

บทที่ 5 การศึกษาวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมในด้านต่างๆ (TOR 3.2.4)

5.1 วิศวกรรมธรณีเทคนิค (Geotechnical Engineering) (TOR 3.2.4(1))

ผลการสำรวจสภาพชั้นดินและวิเคราะห์ทางธรณีเทคนิคเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบปรับปรุงระบบทางรถไฟ และโครงสร้างของระบบการเดินรถไฟ ตามแนวเส้นทางทั้ง 4 เส้นทาง ของโครงการระบบรถไฟฟ้าชานเมืองร่วมกับรถไฟฟ้าทางไกลเชื่อมต่อระบบขนส่งมวลชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (รังสิต-สถานีบ้านภาชี มวกะสัน-ละหานทราย คลังชัน-นครปฐม และมหาชัย-ปากท่อ) โดยกลุ่มบริษัทที่ปรึกษาได้ดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์ทางด้านธรณีฐานราก โดยใช้ข้อมูลที่มีอยู่ และการเจาะสำรวจเพิ่มเติมและทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาคุณสมบัติชั้นดินในการออกแบบรายละเอียดฐานรากและกันทางต่อไป

วัตถุประสงค์

- (ก) เพื่อให้ทราบถึงสภาพพื้นผิวดินและการจัดเรียงตัวของชั้นดิน รวมถึงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินแต่ละชั้น ตามแนวสายทางของโครงการ
- (ข) เพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาทางปฐพีวิศวกรรมของดินในแต่ละชั้นอย่างตรงประเด็น ตามวิธีการทดสอบของ AASHTO, ASTM หรือการทดสอบตามมาตรฐานที่เหมาะสม
- (ค) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการออกแบบฐานรากของโครงสร้างที่จะนำมาใช้ในโครงการ

รายละเอียดของงานเจาะสำรวจและทดสอบข้อมูลดินฐานรากโครงสร้าง ประกอบไปด้วยงานทดสอบในสนามและงานทดสอบในห้องปฏิบัติการ งานทดสอบในสนามครอบคลุมการทดสอบ vane shear tests งานเจาะสำรวจ การเก็บตัวอย่างดิน และการทดสอบ standard penetration tests ส่วนการทดสอบในห้องปฏิบัติการประกอบด้วย การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดินที่ได้มาจากสนาม

งานทดสอบในสนามได้เจาะสำรวจดินทุกๆ ระยะไม่เกิน 1.5 กิโลเมตร ตามแนวสายทางโครงการและตำแหน่งสถานี, Field Vane Shear Tests ทำการทดสอบทุกๆ ระยะไม่เกิน 1.5 กิโลเมตร ตามแนวสายทางโครงการเช่นกัน

งานทดสอบในห้องปฏิบัติการ ทำการทดสอบตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนมาจากการเจาะสำรวจในสนาม เพื่อหาคุณสมบัติพื้นฐานด้านปฐพีวิศวกรรมและการทดสอบตามมาตรฐาน

5.1.1 สภาพธรณีวิทยา

พื้นที่โครงการฯ ตั้งอยู่ในส่วนกลางของกรุงเทพมหานคร ซึ่งในแง่ธรณีวิทยาจัดแบ่งอยู่ใน Bangkok Subregion ของพื้นที่ราบภาคกลาง ตะกอนที่สะสมอยู่ใน Bangkok Subregion นี้มีอาณาเขตรอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ปากอ่าวไทย จังหวัดสมุทรปราการ กรุงเทพฯ จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี และบางส่วนของจังหวัดนครปฐม

จังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดฉะเชิงเทรา ลักษณะโดยทั่วไปของตะกอนในพื้นที่นี้จะมีการแทรกสลับกันเป็นชั้นๆ ของชั้นทรายและชั้นดินเหนียว โดยมีความหนาของตะกอนมากกว่า 2,000 เมตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณจังหวัดอยุธยาและกรุงเทพฯ

5.1.2 งานสำรวจสภาพชั้นดิน

ก. งานทดสอบในสนาม

มาตรฐานการเจาะสำรวจดินฐานราก การเก็บตัวอย่างดินและการทดสอบ แสดงดังตาราง

การทดสอบ	ASTM	ASHTO
การเก็บตัวอย่างดินคงสภาพ (กระบอกบาง)	D 1587	T 207
Standard penetration test และเก็บตัวอย่างด้วยกระบอกผ่า	D 1586	T 206
การเก็บรักษาและการขนส่งตัวอย่างดิน	D 4220	
การวัดระดับน้ำในหลุมเจาะสำรวจ	D 4750	
การทดสอบหาแรงเฉือนในสนาม	D 2573	

ข. งานทดสอบในห้องปฏิบัติการ

มาตรฐานการทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ แสดงดังตาราง

การทดสอบ	ASTM	ASHTO
การทดสอบหาปริมาณน้ำในมวลดินตามธรรมชาติ	D 2216	T 265
การทดสอบหาพิกัดอัตราเบอร์ก	D 4318	
พิกัดเหลว		T 89
พิกัดพลาสติก		T 90
การทดสอบหาขนาดเม็ดดินชนิดร่อนผ่านตะแกรง	D 422	T 88
การทดสอบแรงอัดแกนเดียว	D 2166	T 208
การทดสอบการยุบอัดตัวของดิน	D 2435	

การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลดินรวมใช้วิธีชั่งมวลและวัดขนาดของมวลตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในสนาม

5.1.3 การจำแนกชนิดของดิน

การบรรยายสภาพดินและการจำแนกชนิดของดินได้ใช้มาตรฐานของ Unified Soil Classification System (USCS) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย American Society of Testing and Materials (ASTM) ดังแสดงในรูปที่ 2

ก. ดินที่ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวของเม็ดดิน

ขนาดของเม็ดดินมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีดินมวลหยาบ ขนาดของเม็ดกรวดจนถึงดินเหนียวนั้นมีขนาดตั้งแต่ 100 มิลลิเมตร ไปจนถึงขนาดเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร สามารถจำแนกชนิดของดินตามขนาดของเม็ดดิน (มาตรฐาน USCS) ได้ดังนี้

ชื่อหลัก (กรวด, ทราย, ทรายแป้ง, ดินเหนียว)	ดินขนาดใดๆ ที่มีปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50% ของปริมาณดินตัวอย่างทั้งหมด
ชื่อประกอบ (กรวด, ทราย, ทรายแป้ง, ดินเหนียว)	Trace – มีจำนวน 1 - 10% ของจำนวนดินทั้งหมด Little – มีจำนวน 10 - 20% ของจำนวนดินทั้งหมด Some – มีจำนวน 20 - 35 % ของจำนวนดินทั้งหมด And – มีจำนวน 35 - 50 % ของจำนวนดินทั้งหมด

ดินที่ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวของเม็ดดินจะมีความสัมพันธ์ระหว่าง SPT ช่วงความหนาแน่นกับ ϕ ของดิน ดังตารางต่อไปนี้

SPT N (Blows/300 mm)	RELATIVE DENSITY	ANGLE OF INTERNAL FRICTION (ϕ)
0 – 4	Very Loose	$< 28^\circ$
4 – 10	Loose	$28^\circ - 30^\circ$
10 – 30	Medium Dense	$30^\circ - 36^\circ$
30 – 50	Dense	$36^\circ - 41^\circ$
> 50	Very Dense	$> 41^\circ$

ข. ดินที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวเม็ดดิน

การเรียกชื่อหลักของดินอาศัยปริมาณของขนาดเม็ดดินและความเป็นพลาสติกของดิน การแบ่งความเหนียวของดินชนิดนี้จึงเป็นตัวประกอบสำคัญที่สามารถเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับความแข็งแรงและค่า SPT ดังแสดงในตาราง

CONSISTENCY	S_u (kPa)	SPT N (blows/300 mm)	HAND TEST
Very soft	< 15	< 2	Extruded between fingers
Soft	15 – 25	2 – 4	Molded by slight pressure
Medium	25 – 50	4 – 8	Molded by strong pressure
Stiff	50 – 100	8 – 15	Indented by thumb
Very stiff	100 – 200	15 -30	Indented by thumb
Hard	> 200	> 30	Difficult to indent

5.1.4 งานเจาะสำรวจชั้นดินฐานราก

ก. งานเจาะสำรวจชั้นดิน

งานสำรวจชั้นดินฐานรากทำขึ้นสำหรับรวบรวมข้อมูลคุณสมบัติดิน โดยกลุ่มบริษัทที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการเจาะสำรวจตามแนวสายทางโครงการฯ

การสำรวจชั้นดินกระทำโดยการใช้เครื่องเจาะแบบ Rotary และ Percussion ซึ่งมีขนาดของหัวเจาะ 100 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) และเพื่อป้องกันการพังของหลุมเจาะได้ใส่ท่อกรงกันดินพัง (Steel Casing) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ในชั้นดินช่วงบนหรือในช่วงความลึกหรือในช่วงความลึกที่จำเป็น 2 – 6 เมตร ขณะเจาะสำรวจ กระบวนการเจาะที่ใช้เป็นการเจาะแบบฉีดล้าง (Wash Boring)

สำหรับการเจาะสำรวจชั้นดิน เจาะที่ความลึกไม่ต่ำกว่า 30 เมตร และจำนวน SPT-N Blows ต้องไม่ต่ำกว่า 50 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 3 ระดับความลึก

ข. งานเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินจะมีลักษณะการเก็บอยู่ 2 ชนิด คือ การเก็บตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Sample) ซึ่งเก็บโดยการใช้กระบอกบาง และการเก็บตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ (Disturbed Sample) จะเก็บโดยการใช้กระบอกผ่า ซึ่งวิธีการเก็บตัวอย่างแต่ละวิธี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเก็บด้วยกระบอกบาง (Shelby Tube Sample) ลักษณะของกระบอกบางเป็นกระบอกเหล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.1 เซนติเมตร ยาว 65 เซนติเมตร และหนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตร กดลงในชั้นดินเหนียว ที่มีค่า Consistency อยู่ในช่วง Very soft to stiff ด้วยระบบไฮดรอลิก ตัวอย่างดินลักษณะนี้เรียกว่า ตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed sample) หลังจากเก็บตัวอย่างดินได้แล้วต้องปิดหัวท้ายกระบอกด้วยพาราฟินเพื่อป้องกันความชื้นระเหยแล้วขนย้ายไปยังห้องปฏิบัติการด้วยความระมัดระวังและเก็บรักษาไว้ในที่ควบคุมความชื้น เพื่อทดสอบหาค่าแรงเฉือน (Shear Strength) และคุณสมบัติด้านวิศวกรรมอื่นๆ ของดิน หลังจากดันตัวอย่างดินออกจากกระบอกบางได้ใช้ Pocket Penetrometer กดที่ตัวอย่างดิน เพื่อตรวจสอบค่ากำลังของดินคร่าวๆ ซึ่งค่าที่

ได้เปรียบเทียบได้กับค่าแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำจากการทดสอบแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)

การเก็บด้วยกระบอกผ่า (Split Spoon Sample) ลักษณะกระบอกผ่าเป็นกระบอกเหล็กซึ่งผ่าออกเป็น 2 ซีก นำมาประกบกันไว้โดยมีเกลียวครอบหัวและท้ายกระบอก เมื่อเก็บตัวอย่างดินแล้วจะสามารถเปิดแยกเพื่อดูตัวอย่างดินได้ กระบอกผ่ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในเท่ากับ 5.0 เซนติเมตร และ 3.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และยาว 69 เซนติเมตร

ก. Standard Penetration Test (SPT)

การเก็บตัวอย่างดินแข็งหรือทรายจะทำหลังจากทำความสะอาดกันหลุมเจาะเรียบร้อยแล้ว โดยตอกลงไปในดินด้วยลูกตุ้มเหล็กหนัก 63.5 กิโลกรัม ระยะยกลูกตุ้ม 76.2 เซนติเมตร ลูกตุ้มเหล็กกระทบกับพื้นเป็นก้านนำส่ง จดบันทึกค่าการตอกทุกระยะจมลง 15 เซนติเมตร เป็นจำนวน 3 ระยะ ค่าการตอก 2 ระยะหลังรวมกันเรียกว่า ค่า Standard Penetration Number (SPT) หากการตอกทดลองกระทำน้อยกว่าระยะจมลง 45 เซนติเมตร การจดบันทึกค่า SPT จะถูกแสดงในทุกๆ ช่วงของการทดสอบ การทดสอบวิธีนี้เรียกว่า การตอกทดลอง (Standard Penetration Test : SPT) ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์หาความต้านทานและชนิดของดิน โดยการทดสอบนี้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D 1586

ง. ทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการมีดังรายการต่อไปนี้ :

ปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ

พิกัดอัตราเทอร์เบอร์เกอร์ (พิกัดเหลว และพิกัดพลาสติก)

หน่วยน้ำหนักดิน

วิเคราะห์ขนาดเม็ดดิน

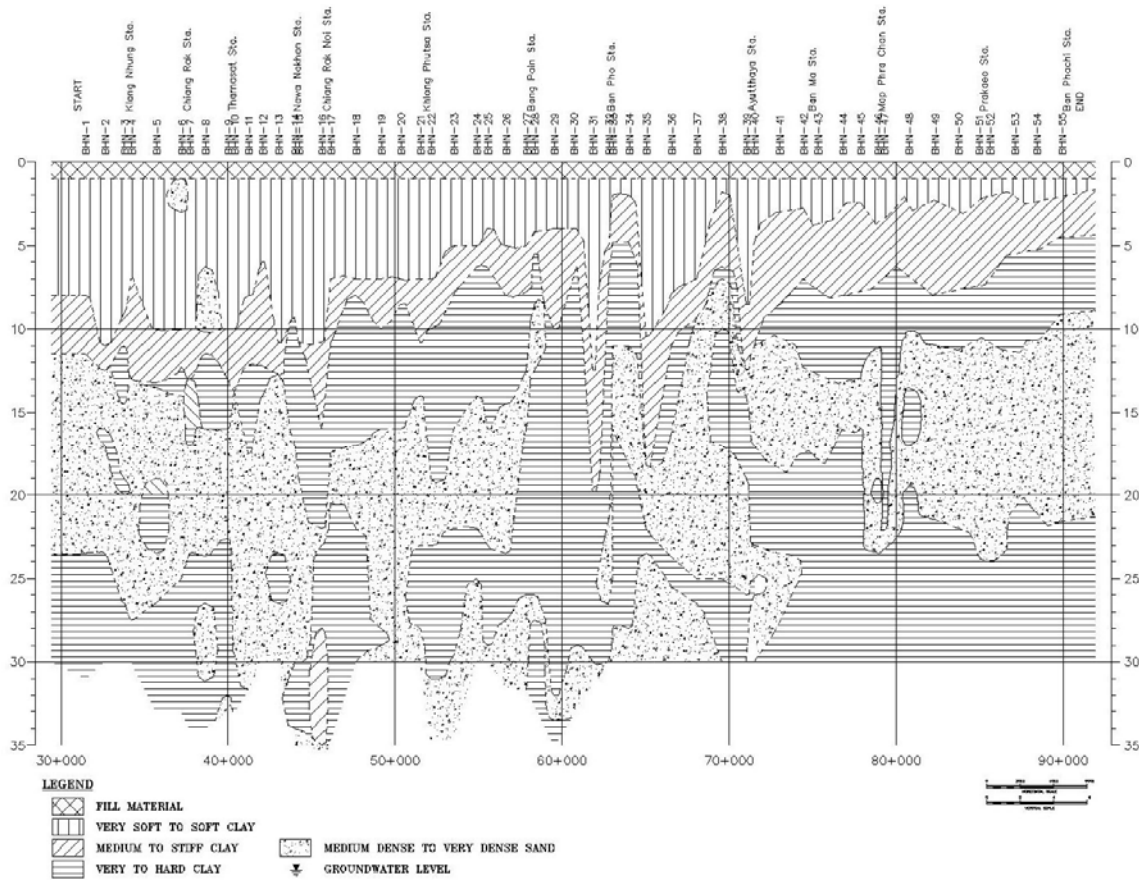
ทดสอบแรงอัดแกนเดียว (UC Test)

การหาหน่วยน้ำหนักดินประเภทดินเหนียวสามารถคำนวณได้จากสมการ หน่วยน้ำหนักดิน = น้ำหนักของตัวอย่างดิน / ปริมาตรของตัวอย่างดิน, จากการทดสอบแรงอัดแกนเดียว ค่าแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (S_u) สามารถคำนวณได้จากสมการ $S_u = q_u / 2$, ซึ่ง q_u = compressive strength ของแท่งตัวอย่างดินเหนียวที่ได้จากการทดสอบแรงอัดแกนเดียว (unconfined compression test) ผลจากการวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินและการทดสอบพิกัดอัตราเทอร์เบอร์เกอร์จะนำไปจำแนกชนิดดินต่อไป

ลักษณะทางธรณีเทคนิคของโครงการฯ

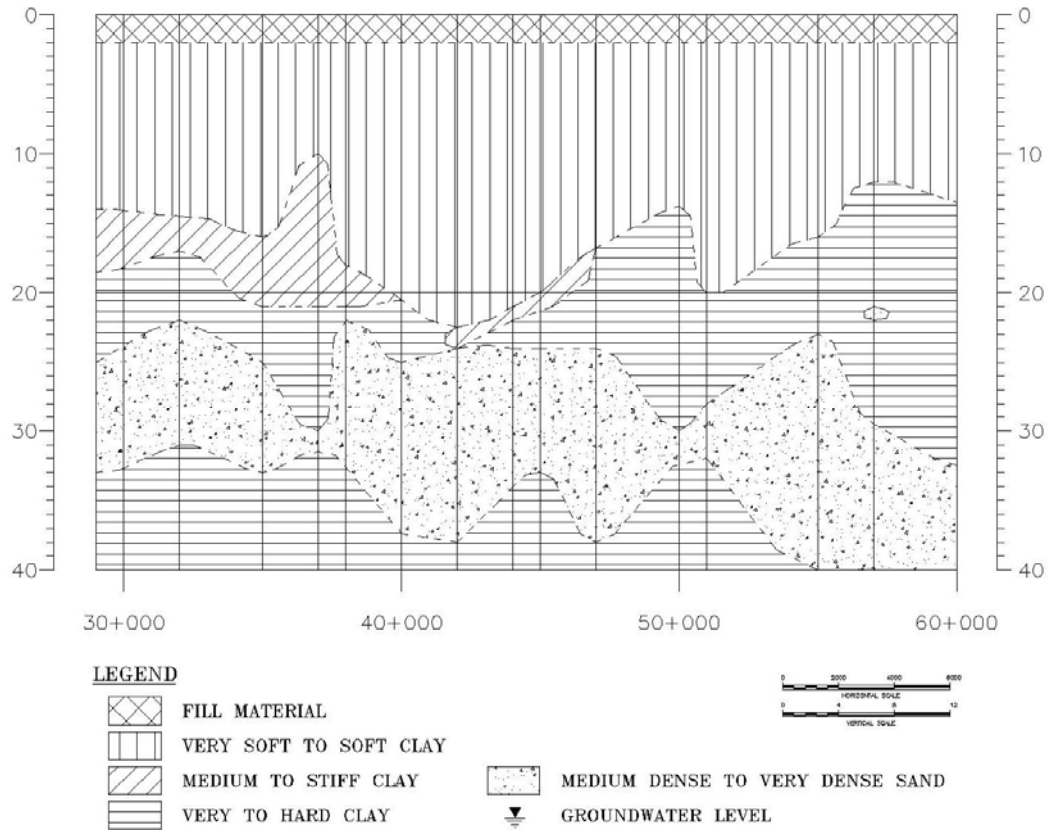
จากการเจาะสำรวจและทดสอบดินในห้องปฏิบัติการแนวการวางตัวของชั้นดินตามแนวเส้นทางโครงการฯ ซึ่งได้รวบรวมจากข้อมูลการเจาะสำรวจหลุมลึกในแต่ละเส้นทางมีดังนี้

ก. สายเหนือ (รังสิต-สถานีบ้านภาชี)



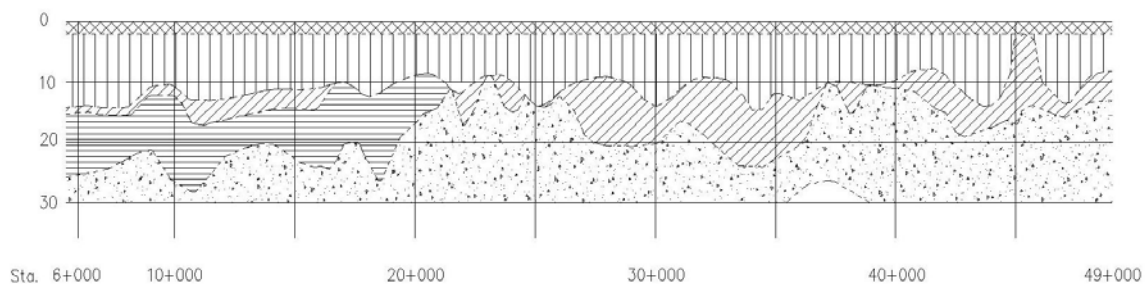
เริ่มต้นที่สถานีรังสิตและสิ้นสุดโครงการที่สถานีบ้านภาชี พบชั้นดินเหนียวอ่อนถึงอ่อนมากที่ระดับพื้นผิวถึงระดับความลึก 2-10 เมตร ซึ่งความหนาของชั้นดินดังกล่าวจะตื้นขึ้นมาเรื่อยๆ ตามระยะทางถึงสถานีบ้านภาชี, ชั้นดินเหนียวปานกลางถึงแข็งจะอยู่ในระดับลึกต่จากดินเหนียวอ่อนชั้นดินดังกล่าวมีความหนาประมาณ 3-5 เมตร ต่อไปจากนั้นจะเป็นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมากถึงมากที่สุด รองรับด้วยชั้นทรายละเอียดที่ระดับความลึกประมาณ 11-25 เมตร ชั้นทรายเป็นดังกล่าวจะมีระดับตื้นขึ้นมาเรื่อยๆ ตามระยะทางถึงสถานีปลายทาง

ข. สายตะวันออก (มักระสัน-ละหานทราย)



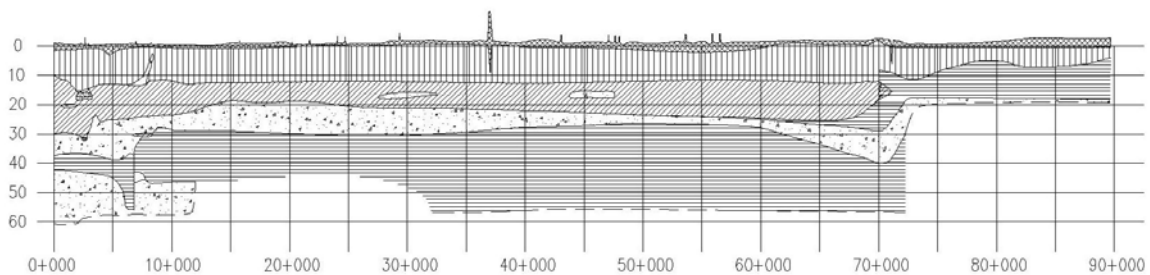
เริ่มต้นที่สถานีมักระสันและสิ้นสุดโครงการที่สถานีละหานทราย พบชั้นดินเหนียวอ่อนถึงอ่อนมากที่ระดับพื้นผิวถึงระดับความลึกประมาณ 15 เมตร ซึ่งชั้นดินดังกล่าวจะลึกที่สุดบริเวณ กม.ที่ 42 ซึ่งลึกประมาณ 22 เมตร ชั้นดินเหนียวปานกลางถึงแข็งพบที่ช่วงต้นโครงการฯ ถึงกึ่งกลางโครงการฯ จะอยู่ในระดับลึกต่อจากดินเหนียวอ่อน ชั้นดินดังกล่าวมีความหนาประมาณ 1-5 เมตร ต่อไปจากนั้นจะเป็นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมากถึงมากที่สุด รองรับด้วยชั้นทรายละเอียดที่ระดับความลึกประมาณ 22-35 เมตร ชั้นทรายดังกล่าวจะมีระดับค่อนข้างสม่ำเสมอตามระยะทางถึงสถานีปลายทาง

ค. สายตะวันตก (คลังชัน-นครปฐม)



เริ่มต้นที่สถานีตลิ่งชันและสิ้นสุดโครงการที่สถานีนครปฐม พบชั้นดินเหนียวอ่อนถึงอ่อนมากที่ระดับพื้นผิวถึงระดับความลึกประมาณ 14 เมตร ซึ่งความหนาของชั้นดินดังกล่าวจะค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดแนวโครงการฯ จนถึงสถานีนครปฐม ชั้นดินเหนียวปานกลางถึงแข็งจะอยู่ในระดับลึกต่จากดินเหนียวอ่อน ชั้นดินดังกล่าวมีความหนาประมาณ 1-5 เมตร ต่อไปจากนั้นจะเป็นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมากถึงมากที่สุดรองรับด้วยชั้นทรายละเอียดที่ระดับความลึกประมาณ 15-25 เมตร ชั้นทรายเป็นดินที่ระดับตื้นขึ้นมาเรื่อยๆ ตามระยะทางถึงสถานีปลายทาง

ง. สายใต้ (มหาชัย-ปากท่อ)



เริ่มต้นที่สถานีมหาชัยและสิ้นสุดโครงการที่สถานีปากท่อ พบชั้นดินเหนียวอ่อนถึงอ่อนมากที่ระดับพื้นผิวถึงระดับความลึกประมาณ 12 เมตร ซึ่งความหนาของชั้นดินดังกล่าวจะค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดแนวโครงการฯ จนถึงสถานีปากท่อ ชั้นดินเหนียวปานกลางถึงแข็งพบในช่วงต้นของโครงการจนถึงตำแหน่งแม่น้ำแม่กลองอยู่ในระดับลึกต่จากดินเหนียวอ่อน ชั้นดินดังกล่าวอยู่ที่ระดับความลึก 12-24 เมตรรองรับด้วยชั้นทรายละเอียดที่ระดับความลึกประมาณ 20-35 เมตร ชั้นทรายเป็นดินที่ระดับตื้นขึ้นมาเรื่อยๆ ตลอดแนวเส้นทางโครงการฯ จนถึงสถานีปลายทาง มีเพียงช่วง 12 กิโลเมตรแรกเท่านั้นที่พบชั้นทรายชั้นที่สองในระดับความลึกประมาณ 45-60 เมตร หลังจากชั้นทรายพบชั้นดินเหนียวแข็งมากถึงแข็งมากที่สุดจนกระทั่งสิ้นสุดการเจาะสำรวจ

ผลการทดสอบในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการจะนำไปสู่การแบ่งชั้นดิน เพื่อคุณสมบัติทั่วไปและคุณสมบัติทางวิศวกรรมเพื่อใช้ในการออกแบบเสาเข็มฐานราก เสถียรภาพของคันทางรถไฟ และปัญหาที่เกี่ยวข้องกับด้านวิศวกรรมปฐพี (Geotechnical Engineering)

5.1.5 การออกแบบ ปรับปรุงและเสริมความมั่นคงของทางรถไฟที่มีอยู่ให้เหมาะสมกับการเดินรถไฟฟ้า

การออกแบบปรับปรุงและเสริมความมั่นคงของทางรถไฟได้พิจารณาถึงความเป็นไปได้ในด้านวิศวกรรม ในประเด็นความปลอดภัยในขณะที่ทำการก่อสร้าง และการหยุดการเดินรถไฟให้มีผลกระทบน้อยที่สุด

ในบริเวณพื้นที่โครงการเป็นบริเวณพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล ซึ่งอยู่ในพื้นที่ของ Soft Marine Clay ซึ่งมีชั้นดินเหนียวอ่อนหนาและก่อให้เกิดการทรุดตัวมากและลดเสถียรภาพของคันทางรถไฟ แนวทางในการเสริมความมั่นคงของคันทางรถไฟสามารถดำเนินการได้ 2 รูปแบบ ได้แก่

(ก) การใช้ Bearing Unit on Pile

วิธีการนี้คือ การรื้อหรือ Remove คันทางรถไฟเดิมในปัจจุบันออกแล้วทำการก่อสร้าง Bearing Unit on pile เช่นเดียวกับรางใหม่ที่ปรับปรุงไปแล้ว (New Track) การเสริมคันทางด้วยวิธีนี้จะเหมาะกับคันทางที่มีพื้นที่ระยะห่างระหว่างคันทางมาก (เกินกว่า 6 เมตร) แต่หากพิจารณาในรายละเอียดถึงระยะห่างระหว่างรางเดิมของ Existing Track (ทางขึ้นและทางลง) สายเหนือจะพบว่าระยะห่างเพียง 4 เมตรเท่านั้น การจะรื้อคันทางรถไฟออกไม่ว่าจะเป็นคันทางรถไฟเดิมด้านนอกสุดหรือบริเวณรางกลางจะเกิดปัญหาและอุปสรรคมากมาย เนื่องจากการเปิดหรือรื้อคันทางรถไฟออกจะต้องรื้อออกถึงระดับ Working Platform ซึ่งหากรื้อออกจะกระทบ (Disturb) ต่อรางรถไฟข้างเคียงอย่างแน่นอน เนื่องจากระยะห่างของรางเดิมทั้ง 2 ราง มีระยะห่างน้อยเกินไปเพียง 4 เมตรเท่านั้น ดังนั้น เมื่อพิจารณาโดยละเอียดจะพบว่าวิธีดังกล่าวไม่เหมาะสม หรืออาจจะปฏิบัติหรือก่อสร้างไม่ได้ด้วยข้อจำกัดเรื่องพื้นที่

(ข) การใช้ระบบ Jet Grouting Wall

เนื่องจากการปรับปรุงคุณภาพคันทางรถไฟเดิมในสายเหนือมีพื้นที่จำกัดมากและจำเป็นจะต้องปรับปรุงโดยมีการใช้รางรถไฟเพื่อขนส่งสินค้าและการสัญจรด้วยในขณะทำการก่อสร้าง ประกอบกับระยะห่างระหว่างทางวิ่ง 2 ทางเดิม (ทางขึ้นและทางลง) มีระยะห่างมากเพียง 4 เมตรเท่านั้น ซึ่งการใช้ระบบ Bearing Unit on pile ไม่สามารถดำเนินการได้ การประยุกต์ใช้ระบบ Jet Grouting Wall เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและจำกัดพื้นที่การยุบตัวในแนวดิ่งและการเคลื่อนตัวด้านข้าง (Vertical & Lateral Displacement) ของดินคันทางหรือใต้คันทางเพื่อให้เกิดความแข็งแรง (Stiffness) ของคันทางมากขึ้น โดยทำการก่อสร้าง Jet Grouting Continuous Wall จำนวน 2 แถว เพื่อ Block หรือป้องกันการเคลื่อนตัวของดิน โดยการก่อสร้าง Jet Grouting Continuous Wall นี้สามารถก่อสร้างได้ในขณะที่รถไฟกำลังวิ่งผ่านอยู่

5.2 โครงสร้างและรูปแบบระบบการเดินรถไฟฟ้า

เพื่อนำระบบรถไฟฟ้าสาธารณะเข้าสู่ระบบและโครงสร้างพื้นฐานเดิมของ รฟท. (การรถไฟแห่งประเทศไทย) การปรับปรุงและงานเพิ่มเติมอีกหลายๆ สิ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะต้องดำเนินการ ด้วยเหตุที่มีระบบที่แตกต่างกัน กล่าวคือ รถไฟของ รฟท. ที่มีอยู่เดิมและระบบรถไฟฟ้าสาธารณะที่จะนำเสนอจะวิ่งอยู่บนเส้นทางเดียวกัน มีสิ่งอำนวยความสะดวกหลายอย่างแตกต่างกัน อย่างเช่น ชานชาลา และระบบเก็บค่าโดยสารเป็นสิ่งที่จำเป็น โดย ณ เวลานี้จะต้องทำการพิจารณาถึง โดยที่ขั้นตอนแรกสุด ระบบรถดีเซล (DMU, Diesel Multiple Unit) จะถูกนำไปใช้กับทางสายสีแดงทั้งหมด และในขั้นตอนต่อไปก็จะถูกเปลี่ยนไปใช้เป็นระบบไฟฟ้า (EMU, Electrical Multiple Unit) ในบริเวณพื้นที่ใจกลางกรุงเทพมหานคร เส้นทางรถไฟสายสีแดงจะถูกสร้างเป็นโครงสร้างยกระดับทั้งหมดเพื่อหลีกเลี่ยงการข้ามเส้นทาง (Level Crossing) และระบบสาธารณูปโภคของ รฟท. เดิม และระบบที่อยู่ในพื้นที่ชานเมืองก็จะทำการปรับปรุงด้วย โครงการนี้ประกอบไปด้วยโครงสร้างและระบบการเดินรถไฟ และได้แจกแจงรายการทั้งหมดออกมาดังต่อไปนี้

ตารางแสดงรายการที่จะปรับปรุงและแนะนำ

	ลักษณะงาน	รายการ
1. โครงสร้าง	<p>1.1 งานโยธา</p> <p>1.2 งานสถาปัตยกรรม</p> <p>1.3 ระบบทางวิ่ง</p> <p>1.4 ศูนย์เก็บพัสดุ และซ่อมบำรุง</p>	<p>ก) การปรับปรุงสะพานที่มีอยู่เดิม</p> <ul style="list-style-type: none"> • การปรับปรุงเพื่อรองรับความเร็วสูง • การปรับปรุงเพื่อรองรับน้ำหนักเพลาสูง • การปรับปรุงเพื่อรองรับขนาดกว้างของโครงสร้างทางรถไฟใหม่ <p>ข) การก่อสร้างโครงสร้างยกระดับ</p> <ul style="list-style-type: none"> • ทางยกระดับสำหรับทางต่างระดับ • ทางยกระดับสำหรับสถานีที่ใหญ่ ๆ <p>ค) การปรับปรุงหมอนรองรถไฟ</p> <ul style="list-style-type: none"> • การปรับปรุงเพื่อรองรับความเร็วสูง • การปรับปรุงเพื่อรองรับน้ำหนักเพลาสูง <p>ง) การก่อสร้างขานชาลาที่สถานีรถไฟ</p> <ul style="list-style-type: none"> • การก่อสร้างขานชาลาสูงสำหรับรถไฟฟ้ามหานคร <p>จ) การก่อสร้างสถานีที่เป็นพลาซ่า</p> <ul style="list-style-type: none"> • การก่อสร้างสถานีที่เป็นพลาซ่าเพื่อเปลี่ยนถ่ายระหว่างรถไฟฟ้ามหานครกับการขนส่งประเภทอื่น ๆ <p>ฉ) การก่อสร้างถนนทางเข้าสำหรับสถานี</p> <ul style="list-style-type: none"> • การก่อสร้างถนนทางเข้าสู่สถานีรถไฟฟ้ามหานครแห่งใหม่ <p>ช) การก่อสร้างทางข้ามรถไฟที่ระดับพื้นดิน (Level Crossing)</p> <ul style="list-style-type: none"> • การก่อสร้างทางข้ามรถไฟที่ระดับพื้นดินเพื่อรองรับรถไฟความเร็วสูง <p>ซ) อาคารสถานี</p> <ul style="list-style-type: none"> • การก่อสร้างอาคารสถานีสำหรับรถไฟฟ้ามหานครและการปรับปรุงสถานีที่มีอยู่เดิม <p>ฌ) อาคารสถานีย่อย</p> <ul style="list-style-type: none"> • การก่อสร้างอาคารสถานีย่อยสำหรับรถไฟฟ้ามหานครที่จะนำมาใช้ <p>ญ) ร้านค้าและอาคารสำนักงานที่โรงเก็บรถไฟและซ่อมบำรุง</p> <ul style="list-style-type: none"> • การก่อสร้างร้านค้าและอาคารสำนักงานที่โรงเก็บรถไฟและซ่อมบำรุงสำหรับรถไฟฟ้ามหานคร <p>ฎ) ทางวิ่งยกระดับ</p> <ul style="list-style-type: none"> • โครงสร้างทางรถไฟที่จะสร้างบนทางยกระดับ <p>ฏ) การปรับปรุงระดับทางวิ่ง</p> <ul style="list-style-type: none"> • โครงสร้างทางรถไฟที่จะปรับปรุงระดับทางวิ่ง <p>ฐ) การปรับปรุงแนวเส้นทางของทางวิ่ง</p> <ul style="list-style-type: none"> • การปรับปรุงแนวเส้นทางของการวิ่งเพื่อการเดินรถความเร็วสูง <p>ฑ) ย่านพักรถไฟ (Stabling Yard)</p> <ul style="list-style-type: none"> • การก่อสร้างย่านพักรถไฟที่ศูนย์เก็บพัสดุ <p>ฒ) ระบบเติมน้ำมัน และ น้ำ</p> <ul style="list-style-type: none"> • การก่อสร้างระบบเติมน้ำมันและน้ำที่ศูนย์เก็บพัสดุ

