analysis
- CR support calculations
- CR maximum span/deflection calculations
- Electrically shunted and non-electrically shunted gaps

- Gaps for the different types of turnouts
- Calculations to confirm the current carrying capacity of the specified CR section.

In case the proposed system is identical with the one installed at present, some of the above submissions can be waved.

The Contractor shall submit a works program for the allocation design of the CR for all types of track, which shall be finalized during the design. The submissions shall also include items specific to CR allocation, such as interruptions of the CR at turnouts and diamond crossings, at at-grade level crossings, section boundaries of the power supply system, approaches to buildings and other facilities.

The CR allocation design includes all necessary calculations and procedures for installation of CR joints and CR expansion joints as well as the placement of the supports, which shall be coordinated with the arrangement of the dowels embedded in the track slab to host the CR Supports.

The procedures for CR installation and allocation, especially at turnouts (including point machine location) and diamond crossings, cable terminals, CR ramps, establishing of fouling points shall be prepared in coordination with the power supply contractor.

4.1.2 General Arrangement

At the main line and at stations with side platforms, the CR shall be installed in between the two tracks. At stations with an island platform, the CR shall be installed on the outside of the tracks on the opposite side of the platform.

If the CR is installed at the same side as a platform in front or after a station, the CR must end at least 3 m before and after the platform.

Where the CR changes from one side to the other side of the track, they shall run in parallel (overlap) for a distance of at least 8 m including ramps in order to avoid an interrupt of power supply.

The CR system shall have a continuous insulated cover to protect the CR from accidental contact.

At all places, where the CR changes from one side to the other of the track, the CR ends shall be connected by jumper cables provided and installed by the power supply contractor. Cable terminals will be necessary also at feeding points of the CR and in the vicinity of turnouts, if jumper cables are installed. The cable terminals to fix the cables to the CR shall be delivered and installed by the contractor following the requirements of the power supply contractor.

The whole CR system shall be electrically sectionalized into different feeding sections for maintenance purpose and for the separation of fault sections. The location of the sections separations is determined by the power supply contractor. The separation of the different

feeding sections can be achieved by the installation of insulated joints in the CR or by the installation of a gap in the CR. In case a gap in the CR is installed, the minimum gap between two CR ramps shall be 3 m.

4.1.3 Conductor Rail Gauge

The following basic dimensions shall be used for the design and installation of the CR system:

Description	Dimension	Tolerance
Distance between track center line and CR center line	1402 mm	+/- 5 mm
Minimum distance between the CR structure gauge and track center	1312.5 mm	+/- 5 mm
Height of CR above top of rail (TOR)	200 mm	+/- 2.5 mm
Highest position of the CR above TOR at the end of ramps	295 mm	+ 4 mm
Highest position of the CR structure gauge above TOR	420 mm	+ 0 mm

The Contractor shall coordinate the final dimensions for the CR structure gauge with all interfacing contractors and departments of the operation company of the BMPE System and submit it to the Employer for approval.

4.1.4 Conductor Rail at turnouts

The CR shall be interrupted at turnouts. The necessary length of interruptions shall be calculated by the Contractor based on the final dimensions and distances of the current collector shoes of the vehicles, the maintenance and installation tolerances etc. and submitted for approval.

At the beginning point of turnouts (BT), the CR shall terminate. For design purposes, the following minimum dimensions for the required gaps in turnouts, measured from the BT-point of the turnout, shall be used:

Type of Turnout	Minimum Gap (measured from BT-point)
UIC 60 – 300 – 1:9	10.00 m
UIC 60 - 190 - 1:9/1:9 Tandem Turnout	No CR between BT and end of adjacent turnouts UIC 60 - 300 – 1:9 in pocket tracks

Between two tracks, the CR can be installed wherever the distance between the track center lines is at least 3.30 m.

4.2 Conductor Rails (CR)

4.2.1 Basic Dimensions

The CR shall have a sufficient cross section area to carry the required traction power. The mini-mum length of the CRs shall be 15 m. The maximum weight of a CR shall be 17.5 kg/m.

The ends of rails shall be square and perpendicular within 0.5 mm. The minimum thickness of the stainless steel contact/wearing strip of the CR shall be 4.5 mm. The minimum width of the contact strip shall be 65 mm.

4.2.2 Material Properties

The CR shall be manufactured from a high-conductive aluminium alloy and be fitted with a stainless steel contact strip for contact to the current collector shoes of the vehicles. The stainless steel contact strip shall be joined to the aluminium body by a molecular process or welding process and not by mechanical means alone.

Each CR shall be marked by two grooves or equivalent marks; one indicates where holes shall be drilled for splicing whilst the other one shows the defined side of the rail. During installation, the rails shall be joined such that the grooves are all on the same side.

4.2.3 Electrical Characteristics

The electrical characteristics of the CR shall be as follows:

- Nominal Voltage: 750 V DC
- Voltage Range: 500 V to 900 V DC
- Electrical resistance at 20 0C: 0.0067 Ohm / km
- Continuous current carrying capacity at an ambient temperature of 40 °C, the temperature rise shall not exceed 45 0C: 4,000 A DC
- Peak current rating for 60 seconds: 10,000 A DC

4.2.4 Conductor Rail Tests

The CR shall be approved by the Contractor's submission of mechanical and electrical tests to prove the CRs quality, design, design life, suitability and effectiveness. The Contractor shall propose and use only international standards and codes for all test procedures. The Contractor shall submit the proposed codes and standards. They shall be submitted together with the test certificates for review and approval to the Employer. The minimum tests required for approval shall he as follows:

Note: Tests can be waved at the discretion of the Employer in case of the proposed materials and components are identical and from the same manufacturer and supplier with the ones installed in the BMPE system.

4.2.4.1 Adhesive strength:

The adhesive strength between aluminium and stainless steel of the CR shall be demonstrated. For the test, one sample piece of minimum 90 mm in length shall be cut out of the center of a standard length CR. The test piece shall be suitably clamped and a force applied normal to the stainless steel as recommended by the manufacturer. The test shall be classified as passed only if no de-lamination of the steel from the aluminum body of the rail is noted under a minimum 60 kN force.

Or the peel strength between the stainless steel and aluminium shall be not less than 15 kN. A 200 mm length of CR will be machined to produce the test piece, this will be clamped to a rigid support and a load applied normal to the stainless steel. The maximum load at which gross separation takes place between the stainless steel and the aluminium will be measured.

4.2.4.2 Plastic Deformation:

A standard CR length shall he deformed plastically to simulate the forming of a ramp end. The test shall he classed as successful only if the stainless steel remains attached to the aluminium body of the rail without any signs of de-bonding, de-lamination or shift.

4.2.4.3 DC Resistance:

The test shall check the electrical resistance of a standard CR length with and without a splice joint. The test result shall be classed as satisfactory only if the electrical resistance of the CR with and without a centrally located splice joint does not exceed the permitted figures given in the 2.2.3 of this Technical Specification.

4.2.4.4 Temperature Rise:

The test shall he performed at five equally spaced locations along two standard rail lengths connected together with a splice joint assembly, after the specified continuous and peak current values have been applied. The continuous current shall be applied for 240 minutes. The test shall be classed as satisfactory only if the temperatures do not rise above the specified values defined in the clause 2.2.3 of this Technical Specification.

4.2.4.5 Corrosion Resistance:

The corrosion resistance test shall be performed in accordance with DIN 50021 and a Kesternich-test according to DIN 50018 or equivalent. The supplier shall additionally provide evidence that the aluminium/steel interface is not sensitive to electrochemical corrosion by providing the results of an adequate long-term test proposed by the Contractor for approval.

The above tests are a minimum and further/additional tests shall be undertaken by the Contractor, as required by the Employer to prove the suitability of the CR.

4.2.4.6 Marking and Routine Testing:

In addition to the marks specified in clause 2.2.2 of this Technical Specification, all CRs shall be additionally stamped by the manufacturer on one end with a serial number that shall be referenced to the test records.

The Contractor shall submit a production and test/inspection plan for the CRs and splice joint bar for approval.

All CR and splice joint bar material properties shall be tested and certified by the Contractor on a regular basis. The Contractor shall submit the frequency of testing for approval.

4.3 CR Joints

4.3.1 Splice joints

Splice joint assemblies shall rigidly connect individual CR lengths electrically and mechanically. They shall be used to join standard CR lengths and to join standard CRs to all manufactured items such as ramps, cable terminals, expansion joints, etc.

The splice joint assemblies shall consist of two splice plates attached to the both ends of CRs and secured by using a minimum of four Huckbolts. The tolerance in the levels of the stainless steel surface of the joined CRs shall be 0.1 mm as a maximum. Grinding of the stainless steel surface of the CR shall be limited to a maximum of 0.5 mm at splice joints.

Splice joint plates shall be manufactured from the same grade and quality of aluminium as the body of the CR and shall be designed to be clamped tightly to the CR fishing faces. There shall

be no web contact between the splice plate and the CR. The lengths and cross-sectional areas of the splice joint plates shall be such that the electrical resistance across a joint shall be not higher than that of an equivalent length of plain CR. The material and manufacturing details of the splice joint bar shall be as for the aluminium body of the CR.

4.3.2 Expansion joints

The installation of expansion joints is required to equalize length variations of the CR due to expansion by changing temperatures.

The exact spacing of the expansion joints to suit temperature and site conditions shall be calculated by the Contractor during the design stage. The maximum distance between two adjacent CR expansion joints shall be 90 meters.

The expansion joint shall use an arrangement where gaps in the rail are bridged with a spring-tensioned contact bridge.

Preferably, the expansion joint shall use the standard cover of the CR without special additions. However, the proposed design must prevent unintentional contact to the live parts of the expansion joint CRs.

The design of the CR expansion joint shall fulfill the following requirements as a minimum:

- The expansion joint assembly shall have an overall minimum length of 4 m.
- It shall consist of three sections of CR joined together by sliding splice plates manufactured from the same aluminium alloy as the body of the CR.
- Every expansion joint shall be factory made from a single piece of CR. The expansion joints shall be delivered to site pre-assembled.
- The three rail ends shall be cut symmetrically at a maximum 30° angle to the rail centerline to provide an overlap such that the current collector shoes may cross the air gap smoothly.
- Electrical continuity across the air gap shall be provided by spring-tensioned bridges, which do not affect the resistance or current carrying capacity of the expansion joint. The resistance when measure across the entire length of the expansion joint shall not exceed the values as specified in the clause electrical characteristics of the Technical Specification.
- Adequate precautions shall be taken to ensure that the expansion joint does not suffer from electrochemical corrosion.
- Copper shall not come into direct contact with aluminium.
- The support spacing shall be 2.5 m at the expansion joint.
- The total expansion range of the expansion joints shall be 150 mm as a minimum.
- The Contractor shall propose a single design of expansion joint suitable for all installation locations.

4.3.3 Insulated Joints

The electrical separation of individual CR sections may be achieved by Insulated CR Joints only where the separation cannot be achieved by gaps in the CR necessary for example at turnouts or locations where the CR changes from one side to the other side of the track. The insulated CR joint will be bridged by load switches under usual operation conditions.

The insulated CR joints shall consist of three diagonally cut CR pieces manufactured from one single piece of CR and connected to each other by insulating fish-plates, which are bolted to the CR pieces and a protective cover. The insulated CR joint shall be joined to the running CR by splice joints.

The sectionalizing of the CR is realized by an air gap of at least 100 mm length at both sides of the insulated CR piece, which shall be current and voltage free. The insulated CR piece shall have a length of at least 400 mm measured along the center line. To achieve smooth sliding of the current collector, the ends of the CR at the air gap shall be cut in an angle less than 30 0.

The three CR pieces shall be connected to each other by insulating fish-plates, which are bolted to the CR pieces. The total length of the insulated CR joint shall be at least 4 m. The electrical resistance of the completed assembly measured across each air gap shall be not less than 10 Mega Ohm.

4.4 Conductor Rail Ramps

CR ramps shall be provided at locations where gaps in the CRs are required. Ramps shall be designed for high-speed (up to 80 km/h operational speed) and for low speed sections (up to 25 km/h operational speed). High speed ramps shall be installed in all Main Line Tracks. Low speed ramps may be installed in Tracks where the operating speed is at or below 25 km/h.

The slope for high-speed ramps shall be 1:50 and for low-speed ramps it shall be 1:30. The transition between the slope and the level portion of the ramp shall be a circular curve of no less than 2 m radius. The entry throat of all ramps shall be a minimum of 96 mm with the extreme end of the ramp having an additional upward curving end piece of 40 mm to deflect any badly adjusted current collector shoes without damage to the ramp.

The overall height at the ramp end shall lie within the CR envelope. The spacing of the CR supports for the ramps shall be 2.5 m.

4.5 Conductor Rail Supports

4.5.1 Description

CR supports shall be designed to fix the CR alongside the tracks in a defined position. They shall carry all the static and dynamic loads of the system.

The support bracket base-plate and trackbed screw configuration shall be proposed by the Contractor for approval. The support bracket base-plate shall incorporate the lateral adjustment. For locations, where future extensions will be connected to the line, special supports might be necessary. The contractor shall propose a design for the supports at such locations for approval. The spacing of the CR supports shall be calculated during detailed design period but the span between consecutive supports shall be at a maximum of 5 m in main line track. At CR ramps and CR expansion joints, the maximum spacing between two CR supports shall be 2.5 m. The spacing of the CR support shall be coordinated by the Contractor with the installation of the fixing dowels in the track slab.

To fasten the support brackets to the track slab, hot-dipped galvanized base-plate and trackbed screws with plastic dowels, galvanized washers and spring washers shall be used.

4.5.2 Technical Data

The support design shall fulfill the following points as a minimum:

- The supports shall allow easy sliding of the CR during temperature expansion of the CR.
- They shall carry the normal static forces (self weight), the static forces reacting in parallel to the rail (friction forces) and all curve forces.
- The support shall additional carry all dynamic forces caused by vibration of the tracks and the civil engineering structure, the moving loads of the current collector and due to short circuit forces.
- The supports shall be adjustable (minimum + 70 / - 20 mm in the vertical direction and +/- 25 mm in the horizontal direction).
- The horizontal adjustment shall be provided in the fixing of the support to the trackbed. The vertical adjustment shall be provided in the insulator fixing.
- The supports shall provide sufficient insulation to safely cope with all over voltages, which may occur within the 750 V DC network.
- The Distance from all structures to the support shall be minimum of 25 mm.
- The metal support base-plate shall be insulated from the concrete sleeper/concrete trackbed by insertion of a pad with a minimum of 2 mm thickness.
- The support intervals between two consecutive supports shall be at a maximum of 5 m.

- Support brackets at mid-point anchors shall deflect to show the system has problems, or shall incorporate some other means of detecting that free movement of the CR is being restricted.

The Contractor shall propose the appropriate test method and criteria for approval to prove the electrical and mechanical properties of the supports can meet the requirement of the CR system.

4.5.3 Materials

A standard CR support shall consist of the following main components:

- A hot-dipped galvanized mounting bracket, conductor fixings made of hot-dipped galvanized malleable cast iron, or stainless steel.
- An insulator of cast resin, with a high resistance against UV rays, (see clause cast insulators for details).
- A support made of hot-dipped galvanized hollow box section structural steel.
- Bolts, washers and nuts made of stainless steel. These items shall not be hot-dipped galvanized.

4.5.4 Midpoint Anchors

Anchor assemblies shall be placed mid way between two expansion joints and at all individual CR sections installed without expansion joints.

The anchor shall be fixed to the CR by Huckbolts.

The force from the rail shall be transmitted by the anchor to the support bracket providing a visual indication of problems to the maintenance staff.

4.5.5 Cast Insulators

An insulator of cast Cycloaliphatic Epoxy Resin (CER) or Glass Reinforced Plastic (GRP) shall be used and shall have the following characteristics:

- A high resistance to fatigue cracking.
- A surface finished with a high surface tracking resistance.
- A contact surface for transfer of all forces.
- Be designed to give the minimum resistance rail to support bracket across the insulator of 10 8 Ohm (dry).
- The maximum practicable creepage distance between the CR and the mounting bracket.
- Be suitable for a tropical climate.

- Be highly resistant to ultraviolet light, temperature cycling and weather erosion.
- Minimum creepage path 100 mm.

4.6 Cable Terminals

The Contractor shall provide cable terminals to connect traction power feeder cables and jumper cables to the CRs.

The fixing of cables to the cable terminal shall be made by the power supply contractor to special bimetal contact plates provided and installed by the Contractor. The contact plates shall be welded to a splice bar that shall be attached to the CR by Huckbolts.

The location of all cable terminals shall be coordinated by the Contractor with the power supply and core systems contractors.

In order to prevent electrochemical corrosion between the copper cables and the aluminium CR, the cable terminal shall include a bimetal transition piece.

The cable terminals shall be designed to carry safely the full CR loading without overheating. It shall also provide sufficient space to connect easily all the cables. The cable terminals shall be connected to the CR by splice bars fixed with Huckbolts. The splice bars shall be manufactured from the same aluminium alloy as the body of the CR.

Each cable terminal shall be designed to accept at least two and a maximum of six cables of 500 mrn2 cross-sections. All power cables, whether feeder or jumper cables are supplied and installed by the power supply contractor.

If more feeder cables than the maximum capacity of one cable terminal are required, two or more cable terminals shall be installed with a distance between two consecutive cable terminals of 1 m as a minimum. The terminals shall preferably be integrated into the standard CR protective cover. All parts of the cable terminal shall be covered by a protective cover.

The cables shall be arranged in a way that CR movements, caused by temperature, shall be compensated without interfering with the CR placement/movement. Cable terminals shall be designed to give an electrical resistance of the terminal plate to the cable joint not in excess of $5*10^{-6}$ Ohm. The Contractor shall check this value as an integrated system test with the power supply contractor.

The Contractor shall coordinate with the power supply contractor the location of all jumper cables. Where the jumper cables cross the track, the gaps between the slabs of the trackbed shall be used for the cable routing. As an alternative, the Contractor may provide adequate cable crossings by pipes, cable troughs or cable ducts, embedded into the trackbed. The cable crossings provided by the Contractor shall ensure that the space between the rails is level, flat and kept clear for safe emergency evacuation from the trains. The location and design of the cable crossings shall be coordinated with the power supply contractor and submitted to the Employer for approval.

4.7 Protective Cover

4.7.1 General Characteristics

Protective covers shall be installed along the entire CR length to avoid direct and unintentional contact with the CR or any live part of the system.

The covers shall have overlapped joints and shall be fastened to the CR by synthetic spacers or clamps, consisting of electrically high insulating, compression moulded plastic, fixed in such a way that they cannot be removed accidentally. There shall be no screws, nuts or bolts, clips, etc. to fix the cover to the CR and supports.

The material for the covers shall be of hard Polyvinyl Chloride (PVC) for sections outside buildings and Glass Reinforced Plastic (GRP) for sections inside buildings and for sections with clearly identified fire hazards. The specification describes the requirements for PVC covers as the majority of installed materials. If and when GRP covers need to be installed, the Contractor shall propose equivalent testing details and proposed material properties for approval.

The detailed material specifications for the proposed type of cover shall be proposed by the Contractor and shall take particular note of the degradation due to prolonged exposition to sunlight (UV rays).

The shape of the covers shall be designed to drain water to both sides of the protective cover. Between the CR and the cover an air gap is required for cooling and safety.

The material shall have or provide the following properties:

- Low flammability
- Be self-extinguishing.
- Have the highest possible flash point, so that in the event of arcing between the current collectors and the CR, fire can be prevented.
- In case of fire, the emissions/dissipation of toxic fumes shall be minimal.
- Have high resistance to degradation to Ultra violet rays (sunlight).
- The color shall be light gray.
- Be stable and maintain its form and shape in the BMPE Bangkok environment.
- Have high load and impact resistance.
- Protection against accidental electric shock at voltages up to 3000 V DC.

At the top surface of all covers a permanent self-adhesive label shall be affixed at intervals not exceeding 5 m. The labels shall display a black electric flash symbol on a reflecting yellow back ground inside a black triangular warning sign according to EN 50122-1 on a white base. The label shall be suitable for outdoor use in the BMPE Bangkok environment and shall remain clearly legible for at least five years after installation.

The location of special CR components, such as mid-point anchors, CR expansion joints, insulated CR joints etc. shall be marked on the top of the protective cover for easy identification of these components. The Contractor shall submit a design for these markers to the Employer for approval.

At ramp ends, the cover spacers shall be specially designed to ensure that no part of the CR assembly infringes the structure gauge.

4.7.2 Manufacturing Requirements for PVC Covers

The protective covers shall comply with the conditions as described in VDE-regulation 0115 or equivalent, with an insulation group F standard. The covers shall be fastened to the CR by means of synthetic clamps, consisting of electrically high insulating compression molded plastic, in such a way that they cannot be removed accidentally. The cover shall be able to carry a static load of 1500 N as a point load applied at center span.

For expansion joints, cable terminals, etc., specially shaped covers shall be provided where necessary. These have to be approved by the Employer. The color of the cover shall be of light gray. Every individual cover length shall show in pressed letters and symbols the following:

- Manufacturer's mark or name
- Year of manufacturing.

By selection of suitable manufacturing tolerances, the protective covers shall match the spacers in a way that no additional screws or other fastening elements are necessary to attach the cover onto the spacers. An air-circulation within the covers shall also be incorporated in the design of supports and covers.

Cover joints shall not disconnect or get displaced or opened when the centrally located load of 1500 N is applied.

4.7.3 Material Properties for PVC covers

The covers shall be extruded with a thickness of at least 3 mm. The protective covers shall have the following properties:

- Dimensions in mm as proposed by the Contractor for approval.
- Flexural Strength: 80 N/rnm2 in accordance with DIN 53452. Test to be carried out with test bars 120 mm x 15 mm x 10 mm.
- Impact Strength when notched: 30 kJ/m^2 in accordance with DIN 53453. Test to be carried out with test bars 120 mm x 15 mm x 10 mm.

- Impact Tensile Strength: 800 kJ/m² in accordance with DIN 53448. Test to be carried out with test bars 120 mm x 15 mm x 10 mm.
- Modulus of Elasticity: 2500 N/mm² in accordance with DIN 53457.
- Coefficient of Elongation: 80 * 10-6/K in accordance with DIN 53752/VDE 0304.
- Form Stability in Heat: 69 °C in accordance with DIN 53461/IS0 R75 or equivalent international standard.
- Behavior in Fire (Class B1) Check: In accordance with DIN 4102. The material shall be self-extinguishing.
- Electrical Puncture Strength: 40 kV/mm in accordance with DIN 53481/VDE 0303 Part 2.
- Creep Resistance (comparative figure CTI: KA 3b): In accordance with DIN 53480, DIN IEC 112 and VIDE 0303 part 1.
- Flash Over Resistance: 6 kV in accordance with VDE 0115, paragraph 15. Test shall be
- carried out on finished item.
- Vicat - Distortion Temperature: 75 °C in accordance with DIN 53460.

4.7.4 Tests for PVC covers

4.7.4.1 General:

To ensure the specified quality of cover material, its' components and workmanship are consistently maintained, the following tests and quality control are required to be undertaken by the Contractor:

(a) Qualification Test:

The material shall be tested as specified and shall comply with the technical requirements as described in this Technical Specification. Additional tests may be necessary as required by the Employer,

(b) Quality Supervision:

Quality supervision during manufacture shall be in accordance with the Contractor's submitted/approved quality control and test and inspection procedures/plans. Further control/monitoring shall be done as necessary on request of the Employer.

(c) Contractor's Control during Manufacture:

The Contractor shall ensure that the quality of the manufacturing items is equal to, as a minimum, the quality of the samples as submitted and accepted for proof testing. Records of all tests/inspections shall be kept by the Contractor and shall be submitted to the Employer on request.

4.7.4.2 Workshop Tests for PVC Covers:

A) The protective covers shall meet the requirements of VDE 0115, insulation group F. The material shall withstand the following test voltages, which are related to a rated voltage of 750 V DC:

Power frequency withstand voltage Impulse withstands voltage:		6 kV
*	Lower impulse level	13 kV
*	Upper impulse level	16 kV

B) Should the length of delaminating be more than that permitted, another cut shall be made 100 mm from the original cut. At this new cut, in every case, the length of de-laminating must be smaller than the permissible length.

C) The tests as specified for covers of hard PVC shall be undertaken by the Contractor to prove the material properties of the covers.

4.7.4.3 Acceptance Tests

Before commencing the trial service, the following tests shall be performed on covers for compliance with the relevant parts of the specification:

- A check for the firm seating / fastening of the protective covers on the CR.
- A check of the marking and labels with regards to completeness.
- A check of all dimensions and tolerances.

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

โครงการงานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้า สายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

ลำดับที่	รายละเอียดเจ้าของกรรมสิทธิ์ หรือผู้ครอบครองตามกฎหมาย			รายละเอียดที่ดิน											ค่าทดแทนที่ดิน		ค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง				หมายเหตุ
	ชื่อเจ้าของกรรมสิทธิ์	ที่อยู่	บริเวณที่ต้องการที่ดินเพิ่มเติม	หนังสือสำคัญ					เนื้อที่ทั้งหมด			เนื้อที่ที่ต้องเวนคืน			ราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์ บาท/ตร.ว.	ค่าทดแทนส่วนที่ถูกเวนคืน (บาท)	ชนิดอาคาร	เนื้อที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	ราคาประเมินของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน (บาท/ตร.ม.)	ค่าทดแทนอาคาร (บาท)	
				ระวาง 5136IV	ที่ตั้งที่ดิน ตำบล	โฉนดที่ดิน (น.ส.3, 3 ก)	เลขที่ดิน	หน้าสำรวจ	ไร่	งาน	วา²	ไร่	งาน	วา²							
1	นายวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ประดิพัทธ์ 10 ต.สามเสนใจ อ.พญาไท จ.กทม.	ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	1244	26	119	33	3	44.00	18	1	53.00	34,000	250,002,000	1SC	398	11,800	4,696,400	
2	1. นางวาอากาศเอกอนุพันธ์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา 2. พันตำรวจเอกอิสระพันธ์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา	27 แขวงลาดยาว เขตบางเขน กทม.	ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	2040	27	197	3	1	96.00	1	2	95.50	34,000	23,647,000	1SW	135	10,100	1,363,500	
-			ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	2SC	194	11,000	4,268,000	
-			ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	2SC	50	11,000	1,100,000	
-			ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	1SC	180	11,800	2,124,000	
-			ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	2SC	160	11,000	3,520,000	
-			ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	1SC	38	11,800	448,400	
-			ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	1SC	94	11,800	1,109,200	
-			ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	1FC	95	7,300	693,500	
-			ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	1SW	27	10,100	272,700	
-			ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	1SW	9	10,100	90,900	
-			ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	1SC	40	11,800	472,000	
3	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843	64	2	7.00	9	3	53.00	20,000	79,060,000	2SW	60	9,500	1,140,000	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1SC	950	11,800	11,210,000	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1SC	680	11,800	8,024,000	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1SC	270	11,800	3,186,000	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1SC	203	11,800	2,395,400	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1SC	18	11,800	212,400	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1SC	70	11,800	826,000	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1SC	160	11,800	1,888,000	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1SC	125	11,800	1,475,000	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1W	280	2,525	707,000	7 หลัง
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1W	420	2,525	1,060,500	7 หลัง
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1W	300	2,525	757,500	5 หลัง
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1SW	62	10,100	626,200	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1W	130	2,525	328,250	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1W	77	2,525	194,425	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1SW	30	10,100	303,000	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1W	500	2,525	1,262,500	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1W	400	2,525	1,010,000	
-		4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	1W	400	2,525	1,010,000	
4	นางสาวผิว บุญยะรัตเวช	79,81 ถ.พระราม 5 แขวงถนนนครไชศรี เขตดุสิต กทม.	3+700 - 5+700	7640-12	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	20316	434	6759	36	-	66.00	9	-	23.50	10,000	36,235,000	2SCW	190	9,300	3,534,000	
-			3+700 - 5+700												-	-	1SC	42	11,800	495,600	
-			3+700 - 5+700												-	-	1SW	75	10,100	757,500	
-			3+700 - 5+700												-	-	1SW	36	10,100	363,600	
-			3+700 - 5+700												-	-	1SW	36	10,100	363,600	
-			3+700 - 5+700												-	-	1SC	233	11,800	2,749,400	
-			3+700 - 5+700												-	-	1SC	24	11,800	283,200	
-			3+700 - 5+700												-	-	1SC	46	11,800	542,800	
-			3+700 - 5+700												-	-	1W	24	2,525	60,600	

ภาคผนวก ข.

มาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ภาคผนวก ข

มาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม

1.1 ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ

1.1.1 ทรัพยากรดิน/กษัยการของดินและเสถียรภาพของดิน

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) ในการก่อสร้างที่มีการเปิดหน้าดินหรือปรับหน้าดิน ต้องอัดชั้นดินให้แน่นและราบเรียบสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการชะล้างหน้าดิน โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน

(2) กิจกรรมก่อสร้างที่สำคัญควรดำเนินการในช่วงฤดูแล้ง เช่น การปรับพื้นที่ การขุดและถมพื้นที่โครงการฯ ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการชะล้างหน้าดินในฤดูฝน

(3) การเติมหรือเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ต้องกระทำด้วยความระมัดระวังมิให้มีการรั่วไหล/ปนเปื้อนลงดิน

(4) การก่อสร้างที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำให้ใช้เข็มพืด (sheet pile) ตลอดแนวเพื่อป้องกันการพังทลายของดิน

(5) บริเวณที่ทำการก่อสร้างอาคารจอดและจร (กม. 25) ซึ่งเดิมบางส่วนเป็นบ่อน้ำให้สูบน้ำให้แห้งสนิทก่อนทำการถมดินและทำกำแพงกันดินเพื่อป้องกันการพังทลายของดิน

(6) บริเวณพื้นที่ก่อสร้าง ที่จอดรถ ที่เก็บกองวัสดุต่างๆ ซึ่งเป็นพื้นที่ว่างเปล่าปราศจากสิ่งปกคลุม ควรทำให้มีเสถียรภาพด้วยการโรยกรวดปกคลุมหรือปลูกพืชแบบชั่วคราว

(7) การปรับแต่งพื้นที่หรือตัดไม้ยืนต้นและไม้พุ่มออก ควรตัดเฉพาะส่วนที่จำเป็นเท่านั้น

(8) ก่อสร้างรางระบายน้ำชั่วคราวและบ่อดักตะกอนชั่วคราวเป็นระยะ ๆ ตามแนวเส้นทางที่เปิดพื้นที่ก่อสร้างในแต่ละช่วง รวมถึงพื้นที่ก่อสร้างอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง เพื่อดักตะกอนจากพื้นที่ก่อสร้างก่อนที่จะระบายน้ำลงสู่คลองหรือท่อระบายน้ำ เพื่อลดปริมาณตะกอนที่จะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำและต้องหมั่นตรวจดูแลและลอกตะกอนออกอย่างสม่ำเสมอหากว่ามีปริมาณตะกอนสูงเกินกว่าครึ่งบ่อ

- **ระยะดำเนินการ**

(1) ปลูกพืชคลุมดินและไม้ยืนต้นบริเวณอาคารจอดและจรและศูนย์ซ่อมบำรุง

(2) บำรุงดูแลรักษาพืชคลุมดินและไม้ยืนต้นอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งนอกจากจะทำให้บริเวณอาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุงมีความร่มรื่นสวยงามแล้ว ยังเป็นการช่วยรักษาสภาพดินให้อุดมสมบูรณ์

1.1.2 คุณภาพน้ำผิวดิน

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) สร้างลานคอนกรีตในบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง เพื่อกันการซึมของน้ำมันและไขมันลงสู่ดิน รวมทั้งสร้างบ่อพักและระบบบำบัดน้ำทิ้งก่อนปล่อยสู่ภายนอก

(2) ในกรณีที่มีการขุดดินในพื้นที่ก่อสร้างแล้วนำมากองไว้ ต้องวางกองให้ห่างไกลจากแหล่งน้ำ และจัดให้มีที่เก็บกองโดยเฉพาะ และเก็บในพื้นที่ปิดล้อมอย่างมิดชิด

(3) จัดให้มีระบบระบายน้ำ รางระบายน้ำ (Gutter) และบ่อตกตะกอนขนาดเพียงพอที่จะรองรับน้ำฝนในพื้นที่ในบริเวณที่ก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารจอดและจรก่อนระบายออกสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ พร้อมทั้งดูแลบำรุงรักษาและขุดลอกตะกอนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดเวลา

(4) หลีกเลี่ยงการก่อสร้างฐานรากลงในแหล่งน้ำผิวดินที่แนวเส้นทางผ่าน

(5) ติดตั้งตาข่ายป้องกันเศษวัสดุตกหล่นใต้บริเวณโครงสร้างช่วงก่อสร้างผ่านคลองบางเขน (คลองสอง) คลองสอง คลองสาม คลองสี่ คลองห้า และคลองหกวา

(6) เร่งดำเนินกิจกรรมการก่อสร้างที่ก่อให้เกิดการชะล้างหน้าดินในช่วงฤดูแล้ง เช่น การปรับพื้นที่ การขุดเจาะและถมพื้นที่ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการชะล้างหน้าดินในช่วงฤดูฝน

(7) ควรควบคุมการก่อสร้างให้เสร็จตามแผนการก่อสร้างที่กำหนดไว้ เพื่อเป็นการจำกัดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาอันสั้นที่สุด

(8) ต้องรวบรวมวัตถุอันตราย รวมทั้งน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว และภาชนะปนเปื้อน โดยมีการควบคุมด้วยวิธีการที่เหมาะสม

(9) ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปชนิดเกรอะ-กรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากบ้านพักคนงานก่อนระบายน้ำทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ

(10) ห้ามทิ้งขยะมูลฝอยจากชุมชนแรงงาน และวัสดุการก่อสร้างเหลือใช้ลงในแหล่งน้ำผิวดิน หรือท่อระบายน้ำสาธารณะใกล้บริเวณพื้นที่ก่อสร้าง

(11) ห้ามทิ้งขยะมูลฝอยจากบ้านพักคนงานและเศษวัสดุเหลือใช้ลงแหล่งน้ำต่าง ๆ

(12) จัดให้มีห้องส้วมถูกหลักสุขาภิบาลบริเวณสำนักงานก่อสร้างชั่วคราวและบ้านพักคนงานอย่างเพียงพอ และอยู่ห่างจากแหล่งน้ำผิวดินอย่างน้อย 50 เมตร

(13) ผู้รับเหมาต้องตรวจสอบและดูแลห้องส้วมให้ถูกสุขลักษณะอยู่เสมอ และเมื่อถังเกรอะเต็มต้องประสานให้รถสูบสิ่งปฏิกูล ของหน่วยงานที่รับผิดชอบดำเนินการทันที

(14) จัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียและบ่อดักไขมันและน้ำมันที่ศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารจอดและจร

(15) จัดให้มีห้องส้วมที่ถูกหลักสุขาภิบาลสำหรับพนักงานและเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ซ่อมบำรุง อาคารจอดและจร และสถานีรถไฟฟ้าทุกแห่ง

(16) จัดให้มีการรวบรวมและกำจัดมูลฝอย และของเสียอันตรายที่สถานีรถไฟฟ้า อาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุงอย่างเหมาะสมไม่ให้รั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ

- **ระยะดำเนินการ**

(1) ตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย โดยมีคุณภาพน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดเป็นไปตามเกณฑ์ที่ออกแบบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อมิให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำของแหล่งรองรับน้ำทิ้งของโครงการ

(2) ตักหรือกวาดกากตะกอนจากบ่อปรับสภาพน้ำเสีย รวมทั้งไขมันและคราบน้ำมันจากบ่อดักไขมันและบ่อดักคราบไขมันมาเก็บรวบรวมไว้ในถังขนาด 200 ลิตร

(3) ส่งกากตะกอน ไขมัน และคราบน้ำมันที่เกิดขึ้นให้หน่วยงานกำจัดของเสียอันตรายที่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานราชการนำไปกำจัดต่อไป

(4) น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วต้องพิจารณานำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น รดน้ำต้นไม้ ล้างถนน เป็นต้น เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่โครงการ

(5) จัดให้มีเจ้าหน้าที่ดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อช่วยให้การควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งดีขึ้น

1.1.3 คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) จัดพื้นที่ที่ใช้สำหรับล้างล้อรถเพื่อทำความสะอาดก่อนออกจากพื้นที่ก่อสร้าง

(2) น้ำจากการล้างล้อรถบรรทุกต้องนำไปบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ โดยเฉพาะการก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงและอาคารจอดและจร

(3) สร้างรั้วทึบติดพื้นสูงไม่น้อยกว่า 5 ม. ปิดกั้นโดยรอบบริเวณที่มีการเปิดหน้าดิน หรือขุดเจาะเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองเข้าไปยังพื้นที่อ่อนไหวด้านสิ่งแวดล้อม และรื้อออกเมื่อการก่อสร้างงานฐานรากแล้วเสร็จพร้อมกับการคืนผิวจราจร

(4) กำหนดให้มีศูนย์รับเรื่องร้องเรียนจากชุมชนตั้งอยู่บริเวณใกล้แนวเส้นทางมากที่สุด พร้อมมีป้ายและหมายเลขโทรศัพท์ติดไว้ จัดให้มีเจ้าหน้าที่ประจำ 24 ชั่วโมง และต้องรวบรวมข้อมูลการร้องทุกข์พร้อมผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาและเสนอต่อที่ประชุมคณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติตามมาตรการฯ อย่างน้อยเดือนละ 10 ครั้ง

(5) ต้องขนย้ายเศษวัสดุ ขยะ และสิ่งปฏิกูลออกจากสถานที่ก่อสร้างอย่างน้อยทุก ๆ 2 วัน หากยังไม่พร้อมที่จะขนย้ายต้องจัดให้มีที่พักรวมที่มีขนาดเพียงพอ อยู่ในตำแหน่งที่สะดวกต่อการจัดเก็บ และต้องมีมาตรการทำความสะอาดอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกเปรอะเปื้อน

(6) ปั้นจั่น เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้สำหรับตอกเสาเข็มหรือเจาะดินเพื่อทำเสาเข็ม ต้องจัดให้มีการป้องกันการฟุ้งกระจายของเศษดินขณะดำเนินการโดยใช้ผ้าใบทึบหรือวัสดุอย่างอื่นหรือเทียบเท่า ขึงรอบบริเวณมีความสูงอย่างน้อย 2 ใน 3 ของความสูงของปั้นจั่นที่ใช้ตอกเสาเข็ม หรือเจาะดิน

(7) กำหนดเส้นทางการจราจรในพื้นที่ก่อสร้างและเส้นทางลำเลียงขนส่งให้ชัดเจน

(8) บำรุงรักษาเส้นทางให้อยู่ในสภาพดีและปรับสภาพผิวจราจรให้ดีเช่นเดิม เมื่อการก่อสร้างเสร็จเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่น

(9) ควรผนวกข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครเกี่ยวกับการก่อสร้างรวมทั้งแนวทางควบคุมฝุ่นจากการก่อสร้างของกรมควบคุมมลพิษเข้าเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาก่อสร้าง

(10) ติดตั้งปล่องทิ้งวัสดุหรือเศษคอนกรีตเพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองสำหรับการก่อสร้างอาคารจอดและจร อาคารศูนย์ซ่อมบำรุง การก่อสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้าและสถานียกระดับทุกแห่ง

(11) ติดตาข่ายถี่หรือพลาสติกเพื่อสร้างโครงสร้างส่วนบนของตอม่ออาคารจอดและจร ทางวิ่งรถไฟฟ้าและสถานียกระดับทุกแห่ง

(12) ออกแบบให้อาคารจอดและจรหันเข้าทิศทางลม และโปร่งระบายอากาศออกจากอาคารได้ดี

(13) บริเวณอาคารจอดและจรซึ่งตั้งอยู่ใกล้เคียงกับชุมชนใกล้เคียงต้องปลูกต้นไม้เพื่อเป็น Buffer Zone 3 แถวสลับฟันปลา ไม้ยืนต้นที่ปลูก เช่น อโศกอินเดีย เป็นต้น เพื่อช่วยดูดซับมลสารจากอาคารจอดและจร

- **ระยะดำเนินการ**

(1) ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ตำรวจเพื่อลดความคับคั่งของการจราจรในพื้นที่โครงการ โดยเฉพาะบริเวณซึ่งเป็นที่ตั้งของอาคารจอดและจร โดยติดตั้งเครื่องหมายและสัญลักษณ์จราจรเพื่อบอกทิศทางและกำหนดความเร็วบริเวณสถานีและอาคารจอดและจร

(2) ประสานงานหน่วยงานท้องถิ่นในการรักษาความสะอาดบริเวณใต้เส้นทางของโครงการ โดยเฉพาะบริเวณใต้สถานี โดยจัดให้มีรถดูดฝุ่นที่มีประสิทธิภาพในการดูดฝุ่นออกจากถนน

(3) ห้ามจอดรถและติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้ในขณะจอดที่อาคารจอดและจรและบริเวณสถานีรถไฟฟ้า

1.1.4 เสียง

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) กำหนดให้ใช้เสาเข็มเจาะเพื่อลดผลกระทบด้านเสียง

(2) กรณีที่มีเสียงดังมากซึ่งเป็นผลมาจากการใช้มอเตอร์ และเครื่องจักร ควรมีการติดตั้งเครื่องระงับเสียง (Silencer) หรือเครื่องดับเสียง (Muffer)

(3) กำหนดช่วงเวลาในการก่อสร้างที่ก่อให้เกิดเสียงดังให้อยู่ระหว่างเวลา 06.00–18.00 น. เพื่อหลีกเลี่ยงเวลาการพักผ่อนของประชาชน

(4) กำหนดช่วงเวลาการก่อสร้างผ่านรร.ผ่องสุวรรณวิทยา รร.วัดสายไหม และรร.วัดคลองชันในช่วงปิดภาคเรียน

(5) ต้องแจ้งชุมชนให้ทราบล่วงหน้าอย่างน้อย 15 วัน เมื่อจะมีการก่อสร้างที่ทำให้เกิดเสียงดังรบกวนชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการ

(6) กำหนดให้มีศูนย์รับเรื่องร้องเรียนจากชุมชนตั้งอยู่บริเวณใกล้แนวเส้นทางมากที่สุด พร้อมมีป้ายและหมายเลขโทรศัพท์ติดไว้ จัดให้มีเจ้าหน้าที่ประจำ 24 ชั่วโมง และต้องรวบรวมข้อมูลการร้องทุกข์พร้อม

ผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาและเสนอต่อที่ประชุมคณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติตามมาตรการฯ อย่างน้อยเดือนละ 10 ครั้ง

(7) ศูนย์ซ่อมบำรุงด้านที่มีอาณาเขตติดต่อกับชุมชนต้องปลูกต้นไม้เพื่อเป็น Buffer Zone 3 แถวสลับฟันปลา ไม้ยืนต้นที่ปลูก เช่น อโศกอินเดีย เป็นต้น

- **ระยะดำเนินการ**

(1) มีผนังกันล้อสูง 1.2 เมตรตลอดสองข้างรางรถไฟฟ้า

(2) ติดตั้งวัสดุซับเสียง (Absorption Material) ที่เพดานใต้สถานีเพื่อลดหรือป้องกันการสะท้อนของเสียงทุกสถานี ซึ่งวัสดุซับเสียงนี้สามารถลดค่าระดับเสียงได้ถึง 3 dB(A) หรือมากกว่า โดยวัสดุที่ใช้ คือ แผ่นอะลูมิเนียมเจาะรู (Perforated Aluminium) และใยแก้ว (Fiber Glass) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและสามารถลดการสะท้อนเสียงได้ดี โดยเมื่อเสียงจากยานพาหนะใต้สถานีมายังวัสดุซับเสียง เสียงส่วนหนึ่งจะผ่านแผ่นอะลูมิเนียมที่เจาะรูไว้ภายในมีใยแก้วช่วยดูดซับเสียง จึงทำให้เสียงจากพาหนะสะท้อนฝ้าเพดานลงไปยังพื้นถนนลดลง

(3) ปลูกต้นไม้บริเวณสถานีเพื่อช่วยลดการสะท้อนของเสียงบริเวณใต้สถานี

(4) ติดวัสดุกันเสียงชนิดดูดกลืนเสียง (Absorptive barrier) ที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมอัดด้วยเส้นใย เช่น ใยแก้ว ตามแนวเส้นทางบริเวณผนังกั้นล้อทั้ง 2 ด้านจำนวน 4 ตำแหน่ง ดังนี้

- ช่วงผ่านโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ระยะทาง 215 ม. จาก STA. 1+385 ถึง 1+600 (ก่อนถึงสถานี) รวม 2 ฝั่ง มีความยาว 430 ม.
- ช่วงโค้งตลาดประตูกรุงเทพ ระยะทาง 250 ม. จาก STA. 3+600 ถึง 3+850 รวม 2 ฝั่ง มีความยาว 500 ม.
- ช่วงโค้งข้ามคลองสอง ระยะทาง 400 ม. จาก STA. 5+000 ถึง 5+400 รวม 2 ฝั่ง มีความยาว 800 ม.
- ช่วงโค้งเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง ระยะทาง 125 ม. จาก STA. 0+450 ถึง 0+650 รวม 2 ฝั่ง มีความยาว 400 ม.

(5) ติดวัสดุดูดกลืนเสียง ภายในศูนย์ซ่อมบำรุงจำนวน 3 ตำแหน่ง ดังนี้

- ตลอดแนวทั้ง 2 ฝั่งของรางทดสอบ (test track)
- ด้านหลังอาคารจอดขบวนรถ (stabling building) ตลอดแนวช่วงที่ติดกับวัดเจริญธรรมาราม
- ติดวัสดุดูดซับเสียงชนิด glass wool ที่ผนังของอาคารเจียรล้อ (wheel reprofiling plant)

(6) ปลูกต้นไม้เพื่อเป็น Buffer Zone 3 แถวสลับฟันปลา ไม้ยืนต้นที่ปลูก เช่น อโศกอินเดีย เป็นต้น รอบศูนย์ซ่อมบำรุง

(7) บำรุงรักษาระบบรถไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี และป้องกันเสียงดังจากการเสียดสีของล้อรถกับรางรถไฟฟ้า

(8) บำรุงรักษา และปลูกต้นไม้ทดแทนที่ตายไปในบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารจอดและจรให้มีสภาพดีอยู่เสมอ

(9) ตรวจสอบวัสดุซับเสียงให้อยู่ในสภาพดีอย่างสม่ำเสมอ และเปลี่ยน/ซ่อมแซมเมื่อพบว่ามีความชำรุดเสียหาย เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการซับเสียงอย่างเหมาะสมตลอดเวลา

(10) ตรวจสอบยางรองหมุดยึดรางและยางบริเวณดุมล้อให้มีสภาพสมบูรณ์ โดยตรวจสอบอย่างน้อยเดือนละ 2 ครั้ง

(11) กำหนดความเร็วรถไฟฟ้าช่วงที่ผ่านทางโค้งไม่เกิน 30 กม./ชั่วโมง เพื่อความปลอดภัยและลดการเสียดสีของรางกับล้ออันอาจก่อให้เกิดเสียงดัง

1.1.5 ความสั่นสะเทือน

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) ออกแบบการก่อสร้างให้มีรอยต่อระหว่างรางรถไฟฟ้าน้อยที่สุดเพื่อลดความสั่นสะเทือน

(2) เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรที่เกิดแรงกระแทกน้อยที่สุด เช่น ใช้เข็มเจาะแทนเข็มตอก เพื่อลดผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น และต้องมีวิศวกรควบคุมการทำงานอย่างใกล้ชิดเพื่อตรวจสอบความสั่นสะเทือนที่อาจเกิดอันตรายได้

(3) ในกรณีที่ความสั่นสะเทือนค่อนข้างสูง จะต้องมีการขุดร่องสำหรับเป็นตัวตัดคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสู่จุดรับ ซึ่งสามารถช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้

(4) กรณีที่คาดว่ามีความเสียหายต่ออาคารที่เกิดจากการดำเนินการ ต้องจัดผู้เชี่ยวชาญเข้าไปสำรวจและหาแนวทางแก้ไขโดยด่วน

(5) ในระหว่างการก่อสร้างต้องมีการกำหนดข้อปฏิบัติเพื่อให้ผู้รับเหมาใช้มาตรการที่เหมาะสมเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ใกล้เคียง

- **ระยะดำเนินการ**

(1) กรณีที่ได้รับร้องเรียนเรื่องความสั่นสะเทือน ทางหน่วยงานหรือผู้เดินรถต้องจัดผู้เชี่ยวชาญเข้าไปสำรวจและหาแนวทางแก้ไขโดยด่วน

(2) ตรวจสอบยางรองหมุดยึดรางและยางบริเวณดุมล้อให้มีสภาพสมบูรณ์ โดยตรวจสอบอย่างน้อยเดือนละ 2 ครั้ง

1.2 ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ

1.2.1 สภาพนิเวศวิทยาบนบก

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) ขุดล้อมไม้ยืนต้นและดำเนินการย้ายไม้ดอกไม้ประดับบริเวณเกาะกลางถนน และทางเดินเท้าที่จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการก่อสร้างด้วยความระมัดระวังให้แล้วเสร็จก่อนการก่อสร้าง ก่อนนำไปปลูกในพื้นที่อื่น เช่น สวนสาธารณะ เป็นต้น หรือนำกลับมาปลูกเมื่อดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จออกแบบจัดทำสวนหย่อม สวนสาธารณะบริเวณอาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุงในตำแหน่งที่เหมาะสม

(2) จดบันทึกปริมาณ ชนิด และจำนวนของต้นไม้ที่ทำการย้ายทั้งหมด

(3) การเคลื่อนย้ายเครื่องจักรกลต่างๆ ต้องระมัดระวังมิให้เกิดความเสียหายแก่ต้นไม้ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง

(4) ปลูกต้นไม้ทดแทนใต้แนวเส้นทางโครงการและทางเดินเท้าภายหลังการก่อสร้างโครงสร้างของสถานีรถไฟฟ้าแล้วเสร็จ

(5) ปลูกต้นไม้ชดเชยบริเวณเกาะกลางถนนและทางเดินเท้าหรือพื้นที่ใกล้เคียงโดยพันธุ์ไม้ที่นำมาปลูกควรเป็นไม้ประเภทไม้ใบและไม้ดอกทรงพุ่มสูง

(2) ระยะดำเนินการ

(1) บำรุงดูแลรักษาและปลูกซ่อมแซมต้นไม้ให้เจริญงอกงามอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 5 ปี ก่อนส่งมอบให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องรับไปดูแลต่อไป

(2) ควรเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่จะนำมาปลูกบริเวณใต้สถานีที่ดูแลรักษาง่ายและสามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีแสงส่องถึงค่อนข้างน้อย

1.2.2 สภาพนิเวศวิทยาทางน้ำ

(1) ระยะก่อสร้าง

มาตรการเช่นเดียวกับคุณภาพน้ำผิวดิน

(2) ระยะดำเนินการ

มาตรการเช่นเดียวกับคุณภาพน้ำผิวดิน

1.3 คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์

1.3.1 การใช้ที่ดิน

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) กำหนดเขตการก่อสร้างเป็นระยะ ๆ ละ 500 ม. เมื่อก่อสร้างในระยะนั้นเสร็จแล้วต้องรีบฟื้นฟูพื้นที่โดยทันที

(2) ออกแบบให้มีพื้นที่สีเขียว เช่น จัดทำสวนหย่อม สวนสาธารณะบริเวณอาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุงในตำแหน่งที่เหมาะสม

(3) ควบคุมกิจกรรมการก่อสร้างให้กระทำอยู่ในเขตพื้นที่ก่อสร้างเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อลดการรบกวนการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่ติดกับพื้นที่ที่อนุญาตให้เป็นพื้นที่ก่อสร้าง โดยเฉพาะบริเวณก่อสร้างช่วงสะพานใหม่กับตลาดประตูกรุงเทพ ซึ่งมีหน่วยงานราชการของกองทัพอากาศหลายแห่ง เช่น โรงเรียนนายเรืออากาศ โรงพยาบาลภูมิพล บ้านพักข้าราชการ เป็นต้น

- **ระยะดำเนินการ**

(1) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะต้องควบคุมการใช้ที่ดินขนาดย่อย ตามจุดเชื่อมต่อสาธารณะ และอาคารจอดและจร เช่น แผงลอย และร้านค้าปลีกเล็กๆ จะต้องมีการจัดการอย่างระมัดระวัง

(2) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะต้องควบคุมการขยายตัวของชุมชนเมืองและย่านธุรกิจการค้าให้เป็นไปอย่างมีระเบียบตามกฎหมายผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร และผังเมืองรวมชุมชนคูคต จังหวัดปทุมธานี

1.3.2 การคมนาคมและการขนส่ง

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) มีแผนการจัดจราจรช่วงเตรียมการและก่อนการก่อสร้าง และในระหว่างการก่อสร้าง

(2) ทดสอบระบบจราจรที่กำหนดไว้ก่อนการก่อสร้างจริง

(3) จัดตั้งศูนย์ประชาสัมพันธ์และประสานงานตำรวจจราจรเพื่ออำนวยความสะดวกในพื้นที่ก่อสร้าง รวมถึงประชาสัมพันธ์ทางลัดทางเลี่ยง และต้องจัดให้มีหัวหน้าศูนย์ที่สามารถตัดสินใจและสั่งการได้อยู่ในพื้นที่ และมีเจ้าหน้าที่อำนวยการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างและทางเลี่ยงต่าง ๆ ตลอดเวลา

(4) กำหนดให้มีป้ายเตือน แผงกั้น กรวย ป้ายจราจร แสงสว่าง ไฟกระพริบ สัญญาณจราจรต่าง ๆ ที่จำเป็นตั้งแต่ก่อนเข้าเขตก่อสร้าง ซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้รับเหมาที่ต้องทำให้ถูกต้องตามมาตรฐานของ สนข. และ กทม. เพื่อใช้ในการเตือนและเบี่ยงช่องจราจร

(5) เพิ่มความระมัดระวังในช่วงที่มีการก่อสร้างผ่านถนนวงแหวนรอบนอกฝั่งตะวันออกเนื่องจากรถที่สัญจรในเส้นทางนี้มักใช้ความเร็วสูง

(6) ห้ามจอดยานพาหนะชนิดต่างๆ บริเวณริมถนนในช่วงที่มีการปิดถนนบางช่วงที่มีการก่อสร้าง

(7) จัดช่องจราจรซ้ายมือสุดในทิศทางเข้าสู่แยกต้องระบายรถเลี้ยวซ้ายผ่านแยกได้ตลอดเวลา

(8) จัดให้มีป้ายบอกเส้นทางลัด โดยบริเวณตรอก ซอก ซอย ที่สามารถใช้เป็นทางลัดต้องปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้อย่างดี

(9) การติดเครื่องหมายจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง ต้องให้มีระยะที่เพียงพอขึ้นอยู่กับความเร็วในการขับขี่ เพื่อให้การจราจรผ่านไปได้อย่างสะดวก ไม่ติดขัด

โดยในพื้นที่ก่อสร้าง 200 ม. มีการแบ่งพื้นที่และติดตั้งสัญญาณ ดังนี้

- ที่ระยะ 100 ม. ก่อนถึงพื้นที่ลดช่องจราจร จะติดป้ายเตือน "งานติดตั้งทางยกระดับข้างหน้า 100 ม."
- ที่ระยะ 50 ม. ก่อนถึงพื้นที่ลดช่องจราจร จะติดป้ายเตือน "งานติดตั้งทางยกระดับข้างหน้า 50 ม."
- ที่ระยะ 25 ม. ก่อนถึงพื้นที่ลดช่องจราจร จะติดป้ายเตือน "โปรดระมัดระวังเครื่องจักรกำลังทำงาน"
- ที่จุดเริ่มต้นพื้นที่ลดช่องจราจร จะติดป้ายเตือน "ขออภัยในความไม่สะดวก" และมีเจ้าหน้าที่คอยโบกธงให้สัญญาณผู้ขับขี่ทราบว่ามีการปิดช่องจราจร 1 ช่อง พร้อมทั้งตั้งกรวยจราจรและผูกราวธงขาว-แดงกั้นให้ทราบ
- ในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างจะติดตั้งไฟกระพริบและแผงกั้นคอนกรีต

(7) ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องจัดทำแผนงานก่อสร้าง เพื่อแสดงการจัดการจราจรบริเวณสถานที่ก่อสร้างเสนอ สนข. และ กทม. และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อพิจารณาให้ความเห็นชอบก่อนดำเนินงานไม่น้อยกว่า 30 วัน

(8) ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องมีการนัดประชุมเพื่อขอคำปรึกษากับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ตำรวจจราจรและอื่นๆ

(9) จัดเวลาเข้า-ออกของรถบรรทุกที่เข้าไปในพื้นที่ก่อสร้าง รวมทั้งการลำเลียงเครื่องจักรและวัสดุอุปกรณ์ขนาดใหญ่ต้องขอความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และต้องหลีกเลี่ยงการขนส่งในช่วงเวลาเร่งด่วนควรทำการขนส่งในช่วงหลัง 23.00 น. และหยุดการขนส่งก่อน 05.00 น.