ตารางแสดงรายการที่จะปรับปรุงและแนะนำ (ต่อ)

	ลักษณะงาน	รายการ
2.ระบบปฏิบัติการของรถไฟ		<p>ฉ) อุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบและบำรุงรักษา</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบและบำรุงรักษาที่ศูนย์เก็บพัสดุและซ่อมบำรุง <p>ค) อุปกรณ์สำหรับการซ่อมแซม</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการซ่อมแซมที่ศูนย์เก็บพัสดุและซ่อมบำรุง <p>ด) ระบบอาณัติสัญญาณ</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งระบบอาณัติสัญญาณสำหรับระบบรถไฟฟ้าชานเมืองที่ศูนย์เก็บพัสดุและซ่อมบำรุง <p>ถ) ระบบจ่ายพลังงาน</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งระบบจ่ายพลังงานสำหรับรถไฟฟ้า <p>ท) รถดีเซลราง (Diesel Multiple Unit, DMU)</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งรถดีเซลราง <p>ธ) รถไฟฟ้า (Electrical Multiple Unit, EMU)</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งรถไฟฟ้า <p>น) การปรับปรุงตัวรถไฟที่มีอยู่ของการรถไฟแห่งประเทศไทย</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งด้านความปลอดภัยโดยใช้ระบบป้องกันรถไฟอัตโนมัติ (Automatic Train Protection, ATP) สำหรับตัวรถไฟที่มีอยู่ของการรถไฟแห่งประเทศไทย
	2.1 ตัวรถไฟ	
	2.2 ระบบอาณัติสัญญาณเพื่อความปลอดภัย (ระบบเครื่องกีดขวางและระบบควบคุมเส้นทาง)	<p>บ) ระบบสัญญาณไฟสี</p> <ul style="list-style-type: none"> การปรับปรุงและการติดตั้งระบบสัญญาณไฟสีสำหรับรถไฟฟ้าชานเมือง <p>ป) การควบคุมรถไฟต่อเนื่องอัตโนมัติ (ATP, ATS & ATO)</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งระบบควบคุมรถไฟต่อเนื่องอัตโนมัติ <p>ผ) กลไกประแจรถไฟ (Point Switch Movement)</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งกลไกประแจรถไฟ <p>ฝ) กลไกการเชื่อมประสาน (Interlock Device)</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งกลไกการเชื่อมประสาน
	2.3 ระบบสื่อสาร	<p>พ) ระบบส่งถ่ายข้อมูล (Data Transmission System, DTS)</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งระบบส่งถ่ายข้อมูล <p>ฟ) ระบบ Master Clock</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งระบบ Master Clock <p>ภ) ระบบโทรศัพท์แบบมีผู้ชุมสายโทรศัพท์ (PABX)</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งระบบโทรศัพท์แบบมีผู้ชุมสายโทรศัพท์ <p>ม) ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV)</p> <ul style="list-style-type: none"> การติดตั้งระบบโทรทัศน์วงจรปิด

ตารางแสดงรายการที่จะปรับปรุงและแนะนำ (ต่อ)

	ลักษณะงาน	รายการ
		<p>ย) ระบบเสียงประกาศ (Public Address System, PA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • การติดตั้งระบบเสียงประกาศ <p>ร) ระบบวิทยุ (Radio System)</p> <ul style="list-style-type: none"> • การติดตั้งระบบวิทยุ <p>ล) ระบบการจัดการสถานี และ ระบบควบคุมกระแสไฟฟ้าจากระยะไกล (SCADA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • การติดตั้งระบบการจัดการสถานีและระบบควบคุมกระแสไฟฟ้าจากระยะไกล <p>ว) ระบบการส่งข้อมูลแก่ผู้โดยสาร (Passenger Information System, PIS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • การติดตั้งระบบการส่งข้อมูลแก่ผู้โดยสาร <p>ศ) สถานีย่อย</p> <ul style="list-style-type: none"> • การก่อสร้างสถานีย่อยสำหรับรถไฟฟ้า <p>ษ) ระบบป้อนพลังงาน (Feeder System)</p> <ul style="list-style-type: none"> • การติดตั้งระบบป้อนพลังงานสำหรับรถไฟฟ้า <p>ส) เครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติ (Automatic Ticket Vending Machine)</p> <ul style="list-style-type: none"> • การติดตั้งเครื่องจำหน่ายตั๋วอัตโนมัติที่สถานีรถไฟ <p>ห) ประตูรับตั๋วอัตโนมัติ (Automatic Ticket Gate)</p> <ul style="list-style-type: none"> • การติดตั้งประตูรับตั๋วอัตโนมัติ
	2.4 ระบบจ่ายพลังงาน	
	2.5 ระบบเก็บค่าโดยสารอัตโนมัติ (AFC)	

เนื่องจากรายการข้างต้นเกือบทั้งหมดจำเป็นที่จะต้องประสานร่วมเข้ากับโครงการอื่นๆ จึงจะต้องทำการศึกษาการสร้างกฎระเบียบหลักที่ใช้เป็นเกณฑ์สำหรับโครงการทางรถไฟสายสีแดง และทำการหารือกันถึงโครงการอื่นๆ ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาถึงตำแหน่งของโรงเก็บรถไฟและสถานีย่อย และจำนวนของตัวรถที่จะนำเสนอซึ่งจะทำให้แผนการปฏิบัติการของการเดินรถของทางรถไฟสายสีแดงทั้งหมดบรรลุผลสำเร็จได้ การศึกษาในรายละเอียดของรายการต่างๆ ที่แสดงไว้ดังตารางข้างบนได้ถูกศึกษาและกล่าวถึงในแต่ละกิจกรรม และโดยเหตุที่รายการ 2 รายการต่อไปนี้ขึ้นอยู่กับผลของการคาดการณ์ความต้องการการใช้รถ จึงต้องถูกพิจารณาและตัดสินใจกันอย่างรอบคอบ และระมัดระวัง

1. จำนวนของสถานีรถไฟ
2. ช่วงเวลาที่พิจารณา และจำนวนของรถดีเซลราง และรถไฟฟ้า ที่จะนำเสนอ

5.3 ระบบความปลอดภัยในการเดินรถไฟฟ้าตามรหัสการออกแบบ (Design Code)

เพื่อที่จะให้การเดินรถเป็นไปอย่างปลอดภัย การป้องกันเพื่อความปลอดภัยหลายๆ อย่างเป็นสิ่งจำเป็น และมันได้ถูกจำแนกอย่างคร่าวๆ ออกเป็น 3 หมวดหมู่ โดยมีพื้นฐานบนเหตุและผล ดังต่อไปนี้

การป้องกันความปลอดภัยต่อภัยพิบัติจากธรรมชาติ	แผ่นดินไหว – จะพิจารณาถึงการออกแบบทางด้านโครงสร้าง ฝนตกหนัก – จะพิจารณาถึงระบบการระบายน้ำ น้ำท่วม – จะพิจารณาถึงระบบการระบายน้ำ ลม – จะพิจารณาถึงการออกแบบทางด้านโครงสร้าง
การป้องกันสำหรับการเดินรถอย่างปลอดภัย	<ul style="list-style-type: none"> - โยธาและโครงสร้างรางรถไฟ แนวสายทาง - ระบบอาณัติสัญญาณ - ระบบการป้องกันรถไฟอัตโนมัติ (ATP, ATO ฯลฯ) - ระบบการเชื่อมต่ออัตโนมัติ (Automatic Interlocking) - ศูนย์ควบคุมการเดินรถ (OCC) - แท่นหยุดรถ (Buffer Stop)
การป้องกันความปลอดภัยต่อมนุษย์และสัตว์	<ul style="list-style-type: none"> - ที่พักอาศัยข้างทางรถไฟ - สัญญาณข้าม และเครื่องกีดขวาง ที่ Level Crossing - รั้วระหว่างสถานีต่างๆ (ที่ขอบเขตของ ROW) - รั้วสถานี - สะพานข้าม และทางลอดของสถานี - รั้วชานชาลา - แนวนำทางในพื้นที่ชานชาลาสำหรับคนตาบอด

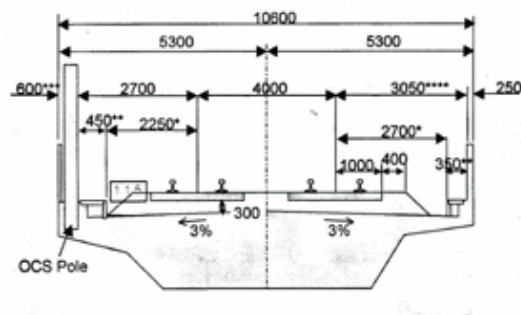
เนื่องจากใน 2 หมวดงานแรกได้ทำการศึกษาไว้แล้วในงานส่วนอื่น ดังนั้น งานหมวดที่ 3 จึงจะได้กล่าวถึงไว้ในส่วนงานนี้

1) ที่พักอาศัยข้างทางรถไฟ

ที่พักอาศัยข้างทางรถไฟที่เหมาะสมตามที่กำหนดไว้นั้น เพื่อทางผู้สำรวจและพนักงานซ่อมบำรุงสามารถนำที่พักรถมาจากการเดินทางเท้าของทางรถไฟซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ลักษณะการออกแบบ (Major Rules) ของโครงการรถไฟสายสีแดงที่กำหนดให้มีความกว้างอย่างน้อยที่สุด คือ 500 มิลลิเมตร สำหรับเนื้อที่พักรถ ดังนั้น เนื้อที่สำหรับในแต่ละกรณีนั้น มีดังต่อไปนี้

● การก่อความกว้างสำหรับทางยกระดับ

การก่อความกว้างสำหรับทางยกระดับนั้นได้คำนึงถึงความกว้างของโครงสร้าง เนื้อที่สำหรับซ่อมบำรุงและเนื้อที่ที่เสียเปล่าไป ดังต่อไปนี้

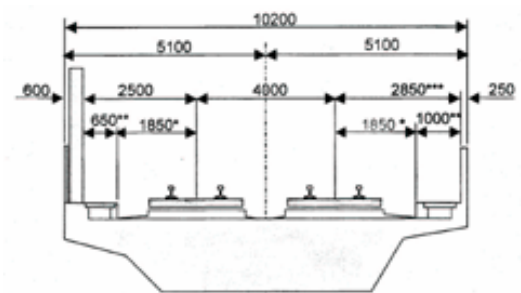


รางถ่วงน้ำหนัก

* 2,700 มิลลิเมตรเป็นความกว้างที่กว้างกว่ามาตรฐานของการรถไฟฯ สำหรับรางถ่วงน้ำหนัก 100 มิลลิเมตรบนคันทาง 2,700 มิลลิเมตรสามารถปรับขนาดลงได้ต่ำสุดที่ระดับ 2,400 มิลลิเมตรในกรณีพิเศษ ดังนั้น 2,250 มิลลิเมตร ที่ปลายหัว OCS ก็จะไม่ตรงตามมาตรฐานนี้

** 350 มิลลิเมตร เป็นขนาดของท่อน้ำไฟฟ้าด้วยความกว้างของรางประมาณ 25 ซม.

ณ ตำแหน่งปลายหัวของ OCS ขนาดกว้างยาวกลายเป็นประมาณ 450 มิลลิเมตร ด้วยสาเหตุจากชั้นล่างสุดของปลายชิ้นนั่นเอง



รางไม่ถ่วงน้ำหนัก

* ขนาดความกว้างนี้ต้องมากกว่า 1,750 มิลลิเมตร (ขนาดความกว้างที่ทางกรรถไฟฯ ใช้สำหรับก่อสร้างในปัจจุบันอยู่ที่ 3,500 มิลลิเมตร) 1,850 มิลลิเมตร คือขนาดความกว้างของโครงสร้างใหม่

** เนื้อที่บริเวณนี้เป็นเนื้อที่สำหรับคนเดินเท้า 1,000 มิลลิเมตร คือขนาดที่ต้องการ 700 มิลลิเมตรคือความกว้างปกติและ 500 มิลลิเมตรคือ ที่พักอาศัยข้างทางรถไฟนั่นเอง ดังนั้น 650 มิลลิเมตร สามารถลดขนาดให้ต่ำลงที่ 500 มิลลิเมตรได้ในกรณีพิเศษ

• ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของรางรถไฟ

ในกรณีรางคู่ขนาน ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของรางรถไฟจะอยู่ที่ 4 เมตร แต่ในกรณีของ 3 รางรถไฟ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของรางรถไฟนั้นมากกว่า 4.5 เมตร เป็นอย่างน้อยที่สุด ซึ่งเป็นไปตามที่กำหนดไว้สำหรับที่พักอาศัยข้างทางรถไฟ

2) เครื่องกีดขวางและสัญญาณสำหรับพื้นที่ทางรถไฟข้ามระดับพื้นดิน (Crossing Barrier & Signal at Level Crossing)

การหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดทางข้ามรถไฟระดับพื้นดิน (Level Crossing) เป็นสิ่งที่พึงประสงค์ หากแต่จะก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการแบ่งระดับแยกกัน สำหรับกรณีที่คงทางข้ามระดับพื้นดินไว้จำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องกีดขวางและสัญญาณทางข้ามทางรถไฟ ซึ่งมีเครื่องกีดขวางและระบบอัตโนมัติอยู่หลายรูปแบบด้วยกันที่จะแนะนำ และสำหรับระบบสัญญาณทางข้ามอัตโนมัติที่จะเชื่อมต่อกับระบบเครื่องกีดขวางก็จะถูกแนะนำไว้ด้วย

	
ทางข้ามเดิม แบบที่ 1	ทางข้ามเดิม แบบที่ 2
	
ทางข้ามและสัญญาณทางข้าม	ทางข้ามและสัญญาณทางข้าม



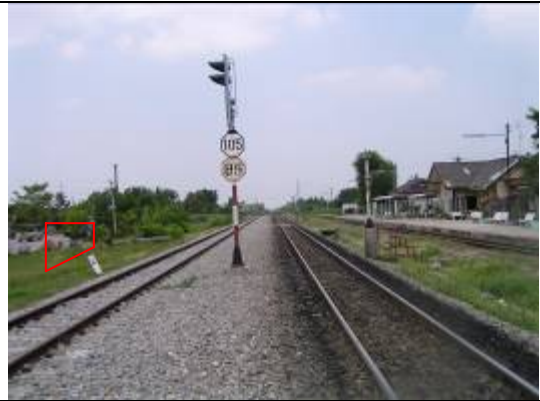
ทางข้าม



สัญญาณทางข้าม

3) รั้วระหว่างสถานี

เพื่อที่จะปกป้องผู้คนทั่วไปและสัตว์ต่างๆ จากการเข้าไปในรางรถไฟ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการสร้างรั้วขึ้นมาระหว่างขอบเขตของเขตทางระหว่างสถานีต่างๆ ซึ่งมีรั้วอยู่หลายประเภทด้วยกัน แต่หากยังมีรั้วกันเก่าที่พอจะหาได้อยู่มากพอ การใช้รั้วกันเก่านั้นก็จะช่วยให้ประหยัดมากกว่าการสร้างรั้วใหม่ขึ้นมา

	
<p>สถานการณ์ปัจจุบัน แบบที่ 1</p>	<p>สถานการณ์ปัจจุบัน แบบที่ 2</p>
	
<p>รั้วแบบตาข่ายลวด</p>	<p>รั้วแบบราวกัน</p>

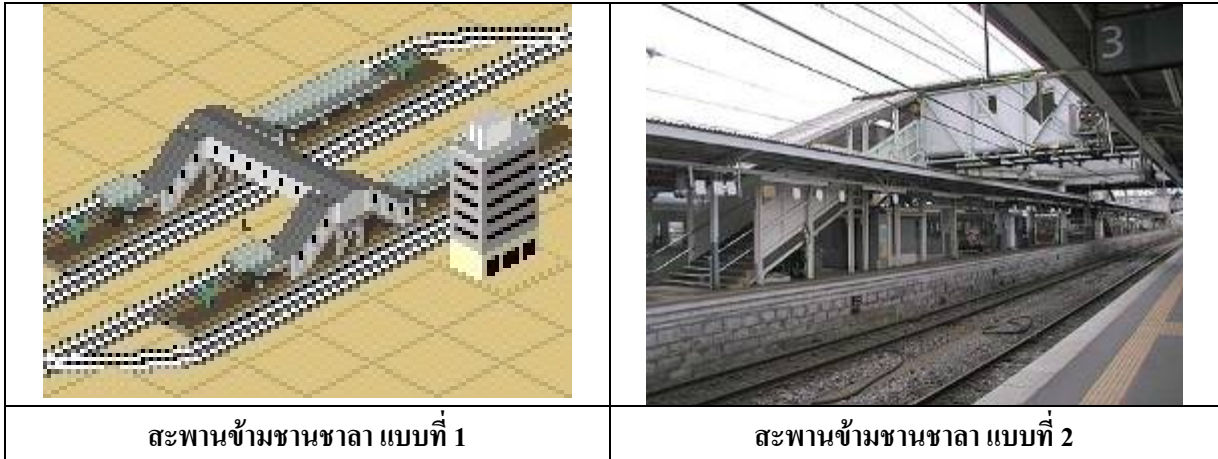
4) รั้วสถานี

ไม่ใช่เพียงแค่วัตถุประสงค์ในเรื่องของความปลอดภัยเท่านั้น แต่เพื่อระบบเก็บค่าโดยสารที่เหมาะสมด้วย ดังนั้น จึงจะต้องมีการสร้างรั้วขึ้นรอบสถานี


<p>สถานการณ์ในการปัจจุบัน</p>

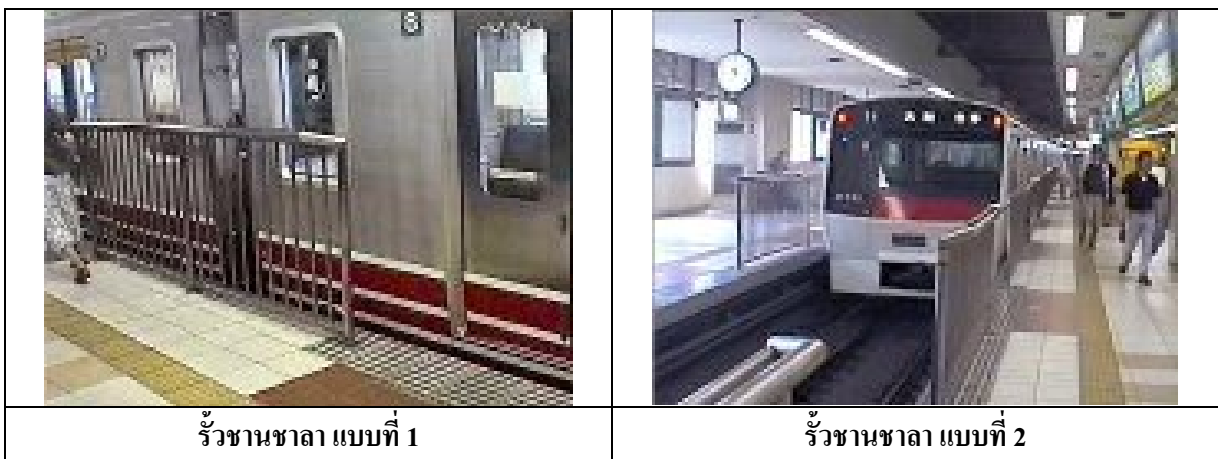
5) สะพานข้ามและทางลอดที่สถานี

จะมีการสร้างสะพานข้ามหรือทางลอดระหว่างชานชาลากับประตูทางเข้าสถานีเพื่อที่จะหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นกับประชาชนในบริเวณสถานี เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงเหตุการณ์ต่างๆ อันที่จะเกิดจากน้ำฝน จึงจะใช้ระบบสะพานข้ามชานชาลาแทนที่ระบบของทางลอด



6) รั้วชานชาลา

เพื่อเป็นการรักษาความปลอดภัยสำหรับการวิ่งผ่านของรถไฟความเร็วสูงที่สถานี ซึ่งจะดีกว่าหากได้ติดตั้งรั้วที่ชานชาลาซึ่งขบวนรถไฟด่วนวิ่งผ่าน แต่รถไฟต้องหยุด ณ ตำแหน่งที่กำหนดไว้อย่างเที่ยงตรง ดังนั้นการเดินทางที่มีความแน่นอนเที่ยงตรงตามที่กำหนดไว้ย่อมดีกว่าการไม่ติดตั้งรั้วที่ชานชาลา เว้นก็แต่ระบบการเดินรถไฟ อย่างเช่น ATO (Automatic Train Operation) ซึ่งได้นำเข้ามาใช้



7) เครื่องหมายสำหรับคนตาบอดที่ชานชาลา

การติดตั้งเครื่องหมายต่างๆ สำหรับคนตาบอดที่บริเวณสถานี เช่น บล็อกนำทาง เป็นสิ่งที่สมควรทำเป็นอย่างมาก



5.4 การออกแบบปรับปรุงและเสริมความมั่นคงแข็งแรงของทางรถไฟ (Track Rehabilitation) (TOR 5.2.4(4))

5.4.1 การปรับปรุงเสริมความมั่นคงคันทาง

ที่ปรึกษาได้ศึกษาและออกแบบปรับปรุงสภาพคันทางรถไฟและสะพานรถไฟปัจจุบันในโครงการ 4 สายทาง ซึ่งประกอบด้วย เส้นทางสายเหนือ จากสถานีรังสิต-สถานีบ้านภาชี สายตะวันออก จากสถานีมวกะสัน - สถานีฉะเชิงเทรา สายใต้ จากสถานีคลังชัน-สถานีนครปฐม สายตะวันตก จากสถานีมหาชัย-สถานีปากท่อ เพื่อรองรับขบวนรถไฟที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและวิ่งด้วยความเร็ว 120/160 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ปรึกษาได้ดำเนินการสำรวจและวิเคราะห์สภาพของแต่ละสายทางทางด้านธรณีเทคนิค และออกแบบรายละเอียด วิธีการเสริมความมั่นคงแข็งแรงให้กับคันทาง ปรับปรุงและออกแบบระบบระบายน้ำในตำแหน่งที่จำเป็น การจัดระบบความปลอดภัยตามแนวสายทาง

ที่ปรึกษาได้พิจารณาปรับปรุงสภาพคันทางในประเด็นหลักๆ ดังต่อไปนี้

- วิธีการเสริมความมั่นคงแข็งแรงให้กับคันทาง
- ระบบระบายน้ำด้านข้างและตัดขวางเส้นทาง
- บริเวณที่มีโคลนทะเล็ก (Mud Pumping)
- การปรับปรุงเชิงลาดของคันทางดินถม
- การป้องกันเชิงลาดของคันทางดินถม
- การป้องกันตอม่อริมฝั่งของสะพาน

1. สายเหนือ (ช่วงสถานีรังสิต – สถานีบ้านภาชี)

ในเส้นทางสายเหนือปัจจุบัน ประกอบด้วย ทางรถไฟทั้งสิ้น 3 ราง (Tripple Track) โดยประกอบด้วยคันทางเดิมจำนวน 2 ราง (ทางขึ้นและทางลง) อยู่บนคันทางเดิมที่ยังมิได้ปรับปรุง ในขณะที่รางใหม่ (ทางสาม) คือ รางที่มีการก่อสร้างระบบฐานรากรองรับคันทาง ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 โดยรูปที่ 1 เป็นการปรับปรุงระบบฐานรากรางใหม่ด้วยวิธีการใช้ Cement Column รูปที่ 2 แสดงถึงการปรับปรุงระบบฐานรากใหม่ด้วยวิธี Bearing Unit บนฐานรากเสาเข็ม และปลายเสาเข็มฝังอยู่ในชั้นดินแข็งหรือชั้น Stiff Silty Clay Layer ในรูปที่ 1 และ 2 มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของรางเดิม 2 ราง (ทางขึ้นและทางลง) มีอยู่เพียง 4.00 เมตร ในขณะที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของรางเดิม (รางกลาง) กับขอบของ Bearing Unit ของทางใหม่ (ทางสาม) มีอยู่ประมาณ 3.90 เมตร หากพิจารณาจากลักษณะชั้นดินโดยทั่วไปบริเวณคันทางสายเหนือ ลักษณะชั้นดินสามารถสรุปได้ดังนี้:

ความลึก (ม.)	ชั้นดิน	Wet Unit Weight (t / cum.)	กำลังรับแรงเฉือนของดิน
0 – 12.5	ดินเหนียวอ่อน (Soft Clay)	1.6	1.5
12.5 - 24	ดินเหนียวแข็ง (Stiff Silty Clay)	1.7 -1.9	4.5 - 10
> 24	ทรายแน่น (Dense Sand)	2.0	-

1.1 วิธีการปรับปรุงคันทางเดิม

การปรับปรุงคันทางเดิมสามารถแยกวิธีการปรับปรุงออกเป็น 2 วิธีหลักๆ ได้แก่

1.1.1 การใช้ Bearing Unit on Pile

วิธีการคอการรื้อคันทางรถไฟเดิมในปัจจุบันออกแล้วทำการก่อสร้าง Bearing Unit on Pile เช่นเดียวกับรางใหม่ (ทางสาม) ที่ได้ก่อสร้างไปแล้ว แต่หากพิจารณาในรายละเอียดถึงระยะห่างระหว่างรางเดิม (ทางขึ้นและทางลง) จะพบว่าระยะห่างเพียง 4.00 เมตร การจะรื้อคันทางรถไฟออกไม่ว่าจะเป็นคันทางรถไฟเดิมด้านนอกสุด (ทางขึ้น) หรือบริเวณรางกลาง (ทางลง) จะเกิดปัญหาอุปสรรคมากมาย เนื่องจากการเปิดหรือรื้อคันทางรถไฟออกจะต้องรื้อออกถึงระดับ Working Platform ซึ่งหากรื้อออกจะกระทบต่อรางรถไฟข้างเคียงอย่างแน่นอนเนื่องจากระยะห่างของรางเดิมทั้ง 2 ราง (ทางขึ้นและทางลง) มีระยะห่างน้อยเกินไปเพียง 4.00 เมตรเท่านั้น ดังนั้น เมื่อพิจารณาโดยละเอียดจะพบว่าวิธีการดังกล่าวไม่เหมาะสมหรืออาจจะปฏิบัติหรือก่อสร้างไม่ได้ด้วยข้อจำกัดเรื่องพื้นที่

1.1.2 การใช้ระบบ Jet Grouting Wall

เนื่องจากในการปรับปรุงคุณภาพคันทางรถไฟเดิมมีพื้นที่จำกัดมากและจำเป็นจะต้องทำการปรับปรุง โดยมีการใช้รางรถไฟเพื่อขนส่งสินค้าและการสัญจรด้วยในขณะที่ทำการก่อสร้าง ประกอบกับระยะห่างระหว่างทางวิ่ง 2 ทางเดิม (ทางขึ้นและทางลง) มีระยะห่างเพียง 4.00 เมตรเท่านั้น ซึ่งระบบ Bearing

Unit on Pile ไม่สามารถดำเนินการได้ การประยุกต์ใช้ระบบ Jet Grouting Wall เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและจำกัดพื้นที่การยุบตัวในแนวดิ่ง และการเคลื่อนตัวในแนวข้าง (Vertical & Lateral Displacement) ของดินได้คั่นทางหรือได้คั่นทางเพื่อให้เกิดความแข็งแรง (Stiffness) ของคันดินมากขึ้น โดยทำการก่อสร้าง Jet Grouting Continuous Wall จำนวน 2 แถว เพื่อ Block หรือป้องกันการเคลื่อนตัวของดิน การก่อสร้างด้วยวิธี Jet Grouting Continuous Wall นี้สามารถก่อสร้างได้ในขณะที่รถไฟฟ้ากำลังวิ่งผ่านอยู่ นอกจากนี้ ให้ทำการก่อสร้าง Cement Stabilizing Mat เป็น Layer บางๆ หนาประมาณ 0.5–0.6 เมตร โดยการอัดฉีดน้ำปูนด้านข้าง (Lateral Jet Grouting) ด้วยแรงอัดต่ำ (Low Pressure Grouting) ดังแสดงในรูปที่ 3

หลักการและวัตถุประสงค์ของระบบ Cement Stabilizing Mat และ Jet Grouting Continuous Wall สามารถอธิบายได้ดังแสดงในภาพ Schematic ในรูปที่ 4 โดยสามารถอธิบายหลักการได้ดังนี้

- | | | |
|-------------------|---|--|
| Stabilizing Mat | : | เพื่อลดปัญหา Clay หรือ Mud Pumping ได้ราง |
| | : | เพื่อกระจายแรงให้ Uniform ลงสู่ Confining Jet Grouting Wall เนื่องจากตัวของ Layer เองเป็น Rigid Mat |
| Jet Grouting Wall | : | จะทำหน้าที่เหมือนเป็น Rigid Wall เนื่องจากออกแบบให้ต่อเนื่อง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มิลลิเมตร และเมื่อเป็น Wall ที่แข็งจะทำให้มีพฤติกรรมเป็น Confining Wall ลดปริมาณการทรุดตัวในแนวดิ่ง และการเคลื่อนตัวของดินในแนวราบได้คั่นทาง Jet Grouting Wall นี้จะก่อสร้างถึงชั้นดินเหนียวแข็งเท่านั้น |

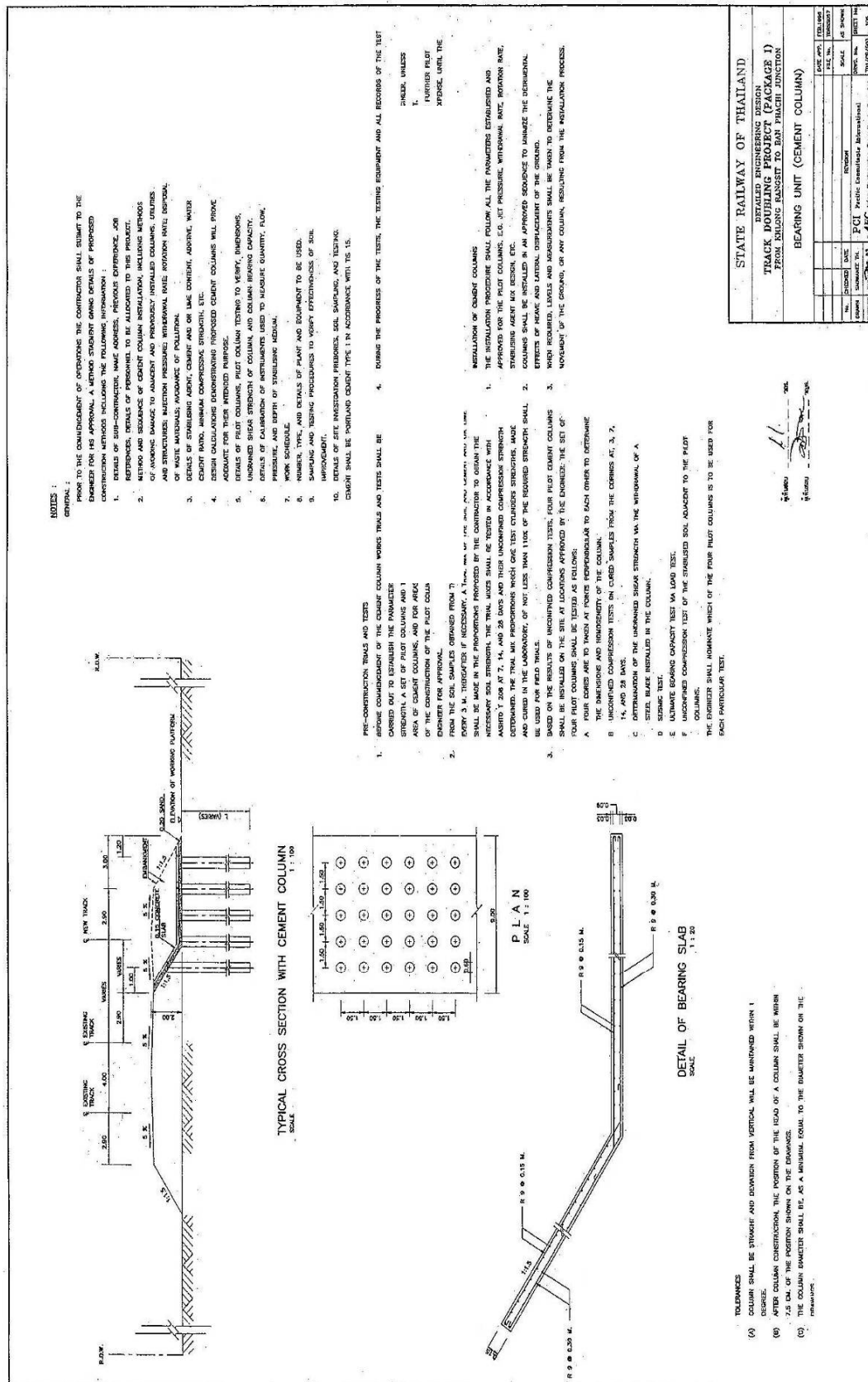
วิธีการใช้ Jet Grouting Wall และ Cement Stabilizing Mat นี้ได้เคยออกแบบโดยการรถไฟแห่งประเทศไทย เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาดินกระจายตัวของคันทางรถไฟริมอ่างเก็บน้ำลำตะคอง นอกจากจะแก้ปัญหาดินกระจายตัวแล้วยังเพิ่มเสถียรภาพของรางและคันทางที่ชันมากๆ ตามหุบเขาและขอบอ่างเก็บน้ำ รศ.ดร.วันชัย และคณะ (2547) ได้เสนอผลงานดังกล่าวที่ประยุกต์ใช้ Jet Grouting Wall และ Cement Stabilizing Mat ในที่ประชุมทางวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9 จัดโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)

2. สายตะวันออก (มวกะสัน – ฉะเชิงเทรา ช่วง หัวหมาก – ฉะเชิงเทรา)