(10) รณรงค์ให้ประชาชนมาใช้ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงที่มีการก่อสร้างโครงการในชั่วโมงเร่งด่วน

(11) ต้องรีบคืนผิวจราจรภายหลังจากเสร็จสิ้นงานฐานรากของแต่ละพื้นที่ และต้องดำเนินการปรับปรุงผิวจราจรดังกล่าวให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์

- **ระยะดำเนินการ**

(1) ติดตั้งป้ายและเครื่องหมายจราจรเพื่อบอกทิศทางและกำหนดความเร็ว เพื่อควบคุมการจราจรในบริเวณแต่ละสถานีและอาคารจอดและจร

(2) ติดตั้งไฟส่องสว่างบริเวณใต้สถานีและด้านข้างริมทางเดินเท้า เพื่อส่องสว่างมายังผิวจราจร โดยกำหนดให้โคมไฟแต่ละหลอดมีความสว่างไม่น้อยกว่า 21.5 ลักซ์ และต้องมีความสว่างใกล้เคียงกับแสงสว่างตามธรรมชาติมากที่สุด

(3) จัดให้มีระบบขนส่งมวลชนเสริม (Feeder) โดยพิจารณาเส้นทางที่มีชุมชนหนาแน่นเป็นลำดับแรก และตรวจสอบเส้นทางของรถตู้เพื่อไม่ให้เกิดข้อขัดแย้งต่างๆ

(4) ทำจุดจอดรถรับ-ส่งชั่วคราว (Bus Bay)

(5) จัดเจ้าหน้าที่อำนวยความสะดวกบริเวณสถานีและอาคารจอดและจร

(6) จัดให้มีที่กลับรถและป้ายจราจรในจุดที่เหมาะสม

(7) ประชาสัมพันธ์การเปิดใช้อาคารจอดและจร

(8) จัดให้มีที่จอดรถจักรยานบริเวณใกล้เคียงสถานีต่างๆ เพื่อส่งเสริมให้ประชาชนหันมาใช้รถจักรยานเพิ่มมากขึ้น

1.3.3 ระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ

- **ระยะก่อสร้าง**

<u>หน่วยงานที่รับผิดชอบระบบสาธารณูปโภคที่ต้องรื้อย้าย</u>

(1) การรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคควรดำเนินการในช่วงเวลากลางคืนระหว่าง 22.00 น. ถึง 06.00 น. หรือในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์

<u>ผู้รับเหมา</u>

(2) ประสานงานกับหน่วยงานในพื้นที่ที่รับผิดชอบระบบสาธารณูปโภคที่ต้องมีการรื้อย้าย และหน่วยงานดังกล่าวต้องแจ้งให้ประชาชนทราบล่วงหน้าและกำหนดระยะเวลารื้อย้ายให้ชัดเจน

(3) จัดทำแบบรายละเอียดที่แสดงตำแหน่งและชนิดของสาธารณูปโภคเพื่อนำมากำหนดแผนงานที่ชัดเจน

(4) จัดทางเท้าและทางเข้าชั่วคราวในกรณีที่ทางเข้าหรือทางเท้าได้รับผลกระทบจากการรื้อย้ายสาธารณูปโภค

(5) การกำหนดตำแหน่งของสาธารณูปการต่างๆ (เช่น ป้ายรถเมล์ หรือตู้ไปรษณีย์) ภายหลังจากการก่อสร้างแล้วเสร็จต้องติดตั้งในจุดที่เหมาะสมให้พ้นจากวิถีทางเดินบริเวณทางขึ้น-ลงสถานีรถไฟฟ้าเพื่อกระจายความคับคั่ง

(6) ปิดกั้นขอบเขตบริเวณที่ทำการรื้อย้ายที่ชัดเจน รวมทั้งติดป้ายเตือน

(7) จัดให้มีถังรองรับมูลฝอยให้เพียงพอกับปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น โดยแยกประเภทถังรองรับมูลฝอย เช่น มูลฝอยจากบ้านพักคนงาน เศษวัสดุก่อสร้าง ของเสียอันตราย และนำไปตั้ง ณ จุดต่าง ๆ รอบพื้นที่ก่อสร้าง และประสานให้รถเก็บมูลฝอยขอหน่วยงานที่รับผิดชอบในพื้นที่มาเก็บขนไปกำจัดเป็นประจำทุกวัน โดยไม่ปล่อยให้มีขยะตกค้าง ทั้งนี้ ผู้รับเหมาก่อสร้างควรรวบรวมมูลฝอยไว้ ณ บริเวณที่รถเก็บขนสามารถเข้าเก็บขนได้สะดวก

(8) คัดแยกมูลฝอย โดยเศษวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เช่นเศษไม้ สังกะสี เศษเหล็ก เป็นต้น ควรแยกกองไว้เพื่อนำกลับมาใช้อีก หรือขายแก่ผู้ที่ต้องการ เพื่อลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัด

(9) ขยะประเภทของเสียอันตราย ที่เกิดจากซ่อมบำรุงและการทำงานของเครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ ผู้รับเหมาต้องจัดเก็บแยกจากมูลฝอยทั่วไปเพื่อรอการเก็บขนไปกำจัด

(10) ตรวจสอบ และดูแลรักษาถังรองรับมูลฝอยให้อยู่ในสภาพดี ไม่แตกชำรุดหรือรั่วซึม และต้องมีฝาปิดมิดชิด

(11) กำหนดให้คนงานก่อสร้างทิ้งมูลฝอยในถังรองรับมูลฝอยและห้ามทิ้งหรือกองไว้นอกถังรับมูลฝอยโดยเด็ดขาด

(12) ผู้รับเหมาต้องปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมมลพิษ มูลฝอย มูลฝอยติดเชื้อ สารอันตราย ในการจัดการและกำจัดขยะที่ปนเปื้อนด้วยวิธีการที่มีความเหมาะสมและปลอดภัย

(13) หากมีการร้องเรียนจากประชาชนว่าการก่อสร้างโครงการก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบสาธารณูปโภคในชุมชนจะต้องรีบดำเนินการแก้ไขในทันที

- **ระยะดำเนินการ**

(1) ตั้งถังรองรับมูลฝอยในอาคารจอดและจร และทางขึ้น-ลงสถานีอย่างเพียงพอ

(2) ตรวจสอบสภาพปัญหาการจัดการมูลฝอยอย่างสม่ำเสมอ

(3) ประชาสัมพันธ์และรณรงค์ให้พนักงานในศูนย์ซ่อมบำรุงและอาคารจอดและจรคัดแยกมูลฝอย เป็นขยะเปียก ขยะแห้ง ก่อนทิ้งลงถังรองรับมูลฝอย ส่วนมูลฝอยจำพวก แก้ว กระดาษ ควรคัดแยกออกมาส่งขายให้คนรับซื้อของเก่า เพื่อลดปริมาณมูลฝอย

(4) ส่วนขยะอันตราย เช่น แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย ของเสียอันตรายจากกระบวนการซ่อมบำรุง (เช่น น้ำมันหล่อลื่น) ควรแยกออกมาทิ้งในถังที่จัดไว้สำหรับขยะประเภทนี้โดยเฉพาะ และส่งไปกำจัดอย่างถูกต้อง

(5) ตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียศูนย์ซ่อมบำรุงและอาคารจอดและจร

(6) น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วต้องพิจารณานำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีก เช่น รดน้ำต้นไม้

(7) จัดให้มีเจ้าหน้าที่ดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบสูบน้ำ และระบบระบายน้ำในพื้นที่โครงการเพื่อให้การควบคุมคุณภาพน้ำดียิ่งขึ้น

1.3.4 ระบบระบายน้ำและควบคุมน้ำท่วม

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) จัดให้มีสิ่งอำนวยความสะดวกในการระบายของลำน้ำเพิ่มเติม เช่น ท่อระบายน้ำ รางระบายน้ำ คูระบายน้ำข้างถนนเพื่อทดแทนส่วนที่ได้รับผลกระทบ ป้องกันปัญหาน้ำท่วมขัง

(2) ห้ามมิให้คนงานทิ้งขยะลงคูคลองต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้พื้นที่ก่อสร้างเพื่อป้องกันปัญหาการตื้นเขิน การกีดขวางทางน้ำ รวมถึงปัญหาน้ำท่วมขังด้วย

(3) ผู้รับเหมาจะต้องเตรียมระบบการระบายน้ำที่เกิดขึ้นในขณะทำการก่อสร้างตามแนวเส้นทางโครงการ ศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารจอดและจร ไม่ให้มีผลกระทบต่อระบบระบายน้ำสาธารณะคือ

ก) จะต้องเตรียมจุดพักน้ำเพื่อให้น้ำไหลลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ไม่ใช้ด้วยแรงจากปั๊มน้ำ

ข) ในกรณีที่มีปริมาณน้ำมากจะต้องเตรียมรถบรรทุกน้ำเพื่อรองรับการระบายน้ำอย่างรวดเร็วและมีปริมาณเพียงพอ

(4) กรณีที่ต้องมีการก่อสร้างบริเวณทางระบายน้ำข้างถนน ผู้รับเหมาต้องแจ้งแผนให้เจ้าของพื้นที่ทราบล่วงหน้าอย่างน้อย 30 วัน

(5) ออกแบบให้มีระบบระบายน้ำและบ่อหน่วงน้ำบริเวณ ศูนย์ซ่อมบำรุง ตลอดจนสร้างระบบระบายน้ำสำหรับอาคารจอดและจร

- **ระยะดำเนินการ**

(1) ดูแลและบำรุงรักษาระบบระบายน้ำให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ

(2) พัฒนาและปรับปรุงสภาพพื้นที่และระบบระบายน้ำให้เหมาะสมสำหรับการควบคุมการไหลของน้ำบริเวณอาคารจอดและจรและศูนย์ซ่อมบำรุง

1.4 คุณค่าต่อคุณภาพชีวิต

1.4.1 สภาพเศรษฐกิจ-สังคม

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) จัดตั้งหน่วยมวลชนสัมพันธ์เพื่อสร้างความเข้าใจอันดีซึ่งกันและกันระหว่างโครงการและประชาชน เพื่อเผยแพร่ข้อมูลให้ประชาชนเข้าใจในลักษณะโครงการ โดยจัดให้มีการประชุมรับทราบข้อมูล และรับฟังความคิดเห็นของประชาชนเพื่อนำมาประกอบการกำหนดแผนงานที่ชัดเจน ให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนได้อย่างแท้จริง

(2) เผยแพร่ข้อมูลให้ประชาชนเข้าใจในลักษณะและขั้นตอนในระยะก่อสร้าง โดยเฉพาะระบบป้องกันภัย และลักษณะป้าย/สัญญาณเตือนต่างๆ ตลอดจนเส้นทางเบี่ยง/ทางสำรองในพื้นที่ เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบ พร้อมทั้งจัดเจ้าหน้าที่โครงการดูแลและอำนวยความสะดวกด้านการจราจรระหว่างที่มีกิจกรรมการก่อสร้าง

(3) ในระหว่างการก่อสร้างประชาชนบางส่วนมีความกังวลเรื่องความปลอดภัยในชีวิตและทรัพสินย์ ผู้รับเหมาควรจัดให้มีเวรยามบริเวณพื้นที่โครงการเพื่อสอดส่องดูแลในด้านความปลอดภัยตลอดเวลา

(4) ร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน เช่น การบริจาคทุนการศึกษา การให้ทุนการแข่งขันกีฬา เป็นต้น

(5) ตั้งหน่วยรับเรื่องราวร้องทุกข์ที่เกิดจากการก่อสร้างโครงการที่สำนักงานเขตเพื่อรับทราบปัญหาและผลกระทบต่างๆ เพื่อเร่งแก้ไขและอำนวยความสะดวกให้ประชาชนที่ได้รับผลกระทบ

(6) กรณีมีการร้องเรียนเกิดขึ้นต้องให้ความสำคัญในการแก้ปัญหาอย่างจริงจังและโดยเร็ว โดยประสานกับองค์กรหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อดำเนินการที่สอดคล้องและแก้ไขปัญหาร่วมกันในระหว่างการก่อสร้าง

(7) พิจารณาจัดให้มีหน่วยงานกลางในการติดตามประเมินผลการดำเนินงานโครงการ

(2) ระยะดำเนินการ

(1) จัดให้มีโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV) และการรักษาความปลอดภัยบริเวณอาคารจอดและจร รวมทั้งทางเดินเข้า-ออกอาคาร และควบคุมให้มีการปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด

(2) ประชาสัมพันธ์การดำเนินโครงการในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งแผ่นพับ ป้ายประชาสัมพันธ์ และ สื่อต่าง ๆ เช่น วิทยุ หนังสือพิมพ์ เป็นต้น

(3) ร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน เช่น การให้ทุนการศึกษากับโรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่โครงการ การทอดผ้าป่าหรือกฐินในวัดที่อยู่ใกล้โครงการ เป็นต้น

(4) จัดให้มีการดูงานหรือทัศนศึกษาในโครงการ เพื่อให้ทราบลักษณะการดำเนินงานของโครงการ โดยเน้นกลุ่มเป้าหมายผู้นำชุมชน เยาวชน นักเรียน เป็นต้น

1.4.2 การโยกย้ายและการทดแทนทรัพย์สิน

- **ระยะเตรียมการก่อสร้าง**

(1) จัดตั้งคณะกรรมกำหนดค่าทดแทนเพื่อเป็นผู้พิจารณากำหนดค่าทดแทนทรัพย์สินของผู้ที่ได้รับผลกระทบ

(2) ก่อนกำเนินการโครงการจะต้องทำการสำรวจสิ่งปลูกสร้างที่ถูกรื้อย้ายและเวนคืนพร้อมทั้งสำรวจที่ดินอย่างละเอียดเพื่อประเมินราคาจ่ายค่าชดเชย/ค่ารื้อย้ายทรัพย์สิน

(3) จัดทำแผนการเวนคืนและรื้อย้ายก่อนดำเนินการเพื่อแจ้งให้ประชาชนที่ได้รับผลกระทบทราบ

(4) เร่งดำเนินการออกพระราชกฤษฎีกาบริเวณพื้นที่ที่จะเวนคืน พร้อมกำหนดพื้นที่ที่จะเวนคืนให้ชัดเจน

(5) ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนที่ถูกเวนคืนและถูกรื้อย้าย ทราบถึงขั้นตอน/วิธีการ เวนคืน การจ่ายค่าชดเชยและทดแทนทรัพย์สิน ตลอดจนสิทธิ์ต่างๆ เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจ

(6) จ่ายค่ารื้อย้ายตามความเหมาะสมให้แก้ผู้รุกล้ำริมคลองที่ต้องถูกรื้อย้ายบ้านเรือนออกจากพื้นที่ก่อสร้างโครงการและประสานงานให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น จังหวัด และกรมประชาสงเคราะห์ เข้ามาให้ความช่วยเหลือในการหาที่อยู่ใหม่

- **ระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ**

ไม่มีผลกระทบจึงไม่กำหนดมาตรการลดผลกระทบในระยะดำเนินการ

1.4.3 ประวัติศาสตร์และโบราณคดี

- **ระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ**

ไม่มีผลกระทบจึงไม่กำหนดมาตรการลดผลกระทบในระยะดำเนินการ

1.4.4 การท่องเที่ยวและทัศนียภาพ

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) ดำเนินการเฉพาะในพื้นที่ที่จำเป็น และรักษาความสะอาด ความเป็นระเบียบในการจัดกองวัสดุในพื้นที่อย่างสม่ำเสมอ

(2) ปิดกั้นเขตก่อสร้างเป็นกำแพงสูงอย่างน้อย 2 เมตร มีป้ายแสดงเขตก่อสร้างชัดเจน และติดตั้งป้ายแสดงทัศนียภาพของโครงการในอนาคตเพื่อช่วยลดผลกระทบทางด้านทัศนียภาพ

(3) การก่อสร้างผ่านบริเวณพื้นที่อ่อนไหวให้ออกแบบกำแพงกั้นเขตก่อสร้างสูงอย่างน้อย 5 เมตร โดยกำแพงกันเสียงต้องมีความมั่นคง แข็งแรง และออกแบบให้มีความสวยงาม เพื่อลดผลกระทบด้านทัศนียภาพต่อประชาชนที่เข้ามาใช้บริการหน่วยงานราชการต่าง ๆ และลดผลกระทบต่อเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในบริเวณดังกล่าว

(4) ในการก่อสร้างควรออกแบบวางผังในพื้นที่ก่อสร้างและพยายามหลีกเลี่ยงการเคลื่อนต้นไม้ใหญ่ให้มากที่สุด

(5) การออกแบบพยายามลดข้อขัดแย้งในเรื่องสี ขนาด รูปทรง และพื้นที่ผิว เพื่อลดผลกระทบในการมองเห็นระหว่างโครงสร้างอาคารและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนความสับสนทางการมองเห็นเครื่องหมายและสัญญาณต่าง ๆ

(6) จัดภูมิทัศน์ในบริเวณอาคารจอดและจรและศูนย์ซ่อมบำรุงเพื่อลดข้อขัดแย้งทางด้านทัศนียภาพเมื่อเปิดดำเนินการ

(7) ออกแบบจัดสวนหย่อม สวนสาธารณะบริเวณอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุงในตำแหน่งที่เหมาะสม

- **ระยะดำเนินการ**

(1) บำรุงรักษาพื้นที่สีเขียวให้สมบูรณ์สวยงามอยู่เสมอ ซึ่งสีเขียวของต้นไม้ช่วยทำให้สบายตา

(2) ตรวจสอบ ดูแล และบำรุงรักษาต้นไม้และสวนเป็นประจำสม่ำเสมอและปลูกเสริมเมื่อพบว่ามีต้นใดตายลง

(3) ออกแบบสถานีให้มีกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมและจัดให้มีกำแพงกั้นสายตาในช่วงที่แนวเส้นทางรถไฟฟ้าผ่านพื้นที่ของกองทัพอากาศ

(4) พิจารณาตำแหน่งสถานีพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศให้ห่างจากถนนทางเข้าออกบ้านพักข้าราชการของกองทัพอากาศ

(5) พิจารณาให้ตำแหน่งสถานีโรงพยาบาลภูมิพลอยู่หน้าโรงพยาบาลภูมิพลเพื่อรองรับผู้มาใช้บริการที่โรงพยาบาลและพิจารณาจัดให้มีทางเดินเชื่อมต่อ (Skywalk) ไปยังอาคารของโรงพยาบาลเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้มาใช้บริการมากขึ้น

(6) พิจารณาปรับปรุงโครงสร้างของสถานีในปัจจุบันให้โปร่งเบายิ่งขึ้นให้มีความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมให้มากกว่าเดิม โดยเฉพาะเสาและคานยื่นให้เล็กลง โดยเฉพาะตัวคานอาจปรับให้มีปลายทั้ง 2 ด้านสอบขึ้นเล็กน้อยเพื่อลดความรู้สึกหนักและกดทับ เน้นความโปร่งตาของตัวสถานีและรูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่ทันสมัยแต่เรียบง่าย การเซาะร่องเสาเพื่อลดความกระด้างต้องให้เกิดแสงเงาที่ชัดเจนกว่าในปัจจุบัน

(7) โครงสร้างด้านใต้ตัวสถานีต้องมีฝ้าปิดหรือออกแบบให้มีความเป็นระเบียบสวยงามกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ต้องมีการให้สีที่สว่างพื้น รวมทั้งต้องมีการทำนุบำรุงรักษาทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ

(8) การออกแบบรายละเอียดของสถานีต้องมีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในด้านการออกแบบเมือง (Urban Designer) และสถาปัตยกรรมรวมอยู่ด้วย

(9) ไม่ติดป้ายโฆษณาหาเสียงต่างๆ บริเวณโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า

1.4.5 การสาธารณสุข อาชีวอนามัยและความปลอดภัย

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องจัดให้มีแผนการจัดการด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัย

(2) จัดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างเพียงพอกับจำนวนคนงานและควบคุมให้มีการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวทุกครั้งตลอดการปฏิบัติงาน เช่น ที่อุดหู ที่ครอบหู หน้ากากกันฝุ่น

(3) ควบคุมดูแลให้มีการใช้อุปกรณ์ลดเสียงอย่างถูกต้อง และใช้ตลอดระยะเวลาทำงาน

(4) จัดให้มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งปฏิบัติเต็มเวลารับผิดชอบด้านความปลอดภัยโดยตรง

(5) จัดให้มีอุปกรณ์ปฐมพยาบาล รวมทั้งยาที่ใช้ประจำไว้ในพื้นที่ก่อสร้าง และจัดให้มียานพาหนะเพื่อใช้ในการขนย้ายผู้ป่วยหรือผู้บาดเจ็บจากอุบัติเหตุจากพื้นที่ก่อสร้างไปยังสถานพยาบาลใกล้เคียงได้ทันที

(6) ปฏิบัติตามกฎหมายความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอย่างเคร่งครัด เช่น ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง ว่าด้วยเขตก่อสร้าง พ.ศ. 2528

(7) ผู้รับเหมาจะต้องทำประกันภัยความรับผิดชอบต่อบุคคลภายนอกการประกันภัยระหว่างการก่อสร้างที่ครอบคลุมถึงความรับผิดชอบต่อบุคคลภายนอก ซึ่งเป็นการประกันความรับผิดชอบต่อบุคคลภายนอกอันเกิดจากอุบัติเหตุที่เกิดจากการปฏิบัติงาน และยังผลให้เกิดความสูญเสียหรือเสียหายต่อทรัพย์สินและ/หรือความบาดเจ็บทางร่างกาย

(8) กำหนดมาตรการลดผลกระทบ ในกรณีป้องกันอุบัติเหตุจากการคมนาคมขนส่ง ได้แก่

ก. ติดสัญญาณไฟ ไฟกระพริบ ป้ายเตือนบอกทางเบี่ยงก่อนถึงบริเวณก่อสร้าง ตลอดจนติดตั้งป้ายเตือนภัย สัญญาณเตือนภัย และป้ายห้าม ในบริเวณเขตการก่อสร้างให้เห็นอย่างชัดเจนทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ก่อนถึงพื้นที่ก่อสร้างทุกระยะ 100 เมตร เพื่อให้ผู้ใช้เส้นทางระมัดระวังรถขนส่งวัสดุเข้า-ออกโครงการ

ข. มีป้ายแสดงเขตการก่อสร้าง ล่วงหน้าอย่างชัดเจน เป็นระยะๆ ก่อนถึงบริเวณก่อสร้างอย่างน้อยในระยะ 100 เมตร

ค. มีไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อแสดงขอบเขตพื้นที่ก่อสร้างให้ชัดเจน สำหรับป้องกันอุบัติเหตุสำหรับผู้ใช้เส้นทางในเวลากลางคืน

ง. ติดตั้งป้ายลดความเร็ว หรือป้ายจำกัดความเร็วที่ระยะ 900 เมตร และป้ายกำหนดความเร็วเป็นระยะทาง 100 เมตรก่อนถึงพื้นที่ก่อสร้างโครงการ

จ. ควบคุมให้พนักงานขับรถปฏิบัติตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัด

ฉ. กำหนดแนวเขตก่อสร้าง และปิดกั้นบริเวณเพื่อป้องกันบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้อง เข้าไปในบริเวณเขตก่อสร้าง และติดตั้งป้ายเตือน เช่น ห้ามเข้า เขตก่อสร้าง เขตอันตราย เป็นต้น

(9) ออกแบบให้มีการติดตั้งระบบกล้องวงจรปิดภายในอาคารจอดและจร เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยเมื่อเปิดดำเนินการแล้ว

(10) จัดให้มีแสงสว่างในพื้นที่ก่อสร้างตลอดช่วงเวลากลางคืน พร้อมทั้งติดตั้งไฟส่องทางบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าภายหลังจากที่ก่อสร้างโครงการเสร็จสิ้น

(11) ในกรณีการก่อสร้างกีดขวางบริเวณป้ายรถประจำทางหรือจุดเรียกรถรับจ้างสาธารณะต้องกำหนดให้มีป้ายรถโดยสารประจำทาง หรือจุดเรียกรถรับจ้างสาธารณะชั่วคราวขึ้นใหม่โดยต้องไม่ไกลจากตำแหน่งเดิม

(12) เน้นความปลอดภัยแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง และความปลอดภัยสำหรับประชาชนในการสัญจรสำหรับประชาชนในการสัญจรผ่านพื้นที่ก่อสร้าง โดยต้องมีการติดตั้งราวกันชน ตาข่ายป้องกันเศษวัสดุ ผนังกั้นฝุ่นและเสียง รางดักน้ำรวมทั้งการจัดเก็บเศษวัสดุต่างๆ ให้พ้นจากผิวจราจร

(13) กิจกรรมการก่อสร้างต่างๆ ที่จะรบกวนการสัญจรทางเท้าบริเวณบาทวิถีจะต้องจัดให้มีทางเดินเท้าชั่วคราวขึ้น และมีป้ายสัญลักษณ์แสดงทิศทางอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้ใช้ทางเท้าสามารถใช้บริการรถโดยสารประจำทางได้อย่างปลอดภัย

- **ระยะดำเนินการ**

(1) จัดให้มีป้ายเตือนที่ชัดเจนในบริเวณการทำงานที่เป็นอันตราย

(2) จัดให้มีการตรวจสุขภาพพนักงานประจำปี

(3) จัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล สำหรับพนักงานที่ต้องสัมผัสกับสิ่งอันตราย พร้อมกำหนดให้สวมใส่อุปกรณ์ดังกล่าวทุกครั้งที่ปฏิบัติงาน เช่น ปลั๊กอุดหู ที่ครอบหู หน้ากากกันฝุ่น หมวกนิรภัย รองเท้านิรภัย แว่นตานิรภัย เป็นต้น

(4) จัดให้มีการฝึกซ้อมรับเหตุฉุกเฉินอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

(5) ปฏิบัติตามมาตรการลดผลกระทบด้านคุณภาพอากาศอย่างเคร่งครัด

ภาคผนวก ค.