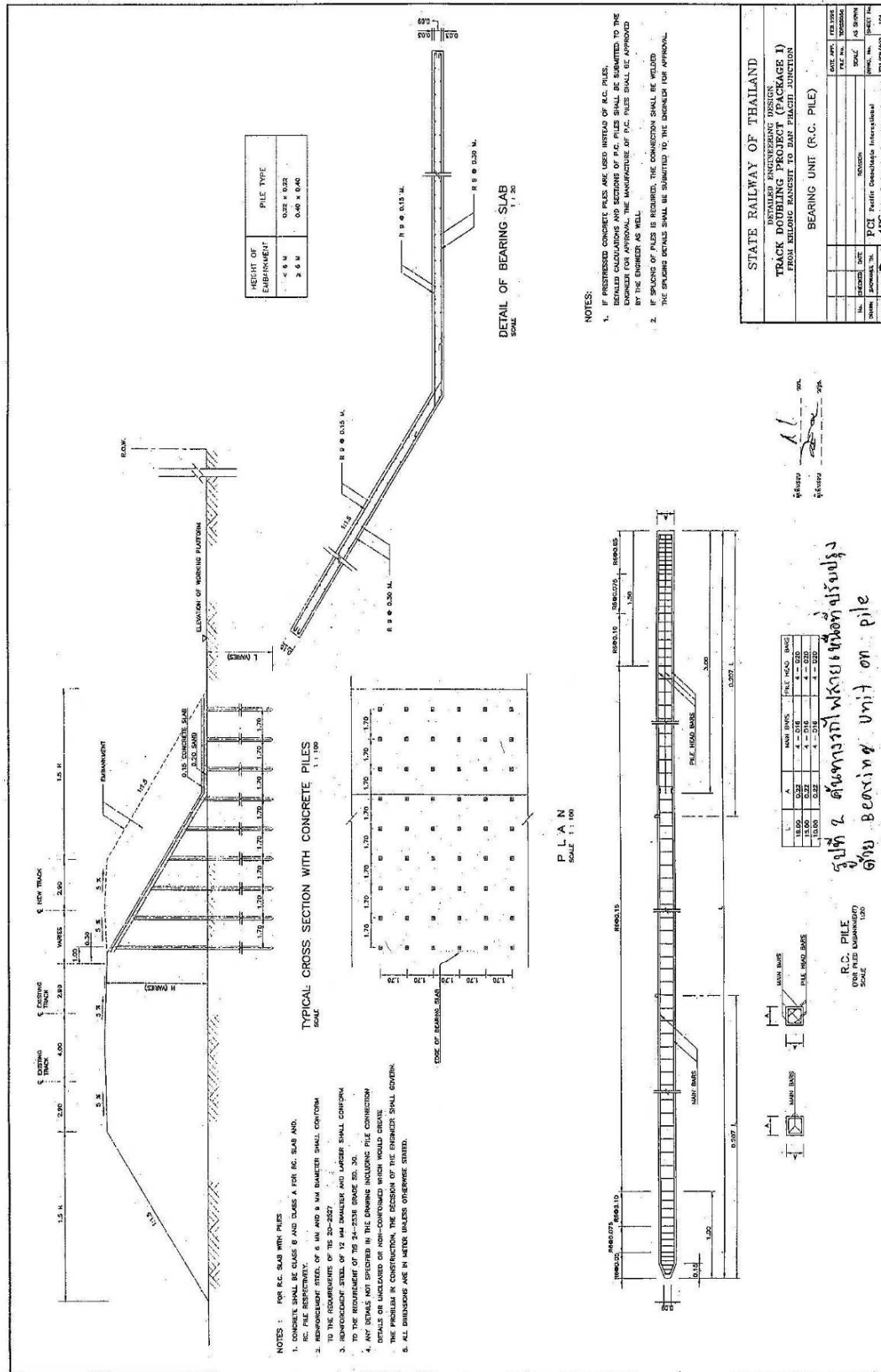
ปัจจุบันเส้นทางสายตะวันออก ประกอบด้วย รางเดิม 1 ราง และรางใหม่จำนวน 2 ราง ที่ก่อสร้างด้วยระบบฐานรากบนเข็มรองรับคันทางรถไฟ (Bearing Unit on Pile) ขอบเขตของงานในโครงการ ประกอบด้วย 2 รางใหม่ข้างคัน

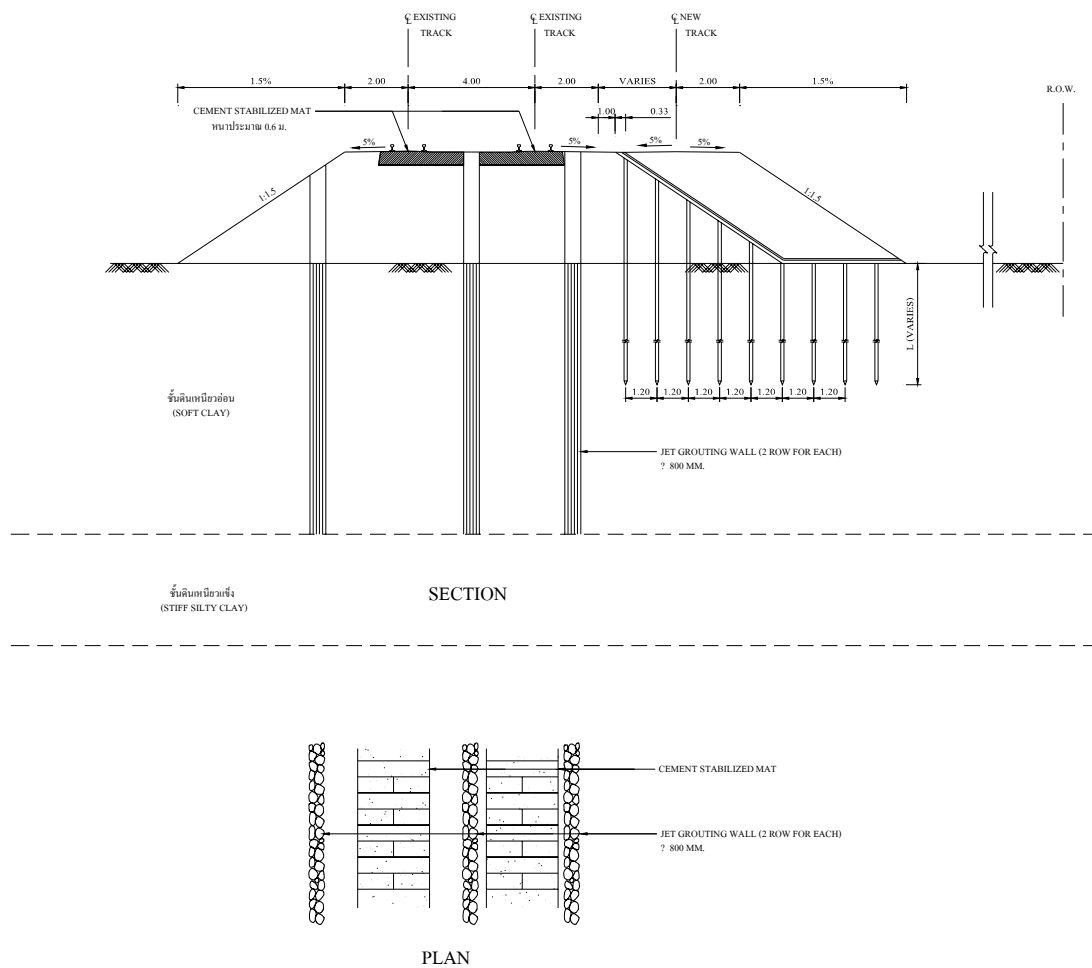
3. สายตะวันตก (ช่วงคลังชัน-นครปฐม)

ในเส้นทางสายนี้ปัจจุบันมี 2 ราง โดยเป็นรางที่สร้างใหม่ 1 ราง กับรางเก่าอีก 1 ราง ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางราง 8 เมตร ดังนั้น ในส่วนรางเก่าจะทำการปรับปรุงโดยการรื้อแล้วทำ Bearing Unit ตลอดความยาวสายทาง เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักรถไฟ U20 ที่ความเร็ว 160 กม./ชม. ได้

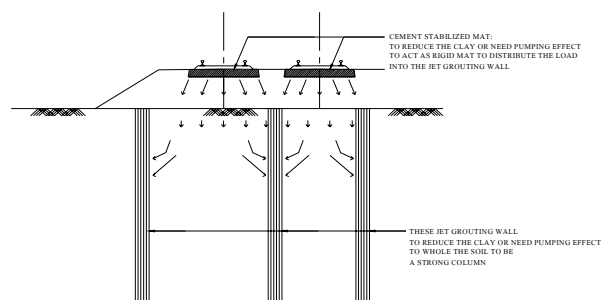


รูปที่ 1 คันทงารถไฟสายเหนือที่ปรับปรุงด้วย Cement Column





รูปที่ 3 : PLAN และรูปตัดของระบบ JET GROUTING WALL และ CEMENT STABILIZING MAT



รูปที่ 4 : หลักการกระจายแรงของ CEMENT STABILIZING MAT และการ DEVELOPE CONFINING JET GROUTING WALL

ระบบระบายน้ำด้านข้างและตัดขวางเส้นทาง

ที่ปรึกษาดำเนินการสำรวจออกแบบและปรับปรุงระบบระบายน้ำที่มีอยู่ปัจจุบัน ทั้งในแนวข้างสายทาง หรือตัดขวางสายทาง ซึ่งในบางตำแหน่งรางน้ำที่มีอยู่เดิมอาจจะมีความลึกเกินหรือตื้นเกินไปไม่สามารถรองรับ ปริมาณน้ำที่ต้องการระบายน้ำได้พอเพียงหรือชำรุด ตลอดจนในตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการระบบระบายน้ำเพิ่มเติม เพื่อป้องกันคันทางจากความเสียหายเนื่องจากน้ำที่ซึมผ่านหรือแข่งในสายทาง เช่น ทำให้เกิดพื้นทางอ่อน เกิดโคลนทะเล็ก ในทางอันเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของคันทางลดน้อยลง โครงสร้างรูปแบบรางระบายน้ำได้จัดแยกเป็นประเภทและขนาดที่เหมาะสมสำหรับตำแหน่งที่ตั้งและ วัตถุประสงค์เป็นหลัก

การปรับปรุงดินพื้นทางในบริเวณเกิดสภาพพื้นทางอ่อน และ เกิดโคลนทะเล็กในทาง

บริเวณพื้นทางอ่อนและโคลนทะเล็กในทางเกิดจากการเลือกใช้วัสดุพื้นทางที่ไม่เหมาะสมหรือปนเปื้อน มีความชื้นที่มากเกินไป การระบายน้ำที่ไม่พอเพียง และปัจจัยอื่นๆ อันเป็นเหตุให้คุณสมบัติในการรับน้ำหนักของ คันทางมีความสามารถลดลง สามารถปรับปรุงได้โดยการขุดลอกเอาวัสดุดินพื้นทางเดิมออก เปลี่ยนแทนด้วย วัสดุดินพื้นทางใหม่ที่เหมาะสม บดอัด (Subballast Replacement) จัดปรับความลาดเอียงส่วนบนของคันทางให้ เหมาะสมเพื่อการระบายน้ำที่ดี หรือแก้ไขโดยวิธี Blanketing โดยการนำเอาแผ่นใยสังเคราะห์ (Geo-Textile) ปูเหนือดินพื้นทางในบริเวณที่ต้องการปรับปรุง และปูทับด้วยหินโรยทาง ดังรูป (1) & (2) ที่ปรึกษาจะดำเนินการ สำรวจและวิเคราะห์ผลทางด้านธรณีเทคนิคในแนวสายทางเพื่อออกแบบและกำหนดวิธีการและตำแหน่งที่จะต้อง ทำการปรับปรุง



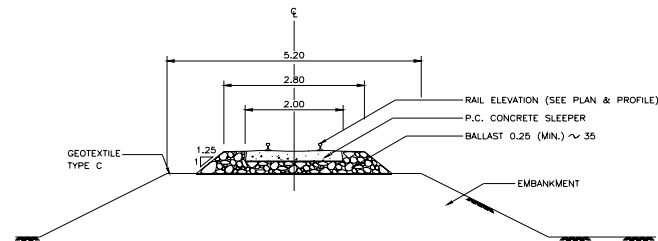
การปรับปรุงเชิงลาดของคันทางดินถม

ในเบื้องต้นที่ปรึกษาได้ดำเนินการสำรวจสภาพเส้นทางปัจจุบัน และรับทราบข้อมูลสภาพทาง ตำแหน่ง และความต้องการที่จะปรับปรุงทางจากเจ้าหน้าที่การรถไฟฯ ในพื้นที่โครงการ การปรับปรุงดำเนินการโดยการ เสริมบ่าทาง บดอัด ปรับแต่งเชิงลาดเอียงให้ได้ตามขนาดมาตรฐานที่การรถไฟฯ กำหนด และป้องกันเชิงลาดด้วย การปลูกหญ้าหรือด้วยวิธีการอื่นๆ ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ รูปที่ (4)



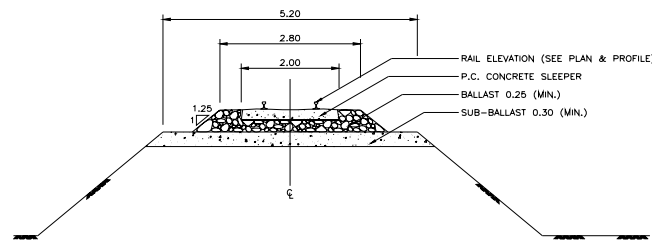
การป้องกันเชิงลาดคันทาง/ต่อม่อสะพานจากการกัดกร่อนของน้ำหรือจากการเลื่อนไหลของดินเชิงลาด

เชิงลาดที่ถูกกัดกร่อนด้วยน้ำสามารถแก้ไขได้โดยการประดับหินใหญ่ (Mortar Rippap) ซึ่งวิธีการนี้สามารถใช้ได้กับการป้องกันตอม่อริมฝั่งของสะพานรถไฟที่ถูกกัดเซาะด้วยกระแสน้ำวน หรือกระแสน้ำที่ไหลผ่าน ส่วนการเลื่อนไหลของดินเชิงลาดคันทางเป็นวงกลมที่มักเกิดในบริเวณที่มีคันทางสูงมาก หรือมีเชิงลาดที่ตื้นชันเกินไป สามารถแก้ไขได้โดยการถมดินยันเชิงลาด (Counterweight) รูปที่ (3)-(5) & (6)



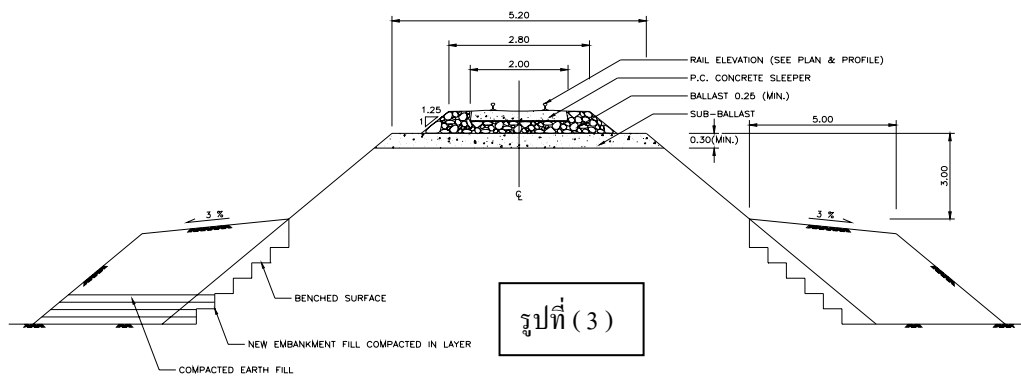
GEOTEXTILE BLANKETING

รูปที่ (1)



SUB BALLAST REPLACEMENT

รูปที่ (2)



รูปที่ (3)

PROTECTION AT EMBANKMENT (COUNTERWEIGHT)



រូបទី (4)



រូបទី (5)



1. ALL DIMENSIONS ARE IN METERS UNLESS OTHERWISE INDICATED.

5.4.2 การปรับปรุงเสริมความมั่นคงของสะพาน (Bridges Rehabilitation)

การประเมินกำลังเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบการปรับปรุงโครงสร้างสะพานเดิม คือ การประเมินความสามารถในการบรรทุกน้ำหนักจรของโครงสร้างสะพานรถไฟที่ได้ใช้งานมาแล้ว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชิ้นส่วนของโครงสร้างตามสภาพจริงที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน กล่าวคือ โครงสร้างเมื่อได้ผ่านการใช้งานมาจะเกิดความเสียหายทั้งทางด้านกำลังและทางการใช้งาน เนื่องจากหน้าตัดและ/หรือสถิติของชิ้นส่วน โครงสร้างน้อยลงหรือแม้กระทั่งความกว้างและความยาวของรอยแตกร้าวอาจจะมากเกินกว่าพิกัดที่กำหนด อย่างไรก็ตาม การประเมินการรับน้ำหนักบรรทุกจรของสะพานรถไฟตามมาตรฐาน AREMA จะพิจารณาเพียงทางด้านกำลังของชิ้นส่วนโครงสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงค่า Rating Factor หรือค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกจรของโครงสร้างสะพานในสภาวะปัจจุบัน ข้อมูลที่ได้จะทำให้วิศวกรสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการตัดสินใจทำการซ่อมแซมและ/หรือเสริมกำลังหรืออาจจะต้องทำการเปลี่ยนโครงสร้างสะพานใหม่

ก. วิธีการออกแบบการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้างสะพานรถไฟเดิม

สะพานโครงสร้างคอนกรีตจะออกแบบการปรับปรุงตามวิธีมาตรฐาน AREMA 2003 โดยวิธีตัวคูณเพิ่มน้ำหนักบรรทุกใช้งาน

สะพานโครงสร้างเหล็กจะออกแบบการปรับปรุงตามมาตรฐาน AREMA 2003 โดยวิธีน้ำหนักบรรทุกใช้งาน

การออกแบบการปรับปรุงโครงสร้างสะพานเดิม มีวิธีการและขั้นตอนโดยสังเขปดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบด้วยสายตา (Visual inspection)

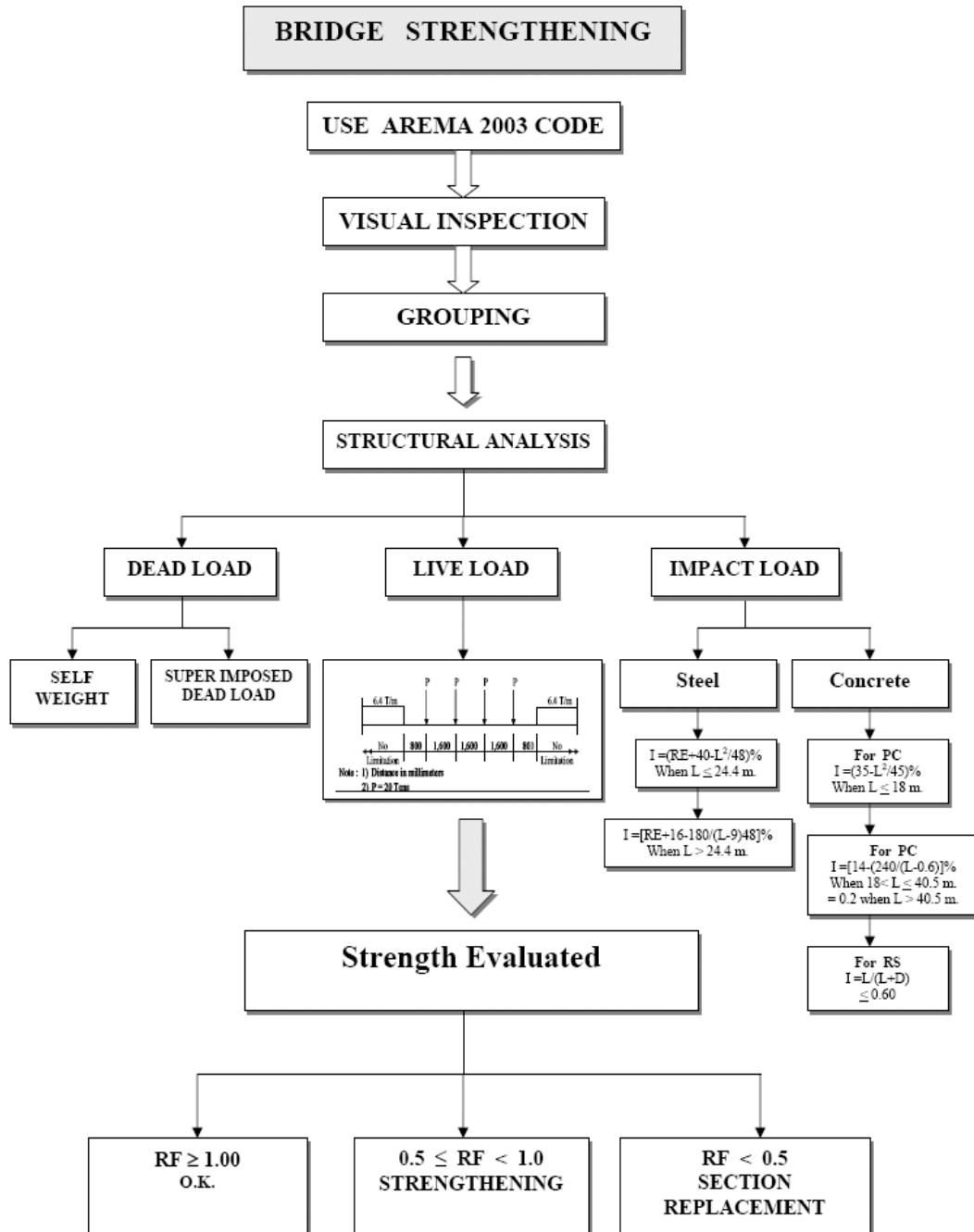
ขั้นตอนที่ 2 จัดกลุ่มชนิดสะพานเดิม (Typical Bridge)

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์โครงสร้างสะพานเดิม (Structure Analysis)

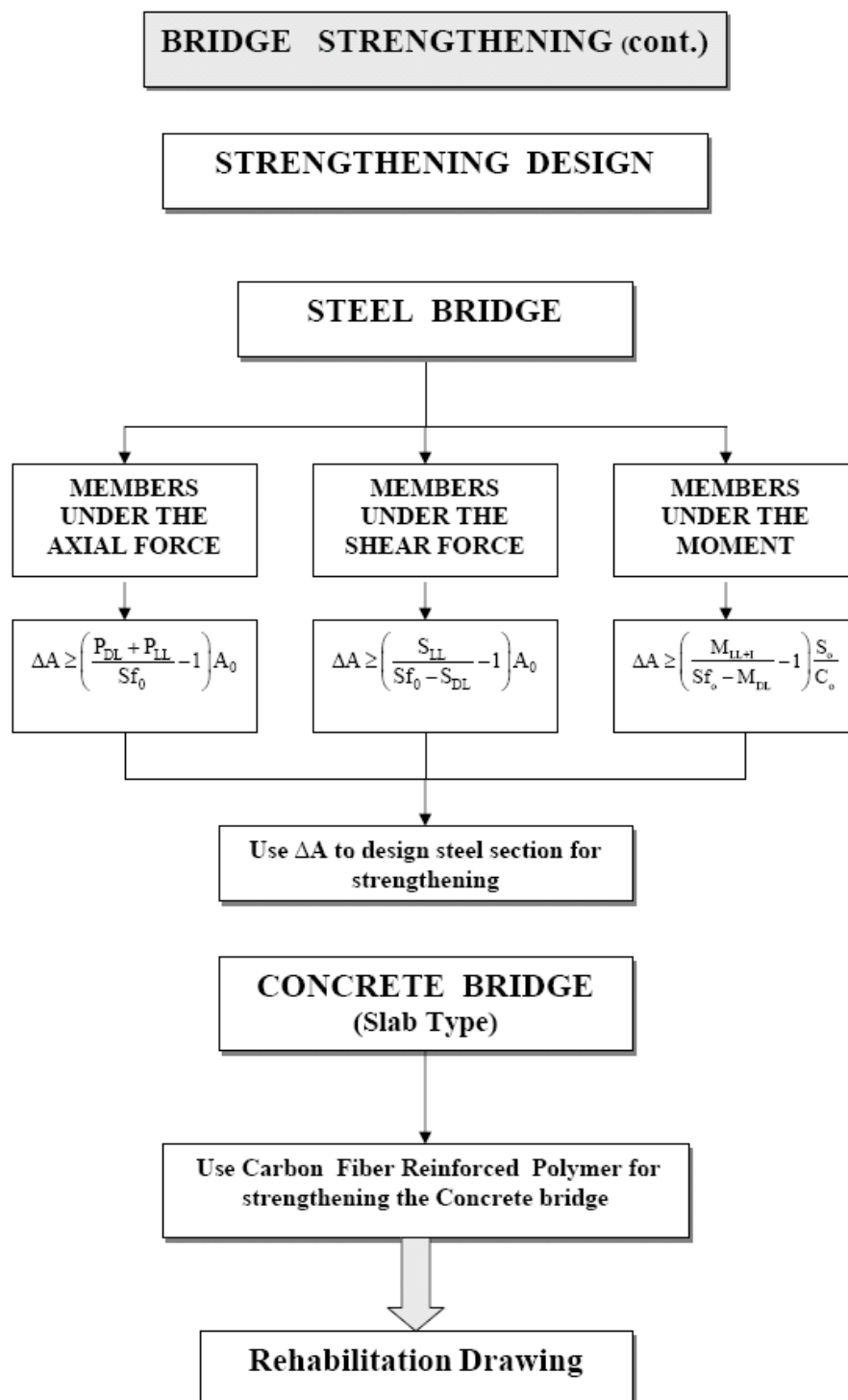
ขั้นตอนที่ 4 ประเมินกำลังของโครงสร้างสะพานเดิม (Strength Evaluation) ในรูปของ Rating Factor (RF)

ขั้นตอนที่ 5 ออกแบบการปรับปรุงโครงสร้างสะพานเดิม (Strengthening Design)

ขั้นตอนที่ 6 จัดทำแบบการปรับปรุงโครงสร้างสะพานเดิม (Rehabilitation Drawing) วิธีการและขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น ดังแสดงในแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 1 : การตรวจสอบสภาพของสะพานรถไฟเดิมด้วยสายตา

การตรวจสอบสภาพโครงสร้างสะพานแบบ Visual Inspection เป็นการตรวจสอบสภาพสะพานด้วยตาเปล่าซึ่งเป็นการประเมินสภาพโครงสร้างสะพานเบื้องต้น (Preliminary Inspection) ที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ผลที่ได้จากการตรวจสอบจะบ่งชี้ถึงสภาพความชำรุดเสียหายต่างๆ ที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง อาทิเช่น รอยแตกร้าว การเป็นสนิม ที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างสะพานเดิม

องค์ประกอบที่สำคัญในการตรวจสอบสภาพสะพานด้วยตา คือ การสำรวจและการบันทึกข้อมูลสภาพทางกายภาพของสะพาน สภาพแวดล้อม สภาพความชำรุดเสียหาย และขนาดของชิ้นส่วนของสะพานในสภาพปัจจุบันลงในแบบฟอร์มการตรวจสอบ ตลอดจนการถ่ายภาพดิจิทัล โดยข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบจะนำมาใช้ในการเปรียบเทียบและจัดกลุ่มแบบสะพานตามเลขที่แบบสะพานของการรถไฟฯ ที่มีอยู่ตรงกับสภาพปัจจุบันหรือไม่ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาประเมินกำลังรับน้ำหนักของสะพานเดิมด้วยน้ำหนักบรรทุกจรชนิด U.20 และทำการเสริมกำลังของโครงสร้างสะพานเดิมต่อไป

1.1 ขั้นตอนการตรวจสอบภาคสนาม

1.1.1 ทบทวนข้อมูลของสะพานที่มีอยู่แล้ว

1.1.1.1 ทะเบียนประวัติและบัญชีสะพาน จะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของสะพาน เช่น หลักกิโลเมตรที่สะพานตั้งอยู่ สะพานที่จะถูกตรวจสอบอยู่ระหว่างสถานีอะไร ในความรับผิดชอบของ นตท. แขวงบำรุงทางและเขตบำรุงทางอะไร เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลที่ทางรถไฟฯ มีกับข้อมูลจริงที่จะได้จากการตรวจสอบสะพานในสภาพปัจจุบัน

1.1.1.2 จัดทำแบบฟอร์มตรวจสอบสะพาน เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมและการบันทึกข้อมูลต่างๆ เช่น ลักษณะทางกายภาพ สภาพแวดล้อม ตลอดจนความชำรุดเสียหายที่เกิดขึ้น โดยที่จะต้องสอดคล้องกับชนิดและชิ้นส่วนต่างๆ ของสะพาน

1.1.1.3 กำหนดลำดับขั้นตอนการตรวจสอบสะพาน

1.1.2 การดำเนินการตรวจสอบสะพาน

1.1.2.1 กำหนดลำดับของโครงสร้างสะพานในการตรวจสอบตามลำดับดังนี้

- Main Girder หรือ Main Truss
- Top Bracing และ Bottom Bracing
- Stringer
- End Floor Beam / Intermediate Floor Beam
- Joint connector และบริเวณ Support

1.1.3 ทำการตรวจสอบความชำรุดเสียหายโดยละเอียด สำหรับความชำรุดเสียหายของโครงสร้างสะพานจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ตามชนิดของวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง คือ เหล็กและคอนกรีต

1.1.3.1 การชำรุดเสียหายของเหล็ก ความชำรุดเสียหายของสะพานเหล็กโดยรวม ประกอบด้วย การผุกร่อน (Corrosion) รอยแตก (Cracking) ความหลวม (Looseness) การเสียรูปร่าง (Deformation) และการเดาะด้านข้าง (Buckling)

1.1.3.2 การชำรุดเสียหายของคอนกรีต ความชำรุดเสียหายของสะพานคอนกรีต แบ่งเป็น รอยแตก (Cracking) การหลุดแยกออกเป็นแผ่นๆ (Delamination) การกระเทาะ (Spalling) การเกิดสนิมในเหล็กเสริม (Reinforce Steel Corrosion) และการเกิดเชื้อรา (Efflorescence)

การประเมินสภาพโดยรวมของชิ้นส่วนสะพาน จะใช้ Overall Condition Rating (OCR) ซึ่งเป็นคำอธิบายสภาพโดยรวมของโครงสร้างสะพานตามความชำรุดเสียหายที่เกิดขึ้นจริง โดยการให้คะแนนเป็นตัวเลขจาก 0 ถึง 9 ดังตารางต่อไปนี้

ตารางการประเมินความแข็งแรงจะใช้วิธีการให้คะแนนเป็นตัวเลขจาก 0 ถึง 9 ในกรณีของสะพานเหล็กค่า OCR จะแสดงได้ดังต่อไปนี้

OCR	สภาพของโครงสร้างสะพานเหล็ก
9	สภาพดีเยี่ยม เหมือนใหม่
8	สภาพดีมาก เกิดความเสียหายกับโครงสร้างเพียงเล็กน้อยที่ไม่จำเป็นต้องบันทึก
7	สภาพดี มีความเสียหายที่สามารถสังเกตได้แต่น้อย เช่น สนิมที่ผิว และไม่มีรอยแตก
6	สภาพที่น่าพอใจ มีความเสียหายเช่น สะเก็ดสนิม การผุกร่อนในบริเวณที่ไม่ได้รับน้ำหนักหลัก (Non - Critical Stress Area) ไม่กระทบต่อการรับน้ำหนักของโครงสร้างโดยรวม
5	สภาพปานกลาง มีความเสียหายจากการแตกร้าว / การผุกร่อน / การเสียรูป เกิดขึ้น 20% ของหน้าตัด ชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก และหมุดยึดเสียหาย 20% ของจำนวนหมุดยึดทั้งหมดที่จุดต่อ
4	สภาพแย่มาก มีความเสียหายจากการแตกร้าว / การผุกร่อน / การเสียรูป เกิดขึ้น 20 - 30% ของหน้าตัด ชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก และหมุดยึดเสียหาย 20 - 30% ของจำนวนหมุดยึดทั้งหมดที่จุดต่อ
3	สภาพเสียหายอย่างรุนแรง มีความเสียหายจากการแตกร้าว / การผุกร่อน / การเสียรูป เกิดขึ้น 30 - 40% ของหน้าตัดชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก และหมุดยึดเสียหาย 30 - 40% ของจำนวนหมุดยึดทั้งหมดที่จุดต่อ
2	สภาพวิกฤต มีความเสียหายจากการแตกร้าว / การผุกร่อน / การเสียรูป เกิดขึ้น 40 - 50% ของหน้าตัด ชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก และหมุดยึดเสียหาย 40 - 50% ของจำนวนหมุดยึดทั้งหมดที่จุดต่อ
1	สภาพวิบัติ มีความเสียหายจากการแตกร้าว / การผุกร่อน / การเสียรูป เกิดขึ้น มากกว่า 50% ของหน้าตัดชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก และหมุดยึดเสียหาย มากกว่า 50% ของจำนวนหมุดยึดทั้งหมดที่จุดต่อ
N/A	ไม่สามารถเข้าไปตรวจสอบได้

ตารางการให้คะแนนเป็นตัวเลขจาก 0 ถึง 9 ในกรณีของสะพานคอนกรีตค่า OCR จะแสดงได้ดังต่อไปนี้

OCR	สภาพของโครงสร้างสะพานคอนกรีต
9	สภาพดีเยี่ยม เหมือนใหม่
8	สภาพดีมาก เกิดความเสียหายกับโครงสร้างเพียงเล็กน้อยที่ไม่จำเป็นต้องบันทึก
7	สภาพดี มีความเสียหายที่สามารถสังเกตได้แต่น้อย เช่นรอยแตกเป็นลายงา
6	สภาพที่น่าพอใจ มีความเสียหายจากการแตกร้าว / การกระแทกของคอนกรีต / สนิมที่เหล็กเสริม / ความเสียหายอื่นๆ อยู่ที่ 10 - 20% ของโครงสร้างคอนกรีตโดยรวมทั้งหมด
5	สภาพปานกลาง มีความเสียหายจากการแตกร้าว / การกระแทกของคอนกรีต / สนิมที่เหล็กเสริม / ความเสียหายอื่นๆ อยู่ที่ 20% ของโครงสร้างคอนกรีตโดยรวมทั้งหมด
4	สภาพแย่ มีความเสียหายจากการแตกร้าว / การกระแทกของคอนกรีต / สนิมที่เหล็กเสริม / ความเสียหายอื่นๆ อยู่ที่ 20 - 30% ของโครงสร้างคอนกรีตโดยรวมทั้งหมด
3	สภาพเสียหายอย่างรุนแรง มีความเสียหายจากการแตกร้าว / การกระแทกของคอนกรีต / สนิมที่เหล็กเสริม / ความเสียหายอื่นๆ อยู่ที่ 30 - 40% ของโครงสร้างคอนกรีตโดยรวมทั้งหมด
2	สภาพวิกฤต มีความเสียหายจากการแตกร้าว / การกระแทกของคอนกรีต / สนิมที่เหล็กเสริม / ความเสียหายอื่นๆ อยู่ที่ 40 - 50 % ของโครงสร้างคอนกรีตโดยรวมทั้งหมด
1	สภาพวิบัติ มีความเสียหายจากการแตกร้าว / การกระแทกของคอนกรีต / สนิมที่เหล็กเสริม / ความเสียหายอื่นๆ มากกว่า 50% ของโครงสร้างคอนกรีตโดยรวมทั้งหมด
N/A	ไม่สามารถเข้าไปตรวจสอบได้