แผนการจัดการสิ่งแวดล้อม

ภาคผนวก ค

แผนการจัดการสิ่งแวดล้อม

1.1 บทนำ

การพัฒนาโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 มีกิจกรรมทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและการใช้ประโยชน์ของประชาชน เพื่อให้การดำเนินโครงการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชนน้อยที่สุดจึงกำหนดแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อวัตถุประสงค์ ดังนี้

(1) เพื่อให้การดำเนินการป้องกันและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการมีผลในทางปฏิบัติเป็นรูปธรรม

(2) แผนการจัดการสิ่งแวดล้อมระยะก่อสร้าง จะต้องผนวกไว้ในสัญญากับผู้รับเหมา โดยระบุให้ผู้ควบคุมงานเป็นผู้ดูแลให้มีการดำเนินการตามแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างเคร่งครัด

(3) แผนปฏิบัติตามแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมระยะดำเนินการ จะต้องผนวกไว้ในสัญญากับผู้รับสัมปทาน ให้ปฏิบัติตามแผนอย่างเคร่งครัด

(4) เพื่อให้ประชาชนได้มีส่วนร่วมรับรู้และให้ความคิดเห็นต่อการดำเนินการของโครงการ สมควรประชาสัมพันธ์ให้ผู้นำและสมาชิกของชุมชนที่อยู่ใกล้พื้นที่โครงการซึ่งเป็นแหล่งรับที่ไวต่อผลกระทบจากโครงการได้รับทราบแนวทางและมาตรการในการลดผลกระทบจากการดำเนินโครงการ พร้อมทั้งมีส่วนร่วมในการช่วยสอดส่องดูแลให้ผู้รับเหมาและผู้รับสัมปทานปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในมาตรการต่าง ๆ ดังกล่าว

แผนปฏิบัติการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมมีทั้งสิ้น 12 แผน ได้แก่

แผนงานที่ 1 : แผนปฏิบัติการควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำผิวดิน
แผนงานที่ 2 : แผนปฏิบัติการควบคุมคุณภาพอากาศ
แผนงานที่ 3 : แผนปฏิบัติการป้องกันระดับเสียง
แผนงานที่ 4 : แผนปฏิบัติการป้องกันและลดผลกระทบด้านความสั่นสะเทือน
แผนงานที่ 5 : แผนบรรเทาผลกระทบด้านการจราจร
แผนงานที่ 6 : แผนการควบคุมการระบายน้ำ
แผนงานที่ 7 : แผนการจัดการมูลฝอย
แผนงานที่ 8 : แผนการจัดการด้านการสาธารณสุข อาชีวอนามัยและความปลอดภัย
แผนงานที่ 9 : แผนการปรับปรุงภูมิทัศน์
แผนงานที่ 10 : แผนการบรรเทาผลกระทบด้านเศรษฐกิจ-สังคม
แผนงานที่ 11 : แผนปฏิบัติการด้านการรื้อย้ายและการเวนคืน
แผนงานที่ 12 : แผนประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมของประชาชน

1.2 แผนปฏิบัติการควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำผิวดิน

1.2.1 หลักการและเหตุผล

การพัฒนาโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 อาจมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ได้แก่ ในระยะก่อสร้างอาจก่อให้เกิดตะกอนแขวนลอยในน้ำเนื่องจากการชะล้างของดินซึ่งมาจากกิจกรรมการเปิดหน้าดินในกรณีที่ฝนตก ประกอบกับการปนเปื้อนของน้ำมันและไขมันจากเครื่องมือและอุปกรณ์ก่อสร้าง รวมทั้งน้ำทิ้งที่มาจากสำนักงานก่อสร้าง ส่วนผลกระทบในช่วงดำเนินโครงการ จะเกิดขึ้นจากน้ำที่ระบายจากระบบบำบัดน้ำเสีย ของศูนย์ซ่อมบำรุงลงสู่คลองหกวา ในการดำเนินโครงการจึงต้องจัดทำแผนปฏิบัติการเพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาดำเนินการ

1.2.2 วัตถุประสงค์

เพื่อป้องกันมิให้เศษวัสดุต่าง ๆ รวมทั้งตะกอนดินจากการก่อสร้าง และกิจกรรมการดำเนินการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ

1.2.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง : บริเวณคลองต่างๆ ที่อยู่ตามแนวเส้นทาง และบริเวณคลองหกวาซึ่งอยู่ใกล้พื้นที่ก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง รวมถึงพื้นที่ก่อสร้างอาคารจอดและจรซึ่งอยู่ใกล้ระบบระบายน้ำสาธารณะ

(2) ระยะดำเนินการ : บริเวณคลองหกวาซึ่งอยู่ใกล้ศูนย์ซ่อมบำรุง

1.2.4 วิธีดำเนินการ

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) สร้างลานคอนกรีตในบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง เพื่อกันการซึมของน้ำมันและไขมันลงสู่ดิน รวมทั้งสร้างบ่อพักและระบบบำบัดน้ำทิ้งก่อนปล่อยสู่ภายนอก

(2) ในกรณีที่มีการขุดดินในพื้นที่ก่อสร้างแล้วนำมากองไว้ ต้องวางกองให้ห่างไกลจากแหล่งน้ำ และจัดให้มีที่เก็บกองโดยเฉพาะ และเก็บในพื้นที่ปิดล้อมอย่างมิดชิด

(3) จัดให้มีระบบระบายน้ำ รางระบายน้ำ (Gutter) และบ่อตกตะกอนขนาดเพียงพอที่จะรองรับน้ำฝนในพื้นที่ในบริเวณที่ก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารจอดและจรก่อนระบายออกสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ พร้อมทั้งดูแลบำรุงรักษาและขุดลอกตะกอนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดเวลา

(4) หลีกเลี่ยงการก่อสร้างฐานรากลงในแหล่งน้ำผิวดินที่แนวเส้นทางผ่าน

(5) ติดตั้งตาข่ายป้องกันเศษวัสดุตกหล่นใต้บริเวณโครงสร้างช่วงก่อสร้างผ่านคลองบางเขน (คลองสอง) คลองสอง คลองสาม คลองสี่ คลองห้า และคลองหกวา

(6) เร่งดำเนินกิจกรรมการก่อสร้างที่ก่อให้เกิดการชะล้างหน้าดินในช่วงฤดูแล้ง เช่น การปรับพื้นที่ การขุดเจาะและถมพื้นที่ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการชะล้างหน้าดินในช่วงฤดูฝน

(7) ควรควบคุมการก่อสร้างให้เสร็จตามแผนการก่อสร้างที่กำหนดไว้ เพื่อเป็นการจำกัดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาอันสั้นที่สุด

(8) ต้องรวบรวมวัตถุอันตราย รวมทั้งน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว และภาชนะปนเปื้อน โดยมีการควบคุมด้วยวิธีการที่เหมาะสม

(9) ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปชนิดเกรอะ-กรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากบ้านพักคนงานก่อนระบายน้ำทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ

(10) ห้ามทิ้งขยะมูลฝอยจากชุมชนแรงงาน และวัสดุการก่อสร้างเหลือใช้ลงในแหล่งน้ำผิวดิน หรือท่อระบายน้ำสาธารณะใกล้บริเวณพื้นที่ก่อสร้าง

(11) ห้ามทิ้งขยะมูลฝอยจากบ้านพักคนงานและเศษวัสดุเหลือใช้ลงแหล่งน้ำต่าง ๆ

(12) จัดให้มีห้องส้วมถูกหลักสุขาภิบาลบริเวณสำนักงานก่อสร้างชั่วคราวและบ้านพักคนงานอย่างเพียงพอ และอยู่ห่างจากแหล่งน้ำผิวดินอย่างน้อย 50 เมตร

(13) ผู้รับเหมาต้องตรวจสอบและดูแลห้องส้วมให้ถูกสุขลักษณะอยู่เสมอ และเมื่อถังเกรอะเต็มต้องประสานให้รถสูบสิ่งปฏิกูล ของหน่วยงานที่รับผิดชอบดำเนินการทันที

(14) จัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียและบ่อดักไขมันและน้ำมันที่ศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารจอดและจร

(15) จัดให้มีห้องส้วมที่ถูกหลักสุขาภิบาลสำหรับพนักงานและเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ซ่อมบำรุง อาคารจอดและจร และสถานีรถไฟฟ้าทุกแห่ง

(16) จัดให้มีการรวบรวมและกำจัดมูลฝอย และของเสียอันตรายที่สถานีรถไฟฟ้า อาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุงอย่างเหมาะสมไม่ให้รั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ

- **ระยะดำเนินการ**

(1) ตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย โดยมีคุณภาพน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดเป็นไปตามเกณฑ์ที่ออกแบบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อมิให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำของแหล่งรองรับน้ำทิ้งของโครงการ

(2) ตักหรือกวาดกากตะกอนจากบ่อปรับสภาพน้ำเสีย รวมทั้งไขมันและคราบน้ำมันจากบ่อดักไขมันและบ่อดักคราบไขมันมาเก็บรวบรวมไว้ในถังขนาด 200 ลิตร

(3) ส่งกากตะกอน ไขมัน และคราบน้ำมันที่เกิดขึ้นให้หน่วยงานกำจัดของเสียอันตรายที่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานราชการนำไปกำจัดต่อไป

(4) น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วต้องพิจารณานำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น รดน้ำต้นไม้ ล้างถนน เป็นต้น เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่โครงการ

(5) จัดให้มีเจ้าหน้าที่ดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อช่วยให้การควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งดีขึ้น

1.2.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาก่อสร้างระยะดำเนินการ

1.2.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : รฟม. หรือ ผู้เดินรถภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

1.2.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อสร้าง : รวมอยู่ในงบประมาณค่าก่อสร้างโครงการ

(2) ระยะดำเนินการ : รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

1.3 แผนปฏิบัติการควบคุมคุณภาพอากาศ

1.3.1 หลักการและเหตุผล

การดำเนินโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศโดยเฉพาะในระยะก่อสร้างที่ต้องมีการปรับพื้นที่ การขนส่งวัสดุ และกิจกรรมอื่น ในบริเวณโครงการและพื้นที่ใกล้เคียงได้ โดยเฉพาะต่อบริเวณที่ไวต่อผลกระทบ ได้แก่ โรงเรียน โรงพยาบาล วัด สถานที่ราชการต่างๆ รวมถึงชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง ดังนั้น เพื่อป้องกันผลกระทบด้านคุณภาพอากาศที่จะเกิดขึ้นจากโครงการ จึงต้องมีแนวทางการป้องกันและลดผลกระทบดังกล่าว

1.3.2 วัตถุประสงค์

เพื่อควบคุมคุณภาพอากาศบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ ตลอดจนเพื่อกำหนดผู้รับผิดชอบในการ เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการปฏิบัติและเป็นรูปธรรม

1.3.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง : พื้นที่ที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง

(2) ระยะดำเนินการ : บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง สถานีรถไฟฟ้าและแนวเส้นทางโครงการ

1.3.4 วิธีดำเนินการ

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) จัดพื้นที่ที่ใช้สำหรับล้างล้อรถเพื่อทำความสะอาดก่อนออกจากพื้นที่ก่อสร้าง

(2) น้ำจากการล้างล้อรถบรรทุกต้องนำไปบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ โดยเฉพาะการก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุงและอาคารจอดและจร

(3) สร้างรั้วทึบติดพื้นสูงไม่น้อยกว่า 5 ม. ปิดกั้นโดยรอบบริเวณที่มีการเปิดหน้าดิน หรือขุดเจาะเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองเข้าไปยังพื้นที่อ่อนไหวด้านสิ่งแวดล้อม และรื้อออกเมื่อการก่อสร้างงานฐานรากแล้วเสร็จพร้อมกับการคืนผิวจราจร

(4) กำหนดให้มีศูนย์รับเรื่องร้องเรียนจากชุมชนตั้งอยู่บริเวณใกล้แนวเส้นทางมากที่สุด พร้อมมีป้ายและหมายเลขโทรศัพท์ติดไว้ จัดให้มีเจ้าหน้าที่ประจำ 24 ชั่วโมง และต้องรวบรวมข้อมูลการร้องทุกข์พร้อมผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาและเสนอต่อที่ประชุมคณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติตามมาตรการฯ อย่างน้อยเดือนละ 10 ครั้ง

(5) ต้องขนย้ายเศษวัสดุ ขยะ และสิ่งปฏิกูลออกจากสถานที่ก่อสร้างอย่างน้อยทุก ๆ 2 วัน หากยังไม่พร้อมที่จะขนย้ายต้องจัดให้มีที่พักรวมที่มีขนาดเพียงพอ อยู่ในตำแหน่งที่สะดวกต่อการจัดเก็บ และต้องมีมาตรการทำความสะอาดอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกเปรอะเปื้อน

(6) ปั้นจั่น เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้สำหรับตอกเสาเข็มหรือเจาะดินเพื่อทำเสาเข็ม ต้องจัดให้มีการป้องกันการฟุ้งกระจายของเศษดินขณะดำเนินการโดยใช้ผ้าใบทึบหรือวัสดุอย่างอื่นหรือเทียบเท่า ขึงรอบบริเวณมีความสูงอย่างน้อย 2 ใน 3 ของความสูงของปั้นจั่นที่ใช้ตอกเสาเข็ม หรือเจาะดิน

(7) กำหนดเส้นทางการจราจรในพื้นที่ก่อสร้างและเส้นทางลำเลียงขนส่งให้ชัดเจน

(8) บำรุงรักษาเส้นทางให้อยู่ในสภาพดีและปรับสภาพผิวจราจรให้ดีเช่นเดิม เมื่อการก่อสร้างเสร็จเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่น

(9) ควรผนวกข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครเกี่ยวกับการก่อสร้างรวมทั้งแนวทางควบคุมฝุ่นจากการก่อสร้างของกรมควบคุมมลพิษเข้าเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาก่อสร้าง

(10) ติดตั้งปล่องทึบวัสดุหรือเศษคอนกรีตเพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองสำหรับการก่อสร้างอาคารจอดและจร อาคารศูนย์ซ่อมบำรุง การก่อสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้าและสถานียกระดับทุกแห่ง

(11) ติดตาข่ายถี่หรือพลาสติกเพื่อสร้างโครงสร้างส่วนบนของตอม่ออาคารจอดและจร ทางวิ่งรถไฟฟ้าและสถานียกระดับทุกแห่ง

(12) ออกแบบให้อาคารจอดและจรหันเข้าทิศทางลม และโปร่งระบายอากาศออกจากอาคารได้ดี

(13) บริเวณอาคารจอดและจรซึ่งตั้งอยู่ใกล้เคียงกับชุมชนใกล้เคียงต้องปลูกต้นไม้เพื่อเป็น Buffer Zone 3 แถวสลับฟันปลา ไม้ยืนต้นที่ปลูก เช่น อโศกอินเดีย เป็นต้น เพื่อช่วยดูดซับมลสารจากอาคารจอดและจร

- **ระยะดำเนินการ**

(1) ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ตำรวจเพื่อลดความคับคั่งของการจราจรในพื้นที่โครงการ โดยเฉพาะบริเวณซึ่งเป็นที่ตั้งของอาคารจอดและจร โดยติดตั้งเครื่องหมายและสัญลักษณ์จราจรเพื่อบอกทิศทางและกำหนดความเร็วบริเวณสถานีและอาคารจอดและจร

(2) ประสานงานหน่วยงานท้องถิ่นในการรักษาความสะอาดบริเวณใต้เส้นทางของโครงการโดยเฉพาะบริเวณใต้สถานี โดยจัดให้มีรถดูดฝุ่นที่มีประสิทธิภาพในการดูดฝุ่นออกจากถนน

(3) ห้ามจอดรถและติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้ในขณะจอดที่อาคารจอดและจรและบริเวณสถานีรถไฟฟ้า

1.3.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาก่อสร้างระยะดำเนินการ

1.3.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : รฟม. หรือ ผู้เดินรถภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

1.3.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อสร้าง : รวมอยู่ในงบประมาณค่าก่อสร้างโครงการ

(2) ระยะดำเนินการ : รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

1.4 แผนปฏิบัติการป้องกันระดับเสียง

1.4.1 หลักการและเหตุผล

กิจกรรมการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 มีการใช้เครื่องจักรกลต่างๆ ที่อาจทำให้เกิดเสียงดังรบกวนประชาชนที่อยู่ใกล้พื้นที่ก่อสร้าง ตลอดจนในอนาคตเมื่อปริมาณจราจรหนาแน่นขึ้นอาจมีระดับเสียงเพิ่มขึ้น และอาจส่งผลกระทบต่อประชาชนได้เช่นกัน เพื่อป้องกันผลกระทบด้านเสียงรบกวนจึงต้องกำหนดแนวทางการป้องกันและลดผลกระทบดังกล่าว

1.4.2 วัตถุประสงค์

เพื่อควบคุมระดับเสียงบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการให้อยู่ในระดับที่ก่อให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุดทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ

1.4.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง : พื้นที่ที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง

(2) ระยะดำเนินการ : บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง สถานีรถไฟฟ้า และแนวเส้นทางโครงการ

1.4.4 วิธีดำเนินการ

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) กำหนดให้ใช้เสาเข็มเจาะเพื่อลดผลกระทบด้านเสียง

(2) กรณีที่มีเสียงดังมากซึ่งเป็นผลมาจากการใช้มอเตอร์ และเครื่องจักร ควรมีการติดตั้งเครื่องระงับเสียง (Silencer) หรือเครื่องดับเสียง (Muffer)

(3) กำหนดช่วงเวลาในการก่อสร้างที่ก่อให้เกิดเสียงดังให้อยู่ระหว่างเวลา 06.00-18.00 น. เพื่อหลีกเลี่ยงเวลาการพักผ่อนของประชาชน

(4) กำหนดช่วงเวลาการก่อสร้างผ่านรร.ผ่องสุวรรณวิทยา รร.วัดสายไหม และรร.วัดคลองชัน ในช่วงปิดภาคเรียน

(5) ต้องแจ้งชุมชนให้ทราบล่วงหน้าอย่างน้อย 15 วัน เมื่อจะมีการก่อสร้างที่ทำให้เกิดเสียงดัง รบกวนชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการ

(6) กำหนดให้มีศูนย์รับเรื่องร้องเรียนจากชุมชนตั้งอยู่บริเวณใกล้แนวเส้นทางมากที่สุด พร้อมมีป้ายและหมายเลขโทรศัพท์ติดไว้ จัดให้มีเจ้าหน้าที่ประจำ 24 ชั่วโมง และต้องรวบรวมข้อมูลการร้องทุกข์พร้อมผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาและเสนอต่อที่ประชุมคณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติตามมาตรการฯ อย่างน้อยเดือนละ 10 ครั้ง

(7) ศูนย์ซ่อมบำรุงด้านที่มีอาณาเขตติดต่อกับชุมชนต้องปลูกต้นไม้เพื่อเป็น Buffer Zone 3 แถวสลับฟันปลา ไม้ยืนต้นที่ปลูก เช่น อโศกอินเดีย เป็นต้น

- ***ระยะดำเนินการ***

(1) มีผนังกันล้อสูง 1.2 เมตรตลอดสองข้างรางรถไฟฟ้า

(2) ติดตั้งวัสดุซับเสียง (Absorption Material) ที่เพดานใต้สถานีเพื่อลดหรือป้องกันการสะท้อนของเสียงทุกสถานี ซึ่งวัสดุซับเสียงนี้สามารถลดค่าระดับเสียงได้ถึง 3 dB(A) หรือมากกว่า โดยวัสดุที่ใช้ คือ แผ่นอะลูมิเนียมเจาะรู (Perforated Aluminium) และใยแก้ว (Fiber Glass) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและสามารถลดการสะท้อนเสียงได้ดี โดยเมื่อเสียงจากยานพาหนะใต้สถานีมายังวัสดุซับเสียง เสียงส่วนหนึ่งจะผ่านแผ่นอะลูมิเนียมที่เจาะรูไว้ภายในมีใยแก้วช่วยดูดซับเสียง จึงทำให้เสียงจากพาหนะสะท้อนฝ้าเพดานลงไปยังพื้นถนนลดลง

(3) ปลูกต้นไม้บริเวณสถานีเพื่อช่วยลดการสะท้อนของเสียงบริเวณใต้สถานี

(4) ติดวัสดุกันเสียงชนิดดูดกลืนเสียง (Absorptive barrier) ที่มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมอัดด้วยเส้นใย เช่น ใยแก้ว ตามแนวเส้นทางบริเวณผนังกั้นล้อทั้ง 2 ด้านจำนวน 4 ตำแหน่ง ดังนี้

a. ช่วงผ่านโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ระยะทาง 215 ม. จาก STA. 1+385 ถึง 1+600 (ก่อนถึงสถานี) รวม 2 ฝั่ง มีความยาว 430 ม.
b. ช่วงโค้งตลาดประตูกรุงเทพ ระยะทาง 250 ม. จาก STA. 3+600 ถึง 3+850 รวม 2 ฝั่ง มีความยาว 500 ม.
c. ช่วงโค้งข้ามคลองสอง ระยะทาง 400 ม. จาก STA. 5+000 ถึง 5+400 รวม 2 ฝั่ง มีความยาว 800 ม.
d. ช่วงโค้งเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง ระยะทาง 125 ม. จาก STA. 0+450 ถึง 0+650 รวม 2 ฝั่ง มีความยาว 400 ม.

(5) ติดวัสดุดูดกลืนเสียง ภายในศูนย์ซ่อมบำรุงจำนวน 3 ตำแหน่ง ดังนี้

a. ตลอดแนวทั้ง 2 ฝั่งของรางทดสอบ (test track)

b. ด้านหลังอาคารจอดขบวนรถ (stabling building) ตลอดแนวช่วงที่ติดกับวัดเจริญธรรมาราม

c. ติดวัสดุดูดซับเสียงชนิด glass wool ที่ผนังของอาคารเจียรล้อ (wheel reprofiling plant)

(6) ปลูกต้นไม้เพื่อเป็น Buffer Zone 3 แถวสลับฟันปลา ไม้ยืนต้นที่ปลูก เช่น อโศกอินเดีย เป็นต้น รอบศูนย์ซ่อมบำรุง

(7) บำรุงรักษาระบบรถไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี และป้องกันเสียงดังจากการเสียดทานของรถกับรางรถไฟฟ้า

(8) บำรุงรักษา และปลูกต้นไม้ทดแทนที่ตายไปในบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารจอดและจรให้มีสภาพดีอยู่เสมอ

(9) ตรวจสอบวัสดุซับเสียงให้อยู่ในสภาพดีอย่างสม่ำเสมอ และเปลี่ยน/ซ่อมแซมเมื่อพบว่ามีความชำรุดเสียหาย เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการซับเสียงอย่างเหมาะสมตลอดเวลา

(10) ตรวจสอบยางรองหมุดยึดรางและยางบริเวณดุมล้อให้มีสภาพสมบูรณ์ โดยตรวจสอบอย่างน้อยเดือนละ 2 ครั้ง

(11) กำหนดความเร็วรถไฟฟ้าช่วงที่ผ่านทางโค้งไม่เกิน 30 กม./ชั่วโมง เพื่อความปลอดภัยและลดการเสียดสีของรางกับล้ออันอาจก่อให้เกิดเสียงดัง

1.4.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาก่อสร้างระยะดำเนินการ และปลูกต้นไม้ดูดซับเสียงให้แล้วเสร็จก่อนเปิดใช้รถไฟฟ้า

1.4.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : รฟม. หรือ ผู้เดินรถภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

1.4.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อสร้าง :

- ค่าปลูกต้นไม้ รวมอยู่ในงบประมาณการปรับปรุงภูมิทัศน์
- รายการอื่น ๆ รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมาก่อสร้าง

(2) ระยะดำเนินการ : รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

1.5 แผนปฏิบัติการป้องกันและลดผลกระทบด้านความสั่นสะเทือน

1.5.1 หลักการและเหตุผล

โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 มีกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น ซึ่งในบริเวณใกล้เคียงอาคารจอดและจรมีชุมชนอยู่ใกล้เคียง ส่วนศูนย์ซ่อมบำรุงมีชุมชนและพื้นที่ที่ไวต่อผลกระทบ คือ วัดเจริญธรรมาราม ดังนั้นในการดำเนินโครงการจึงต้องมีการติดตามตรวจสอบความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะในขณะก่อสร้างโครงการเพื่อป้องกันผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนจึงต้องกำหนดแนวทางการป้องกันและลดผลกระทบดังกล่าว

1.5.2 วัตถุประสงค์

เพื่อควบคุมป้องกันและลดผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ

1.5.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง : พื้นที่ที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง

(2) ระยะดำเนินการ : บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง สถานีรถไฟฟ้าและแนวเส้นทางโครงการ

1.5.4 วิธีดำเนินการ

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) ออกแบบการก่อสร้างให้มีรอยต่อระหว่างรางรถไฟฟ้าน้อยที่สุดเพื่อลดความสั่นสะเทือน

(2) เลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรที่เกิดแรงกระแทกน้อยที่สุด เช่น ใช้เข็มเจาะแทนเข็มตอก เพื่อลดผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น และต้องมีวิศวกรควบคุมการทำงานอย่างใกล้ชิดเพื่อตรวจสอบความสั่นสะเทือนที่อาจเกิดอันตรายได้

(3) ในกรณีที่ความสั่นสะเทือนค่อนข้างสูง จะต้องมีการขุดร่องสำหรับเป็นตัวตัดคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสู่จุดรับ ซึ่งสามารถช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้

(4) กรณีที่คาดว่ามีความเสียหายต่ออาคารที่เกิดจากการดำเนินการ ต้องจัดผู้เชี่ยวชาญเข้าไปสำรวจและหาแนวทางแก้ไขโดยด่วน

(5) ในระหว่างการก่อสร้างต้องมีการกำหนดข้อปฏิบัติเพื่อให้ผู้รับเหมาใช้มาตรการที่เหมาะสมเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ใกล้เคียง

- **ระยะดำเนินการ**

(1) กรณีที่ได้รับร้องเรียนเรื่องความสั่นสะเทือน ทางหน่วยงานหรือผู้เดินรถต้องจัดผู้เชี่ยวชาญเข้าไปสำรวจและหาแนวทางแก้ไขโดยด่วน

(2) ตรวจสอบยางรองหมุดยึดรางและยางบริเวณดุมล้อให้มีสภาพสมบูรณ์ โดยตรวจสอบอย่างน้อยเดือนละ 2 ครั้ง

1.5.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาก่อสร้างระยะดำเนินการ

1.5.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : รฟม. หรือ ผู้เดินรถภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

1.5.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อสร้าง : รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา

(2) ระยะดำเนินการ : รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

1.6 แผนบรรเทาผลกระทบด้านการจราจร

1.6.1 หลักการและเหตุผล

โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 มีกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการคมนาคม ทั้งจากการลดลงของพื้นที่ผิวจราจร ซึ่งจะมีผลต่อความเร็วของยานพาหนะ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหารถติดบนถนนพหลโยธินและถนนลำลูกกา นอกนี้ยังมีการเสนอให้จัดระบบการจราจรบริเวณพื้นที่ตลาดประตูกรุงเทพ และบริเวณจุดเชื่อมทางเข้า-ออกของถนนโครงการบริเวณจุดเชื่อมต่อกับถนนลำลูกกา ช่วงสถานีตำรวจภูธรคูคต เพื่อบรรเทาผลกระทบด้านการจราจรจึงต้องกำหนดแนวทางการป้องกันและลดผลกระทบดังกล่าว

1.6.2 วัตถุประสงค์

เพื่อบรรเทาผลกระทบด้านการจราจรบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ

1.6.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง : บริเวณทางเข้า-ออกพื้นที่ก่อสร้าง และบ้านพักคนงาน

(2) ระยะดำเนินการ : บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุง

1.6.4 วิธีดำเนินการ

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) มีแผนการจัดจราจรช่วงเตรียมการและก่อนการก่อสร้าง และในระหว่างการก่อสร้าง

(2) ทดสอบระบบจราจรที่กำหนดไว้ก่อนการก่อสร้างจริง

(3) จัดตั้งศูนย์ประชาสัมพันธ์และประสานงานตำรวจจราจรเพื่ออำนวยความสะดวกในพื้นที่ก่อสร้าง รวมถึงประชาสัมพันธ์ทางลัดทางเลี่ยง และต้องจัดให้มีหัวหน้าศูนย์ที่สามารถตัดสินใจและสั่งการได้อยู่ในพื้นที่ และมีเจ้าหน้าที่อำนวยการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างและทางเลี่ยงต่าง ๆ ตลอดเวลา

(4) กำหนดให้มีป้ายเตือน แผงกั้น กรวย ป้ายจราจร แสงสว่าง ไฟกระพริบ สัญญาณจราจรต่าง ๆ ที่จำเป็นตั้งแต่ก่อนเข้าเขตก่อสร้าง ซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้รับเหมาที่ต้องทำให้ถูกต้องตามมาตรฐานของ สนข.และ กทม. เพื่อใช้ในการเตือนและเบี่ยงช่องจราจร

(5) เพิ่มความระมัดระวังในช่วงที่มีการก่อสร้างผ่านถนนวงแหวนรอบนอกฝั่งตะวันออกเนื่องจากรถที่สัญจรในเส้นทางนี้มักใช้ความเร็วสูง

(6) ห้ามจอดยานพาหนะชนิดต่างๆ บริเวณริมถนนในช่วงที่มีการปิดถนนบางช่วงที่มีการก่อสร้าง

(7) จัดช่องจราจรซ้ายมือสุดในทิศทางเข้าสู่แยกต้องระบายรถเลี้ยวซ้ายผ่านแยกได้ตลอดเวลา

(8) จัดให้มีป้ายบอกเส้นทางลัด โดยบริเวณตรอก ซอก ซอย ที่สามารถใช้เป็นทางลัดต้องปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้อย่างดี

(9) การติดเครื่องหมายจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง ต้องให้มีระยะที่เพียงพอขึ้นอยู่กับความเร็วในการขับขี่ เพื่อให้การจราจรผ่านไปได้อย่างสะดวก ไม่ติดขัด

โดยในพื้นที่ก่อสร้าง 200 ม. มีการแบ่งพื้นที่และติดตั้งสัญญาณ ดังนี้

- ที่ระยะ 100 ม. ก่อนถึงพื้นที่ลดช่องจราจร จะติดป้ายเตือน “งานติดตั้งทางยกระดับข้างหน้า 100 ม.”
- ที่ระยะ 50 ม. ก่อนถึงพื้นที่ลดช่องจราจร จะติดป้ายเตือน “งานติดตั้งทางยกระดับข้างหน้า 50 ม.”
- ที่ระยะ 25 ม. ก่อนถึงพื้นที่ลดช่องจราจร จะติดป้ายเตือน “โปรดระมัดระวังเครื่องจักรกำลังทำงาน”
- ที่จุดเริ่มต้นพื้นที่ลดช่องจราจร จะติดป้ายเตือน “ขออภัยในความไม่สะดวก” และมีเจ้าหน้าที่คอยโบกธงให้สัญญาณผู้ขับขี่ทราบว่ามีการปิดช่องจราจร 1 ช่อง พร้อมทั้งตั้งกรวยจราจรและผูกราวธงขาว-แดงกั้นให้ทราบ
- ในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างจะติดตั้งไฟกระพริบและแผงกั้นคอนกรีต

(7) ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องจัดทำแผนงานก่อสร้าง เพื่อแสดงการจัดการจราจรบริเวณสถานที่ก่อสร้างเสนอ สนข. และ กทม. และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อพิจารณาให้ความเห็นชอบก่อนดำเนินงานไม่น้อยกว่า 30 วัน

(8) ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องมีการนัดประชุมเพื่อขอคำปรึกษากับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ตำรวจจราจรและอื่นๆ

(9) จัดเวลาเข้า-ออกของรถบรรทุกที่เข้าไปในพื้นที่ก่อสร้าง รวมทั้งการลำเลียงเครื่องจักรและวัสดุอุปกรณ์ขนาดใหญ่ต้องขอความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และต้องหลีกเลี่ยงการขนส่งในช่วงเวลาเร่งด่วนควรทำการขนส่งในช่วงหลัง 23.00 น. และหยุดการขนส่งก่อน 05.00 น.

(10) รณรงค์ให้ประชาชนมาใช้ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงที่มีการก่อสร้างโครงการในชั่วโมงเร่งด่วน

(11) ต้องรีบคืนผิวจราจรภายหลังจากเสร็จสิ้นงานฐานรากของแต่ละพื้นที่ และต้องดำเนินการปรับปรุงผิวจราจรดังกล่าวให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์

- **ระยะดำเนินการ**

(1) ติดตั้งป้ายและเครื่องหมายจราจรเพื่อบอกทิศทางและกำหนดความเร็ว เพื่อควบคุมการจราจรในบริเวณแต่ละสถานีและอาคารจอดและจร

(2) ติดตั้งไฟส่องสว่างบริเวณใต้สถานีและด้านข้างริมทางเดินเท้า เพื่อส่องสว่างมายังผิวจราจร โดยกำหนดให้โคมไฟแต่ละหลอดมีความสว่างไม่น้อยกว่า 21.5 ลักซ์ และต้องมีความสว่างใกล้เคียงกับแสงสว่างตามธรรมชาติมากที่สุด

(3) จัดให้มีระบบขนส่งมวลชนเสริม (Feeder) โดยพิจารณาเส้นทางที่มีชุมชนหนาแน่นเป็นลำดับแรก และตรวจสอบเส้นทางของรถตู้เพื่อไม่ให้เกิดข้อขัดแย้งต่างๆ

(4) ทำจุดจอดรถรับ-ส่งชั่วคราว (Bus Bay)

(5) จัดเจ้าหน้าที่อำนวยความสะดวกบริเวณสถานีและอาคารจอดและจร

(6) จัดให้มีที่กลับรถและป้ายจราจรในจุดที่เหมาะสม

(7) ประชาสัมพันธ์การเปิดใช้อาคารจอดและจร

(8) จัดให้มีที่จอดรถจักรยานบริเวณใกล้เคียงสถานีต่างๆ เพื่อส่งเสริมให้ประชาชนหันมาใช้รถจักรยานเพิ่มมากขึ้น

1.6.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาก่อสร้างระยะดำเนินการ

1.6.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : รฟม. หรือ ผู้เดินรถภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

1.6.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อสร้าง : รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา
การจัดทำป้ายจราจรและป้ายแสดงเขตการก่อสร้างประมาณ 60,000 บาท/แห่ง
จำนวน 3 พื้นที่ รวมทั้งสิ้น 180,000 บาท

(2) ระยะดำเนินการ : รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

1.7 แผนการควบคุมการระบายน้ำ

1.7.1 หลักการและเหตุผล

โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 มีกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดปัญหาการกีดขวางการระบายน้ำ หรือเกิดการชะล้างตะกอนดินไปอุดตันท่อระบายน้ำ ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังได้ เพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วมและควบคุมให้ท่อระบายน้ำและคลองต่าง ๆ ใกล้พื้นที่ก่อสร้างมีประสิทธิภาพบรรเทาผลกระทบด้านการระบายน้ำตลอดระยะเวลาก่อสร้างและดำเนินการจึงกำหนดแนวทางการป้องกันและบรรเทาผลกระทบดังกล่าว

1.7.2 วัตถุประสงค์

เพื่อป้องกันเศษวัสดุต่าง ๆ รวมทั้งตะกอนดินจากการก่อสร้างและกิจกรรมการดำเนินงานโครงการไปกีดขวางการระบายน้ำของคลองต่าง ๆ ตลอดจนท่อระบายน้ำ ในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ

1.7.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง : พื้นที่ก่อสร้างบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง และท่อระบายน้ำบริเวณอาคารจอดและจร

(2) ระยะดำเนินการ : บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุง

1.7.4 วิธีดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง

(1) จัดให้มีสิ่งอำนวยความสะดวกในการระบายของลำน้ำเพิ่มเติม เช่น ท่อระบายน้ำ รางระบายน้ำ คูระบายน้ำข้างถนนเพื่อทดแทนส่วนที่ได้รับผลกระทบ ป้องกันปัญหาน้ำท่วมขัง

(2) ห้ามมิให้คนงานทิ้งขยะลงคูคลองต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้พื้นที่ก่อสร้างเพื่อป้องกันปัญหาการตื้นเขิน การกีดขวางทางน้ำ รวมถึงปัญหาน้ำท่วมขังด้วย

(3) ผู้รับเหมาจะต้องเตรียมระบบการระบายน้ำที่เกิดขึ้นในขณะทำการก่อสร้างตามแนวเส้นทางโครงการ ศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารจอดและจร ไม่ให้มีผลกระทบต่อระบบระบายน้ำสาธารณะคือ

ก) จะต้องเตรียมจุดพักน้ำเพื่อให้น้ำไหลลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ไม่ใช้ด้วยแรงจากปั๊มน้ำ

ข) ในกรณีที่มีปริมาณน้ำมากจะต้องเตรียมรถบรรทุกน้ำเพื่อรองรับการระบายน้ำอย่างรวดเร็วและมีปริมาณเพียงพอ

(4) กรณีที่ต้องมีการก่อสร้างบริเวณทางระบายน้ำข้างถนน ผู้รับเหมาต้องแจ้งแผนให้เจ้าของพื้นที่ทราบล่วงหน้าอย่างน้อย 30 วัน

(5) ออกแบบให้มีระบบระบายน้ำและบ่อหน่วงน้ำบริเวณ ศูนย์ซ่อมบำรุง ตลอดจนสร้างระบบระบายน้ำสำหรับอาคารจอดและจร

(2) ระยะดำเนินการ

(1) ดูแลและบำรุงรักษาระบบระบายน้ำให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ

(2) พัฒนาและปรับปรุงสภาพพื้นที่และระบบระบายน้ำให้เหมาะสมสำหรับการควบคุมการไหลของน้ำบริเวณอาคารจอดและจรและศูนย์ซ่อมบำรุง

1.7.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาก่อสร้างระยะดำเนินการ

1.7.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : รฟม. หรือ ผู้เดินรถภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

1.7.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อสร้าง : รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา

(2) ระยะดำเนินการ : รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

1.8 แผนการจัดการมูลฝอย

1.8.1 หลักการและเหตุผล

โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 มีกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดขยะมูลฝอยจากคนงานและเจ้าหน้าที่ประจำสำนักงานก่อสร้าง ส่วนในระยะดำเนินการจะเกิดมูลฝอยจากเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารจอดและจร รวมถึงของเสียต่าง ๆ จากกิจกรรมในศูนย์ซ่อมบำรุง จึงต้องมีการจัดการที่เหมาะสม

1.8.2 วัตถุประสงค์

เพื่อรวบรวม และจัดการมูลฝอยด้วยวิธีที่เหมาะสม มิให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์โรค กีดขวางทางน้ำ และทัศนไม่งดงาม ตลอดระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ

1.8.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง : พื้นที่ก่อสร้างโครงการ

(2) ระยะดำเนินการ : บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง และสถานีรถไฟฟ้า

1.8.4 วิธีดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง

(1) จัดให้มีถังรองรับมูลฝอยให้เพียงพอกับปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น โดยแยกประเภทถังรองรับมูลฝอย เช่น มูลฝอยจากบ้านพักคนงาน เศษวัสดุก่อสร้าง ของเสียอันตราย และนำไปตั้ง ณ จุดต่าง ๆ รอบพื้นที่ก่อสร้าง และประสานให้รถเก็บมูลฝอยขอหน่วยงานที่รับผิดชอบในพื้นที่มาเก็บขนไปกำจัดเป็นประจำทุกวัน โดยไม่ปล่อยให้มีขยะตกค้าง ทั้งนี้ ผู้รับเหมาก่อสร้างควรรวบรวมมูลฝอยไว้ ณ บริเวณที่รถเก็บขนสามารถเข้าเก็บขนได้สะดวก

(2) คัดแยกมูลฝอย โดยเศษวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เช่นเศษไม้ สังกะสี เศษเหล็ก เป็นต้น ควรแยกกองไว้เพื่อนำกลับมาใช้อีก หรือขายแก่ผู้ที่ต้องการ เพื่อลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัด

(3) ขยะประเภทของเสียอันตราย ที่เกิดจากซ่อมบำรุงและการทำงานของเครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ ผู้รับเหมาต้องจัดเก็บแยกจากมูลฝอยทั่วไปเพื่อรอการเก็บขนไปกำจัด

(4) ตรวจสอบ และดูแลรักษาถังรองรับมูลฝอยให้อยู่ในสภาพดี ไม่แตกชำรุดหรือรั่วซึมและต้องมีฝาปิดมิดชิด

(5) กำหนดให้คนงานก่อสร้างทิ้งมูลฝอยในถังรองรับมูลฝอยและห้ามทิ้งหรือกองไว้นอกถังรับมูลฝอยโดยเด็ดขาด

(6) ผู้รับเหมาต้องปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมมลพิษ มูลฝอย มูลฝอยติดเชื้อสารอันตราย ในการจัดการและกำจัดขยะที่ปนเปื้อนด้วยวิธีการที่มีความเหมาะสมและปลอดภัย

(2) ระยะดำเนินการ

(1) ตั้งถังรองรับมูลฝอยทางขึ้น-ทางลงสถานี

(2) ตรวจสอบสภาพปัญหาการจัดการมูลฝอยอย่างสม่ำเสมอ

(3) ประชาสัมพันธ์และรณรงค์ให้พนักงานในศูนย์ซ่อมบำรุงและอาคารจอดและจรคัดแยกมูลฝอย เป็นขยะเปียก ขยะแห้ง ก่อนทิ้งลงถังรองรับมูลฝอย ส่วนมูลฝอยจำพวก แก้ว กระดาษ ควรคัดแยกออกมาส่งขายให้คนรับซื้อของเก่า เพื่อลดปริมาณมูลฝอย ส่วนขยะอันตราย เช่น แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย ควรแยกออกมาทิ้งในถังที่จัดไว้สำหรับขยะประเภทนี้โดยเฉพาะ

1.8.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาก่อสร้างระยะดำเนินการ

1.8.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : รฟม. หรือ ผู้เดินรถภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

1.8.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อสร้าง : รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา

ถังรองรับมูลฝอยขนาด 240 ลิตร 100 ใบ ใบละ 4,000 บาท เป็นเงิน 400,000 บาท

(2) ระยะดำเนินการ : รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

1.9 แผนการจัดการด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

1.9.1 หลักการและเหตุผล

การพัฒนาโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4 อาจมีพนักงานและคนทำงานมีการเจ็บป่วย หรือเกิดอุบัติเหตุ การจัดเตรียมอุปกรณ์การปฐมพยาบาลและอื่น ๆ จึงมีความจำเป็นเพื่อเป็นการปฐมพยาบาลเบื้องต้นก่อนนำส่งโรงพยาบาล ตลอดจนป้องกันอุบัติเหตุต่อประชาชนผู้ใช้ทางหรือผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ก่อสร้าง

1.9.2 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการปฐมพยาบาลขั้นต้น

(2) เพื่อช่วยบรรเทาอาการเจ็บป่วยหรืออุบัติเหตุก่อนนำส่งโรงพยาบาล

(3) เพื่อเป็นสวัสดิการแก่พนักงานและเจ้าหน้าที่

(4) เพื่อความปลอดภัยของประชาชนผู้ใช้ทางหรือผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ก่อสร้าง ตลอดจนผู้ใช้บริการโครงการ

1.9.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง : พื้นที่ก่อสร้างโครงการ บ้านพักคนงาน

(2) ระยะดำเนินการ : บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง และสถานีรถไฟฟ้า

1.9.4 วิธีดำเนินการ

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) ผู้รับเหมาก่อสร้างต้องจัดให้มีแผนการจัดการด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัย

(2) จัดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างเพียงพอกับจำนวนคนงานและควบคุมให้มีการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวทุกครั้งตลอดการปฏิบัติงาน เช่น ที่อุดหู ที่ครอบหู หน้ากากกันฝุ่น

(3) ควบคุมดูแลให้มีการใช้อุปกรณ์ลดเสียงอย่างถูกต้อง และใช้ตลอดระยะเวลาทำงาน

(4) จัดให้มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งปฏิบัติเต็มเวลารับผิดชอบด้านความปลอดภัยโดยตรง

(5) จัดให้มีอุปกรณ์ปฐมพยาบาล รวมทั้งยาที่ใช้ประจำไว้ในพื้นที่ก่อสร้าง และจัดให้มียานพาหนะเพื่อใช้ในการขนย้ายผู้ป่วยหรือผู้บาดเจ็บจากอุบัติเหตุจากพื้นที่ก่อสร้างไปยังสถานพยาบาลใกล้เคียงได้ทันที

(6) ปฏิบัติตามกฎหมายความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอย่างเคร่งครัด เช่น ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง ว่าด้วยเขตก่อสร้าง พ.ศ. 2528

(7) ผู้รับเหมาจะต้องทำประกันภัยความรับผิดชอบต่อบุคคลภายนอกการประกันภัยระหว่างการก่อสร้างที่ครอบคลุมถึงความรับผิดชอบต่อบุคคลภายนอก ซึ่งเป็นการประกันความรับผิดชอบต่อบุคคลภายนอกอันเกิดจากอุบัติเหตุที่เกิดจากการปฏิบัติงาน และยังผลให้เกิดความสูญเสียหรือเสียหายต่อทรัพย์สินและ/หรือความบาดเจ็บทางร่างกาย

(8) กำหนดมาตรการลดผลกระทบ ในกรณีป้องกันอุบัติเหตุจากการคมนาคมขนส่ง ได้แก่

ก. ติดสัญญาณไฟ ไฟกระพริบ ป้ายเตือนบอกทางเบี่ยงก่อนถึงบริเวณก่อสร้าง ตลอดจนติดตั้งป้ายเตือนภัย สัญญาณเตือนภัย และป้ายห้าม ในบริเวณเขตการก่อสร้างให้เห็นอย่างชัดเจนทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ก่อนถึงพื้นที่ก่อสร้างทุกระยะ 100 เมตร เพื่อให้ผู้ใช้เส้นทางระมัดระวังรถขนส่งวัสดุเข้า-ออกโครงการ

ข. มีป้ายแสดงเขตการก่อสร้าง ล่วงหน้าอย่างชัดเจน เป็นระยะๆ ก่อนถึงบริเวณก่อสร้างอย่างน้อยในระยะ 100 เมตร

ค. มีไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อแสดงขอบเขตพื้นที่ก่อสร้างให้ชัดเจน สำหรับป้องกันอุบัติเหตุสำหรับผู้ใช้เส้นทางในเวลากลางคืน

ง. ติดตั้งป้ายลดความเร็ว หรือป้ายจำกัดความเร็วที่ระยะ 900 เมตร และป้ายกำหนดความเร็วเป็นระยะทาง 100 เมตรก่อนถึงพื้นที่ก่อสร้างโครงการ

จ. ควบคุมให้พนักงานขับรถปฏิบัติตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัด

ฉ. กำหนดแนวเขตก่อสร้าง และปิดกั้นบริเวณเพื่อป้องกันบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้อง เข้าไปในบริเวณเขตก่อสร้าง และติดตั้งป้ายเตือน เช่น ห้ามเข้า เขตก่อสร้าง เขตอันตราย เป็นต้น

(9) ออกแบบให้มีการติดตั้งระบบกล้องวงจรปิดภายในอาคารจอดและจร เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยเมื่อเปิดดำเนินการแล้ว

(10) จัดให้มีแสงสว่างในพื้นที่ก่อสร้างตลอดช่วงเวลากลางคืน พร้อมทั้งติดตั้งไฟส่องทางบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าภายหลังจากที่ก่อสร้างโครงการเสร็จสิ้น

(11) ในกรณีการก่อสร้างกีดขวางบริเวณป้ายรถประจำทางหรือจุดเรียกรถรับจ้างสาธารณะต้องกำหนดให้มีป้ายรถโดยสารประจำทาง หรือจุดเรียกรถรับจ้างสาธารณะชั่วคราวขึ้นใหม่โดยต้องไม่ไกลจากตำแหน่งเดิม

(12) เน้นความปลอดภัยแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง และความปลอดภัยสำหรับประชาชนในการสัญจร สำหรับประชาชนในการสัญจรผ่านพื้นที่ก่อสร้าง โดยต้องมีการติดตั้งราวกันชน ตาข่ายป้องกันเศษวัสดุ ผนังกั้นฝุ่นและเสียง รางดักน้ำรวมทั้งการจัดเก็บเศษวัสดุต่างๆ ให้พ้นจากผิวจราจร

(13) กิจกรรมการก่อสร้างต่างๆ ที่จะรบกวนการสัญจรทางเท้าบริเวณบาทวิถีจะต้องจัดให้มีทางเดินเท้าชั่วคราวขึ้น และมีป้ายสัญลักษณ์แสดงทิศทางอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้ใช้ทางเท้าสามารถใช้บริการรถโดยสารประจำทางได้อย่างปลอดภัย

- **ระยะดำเนินการ**

(1) จัดให้มีป้ายเตือนที่ชัดเจนในบริเวณการทำงานที่เป็นอันตราย

(2) จัดให้มีการตรวจสุขภาพพนักงานประจำปี

(3) จัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล สำหรับพนักงานที่ต้องสัมผัสกับสิ่งอันตราย พร้อมกำหนดให้สวมใส่อุปกรณ์ดังกล่าวทุกครั้งที่ปฏิบัติงาน เช่น ปลั๊กอุดหู ที่ครอบหู หน้ากากกันฝุ่น หมวกนิรภัย รองเท้านิรภัย แว่นตานิรภัย เป็นต้น

(4) จัดให้มีการฝึกซ้อมรับเหตุฉุกเฉินอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

(5) ปฏิบัติตามมาตรการลดผลกระทบด้านคุณภาพอากาศอย่างเคร่งครัด

1.9.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาก่อสร้างระยะดำเนินการ

1.9.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : รฟม. หรือ ผู้เดินรถภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

1.9.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อสร้าง : รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา
ยาสามัญประจำบ้าน อุปกรณ์ปฐมพยาบาล และอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ประมาณ 100,000 บาท/ปี
ค่าป้ายเตือน และรั้วต่าง ๆ รวมอยู่ในแผนการบรรเทาผลกระทบด้านการจราจร

(2) ระยะดำเนินการ : รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ
ยาสามัญประจำบ้าน อุปกรณ์ปฐมพยาบาล และอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ประมาณ 100,000 บาท/ปี

1.10 แผนการปรับปรุงภูมิทัศน์

1.10.1 หลักการและเหตุผล

การก่อสร้างเปิดหน้าดินและการทำงานของเครื่องจักรกลเป็นสภาพที่ไม่น่าดู ในช่วงที่อยู่ใกล้ชุมชน จึงต้องกำหนดมาตรการลดผลกระทบจากความไม่น่าดูในช่วงก่อสร้าง จึงต้องกำหนดแผนจัดภูมิทัศน์บริเวณต่าง ๆ ของแนวเส้นทาง เพื่อลดผลกระทบต่อทัศนียภาพและคุณค่าความงามของสิ่งแวดล้อมและเพิ่มความงดงามให้กับตัวโครงการเองด้วย

1.10.2 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบเรียบร้อยในการดำเนินงานโครงการต่อชุมชนโดยรอบ

(2) เพื่อจัดภูมิทัศน์ในบริเวณ/ส่วนต่าง ๆ ของแนวเส้นทางให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อมและเพื่อให้มีทัศนียภาพที่งดงาม

1.10.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง : พื้นที่ก่อสร้างโครงการ อาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุง

(2) ระยะดำเนินการ : บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง และสถานีรถไฟฟ้า

1.10.4 วิธีดำเนินการ

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) ดำเนินการเฉพาะในพื้นที่ที่จำเป็น และรักษาความสะอาด ความเป็นระเบียบในการจัดกองวัสดุในพื้นที่อย่างสม่ำเสมอ

(2) ปิดกั้นเขตก่อสร้างเป็นกำแพงสูงอย่างน้อย 2 เมตร มีป้ายแสดงเขตก่อสร้างชัดเจน และติดตั้งป้ายแสดงทัศนียภาพของโครงการในอนาคตเพื่อช่วยลดผลกระทบทางด้านทัศนียภาพ

(3) การก่อสร้างผ่านบริเวณพื้นที่อ่อนไหวให้ออกแบบกำแพงกั้นเขตก่อสร้างสูงอย่างน้อย 5 เมตร โดยกำแพงกันเสียงต้องมีความมั่นคง แข็งแรง และออกแบบให้มีความสวยงาม เพื่อลดผลกระทบด้านทัศนียภาพต่อประชาชนที่เข้ามาใช้บริการหน่วยงานราชการต่าง ๆ และลดผลกระทบต่อเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในบริเวณดังกล่าว

(4) ในการก่อสร้างควรออกแบบวางผังในพื้นที่ก่อสร้างและพยายามหลีกเลี่ยงการเคลื่อนต้นไม้ใหญ่ให้มากที่สุด

(5) การออกแบบพยายามลดข้อขัดแย้งในเรื่องสี ขนาด รูปทรง และพื้นที่ผิว เพื่อลดผลกระทบในการมองเห็นระหว่างโครงสร้างอาคารและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนความสับสนทางการมองเห็นเครื่องหมายและสัญญาณต่าง ๆ

(6) จัดภูมิทัศน์ในบริเวณอาคารจอดและจรและศูนย์ซ่อมบำรุงเพื่อลดข้อขัดแย้งทางด้านทัศนียภาพเมื่อเปิดดำเนินการ

(7) ออกแบบจัดสวนหย่อม สวนสาธารณะบริเวณอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุงในตำแหน่งที่เหมาะสม

- **ระยะดำเนินการ**

(1) บำรุงรักษาพื้นที่สีเขียวให้สมบูรณ์สวยงามอยู่เสมอ ซึ่งสีเขียวของต้นไม้ช่วยทำให้สบายตา

(2) ตรวจสอบ ดูแล และบำรุงรักษาต้นไม้และสวนเป็นประจำสม่ำเสมอและปลูกเสริมเมื่อพบว่ามีต้นใดตายลง

(3) ออกแบบสถานีให้มีกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมและจัดให้มีกำแพงกั้นสายตาในช่วงที่แนวเส้นทางรถไฟฟ้าผ่านพื้นที่ของกองทัพอากาศ

(4) พิจารณาตำแหน่งสถานีพิพิธภัณฑ์กองทัพอากาศให้ห่างจากถนนทางเข้าออกบ้านพักข้าราชการของกองทัพอากาศ

(5) พิจารณาให้ตำแหน่งสถานีโรงพยาบาลภูมิพลอยู่หน้าโรงพยาบาลภูมิพลเพื่อรองรับผู้มาใช้บริการที่โรงพยาบาลและพิจารณาจัดให้มีทางเดินเชื่อมต่อ (Skywalk) ไปยังอาคารของโรงพยาบาลเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้มาใช้บริการมากขึ้น

(6) พิจารณาปรับปรุงโครงสร้างของสถานีในปัจจุบันให้โปร่งเบายิ่งขึ้นให้มีความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมให้มากกว่าเดิม โดยเฉพาะเสาและคานยื่นให้เล็กลง โดยเฉพาะตัวคานอาจปรับให้มีปลายทั้ง 2 ด้านสอบขึ้นเล็กน้อยเพื่อลดความรู้สึกหนักและกดทับ เน้นความโปร่งตาของตัวสถานีและรูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่ทันสมัยแต่เรียบง่าย การเซาะร่องเสาเพื่อลดความกระด้างต้องให้เกิดแสงเงาที่ชัดเจนกว่าในปัจจุบัน

(7) โครงสร้างด้านใต้ตัวสถานีต้องมีฝ้าปิดหรือออกแบบให้มีความเป็นระเบียบสวยงามกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ต้องมีการให้สีที่สว่างพื้น รวมทั้งต้องมีการทำนุบำรุงรักษาทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ

(8) การออกแบบรายละเอียดของสถานีต้องมีผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในด้านการออกแบบเมือง (Urban Designer) และสถาปัตยกรรมรวมอยู่ด้วย

(9) ไม่ติดป้ายโฆษณาหาเสียงต่างๆ บริเวณโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า

1.10.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาก่อสร้างระยะดำเนินการ

1.10.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : รฟม. หรือ ผู้เดินรถภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

1.10.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อสร้าง การจัดภูมิทัศน์ : รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา ประมาณ 20 ล้านบาท

(2) ระยะดำเนินการ ค่าบำรุงดูแลต้นไม้ : รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ ประมาณ 500,000 บาท/ปี

1.11 แผนการบรรเทาผลกระทบด้านเศรษฐกิจ - สังคม

1.11.1 หลักการและเหตุผล

การก่อสร้างโครงการจะทำให้อาจทำให้ขัดขวางกิจการของประชาชนในบริเวณเขตพานิชยกรรม และความไม่สะดวกในชุมชนในด้านการจราจร ดังนั้นจึงควรมีแผนการจัดการที่เหมาะสมเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว

1.11.2 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อควบคุมการก่อสร้างไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของประชาชน

(2) เพื่อรับและแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารของโครงการ ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างโครงการ และดำเนินการเพื่อนำข้อมูลมาประกอบการดำเนินงานโครงการ

(3) เพื่อสร้างความเข้าใจที่ดีและก่อให้เกิดความร่วมมือต่อการดำเนินงานโครงการของรัฐ

1.11.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง : พื้นที่ก่อสร้างโครงการ อาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง

<u>กลุ่มเป้าหมาย</u>

- ประชาชนบริเวณพื้นที่โครงการ
- สถานประกอบการ
- ศาสนสถาน
- สถานศึกษาที่อยู่ใกล้เคียง
- หน่วยงานราชการที่อยู่ใกล้เคียง
- ผู้นำชุมชน

(2) ระยะดำเนินการ : บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง

<u>กลุ่มเป้าหมาย</u>

- ประชาชนบริเวณพื้นที่โครงการ
- สถานประกอบการ
- ศาสนสถาน
- สถานศึกษาที่อยู่ใกล้เคียง

- หน่วยงานราชการที่อยู่ใกล้เคียง
- ผู้นำชุมชน
- ผู้ใช้บริการ

1.11.4 วิธีดำเนินการ

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) จัดตั้งหน่วยมวลชนสัมพันธ์เพื่อสร้างความเข้าใจอันดีซึ่งกันและกันระหว่างโครงการและประชาชน เพื่อเผยแพร่ข้อมูลให้ประชาชนเข้าใจในลักษณะโครงการ โดยจัดให้มีการประชุมรับทราบข้อมูล และรับฟังความคิดเห็นของประชาชนเพื่อนำมาประกอบการกำหนดแผนงานที่ชัดเจน ให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนได้อย่างแท้จริง

(2) เผยแพร่ข้อมูลให้ประชาชนเข้าใจในลักษณะและขั้นตอนในระยะก่อสร้าง โดยเฉพาะระบบป้องกันภัย และลักษณะป้าย/สัญญาณเตือนต่างๆ ตลอดจนเส้นทางเบี่ยง/ทางสำรองในพื้นที่ เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบ พร้อมทั้งจัดเจ้าหน้าที่โครงการดูแลและอำนวยความสะดวกด้านการจราจรระหว่างที่มีกิจกรรมการก่อสร้าง

(3) ในระหว่างการก่อสร้างประชาชนบางส่วนมีความกังวลเรื่องความปลอดภัยในชีวิตและทรัพสินย์ ผู้รับเหมาควรจัดให้มีเวรยามบริเวณพื้นที่โครงการเพื่อสอดส่องดูแลในด้านความปลอดภัยตลอดเวลา

(4) ร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน เช่น การบริจาคทุนการศึกษา การให้ทุนการแข่งขันกีฬา เป็นต้น

(5) ตั้งหน่วยรับเรื่องราวร้องทุกข์ที่เกิดจากการก่อสร้างโครงการที่สำนักงานเขตเพื่อรับทราบปัญหาและผลกระทบต่างๆ เพื่อเร่งแก้ไขและอำนวยความสะดวกให้ประชาชนที่ได้รับผลกระทบ

(6) กรณีมีการร้องเรียนเกิดขึ้นต้องให้ความสำคัญในการแก้ปัญหาอย่างจริงจังและโดยเร็ว โดยประสานกับองค์กรหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อดำเนินการที่สอดคล้องและแก้ไขปัญหาร่วมกันในระหว่างการก่อสร้าง

(7) พิจารณาจัดให้มีหน่วยงานกลางในการติดตามประเมินผลการดำเนินงานโครงการ

(2) ระยะดำเนินการ

(1) จัดให้มีโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV) และการรักษาความปลอดภัยบริเวณอาคารจอดและจรรวมทั้งทางเดินเข้า-ออกอาคาร และควบคุมให้มีการปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด

(2) ประชาสัมพันธ์การดำเนินโครงการในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งแผ่นพับ ป้ายประชาสัมพันธ์ และ สื่อต่าง ๆ เช่น วิทยุ หนังสือพิมพ์ เป็นต้น

(3) ร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน เช่น การให้ทุนการศึกษากับโรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่โครงการ การทอดผ้าป่าหรือกฐินในวัดที่อยู่ใกล้โครงการ เป็นต้น

(4) จัดให้มีการดูงานหรือทัศนศึกษาในโครงการ เพื่อให้ทราบลักษณะการดำเนินงานของโครงการโดยเน้นกลุ่มเป้าหมายผู้นำชุมชน เยาวชน นักเรียน เป็นต้น

1.11.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาก่อสร้างระยะดำเนินการ

1.11.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : รฟม. หรือ ผู้เดินรถภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

1.11.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อสร้าง : รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา

(2) ระยะดำเนินการ : รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

1.12 แผนปฏิบัติการด้านการรื้อย้ายและการเวนคืน

1.12.1 หลักการและเหตุผล

การพัฒนาโครงการจะมีการรื้อย้ายสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ในเขตพื้นที่ก่อสร้างโครงการซึ่งปัจจุบันเป็นบ้านที่ปลูกรุกล้ำริมคลองบางเขน คลองสอง และคลองหกวา และมีการเวนคืนที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง เพื่อก่อสร้างแนวเส้นทาง สถานีรถไฟฟ้า (บันไดขึ้น-ลง) อาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุง ดังนั้นจึงควรมีแผนการจัดการที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบด้านการร้องเรียนจากประชาชนที่ได้รับผลกระทบ

1.12.2 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อสำรวจและรวบรวมข้อมูลจำนวน/ลักษณะการถือครองอสังหาริมทรัพย์ ประเภทและลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง ที่อยู่ในพื้นที่เขตทางที่ได้รับความเสียหาย เพื่อประเมินเงินค่าทดแทนให้แก่ทรัพย์สินที่ถูกเวนคืน เพื่อประเมินผลกระทบจากการพัฒนาโครงการต่อผู้ถือครองกรรมสิทธิ์ที่ดินและทรัพย์สิน

(2) เพื่อประมาณการมูลค่าการทดแทนอสังหาริมทรัพย์เบื้องต้นที่ได้รับความเสียหายจากการพัฒนาโครงการอย่างเหมาะสม

(3) เพื่อสร้างความเข้าใจที่ดีและก่อให้เกิดความร่วมมือต่อการดำเนินงานโครงการของรัฐ

1.12.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อนการก่อสร้าง : พื้นที่ก่อสร้างโครงการ อาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง ได้แก่

- บริเวณริมถนนพหลโยธินกม. 25 สำหรับก่อสร้างอาคารจอดและจร
- บริเวณเส้นทางเชื่อมระหว่างถนนพหลโยธินและถนนลำลูกกา สำหรับก่อสร้างแนวเส้นทางโครงการ กม. 3+700 ถึง กม. 5+600 และถนนตัดใหม่

- บริเวณริมถนนลำลูกกาใกล้สถานีตำรวจภูธรคูคต (N24) สำหรับก่อสร้างอาคารจอดและจร
- บริเวณริมถนนลำลูกกาช่วงที่เป็นบันไดขึ้น-ลง สถานีคูคต สถานีคลองสาม คลองสี่ และคลองห้า
- บริเวณจุดสิ้นสุดโครงการใกล้สถานีวงแหวนรอบนอกตะวันออก (N28) สำหรับก่อสร้างอาคารจอดและจร
- บริเวณพื้นที่ว่างในเขตสายไหมสำหรับก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง

(2) ระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ : -

1.12.4 วิธีดำเนินการ

(1) ระยะก่อนก่อสร้าง

(1) จัดตั้งคณะกรรมกำหนดค่าทดแทนเพื่อเป็นผู้พิจารณากำหนดค่าทดแทนทรัพย์สินของผู้ที่ได้รับผลกระทบ

(2) ก่อนกำเนินการโครงการจะต้องทำการสำรวจสิ่งปลูกสร้างที่ถูกรื้อย้ายและเวนคืนพร้อมทั้งสำรวจที่ดินอย่างละเอียดเพื่อประเมินราคาจ่ายค่าชดเชย/ค่ารื้อย้ายทรัพย์สิน

(3) จัดทำแผนการเวนคืนและรื้อย้ายก่อนดำเนินการเพื่อแจ้งให้ประชาชนที่ได้รับผลกระทบทราบ

(4) เร่งดำเนินการออกพระราชกฤษฎีกาบริเวณพื้นที่ที่จะเวนคืน พร้อมกำหนดพื้นที่ที่จะเวนคืนให้ชัดเจน

(5) ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนที่ถูกเวนคืนและถูกรื้อย้าย ทราบถึงขั้นตอน/วิธีการ เวนคืน การจ่ายค่าชดเชยและทดแทนทรัพย์สิน ตลอดจนสิทธิ์ต่างๆ เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจ

(6) จ่ายค่ารื้อย้ายตามความเหมาะสมให้แก้ผู้รุกล้ำริมคลองที่ต้องถูกรื้อย้ายบ้านเรือนออกจากพื้นที่ก่อสร้างโครงการและประสานงานให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น จังหวัด และกรมประชาสงเคราะห์ เข้ามาให้ความช่วยเหลือในการหาที่อยู่ใหม่

(2) ระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ

-

1.12.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการก่อนการก่อสร้างโครงการ

1.12.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อนการก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : -

1.12.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อนการก่อสร้าง : รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา

(2) ระยะดำเนินการ : -

1.13 แผนการประชาสัมพันธ์และมีส่วนร่วมของประชาชน

1.13.1 หลักการและเหตุผล

การมีส่วนร่วมของประชาชนในการรับรู้ข้อมูลข่าวสารโครงการฯ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญในการพัฒนาโครงการ เนื่องจากเหตุผล 3 ประการ คือ การตื่นตัวของประชาชนในสิทธิการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร การตื่นตัวในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อชุมชนและสังคม และจากที่ได้ดำเนินการในขั้นศึกษาความเหมาะสมพบว่าประชาชนในพื้นที่มีความกระตือรือร้นที่ต้องการจะทราบข้อมูลและความชัดเจนของโครงการ และแม้ว่าการดำเนินโครงการจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศโดยรวม อย่างไรก็ตามการดำเนินโครงการอาจจะส่งผลกระทบต่อประชาชนตามแนวเส้นทาง โดยเฉพาะพื้นที่ก่อสร้าง ผู้อยู่อาศัยใกล้เคียง และหน่วยงานราชการในพื้นที่

เพื่อให้การดำเนินงานของโครงการบรรลุตามวัตถุประสงค์ตามแผนที่กำหนดไว้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับการยอมรับจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะประชาชนที่ได้รับผลกระทบตรงจากโครงการ เช่น ผู้ได้รับผลกระทบจากการเวนคืนที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง จึงควรจัดให้ทุกฝ่ายเข้ามามีส่วนร่วมในการประชุม หารือตลอดจนการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม และมีช่องทางในการนำเสนอข้อมูล/ปัญหา รวมทั้งมีการจัดการแก้ไขปัญหาร่วมกันอย่างจริงจัง

1.13.2 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อให้ประชาชนที่ได้รับผลกระทบตรงจากโครงการ ประชาชนในพื้นที่ ผู้นำท้องถิ่น และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดในพื้นที่โครงการได้รับทราบรายละเอียดของโครงการ

(2) เพื่อให้ข้อมูลและสร้างความเข้าใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับโครงการ และแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารของโครงการ ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างโครงการ เพื่อนำข้อมูลมาประกอบการดำเนินงานโครงการ

(3) เพื่อให้กลุ่มผู้ได้รับผลกระทบตรงได้มีส่วนร่วมในการประชุม/หารือและมีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรการในการช่วยเหลือประชาชนในชุมชน

(4) เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่ได้มีส่วนร่วมในการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างโครงการ และมีช่องทางในการนำเสนอข้อมูล รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาทันที

(5) เพื่อสร้างความเข้าใจที่ดีและก่อให้เกิดความร่วมมือต่อการดำเนินงานโครงการของรัฐ

1.13.3 พื้นที่ดำเนินการ

(1) ระยะก่อสร้าง : ตลอดแนวเส้นทางโครงการ

(2) ระยะดำเนินการ : บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง สถานีรถไฟฟ้า และตลอดแนวพื้นที่โครงการ

1.13.4 วิธีดำเนินการ

- **ระยะเตรียมการก่อสร้าง**

(1) จัดให้มีอาคารสำนักงานภาคสนามพร้อมบุคลากร อุปกรณ์สำนักงาน เครื่องมือโสตทัศนูปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกอย่างเพียงพอ เพื่อใช้ปฏิบัติงานด้านประชาสัมพันธ์ในลักษณะของการให้บริการแบบเบ็ดเสร็จ (One-Stop-Service) เพื่อให้ประชาชนสามารถรับทราบข้อมูลข่าวสาร เป็นจุดรับเรื่องราวร้องทุกข์ และเป็นศูนย์ประสานงานกับหน่วยงานส่วนราชการและเอกชน โดยมีพื้นที่รับฟังการบรรยายสรุปได้

(2) มีการจัดประชาสัมพันธ์แจ้งความคืบหน้าโครงการ โดยผ่านสื่อวิทยุ โทรทัศน์ วีดีทัศน์ แผ่นพับ จดหมายข่าว และ Website เพื่อให้ประชาชนได้ทราบความเป็นไปของโครงการอย่างต่อเนื่อง

- **ระยะก่อสร้าง**

(1) มีการจัดประชาสัมพันธ์แจ้งความคืบหน้าโครงการ โดยผ่านสื่อวิทยุ โทรทัศน์ แผ่นพับ จดหมายข่าว และ website เพื่อให้ประชาชนได้ทราบความเป็นไปของโครงการอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นการประชาสัมพันธ์ผู้ได้รับผลกระทบจากการดำเนินการการก่อสร้างโครงการ ปัญหาการจราจรและสิ่งแวดล้อม และอื่น ๆ งานผลิตสื่อประชาสัมพันธ์ ได้แก่

- เอกสารข้อเท็จจริง (Fact Sheet) เนื้อหา ประกอบด้วย ความเป็นมาของโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ ประโยชน์ของโครงการ ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานโครงการ ขั้นตอนการก่อสร้าง การจัดการจราจร เป็นต้น
- จดหมายข่าว เนื้อหา ความก้าวหน้าของโครงการ
- โฆษณาในหน้าหนังสือพิมพ์ วีดิทัศน์การดำเนินโครงการ
- สารคดีการก่อสร้างโครงการ และสปอร์ตโทรทัศน์เผยแพร่ทางสถานีโทรศัน์ และวิทยุ
- ป้ายประชาสัมพันธ์โครงการขนาดต่าง ๆ ตามแนวเส้นทาง
- โฆษณาประชาสัมพันธ์การก่อสร้างโครงการโดยการส่ง SMS ผ่านมือถือทุกระบบ
- การสื่อสารมวลชน เช่น การแถลงข่าว การสัมภาษณ์พิเศษ
- เว็บเพจโครงการ (Website)

(2) การจัดให้มีการมีส่วนร่วมของประชาชน โดยมีการหารือและการประชุมสาธารณะเป็นระยะตลอดการดำเนินการก่อสร้างโครงการ

- **ระยะดำเนินการ**

(1) มีการจัดประชาสัมพันธ์การเปิดใช้เส้นทางโครงการ โดยผ่านสื่อวิทยุ โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ แผ่นพับ Website SMS ผ่านมือถือทุกระบบ ใบปลิว ป้ายโฆษณา ติดตั้งไว้ในที่ที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน

1.13.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาก่อสร้างระยะดำเนินการ

1.13.6 หน่วยงานรับผิดชอบ

(1) ระยะก่อสร้าง : ผู้รับเหมาก่อสร้าง ภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

(2) ระยะดำเนินการ : รฟม. หรือ ผู้เดินรถภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม.

1.13.7 งบประมาณ

(1) ระยะก่อสร้าง : รวมอยู่ในงบประมาณค่าก่อสร้างโครงการ

(2) ระยะดำเนินการ : รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

ตารางที่ 1-1 สรุปสาระสำคัญแผนการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามมาตรการป้องกันและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียวเข้มส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

แผนการจัดการสิ่งแวดล้อม	วัตถุประสงค์	พื้นที่ดำเนินการ	งบประมาณ
1. แผนการควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำผิวดิน	เพื่อป้องกันมิให้เศษวัสดุต่าง ๆ รวมทั้งตะกอนดินจากการก่อสร้าง และกิจกรรมการดำเนินการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ	ระยะก่อสร้าง คลองสอง คลองสาม คลองสี่ คลองห้า คลองหกวา ระยะดำเนินการ คลองหกวา	ระยะก่อสร้าง รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา ระยะดำเนินการ รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ
2. แผนการควบคุมคุณภาพอากาศ	เพื่อควบคุมคุณภาพอากาศบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ ตลอดจนเพื่อกำหนดผู้รับผิดชอบในการ เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการปฏิบัติและเป็นรูปธรรม	ระยะก่อสร้าง พื้นที่ที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง ระยะดำเนินการ บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง และสถานีรถไฟฟ้า	ระยะก่อสร้าง รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา ระยะดำเนินการ รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

แผนการจัดการสิ่งแวดล้อม	วัตถุประสงค์	พื้นที่ดำเนินการ	งบประมาณ
3. แผนการป้องกันระดับเสียง	เพื่อควบคุมระดับเสียงบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการให้อยู่ในระดับที่ก่อให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุดทั้งในระยะก่อร้างและระยะดำเนินการ	ระยะก่อสร้าง พื้นที่ที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง ระยะดำเนินการ บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง สถานีและแนวเส้นทางโครงการ โดยปลูกต้นไม้ให้แล้วเสร็จก่อนเปิดใช้รถไฟฟ้า	ระยะก่อสร้าง รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา ระยะดำเนินการ รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ
4. แผนการป้องกันและลดผลกระทบด้านความสั่นสะเทือน	เพื่อควบคุมป้องกันและลดผลกระทบด้านความสั่นสะเทือนบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ	ระยะก่อสร้าง พื้นที่ที่อยู่ระหว่างการก่อสร้าง ระยะดำเนินการ บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง สถานีและแนวเส้นทางโครงการ	ระยะก่อสร้าง รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา ระยะดำเนินการ รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ
5. แผนบรรเทาผลกระทบด้านการจราจร	เพื่อบรรเทาผลกระทบด้านการจราจรบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทั้งในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ	ระยะก่อสร้าง บริเวณทางเข้า-ออกพื้นที่ก่อสร้าง ระยะดำเนินการ บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุง	ระยะก่อสร้าง รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา ระยะดำเนินการ รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ
6. แผนบรรเทาผลกระทบด้านการจราจร	เพื่อป้องกันเศษวัสดุต่าง ๆ รวมทั้งตะกอนดินจากการก่อสร้างและกิจกรรมการดำเนินงานโครงการไปกีดขวางการระบายน้ำของคลองต่าง ๆ ตลอดจนท่อระบายน้ำ ในระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ	ระยะก่อสร้าง พื้นที่ก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารจอดและจร ระยะดำเนินการ บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุง	ระยะก่อสร้าง 180,000 บาท รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา ระยะดำเนินการ รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ
7. แผนการจัดการมูลฝอย	เพื่อรวบรวม และจัดการมูลฝอยด้วยวิธีที่เหมาะสม มิให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์โรค กีดขวางทางน้ำ และทัศนอุจาด ตลอดระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ	ระยะก่อสร้าง พื้นที่ก่อสร้างโครงการ ระยะดำเนินการ บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง และสถานีรถไฟฟ้า	ระยะก่อสร้าง ถังรองรับมูลฝอยขนาด 240 ลิตร 100 ใบ 400,000 บาท รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา ระยะดำเนินการ รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

แผนการจัดการสิ่งแวดล้อม	วัตถุประสงค์	พื้นที่ดำเนินการ	งบประมาณ
8. แผนการจัดการด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย	- เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการปฐมพยาบาลขั้นต้น - เพื่อช่วยบรรเทาอาการเจ็บป่วยหรืออุบัติเหตุก่อนนำส่งโรงพยาบาล - เพื่อเป็นสวัสดิการแก่พนักงานและเจ้าหน้าที่ - เพื่อความปลอดภัยของประชาชนผู้ใช้ทางหรือผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ก่อสร้าง ตลอดจนผู้ใช้บริการโครงการ	<u>ระยะก่อสร้าง</u> พื้นที่ก่อสร้างโครงการ <u>ระยะดำเนินการ</u> บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง และสถานีรถไฟฟ้า	<u>ระยะก่อสร้าง</u> - อุปกรณ์ปฐมพยาบาล และอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ประมาณ 100,000 บาท/ปี <u>ระยะดำเนินการ</u> ยาสามัญประจำบ้าน อุปกรณ์ปฐมพยาบาล และอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ประมาณ 100,000 บาท/ปี
9. แผนการปรับปรุงภูมิทัศน์	- เพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบเรียบร้อยในการดำเนินงานโครงการต่อชุมชนโดยรอบ - เพื่อจัดภูมิทัศน์ในบริเวณ/ส่วนต่าง ๆ ของแนวเส้นทางให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อมและเพื่อให้มีทัศนียภาพที่งดงาม	<u>ระยะก่อสร้าง</u> พื้นที่ก่อสร้างโครงการ <u>ระยะดำเนินการ</u> บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง สถานีรถไฟฟ้าและแนวเส้นทางโครงการ	<u>ระยะก่อสร้าง</u> การจัดภูมิทัศน์ ประมาณ 20 ล้านบาท <u>ระยะดำเนินการ</u> ค่าบำรุงดูแลต้นไม้ ประมาณ 3 ล้านบาท/ปี
10. แผนบรรเทาผลกระทบด้านเศรษฐกิจ-สังคม	- เพื่อควบคุมการก่อสร้างไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของประชาชน - เพื่อรับและแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารของโครงการ ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างโครงการ และดำเนินการเพื่อนำข้อมูลมาประกอบการดำเนินงานโครงการ - เพื่อสร้างความเข้าใจที่ดีและก่อให้เกิดความร่วมมือต่อการดำเนินงานโครงการของรัฐ	<u>ระยะก่อสร้าง</u> พื้นที่ก่อสร้างโครงการ พื้นที่ก่อสร้างโครงการ อาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง บริเวณสถานีรถไฟฟ้าและแนวเส้นทางโครงการ <u>ระยะดำเนินการ</u> บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง และสถานีรถไฟฟ้า	<u>ระยะก่อสร้าง</u> รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา <u>ระยะดำเนินการ</u> รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ
11. แผนปฏิบัติการด้านการรื้อย้ายและการเวนคืน	- เพื่อสำรวจและรวบรวมข้อมูลจำนวน/ลักษณะการถือครองอสังหาริมทรัพย์ ประเภทและลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง ที่อยู่ในพื้นที่เขตทางที่ได้รับความเสียหาย เพื่อประเมินเงินค่าทดแทนให้แก่ทรัพย์สินที่ถูกเวนคืน -เพื่อประเมินผลกระทบจากการพัฒนาโครงการต่อผู้ถือครองกรรมสิทธิ์ที่ดินและทรัพย์สิน -เพื่อประมาณการมูลค่าการทดแทน	<u>ระยะก่อนการก่อสร้าง</u> มีการรื้อย้ายสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ในเขตพื้นที่ก่อสร้างโครงการซึ่งปัจจุบันเป็นบ้านที่ปลูกรุกล้ำริมคลองบางเขน คลองสอง และคลองหกวา และมีการเวนคืนที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง เพื่อก่อสร้างแนวเส้นทาง สถานีรถไฟฟ้า (บันไดขึ้น-ลง) อาคารจอดและจร และศูนย์ซ่อมบำรุง <u>ระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ</u>	<u>ระยะก่อนการก่อสร้าง</u> รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา <u>ระยะก่อสร้างและระยะดำเนินการ</u>

แผนการจัดการสิ่งแวดล้อม	วัตถุประสงค์	พื้นที่ดำเนินการ	งบประมาณ
	อสังหาริมทรัพย์เบื้องต้นที่ได้รับความเสียหายจากการพัฒนาโครงการอย่างเหมาะสม -เพื่อสร้างความเข้าใจที่ดีและก่อให้เกิดความร่วมมือต่อการดำเนินงานโครงการของรัฐ		
12. แผนการประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมของประชาชน	- เพื่อให้ประชาชนที่ได้รับผลกระทบตรงจากโครงการ ประชาชนในพื้นที่ ผู้นำท้องถิ่น และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดในพื้นที่โครงการได้รับทราบรายละเอียดของโครงการ - เพื่อให้ข้อมูลและสร้างความเข้าใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับโครงการ และแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารของโครงการ ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างโครงการ เพื่อนำข้อมูลมาประกอบการดำเนินงานโครงการ - เพื่อให้กลุ่มผู้ได้รับผลกระทบตรงได้มีส่วนร่วมในการประชุม/หารือและมีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรการในการช่วยเหลือประชาชนในชุมชน - เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่ได้มีส่วนร่วมในการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างโครงการ และมีช่องทางในการนำเสนอข้อมูลรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาทันที - เพื่อสร้างความเข้าใจที่ดีและก่อให้เกิดความร่วมมือต่อการดำเนินงานโครงการของรัฐ	<u>ระยะก่อสร้าง</u> พื้นที่ก่อสร้างโครงการ <u>ระยะดำเนินการ</u> บริเวณโดยรอบอาคารจอดและจร ศูนย์ซ่อมบำรุง สถานีรถไฟฟ้าและแนวเส้นทางโครงการ	<u>ระยะก่อสร้าง</u> รวมอยู่ในค่าใช้จ่ายของผู้รับเหมา <u>ระยะดำเนินการ</u> รวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

<u>หมายเหตุ</u> : ระยะก่อสร้าง รับผิดชอบการดำเนินงานโดยผู้รับเหมาก่อสร้างภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม. และงบประมาณรวมอยู่ในค่าก่อสร้างโครงการ ระยะดำเนินการ รับผิดชอบการดำเนินงานโดย รฟม. หรือผู้เดินรถโดยภายใต้การกำกับดูแลของ รฟม. และงบประมาณรวมอยู่ในงบประมาณประจำปีของโครงการ

ภาคผนวก ง.

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

ภาคผนวก ง

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และ พื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

โครงการงานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้า สายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

ลำดับที่	ที่ดินแปลงที่	รายละเอียดเจ้าของกรรมสิทธิ์ หรือผู้ครอบครองตามกฎหมาย		บริเวณที่ต้องการที่ดินเพิ่มเติม	รายละเอียดที่ดิน										ค่าทดแทนที่ดิน			ค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง				หมายเหตุ
		ชื่อเจ้าของกรรมสิทธิ์	ที่อยู่		หนังสือสำคัญ				เนื้อที่ทั้งหมด			เนื้อที่ที่ต้องเวนคืน			ราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์	ราคาประเมินโดยใช้ราคาบอกรายในพื้นที่โครงการ	ค่าทดแทนส่วนที่ถูกเวนคืน	ชนิดอาคาร	เนื้อที่ต่อชั้น	ราคาประเมินของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน	ค่าทดแทนอาคาร	
					ระวาง 5136IV	ที่ตั้งที่ดิน ตำบล	โฉนดที่ดิน (น.ส.3, 3 ก)	เลขที่ดิน	หน้าสำรวจ	ไร่	งาน	วา^2	ไร่	งาน	วา^2	บาท/วา^2	บาท/วา^2	(บาท)		(ตร.ม.)	(บาท/ตร.ม.)	(บาท)	
1	ท1A	กรมธนารักษ์	พระราม 6 สามเสนใน พญาไท กรุงเทพ 10400	N21	7438-14	ดอนเมือง	1627	61	246	-	3	50.00	-	-	10.63	34,000	68,000	722,840	-	-	-	-	
2	ท1B	กรมธนารักษ์	พระราม 6 สามเสนใน พญาไท กรุงเทพ 10400	N21	7438-14	ดอนเมือง	1482	62	217	41	1	50.00	-	1	32.45	34,000	68,000	9,006,600	-	-	-	-	
3	ท1C	-	-	N21	7436-03	ดอนเมือง	-	10	-	10	-	-	-	1	86.50	34,000	68,000	12,682,000	-	-	-	-	
4	ท1D	-	-	N21	7438-15	ดอนเมือง	-	65	-	10	-	-	-	1	25.50	34,000	68,000	8,534,000	-	-	-	-	
5	ท1E	-	-	N22	7438-11	ดอนเมือง	817	52	89	85	-	97.00	-	-	81.75	34,000	68,000	5,559,000	-	-	-	-	
6	ท1F	-	-	N22	7438-11	ดอนเมือง	-	55	-	10	-	-	-	1	50.00	34,000	68,000	10,200,000	-	-	-	-	
7	ท1	นายวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ประดิพัทธ์ 10 ต.สามเสนใจ อ.พญาไท จ.กทม.	ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	1244	26	119	33	3	44.00	18	1	53.00	34,000	68,000	500,004,000	1SC	398	11,800	4,696,400	
8	ท2	1. นางอากาศเอกอนุพันธ์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา 2. พันตำรวจเอกอิสระพันธ์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา	27 แขวงลาดยาว เขตบางเขน กทม.	ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	2040	27	197	3	1	96.00	1	2	95.50	34,000	68,000	47,294,000	1SW	135	10,100	1,363,500	
9	ท3	-	-	ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566	2	3	33.00	1	-	97.25	34,000	68,000	33,813,000	2SC	194	11,000	4,268,000	ไม่พบหลักฐานในสารบบ
-				ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	-	2SC	50	11,000	1,100,000	
-				ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	-	1SC	180	11,800	2,124,000	
-				ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	-	2SC	160	11,000	3,520,000	
-				ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	-	1SC	38	11,800	448,400	
-				ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	-	1SC	94	11,800	1,109,200	
-				ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	-	1FC	95	7,300	693,500	
-				ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	-	1SW	27	10,100	272,700	
-				ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	-	1SW	9	10,100	90,900	
-				ITF-N23	7438-04	ดอนเมือง	127961	28	10566							-	-	-	1SC	40	11,800	472,000	
10	ท4	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ซ.ประดิพัทธ์ 10 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843	64	2	7.00	9	3	53.00	20,000	40,000	158,120,000	2SW	60	9,500	1,140,000	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1SC	950	11,800	11,210,000	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1SC	680	11,800	8,024,000	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1SC	270	11,800	3,186,000	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1SC	203	11,800	2,395,400	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1SC	18	11,800	212,400	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1SC	70	11,800	826,000	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1SC	160	11,800	1,888,000	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1SC	125	11,800	1,475,000	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1W	280	2,525	707,000	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1W	420	2,525	1,060,500	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1W	300	2,525	757,500	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1SW	62	10,100	626,200	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1W	130	2,525	328,250	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1W	77	2,525	194,425	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1SW	30	10,100	303,000	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1W	500	2,525	1,262,500	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1W	400	2,525	1,010,000	
-				3+700 - 5+700	7638-01	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21739	4	2843							-	-	-	1W	400	2,525	1,010,000	
11	ท5	พันจ่าอากาศเอกประเสริฐ บุณยสมิต	140 ม.6 แขวงสายไหม เขตบางเขน กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	13306	2672	480	-	1	84.00	-	-	5.00	70,000	140,000	700,000	-	-	-	-	
12	ท6	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21741	2703	2845	-	-	17.00	-	-	17.00	19,000	38,000	646,000	1W	320	2,525	808,000	

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

โครงการงานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้า สายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