1.1.3.3 ทำการวัดชิ้นส่วนต่างๆ ของสะพาน ในกรณีที่สะพานไม่มีแบบ หรือรายการแบบที่มีขนาดความสมบูรณ์ไม่สามารถหาได้จากแบบที่มีอยู่ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการตรวจวัดมิติของชิ้นส่วนต่างๆ ของสะพานตามสภาพปัจจุบัน เพื่อทบทวนความถูกต้องของแบบสะพานต่างๆ ที่การรถไฟฟ้า มีอยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งยังสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์โครงสร้างของสะพานนั้นๆ ด้วย

1.2 ผลการตรวจสอบสภาพสะพานด้วยตา

1.2.1 ทางสายเหนือ (รังสิต – บ้านภาชี) มีสะพานทั้งหมด 25 สะพาน แบ่งเป็นสะพานคอนกรีต 2 สะพาน และสะพานเหล็กอีก 23 สะพาน โดยรวมเป็นสะพานเหล็ก ใช้น้ำหนัก 15 MT ในการออกแบบสภาพโครงสร้างสะพานอยู่ในสภาพที่เกิดความเสียหายกับโครงสร้างสะพานเพียงเล็กน้อย โดยรวมเป็นการเกิดสนิมที่ผิว แต่ได้มีการทาสีทับไว้แล้วเป็นส่วนใหญ่เกือบทั้ง 100% ซึ่งตารางที่ 1 แสดงชนิดสะพานตามจำนวนช่วงสะพานตามหลักกิโลเมตรและค่า OCR ซึ่งพบว่าค่าการประเมินสภาพโดยรวมของชิ้นส่วนสะพาน ได้ค่า Overall Condition Rating (OCR) เฉลี่ยอยู่ที่ 8 และได้แสดงภาพถ่ายดิจิทัลบางส่วนในทางสายเหนือ ดังรูปที่ 1 ถึงรูปที่ 3

ภาพถ่ายสะพานรถไฟเดิมสายเหนือ (รังสิต – บ้านภาชี)



รูปที่ 1 สะพานคอนกรีต กม. 31 + 430.00



รูปที่ 2 สะพานเหล็ก (Thought Plate) กม. 42 + 045.00



รูปที่ 3 สะพานเหล็ก (Thought Truss) กม. 70 + 866.00

1.2.2 ทางสายตะวันออก (มวกะสัน-ฉะเชิงเทรา) มีสะพานทั้งหมด 22 สะพาน แบ่งเป็นสะพานเหล็ก 1 สะพาน และสะพานคอนกรีตอีก 21 สะพาน โดยรวมเป็นสะพานคอนกรีต และใช้น้ำหนัก U.20 ในการออกแบบ สภาพโครงสร้างสะพานอยู่ในสภาพดีถึงดีมาก ซึ่งได้แสดงภาพถ่ายดิจิทัล ดังรูปที่ 4 ถึงรูปที่ 6 และค่าการประเมินสภาพโดยรวมของชิ้นส่วนสะพาน ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยได้ค่า Overall Condition Rating (OCR) เฉลี่ยอยู่ที่ 8

ภาพถ่ายสะพานรถไฟเดิมสายตะวันออก (มวกะสัน - ฉะเชิงเทรา)



รูปที่ 4 สะพานเหล็ก (Thought Plate) กม. 15 + 871.00



รูปที่ 5 สะพานคอนกรีต กม. 21 + 318.00



รูปที่ 6 สะพานคอนกรีต กม. 38 + 998.00

1.2.3 ทางสายตะวันตก (ตลิ่งชัน-นครปฐม) จากการสำรวจสะพานเดิมในสายทางนี้มีทั้งหมด 27 สะพาน ในจำนวนนี้ 10 สะพานได้รับการปรับปรุงและออกแบบเพื่อรองรับ U.20 ไว้แล้ว สะพานส่วนใหญ่เกิดความเสียหายจากการถูกร่อนของเหล็กเนื่องจากสภาพแวดล้อม หมดอายุมีความเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 7 ถึงรูปที่ 9 ตามลำดับ

ภาพถ่ายสะพานรถไฟเดิมสายตะวันตก (ตลิ่งชัน - นครปฐม)



รูปที่ 7 ความเสียหายบริเวณรอยต่อ



รูปที่ 8 การผุกร่อนเนื่องจากสนิม



รูปที่ 9 การผุกร่อนเนื่องจากตัวยึด



รูปที่ 10 สภาพทางระบายน้ำปัจจุบัน

1.2.4 ทางสายตะวันออก (มหาชัย- ปากท่อ) ในทางสายนี้เป็นการสร้างสะพานรถไฟใหม่ทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2 : การจัดระบบกลุ่มสะพาน (Typical Bridge)

จากการตรวจสอบสะพานในสนามจริงและข้อมูลจากบัญชีสะพานรถไฟเดิม ทำให้กลุ่มบริษัทที่ปรึกษาได้จำแนกชนิดและจำนวนของสะพานรถไฟในแต่ละสายได้ดังนี้ พร้อมทั้งแสดง Bridge Typical ในแต่ละสายตามตารางที่ 3

ทางสายเหนือ (รังสิต – บ้านภาชี)

ชนิด	จำนวนแบบสะพาน (Typical Dwg.)
DP	11
DG	13
TP	18
TT	1
RS	3

ทางสายตะวันออก (มวกะสัน – ฉะเชิงเทรา)

ชนิด	จำนวนแบบสะพาน (Typical Dwg.)
DP	-
DG	-
TP	1
TT	-
PC	11
RS	1

ทางสายตะวันตก (ตลิ่งชัน - นครปฐม)

ชนิด	จำนวนแบบสะพาน (Typical Dwg.)
DP	1
DG	2
TP	5
TT	1
PC	-
RS	-

ตารางที่ 3 แสดง Bridge Typical ในแต่ละสาย

ทางสายเหนือ (รังสิต - บ้านภาชี)

KM	TYPE	SPAN	Dwg.No.
		(M.)	
38+161.00	DP	7.65	3556
45+664.00	DP	7.40	xxx4
54+828.00	DP	6.00	4459
56+551.00	DP	7.05	5941
	DP	7.35	xxx6
	DP	8.00	5943
69+301.00	DP	3.95	6027
	DP	7.50	6027
69+734.00	DP	7.65	6028
80+833.00	DP	6.40	xxx8
84+885.00	DP	6.15	6031

sum 11 Typical

KM	TYPE	SPAN	Dwg.No.
		(M.)	
33+356.00	TP	16.00	xxx2
42+045.00	TP	12.00	6017
56+289.00	TP	12.00	6030
57+404.00	TP	10.50	5944
60+304.00	TP	12.00	xxx3
60+841.00	TP	15.00	5893
61+749.00	TP	21.50	6025
64+964.00	TP	15.00	6026
69+734.00	TP	9.00	6028
70+087.00	TP	8.40	6029
	TP	12.50	xxx5
73+057.00	TP	12.50	5897
	TP	17.00	5895
	TP	11.00	5894
	TP	19.30	5896
76+857.00	TP	12.00	5892
79+195.00	TP	12.00	5898
80+833.00	TP	12.00	xxx1
84+885.00	TP	12.00	xxx1

sum 18 Typical

KM	TYPE	SPAN	Dwg.No.
		(M.)	
45+664.00	DG	7.00	XX10
	DG	7.35	XXX9
51+463.00	DG	5.32	5938
	DG	6.00	5891
57+404.00	DG	4.75	5936
	DG	5.00	5937
56+289.00	DG	6.00	5940
58+555.00	DG	8.00	5943
61+749.00	DG	5.90	6024
	DG	7.80	6024
	DG	8.70	6024
64+964.00	DG	4.00	6026
79+195.00	DG	6.10	xxx7

sum 13 Typical

KM	TYPE	SPAN	Dwg.No.
		(M.)	
70+866.00	TT	31.70	6286

sum 1 Typical

KM	TYPE	SPAN	Dwg.No.
		(M.)	
31+430.00	RS	5.75	-
54+828.00	RS	5.40	-
82+362.00	RS	4.00	-

sum 3 Typical

Bridge Typical ที่ต้องเสริมกำลัง

ตารางที่ 3 แสดง Bridge Typical ในแต่ละสาย ทางสายเหนือ (รังสิต-บ้านภาชี)

ตารางที่ 3 แสดง Bridge Typical ในแต่ละสาย

ทางสายตะวันออก (มักกะสัน - ฉะเชิงเทรา)

KM	TYPE	SPAN	Dwg.No.
		(M.)	
018+104.45	PC	10.00	xxx1
021+318.00	PC	8.00	5771
021+318.00	PC	8.00	5771
022+756.00	PC	8.00	xxx2
024+500.00	PC	10.00	4595
026+112.00	PC	10.00	6067
027+751.00	PC	10.00	4595
029+374.00	PC	12.00	6066
031+788.00	PC	10.00	3540
	PC	12.00	3540
034+793.00	PC	8.00	xxx2
036+815.00	PC	8.00	4135
038+998.00	PC	10.00	5771
040+085.00	PC	8.00	4135
041+764.00	PC	10.00	xxx1
	PC	15.00	xxx3
043+789.00	PC	8.00	5771
047+114.00	PC	10.00	4141
	PC	15.00	4141
049+877.00	PC	8.00	4595
051+107.00	PC	10.00	3792
054+600.00	PC	10.00	xxx1
	PC	15.00	xxx3
	PC	15.00	xxx3
055+293.00	PC	10.00	4595
057+331.00	PC	10.00	5226

sum 11 Typical

KM	TYPE	SPAN	Dwg.No.
		(M.)	
017+150.00	RS	4.00	xxx4

sum 1 Typical

KM	TYPE	SPAN	Dwg.No.
		(M.)	
015+871.00	TP	10.00	6063

sum 1 Typical

9

Bridge Typical ที่ต้องเสริมกำลัง

ตารางที่ 3 แสดง Bridge Typical ในแต่ละสาย ทางสายตะวันออก (มักกะสัน-ฉะเชิงเทรา)

ตารางที่ 3 แสดง Bridge Typical ในแต่ละสาย

ทางสายตะวันตก(ตลิ่งชัน - นครปฐม)

KM	TYPE	SPAN (M.)	Dwg.No.
13+011.20	TP	12.00	4291
15+922.20	TP	10.00	4987
16+444.06	TP	10.00	4987
17+745.48	TP	10.00	4987
18+102.75	TP	10.00	4987
18+583.27	TP	20.00	4997
20+821.00	TP	8.00	4987
21+628.60	TP	10.00	4987
23+229.50	TP	12.00	4137
26+563.45	TP	10.00	4987
27+729.00	TP	12.00	4988
29+373.00	TP	10.00	4987
30+482.60	TP	12.00	4137
34+049.14	TP	21.00	6565-2, 7004-1
42+623.95	TP	15.00	5223

sum 6 Typical

KM	TYPE	SPAN (M.)	Dwg.No.
34+049.14	TT	90.00	6565-2, 7004-1

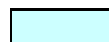
sum 1 Typical

KM	TYPE	SPAN (M.)	Dwg.No.
10+714.50	DP	8.00	4306
14+252.68	DP	8.00	4306
37+172.20	DP	8.00	4306
43+990.62	DP	4.00	4981

sum 2 Typical

KM	TYPE	SPAN (M.)	Dwg.No.
17+095.20	DG	3.00	6565-2, 7004-1
19+994.13	DG	3	-
24+647.13	DG	4.00	4981
44+618.00	DG	3.2	6330, 4301
45+900.00	DG	4	4981
47+395.83	DG	2.5	-

sum 4 Typical

 Bridge Typical ที่ต้องเสริมกำลัง

ตารางที่ 3 แสดง Bridge Typical ในแต่ละสาย ทางสายตะวันตก (ตลิ่งชัน-นครปฐม)

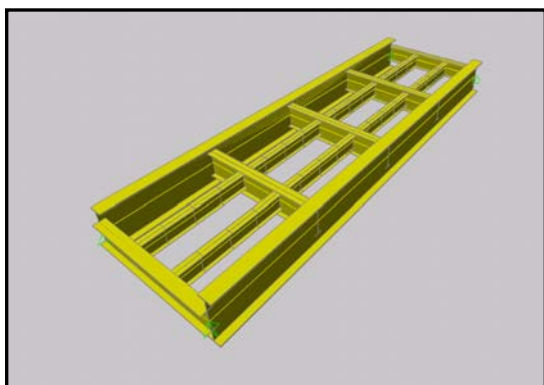
ขั้นตอนที่ 3 : การวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์โครงสร้างสะพาน

การจำลองโครงสร้างสะพาน

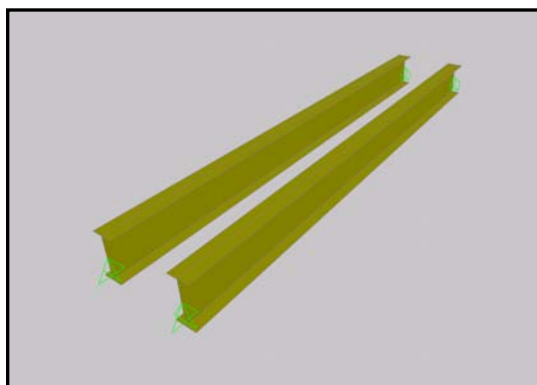
ในงานด้านวิศวกรรมโยธา การวิเคราะห์โครงสร้างที่มีความซับซ้อนหรือมีขนาดใหญ่จะต้องจำลองโครงสร้างในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปร่างคุณลักษณะต่างๆ ให้ใกล้เคียงกับโครงสร้างจริงมากที่สุด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การตอบสนองของโครงสร้างสะพานและหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้างสะพาน

ดังนั้น การวิเคราะห์โครงสร้างสะพานรถไฟเดิมจะใช้แบบจำลองเป็นโครงสร้าง 3 มิติและใช้ชนิดของชิ้นส่วนโครงสร้างแบบ 1 มิติ (Line element) โดยการออกแบบการปรับปรุงโครงสร้างสะพานเดิมจะพิจารณา น้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ น้ำหนักบรรทุก และแรงกระแทก เป็นหลัก และในส่วนแรงหนีศูนย์กลาง แรงดันดิน และแรงลอยตัว เป็นแรงรอง โดยให้น้ำหนักบรรทุก (Train load) เป็นชนิด U.20 วิ่งผ่านสะพาน (Moving load) ผลการตอบสนองของโครงสร้างสะพานจะอยู่ในรูปแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นส่วนสะพานหรือเรียกว่าแรงเส้นขอบเขต (Envelope Force)

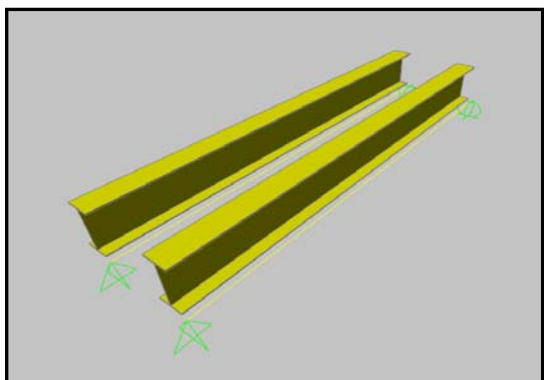
ภาพแสดงแบบจำลองโครงสร้างสะพาน 3 มิติ เพื่อใช้วิเคราะห์โครงสร้าง



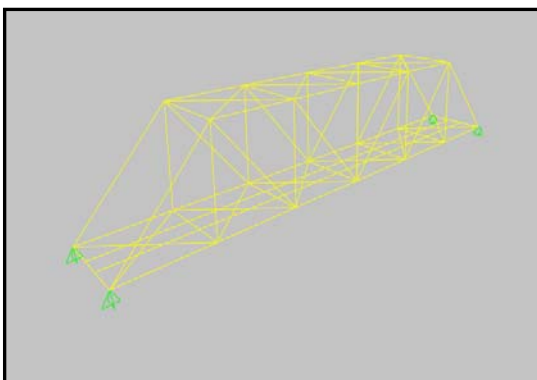
โครงสร้างสะพาน TP (Thought Plate)



โครงสร้างสะพาน DP (Deck Plate)



โครงสร้างสะพาน DG (Deck Girder)



โครงสร้างสะพาน TT (ThoughtTruss)

5.5 รูปแบบรถไฟฟ้าที่เหมาะสมทั้งรถไฟราง และรถจักรไฟฟ้า

5.5.1 บทนำ

ในเบื้องต้น 4 เส้นทางนี้คาดว่าจะจะเป็นระบบรถไฟฟ้า แต่จากการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสาร หลายช่วงทางยังคงจะมีปริมาณผู้โดยสารน้อยซึ่งอาจจะไม่ใช้ระบบรถไฟฟ้า ดังนั้น อาจเป็นไปได้ว่าจะใช้ระบบปฏิบัติการเดินรถ 4 ประเภท อันได้แก่ ขบวนรถดีเซลราง DMU ขบวนรถไฟฟ้า EMU ขบวนรถลากดีเซล DL ขบวนรถลากไฟฟ้า EL

5.5.2 การจัดหาผู้รถไฟ (Train provision)

5.5.2.1 ข้อกำหนดการทำงาน (Performance requirements)

ข้อกำหนดโดยทั่วไปได้แก่

ก. ภาคตัดขวางของล้อเลื่อน จะต้องสอดคล้องกับขนาดความกว้างของล้อเลื่อนและความกว้างของรางตาม “Major Rules”

ข. ที่ทางโค้งที่มีรัศมีโค้งน้อยกว่า 1000 เมตร ความกว้างของรางขยายเท่ากับ 25000/R โดยที่ R คือ รัศมี มีหน่วยเป็นเมตร ซึ่งล้อเลื่อนจะต้องสอดคล้องกับสภาพดังกล่าวนี้ได้ ความยาวของตัวรถประมาณ 20 เมตร

ค. รัศมีต่ำสุดของโค้งเท่ากับ 400 เมตร ในเส้นทางหลัก และ 200 เมตร ในบริเวณโรงจอดซ่อมบำรุงและทางหลัก ซึ่งล้อเลื่อนจะต้องสอดคล้องกับสภาพดังกล่าวนี้ได้

ง. ความชันสูงสุดของทางหลักเท่ากับร้อยละ 35 และมีหลายเส้นทางที่มีความชันสูงดังกล่าว ความยาวโดยทั่วไปของช่วงทางที่มีความชันดังกล่าวเท่ากับ 600 เมตร (ความยาวสูงสุดจะไม่เกิน 1,000 เมตร)

จ. น้ำหนักเพลาสูงสุดของเส้นทางนี้เท่ากับ 20 ตัน สำหรับผู้รถไฟโดยสารน้ำหนักเพลาสูงสุดไม่ควรเกิน 16 ตัน

ฉ. ความกว้างรางเท่ากับ 1000 มิลลิเมตร

ช. ความเร็วปฏิบัติการสูงสุดเท่ากับ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง

ซ. จะต้องมีการจัดวางรางเพื่อให้มีความเชื่อถือสูงและมีใช้ได้อย่างพอ

ณ. ความจุของผู้รถไฟโดยสารจะต้องประมาณ 150 คน โดยเฉลี่ย ซึ่งความจุนี้คิดจากจำนวนผู้โดยสารนั่งและจำนวนผู้โดยสารยืน (4 คน/ตารางเมตร)

ด. ความสัมพันธ์กับชนชลา (ชนชลาสูง 1,100 มิลลิเมตร)

ฎ. ความแตกต่างระดับของชนชลา กับพื้นรถไฟจะต้องน้อยกว่า 50 มิลลิเมตรในสภาวะปกติ

ฏ. ช่องว่างแนวดิ่งระหว่างขอบพื้นชนชลาและพื้นรถบริเวณประตูจะต้องอยู่ในช่วง 50 – 90 มิลลิเมตรในสภาวะปกติ

ฐ. ประตูด้านข้างของรถ จำนวนประตูด้านข้างจะต้องมีมากกว่า 4 ประตูต่อหนึ่งด้าน ประตูด้านข้างจะต้องเป็นช่องเปิดที่มีขนาดกว้างกว่า 1,300 มิลลิเมตร และสูงกว่า 1,900 มิลลิเมตร

ฑ. จำนวนรถใน 1 ขบวนน้อยสุดเท่ากับ 6 คัน (สภาวะที่เป็นไปได้)

5.5.2.2 แนวคิดเกี่ยวกับตัวรถ (Vehicle Concept)

(1) ขบวนรถดีเซลราง (DMU train)

ขบวนรถดีเซลรางทั่วไป ประกอบด้วย ตู้รถหลายคัน ซึ่งมีจำนวนไม่มากนัก เพราะหากจำนวนตู้มากใช้รถจักรหัวลากจะคุ้มกว่า

ในขบวนรถดีเซลราง รถ 1 คัน จะมี 1 เครื่องยนต์สำหรับออกแรงลาก 1 เครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้าให้ระบบปรับอากาศ เครื่องยนต์เหล่านี้มักจะติดตั้งอยู่ใต้พื้นรถซึ่งทำให้ขนาดเครื่องยนต์และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีข้อจำกัด ตัวอย่างเช่น กำลังลากของเครื่องยนต์จะอยู่ระหว่าง 200 - 400 แรงม้า สำหรับรถที่ขับเคลื่อน 1 เพลา ด้วยกำลังขนาดนี้จะเลือกใช้ความเร็วปฏิบัติการเดินรถอยู่ในช่วง 100 – 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง

หากในเส้นทางมีความชันสูง รวมถึงทางโค้ง หรือต้องการความเร็วปฏิบัติการสูงกว่า 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง จำเป็นจะต้องใช้เครื่องยนต์ที่มีกำลังสูงขึ้น ซึ่งสามารถกระทำได้ 3 วิธี วิธีที่ 1 คือ ใช้ 2 เครื่องยนต์ และ 2 เพลาขับเคลื่อน วิธีที่ 2 คือ ใช้ 1 เครื่องยนต์ขนาดใหญ่ และ 2 เพลาขับเคลื่อน ซึ่งเป็นเครื่องยนต์แบบ 12 สูบ ความจุ 2 - 30 ลิตร (แบบปกติมีขนาด 6 สูบ ความจุ 13 – 15 ลิตร) และเพลาขับเคลื่อนแบบเชิงกล ทั้งสองกรณีนี้ได้กำลังขับเคลื่อนประมาณ 500 – 700 แรงม้า และสามารถได้กำลังลากเพิ่มขึ้น และเพื่อที่จะใช้กำลังลากสูงจะต้องใช้เพลาขับเคลื่อน 2 เพลา จาก point of adhesion วิธีที่ 3 คือ ติดตั้งเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ใต้พื้นรถ ในกรณีนี้จะได้กำลังมากกว่า 1,000 แรงม้า แต่จะต้องเสียพื้นที่ไปสำหรับติดตั้งเครื่องจักรและทำให้เสียความจุผู้โดยสารลงไป รถไฟที่ติดตั้งเครื่องยนต์ขนาดใหญ่นั้นใกล้จะเป็นรถจักรหัวลาก ต่างกันเพียงแค่รถจักรหัวลากไม่มีห้องโดยสารเท่านั้น

ก) รถดีเซลราง 1 เพลาขับเคลื่อน (1 axle-drive DMU train)

เส้นกราฟคุณลักษณะโดยทั่วไปของรถ DMU แสดงดังข้างล่างนี้ กรณีนี้เป็นขบวนรถดีเซลราง 4 คัน แต่ละคันมีเครื่องยนต์ดีเซลสำหรับระบบลากขนาด 300 แรงม้า แรงลากที่แสดงในกราฟนี้ได้มาจากรถ DMU Daewoo รถแต่ละคันหนัก 51.76 ตัน ($47.2 \text{ t} + 76 \times 60 \text{ kg}$) และแรงต้านการวิ่ง (running resistance) คำนวณได้จากสูตรของ TOKYU DMU

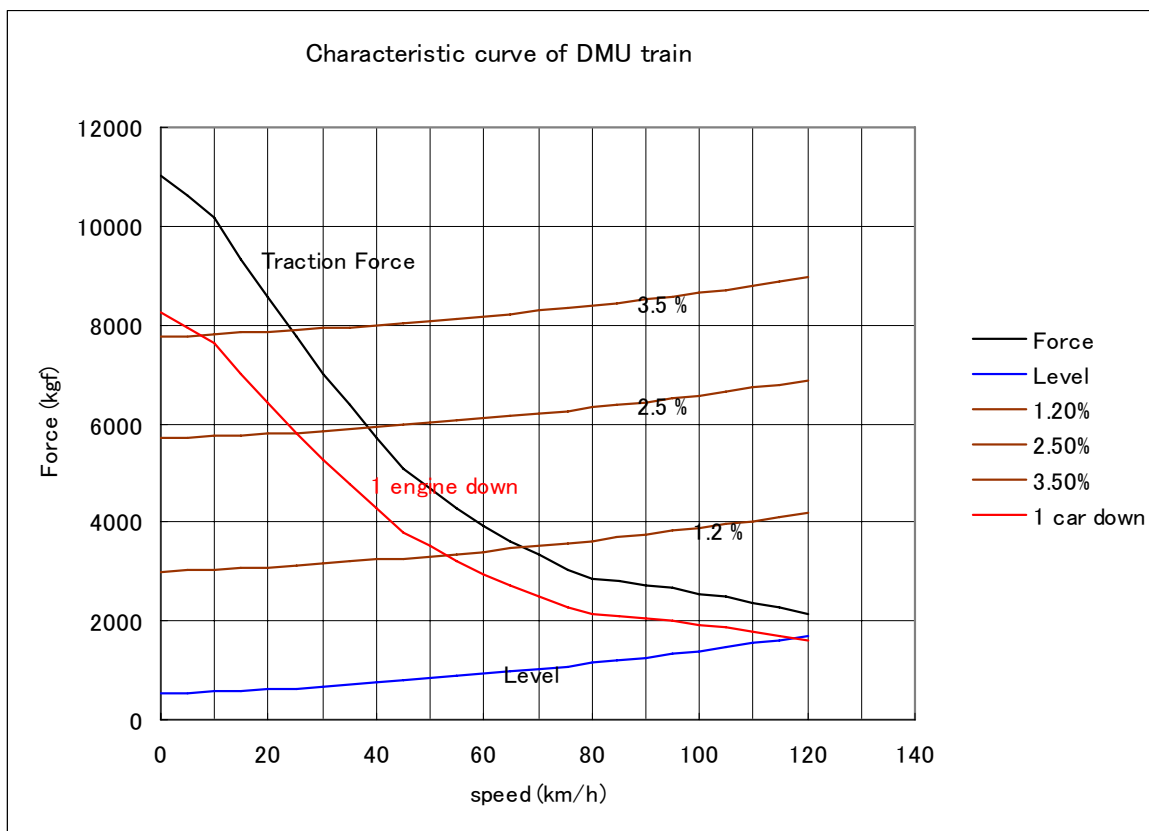
$$\text{สูตรคำนวณคือ } R = 517.6 + 3.8009 \times V + 0.0506 \times V^2 \quad [\text{kgf}]$$

$$= (2.5 + 0.0186 \times V) \times W + (0.0269 + 0.0079 \times (n-1)) \times V^2$$

W : น้ำหนักตัวรถ 207.0 t

V : ความเร็วรถไฟ กม/ชม

n : จำนวนรถ

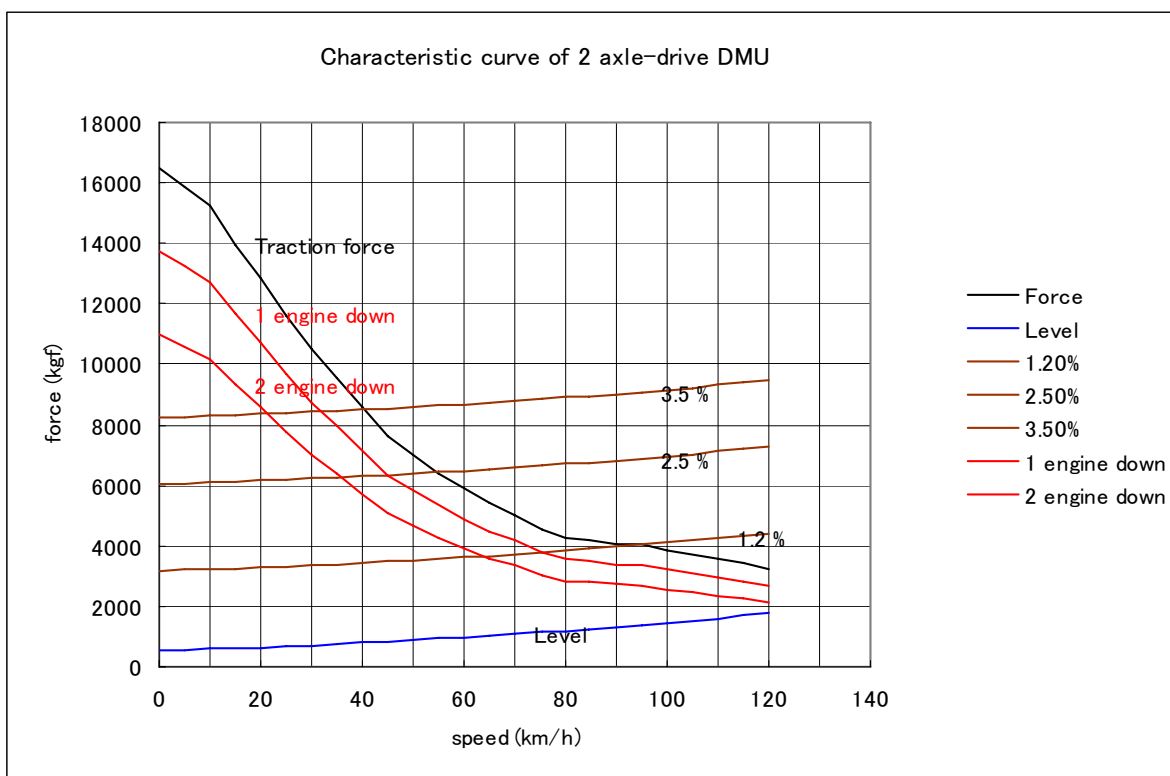


จากกราฟนี้เห็นว่าสามารถใช้ความเร็วที่ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง ถ้าสามารถได้วิ่งในช่วงทางระดับที่ยาว แต่เมื่อความเร็วเกิน 110 กิโลเมตร/ชั่วโมง สัดส่วนแรงลากที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อยและอัตราเร่งน้อยมาก ที่ความลาดชัน 12 % รถขบวนนี้สามารถเร่งความเร็วได้จนถึง 24 กิโลเมตร/ชั่วโมง ที่ความลาดชัน 25 % ได้ความเร็วที่สมดุลประมาณ 38 กิโลเมตร/ชั่วโมง และที่ความลาดชัน 35 % ได้ความเร็วประมาณ 24 กิโลเมตร/ชั่วโมง และยังมีโอกาสที่เครื่องจักรเกิดความผิดปกติด้วย ถ้าเครื่องยนต์สำหรับแรงลากเกิดเสียแล้วแรงลากจะเหลือ 3 ใน 4 สำหรับสายสีแดงเป็นเส้นกราฟของ 3 เครื่องยนต์ ในกรณีนี้ความลาดชันมากที่สุดสำหรับรถดีเซล DMU ได้ประมาณ 25% หากช่วงทางนั้นไม่ยาวนัก ดังนั้น หากมีรถคู่กันหรือรถหัวลากเตรียมไว้หรือยอมให้เกิดความล้มเหลวของระบบได้บ้าง ก็อาจยอมรับความลาดชัน 35% ได้

ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่าง คือ การสิ้นเปลืองน้ำมัน ซึ่งแตกต่างกันไปสำหรับระยะทางระหว่างสถานี ความเร็วปฏิบัติการสูงสุด น้ำหนักตัวรถ ความลาดชัน และอื่นๆ ผลการคำนวณสำหรับกรณีระยะทาง 5 กิโลเมตร แนวระดับ ความเร็วสูงสุด 75 กิโลเมตร/ชั่วโมง ขบวนรถ 4 คัน รถหนัก 40 ตัน ได้การสิ้นเปลืองน้ำมันเท่ากับ 0.59 ลิตร/กิโลเมตร/คัน ดังนั้น สำหรับกรณีรถ DMU จะสิ้นเปลืองน้ำมันประมาณ 0.8 - 0.9 ลิตร/กิโลเมตร/คัน

ข) รถดีเซลราง 2 เพลาขับ (2 axle-drive DMU train)

หากต้องการความเร็วสูงขึ้นอาจเลือกใช้รถ DMU 2 เครื่องยนต์ แต่เนื่องจากการติดตั้ง 3 เครื่องยนต์ได้พื้นรถหนึ่งคันเป็นเรือยัก (2 เครื่องสำหรับกำลังลากและอีก 1 เครื่องสำหรับระบบปรับอากาศ) จึงอาจเลือกใช้รถแบบ 2 คัน ซึ่งใช้ 3 เครื่องยนต์สำหรับกำลังลาก และ 1 เครื่องยนต์สำหรับระบบปรับอากาศให้ใช้สำหรับรถ 2 คัน รถ DMU แบบนี้มีน้ำหนักมากขึ้น แพง และสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่า ตัวอย่างการประมาณเส้นกราฟสำหรับรถประเภทนี้ (ขบวนรถ 4 คัน) แสดงดังต่อไปนี้



ในกราฟนี้ แรงลากเป็น 6 เท่าของระบบรถ Daewoo DMU น้ำหนักของรถประมาณ 220 ตัน ซึ่งหนักกว่ารถ 1 เพลาขับถึง 13 ตัน ดังนั้น แรงด้านการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

$$\text{สูตรคำนวณ คือ } R = 550.0 + 4.092 \times V + 0.0506 \times V^2 \quad [\text{kgf}]$$

จากกราฟเห็นได้ชัดเจนว่าสามารถใช้ความเร็วสูงสุดที่ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมงได้อย่างปกติ อัตราการเพิ่มขึ้นของแรงลากมีมากพอ และอัตราเร่งก็สมเหตุสมผล บนความลาดชันที่ 12% ขบวนรถไฟฟ้าสามารถเร่งความเร็วได้ถึง 93 กิโลเมตร/ชั่วโมง บนความลาดชันที่ 25% ความเร็วสมดุลอยู่ที่ประมาณ 54 กิโลเมตร/ชั่วโมง และบนความลาดชัน 35% ได้ 93 กิโลเมตร/ชั่วโมง แต่ก็ยังมีโอกาสเครื่องยนต์เสีย (break down) หากเครื่องยนต์ดีเซลเครื่องหนึ่งสำหรับกำลังลากนั้นเกิดเสีย แรงลากก็จะเหลือ 5 ใน 6 ส่วน สำหรับสายสีแดงเป็นเส้นกราฟของ 5 เครื่องยนต์ ในกรณีนี้ความลาดชันมากที่สุดสำหรับรถดีเซล DMU ได้ประมาณ 35% หากช่วงทางนั้นไม่ยาวนัก

สายสีแดงอีกรกหนึ่งคือ เมื่อแรงลากของ 2 เครื่องยนต์เกิดเสีย ซึ่งคล้ายกับ ขบวนรถ 2 คัน เมื่อ 1 เครื่องยนต์เสีย เมื่อพิจารณาความเร็วสมมูลที่ทุกความลาดชันแล้ว กรณีนี้ดีกว่ากรณีรถดีเซล 1 เพลาขับ 1 เครื่องยนต์ (ขบวนรถ 4 คัน) ดังนั้น ขบวนรถดีเซล DMU 2 คัน สามารถวิ่งได้ในเส้นทางที่มีความลาดชันประมาณ 35% ได้ในระยะสั้นๆ ถ้าเป็นรถแบบ 2 เพลาขับ

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถดีเซลแบบ 2 เพลาขับนั้น โดยทั่วไปแล้วจะมากกว่ารถดีเซลแบบ 1 เพลาขับ ซึ่งอาจอยู่ที่ประมาณ 1.2 - 1.3 ลิตร/กิโลเมตร/คัน

ก. การเปรียบเทียบรถดีเซลราง แบบ 1 และ 2 เพลาขับ

การเปรียบเทียบกระทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างสถานีและประเภทของรถดีเซล DMU

ข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ของเส้นทาง : เส้นทางแนวตะวันตก-ตะวันออก จากศาลาयाไปบ้านฉิมพลี (ทิศทางมุ่งตะวันออก)

ระยะห่างระหว่างสถานี : 10 กม. 5 กม. 2 กม.

ประเภทรถ : Tokyu DMU, Daewoo DMU, รถดีเซล DMU 2 เพลาขับ

การจัดขบวน : ขบวนรถ ประกอบด้วย รถ 4 คัน

อัตราการลดความเร็วขณะเบรก : 1.5 km/hrs [0.42 m/s²]

ตารางที่ 10-1 ระยะเวลาเดินทางในแต่ละช่วงทาง

ระยะห่างระหว่างสถานี		10 กม.	5 กม.	2 กม.
Tokyu DMU	เวลาเดินทาง	525 วินาที	328 วินาที	187 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	100 กม./ชม.	90 กม./ชม.	70 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	65 กม./ชม.	50 กม./ชม.	33 กม./ชม.
Daewoo DMU	เวลาเดินทาง	478 วินาที	307 วินาที	179 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	120 กม./ชม.	100 กม./ชม.	75 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	71 กม./ชม.	53 กม./ชม.	34 กม./ชม.
2 axle-drive DMU	เวลาเดินทาง	451 วินาที	279 วินาที	161 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	120 กม./ชม.	110 กม./ชม.	80 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	75 กม./ชม.	58 กม./ชม.	38 กม./ชม.

หมายเหตุ ความเร็วเฉลี่ยคำนวณจากเวลาเดินทางและเวลาจอด 30 วินาที

เวลาเดินทางประกอบด้วยส่วนต่าง 5%

ตัวอย่างของกราฟการเดินรถแสดงดังข้างล่างนี้ (กรณีรถ Daewoo DMU)

จากกราฟจะเห็นได้ชัดเจนว่าอัตราเร่งของรถดีเซล DMU นั้นไม่สูงนัก

ที่ระยะทาง 1 กิโลเมตรจากจุดเริ่มต้น รถสามารถทำความเร็วได้ประมาณ 69 กม./ชม.

ที่ระยะทาง 2 กิโลเมตรจากจุดเริ่มต้น รถสามารถทำความเร็วได้ประมาณ 83 กม./ชม.

ที่ระยะทาง 3 กิโลเมตรจากจุดเริ่มต้น รถสามารถทำความเร็วได้ประมาณ 93 กม./ชม.

และสามารถทำความเร็วได้ที่ประมาณ 120 กม./ชม. ที่ระยะทาง 6.5 กิโลเมตร

จากจุดเริ่มต้น

ในกรณีที่ เป็นรถดีเซล 2 เพลาขับ อัตราเร่งดีขึ้นดังนี้

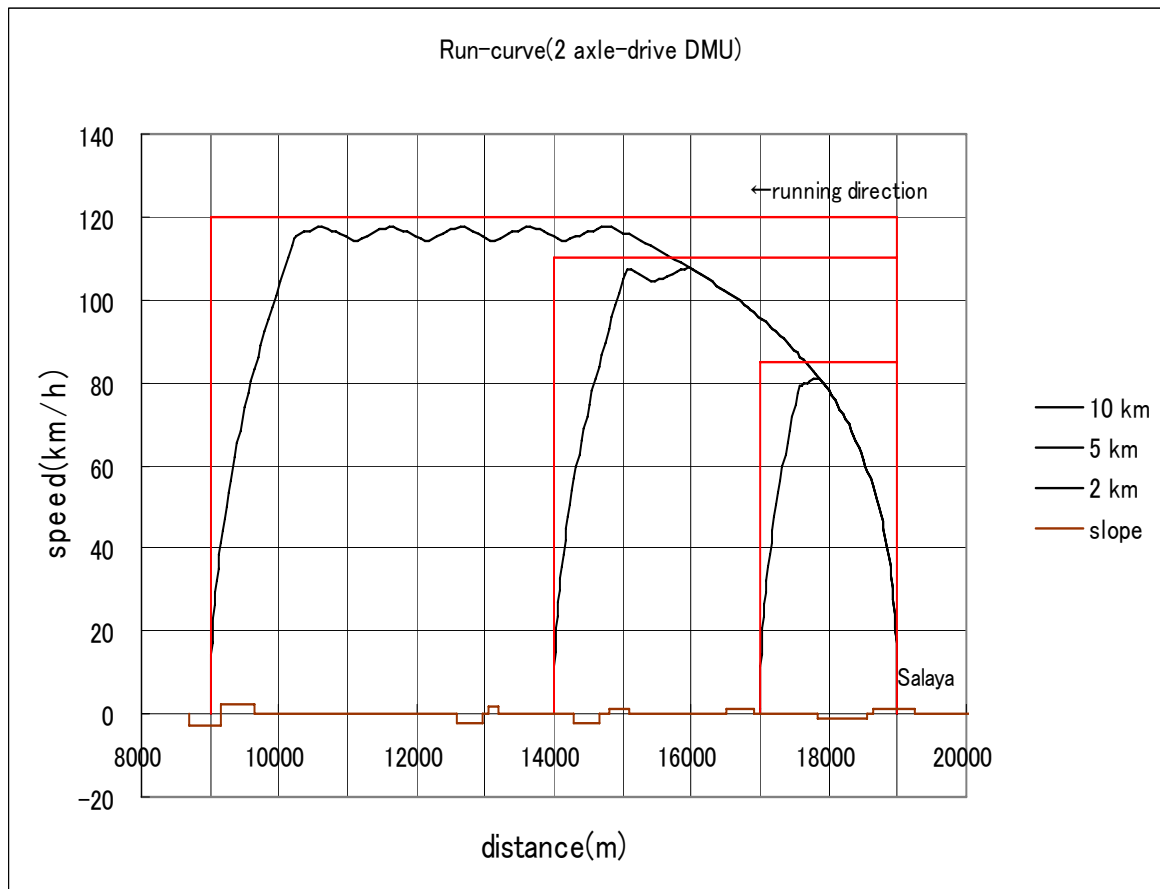
ที่ระยะทาง 1 กิโลเมตรจากจุดเริ่มต้น รถสามารถทำความเร็วได้ประมาณ 78 กม./ชม.

ที่ระยะทาง 2 กิโลเมตรจากจุดเริ่มต้น รถสามารถทำความเร็วได้ประมาณ 96 กม./ชม.

ที่ระยะทาง 3 กิโลเมตรจากจุดเริ่มต้น รถสามารถทำความเร็วได้ประมาณ 107 กม./ชม.

และสามารถทำความเร็วได้ที่ประมาณ 120 กม./ชม. ที่ระยะทาง 4.2 กิโลเมตร

จากจุดเริ่มต้น





ดังนั้น หากใช้รถดีเซล DMU ในเส้นทางที่ระยะห่างระหว่างสถานีประมาณ 10 กิโลเมตร (บริการแบบรถด่วน) ความเร็วที่เป็นไปได้ คือ ประมาณ 110 กิโลเมตร/ชั่วโมง สำหรับ Daewoo DMU และ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง สำหรับรถ 2 เพลาขับ

หากใช้รถดีเซล DMU ในเส้นทางที่ระยะห่างระหว่างสถานีประมาณ 5 กิโลเมตร (บริการแบบ omnibus train) ความเร็วที่เป็นไปได้ คือ ประมาณ 90 กิโลเมตร/ชั่วโมง สำหรับ Daewoo DMU และ 105 กิโลเมตร/ชั่วโมง สำหรับรถ 2 เพลาขับ

สำหรับเส้นทางรถไฟทั้ง 4 เส้นทางนี้ ระยะห่างระหว่างสถานีโดยเฉลี่ยประมาณ 4 – 5 กิโลเมตร ซึ่งได้พิจารณาว่าใช้รถดีเซล 1 เพลาขับจะเหมาะสมกว่า เนื่องจากไม่ค่อยมีความแตกต่างในแง่ระยะเวลาเดินทางมากนัก แต่ค่าลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่างๆ จะมีค่อนข้างมาก

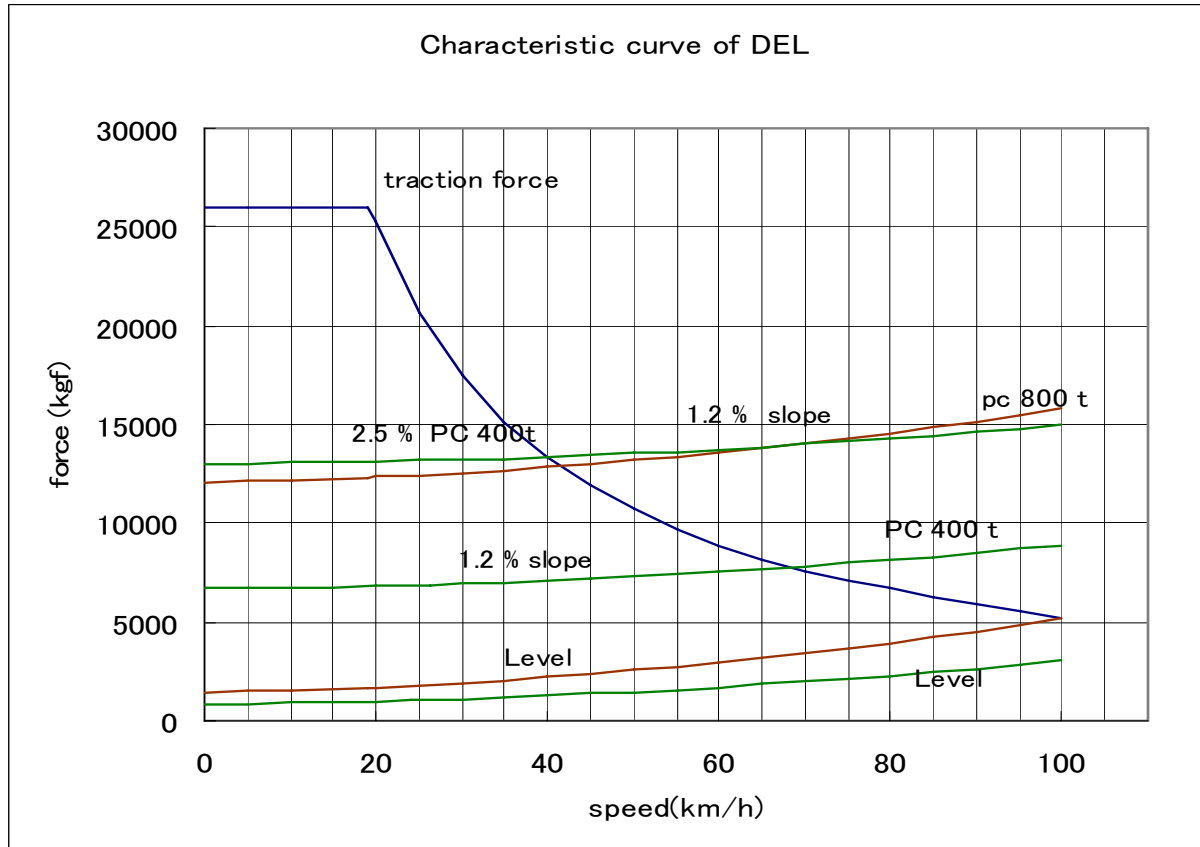
(2) ขบวนรถไฟลากด้วยหัวรถจักรดีเซล (DL hauled train)

ขบวนรถ DL (หัวจักรดีเซล) ใช้หลายเส้นทางที่ไม่ได้ใช้ระบบไฟฟ้า ประสิทธิภาพของขบวนรถ DL ขึ้นอยู่กับแรงลากของรถหัวจักรและจำนวนหรือน้ำหนักของตู้โดยสาร หากใช้ขบวนรถ DL สำหรับรถชานเมือง (ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสถานีประมาณ 4 - 5 กิโลเมตร) อัตราเร่งจะต้องสูง กล่าวคือ การจัดขบวนรถจะต้องสั้น (ประมาณ 8 - 10 คัน)

ก. หัวรถจักรดีเซลที่มีอยู่

การรถไฟฟ้า มีรถหัวจักรดีเซลอยู่หลายประเภท ซึ่งใช้เครื่องยนต์ดีเซลในระดับ 2,000 แรงม้า รถหัวจักรรุ่นหนึ่ง คือ GEA ซึ่งให้กำลังขับเคลื่อน 2,500 แรงม้า โดยใช้เครื่องยนต์ CUMMINS ที่ให้กำลัง 1,250 แรงม้า จำนวน 2 เครื่อง น้ำหนักของรถหัวจักรเท่ากับ 86.5 ตัน (6 เพลา)

กราฟแสดงลักษณะของหัวจักรแสดงดังข้างล่างนี้



ตามกฎของการรถไฟฟ้า น้ำหนักลากสูงสุดสำหรับรถจักรรุ่นนี้ คือ 800 ตัน (สำหรับกรณีลากตู้โดยสารในแนวระดับ) หากตู้โดยสารแต่ละคันหนัก 40 ตัน (ขณะบรรทุกผู้โดยสาร) จำนวนตู้มากที่สุดที่จะลากได้ก็เท่ากับ 20 ตู้ และน้ำหนักของตู้โดยสาร 8 ตู้ เท่ากับ 320 ตัน

แรงต้านทานการขับเคลื่อนของล้อเลื่อนคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{หัวรถจักร} : r = 2.50 + 0.0004 \times V^2 + 0.003 \times V^2 \times F/WL \quad [\text{kgf/t}]$$

$$WL = 86.5 \text{ t}, F = 12.0 \text{ m}^2 \text{ (3 m} \times \text{4 m)}$$

$$R = 216.25 + 0.0706 \times V^2 \quad [\text{kgf}]$$

$$\text{ตู้โดยสารรวม 800 ตัน} : r = 1.56 + 0.0075 \times V + 0.0003 \times V^2 \quad [\text{kgf/t}]$$

$$R = W \times r = 1248.0 + 6.0 \times V + 0.240 \times V^2 \quad [\text{kgf}]$$

การเปรียบเทียบกระทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างสถานีและจำนวนตู้โดยสารที่ลากโดยรถหัวจักร GEA

ข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ของเส้นทาง : เส้นทางแนวตะวันตก-ตะวันออก จากศาลาฯ ไปบ้านฉิมพลี (ทิศทางมุ่งตะวันออก)

ระยะห่างระหว่างสถานี : 10 กม. 5 กม. 2 กม.

การจัดขบวน : ตู้โดยสาร 800 คัน, ตู้โดยสาร 320 คัน

อัตราการลดความเร็วขณะเบรก : 1.5 km/hrs [0.42 m/s²]

ตารางที่ 10-2 ระยะเวลาเดินทางในแต่ละช่วงทาง

ระยะห่างระหว่างสถานี		10 กม	5 กม	2 กม
GEA loco. + Passenger coach 800 t	เวลาเดินทาง	584 วินาที	363 วินาที	207 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	90 กม./ชม.	80 กม./ชม.	65 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	59 กม./ชม.	46 กม./ชม.	30 กม./ชม.
GEA loco. + Passenger coach 320 t	เวลาเดินทาง	490 วินาที	291 วินาที	168 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	100 กม./ชม.	100 กม./ชม.	80 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	69 กม./ชม.	56 กม./ชม.	36 กม./ชม.
Daewoo DMU	เวลาเดินทาง	478 วินาที	307 วินาที	179 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	120 กม./ชม.	100 กม./ชม.	75 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	71 กม./ชม.	53 กม./ชม.	34 กม./ชม.

หมายเหตุ ความเร็วเฉลี่ยคำนวณจากเวลาเดินทางและเวลาจอด 30 วินาที

เวลาเดินทางประกอบด้วยส่วนต่าง 5%

จากผลการเปรียบเทียบ พบว่า สำหรับการลาก 320 คัน ขบวนรถหัวจักร DL มีประสิทธิภาพสูงกว่ารถดีเซลราง Daewoo DMU (แบบ 4 ตู้) ที่ระยะห่างระหว่างสถานี 10 กิโลเมตร รถดีเซล DMU เร็วกว่ารถหัวจักร DL เนื่องจากความเร็วสูงสุดแตกต่างกัน

หากเปรียบเทียบระหว่างขบวนรถดีเซลราง กับขบวนรถหัวจักรดีเซลลาก 8 ตู้โดยสาร ข้อมูลคล้ายๆ กัน

	รถดีเซล DMU	รถหัวลาก DL
น้ำหนักรถไฟ	414 ตัน	406.5 ตัน
กำลังขับเคลื่อนดีเซล	2400 แรงม้า	2500 แรงม้า
จำนวนเพลามอเตอร์	8	6
จำนวนเครื่องยนต์	8	2
จำนวนกระบอกสูบ	48	32
Bore × Stroke	140×152	159×159

หากใช้รถจักรลาก DL สำหรับบริการรถชานเมืองจะมีปัญหาเรื่องการกลับทิศทางรถที่สถานีปลายทาง และเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ สามารถใช้รถไฟแบบ push – pull ได้ ดังนั้น จำเป็นจะต้องมีตู้โดยสารที่มีห้องคนขับและตู้พิเศษสำหรับเป็นหัวลาก

ในช่วงทางลาดชัน รถลาก DL ที่ลากตู้โดยสารเบากว่า 400 ตัน สามารถใช้ทางลาดชัน 25% ได้ที่ความเร็วสมดุลประมาณ 40 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งได้ประสิทธิภาพเท่ากับรถดีเซลราง 1 เพลาขับ

ข. หัวรถจักรลากดีเซลใหม่

หากสามารถจัดหาหรือสร้างหัวลากใหม่เพื่อใช้ให้บริการรถชานเมือง (รถ DL) ได้แล้วจะสามารถพิจารณาทางเลือกอื่นๆ ได้ซึ่งในปัจจุบันมีรถหัวจักรลากไฟฟ้าแบบขับเคลื่อนด้วย inverter และหากใช้รถจักรดังกล่าวสำหรับช่วงทางรถไฟสายสีแดงเท่านั้น จะสามารถเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทุกเพลาได้ถึง 20 ตัน (จากเดิมประมาณ 16 ตัน) ดังนั้น รถจักรหัวลากแบบ 4 เพลา ก็อาจเป็นไปได้

ตัวอย่างต่อไปนี้จะแสดงรถจักรลากดีเซล DL ที่มีแนวคิด push – pull

รถจักรหัวลากดีเซล :

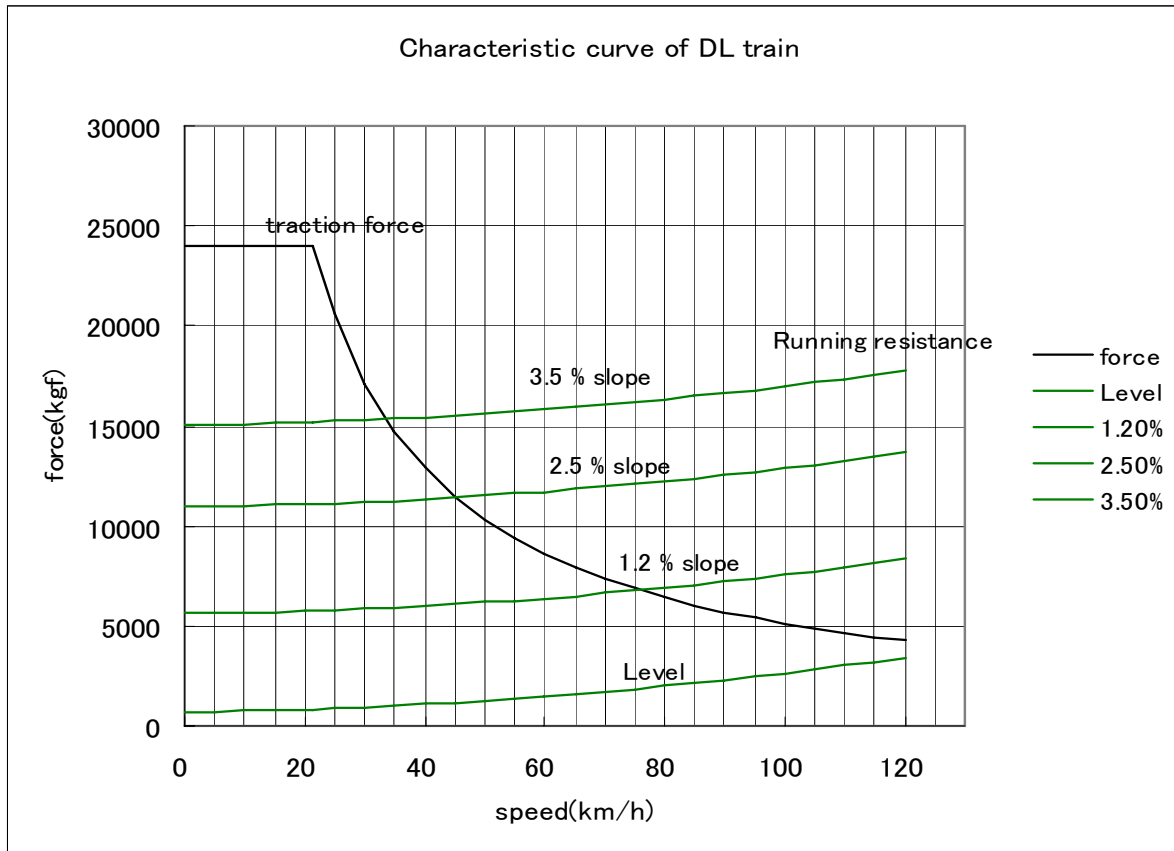
น้ำหนัก	80 ตัน
จำนวนเพลามอเตอร์	4
กำลังขับเคลื่อน	2400 แรงม้า
จำนวนเครื่องยนต์	2
ระบบขับเคลื่อน	2 inverters, 4 AC traction motors
ความเร็วสูงสุด	120 กม/ชม
กำลังขับเคลื่อนสูงสุดของมอเตอร์ลาก	1400 kW

ตู้โดยสาร : ตู้โดยสารแบบ block

จำนวนตู้โดยสาร	7 ถึง 8 ตู้
น้ำหนักบรรทุก	40 ตัน (ตู้กลาง) 50 t (ตู้หาง)
ความเร็วสูงสุด	120 km/h

ตู้หางมีห้องคนขับและเครื่องยนต์อยู่ใต้พื้นซึ่งจ่ายไฟให้กับตู้โดยสารทั้งหมดในขบวน

ประสิทธิภาพของรถ DL ประมาณได้ดังต่อไปนี้



จากกราฟ ความเร็วปฏิบัติการสูงสุดเท่ากับ 110 กิโลเมตร/ชั่วโมง ตารางต่อไปนี้
แสดงการคำนวณระยะเวลาดำเนินทาง

ตารางที่ 10-3 ระยะเวลาดำเนินทางในแต่ละช่วงทาง

ระยะห่างระหว่างสถานี		10 กม.	5 กม.	2 กม.
New loco. + Passenger coach 330 t	เวลาดำเนินทาง	461 วินาที	294 วินาที	170 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	120 กม./ชม.	100 กม./ชม.	80 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	73 กม./ชม.	56 กม./ชม.	36 กม./ชม.
GEA loco. + Passenger coach 320 t	เวลาดำเนินทาง	490 วินาที	291 วินาที	168 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	100 กม./ชม.	100 กม./ชม.	80 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	69 กม./ชม.	56 กม./ชม.	36 กม./ชม.
Daewoo DMU	เวลาดำเนินทาง	478 วินาที	307 วินาที	179 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	120 กม./ชม.	100 กม./ชม.	75 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	71 กม./ชม.	53 กม./ชม.	34 กม./ชม.

หมายเหตุ ความเร็วเฉลี่ยคำนวณจากเวลาดำเนินทางและเวลาจอด 30 วินาที

จะเห็นได้ว่าระยะเวลาเดินทางของรถไฟฟ้า DL แบบใหม่ (8 ตู้โดยสาร) และของรถหัวลาก GEA (8 ตู้โดยสาร) นั้นใกล้เคียงกันมาก ซึ่งรถหัวลาก GEA นั้นดีกว่าเล็กน้อย เพราะวารถหัวลาก GEA น้อยกว่าเล็กน้อยและสามารถให้กำลังลากได้สูงกว่าในช่วงความเร็วต่ำ

(3) ขบวนรถโดยสารไฟฟ้า (EMU)

เมื่อสายสีแดงเป็นระบบไฟฟ้าและให้บริการแบบรถชานเมืองแล้ว ก็ควรเลือกใช้รถไฟฟ้า EMU ซึ่งเป็นที่ยอมรับทั่วไป ขณะที่รถไฟฟ้าสายท่าอากาศยานสุวรรณภูมิใช้ระบบรถไฟฟ้า AC 25 kV รถไฟฟ้าสายสีแดงก็คาดว่าจะใช้ระบบเดียวกัน หากความเร็วปฏิบัติการสูงสุดของรถไฟฟ้า EMU ของสายสีแดงเท่ากับ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง ก็ควรเลือกใช้รถไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพเท่ากับรถไฟฟ้าของสายท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (คือใช้อุปกรณ์แบบเดียวกัน) เพื่อให้เป็นมาตรฐาน

ก. กรณีทำให้เป็นมาตรฐาน

การศึกษานี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรถไฟฟ้าเมื่อใช้รถไฟฟ้าแบบเดียวกันกับสายท่าอากาศยานสุวรรณภูมิสำหรับสายสีแดง (ยกเว้นในแง่ความกว้างของราง)

ข้อมูลของรถไฟฟ้า EMU เป็นดังนี้ (สำหรับขบวนรถ 4 คัน)

การจัดขบวน $M + T + TP + M$

M : รถที่มีมอเตอร์ลาก

T : รถที่ไม่มีมอเตอร์ลาก หรือเรียกว่าตู้พ่วง

TP : รถที่มี pantograph (และ transformer)

แรงลากของ 8 มอเตอร์ 1550 kW (ที่ล้อ)

แรงลากสูงสุด 20,400 kgf

ความเร็วปฏิบัติการสูงสุด 160 กม./ชม.

น้ำหนักกรเปล่าของรถ 4 คัน 174 ตัน

จำนวนผู้โดยสาร ของรถ 4 คัน 1,010 คน (รวมผู้โดยสารยืน)

M : 240 คน T : 265 คน (480+530 = 1010)

น้ำหนักของผู้โดยสารต่อคน 60 kg

น้ำหนักของผู้โดยสารขณะบรรทุก 234.6 t (174+60×1010/1000)

สูตรคำนวณแรงต้านขับเคลื่อน ไม่มีจึงประมาณได้ดังต่อไปนี้

Mt : น้ำหนักเปล่าของตู้ M Tt : น้ำหนักเปล่าของตู้ T

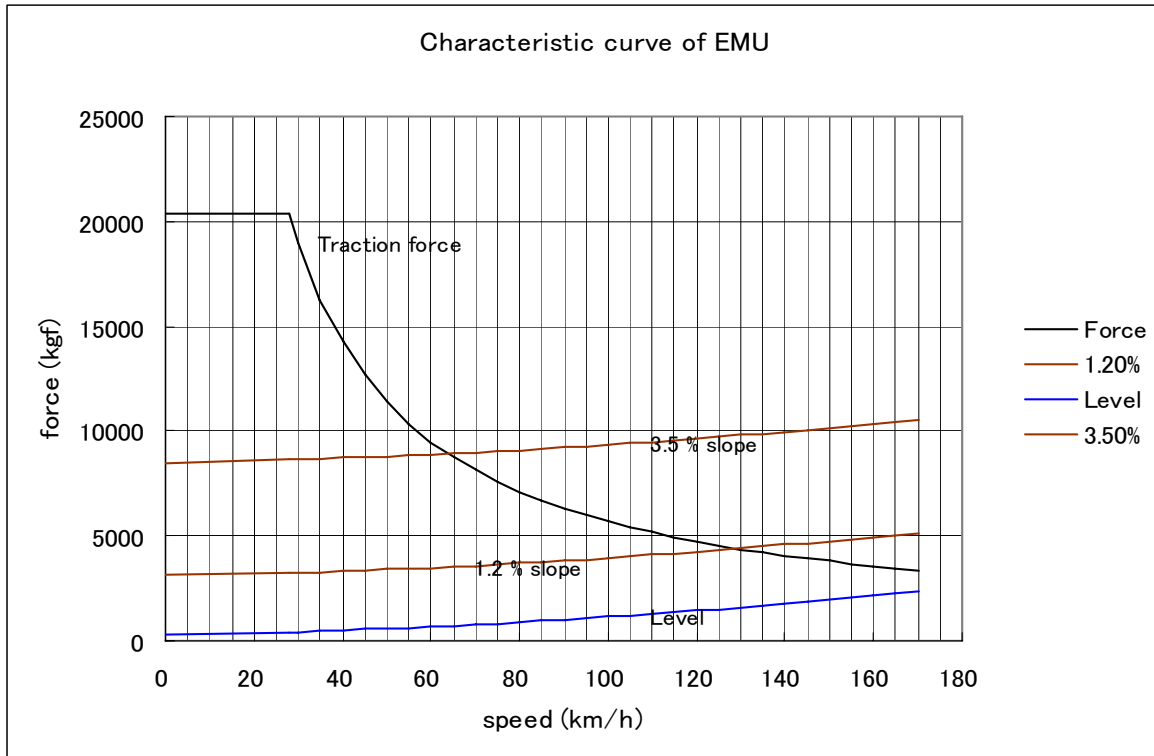
Mt = 94 t, Tt = 80 t

WM : น้ำหนักของตู้ M ขณะบรรทุก WM = 94+60×480/1000 = 122.8

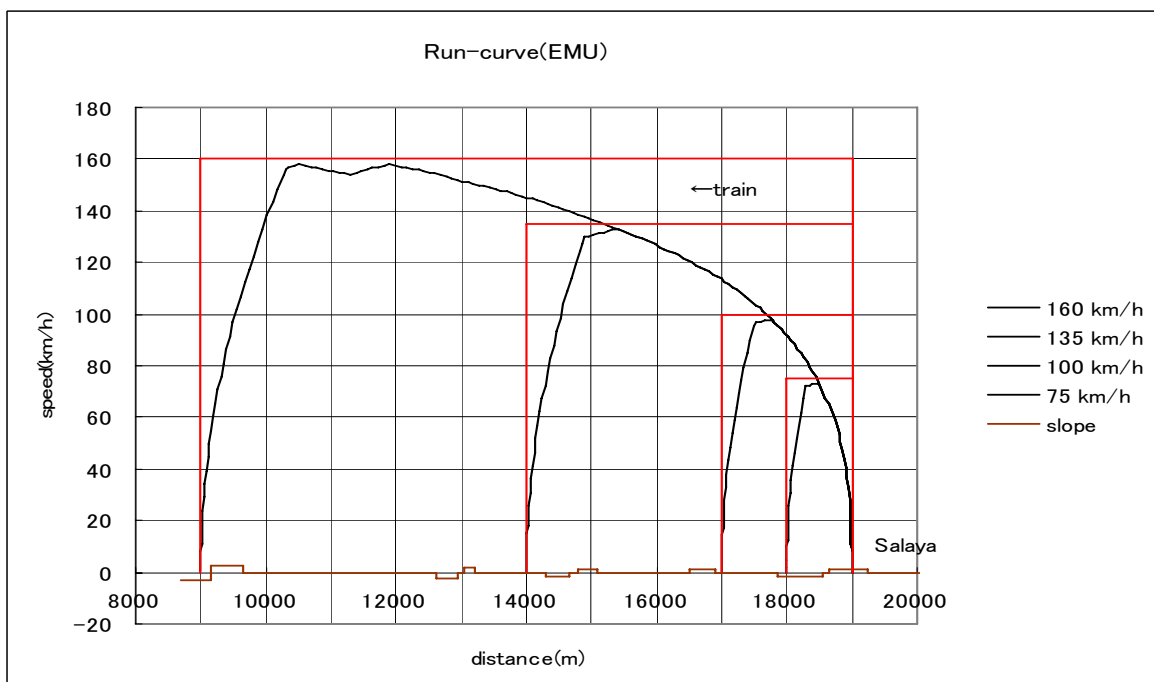
WT : น้ำหนักของตู้ T ขณะบรรทุก WT = 80+60×530/1000 = 111.8

$$R = 1.65 \times WM + 0.78 \times WT + (0.0247 \times WM + 0.0028 \times WT) \times V \\ + (0.028 + 0.0078 \times (n - 1)) \times V^2 = 289.8 + 3.3462 \times V + 0.0514 \times V^2 \quad [\text{kgf}]$$

จากข้อมูลดังกล่าว สามารถเขียนกราฟคุณลักษณะได้ดังข้างล่างนี้



เห็นได้ชัดเจนว่ารถไฟสามารถทำความเร็วได้ 160 กิโลเมตร/ชั่วโมง ที่ระยะทางพอควร และได้ทำการคำนวณเวลาเดินทางในลักษณะเดิม



ที่ระยะทาง 10 กิโลเมตร ประมาณความเร็วได้ 140 กิโลเมตร/ชั่วโมง และที่ 5 กิโลเมตร ได้ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง ดังนั้น จึงใช้ระบบลากแบบเดียวกันทั้งรถสายด่วนและสายธรรมดา รถสายด่วนนั้นเบากว่ารถสายธรรมดาประมาณ 45 ตัน เนื่องจากความจุเดิมสำหรับผู้โดยสารนั่งเท่านั้น ซึ่งทำให้แรงต้านการขับเคลื่อนน้อยกว่าและอัตราส่วนการเร่งความเร็วสูงกว่า ระยะห่างระหว่างสถานีหยุดยาว ในช่วงทาง 26 กิโลเมตร ระหว่างสถานีสุวรรณภูมิและสถานีมวกะสันมีช่วงทางตรง 21.6 กิโลเมตร (ซึ่งไม่รวมช่วงทางโค้งเข้าท่าอากาศยาน) ในช่วงทาง 9.3 กิโลเมตร ระหว่างสถานีบางซื่อถึงสถานีมวกะสัน ในช่วงกลางทางมีโค้งรัศมี 350 เมตร (จำกัดความเร็ว 75 กิโลเมตร/ชั่วโมง) ไม่มีโอกาสใช้ความเร็วเกินกว่า 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง ระหว่างสถานีบางซื่อถึงสถานีดอนเมือง ระยะทาง 14 กิโลเมตร รถสายด่วนสามารถใช้ความเร็วได้ถึง 160 กิโลเมตร/ชั่วโมง