ลำดับที่	ที่ดินแปลงที่	รายละเอียดเจ้าของกรรมสิทธิ์ หรือผู้ครอบครองตามกฎหมาย			รายละเอียดที่ดิน											ค่าทดแทนที่ดิน			ค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง				หมายเหตุ
		ชื่อเจ้าของกรรมสิทธิ์	ที่อยู่	บริเวณที่ต้องการที่ดินเพิ่มเติม	หนังสือสำคัญ					เนื้อที่ทั้งหมด			เนื้อที่ที่ต้องเวนคืน			ราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์	ราคาประเมินโดยใช้ราคาบอกขายในพื้นที่โครงการ	ค่าทดแทนส่วนที่ถูกเวนคืน	ชนิดอาคาร	เนื้อที่ต่อชั้น	ราคาประเมินของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน	ค่าทดแทนอาคาร	
					ระวาง 5136IV	ที่ตั้งที่ดิน ตำบล	โฉนดที่ดิน (น.ส.3, 3 ก)	เลขที่ดิน	หน้าสำรวจ	ไร่	งาน	วา^2	ไร่	งาน	วา^2	บาท/วา^2	บาท/วา^2	(บาท)		(ตร.ม.)	(บาท/ตร.ม.)	(บาท)	
13	ท7	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21742	2704	2846	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	1W	230	2.525	580,750	
14	ท8	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21743	2705	2847	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
15	ท9	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21744	2706	2848	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
16	ท10	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21745	2707	2849	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
17	ท11	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21746	2708	2850	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
18	ท12	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21747	2709	2851	-	-	18.00	-	-	14.50	19,000	38,000	551,000	-	-	-	-	
19	ท13	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21748	2710	2852	-	-	18.00	-	-	0.34	19,000	38,000	12,920	-	-	-	-	
20	ท14	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21750	2702	2854	-	1	48.00	-	1	12.50	19,000	38,000	4,275,000	-	-	-	-	
21	ท15	นางสาวนวลลนา พรชำนิ	190 แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	13332	2696	872	1	3	6.00	-	-	21.00	21,000	42,000	882,000					
22	ท16	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21751	2701	2855	-	1	48.00	-	1	14.75	19,000	38,000	4,360,500	-	-	-	-	
23	ท17	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21752	2700	2856	-	1	48.00	-	1	13.50	19,000	38,000	4,313,000	-	-	-	-	
24	ท18	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21753	2699	2857	-	1	49.00	-	1	7.50	19,000	38,000	4,085,000	-	-	-	-	
25	ท19	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21754	2698	2858	-	1	49.00	-	1	10.75	19,000	38,000	4,208,500	-	-	-	-	
26	ท20	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21755	2918	2859	-	1	49.00	-	1	10.75	19,000	38,000	4,208,500	-	-	-	-	
27	ท21	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21756	2919	2860	-	1	49.00	-	1	10.25	19,000	38,000	4,189,500	-	-	-	-	
28	ท22	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21757	2920	2861	-	1	49.00	-	1	10.25	19,000	38,000	4,189,500	1W	260	2.525	656,500	
29	ท23	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21758	2921	2862	-	1	49.00	-	1	9.00	19,000	38,000	4,142,000	1W	180	2.525	454,500	
30	ท24	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21759	2922	2863	-	1	49.00	-	1	6.75	19,000	38,000	4,056,500	-	-	-	-	
31	ท25	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21760	2923	2864	-	1	37.00	-	-	98.75	19,000	38,000	3,752,500	1SW	240	10.100	2,424,000	
32	ท26	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21761	2924	2865	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
33	ท27	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21762	2925	2866	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
34	ท28	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21763	2926	2867	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	1W	540	2.525	1,363,500	
35	ท29	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21764	2927	2868	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
36	ท30	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21765	2928	2869	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
37	ท31	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21766	2929	2870	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
38	ท32	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21767	2930	2871	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
39	ท33	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21768	2931	2872	-	-	7.50	-	-	7.50	19,000	38,000	285,000	-	-	-	-	
40	ท34	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	22063	2933	3167	-	-	80.00	-	-	76.25	19,000	38,000	2,897,500	-	-	-	-	
41	ท35	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21839	2934	2943	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
42	ท36	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21840	2935	2944	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
43	ท37	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21841	2936	2945	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	1W	190	2.525	479,750	
44	ท38	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21842	2937	2946	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
45	ท39	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21843	2938	2947	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
46	ท40	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21844	2939	2948	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
47	ท41	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21845	2940	2949	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
48	ท42	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21846	2941	2950	-	-	18.00	-	-	16.25	19,000	38,000	617,500	-	-	-	-	
49	ท43	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21848	2943	2952	-	1	50.00	-	-	82.50	19,000	38,000	3,135,000	1W	230	2.525	580,750	
50	ท44	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21849	2944	2953	-	1	50.00	-	1	2.50	19,000	38,000	3,895,000	1W	94	2.525	237,350	
51	ท45	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21850	2945	2954	-	1	50.00	-	1	8.75	19,000	38,000	4,132,500	1W	395	2.525	997,375	
52	ท46	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21851	2946	2955	-	1	50.00	-	1	11.75	19,000	38,000	4,246,500	1SW	110	10.100	1,111,000	

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

โครงการงานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้า สายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

ลำดับที่	ที่ดินแปลงที่	รายละเอียดเจ้าของกรรมสิทธิ์ หรือผู้ครอบครองตามกฎหมาย		บริเวณที่ต้องการที่ดินเพิ่มเติม	รายละเอียดที่ดิน												ค่าทดแทนที่ดิน			ค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง				หมายเหตุ
		ชื่อเจ้าของกรรมสิทธิ์	ที่อยู่		หนังสือสำคัญ					เนื้อที่ทั้งหมด			เนื้อที่ที่ต้องเวนคืน				ราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรม	ราคาประเมินโดยใช้ราคาบอกขายในพื้นที่โครงการ	ค่าทดแทนส่วนที่ถูกเวนคืน	ชนิดอาคาร	เนื้อที่ต่อชั้น	ราคาประเมินของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน	ค่าทดแทนอาคาร	
					ระวาง 5136IV	ที่ตั้งที่ดิน ตำบล	โฉนดที่ดิน (น.ส.3, 3 ก)	เลขที่ดิน	หน้าสำรวจ	ไร่	งาน	วา²	ไร่	งาน	วา²		บาท/วา²	บาท/วา²	(บาท)		(ตร.ม.)	(บาท/ตร.ม.)	(บาท)	
53	ท47	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21852	2947	2956	-	1	50.00	-	1	10.00		19,000	38,000	4,180,000	1W	124	2.525	313,100	
54	ท48	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21853	2948	2957	-	1	50.00	-	1	11.00		19,000	38,000	4,218,000	1W	294	2.525	742,350	
55	ท49	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21854	2949	2958	-	1	50.00	-	1	10.50		19,000	38,000	4,199,000	-	-	-	-	
56	ท50	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21855	2950	2959	-	1	50.00	-	1	9.50		19,000	38,000	4,161,000	1SW	50	10.100	505,000	
57	ท51	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21856	2951	2960	-	1	50.00	-	1	10.75		19,000	38,000	4,208,500	1W	755	2.525	1,906,375	
58	ท52	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21857	2952	2961	-	1	50.00	-	1	14.00		19,000	38,000	4,332,000	1W	785	2.525	1,982,125	
59	ท53	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21858	2953	2962	-	1	50.00	-	1	8.25		19,000	38,000	4,113,500	-	-	-	-	
60	ท54	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21859	2954	2963	-	1	50.00	-	1	14.25		19,000	38,000	4,341,500	-	-	-	-	
61	ท55	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21860	2955	2964	-	1	73.00	-	1	29.25		19,000	38,000	4,911,500	-	-	-	-	
62	ท56	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21868	2957	2972	-	-	18.00	-	-	13.75		19,000	38,000	522,500	-	-	-	-	
63	ท57	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21867	2958	2971	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
64	ท58	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21866	2959	2970	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
65	ท59	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21865	2960	2969	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
66	ท60	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21864	2961	2968	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
67	ท61	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21863	2962	2867	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
68	ท62	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21862	2963	2966	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
69	ท63	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21861	2964	2965	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
70	ท64	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21948	2965	3052	-	-	80.00	-	-	78.25		9,500	19,000	1,486,750	-	-	-	-	
71	ท65	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21949	2966	3053	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
72	ท66	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21950	2967	3054	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
73	ท67	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21951	2968	3055	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
74	ท68	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21952	2969	3056	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
75	ท69	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21953	2970	3057	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
76	ท70	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21954	2971	3058	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
77	ท71	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21955	2972	3059	-	-	18.00	-	-	18.00		19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
78	ท72	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21956	2973	3060	-	-	18.00	-	-	12.25		19,000	38,000	465,500	-	-	-	-	
79	ท73	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21958	2975	3062	-	1	50.00	-	1	13.00		19,000	38,000	4,294,000	-	-	-	-	
80	ท74	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21959	2976	3063	-	1	49.00	-	1	14.50		19,000	38,000	4,351,000	-	-	-	-	
81	ท75	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21960	2977	3064	-	1	49.00	-	1	10.50		19,000	38,000	4,199,000	1SC	100	11.800	1,180,000	
82	ท76	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21961	2978	3065	-	1	49.00	-	1	12.00		19,000	38,000	4,256,000	1SC	65	11.800	767,000	
83	ท77	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21962	2979	3066	-	1	49.00	-	1	13.50		19,000	38,000	4,313,000	1SC	133	11.800	1,569,400	
84	ท78	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21963	2980	3067	-	1	49.00	-	1	11.75		19,000	38,000	4,246,500	1SC	30	11.800	354,000	
85	ท79	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21964	2981	3068	-	1	49.00	-	1	11.00		19,000	38,000	4,218,000	1SC	158	11.800	1,864,400	
86	ท80	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21965	2982	3069	-	1	49.00	-	1	9.00		19,000	38,000	4,142,000	1SC	71	11.800	837,800	
87	ท81	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21966	2983	3070	-	1	49.00	-	1	11.00		19,000	38,000	4,218,000	-	-	-	-	
88	ท82	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21967	2984	3071	-	1	49.00	-	1	13.50		19,000	38,000	4,313,000	1SC	64	11.800	755,200	
89	ท83	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21968	2985	3072	-	1	49.00	-	1	11.00		19,000	38,000	4,218,000	1W	140	2.525	353,500	
90	ท84	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21969	2986	3073	-	1	48.00	-	1	14.50		19,000	38,000	4,351,000	1SC	64	11.800	755,200	
91	ท85	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21970	2987	3074	-	1	48.00	-	1	11.75		19,000	38,000	4,246,500	1SC	64	11.800	755,200	
-				3+700 - 5+700	7640-14	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21970	2987	3074								-	-	-	1W	180	2.525	454,500	

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

โครงการงานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้า สายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

ลำดับที่	ที่ดินแปลงที่	รายละเอียดเจ้าของกรรมสิทธิ์ หรือผู้ครอบครองตามกฎหมาย		บริเวณที่ต้องการที่ดินเพิ่มเติม	รายละเอียดที่ดิน										ค่าทดแทนที่ดิน			ค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง				หมายเหตุ
		ชื่อเจ้าของกรรมสิทธิ์	ที่อยู่		หนังสือสำคัญ				เนื้อที่ทั้งหมด			เนื้อที่ที่ต้องเวนคืน			ราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์	ราคาประเมินโดยใช้ราคาบอกขายในพื้นที่โครงการ	ค่าทดแทนส่วนที่ถูกเวนคืน	ชนิดอาคาร	เนื้อที่ต่อชั้น	ราคาประเมินของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน	ค่าทดแทนอาคาร	
					ระวาง 5136IV	ที่ตั้งที่ดิน ตำบล	โฉนดที่ดิน (น.ส.3, 3 ก)	เลขที่ดิน	หน้าสำรวจ	ไร่	งาน	วา^2	ไร่	งาน	วา^2	บาท/วา^2	บาท/วา^2	(บาท)		(ตร.ม.)	(บาท/ตร.ม.)	(บาท)	
92	ท86	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21971	3306	3075	-	1	48.00	-	1	14.50	19,000	38,000	4,351,000	1SC	96	11,800	1,132,800	
-				3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21971	3306	3075							-	-	-	1W	200	2,525	505,000	
93	ท87	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21972	3305	3076	-	1	48.00	-	1	10.25	19,000	38,000	4,189,500	1SC	64	11,800	755,200	
-				3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21972	3305	3076							-	-	-	1W	196	2,525	494,900	
94	ท88	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21973	3304	3077	-	1	48.00	-	1	11.25	19,000	38,000	4,227,500	1SC	237	11,800	2,796,600	
95	ท88-1	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21974	3303	3078	-	1	48.00	-	1	10.00	19,000	38,000	4,180,000	1W	400	2,525	1,010,000	
-				3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21974	3303	3078							-	-	-	1SC	64	11,800	755,200	
96	ท89	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21975	3302	3079	-	1	48.00	-	1	10.75	19,000	38,000	4,208,500	1W	400	2,525	1,010,000	
97	ท90	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21976	3301	3080	-	1	48.00	-	1	15.25	19,000	38,000	4,379,500	1W	664	2,525	1,676,600	
98	ท91	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21977	3300	3081	-	1	48.00	-	1	14.50	19,000	38,000	4,351,000	-	-	-	-	
99	ท92	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21978	3299	3082	-	1	48.00	-	1	13.75	19,000	38,000	4,322,500	-	-	-	-	
100	ท93	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21979	3298	3083	-	1	48.00	-	1	11.00	19,000	38,000	4,218,000	1SC	350	11,800	4,130,000	
101	ท94	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21980	3297	3084	-	2	7.00	-	1	56.25	19,000	38,000	5,899,500	1W	600	2,525	1,515,000	
102	ท95	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21981	3288	3085	-	-	18.00	-	-	12.25	19,000	38,000	465,500	-	-	-	-	
103	ท96	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21982	3289	3086	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
104	ท97	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21983	3290	3087	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
105	ท98	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21984	3291	3088	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
106	ท99	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21985	3292	3089	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
107	ท100	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21986	3293	3090	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
108	ท101	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21987	3294	3091	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
109	ท102	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21988	3295	3092	-	-	18.00	-	-	18.00	19,000	38,000	684,000	-	-	-	-	
110	ท103	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	21989	3296	3093	-	-	26.00	-	-	3.25	19,000	38,000	123,500	-	-	-	-	
111	ท104	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 ถ.ปฏิพัท แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	22061	3287	3165	-	-	90.00	-	1	2.00	9,500	19,000	1,938,000	-	-	-	-	
112	ท105	ว่าที่เรือตรีวิเชียร กลิ่นสุคนธ์	4 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	3+700 - 5+700	7640-11	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	22062	2371	3166	18	-	10.00	6	-	57.50	10,000	20,000	49,150,000	-	-	-	-	
113	ท106	นางสาวผิว บุญยะรัตเวช	79,81 ถ.พระราม 5 แขวงถนนนครไชศรี เขตดุสิต กทม.	3+700 - 5+700	7640-12	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	20316	434	6759	36	-	66.00	9	3	0.75	10,000	20,000	78,015,000	2SCW	190	9,300	3,534,000	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SC	42	11,800	495,600	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SW	75	10,100	757,500	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SW	36	10,100	363,600	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SW	36	10,100	363,600	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SC	233	11,800	2,749,400	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SC	24	11,800	283,200	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SC	46	11,800	542,800	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1W	24	2,525	60,600	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SW	63	10,100	636,300	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1W	12	2,525	30,300	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SW	60	10,100	606,000	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SW	20	10,100	202,000	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SW	20	10,100	202,000	
-				3+700 - 5+700												-	-	-	1SW	40	10,100	404,000	
114	ท107	เอเชียเสริมกิจ	333 ซอย ถ.กรุงเทพฯชั้น 15 ถ.สีลม แขวงสีลม เขตบางรัก กทม.	3+700 - 5+700	7640-12	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	40191	435	12130	3	-	-	1	1	74.50	13,000	26,000	14,937,000	-	-	-	-	

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

โครงการงานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้า สายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

ลำดับที่	ที่ดินแปลงที่	รายละเอียดเจ้าของกรรมสิทธิ์ หรือผู้ครอบครองตามกฎหมาย			รายละเอียดที่ดิน											ค่าทดแทนที่ดิน			ค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง				หมายเหตุ
		ชื่อเจ้าของกรรมสิทธิ์	ที่อยู่	บริเวณที่ต้องการที่ดินเพิ่มเติม	หนังสือสำคัญ					เนื้อที่ทั้งหมด			เนื้อที่ที่ต้องเวนคืน			ราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์	ราคาประเมินโดยใช้ราคาบอกขายในพื้นที่โครงการ	ค่าทดแทนส่วนที่ถูกเวนคืน	ชนิดอาคาร	เนื้อที่ต่อชั้น	ราคาประเมินของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน	ค่าทดแทนอาคาร	
					ระวาง 5136IV	ที่ตั้งที่ดิน ตำบล	โฉนดที่ดิน (น.ส.3, 3 ก)	เลขที่ดิน	หน้าสำรวจ	ไร่	งาน	วา^2	ไร่	งาน	วา^2	บาท/วา^2	บาท/วา^2	(บาท)		(ตร.ม.)	(บาท/ตร.ม.)	(บาท)	
115	ท108	เอเชียเสริมกิจ	333 ซอย ธ.กรุงเทพขั้น 15 ถ.สีลม แขวงสีลม เขตบางรัก กทม.	3+700 - 5+700	7640-12	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	40192	436	12131	2	2	-	-	2	63.75	13,200	26,400	6,963,000	-	-	-	-	
116	ท109	เอเชียเสริมกิจ	333 ซอย ธ.กรุงเทพขั้น 15 ถ.สีลม แขวงสีลม เขตบางรัก กทม.	3+700 - 5+700	7640-12	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	20317	437	6760	7	1	48.00	-	2	26.50	16,700	33,400	7,565,100	1SW	52	10,100	525,200	
-				3+700 - 5+700	7640-12	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	20317	437	6760							7	14	-	1SW	171	10,100	1,727,100	
117	ท110	นางสาวผิว บุญยะรัตเวช	79,81 แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต กทม.	N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5	55	1	4.00	5	3	72.50	13,600	27,200	64,532,000	1SC	60	11,800	708,000	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SC	84	11,800	991,200	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SC	274	11,800	3,233,200	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	120	10,100	1,212,000	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	25	10,100	252,500	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	36	10,100	363,600	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	36	10,100	363,600	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	137	10,100	1,383,700	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	100	10,100	1,010,000	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	2SCW	118	9,300	2,194,800	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	27	10,100	272,700	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	62	10,100	626,200	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	70	10,100	707,000	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	25	10,100	252,500	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	146	10,100	1,474,600	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	102	10,100	1,030,200	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	30	10,100	303,000	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	46	10,100	464,600	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	64	10,100	646,400	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	35	10,100	353,500	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1SW	73	10,100	737,300	
-				N24	7840-13	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	852	1	5								-	-	-	1W	32	2,525	80,800	
118	ท111	นางสาวผิว บุญยะรัตเวช (เลิยชีวิต)	79 แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต กทม.	N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954	60	1	84.00	4	-	63.25	12,000	24,000	39,918,000	1SC	540	11,800	6,372,000	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1SC	1,450	11,800	17,110,000	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1SC	667	11,800	7,870,600	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	198	2,525	499,950	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	120	2,525	303,000	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	164	2,525	414,100	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	70	2,525	176,750	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	128	2,525	323,200	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	198	2,525	499,950	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	98	2,525	247,450	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	44	2,525	111,100	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	84	2,525	212,100	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	88	2,525	222,200	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	238	2,525	600,950	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954								-	-	-	1W	235	2,525	593,375	

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

โครงการงานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้า สายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

ลำดับที่	ที่ดินแปลงที่	รายละเอียดเจ้าของกรรมสิทธิ์ หรือผู้ครอบครองตามกฎหมาย		บริเวณที่ต้องการที่ดินเพิ่มเติม	รายละเอียดที่ดิน											ค่าทดแทนที่ดิน			ค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง				หมายเหตุ
		ชื่อเจ้าของกรรมสิทธิ์	ที่อยู่		หนังสือสำคัญ					เนื้อที่ทั้งหมด			เนื้อที่ที่ต้องเวนคืน			ราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์ บาท/วา^2	ราคาประเมินโดยใช้ราคาบอกขายในพื้นที่โครงการ บาท/วา^2	ค่าทดแทนส่วนที่ถูกเวนคืน (บาท)	ชนิดอาคาร	เนื้อที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	ราคาประเมินของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน (บาท/ตร.ม.)	ค่าทดแทนอาคาร (บาท)	
					ระวาง 5136IV	ที่ตั้งที่ดิน ตำบล	โฉนดที่ดิน (น.ส.3, 3 ก)	เลขที่ดิน	หน้าสำรวจ	ไร่	งาน	วา^2	ไร่	งาน	วา^2								
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954							-	-	-	1W	100	2,525	252,500	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954							-	-	-	1W	124	2,525	313,100	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954							-	-	-	1W	210	2,525	530,250	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954							-	-	-	1W	198	2,525	499,950	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954							-	-	-	1W	128	2,525	323,200	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954							-	-	-	1W	104	2,525	262,600	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954							-	-	-	1W	200	2,525	505,000	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954							-	-	-	1W	610	2,525	1,540,250	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954							-	-	-	1W	100	2,525	252,500	
-				N24	7840-09	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	10487	668	2954							-	-	-	1W	625	2,525	1,578,125	
119	ท112	เค.ที.วี. ค้นทรัดกลับ	28/3-4 ถนน จรัสเมือง แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กทม.	ITF	8440-00	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	45267	243	14592	7	1	91.70	7	1	91.70	7,000	14,000	41,883,800	-	-	-	-	
120	ท113	นางอาภา สลิลการดกุล	67/127 ซอย ประชาสุข แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กทม.	ITF	8440-00	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	6405	242	2210	4	3	97.80	4	3	97.80	7,000	14,000	27,969,200	1SC	250	11,800	2,950,000	
-				ITF	8440-00	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	6405	242	2210							-	-	-	1SC	105	11,800	1,239,000	
121	ท114	นางนิตยา กิจเจริญ	191 หมู่ 6 แขวงหลักสอง เขตบางแค กทม.	ITF	8440-00	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	951	237	104	2	-	70.00	2	-	70.00	14,100	28,200	24,534,000	1W	300	2,525	757,500	
-				ITF	8440-00	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	951	237	104							-	-	-	1W	300	2,525	757,500	
-				ITF	8440-00	คลองหกวาสายล่างฝั่งเหนือ	951	237	104							-	-	-	1W	320	2,525	808,000	
122	ท115	พระศรีสาคร	259/141 หมู่ 8 ต.พระโขนง อ.พระโขนง กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1278	3644	132	1	-	24.00	-	-	70.25	8,000	16,000	1,124,000	1SW	51	10,100	515,100	
-				DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1278	3644	132							-	-	-	1SW	62	10,100	626,200	
-				DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1278	3644	132							-	-	-	2SCW	30	9,300	558,000	
-				DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1278	3644	132							-	-	-	2SCW	30	9,300	558,000	
123	ท116	นางยุพิน ปิยัสสพันธุ์	108/202 หมู่ 7 ต.คลองถนน อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	49617	3657	14114	-	1	1.00	-	-	53.75	7,500	15,000	806,250	1SW	114	10,100	1,151,400	
124	ท117	1. นางสาวธัญญรัตน์ เขียวโสภณ 2. นางสาววรฐา เขียวโสภณ 3. นางสาวกฤตภัค เขียวโสภณ	108/197 หมู่ 7 ต.อนุสาวรีย์ อ.บางเขน กทม. 22/52 หมู่ 8 ต.สายไหม อ.สายไหม กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	49618	3658	14115	-	1	2.00	-	-	97.50	7,500	15,000	1,462,500	1SW	128	10,100	1,292,800	
125	ท118	1. นายวิชัย เขียวโสภณ 2. นางสาวกิมเฮียง เขียวโสภณ	4/15 ถ.พหลโยธิน ต.คลองถนน อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1610	3648	148	2	3	90.00	1	2	77.00	4,300	8,600	5,822,200	1SW	240	10,100	2,424,000	
-				DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1610	3648	148							-	-	-	2SW	15	9,500	285,000	
-				DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1610	3648	148							-	-	-	1SW	78	10,100	787,800	
-				DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1610	3648	148							-	-	-	1FC	407	7,300	2,971,100	
-				DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1610	3648	148							-	-	-	1W	74	2,525	186,850	
-				DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1610	3648	148							-	-	-	2SW	108	9,500	2,052,000	
126	ท119	ด.ญ. นิภาภรณ์ เนี้ยวคงศักดิ์	325 หมู่ 6 ถ.พหลโยธิน ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	8475	3660	279	3	-	2.00	2	3	79.50	5,100	10,200	12,030,900	2SCW	113	9,300	2,101,800	
127	ท120	ด.ญ. นิภาภรณ์ เนี้ยวคงศักดิ์	325 หมู่ 6 ถ.พหลโยธิน ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	2314	3649	219	4	3	12.00	2	-	40.50	4,300	8,600	7,228,300	-	-	-	-	
128	ท121	1. นางวาภาศโทนองใบ นิลจันทึก 2. นางจันทร์แจ่ม นิลจันทึก	31/1 หมู่ 5 ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	19082	3661	2328	-	3	57.00	-	3	57.00	5,500	11,000	3,927,000	1SC	38	11,800	448,400	
-				DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	19082	3661	2328							-	-	-	2SCW	84	9,300	1,562,400	
-				DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	19082	3661	2328							-	-	-	1SW	182	10,100	1,838,200	
129	ท122	นางสาวอาลิศษา เกตุถล	79/114 หมู่ 4 ต.ลาดสวาย อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	186201	3903	19716	-	1	56.60	-	1	56.60	5,100	10,200	1,597,320	-	-	-	-	
130	ท123	1. นายไพโรจน์ สร้อยทอง 2. นางนาเล็ก สร้อยทอง	46/1 หมู่ 5 ต.สายไหม อ.สายไหม กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	12208	4151	29556	-	2	-	-	2	-	5,100	10,200	2,040,000	-	-	-	-	

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

โครงการงานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้า สายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

ลำดับที่	ที่ดินแปลงที่	รายละเอียดเจ้าของกรรมสิทธิ์ หรือผู้ครอบครองตามกฎหมาย		บริเวณที่ต้องการที่ดินเพิ่มเติม	รายละเอียดที่ดิน										ค่าทดแทนที่ดิน			ค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง				หมายเหตุ
		ชื่อเจ้าของกรรมสิทธิ์	ที่อยู่		หนังสือสำคัญ				เนื้อที่ทั้งหมด			เนื้อที่ที่ต้องเวนคืน			ราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์	ราคาประเมินโดยใช้ราคาบอกขายในพื้นที่โครงการ	ค่าทดแทนส่วนที่ถูกเวนคืน	ชนิดอาคาร	เนื้อที่ต่อชั้น	ราคาประเมินของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน	ค่าทดแทนอาคาร	
					ระวาง 5136IV	ที่ตั้งที่ดิน ตำบล	โฉนดที่ดิน (น.ส.3, 3 ก)	เลขที่ดิน	หน้าสำรวจ	ไร่	งาน	วา^2	ไร่	งาน	วา^2	บาท/วา^2	บาท/วา^2	(บาท)		(ตร.ม.)	(บาท/ตร.ม.)	(บาท)	
131	ท124	นายประจวบ อุ่มบางตลาด	31 หมู่ 5 ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	186200	3902	19715	-	3	56.00	-	3	56.00	5,100	10,200	3,631,200	-	-	-	-	
132	ท125	1. นายยุทธนา อุ่มบางตลาด 2. นายภานุวัตน์ อุ่มบางตลาด 3. นายพินิจ อุ่มบางตลาด	8 หมู่ 5 ต.สายไหม อ.สายไหม กทม. 90 หมู่ 7 ต.สามพราน อ.สามพราน จ.นครปฐม	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	198156	3906	24241	-	3	-	-	3	-	5,500	11,000	3,300,000	1SW	172	10,100	1,737,200	
133	ท126	1. นายสุชีพ สว่างเนตร 2. นางวรรณา สว่างเนตร	27/193 หมู่ 8 ต.บางเมด อ.จอมทอง กทม. 347/4 หมู่ 1 ต.ทุ่งครุ อ.ทุ่งครุ กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	198157	3907	198157	-	2	-	-	2	-	5,100	10,200	2,040,000	-	-	-	-	
134	ท127	นายสุชิน สว่างเนตร	347/4 หมู่ 1 ต.ทุ่งครุ อ.ราษฎร์บูรณะ กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	198158	3908	24243	-	2	91.00	-	2	91.00	5,100	10,200	2,968,200	-	-	-	-	
135	ท128	นางบุญฐู จุฬารไลวงศ์	149/18 ซ.เซ็นต์หลุย 2 ต.ยานนาวา อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1136	3650	88	3	3	45.00	3	3	45.00	4,300	8,600	13,287,000	-	-	-	-	
136	ท129	นางบุญฐู จุฬารไลวงศ์	149/18 ซ.เซ็นต์หลุย 2 ต.ยานนาวา อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	198105	3671	23816	1	-	-	1	-	-	4,300	8,600	3,440,000	-	-	-	-	
137	ท130	นางบุญฐู จุฬารไลวงศ์	149/18 ซ.เซ็นต์หลุย 2 ต.ยานนาวา อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	198104	3670	23815	1	-	-	1	-	-	4,300	8,600	3,440,000	-	-	-	-	
138	ท131	นางบุญฐู จุฬารไลวงศ์	149/18 ซ.เซ็นต์หลุย 2 ต.ยานนาวา อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	198103	3669	23814	1	-	-	-	3	92.00	4,300	8,600	3,371,200	-	-	-	-	
139	ท132	นางบุญฐู จุฬารไลวงศ์	149/18 ซ.เซ็นต์หลุย 2 ต.ยานนาวา อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	198102	3668	23813	1	-	-	-	3	82.75	5,000	10,000	3,827,500	-	-	-	-	
140	ท133	นางบุญฐู จุฬารไลวงศ์	149/18 ซ.เซ็นต์หลุย 2 ต.ยานนาวา อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	198101	3667	23812	1	-	-	-	3	77.25	5,000	10,000	3,772,500	2SC	135	11,000	2,970,000	
141	ท134	นางบุญฐู จุฬารไลวงศ์	149/18 ซ.เซ็นต์หลุย 2 ต.ยานนาวา อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	198100	3666	23811	1	-	-	-	3	65.25	5,000	10,000	3,652,500	-	-	-	-	
142	ท135	นางบุญฐู จุฬารไลวงศ์	149/18 ซ.เซ็นต์หลุย 2 ต.ยานนาวา อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	198099	3665	23810	1	-	-	-	3	35.50	5,000	10,000	3,355,000	-	-	-	-	
143	ท136	นางบุญฐู จุฬารไลวงศ์	149/18 ซ.เซ็นต์หลุย 2 ต.ยานนาวา อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	198098	3664	23809	1	-	-	-	3	35.75	5,000	10,000	3,357,500	-	-	-	-	
144	ท137	ชาติธิปัตย์	149/18 ต.ยานนาวา อ.สาทร กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	151020	3651	13752	1	-	-	-	2	2.00	5,000	10,000	2,020,000	-	-	-	-	
145	ท138	ชาติธิปัตย์	149/18 ต.ยานนาวา อ.สาทร กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	151019	3652	13731	1	-	-	-	1	85.25	5,000	10,000	1,852,500	-	-	-	-	
146	ท139	ชาติธิปัตย์	149/18 ต.ยานนาวา อ.สาทร กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	151018	3653	13730	1	-	-	-	2	2.75	5,000	10,000	2,027,500	-	-	-	-	
147	ท140	ชาติธิปัตย์	149/18 ต.ยานนาวา อ.สาทร กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	151017	3654	13729	2	-	-	-	3	91.00	5,000	10,000	3,910,000	-	-	-	-	
148	ท141	ชาติธิปัตย์	149/18 ต.ยานนาวา อ.สาทร กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	151016	3655	13728	2	-	-	-	3	56.00	5,000	10,000	3,560,000	-	-	-	-	
149	ท142	1. พันจ่าอากาศเอกเอนก คงกัลป์ 2. นางสุรีย์รัตน์ คงกัลป์	27/10 ม.5 แขวงสายไหม เขตบางเขน กทม.	DEPOT	7638-03	สายไหม	190926	4731	22247	-	-	70.00	-	-	70.00	5,000	10,000	700,000	-	-	-	-	
150	ท143	นางพูนศรี ชุมทรัพย์	27/1 ม.2 ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7638-03	สายไหม	9607	703	429	2	2	74.00	2	2	74.00	4,300	8,600	9,236,400	-	-	-	-	
-				DEPOT	7640-12	สายไหม	3743	303	690							-	-	-	1SW	125	10,100	1,262,500	
151	ท144	นายประสิทธิ์ ทองแจ้ง	72 หมู่ 6 ต.ทุ่งสองห้อง อ.หลักสี่ กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1304	3664	138	-	3	93.00	-	3	93.00	5,100	10,200	4,008,600	1SW	54	10,100	545,400	
152	ท145	1. นายธนวุฒิ ทองแจ้ง 2. นายสมบัติ ทองแจ้ง 3. นายสมบูรณ์ ทองแจ้ง 4. นายประสิทธิ์ ทองแจ้ง	70/46 หมู่ 6 ต.ทุ่งสองห้อง อ.ดอนเมือง กทม. 72/22 หมู่ 6 ต.ทุ่งสองห้อง อ.ดอนเมือง กทม. 42 หมู่ 6 ต.ทุ่งสองห้อง อ.ดอนเมือง กทม. 72 หมู่ 6 ซ.บ้านทุ่งสองห้อง ต.ทุ่งสองห้อง อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	2602	3663	228	8	-	-	8	-	-	5,200	10,400	33,280,000	-	-	-	-	
153	ท146	1. นายธนวุฒิ ทองแจ้ง 2. นายสมบัติ ทองแจ้ง 3. นายสมบูรณ์ ทองแจ้ง 4. นายประสิทธิ์ ทองแจ้ง	70/46 หมู่ 6 ต.ทุ่งสองห้อง อ.ดอนเมือง กทม. 72/22 หมู่ 6 ต.ทุ่งสองห้อง อ.ดอนเมือง กทม. 42 หมู่ 6 ต.ทุ่งสองห้อง อ.ดอนเมือง กทม. 72 หมู่ 6 ซ.บ้านทุ่งสองห้อง ต.ทุ่งสองห้อง อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	171918	4144	14813	8	-	-	8	-	-	5,200	10,400	33,280,000	-	-	-	-	
154	ท147	1. นายธนวุฒิ ทองแจ้ง 2. นายสมบัติ ทองแจ้ง 3. นายสมบูรณ์ ทองแจ้ง	70/46 ม.6 ต.ทุ่งสองห้อง อ.ดอนเมือง กทม.	DEPOT	7638-03	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	171919	4739	14814	8	-	-	8	-	-	5,200	10,400	33,280,000	-	-	-	-	
155	ท148	1. นายธนวุฒิ ทองแจ้ง 2. นายสมบัติ ทองแจ้ง 3. นายสมบูรณ์ ทองแจ้ง	70/46 ม.6 ต.ทุ่งสองห้อง อ.ดอนเมือง กทม.	DEPOT	7638-03	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	171920	4740	14815	8	1	45.20	8	1	45.20	5,200	10,400	34,790,080	-	-	-	-	