สำหรับการเดินรถสายธรรมดา ระยะห่างระหว่างสถานีของสายท่าอากาศยานสุวรรณภูมิประมาณ 2.9 กิโลเมตร และความเร็วสูงสุดที่ใช้ประมาณ 105 – 110 กิโลเมตร/ชั่วโมง เมื่อใช้รถไฟฟ้า EMU นี้สำหรับเดินรถสายสีแดงซึ่งระยะห่างระหว่างสถานีประมาณ 4 – 5 กิโลเมตร จะสามารถใช้ความเร็วสูงสุดได้ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง

การใช้พลังงานของรถ EMU เหล่านี้อยู่ที่ประมาณ 1.2 – 1.3 kWh/กิโลเมตร/คัน ตามที่ศึกษาโดยบริษัทรถไฟ ซึ่งอัตราการใช้พลังงานอาจเปลี่ยนแปลงตามสภาพต่างๆ เช่น ลักษณะทางเรขาคณิตของเส้นทาง ระยะหยุด ความเร็วที่ใช้เดินรถ น้ำหนักของตัวรถ ระบบลาก โอกาสของ regenerative brake เป็นต้น ซึ่งค่า 1.2 – 1.3 kWh/กิโลเมตร/คัน นี้ใช้ไม่ได้กับรถใหม่ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงและใช้ระบบเบรก regenerative เพราะว่ารฟฟานี้ค่อนข้างหนักเมื่อเทียบกับรถที่มีการออกแบบคล้ายๆ กัน (น้ำหนักรถเปล่าของขบวนรถ 4 คัน เท่ากับ 174 ตัน)

ตัวอย่าง คือ รุ่น E501 (ผู้ผลิต converter คือ Siemens)

การจัดขบวนรถ	: T+M+M+T
ระบบไฟฟ้า	: AC 20 kV/DC 1.5 kV
น้ำหนักรถเปล่า	: 116 tons (33×2 + 25×2)
น้ำหนักรถลาก	: 33 ตัน
น้ำหนักรถพ่วง	: 25 ตัน
น้ำหนักผู้โดยสาร	: 60,600 kg (1010×60)
น้ำหนักของรถเมื่อบรรทุก	176.6 ตัน (116+60×1010/1000)
ความเร็วสูงสุด	: 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง

ตัวอย่างนี้เป็นกรณีสำหรับน้ำหนักเบามาก แต่ความแตกต่างของน้ำหนักประมาณ 60 ตัน น้ำหนักที่เบานี้เป็นผลมาจากความแตกต่างทางด้านการออกแบบโครงสร้างซึ่งทำให้ใช้พลังงานน้อยกว่า 1.0 kWh/กิโลเมตร/คัน

ข. รถไฟฟ้าใหม่ EMU

มีทางเลือกที่จะใช้รถไฟฟ้าที่ออกแบบขึ้นใหม่สำหรับสายสีแดง ซึ่งการออกแบบใหม่นี้เพื่อลดน้ำหนักรถเปล่าอีก 30 ตัน (หรืออย่างน้อย 20 ตัน) เพื่อลดอัตราการใช้พลังงานลงเมื่อเทียบกับรถไฟสายท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

มาตรการในการลดน้ำหนักมีดังนี้

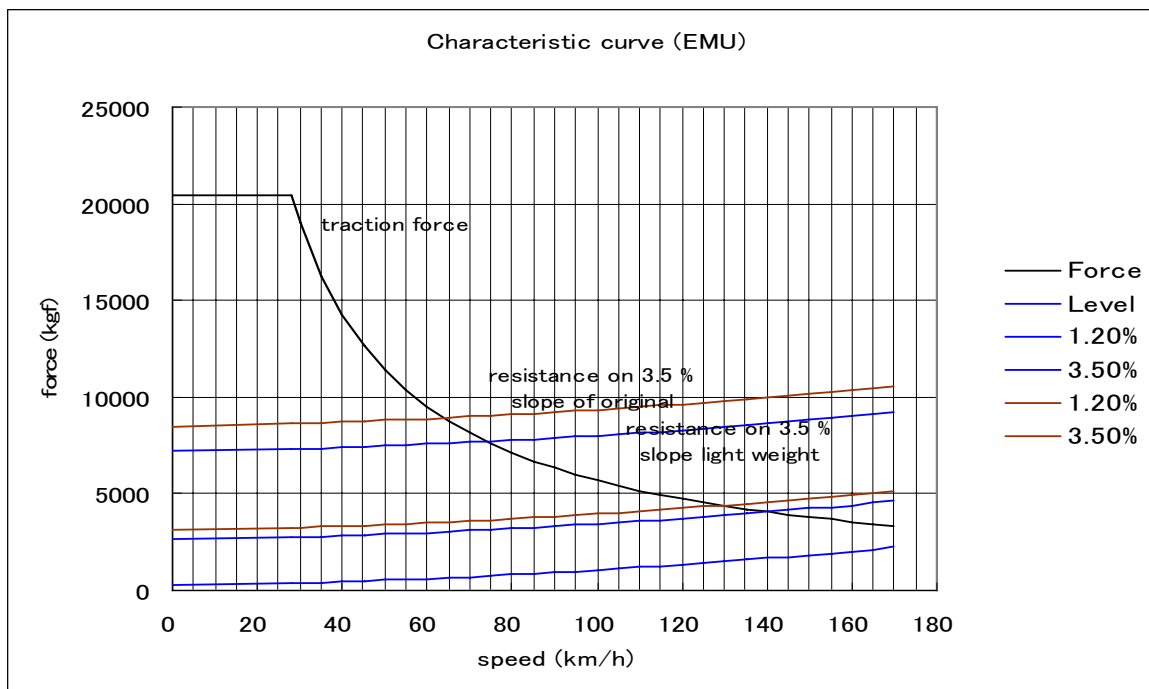
- โบกี้ :
- ใช้โครงสร้างแบบ bolster-less
 - ลดฐานล้อ (2.6 เมตร $\rightarrow$ 2.1 ~ 2.2 เมตร)
 - 2-stage reduction gear $\rightarrow$ 1-stage reduction gear
 - ทำให้น้ำหนักตัวรถลดลง 8.5 ตัน $\rightarrow$ 5.5 ตัน
 - น้ำหนักของรถพ่วงลดลง 5.9 ตัน $\rightarrow$ 4.0 ตัน
 - รวมน้ำหนักที่ลดลงสำหรับขบวนรถ 4 คัน เท่ากับ 19.6 ตัน
- ตัวถัง :
- ใช้ stainless steel ในชิ้นส่วนหลักๆ
 - หากต้องเผื่อการชนกับรถยนต์บนถนน ส่วนหน้ารถจะต้องทำด้วยเหล็กกล้า และ

ซ่อมแซมง่าย

- ตัวถังเช่นนี้จะทำให้น้ำหนักลดลงได้ 2 – 3 ตัน/คัน ซึ่งเท่ากับประมาณ 10 ตันต่อ

ขบวนรถ 4 คัน

- หากน้ำหนักของรถขณะบรรทุกเท่ากับ 198.6 ตัน เส้นกราฟคุณลักษณะจะเปลี่ยนแปลงดังแสดงข้างล่าง และผลการคำนวณระยะเวลาเดินทางก็จะดีขึ้นด้วย



ตารางที่ 10 - 4 ระยะเวลาเดินทางในแต่ละช่วงทาง

ระยะห่างระหว่างสถานี		10 กม.	5 กม.	2 กม.
New EMU 198.6 t	เวลาเดินทาง	337 วินาที	214 วินาที	125 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	160 กม./ชม.	140 กม./ชม.	100 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	98 กม./ชม.	74 กม./ชม.	46 กม./ชม.
Siemens EMU 234.6 t	เวลาเดินทาง	348 วินาที	223 วินาที	129 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	160 กม./ชม.	135 กม./ชม.	100 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	95 กม./ชม.	71 กม./ชม.	45 กม./ชม.
Daewoo DMU	เวลาเดินทาง	478 วินาที	307 วินาที	179 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	120 กม./ชม.	100 กม./ชม.	75 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	71 กม./ชม.	53 กม./ชม.	34 กม./ชม.

ระยะเวลาเดินทางดีขึ้นเพียง 3 – 4 % เท่านั้น แต่หากรถไฟฟ้า EMU แบบใหม่ใช้เวลาเดินทางเท่ากับรถไฟฟ้า EMU แบบเดิมจะสามารถประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างมาก และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานอาจจะประมาณ 1.0 kWh/กิโลเมตร/คัน

(4) ขบวนรถไฟลากด้วยหัวรถจักรไฟฟ้า (EL hauled train)

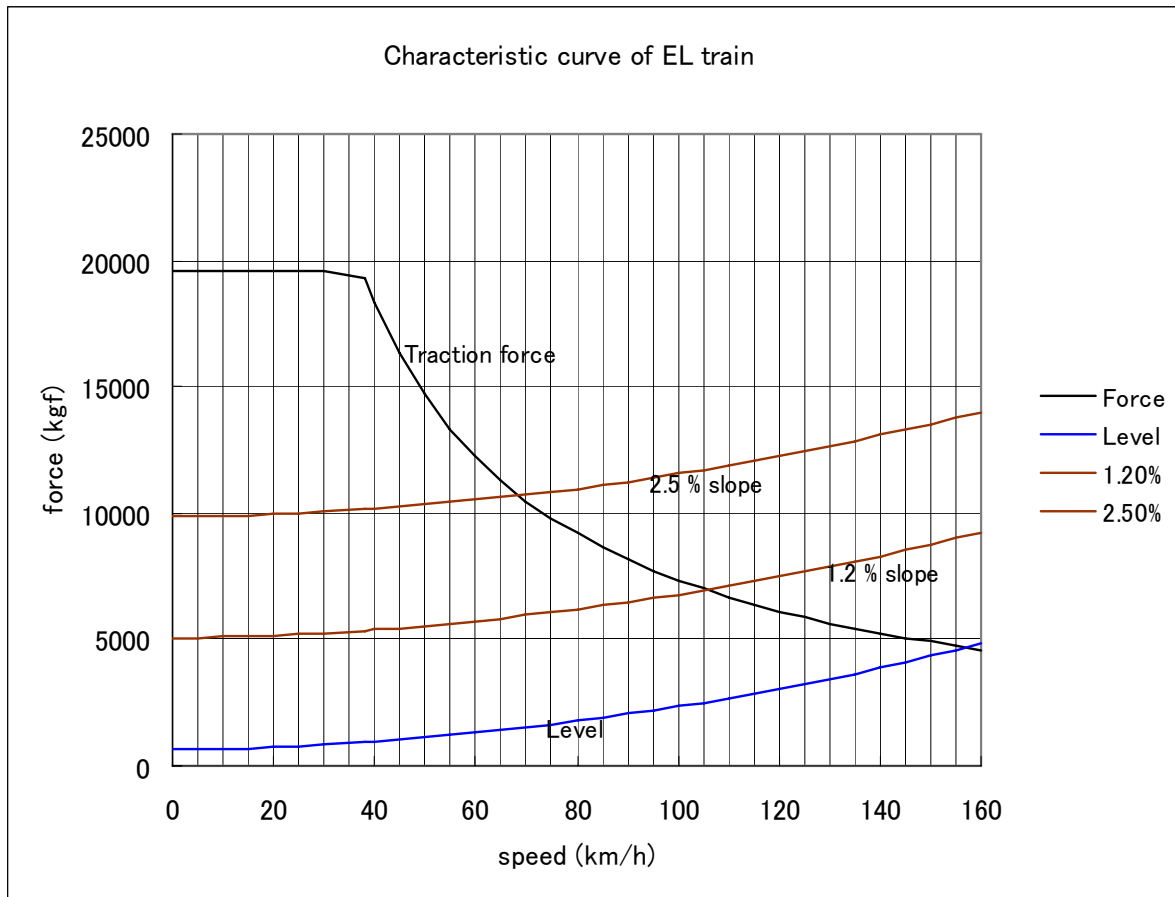
ขบวนรถไฟลากด้วยหัวรถจักรไฟฟ้ามีใช้ในหลายประเทศในการให้บริการทางไกล

หากใช้ขบวนรถ EL สำหรับบริการรถไฟฟ้าชานเมือง (ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสถานีประมาณ 4 - 5 กิโลเมตร) อัตราแรงจะต้องสูง กล่าวคือ การจัดขบวนรถจะต้องสั้น (ประมาณ 8 - 10 คัน)

ข้อแตกต่างระหว่างรถหัวลากดีเซลกับรถหัวลากไฟฟ้า คือ กำลังขับเคลื่อน สำหรับแรงลากสูงสุดนั้นไม่ค่อยต่างมากนักหากน้ำหนักอยู่ในระดับเดียวกัน ซึ่งเป็นผลมาจาก adhesion ในส่วนของสายสี่แดง น้ำหนักเพลาเท่ากับ 20 ตัน และสามารถออกแบบรถจักร 4 เพลาหนักไม่เกิน 80 ตัน ซึ่งสามารถใช้รถลากขนาด 4000 kW ได้ และหากใช้สำหรับรถความเร็วสูงมาก กำลังอาจเพิ่มเป็น 6,000 kW แต่แรงลากสูงสุดจะประมาณ 24 ตัน หรือใกล้เคียง

หากใช้หัวรถจักรไฟฟ้าสำหรับบริการรถชานเมือง และลากตู้โดยสาร จำนวน 8 - 10 ตู้ ความเร็วปฏิบัติการสูงสุดเท่ากับ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง กำลังขับ 2,000 - 2,400 kW ก็เพียงพอ หากจะใช้เพื่อความเร็วสูง 160 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะต้องมีกำลังถึง 3,200 – 4,000 kW

กราฟข้างล่างนี้แสดงตัวอย่างสำหรับรถไฟ EL ซึ่งลากตู้โดยสาร 8 ตู้ (EL ระดับ 2,000 kW + ตู้โดยสาร 330 ตัน)



ความเร็วสูงสุดในความเป็นจริงของรถไฟขบวนนี้ คือ 140 กิโลเมตร/ชั่วโมง และผลการคำนวณระยะเวลาเดินทางเป็นดังนี้

ตารางที่ 10 - 5 ระยะเวลาเดินทางในแต่ละช่วงทาง

ระยะห่างระหว่างสถานี		10 กม.	5 กม.	2 กม.
EL hauled Train 8 coaches	เวลาเดินทาง	403 วินาที	260 วินาที	155 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	140 กม./ชม.	120 กม./ชม.	85 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	83 กม./ชม.	62 กม./ชม.	39 กม./ชม.
Siemens EMU 234.6 t	เวลาเดินทาง	348 วินาที	223 วินาที	129 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	160 กม./ชม.	135 กม./ชม.	100 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	95 กม./ชม.	71 กม./ชม.	45 กม./ชม.
Daewoo DMU	เวลาเดินทาง	478 วินาที	307 วินาที	179 วินาที
	ความเร็วสูงสุด	120 กม./ชม.	100 กม./ชม.	75 กม./ชม.
	ความเร็วเฉลี่ย	71 กม./ชม.	53 กม./ชม.	34 กม./ชม.

หากเพิ่มกำลังของรถ EL เป็น 3,100 kW ประสิทธิภาพจะใกล้เคียงกับรถไฟฟ้า EMU แบบ 8 ตู้ของสายท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เนื่องจากในบริเวณที่กำลังคงที่ แรงลากจะเท่ากัน แต่รถ EL (410 ตัน) เบากว่ารถไฟฟ้า EMU 8 ตู้ (470 ตัน) แม้ว่าแรงลากสูงสุดจะจำกัดที่ประมาณ 24,000 kgf (สำหรับรถไฟฟ้า EMU เท่ากับ 40,400 kgf) แต่ที่ความเร็วเกิน 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง รถ EL จะมีอัตราเร่งสูงกว่า

(5) รถไฟฟ้าทางไกล (LD train)

มีรถไฟฟ้าทางไกลหลายประเภทใช้อยู่ในการรถไฟฯ ซึ่งในการศึกษาแผนผังการปฏิบัติการเดินรถ (train operation diagram) ได้พิจารณาขบวนรถไฟ 2 ประเภท คือ

ก. ขบวนรถดีเซลราง (DMU train)

สำหรับรถดีเซลรางทั่วไปจะเลือกใช้รถดีเซลราง TOKYU DMU (4 คัน) มีกำลังขับเคลื่อน 235 แรงม้า ซึ่งน้อยกว่ารถ Daewoo DMU ซึ่งมีกำลัง 298 แรงม้า

การคำนวณใช้ข้อมูลดังต่อไปนี้

น้ำหนักรถไฟ 174 ตัน (ขบวนรถ 4 คัน) : $3.5 \times 4 = 174$

น้ำหนักรถในสภาพการให้บริการ 35.3 ตัน

น้ำหนักผู้โดยสาร 8.2 ตัน ($146 \times 55 = 8,030$ kg)

แรงด้านการขับเคลื่อน :

สูตรการคำนวณ : $R = 435.0 + 3.2364 \times V + 0.0506 \times V^2$ [kgf]

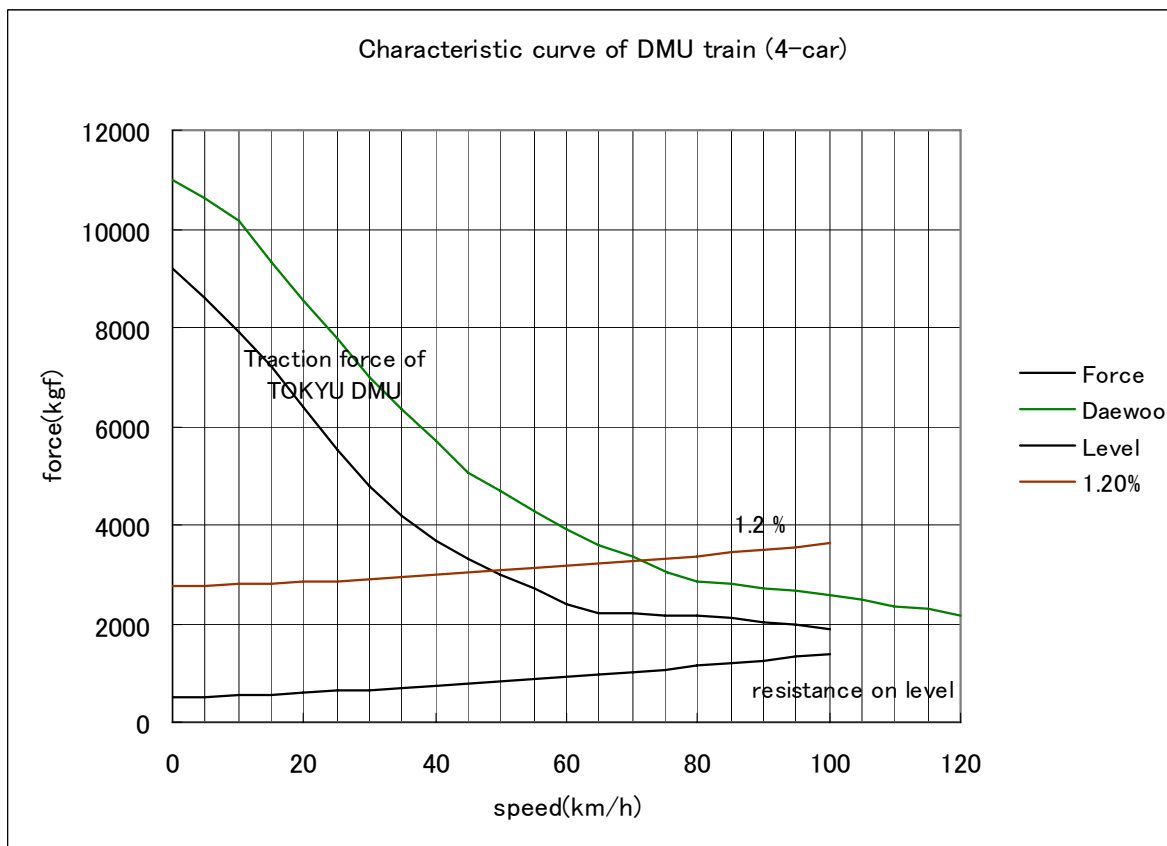
$= (2.5 + 0.0186 \times V) \times W + (0.0269 + 0.0079 \times (n-1)) \times V^2$

W : น้ำหนักรถไฟ 174.0 ตัน

V : ความเร็วรถไฟ km/hr

n : จำนวนรถ

เส้นกราฟคุณลักษณะ :



จากกราฟเห็นได้ชัดเจนว่าสามารถใช้ความเร็วสูงสุดที่ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง บนความลาดชันที่ 12% ความเร็วสมมูลอยู่ที่ประมาณ 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง นอกจากนี้ ยังได้แสดงเส้นกราฟของรถ Daewoo DMU (ขบวนรถ 4 คัน) ไว้สำหรับอ้างอิงด้วย ข้อมูลเหล่านี้ใช้ในการคำนวณผลในตารางที่ 4-1

ข. ขบวนรถหัวจักรลากดีเซล (DL hauled train)

สำหรับรถ DL โดยทั่วไปจะเลือกใช้รถหัวจักร GEA ตามกฎของการรถไฟฯ รถจักรหัวลากสามารถลากตู้โดยสารหนักได้ 800 ตัน ในแนวระดับ (ความลาดชันสูงสุด 12%)

น้ำหนักของรถจักร : 86.5 ตัน

หัวลาก : $r = 2.50 + 0.0004 \times V^2 + 0.003 \times V^2 \times F/WL$ [kgf/ตัน]

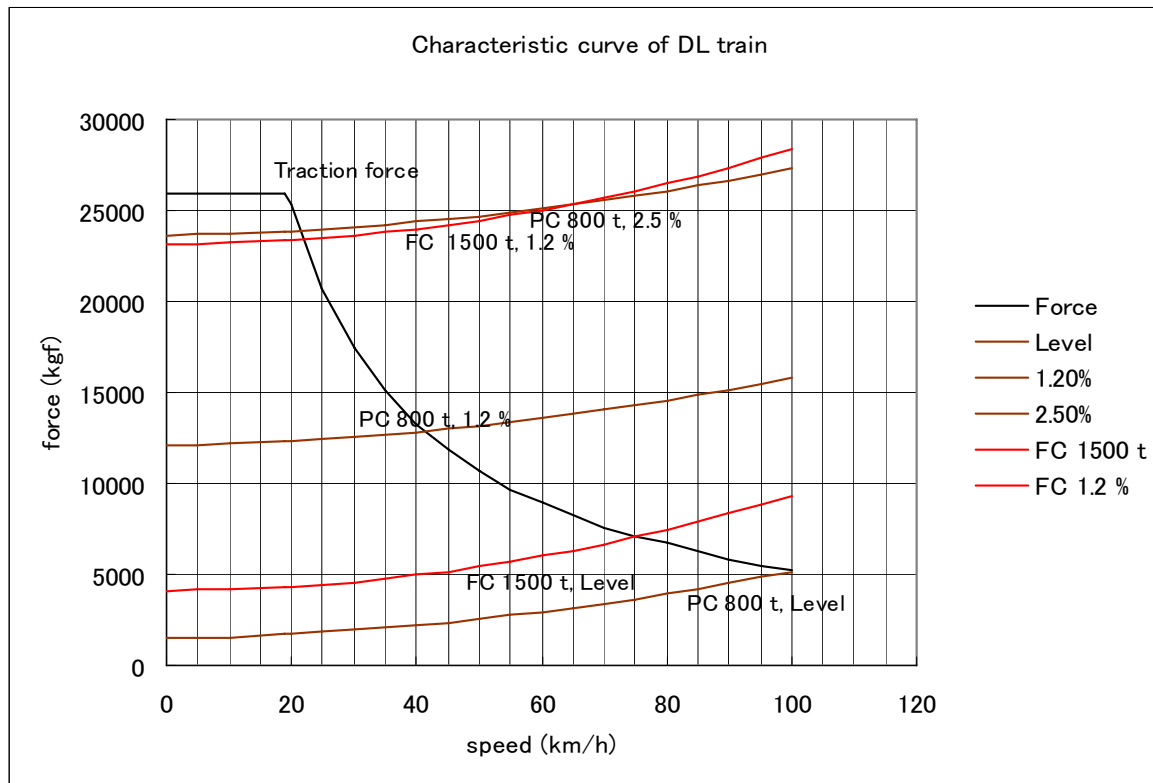
$WL = 86.5$ ตัน, $F = 12.0 \text{ m}^2$ (3 m×4 m)

$R = 216.25 + 0.0706 \times V^2$ [kgf]

ตู้โดยสาร 800 ตัน : $r = 1.56 + 0.0075 \times V + 0.0003 \times V^2$ [kgf/ตัน]

$R = W \times r = 1248.0 + 6.0 \times V + 0.240 \times V^2$ [kgf]

แรงต้านการขับเคลื่อน : $R = 1464.25 + 6.0 \times V + 0.3106 \times V^2$ [kgf]



เส้นกราฟคุณลักษณะ :

จากกราฟเห็นได้ชัดเจนว่าการใช้ความเร็วสูงสุดที่ 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง นั้นค่อนข้างยาก และบนความลาดชันที่ 12% ความเร็วสมมูลอยู่ที่ประมาณ 40 กิโลเมตร/ชั่วโมง และได้แสดงเส้นกราฟของขบวนรถสินค้า (ลาก 1500 ตัน) ไว้สำหรับอ้างอิงในกราฟเช่นเดียวกัน

(6) ขบวนรถสินค้า (Freight train)

มีขบวนรถสินค้าหลายประเภทใช้อยู่ในการรถไฟฯ ในการศึกษาแผนผังการเดินทางได้พิจารณาขบวนรถสินค้าต่อไปนี้

น้ำหนักของตู้สินค้า 1,500 ตัน

รถหัวลาก : GEA loco.

แรงด้านการขับเคลื่อน :

รถหัวลาก : $r = 2.50 + 0.0004 \times V^2 + 0.003 \times V^2 \times F/WL$ [kgf/t]

$WL = 86.5 \text{ t}$, $F = 12.0 \text{ m}^2$ (3 m×4 m)

$R = 216.25 + 0.0706 \times V^2$ [kgf]

น้ำหนักตู้สินค้า 1,500 ตัน : $r = 2.60 + 0.0003 \times V^2$ [kgf/t]

$R = W \times r = 3900.0 + 0.450 \times V^2$ [kgf]

แรงด้านการขับเคลื่อนของขบวนรถไฟ :

$R = 4116.25 + 0.5206 \times V^2$ [kgf]

เส้นกราฟคุณสมบัติแสดงในภาพที่ 10-12 จากกราฟจะเห็นว่าความเร็วสูงสุดของขบวนรถสินค้าลากตู้สินค้า 1,500 ตัน เท่ากับประมาณ 70 กิโลเมตร/ชั่วโมง และหากเป็นช่วงทางยาวความลาดชัน 12% ความเร็วสมมูลจะเท่ากับ 22 กิโลเมตร/ชั่วโมง

5.5.3 การจัดซื้อรถไฟ (Train Procurement)

5.5.3.1 ขบวนรถไฟฟ้า (EMU train)

รถไฟฟ้าจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดด้านการดำเนินงาน ดังนั้น เงื่อนไขเดียวกันเป็นดังต่อไปนี้

ก. ภาคตัดขวางของล้อเลื่อนจะต้องสอดคล้องกับขนาดความกว้างของล้อเลื่อนและความกว้างของรางตาม “Major Rules”

ข. ที่ทางโค้งที่มีรัศมีโค้งน้อยกว่า 1,000 เมตร ความกว้างของรางขยายเท่ากับ 25,000/R โดยที่ R คือ รัศมี มีหน่วยเป็นเมตร ซึ่งล้อเลื่อนจะต้องสอดคล้องกับสภาพดังกล่าวนี้ได้ ความยาวของตัวรถประมาณ 20 เมตร

ค. รัศมีต่ำสุดของโค้งเท่ากับ 400 เมตร ในเส้นทางหลัก และ 100 เมตร ในบริเวณโรงจอดซ่อมบำรุงและทางหลัก ซึ่งล้อเลื่อนจะต้องรับกับสภาพดังกล่าวนี้ได้

ง. ความชันสูงสุดของทางหลักเท่ากับ 35% และมีหลายเส้นทางที่มีความชันสูงสุดดังกล่าว ความยาวโดยทั่วไปของช่วงทางที่มีความชันดังกล่าวเท่ากับ 600 เมตร (ความยาวสูงสุดจะไม่เกิน 1,000 เมตร)

จ. น้ำหนักเพลาสูงสุดไม่ควรเกิน 16 ตัน โดยจะต้องคำนวณน้ำหนักเพลาสูงสุดจากน้ำหนักรถเปล่าและน้ำหนักโดยสารสภาพแน่นซึ่งเท่ากับ 20 ตัน/คัน

ฉ. ความกว้างรางเท่ากับ 1,000 มิลลิเมตร

ช. ความเร็วปฏิบัติการสูงสุดจะต้องเท่ากับ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง

ซ. จะต้องมีการบำรุงรักษาเพื่อให้มีความเชื่อถือสูงและให้ใช้ได้พอเพียง

ณ. ความจุของผู้โดยสารจะต้องประมาณ 150 คนโดยเฉลี่ย ซึ่งความจุคิดจากจำนวนผู้โดยสารนั่งและจำนวนผู้โดยสารยืน (4 คน/ตารางเมตร)

ญ. ความสัมพันธ์กับขนาดขบวนรถ (ขบวนรถสูง 1,100 มิลลิเมตร)

ฎ. ความแตกต่างระดับของขนาดขบวนรถกับพื้นรถไฟจะต้องน้อยกว่า 50 มิลลิเมตร ในสถานะปกติ

ฏ. ช่องว่างแนวดิ่งระหว่างขอบพื้นขบวนรถและพื้นรถบริเวณประตูจะต้องอยู่ในช่วง 50 – 90 มิลลิเมตร ในสถานะปกติ

ฐ. ประตูด้านข้างของรถ จำนวนประตูด้านข้างจะต้องมีมากกว่า 4 ประตูต่อหนึ่งด้าน ประตูด้านข้างจะต้องเป็นช่องเปิดที่มีขนาดกว้างกว่า 1,300 มิลลิเมตร และสูงกว่า 1,900 มิลลิเมตร

ฑ. จำนวนรถใน 1 ขบวนน้อยที่สุดเท่ากับ 6 คัน (สถานะที่น่าจะเป็นไปได้)

เงื่อนไขเพิ่มเติมสำหรับรถไฟฟ้า EMU ได้แก่

ก. สายสี่แดงเป็นระบบไฟฟ้า AC 25 kV 50 Hz ใช้ระบบจ่ายไฟ catenary จากด้านบน และ supplied tension ของระบบไฟฟ้าอาจเปลี่ยนจาก 22.5 kV เป็น 30 kV ได้ รถไฟฟ้าจะต้องสอดคล้องกับระบบดังกล่าวนี้

ข. ความสูงของ contact line ของ catenary อาจเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 4.6 - 5.4 เมตร เหนือจากระดับราง

ค. ตัวถังรถจะต้องทำด้วยสแตนเลสสตีล หรืออลูมิเนียมอัลลอยด์

ง. ความแข็งแรงของตัวถัง จะต้องทนแรงกดขนาด 1500 kN

จ. ความยาวของขบวนรถขณะให้บริการประมาณ 200 เมตร (สำหรับขบวน 10 คัน) แต่ในสถานการณ์ฉุกเฉินจะต้องเชื่อมต่อรถสองขบวนให้วิ่งไปด้วยกัน

ฉ. จะต้องจัดที่นั่งผู้โดยสารในแนวยาวขนานกับด้านข้างของตัวรถ

ช. จะต้องมีทางเชื่อมระหว่างตู้โดยสารเพื่อให้ผู้โดยสารสามารถเดินไปมาได้ตลอดขบวน

ซ. ตัวรถจะต้องแข็งแรงและมีน้ำหนักเบา ซึ่งเพื่อให้ได้ตามนี้จะต้องใช้โครงสร้างแบบไม่มี bolster beam

ณ. ระบบ secondary suspension จะต้องเป็นระบบ air suspension

ญ. จะต้องมีระบบปรับอากาศและระบบถ่ายเทอากาศภายในรถไฟฟ้า

ฎ. ระบบลากจะต้องใช้ AC asynchronous motors, inverters และ PWM converters ใช้ IGBT (Insulated Gate Bipolar Transister)

ฏ. เพื่อให้ได้กำลังเพียงพอ ระบบลากของขบวนรถ 6 คันจะต้องมีอย่างน้อย 2 ตัว หากหนึ่งตัวเกิดเสียและไม่ทำงาน อีกตัวที่เหลือจะสามารถขับเคลื่อนรถที่บรรทุกเต็มขบวนไปยังสถานีถัดไปได้ สำหรับกรณีขบวนรถ 10 คัน แม้ระบบตัวหนึ่งเสีย ขบวนรถจะต้องสามารถให้บริการได้ตามปกติไปยังสถานีปลายทางโดยไม่เกิดความล่าช้าด้วยน้ำหนักบรรทุกทุกในสภาพ W2

ฐ. จะต้องมีการ Regenerative brake, friction brake และ parking brake

ฑ. เบรกสำหรับจอด (parking brake) จะต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกหนานบนทางลาดชันที่มากที่สุดได้อย่างมั่นคงแม้ในกรณีที่ไม่มีไฟฟ้า

ฒ. Friction air brake จะต้องถูกควบคุมอย่างแยกกันในรถแต่ละคัน

ณ. เบรกฉุกเฉินจะต้องใช้ air brake เท่านั้น

เมื่อพิจารณาเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้นแล้ว ขบวนรถไฟฟ้า EMU ที่เหมาะสมที่สุดเป็นดังต่อไปนี้
สำหรับขบวนรถ 6 คัน

$$T_d + M_p + M + M_p + M + T_d$$

ในกรณีขบวนรถ 10 คัน

$$T_d + M_p + M + (T + M_p + M + T) + M_p + M + T_d$$

โดยที่ Td : ตู้พ่วงที่มีห้องคนขับ

Mp : ตู้ลากที่มี pantograph และ transformer, converter และ inverter

M : ตู้ลากที่มี converter และ inverter, auxiliary inverter

T : ตู้พ่วง

น้ำหนักกรรปเล่าของรถแต่ละคัน :

Tc 30 t

Mp 38 t

M 38 t

T 27 t

สมมติความจุของรถเท่ากับตู้โดยสาร 150 คนต่อคัน (9 คัน = 150×60) ซึ่งน้ำหนักรถไฟเท่ากับ

6-car train 266 ตัน

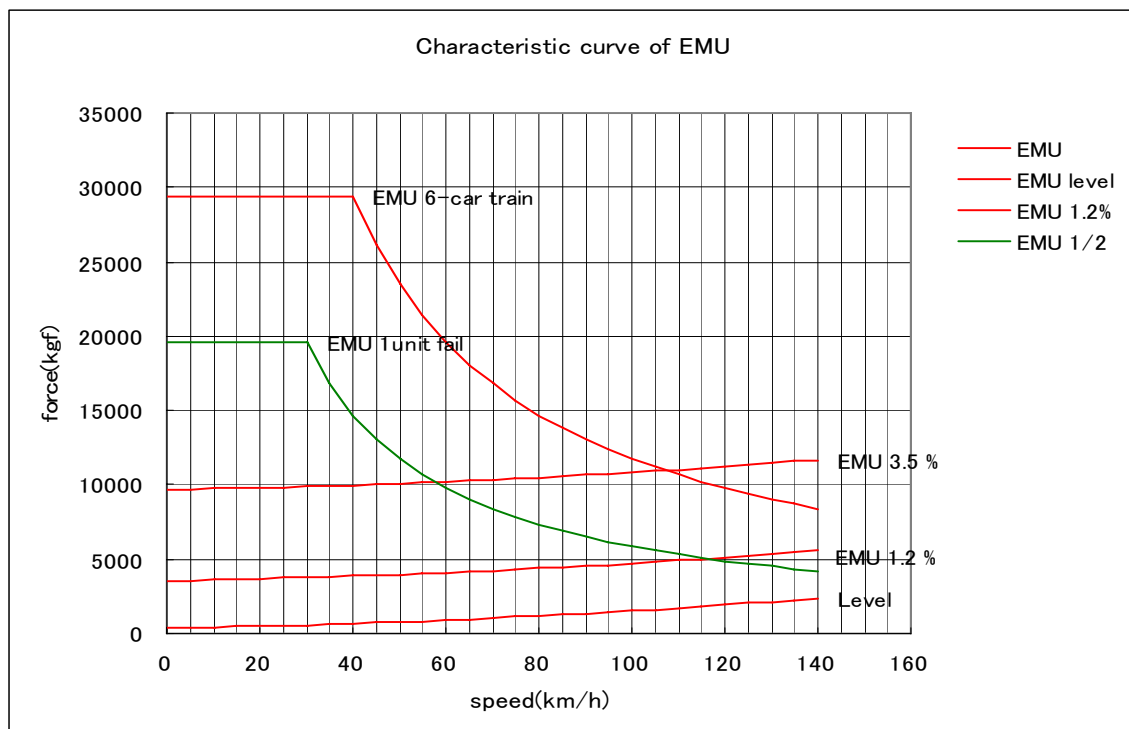
10-car train 432 ตัน

แรงลากสูงสุดสำหรับรถหนึ่งคัน : 14,700 kgf (144 kN) โดย 8 motors , เมื่อใช้โดย 2 - 3 หน่วย

19,600 kgf (192 kN), เมื่อใช้โดย 1 หน่วย

กำลังขับเคลื่อนของ 8 มอเตอร์ 1,600 kW (200×8)

กราฟคุณลักษณะของรถไฟฟ้านี้แสดงข้างล่าง น้ำหนักกรรปเล่าของขบวนรถ 6 คันเท่ากับ 212 ตัน ซึ่งมีน้ำหนักน้อยกว่ารถของสายท่าอากาศยานสุวรรณภูมิมาก (เท่ากับ 268 ตัน = $174 + 94$) แต่กำลังขับเคลื่อนของระบบลากใกล้เคียงกัน ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพสูงกว่าและสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า



5.5.3.2 EL (Electric Locomotive)

รถหัวลากไฟฟ้าจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทั่วไปด้านการทำงาน ซึ่งเงื่อนไขเดียวกันเป็นดังนี้

ก. ภาคตัดขวางของล้อเลื่อนจะต้องสอดคล้องกับขนาดความกว้างของล้อเลื่อนและความกว้างของรางตาม “Major Rules”

ข. ที่ทางโค้งที่มีรัศมีโค้งน้อยกว่า 1000 เมตร ความกว้างของรางขยายเท่ากับ 25000/R โดยที่ R คือรัศมี หน่วยเป็นเมตร ซึ่งล้อเลื่อนจะต้องสอดคล้องกับสภาพดังกล่าวนี้ได้ ความยาวของตัวรถประมาณ 20 เมตร

ค. รัศมีต่ำสุดของโค้งเท่ากับ 400 เมตรในเส้นทางหลัก และ 100 เมตรในบริเวณโรงจอดซ่อมบำรุงและทางหลัก ซึ่งล้อเลื่อนจะต้องรับกับสภาพดังกล่าวนี้ได้

ง. ความชันสูงสุดของทางหลักเท่ากับ 35% และมีหลายเส้นทางที่มีความชันสูงดังกล่าว ความยาวโดยทั่วไปของช่วงทางที่มีความชันดังกล่าวเท่ากับ 600 เมตร (ความยาวสูงสุดจะไม่เกิน 1,000 เมตร)

จ. น้ำหนักเพลาสูงสุดไม่ควรเกิน 16 ตัน โดยจะต้องคำนวณน้ำหนักเพลาสูงสุดจากน้ำหนักรถเปล่าและน้ำหนักโดยสารสภาพแน่นซึ่งเท่ากับ 20 ตัน/คัน

ฉ. ความกว้างรางเท่ากับ 1,000 มิลลิเมตร

ช. ความเร็วปฏิบัติการสูงสุดจะต้องเท่ากับ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง

เงื่อนไขเพิ่มเติมสำหรับรถ EL มีดังนี้

ก. สายส่งแรงดันเป็นระบบไฟฟ้า AC 25 kV 50 Hz ใช้ระบบจ่ายไฟ catenary จากด้านบน และ supplied tension ของระบบไฟฟ้าอาจเปลี่ยนจาก 22.5 kV เป็น 30 kV ได้ รถไฟฟ้าจะต้องสอดคล้องกับระบบดังกล่าวนี้

ข. ความสูงของ contact line ของ catenary อาจเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 4.6 - 5.4 เมตร เหนือจากระดับราง

ค. ความแข็งแรงของตัวถัง จะต้องทนแรงกดขนาด 204 tf (2,000 kN)

ง. จะต้องเป็นรถหัวลากแบบ 4 เพลา

จ. แรงลากสูงสุดต้องมากกว่า 24,000 kgf ($\mu = 0.3$)

ฉ. กำลังขับของ 4 มอเตอร์ต้องมากกว่า 3,000 kW

ช. ในห้องคนขับจะต้องมีระบบปรับอากาศและระบบถ่ายเทอากาศ

ซ. จะต้องมีการจ่ายไฟสำหรับตู้โดยสาร ซึ่งระบบจะต้องจ่ายไฟ AC 750 V 50 Hz โดย third winding ของ traction transformer

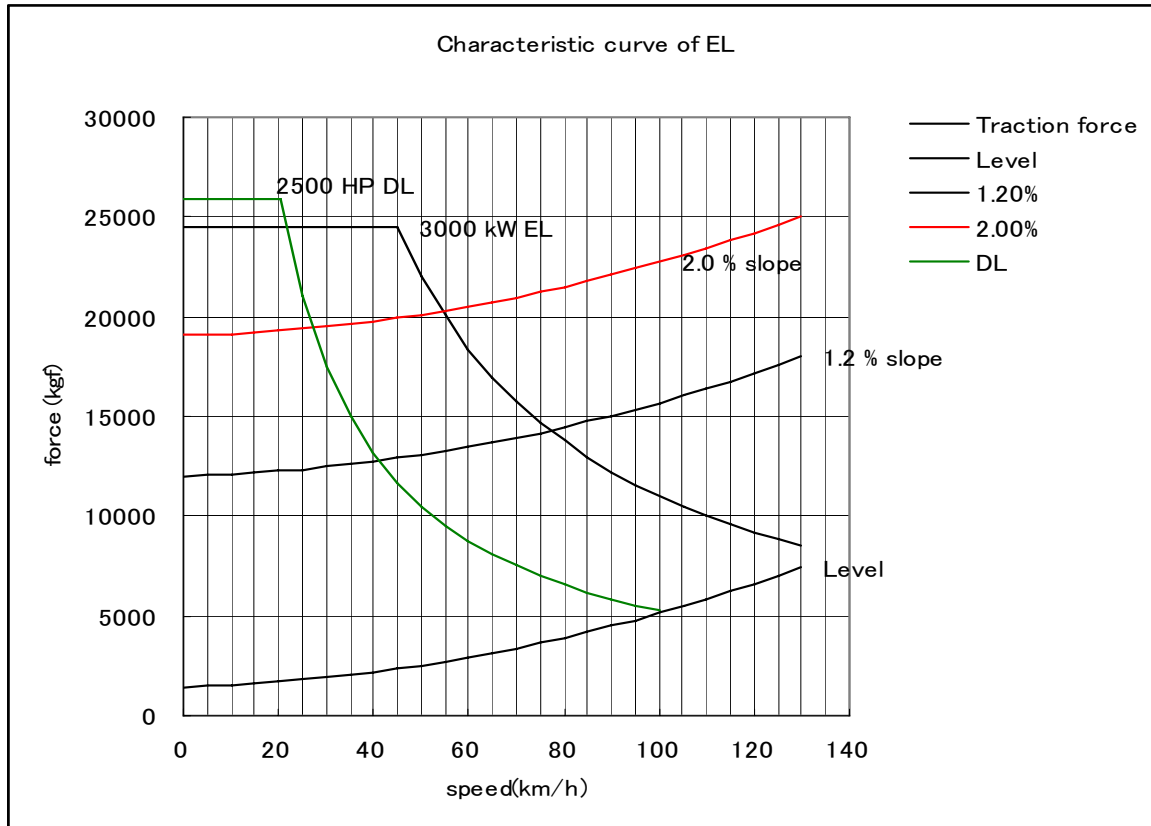
(1) รถหัวลากไฟฟ้า EL ใช้สำหรับรถไฟทางไกล

เงื่อนไขเพิ่มเติมสำหรับรถไฟทางไกลมีดังนี้

ก. น้ำหนักสูงสุดของตู้โดยสารเท่ากับ 800 ตัน

ข. ความลาดชันสูงสุดสำหรับรถไฟทางไกลเท่ากับ 12%

ประสิทธิภาพของรถไฟเมื่อลากตู้โดยสาร 800 คัน แสดงดังข้างล่างนี้



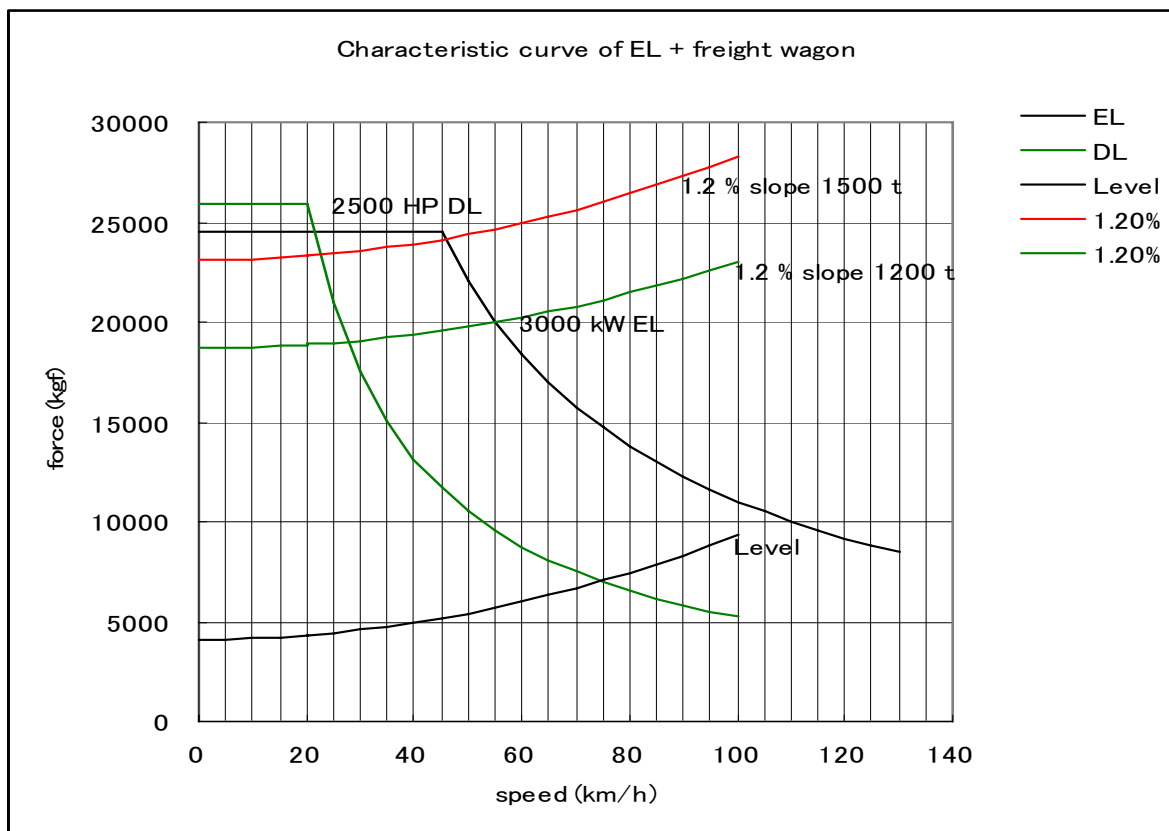
จากกราฟเห็นว่า ประสิทธิภาพของรถหัวลากไฟฟ้า EL เป็นเกือบสองเท่าของรถหัวลากดีเซล (2500 แรงม้า) และความเร็วสมดุลบนทางลาดชัน 12% เท่ากับ 77 กม/ชม และความเร็วสูงสุดในทางปฏิบัติเท่ากับ 110 – 120 กม/ชม

(2) รถหัวลากไฟฟ้า EL ใช้สำหรับขบวนรถสินค้า

เงื่อนไขเพิ่มเติมสำหรับขบวนรถสินค้ามีดังนี้

- น้ำหนักลากสูงสุดของขบวนรถสินค้าเท่ากับ 1,500 ตัน
- ความลาดชันสูงสุดสำหรับขบวนรถสินค้าเท่ากับ 12%

หากใช้ (2) รถหัวลากไฟฟ้า EL แบบเดียวกับรถไฟทางไกล กราฟคุณลักษณะเป็นดังต่อไปนี้



จากกราฟ ความเร็วสูงสุดในแนวระดับเพิ่มขึ้นเป็น 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง แต่บนความลาดชัน 12% ความแตกต่างของอัตราเร่งน้อยมาก อาจเป็นไปได้ว่าจะไม่สามารถคาดหวังการเดินรถแบบเสถียรได้ และเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว มี 3 ทางเลือก ทางเลือกที่หนึ่งคือลดน้ำหนักลากของตู้สินค้าลงจาก 1,500 ตัน เป็น 1,200 ตัน และในกราฟแสดงแรงด้านการขับเคลื่อนของรถ 1,200 ตัน ทางเลือกที่สองคือเพิ่มแรงลากของรถ EL โดยการเพิ่ม coefficient of adhesion (μ) แรงลากสูงสุดแสดงในกราฟ สมมติ $\mu = 0.3$ แต่อาจเพิ่มขึ้นเป็น 0.34 โดยควบคุมมอเตอร์ลากทั้งหมดที่ละตัว ซึ่งทำให้แรงลากสูงสุดเป็น 27,200 kgf และได้ส่วนต่างของอัตราเร่งเล็กน้อย ทางเลือกที่สามคือใช้รถหัวลากแบบ 6 เพลา ซึ่งน้ำหนักของรถหัวลากจะเพิ่มขึ้นเป็น 120 ตัน และได้แรงลากสูงสุดถึง 36,000 kgf กำลังลากของมอเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 4,500 kW ซึ่งเป็นเกือบสามเท่าของรถหัวลากดีเซล DL ทางเลือกนี้เป็นทางเลือกที่สมเหตุผลแต่จำเป็นต้องใช้รถจักรไฟฟ้า 2 ประเภท

5.5.4 ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อรถไฟ (Train procurement cost)

ในแง่งบประมาณนั้น คำถามว่าจะต้องจัดงบประมาณสำหรับจัดซื้อล้อเลื่อนเป็นคำถามที่ยากมาก เพราะว่าการราคาที่ทำสัญญาซื้อขายกับราคาในการผลิตไม่ค่อยสัมพันธ์กันเท่าใด และในหลายกรณีราคาที่ปรากฏในหนังสือพิมพ์หรือวารสารทั่วไปจะเป็นราคาตามสัญญา แต่ราคาที่แท้จริงนั้นไม่สามารถทราบได้

ค่าใช้จ่ายในการผลิตอาจเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิเช่น

- ข้อกำหนดด้านเทคนิค/ประสิทธิภาพ
- ค่าใช้จ่ายในการออกแบบ
- ค่าใช้จ่ายในการผลิต
- ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง
- การทดสอบและรายงานผลการทดสอบการทำงาน
- การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ขับรถ
- การจัดทำคู่มือ (คู่มือการเดินรถ/คู่มือการบำรุงรักษา)
- ค่าใช้จ่ายในการประกันคุณภาพ

ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีได้สัมพันธ์กับจำนวนของล้อเลื่อน ราคาต่อรถหนึ่งคันจะถูกกลงเมื่อสั่งในจำนวนมาก ซึ่งค่าใช้จ่ายในการผลิตอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามปริมาณที่สั่ง

5.5.4.1 รถไฟฟ้า EMU

(1) ค่าใช้จ่ายในการผลิต (Manufacturing cost)

หากการก่อสร้างเส้นทางแนวเหนือ-ใต้ ระหว่างรังสิตถึงหัวลำโพงแล้วเสร็จในปี 2012 จะมีความจำเป็นต้องใช้รถ 7 ขบวน สำหรับการให้บริการ หรือรวมทั้งหมด 10 ขบวน หากพิจารณาขบวนรถสำรองด้วย ขบวนรถเหล่านี้ประกอบด้วยรถ 6 คัน นั่นคือ จำนวนรถที่จะต้องผลิตทั้งหมดเท่ากับ 60 คัน เป็นรถประเภท 3 ส่วน ข้อกำหนดด้านเทคนิคและประสิทธิภาพนั้นไม่เป็นปัญหาในการออกแบบ ไม่ได้กำหนดให้มีชิ้นส่วนพิเศษหรือมีราคาแพง ดังนั้น ราคาในการผลิตรถ 1 คันจะอยู่ที่ประมาณ 1.1 - 1.2 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ

หากผู้ผลิตต้องการปริมาณการสั่งซื้อที่มากขึ้น สำหรับเส้นทางแนวเหนือ-ใต้ทั้งหมด ปริมาณทั้งหมดจะเท่ากับ 132 คัน (ในปี 2022) แต่การสั่งล่วงหน้า 10 ปีนั้นนานเกินไปสำหรับผู้ผลิต ดังนั้น เป้าหมายถัดไปคือสายตะวันตก-ตะวันออก หากสายตลิ่งชัน-หัวตะเข้แล้วเสร็จในปี 2015 จะมีความจำเป็นต้องใช้ขบวนรถ 6 คันทั้งหมด 14 ขบวน และหากช่วงต่อขยายแนวเหนือ-ใต้ไปถึงบ้านภาชีแล้วเสร็จในปี 2018 ก็จะต้องการขบวนรถมากขึ้น ปริมาณการสั่งซื้ออย่างต่อเนื่องนี้เป็นสิ่งดึงดูดใจกับผู้ผลิตเป็นอย่างมาก และราคาผลิตอาจลดลงเหลือ 1.0 - 1.1 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ

(2) ค่าใช้จ่ายในการออกแบบ (Design cost)

ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการออกแบบที่เป็นเอกสารแน่นอน แต่คาดว่าอยู่ที่ประมาณ 10 - 20 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ในการออกแบบขบวนรถแบบใหม่ (สำหรับขบวนรถ 4 - 5 คัน)

5.5.4.2 รถหัวลากไฟฟ้า EL

(1) ค่าใช้จ่ายในการผลิต (Manufacturing cost)

เนื่องจากจำนวนรถหัวลากที่จำเป็นต้องใช้นั้นไม่มาก จึงทำให้ราคาผลิตค่อนข้างสูง แต่สำหรับรถลาก AC ระดับ 3,000 kW สามารถประมาณราคาได้จากส่วนประกอบหลักๆ หากปริมาณสั่งซื้อไม่น้อยจนเกินไป (เช่น ไม่ต่ำกว่า 9)

ข้อมูลหลักสำหรับรถหัวลากนี้ ได้แก่

- ก. 4 เพลา, 80 ตัน, 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง, 4 มอเตอร์กระแสตรง
- ข. 2 inverter/converters, regenerative brake
- ค. มอเตอร์ลากรองรับด้วย bogie frame และเพลา
- ง. push-pull train operation
- จ. มีระบบจ่ายไฟให้ตู้โดยสาร

ราคาผลิตจะประมาณ 2.8 - 3.2 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ หากเปลี่ยนเป็น 4 inverter/converters ราคาจะเพิ่มขึ้นและจะได้ coefficient of adhesion เพิ่มขึ้น สำหรับ support system ของมอเตอร์ลากขบวนนั้นจะได้ความเร็วปฏิบัติการสูงขึ้นหากมอเตอร์นั้นรองรับด้วยโครงโบกี้ แต่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นสำหรับระบบส่งกำลังที่ซับซ้อนและยังมีค่าบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นด้วย

ไม่ได้รวมระบบ ATP ไว้ในการประมาณราคาเนื่องจากราคาจะเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมากขึ้นกับข้อกำหนดต่างๆ

(2) ค่าใช้จ่ายในการออกแบบ (Design cost)

ในหลายกรณี โครงสร้างหลักและส่วนประกอบของรถหัวลากจะมีการออกแบบไว้แล้ว และทำเพียงการปรับปรุงโดยบริษัทรถไฟเท่านั้น ตัวอย่างเช่น การปรับแก้เกี่ยวกับระยะห่างของรางที่ล้อเลื่อน น้ำหนักเพลาสูงสุด แรงลากสูงสุด ความเร็วสูงสุด ชนิดของห้ามล้อ เป็นต้น หากการปรับแก้มีอยู่ในช่วงที่ไม่มาก ราคาก็จะไม่สูงมากนัก

5.6 การประมาณการขนส่งสินค้าและผู้โดยสาร และจัดทำแผนการเดินทาง

5.6.1 ทัวไป

การศึกษาการวางแผนการเดินทางของโครงการรถไฟ 4 เส้นทาง ไม่สามารถกระทำแบบแยกกัน แท้จริงแล้วเส้นทางทั้ง 4 เป็นส่วนหนึ่งของสายสีแดงโดยรวม ซึ่งแผนการเดินทางและรูปแบบการจัดการจราจรจะต้องสอดคล้องกัน

การคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารสำหรับเส้นทางรถไฟ 4 สายนั้นเป็นไปตามการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารของเส้นทางรถไฟสายสีแดงและได้ใช้ร่วมกับการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารโดยรวมในแนวเส้นทางตะวันตก-ตะวันออกและแนวเส้นทางเหนือ-ใต้

รถไฟฟ้าทางไกลซึ่งเชื่อมจังหวัดต่างๆ ของประเทศกับกรุงเทพมหานครนั้น ในช่วงทางก่อนเข้าใจกลางกรุงเทพฯ ได้วิ่งบนรางเดียวกันกับที่จะใช้สำหรับรถไฟฟ้าชานเมืองและรถไฟฟ้าโดยสารระหว่างเมืองวิ่งผ่านสถานีเดียวกันที่มีอยู่ในปัจจุบันและหยุดที่บางสถานีด้วย

สำหรับแต่ละเส้นทางใน 2 เส้นทางหลักของสายสีแดงซึ่งได้แก่ เส้นทางตะวันตก-ตะวันออก และแนวเส้นทางเหนือ-ใต้นั้นได้ทำการศึกษาแผนการเดินทางแยกกัน แต่ได้พิจารณาการคาดการณ์ปริมาณจราจรโดยรวมในกรณีนี้มีได้สมมติให้รถไฟฟ้าชานเมืองสุดทางที่สถานีบางซื่อ แต่วิ่งต่อไปยังจุดหมายปลายทางของเส้นทาง และที่สถานีปลายทางขบวนรถแต่ละขบวนจะเดินทางย้อนกลับไปยังจุดเริ่มต้นการเดินทาง

แนวคิดดังกล่าวนี้จะหลีกเลี่ยงการจอดและเดินทางย้อนกลับของรถไฟฟ้าชานเมืองที่สถานีบางซื่อ ซึ่งจะทำให้ลดจำนวนขบวนรถที่จำเป็นต้องใช้ลง และจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายสำหรับการก่อสร้างและการดำเนินการอีกด้วย

โครงการรถไฟ 4 เส้นทาง ซึ่งคือรถไฟฟ้าสายสีแดง ควรเป็นระบบไฟฟ้าและใช้รถไฟฟ้าตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดขอบเขตของงาน อย่างไรก็ตาม ข้อกำหนดขอบเขตของงานยังกำหนดให้ศึกษาหาแนวทางอื่นด้วย เช่น การใช้รถดีเซลราง (DMU) และขบวนรถลากด้วยหัวจักรไฟฟ้า (EL)

ขณะนี้การตัดสินใจจะใช้ระบบไฟฟ้ายังอยู่ระหว่างการพิจารณาโดยเจ้าของโครงการ ซึ่งจะเป็นผลให้แผนการเดินทางมีหลายทางเลือก ทั้งการใช้รถไฟฟ้าและรถไม่ใช้ไฟฟ้า ดังที่ได้ศึกษาและนำเสนอในรายงานการออกแบบเบื้องต้นไปแล้ว

ในบทต่อไปนี้จะนำเสนอทางเลือกการเดินทางหลายทางเลือก โดยพิจารณาใช้รถไฟฟ้าและรถดีเซลรางพร้อมแสดงประสิทธิภาพการทำงาน

ได้ทำการคำนวณระยะห่างขบวนและจำนวนรถแข่ง โดยพิจารณาการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารสะสมขึ้นและลงที่สถานีในเส้นทาง ประเภท และการจัดตู้โดยสารที่จะใช้รางของช่วงทางรถไฟ 4 สาย ประสิทธิภาพด้านการดำเนินงานของล้อเลื่อนแต่ละประเภท รวมถึงพิจารณาจำนวนและหน้าที่ของแต่ละสถานีในเส้นทาง

เงื่อนไขการออกแบบเพื่อให้บรรลุเป้าหมายนั้น เพื่อที่จะลดระยะเวลาเดินทางโดยใช้รถที่มีประสิทธิภาพความเร็วสูง โดยมีระยะห่างระหว่างขบวนน้อย

ลักษณะของรถ คุณสมบัติและประสิทธิภาพจะถูกกำหนดโดยเกณฑ์เบื้องต้นที่จะให้ได้คุณภาพการให้บริการสูงเพื่อดึงดูดผู้คนให้มาใช้ระบบ

5.6.2 โครงข่ายรถไฟ 4 เส้นทาง

ภายหลังโครงการรถไฟ 4 เส้นทางแล้วเสร็จ รถไฟฟ้าทางไกลของการรถไฟฯ จะยังคงวิ่งให้บริการบนรางเดียวกับรถไฟฟ้าฟานเมืองและรถไฟโดยสารระหว่างเมือง ขบวนรถสินค้าก็จะใช้รางเดียวกันด้วย แต่จะถูกจำกัดในช่วงเวลาเร่งด่วนของบริการรถไฟฟ้าฟานเมือง

ที่ปรึกษาคาดหวังว่าบริการรถไฟฟ้าฟานเมืองของการรถไฟฯ ในปัจจุบันภายในพื้นที่โครงการจะถูกทดแทนโดยบริการขบวนแบบใหม่ รถไฟฟ้าฟานเมืองในปัจจุบันซึ่งวิ่งไปยังบ้านภาชี นครปฐม ฉะเชิงเทรา จะใช้เป็นรถไฟท้องถิ่น

ในช่วงทางตะวันตก (สายใต้) รถไฟฟ้าทางไกลธรรมดาแยกออกไปที่คลังชันมุ่งสู่สถานีธนบุรี รถไฟฟ้าเหล่านี้จะเป็นรถไฟฟ้าฟานเมืองแบบใหม่โดยใช้รถดีเซลราง หรือขบวนรถลากหัวจักรดีเซล โดยวิ่งให้บริการระหว่างสถานีคลังชันกับสถานีธนบุรี แนวคิดดังกล่าวนี้มิได้รวมถึงในการศึกษานี้ ซึ่งอาจจะเปลี่ยนแปลงในอนาคตตามแผนของการรถไฟฉบับใหม่ๆ และนโยบายของรัฐบาล

5.6.3 สถานีของรถไฟ 4 เส้นทาง และการดำเนินการ

ได้มีการวางแผนประเภทของบริการรถไฟสำหรับรถไฟฟ้าฟานเมืองและรถไฟระหว่างจังหวัด ดังที่กล่าวข้างต้น เพื่อให้บริการการขนส่งที่รวดเร็วและสะดวกสบายระหว่างเมืองต่างๆ รอบกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ความจำเป็นในแง่ปริมาณผู้โดยสาร บังคับให้รถไฟฟ้าฟานเมืองสายธรรมดาจะต้องหยุดทุกสถานีเพื่อรับผู้โดยสาร อย่างไรก็ตาม ความเร็วปฏิบัติการเฉลี่ยของบริการประเภทนี้จะไม่ดีที่สุดเนื่องจากจำนวนการหยุดรถจำนวนมาก รวมถึงเวลาจอดที่สถานี เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีการวางแผนให้บริการรถไฟสายด่วน ซึ่งจะหยุดที่บางสถานีเท่านั้น จึงทำให้สามารถเพิ่มความเร็วปฏิบัติการเฉลี่ยขึ้น เช่นเดียวกันรถไฟฟ้าทางไกลจะวิ่งบนรางเดียวกันและจะหยุดเพียงบางสถานีเท่านั้น

แต่ละสถานีในเส้นทางจะมีขนาดเฉพาะสำหรับรถไฟแต่ละประเภทที่จะจอดที่สถานีนั้น รถสายธรรมดาและสายด่วนจะจอดที่ขนาดความสูง 1.10 เมตร ความยาว 220 เมตร ซึ่งสามารถจอดขบวนรถ 10 คันได้ และรถไฟฟ้าทางไกลจะจอดที่ขนาดความสูง 0.50 เมตร ความยาว 500 เมตร

เส้นทางและสถานีต่างๆ แสดงในตารางต่อไปนี้ ตาราง 3-A สำหรับสายเหนือ ตาราง 3-B สำหรับสายตะวันออก ตาราง 3-C สำหรับสายตะวันตก และตาราง 3-D สำหรับสายใต้ (สายแมกลอง) ตารางดังกล่าวประกอบด้วย ความยาวของเส้นทาง ระยะห่างระหว่างสถานี ที่หยุดรถ และประเภทของรถที่จะหยุดในแต่ละสถานี และประเภทการให้บริการ คือ สายธรรมดา สายด่วน หรือรถไฟฟ้าทางไกล

ตาราง 3 –A สายเหนือ – บ้านภาชี ถึง รังสิต

	สายเหนือ	Km Chainage	ระยะห่าง	หยุด	หยุด	หยุด
ลำดับ	สถานี	จากบางซื่อ	สถานี	ธรรมดา	ด่วน	ทางไกล
1	บ้านภาชี	82.4		x	x	x
2	พระแก้ว	77.8	4.6	x		
3	มาบพระจันทร์	71.4	6.4	x		
4	บ้านม้า	67.1	4.3	x		
5	อยุธยา	63.5	3.6	x	x	x
6	บ้านโพธิ์	55.2	8.3	x		
7	บางปะอิน	50.4	4.8	x	x	
8	เชิงรอก	44.3	6.1	x		
9	คลองหนึ่ง	38.4	5.9	x		
10	รังสิต	36.5	1.9	x		
11	เชิงรอก	32.6	3.9	x	x	
12	เชิงรอก	29.9	2.7	x		
13	คลองหนึ่ง	26.2	3.7	x		
14	รังสิต	22.2	4	x	x	x
	ระยะระหว่างสถานีเฉลี่ย		4.6	4.6	15.1	30.1
	ระยะทางรวม บ้านภาชี - รังสิต (กม.)	60.2				

ตาราง 3 –B สายตะวันออก – มักระสัน ถึง ฉะเชิงเทรา

	สายตะวันออก	Chainage	ระยะห่าง	หยุด	หยุด	หยุด
ลำดับ	สถานี	จากหัวลำโพง	สถานี	ธรรมดา	ด่วน	ทางไกล
1	มักระสันใหม่	7.1	0.0	x	(x)	x
2	รามคำแหง	11.0	3.9	x	(x)	
3	หัวหมาก	15.9	4.9	x	(x)	
4	บ้านทับช้าง	20.6	4.7	x	x	
5	วัดลานบุญ	23.8	3.2	x		
6	ลาดกระบัง	27.1	3.3	x	x	
7	พระจอมเกล้า	30.1	3.0	x		
8	หัวตะเข้	30.8	0.7	x	x	x
9	สถานีใหม่	33.4	2.6	x		
10	คลองหลวงแพ่ง	39.6	6.2	x		
11	คลองอุดมชลจร	43.3	3.7	x		
12	เปรง	46.4	3.1	x	x	
13	คลองแขวงกลั่น	50.9	4.5	x		
14	คลองบางพระ	53.6	2.7	x		
15	บางเตย	56.8	3.2	x		
16	ฉะเชิงเทรา	61.0	4.2	x	x	x
	ระยะระหว่างสถานีเฉลี่ย			3.6	7.7	27.0
ระยะทางรวม มักระสัน - ฉะเชิงเทรา (กม.)		53.9				
หมายเหตุ : (x) ไม่มีรางหลักสำหรับให้รถด่วนแข่งรถธรรมดา						

ตาราง 3 –C สายตะวันตก – นครปฐม ถึง คลังชั้น

	สายตะวันตก	Chainage	ระยะห่าง	หยุด	หยุด	หยุด
ลำดับ	สถานี	Km.	สถานี	ธรรมดา	ด่วน	ทางไกล
1	นครปฐม	57.1		x	x	x
2	ต้นสำโรง	53.3	3.8	x		
3	ท่าแฉลบ	49.0	4.3	x		
4	นครชัยศรี	44.1	4.9	x	x	
5	วัดจี้ไร่	39.8	4.3	x		
6	คลองมหาสวัสดิ์	35.5	4.3	x		
7	วัดสุวรรณ	31.9	3.6	x		
8	ศาลายา	27.5	4.4	x	x	x
9	ศาลาธรรมสพน์	22.5	5.0	x		
10	พุทธมณฑลสาย 2	19.9	2.6	x		
11	บ้านฉิมพลี	17.0	2.9	x		
12	คลังชั้น	14.5	2.5	x	x	x
	ระยะระหว่างสถานีเฉลี่ย			3.9	14.2	30.1
ระยะทางรวม นครปฐม - คลังชั้น (กม.)		42.6				

ตาราง 3 –D สายใต้ (สายแม่กลอง) มหาชัย ถึง ปากท่อ

	สายแม่กลอง	Chainage	ระยะห่าง	หยุด	หยุด	หยุด
ลำดับ	สถานี	ใหม่	สถานี	ธรรมดา	ด่วน	ทางไกล
	เส้นทางเบี่ยงเริ่มแรก	0	0			
1	มหาชัย (ใหม่)	4.2	0		x	x
2	ท่าฉลอม (ใหม่)	9.3	5.1	x		
3	นกเล็ก	12.4	3.1			
4	บางสีด	13.5	1.1			
5	บางกระเจ้า	15.5	2.0			
6	บางบ่อ	17.2	1.7	x		
7	บางโหนด	19.4	2.2			
8	บ้านกาทอง	21.5	2.1			
9	บ้านนาขวาง	23.1	1.6			
10	บ้านนาโศก	26.1	3.0	x	x	
11	บ้านเขตนคร	29.9	3.8			
12	ลาดใหญ่	34.4	4.5			
13	บางกระพูน	36.1	1.7	x	x	x
14	แม่กลอง (ใหม่)	40.3	4.2	x	x	
15	บ้านจันทร์ทอง	45.9	5.6	x		
16	ปลายโพธิ์ทอง	52.8	6.9			
17	วัดยางงาม	55.5	2.7	x		
18	ปากท่อ	60.8	5.3	x	x	x
	ระยะระหว่างสถานีเฉลี่ย			8.1	14.2	28.3
	ระยะทาง มหาชัย - ปากท่อ (กม.)	56.64				