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

โครงการงานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้า สายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

ลำดับที่	ที่ดินแปลงที่	รายละเอียดเจ้าของกรรมสิทธิ์ หรือผู้ครอบครองตามกฎหมาย			รายละเอียดที่ดิน										ค่าทดแทนที่ดิน			ค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง				หมายเหตุ
		ชื่อเจ้าของกรรมสิทธิ์	ที่อยู่	บริเวณที่ต้องการที่ดินเพิ่มเติม	หนังสือสำคัญ				เนื้อที่ทั้งหมด			เนื้อที่ที่ต้องเวนคืน			ราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์	ราคาประเมินโดยใช้ราคาบอกขายในพื้นที่โครงการ	ค่าทดแทนส่วนที่ถูกเวนคืน	ชนิดอาคาร	เนื้อที่ต่อชั้น	ราคาประเมินของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน	ค่าทดแทนอาคาร	
					ระวาง 5136IV	ที่ตั้งที่ดิน ตำบล	โฉนดที่ดิน (น.ส.3, 3 ก)	เลขที่ดิน	หน้าสำรวจ	ไร่	งาน	วา^2	ไร่	งาน	วา^2	บาท/วา^2	บาท/วา^2	(บาท)		(ตร.ม.)	(บาท/ตร.ม.)	(บาท)	
156	ท149	1. นายสันติ คำภูแก้ว 2. นางสาวสิรินาถ นิธยาภา 3. นางสาวสิรารัตน์ นิธยาภา	30 ม.5 แขวงสายไหม เขตสายไหม กทม.	DEPOT	7638-03	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	1335	4746	25171	-	-	70.00	-	-	70.00	10,000	20,000	1,400,000	2SC	167	11,000	3,674,000	
157	ท150	1. จ่าอากาศเอกชวลิต คงกัลป์ 2. น.ส.พิศมัย คงกัลป์	20 ม.5 ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7638-03	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	171921	4741	14816	-	-	83.10	-	-	83.10	10,000	20,000	1,662,000	2SCW	162	9,300	3,013,200	
158	ท151	-		DEPOT	7638-03	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้		738					-	1	-	10,000	20,000	2,000,000	-	-	-	-	
159	ท152	นายมงคล อุ่นบางตลาด	19 หมู่ 5 ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36530	3668	4875	2	2	76.00	2	2	76.00	5,100	10,200	10,975,200	-	-	-	-	
160	ท153	นายจวน อุ่นบางตลาด	77/4 หมู่ 5 ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36531	3667	4876	2	2	51.00	2	2	51.00	7,300	14,600	15,344,600	-	-	-	-	
161	ท154	สิบเอกสามารถ อุ่นบางตลาด	19 หมู่ 5 ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36532	3666	4877	2	2	24.00	2	2	24.00	7,300	14,600	14,950,400	-	-	-	-	
162	ท155	1. นายโสภณ อุ่นบางตลาด 2. นายจิรศักดิ์ อุ่นบางตลาด 3. นางสาวรัตนา อุ่นบางตลาด	77/4 หมู่ 5 ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36533	3665	4878	2	2	26.00	2	2	26.00	7,300	14,600	14,979,600	2SCW	115	9,300	2,139,000	
-				DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36533	3665	4878							-	-	-	1SW	30	10,100	303,000	
-				DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36533	3665	4878							-	-	-	1SW	15	10,100	151,500	
163	ท156	นางจรรยา ศรีทรัพย์	77/11 ม.5 ถ.พหลโยธิน ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36534	3345	4879	2	2	31.00	2	2	31.00	7,300	14,600	15,052,600	-	-	-	-	
164	ท157	นางวิมล อุ่นบางตลาด	77/63 ม.5 ต.สายไหม อ.สายไหม กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36535	3344	4880	2	2	23.00	2	2	23.00	7,300	14,600	14,935,800	-	-	-	-	
165	ท158	นางโฉมยงค์ วงศ์วิสุทธิเวท	77/1 ม.5 ต.สายไหม อ.สายไหม กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36536	3343	4881	2	2	21.00	2	2	21.00	7,300	14,600	14,906,600	3SC	400	11,000	13,200,000	
-				DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36536	3343	4881							-	-	-	1SW	64	10,100	646,400	
166	ท159	นางบรรจง เกตุกล	77/2 ม.5 ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36537	3342	4882	2	2	17.00	2	2	17.00	7,300	14,600	14,848,200	1SC	194	11,800	2,289,200	
-				DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36537	3342	4882							-	-	-	2SCW	117	9,300	2,176,200	
167	ท160	1. นายยุทธพงษ์ เหลี่ยมมุกดา 2. ด.ช.พงษ์พิพัฒน์ เหลี่ยมมุกดา	77 ม.5 ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36538	3341	4883	2	2	18.00	2	2	18.00	12,000	24,000	24,432,000	2SC	435	11,000	9,570,000	
-				DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	36538	3341	4883							-	-	-	2SC	92	11,000	2,024,000	
168	ท161	1. นางสาวกิมเฮียง เชียวโสภณ 2. นายวิรัย เชียวโสภณ	4/15 ถ.พหลโยธิน ต.คลองถนน อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	203356	3673	24656	1	-	-	1	-	-	5,800	11,600	4,640,000	-	-	-	-	
169	ท162	1. นางสาวกิมเฮียง เชียวโสภณ 2. นายวิรัย เชียวโสภณ	4/15 ถ.พหลโยธิน ต.คลองถนน อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-15	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	203357	3674	24657	1	-	-	1	-	-	9,000	18,000	7,200,000	-	-	-	-	
170	ท163	นายเชียว ปุ่นเจริญ	24/71 ม.2 ต.คลองสี่ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	45925	3675	6710	-	1	-	-	1	-	5,100	10,200	1,020,000	-	-	-	-	
171	ท164	นายวิรัตน์ พรจิราศิลป์	192/5 ต.บางพลัด อ.บางกอกน้อย กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	45926	3676	6711	-	1	-	-	1	-	5,100	10,200	1,020,000	-	-	-	-	
172	ท165	นายสมยศ แจ้งจรัส	707/4 ถ.ประสิทธิ์พัฒนา ต.แม่กลอง อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	45927	3677	6712	-	-	50.00	-	-	50.00	5,100	10,200	510,000	-	-	-	-	
173	ท166	นายสมยศ แจ้งจรัส	707/4 ถ.ประสิทธิ์พัฒนา ต.แม่กลอง อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	45928	3678	6713	-	-	50.00	-	-	50.00	5,100	10,200	510,000	-	-	-	-	
174	ท167	นายสมยศ แจ้งจรัส	707/4 ถ.ประสิทธิ์พัฒนา ต.แม่กลอง อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9345	3679	364	-	-	57.00	-	-	57.00	5,100	10,200	581,400	-	-	-	-	
175	ท168	นายบุญชู ธีระอรรถ	651 ต.ทุ่งมหาเมฆ อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	13966	3680	434	-	-	92.00	-	-	92.00	5,100	10,200	938,400	-	-	-	-	
176	ท169	นายบุญชู ธีระอรรถ	651 ต.ทุ่งมหาเมฆ อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	13967	3681	435	-	-	85.00	-	-	85.00	5,100	10,200	867,000	-	-	-	-	
177	ท170	-		DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้		3346		-	-	85.00	-	-	85.00	5,100	10,200	867,000	-	-	-	-	
178	ท171	นายบุญชู ธีระอรรถ		DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9346	3347	365	-	-	92.00	-	-	92.00	5,100	10,200	938,400	-	-	-	-	
179	ท172	นายวิชัย วิวิตเสวี	23/2 ซ.อินทามระ45 ถ.สุทธิสาร ต.ดินแดง อ.ห้วยขวาง กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	139759	3348	9347	-	1	76.00	-	1	76.00	5,100	10,200	1,795,200	-	-	-	-	
180	ท173	นางอุไร รามกุล	153/1 ม.2 ต.ท่าระหัด อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9347	3349	366	-	1	83.00	-	1	83.00	5,100	10,200	1,866,600	-	-	-	-	
181	ท174	นางบุญช่วย จิตติพานิชย์	387 ต.บางบำหรุ อ.บางพลัด กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9348	3350	367	-	3	64.00	-	3	64.00	5,100	10,200	3,712,800	-	-	-	-	

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

โครงการงานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้า สายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

ลำดับที่	ที่ดินแปลงที่	รายละเอียดเจ้าของกรรมสิทธิ์ หรือผู้ครอบครองตามกฎหมาย			รายละเอียดที่ดิน										ค่าทดแทนที่ดิน			ค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง				หมายเหตุ
		ชื่อเจ้าของกรรมสิทธิ์	ที่อยู่	บริเวณที่ต้องการที่ดินเพิ่มเติม	หนังสือสำคัญ				เนื้อที่ทั้งหมด			เนื้อที่ที่ต้องเวนคืน			ราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์	ราคาประเมินโดยใช้ราคาบอกขายในพื้นที่โครงการ	ค่าทดแทนส่วนที่ถูกเวนคืน	ชนิดอาคาร	เนื้อที่ต่อชั้น	ราคาประเมินของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน	ค่าทดแทนอาคาร	
					ระวาง 5136IV	ที่ตั้งที่ดิน ตำบล	โฉนดที่ดิน (น.ส.3, 3 ก)	เลขที่ดิน	หน้าสำรวจ	ไร่	งาน	วา^2	ไร่	งาน	วา^2	บาท/วา^2	บาท/วา^2	(บาท)		(ตร.ม.)	(บาท/ตร.ม.)	(บาท)	
182	ท175	1. นายนริศโรจน์ เฟื่องระบิล 2. พลเรือตรีสนิท เฟื่องระบิล	69/3 ม.3 ถ.หมู่บ้านนอกเขตต.บางนา อ.พระโขนง กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9349	795	368	-	1	80.00	-	1	80.00	5,100	10,200	1,836,000	-	-	-	-	
183	ท176	1. นางทวีรัก เฟื่องระบิล 2. ว่าที่นาวาเอกกฤษฎา เฟื่องระบิล	69/3 ม.3 ถ.หมู่บ้านนอกเขตต.บางนา อ.พระโขนง กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	139760	796	11730	-	1	86.00	-	1	86.00	5,100	10,200	1,897,200	-	-	-	-	
184	ท177	นางไพรัช เจริญวัลย์	128 ม.1 ต.บางประกอก อ.ราษฎรณ์บูรณะ กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9350	797	369	-	1	83.00	-	1	83.00	5,100	10,200	1,866,600	-	-	-	-	
185	ท178	นางปรีดา มฤกาสิทธิ์	643 ต.คลองจั่น อ.บางกะปิ กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	139612	798	11735	-	1	82.00	-	1	82.00	5,100	10,200	1,856,400	-	-	-	-	
186	ท179	ร้อยเอกมานพ กาญจนโรจน์	236/20 ถ.คลองกระแชง ต.คลองกระแชง อ.เมือง จ.สระบุรี	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9351	799	370	-	3	70.00	-	3	70.00	5,100	10,200	3,774,000	-	-	-	-	
187	ท180	พันเอกวรายุทธ์ สุมะนังกุล	122 ซ.จรัลสนิทวงศ์65 ต.บางบำหรุ อ.บางพลัด กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9352	800	371	-	3	76.00	-	3	76.00	5,100	10,200	3,835,200	-	-	-	-	
188	ท181	นายกิตติ ศตตกล	350 ต.คลองตัน อ.พระคนอง กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9353	801	372	-	3	72.00	-	3	72.00	5,100	10,200	3,794,400	-	-	-	-	
189	ท182	นายวิชิต ตันเทอดพิทย์	52 ซ.สุขุมวิท 77 ต.พระโขนง อ.วัฒนา กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9354	802	373	-	3	69.00	-	3	69.00	5,100	10,200	3,763,800	-	-	-	-	
190	ท183	-	-	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9355	803	374	-	3	70.00	-	3	70.00	5,100	10,200	3,774,000	-	-	-	-	ไม่พบหลักฐานในสารบบ
191	ท184	1. เรืออากาศโทอนุสรณ์ วงศ์วิสุทธิเวท 2. นางโฉมยงค์ วงศ์วิสุทธิเวท	77/1 ม.5 ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9356	804	375	-	3	67.00	-	3	67.00	5,100	10,200	3,743,400	-	-	-	-	
192	ท185	1. นางอนงค์ ชัยพรประเสริฐ 2. นายสงวน ชัยพรประเสริฐ	100 ม.5 แขวงสายไหม เขตบางเขน กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9375	805	376	-	3	76.00	-	2	38.75	10,000	20,000	4,775,000	-	-	-	-	
193	ท186	นางสาวโฉมแข บุญเจิม	146/24 แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9358	806	377	-	1	77.00	-	-	11.00	12,000	24,000	264,000	-	-	-	-	
194	ท187	นางบุญชู จุฬาไลวงศ์	149/18 ซ.เซ็นต์หลุย 2 ต.ยานนาวา อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-15	สายไหม	198103	3669	23814	1	-	-	1	-	-	4,300	8,600	3,440,000	-	-	-	-	
195	ท188	นางบุญชู จุฬาไลวงศ์	149/18 ซ.เซ็นต์หลุย 2 ต.ยานนาวา อ.ยานนาวา กทม.	DEPOT	7640-15	สายไหม	198104	3670	23815	1	-	-	1	-	-	4,300	8,600	3,440,000	-	-	-	-	
196	ท189	1. นางสุภาภรณ์ จันทร์โพธิ์พาส 2. จ่าสิบตรีหญิงนันทศิริ อาจคุ้มวงศ์	99/1 ม.9 ต.หนองงูเหลือม อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9315	3671	334	-	3	39.00	-	3	39.00	5,100	10,200	3,457,800	-	-	-	-	
197	ท190	นาวาอากาศเอกอำพัน จันโภคา	484/1 ม.6 ถ.สายไหม ต.สายไหม อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9316	3672	335	-	3	52.00	-	3	52.00	5,100	10,200	3,590,400	-	-	-	-	
198	ท191	นางสอาด พงษ์แสงศรี	363/190 ม.6 ต.คลองถนน อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองถนน	186591	3904	19734	-	1	14.00	-	1	14.00	5,100	10,200	1,162,800	-	-	-	-	
199	ท192	นางสอาด พงษ์แสงศรี	363/190 ม.6 ต.คลองถนน อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองถนน	186592	3905	19735	-	1	14.00	-	1	14.00	5,100	10,200	1,162,800	-	-	-	-	
200	ท193	นางสอาด พงษ์แสงศรี	363/190 ม.6 ต.คลองถนน อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9317	3687	336	-	1	20.00	-	1	20.00	5,100	10,200	1,224,000	-	-	-	-	
201	ท194	1. จ่าสิบเอกเชาวลิต ศรีขาว 2. สิบเอกเทพฤทธิ์ ศรีขาว	364/257 ม.3 ต.อนุสาวรีย์ อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9318	3686	337	-	1	-	-	1	-	5,100	10,200	1,020,000	2SC	168	11,000	3,696,000	
202	ท195	1. น.ส.ฐานิยา ธรรมวัฒนะ 2. นายสมัคร สุนทรเวช 3. นายประมวล จันทโรวาส 4. น.ส.ก็ยวย แซ่อึ้ง	9/31 ม.7 ต.ลาดพร้าว อ.ลาดพร้าว กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	19457	3685	2420	-	1	1.00	-	1	1.00	5,100	10,200	1,030,200	-	-	-	-	
203	ท196	น.ส.สิรีรัตน์ อ่อนปาน	464/9/3 ม.3 ต.อนุสาวรีย์ อ.บางเขน กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	19456	3684	2419	-	-	74.00	-	-	74.00	5,100	10,200	754,800	-	-	-	-	
204	ท197	1. นางนัดดาวดี สุวรรณนาคินทร์ 2. นายวีรชัย สุวรรณนาคินทร์	24/68 ถ.งามวงศ์วาน ต.ลาดยาว อ.จตุจักร กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9319	3683	338	-	3	47.00	-	3	47.00	5,100	10,200	3,539,400	-	-	-	-	
205	ท198	นางอุสาห์ ชวนเกษม	40/105 ม.4 ต.ลาดพร้าว อ.ลาดพร้าว กทม.	DEPOT	7640-16	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9320	3682	339	-	3	45.00	-	3	45.00	5,100	10,200	3,519,000	-	-	-	-	
206	ท199	1. นางวิไลพร อัตถาภูมิ 2. น.ส.วิภารัตน์ สุนทรสุวาที	49/3 ม.4 ต.แสนแสบ อ.มีนบุรี กทม.	DEPOT	7638-04	สายไหม	190596	3351	21979	-	-	85.30	-	-	85.30	5,100	10,200	870,060	-	-	-	-	
207	ท200	1. นางวิไลพร อัตถาภูมิ 2. น.ส.วิภารัตน์ สุนทรสุวาที	49/3 ม.4 ต.แสนแสบ อ.มีนบุรี กทม.	DEPOT	7638-04	สายไหม	190597	3352	21980	-	-	85.30	-	-	85.30	5,100	10,200	870,060	-	-	-	-	
208	ท201	น.ส.วรางคณี นันท์วิภากร	3/17 ซ.วัดราชสิทธาราม ต.วัดท่าพระ อ.บางกอกใหญ่ กทม.	DEPOT	7638-04	สายไหม	190598	3353	21981	-	-	85.20	-	-	85.20	5,100	10,200	869,040	-	-	-	-	
209	ท202	นางขไมพร ชุมสรี	3/17 ซ.วัดราชสิทธาราม ต.วัดท่าพระ อ.บางกอกใหญ่ กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9321	826	350	-	-	85.20	-	-	85.20	5,100	10,200	869,040	-	-	-	-	

บัญชีที่ดินภายในแนวเขตทาง และพื้นที่จำเป็นต้องเวนคืน

โครงการงานออกแบบรายละเอียดระบบรถไฟฟ้า สายสีเขียวเข้ม ส่วนต่อขยายช่วงสะพานใหม่-ลำลูกกาคลอง 4

ลำดับที่	ที่ดินแปลงที่	รายละเอียดเจ้าของกรรมสิทธิ์ หรือผู้ครอบครองตามกฎหมาย			รายละเอียดที่ดิน											ค่าทดแทนที่ดิน			ค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง				หมายเหตุ
		ชื่อเจ้าของกรรมสิทธิ์	ที่อยู่	บริเวณที่ต้องการที่ดินเพิ่มเติม	หนังสือสำคัญ					เนื้อที่ทั้งหมด			เนื้อที่ที่ต้องเวนคืน			ราคาประเมินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์	ราคาประเมินโดยใช้ราคาบอกขายในพื้นที่โครงการ	ค่าทดแทนส่วนที่ถูกเวนคืน	ชนิดอาคาร	เนื้อที่ต่อชั้น	ราคาประเมินของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สิน	ค่าทดแทนอาคาร	
					ระวาง 5136IV	ที่ตั้งที่ดิน ตำบล	โฉนดที่ดิน (น.ส.3, 3 ก)	เลขที่ดิน	หน้าสำรวจ	ไร่	งาน	วา^2	ไร่	งาน	วา^2	บาท/วา^2	บาท/วา^2	(บาท)		(ตร.ม.)	(บาท/ตร.ม.)	(บาท)	
210	ท203	น.ส.วันเพ็ญ พิชิตพันธ์พงศ์	147/44 ถ.บรมราชชนนี ต.อรุณอมรินทร์ อ.บางกอกน้อย กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9322	825	341	-	3	43.00	-	3	43.00	5,100	10,200	3,498,600	-	-	-	-	
211	ท204	นางมยุรี หริตกุล	899/9 ม.4 ถ.คูคต ต.คูคต อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9323	824	342	-	3	42.00	-	3	42.00	5,100	10,200	3,488,400	-	-	-	-	
212	ท205	เรืออากาศโทธงชัย นาคพันธุ์	25 ถ.สุทธิสาร ต.สามเสนใน อ.พญาไท กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	17467	823	2035	-	2	-	-	2	-	5,100	10,200	2,040,000	-	-	-	-	
213	ท206	พันเอกอุดม ควรผดุง	142/10 ถ.คลองบางจาก ต.คูหาสวรรค์ อ.ภาษีเจริญ กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9324	822	343	-	1	38.00	-	1	38.00	5,100	10,200	1,407,600	-	-	-	-	
214	ท207	พันเอกอุดม ควรผดุง	127 ซ.ปลูกจิตต์ ต.สุมพินี อ.ปทุมวัน กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9325	821	344	-	3	38.00	-	3	38.00	5,100	10,200	3,447,600	-	-	-	-	
215	ท208	พันเอกอุดม ควรผดุง	127 ซ.ปลูกจิตต์ ต.สุมพินี อ.ปทุมวัน กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9326	820	345	-	3	39.00	-	3	39.00	5,100	10,200	3,457,800	-	-	-	-	
216	ท209	พันเอกอุดม ควรผดุง	127 ซ.ปลูกจิตต์ ต.สุมพินี อ.ปทุมวัน กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9327	819	346	-	3	38.00	-	3	38.00	5,100	10,200	3,447,600	-	-	-	-	
217	ท210	พันเอกอุดม ควรผดุง	127 ซ.ปลูกจิตต์ ต.สุมพินี อ.ปทุมวัน กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9328	818	347	-	3	36.00	-	3	36.00	5,100	10,200	3,427,200	-	-	-	-	
218	ท211	1. น.ส.ฉวีวรรณ เศวตมาลย์ 2. น.ส.อุทุมพร เศวตมาลย์ 3. น.ส.มยุเรศ เศวตมาลย์	4 ซ.32 ถ.อินทามระ ต.ดินแดง อ.ดินแดง กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9329	817	348	-	3	33.00	-	3	33.00	5,100	10,200	3,396,600	-	-	-	-	
219	ท212	1. นางเพ็ญพรรณ ปลื้มสุดใจ 2. ร้อยเอกสุพจน์ ชื่นจิตร	15/145 ม.18 ต.คูคต อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9330	816	349	-	3	34.00	-	3	34.00	5,100	10,200	3,406,800	-	-	-	-	
220	ท213	น.ส.มัณฑนา ชินะประภา	117/5 ถ.บรมราชชนนี ต.อรุณอมรินทร์ อ.บางกอกน้อย กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9331	815	350	-	3	34.00	-	3	34.00	5,100	10,200	3,406,800	-	-	-	-	
221	ท215	พันโทละไอ ปิ่นสุวรรณ	116/46 ม.5 ซ.เอี่ยมสวน แขวงคลองถนน เขตบางเขน กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9332	813	351	-	1	71.00	-	1	71.00	10,000	20,000	3,420,000	-	-	-	-	
222	ท216	นิติบุคคล	333 ถ.สีลม แขวงสีลม เขตบางรัก กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9333	812	352	-	1	28.00	-	-	22.75	12,000	24,000	546,000	-	-	-	-	
223	ท217	นายชิโนรส บุญเจิม	717 ซ.33 ถ.เทอดไทย แขวงบุคคโล เขตธนบุรี กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9338	807	357	-	3	53.00	-	3	53.00	12,000	24,000	8,472,000	-	-	-	-	
224	ท218	นายชิโนรส บุญเจิม	717 ซ.33 ถ.เทอดไทย แขวงบุคคโล เขตธนบุรี กทม.	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9339	808	358	-	3	46.00	-	2	12.75	12,000	24,000	5,106,000	-	-	-	-	
225	ท219	นางสาวพัชรินทร์ บุญเจิม	5/3 ต.สารภี อ.สารภี จ.เชียงใหม่	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9340	809	359	-	3	47.00	-	1	33.00	12,000	24,000	3,192,000	-	-	-	-	
226	ท220	นางเพ็ชรัตน์ ศรีสุวรรณ์	49/1 ม.1 ต.บางซ้าย อ.บางซ้าย จ.พระนครศรีอยุธยา	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9341	1972	360	-	3	48.00	-	1	33.00	12,000	24,000	3,192,000	-	-	-	-	
227	ท221	นางสาวโฉมแข บุญเจิม	695 ถ.สามเสน แขวงวัฒิสิต เขตดุสิต กทม.	DEPOT	7638-08	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9342	3352	361	-	1	45.00	-	1	12.50	30,000	60,000	6,750,000	-	-	-	-	
228	ท222	1. นางกัลยาณี พินิจเลิศสกุล 2. นางสาววรนุช เส็มตันตินนท์	84/11 ม.1 แขวงจรเข้บัว เขตลาดพร้าว กทม.	DEPOT	7638-07	สายไหม	198128	2060	24434	-	1	45.00	-	-	8.75	30,000	60,000	525,000	-	-	-	-	
229	ท223	-	-	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	-	-	-	-	-	25.00	-	-	22.50	30,000	60,000	1,350,000	-	-	-	-	ไม่พบหลักฐานในสารบบ
230	ท224	นางสาวประคอง บุญเจิม	-	DEPOT	7638-04	คลองหกวาสายล่างฝั่งใต้	9337	1973	366	-	3	2.00	-	-	12.50	30,000	60,000	750,000	-	-	-	-	
รวม		จำนวนเจ้าของสังหาริมทรัพย์ที่ถูกเวนคืนทั้งสิ้น 88 ราย											211	2	69.07			1,937,011,060	171			247,372,150.00	