ในช่วงศึกษาโครงการมีการแก้ไขข้อกำหนดขอบเขตของงานโดยเจ้าของโครงการ ซึ่งรายการหนึ่งได้เปลี่ยนแปลงกรอบทั่วไปและแนวของสายสีแดง รวมทั้งรูปแบบของประเภทการขนส่ง

ผลจากการแก้ไขนี้ รูปแบบ meter gauge ซึ่งจะเป็นช่วงระหว่างมหาชัยถึงปากท่อในเส้นทางสายใต้จะไม่เชื่อมต่อกับช่วงทางอื่นใดจากมหาชัยถึงหัวลำโพง และจะใช้รูปแบบ standard gauge สำหรับรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (MRT) แบบยกระดับตลอดทางแทนที่รูปแบบ meter gauge

5.6.4 แนวทางการดำเนินการ

5.6.4.1 ทั่วไป

ข้อมูลที่จะพิจารณาเริ่มต้นในการกำหนดแผนการเดินทางที่เหมาะสม ก็คือ ปริมาณผู้โดยสารที่คาดว่าจะมาใช้บริการระบบ

ในการกำหนดการให้บริการเดินรถไฟฟ้าที่เหมาะสมนั้นจะต้องเริ่มจากการพิจารณาองค์ประกอบเบื้องต้นหลายประการของระบบ ได้แก่

- ก) ปริมาณผู้โดยสารที่คาดว่าจะมาใช้บริการและปริมาณผู้โดยสารบนรถตลอดเส้นทางและที่สถานี
- ข) ประเภท การทำงาน และความสามารถความจุของรถ
- ค) ระยะห่างที่ต้องการหรือรับได้ตลอดช่วงเวลาให้บริการในแต่ละวัน
- ง) การให้บริการประจำวันในช่วงหนาแน่น ช่วงเวลาเร่งด่วน และนอกช่วงเวลาเร่งด่วน

5.6.4.2 Traffic Forecast Patronage Outcomes

การศึกษาโดยละเอียดเกี่ยวกับปริมาณผู้โดยสารในอนาคต ได้กระทำโดยกลุ่มบริษัทที่ปรึกษา และได้ทำการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารโดยใช้และปรับปรุงแบบจำลองด้านการขนส่งสำหรับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ได้มีการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารสำหรับปีในอนาคตอันใกล้ ซึ่งรวมปี 2555 และปี 2565 นอกจากนี้ ยังทำการคาดการณ์ไปจนถึงปี 2580 โดยใช้ปริมาณผู้โดยสารเพิ่มขึ้นปีละ 2% จากปี 2565

ได้ทำการสำรวจเชิงลึกเพิ่มเติม เพื่อขยายขอบเขตของแบบจำลองออกไปกว่าพื้นที่ใจกลางเมืองให้รวมประเภทการขนส่งทั้งทางถนนและทางรถไฟ

ผลการศึกษาการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารได้ใช้ในการจัดทำแผนการเดินทางเบื้องต้น

สำหรับโครงการสายสีแดงมีการพิจารณามุมมองต่อไปนี้เกี่ยวกับระยะห่างระหว่างขบวนรถเพื่อเสนอสำหรับประเด็นเกี่ยวกับการให้บริการรถไฟฟ้าและโอกาสค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องต่างๆ

ผู้โดยสารที่คาดว่าจะมีส่วนใหญ่จะกระจุกตัวและเดินทางอยู่ภายในพื้นที่ใจกลางกรุงเทพฯ แม้ว่าสายรถไฟฟ้าชานเมืองบางสายจะมีผู้โดยสารมากพอสมควร อย่างไรก็ตาม ผู้โดยสารส่วนใหญ่จะขึ้นลงในช่วงระหว่าง

สถานีรังสิตและหัวลำโพงสำหรับสายเหนือ-ใต้ และระหว่างสถานีคลังชันถึงลาดกระบังในสายตะวันตก-ตะวันออก

การคาดการณ์ไปถึงปี 2565 ให้ผลที่น่าสนใจ กล่าวคือ ตัวเลขในสองปีแสดงให้เห็นว่ามีผู้โดยสารมากในปี 2555 สำหรับสายตะวันตก-ตะวันออก และเพิ่มมากขึ้นจนถึงปี 2565

แนวเหนือ-ใต้มีผู้โดยสารน้อยในช่วงทางแรกจากบ้านภาชีถึงรังสิต แต่ก็น่าสนใจในการเพิ่มโอกาสให้พื้นที่รอบนอกกรุงเทพฯ

ผลดังกล่าวข้างต้นใช้ในการจัดทำข้อเสนอสำหรับแผนการเดินรถขั้นสุดท้าย ในการก่อสร้างระบบรถไฟฟ้าสายสีแดง ได้มีการใช้การคาดการณ์ผู้โดยสารอย่างเลือกเฟ้น ได้พิจารณาระยะห่างระหว่างขบวนเทียบกับความจำเป็นในการให้บริการผู้โดยสารโดยมีความถี่ที่ยอมรับได้และมีการจัดรูปขบวนที่สะดวก ดังแสดงในบทต่อๆ ไปนั้น ตัวอย่างเช่น ในปีแรก 2555 มีการจัดรูปขบวน 6 ตู้ โดยมีจุดประสงค์ให้ผู้โดยสารเต็มคันรถอย่างเหมาะสมและมีระยะห่างระหว่างขบวนที่ยอมรับได้

ในการประมาณจำนวนผู้โดยสารที่ใช้ในการเดินรถนั้น จะพิจารณาการให้บริการในช่วงเวลาเร่งด่วน โดยคำนึงถึงปริมาณผู้โดยสารที่คาดการณ์ไว้ เพื่อประมาณจำนวนรถที่ให้บริการในเส้นทางในช่วงเวลาเร่งด่วน จะต้องเพิ่มรถอีก 1 ขบวน และใช้เป็นรถสำรองเมื่อยามจำเป็นในแต่ละเส้นทาง จะต้องเพิ่มรถจำนวนอีกหนึ่ง อาจประมาณ 10% ของจำนวนรถข้างต้น ในอัตราปกติเพื่อการบำรุงรักษาและซ่อม

5.6.4.3 ประเภทของรถไฟ

(1) ทัวไป

ตามข้อกำหนดขอบเขตของงาน โครงการรถไฟฟ้าชานเมืองแบบใหม่และรถไฟระหว่างเมืองจะต้องพิจารณาและเสนอการให้บริการที่สะดวกสบายและเหมาะสมยิ่งขึ้นโดยใช้รถไฟฟ้าหลายประเภท เช่น รถไฟฟ้า (EMU) ขบวนรถดีเซลราง (DMU) หรือขบวนรถลากจูงด้วยหัวจักรไฟฟ้า การตรวจสอบการใช้งานรถไฟที่แต่ละประเภทจะต้องพิจารณาประเด็นต่อไปนี้

ขบวนรถไฟสำหรับบริการรถชานเมืองและรถระหว่างเมืองจะเป็นแบบใหม่ทั้งหมด โดยเป็นระบบที่ใหม่และปลอดภัยที่สุดดังเช่นเดียวกับระบบรถไฟสมัยใหม่ทั่วโลก

นอกจากนี้ ดังที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดขอบเขตของงาน การขึ้นและลงจากรถไฟจะใช้ชานชาลาแบบพื้นสูงดังที่ใช้ในระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ซึ่งผู้โดยสารสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างง่ายและยังเอื้อต่อคนพิการด้วย จะใช้สถานีต่างๆ ที่มีในปัจจุบันบนสายสีแดง และจะยกระดับและทำชานชาลาให้เป็นมาตรฐานสำหรับบริการรถชานเมืองและรถระหว่างเมือง ดังกล่าวในบทที่แล้ว

ชานชาลาพื้นต่ำที่มีในปัจจุบันจะใช้สำหรับรถไฟทางไกลในสถานีที่รถทางไกลจะหยุด

การจัดรูปแบบสถานีและชานชาลาใหม่นี้ รวมถึงรูปแบบใหม่ที่มีประตูเลื่อนเปิดตรงระดับพื้นชานชาลา เพื่อให้ผู้โดยสารสามารถขึ้นรถได้ง่ายและเร็วขึ้น

ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทอื่นในรายงานฉบับนี้ ความจุโดยเฉลี่ยของผู้โดยสารแต่ละคัน เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณรูปแบบการเดินรถ ไม่ว่าจะเป็นรถไฟฟ้าหรือรถดีเซลรางจะเป็นดังที่จะกล่าวในหัวข้อต่อไป

- รถดีเซลราง (DMU) และรถไฟฟ้า (EMU)

ได้ทำการพิจารณาและประเมินผลขบวนรถดีเซลราง (DMU) และขบวนรถไฟฟ้า (EMU) เกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงาน ความเร็ว ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ

ได้เห็นความแตกต่างของรถแต่ละประเภทตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับกำลัง และคุณสมบัติทางจลน์

สำหรับประเด็นเกี่ยวกับความเร็วนั้น รถไฟฟ้าสามารถติดเครื่องยนต์ที่มีกำลังลากสูงกว่าทำให้มีอัตราเร่งสูงกว่า ทำให้ถึงที่หมายได้เร็วขึ้น ใช้เวลาเดินทางลดลง และความเร็วที่ยอมให้สูงสุดทำให้รถไฟฟ้าวิ่งได้เร็วกว่ารถดีเซลโดยรวม

สำหรับความเร็วปฏิบัติการเฉลี่ยนั้น ซึ่งรวมเวลาจอดที่สถานี แสดงให้เห็นว่ารถไฟฟ้ามีความเร็วปฏิบัติการเฉลี่ยสูงกว่ารถดีเซลราง เป็นผลให้ระยะเวลาเดินทางโดยรวมของขบวนรถไฟฟ้า น้อยกว่าขบวนรถดีเซลรางอย่างมีนัยสำคัญ เวลาเดินทางที่สั้นลงทำให้สามารถสร้างความดึงดูดแก่สาธารณะได้มากกว่า

ดังนั้น เห็นได้ว่ามีความจำเป็นต้องมีรถไฟฟ้าจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับรถดีเซลราง ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบและประสิทธิภาพเหล่านี้ แม้ว่ารถทั้ง 2 ประเภทจะถูกกำหนดให้มีความจุโดยสารต่อกันและต่อขบวนเท่ากัน ซึ่งก็คือมีปริมาณผู้โดยสารเท่ากัน

จากการรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการเดินรถไฟในต่างประเทศหลายราย และจากข้อมูลทางการตลาดที่มีเกี่ยวกับประสิทธิภาพและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ได้เกิดสมมติฐานว่ารถไฟฟ้ามีประสิทธิภาพดีกว่าในแง่ความเร่งและความเร็วสูงสุด มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำกว่า มีเสียงดังน้อยกว่า และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

และเป็นผลต่อเนื่องจากข้อพิจารณาข้างต้น จะเห็นว่าการใช้รถดีเซลรางแทนรถไฟฟ้าจะทำให้มี

- ค่าลงทุนเริ่มต้นสูง สำหรับการซื้อรถที่มีราคาต่อหน่วยสูง
- ค่าดำเนินการสูง เพื่อที่จะให้บริการผู้โดยสารเท่าเดิมจะต้องให้มีขบวนรถวิ่งมากขึ้น เวลาเดินทางนาน มีปริมาณเดินทางในรูปขบวน-กิโลเมตรสูง และต้องใช้นักการเพิ่ม
- ค่าบำรุงรักษาผู้ล้อเลื่อนเป็นจำนวนมาก จำนวนรถที่จะต้องบำรุงรักษาเพิ่มขึ้น และค่าบำรุงรักษาต่อหน่วยของรถดีเซลรางแพงกว่ารถไฟฟ้า

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะไม่แนะนำให้ใช้ และแม้ว่าจะก่อให้เกิดกำไรและนำดึงดูดน้อยกว่า ด้วยเหตุผลต่างๆดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น การใช้ขบวนรถดีเซลรางสำหรับให้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนมีความเป็นไปได้ทางเทคนิคและได้รับการพิจารณาให้เป็นทางเลือกสำหรับใช้งานดังจะแสดงในหัวข้อถัดไป

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่ารัฐบาลได้ตัดสินใจเลื่อนการเปลี่ยนสายสีแดง หรือบางช่วงทางให้เป็นระบบไฟฟ้าออกไปด้วยเหตุผลหลายประการ บริการรถขนส่งมวลชนก็ยังสามารถสร้างได้โดยใช้รถดีเซลราง

- รถหัวลากไฟฟ้าและตู้โดยสาร

การใช้ขบวนรถโดยสารที่ลากจูงด้วยรถหัวจักรไฟฟ้า ได้รับการพิจารณาในแง่จำนวนตู้โดยสาร ระยะห่างระหว่างขบวน และการจัดรูปขบวนรถไฟที่สอดคล้องกัน

ตามการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารในช่วงปีแรกๆ ที่ดำเนินการ ภายหลังจากการเปิดให้บริการระยะแรกของบริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนสายสีแดง ได้สมมติใช้ระยะห่างระหว่างขบวนที่ดึงดูดเท่ากับ 15 - 20 นาทีในช่วงเร่งด่วน การจัดรูปขบวนที่สะดวกที่สุดคือมีตู้โดยสารจำนวนน้อยต่อ 1 ขบวน

คำตอบเช่นนี้หากพิจารณาจากมุมมองการดำเนินการและค่าใช้จ่ายในการลงทุน ไม่เป็นที่น่าพอใจนัก การซื้อรถจักรไฟฟ้าที่มีกำลังมากกว่าและมีความเร็วสูงกว่ารถจักรดีเซลจะต้องซื้อตู้โดยสารในจำนวนมากพอไปพร้อมๆ กัน เพื่อให้บริการรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพ ตู้โดยสารเก่าที่มีอยู่ของการรถไฟฟ้าไม่เหมาะสมด้วยเหตุผลหลายประการในการให้บริการรถขนส่งมวลชนและระหว่างเมือง

ค่าใช้จ่ายโดยรวมของล้อเลื่อนใหม่เหล่านี้ไม่คุ้มค่ากับความสามารถความจุที่มี เนื่องจากมีตู้โดยสารน้อย

ขบวนรถประเภทนี้อาจเป็นประโยชน์และอาจได้รับการพิจารณาอีกครั้งในอนาคต หากตู้โดยสารเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

(2) ความจุของรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

ก่อนการศึกษาแผนการเดินทาง จะต้องทำการประมาณความจุของขบวนรถ ซึ่งเงื่อนไขเบื้องต้นของรถที่จะใช้ในการให้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่วางแผนไว้เป็นดังนี้

- ความยาวรถ 20 เมตร (ซึ่งได้กำหนดไว้เป็นนัยใน “Major Rules”)
- บริการรถธรรมดาและรถด่วนใช้รถประเภทเดียวกัน กล่าวคือ รูปแบบการจัดที่นั่งเหมือนกัน
- รถคันหนึ่งมีประตูเลื่อนข้างละ 3 - 4 ประตู
- จัดที่นั่งในแนวยาวเดียวกับผนังด้านข้างของตัวรถ

จำนวนประตูมีความสัมพันธ์กับเวลาจอดที่สถานีและความจุผู้โดยสารนั่ง หากเพิ่มจำนวนประตู เวลาจอดจะลดลง จำนวนที่นั่งก็จะลดลง แต่จะเพิ่มความจุผู้โดยสารยืน ในการศึกษาต่อไปนี้ กำหนดให้มีประตูด้านข้าง 4 ประตูในแต่ละด้าน

ตารางที่ 4.3.2-A ต่อไปนี้ แสดงผลการคำนวณความจุของรถ และตารางที่ 4.3.2-B

แสดงความสามารถสำหรับแต่ละ load factor

ตารางที่ 4.3.2-A ความจุของรถ (ทั้งรถไฟฟ้า EMU หรือรถดีเซล DMU)

บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน	ความยาว	area	ผู้โดยสาร	ผู้โดยสาร	รวม
ตู้ที่มีห้องคนขับ	(ม.)	m ²	นั่ง	ยืน	ผู้โดยสาร
ความยาวของรถ (ไม่รวมเครื่องพ่วง)	20				
ความกว้างภายนอก	2.7- 2.85				
ความกว้างภายในสุทธิ (ม.)	2.5				
ความยาวภายในสุทธิ (ม.)	19.6				
พื้นที่รวม (ม ²)		49.00			
ห้องคนขับ (ความยาว 1.7 m)	1.7	5.00			
พื้นที่รวมสุทธิ		44.00			
4 ประตูเลื่อนแต่ละด้าน (=1.4 ม. x 4)	5.6				
ความยาวที่เหลือรวมของแต่ละด้าน	12.3				
ที่นั่งใช้พื้นที่แนวยาว (ม.)	0.5				
จำนวนที่นั่งที่เป็นไปได้ (12.3/0.5=24)			48		
ที่นั่งใช้พื้นที่ (ม ²)	0.7 x 0.5	0.35			
พื้นที่ทั้งหมดที่ใช้สำหรับที่นั่ง		16.8			
พื้นที่เหลือรวมสุทธิ		27.2			
W1 - ผู้โดยสารนั่งเท่านั้น		0.35	48	0	48
W2 - ผู้โดยสาร 4 คน/ ม ²		0.25	48	109	157
W3 - ผู้โดยสาร 6 คน / ม ²		0.1667	48	163	211
W4 - ผู้โดยสาร 8 คน / ม ² (โดยสารแน่น)		0.13	48	218	266

ตารางที่ 4.3.2-A ความจุของรถ (ทั้งรถไฟฟ้า EMU หรือรถดีเซล DMU) (ต่อ)

บริการรถไฟฟ้าชานเมือง	ความยาว	area	ผู้โดยสาร	ผู้โดยสาร	รวม
ตู้ที่ไม่มีห้องคนขับ	(ม.)	m ²	นั่ง	ยืน	ผู้โดยสาร
ความยาวของรถ (ไม่รวมเครื่องพ่วง)	20				
ความกว้างภายนอก	2.7				
ความกว้างภายในสุทธิ (ม.)	2.5				
ความยาวภายในสุทธิ (ม.)	19.6				
พื้นที่รวม (ม ²)		49			
4 ประตูเลื่อนแต่ละด้าน (=1.4 ม. x 4)	5.6				
ความยาวที่เหลือรวมของแต่ละด้าน	14				
ที่นั่งใช้พื้นที่แนวยาว (ม.)	0.5				
จำนวนที่นั่งที่เป็นไปได้ (12.3/0.5=24)			56		
ที่นั่งใช้พื้นที่ (ม ²)	0.7 x 0.50	0.35			
พื้นที่ทั้งหมดที่ใช้สำหรับที่นั่ง		19.6			
พื้นที่เหลือสำหรับผู้โดยสารยืน		29.4			
พื้นที่ต่อผู้โดยสาร 1 คน					
W1 - ผู้โดยสารนั่งเท่านั้น		0.35	56	0	56
W2 - ผู้โดยสาร 4 คน/ ม ²		0.25	56	118	174
W3 - ผู้โดยสาร 6 คน / ม ²		0.1667	56	176	232
W4 - ผู้โดยสาร 8 คน / ม ² (โดยสารแน่น)		0.13	56	235	291

ตารางที่ 4.3.2-B ความจุของขบวนรถ

การจัดรูปขบวน	W2	W3	W4
	4 คน/ม ²	6 คน/ม ²	8 คน/ม ²
D: ตู้มีห้องคนขับ	157	211	266
T: ตู้ไม่มีห้องคนขับ	174	232	291
D + T + D	488	654	823
D + T + T + D	662	886	1114

5.6.5 แผนปฏิบัติการเดินรถของรถไฟฟ้าสายสีแดง

5.6.5.1 สายเหนือ (บ้านภาชี – รังสิต – หัวลำโพง)

ในช่วงทางนี้จะมีประเภทการเดินรถ 3 ประเภท ได้แก่ รถไฟฟ้าทางไกลวิ่งจากบ้านภาชีถึงบางซื่อ รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน (สายด่วนและสายธรรมดา) วิ่งระหว่างบ้านภาชีถึงหัวลำโพง และจำนวนรถที่วิ่งจะแตกต่างกันไป ในช่วงทางของบ้านภาชี – รังสิต และรังสิต – หัวลำโพง เนื่องจากมีปริมาณความต้องการเดินทางที่แตกต่างกันในแต่ละช่วง ซึ่งทำให้ต้องเดินรถกลับในช่วงรังสิตถึงหัวลำโพง

(1) ข้อกำหนดด้านความจุ

ได้มีแผนการขนส่งตามปริมาณความต้องการเดินทางในและนอกชั่วโมงเร่งด่วน ปริมาณความต้องการเดินทางในชั่วโมงเร่งด่วนในปี 2555 ปี 2565 และปี 2580 เป็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ปริมาณผู้โดยสารชั่วโมงเร่งด่วน

ช่วงทาง	บ้านภาชี - รังสิต	รังสิต - หัวลำโพง
ปี 2555	1700 คน/ชม./ทิศทาง	6200 คน/ชม./ทิศทาง
ปี 2565	3600 คน/ชม./ทิศทาง	16100 คน/ชม./ทิศทาง
ปี 2580	4800 คน/ชม./ทิศทาง	21700 คน/ชม./ทิศทาง

หากปริมาณความต้องการเดินทางเหล่านี้รองรับโดยรถดีเซลและรถไฟฟ้า ความจุของรถจะเป็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ความจุขบวนรถไฟฟ้า

ลักษณะน้ำหนักบรรทุก	W2 (4 คน/ตร.ม.)	W3 (6 คน/ตร.ม.)	W4 (คน/ตร.ม.)
ขบวนรถ 4 ตู้	662	886	1114
ขบวนรถ 6 ตู้	993	1329	1671
ขบวนรถ 10 ตู้	1658	2215	2785

(2) การเดินรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนของการรถไฟฟ้าในปัจจุบัน

จากตารางเดินรถของการรถไฟฟ้า (ใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2546) มีขบวนรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน 11 ขบวนให้บริการระหว่างบ้านภาชีถึงหัวลำโพง ในจำนวนนี้ 4 ขบวนเข้ามายังกรุงเทพฯ ในชั่วโมงเร่งด่วน (เวลา 06.00 - 09.00 น.) ได้แก่

สาย	ขบวนเลขที่	เวลาถึงที่หมาย	จำนวนผู้โดยสาร
เหนือ	306	7:40	14 คู่
เหนือ	314	7:10	18 คู่
เหนือ	316	8:05	16 คู่
ตะวันออกเฉียงเหนือ	342	8:25	12 คู่

ซึ่งหมายความว่าใช้ผู้โดยสารทั้งหมด 60 คู่ในช่วง 3 ชั่วโมง (20คู่/ชั่วโมง) หากมีรถ 4 ขบวนใน 1 ชั่วโมง แสดงว่ารถ 1 ขบวนจะต้องยาวกว่า 5 คู่

- แผนการขนส่ง 1 (ทางเลือก 1)

กรณีนี้คือเมื่อทุกเส้นทางเป็นระบบไฟฟ้าทั้งหมด และมีรถไฟฟ้าใช้ได้ จำนวนรถไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการเดินรถเป็นดังนี้

ตารางที่ 3 แผนการเดินรถในชั่วโมงเร่งด่วน

ช่วงทาง	บ้านภาชี - รังสิต	รังสิต - หัวลำโพง
ปี 2555	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่	6 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่
ปี 2565	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่ 4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 คู่
ปี 2580	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่ 4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 คู่

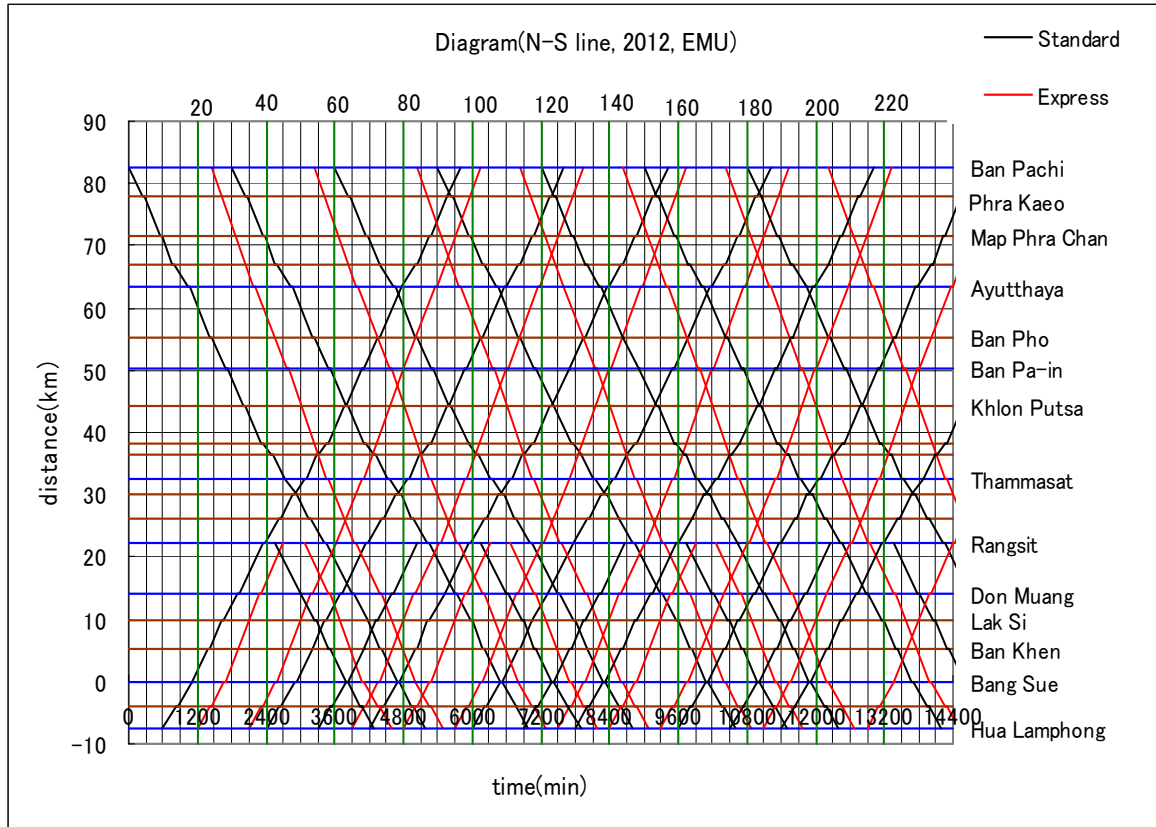
การเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วนใช้จำนวนรถประมาณครึ่งหนึ่งของชั่วโมงเร่งด่วน

ตารางที่ 4 แผนการเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วน

ช่วงทาง	บ้านภาชี - รังสิต	รังสิต - หัวลำโพง
ปี 2555	2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่	3 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่
ปี 2565	2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่	2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่ 2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 คู่
ปี 2580	2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่	2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 คู่ 3 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 คู่

- ฟังควบคุมการเดินรถ 1

กราฟข้างล่างนี้แสดงฟังควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2555



ขบวนรถไฟวิ่งระหว่างบ้านภาชีและหัวลำโพงเป็นแบบ 6 ตู้ จำนวนรถไฟทั้งหมดที่วิ่ง
ในช่วงโมงเร่งด่วน เป็นดังนี้

บ้านภาชี – รังสิต

4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

2 สายด่วน + 2 สายธรรมดา

รังสิต – หัวลำโพง

6 ขบวน ความจุ 5,900 (W2) - 10,000 (W4)

3 สายด่วน + 3 สายธรรมดา

จำนวนขบวนและตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ เป็นดังนี้

ตารางที่ 5 จำนวนตู้ที่ใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนตู้ที่ต้องใช้	จำนวนตู้ที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	15 ขบวน	90 ตู้รถไฟฟ้า

เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลักเป็นดังนี้

ตารางที่ 6 เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลัก

ช่วงทาง	สายด่วน	สายธรรมดา
บ้านภาชี - บางซื่อ	59 นาที 13 วินาที	1 ชั่วโมง 18 นาที 12 วินาที
อยุธยา - บางซื่อ	46 นาที 16 วินาที	1 ชั่วโมง 0 นาที 30 วินาที
รังสิต - บางซื่อ	17 นาที 11 วินาที	20 นาที 36 วินาที
บ้านภาชี - รังสิต	41 นาที 32 วินาที	57 นาที 6 วินาที
อยุธยา - รังสิต	28 นาที 35 วินาที	39 นาที 24 วินาที
บางซื่อ - หัวลำโพง	7 นาที 28 วินาที	7 นาที 50 วินาที
อยุธยา - หัวลำโพง	54 นาที 14 วินาที	1 ชั่วโมง 9 นาที 10 วินาที

- ผังควบคุมการเดินรถ 2

รูปข้างล่างนี้แสดงผังควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2565

ขบวนรถไฟฟ้าวิ่งระหว่างบ้านภาชีและหัวลำโพงเป็นแบบ 6 ตู้ และระหว่างรังสิตถึงหัวลำโพงเป็นแบบ 10 ตู้ จำนวนรถไฟฟ้าทั้งหมดที่วิ่งในชั่วโมงเร่งด่วน เป็นดังนี้

บ้านภาชี – รังสิต

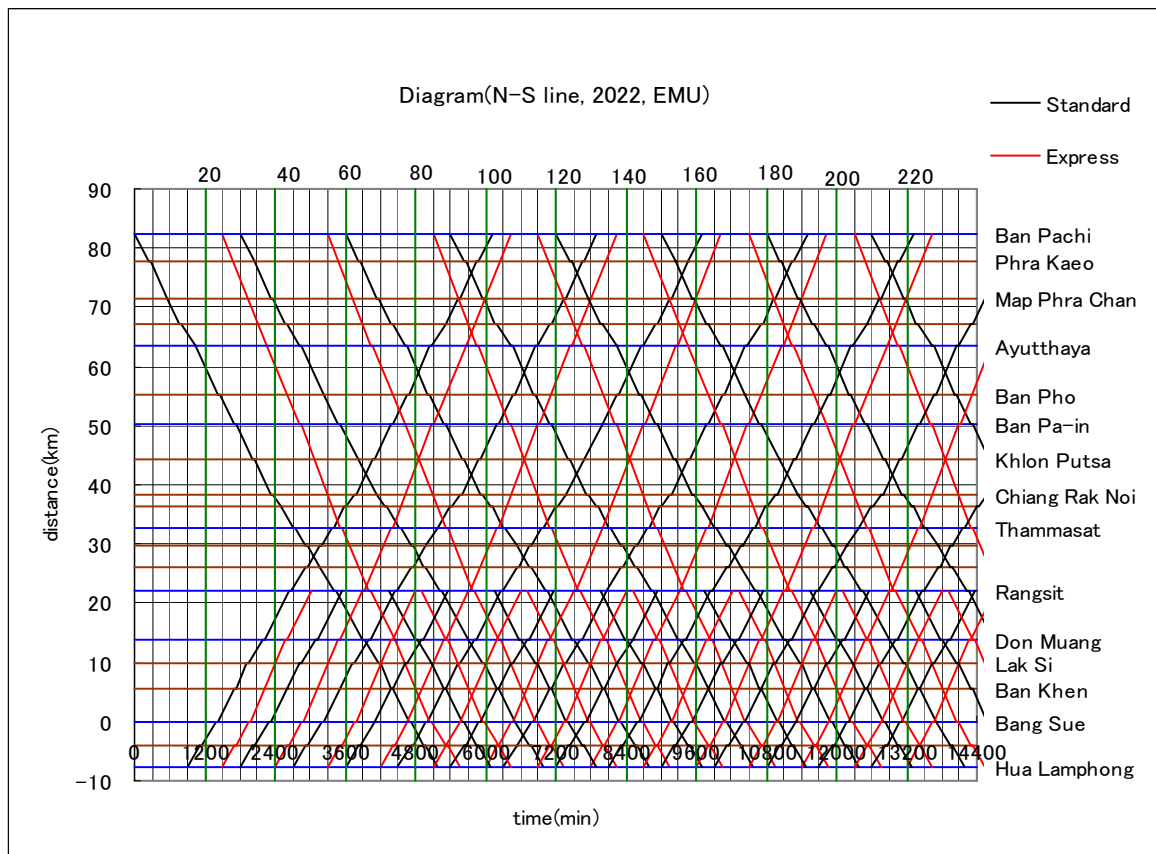
4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

2 สายด่วน + 2 สายธรรมดา

รังสิต – หัวลำโพง

8 ขบวน ความจุ 10,600 (W2) - 17,700 (W4)

4 สายด่วน + 4 สายธรรมดา



จำนวนขบวนและตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ เป็นดังนี้

ตารางที่ 7 จำนวนตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนตู้ที่ต้องใช้	จำนวนตู้ที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	12 ขบวน	72 ตู้รถไฟฟ้า
ขบวนรถ 10 ตู้	6 ขบวน	60 ตู้รถไฟฟ้า

เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลักมิได้แตกต่างจากกรณีปี 2555 (ดูตารางที่ 6)

- ฟังก์ชันควบคุมการเดินรถ 3

กราฟข้างล่างนี้แสดงฟังก์ชันควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2580

ขบวนรถไฟฟ้าวิ่งระหว่างบ้านภาชีและหัวลำโพงเป็นแบบ 6 ตู้ และระหว่างรังสิตถึงหัวลำโพงเป็นแบบ 10 ตู้ จำนวนรถไฟทั้งหมดที่วิ่งในชั่วโมงเร่งด่วน เป็นดังนี้

บ้านภาชี – รังสิต

4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

2 สายด่วน + 2 สายธรรมดา

รังสิต – หัวลำโพง

10 ขบวน ความจุ 14,000 (W2) - 23,400 (W4)

4 สายด่วน + 6 สายธรรมดา

จำนวนขบวนและตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ เป็นดังนี้

ตารางที่ 8 จำนวนตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนตู้ที่ต้องใช้	จำนวนตู้ที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	12 ขบวน	72 ตู้รถไฟฟ้า
ขบวนรถ 10 ตู้	9 ขบวน	90 ตู้รถไฟฟ้า

เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลักมีได้แตกต่างจากกรณีปี 2555 (ดูตารางที่ 6)

- แผนการขนส่ง 2 (ทางเลือก 2)

กรณีนี้เป็นกรณีที่ใช้ระบบไฟฟ้าในบางช่วง กล่าวคือ ช่วงรังสิต - หัวลำโพงเป็นระบบไฟฟ้า ดังนั้น แผนการเดินรถอาจมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อใช้ขบวนรถไฟฟ้าในช่วงที่เป็นระบบไฟฟ้า

ตารางที่ 9 แผนการเดินรถในชั่วโมงเร่งด่วน

ช่วงทาง	บ้านภาชี - รังสิต	รังสิต - หัวลำโพง
ปี 2555	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	6 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้
ปี 2565	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	8 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้
ปี 2580	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	10 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้

ในกรณีนี้ไม่มีการเดินรถตรงจากบ้านภาชีไปบางซื่อหรือหัวลำโพง และการเดินรถแยกออกจากกันโดยสิ้นเชิงที่สถานีรังสิต

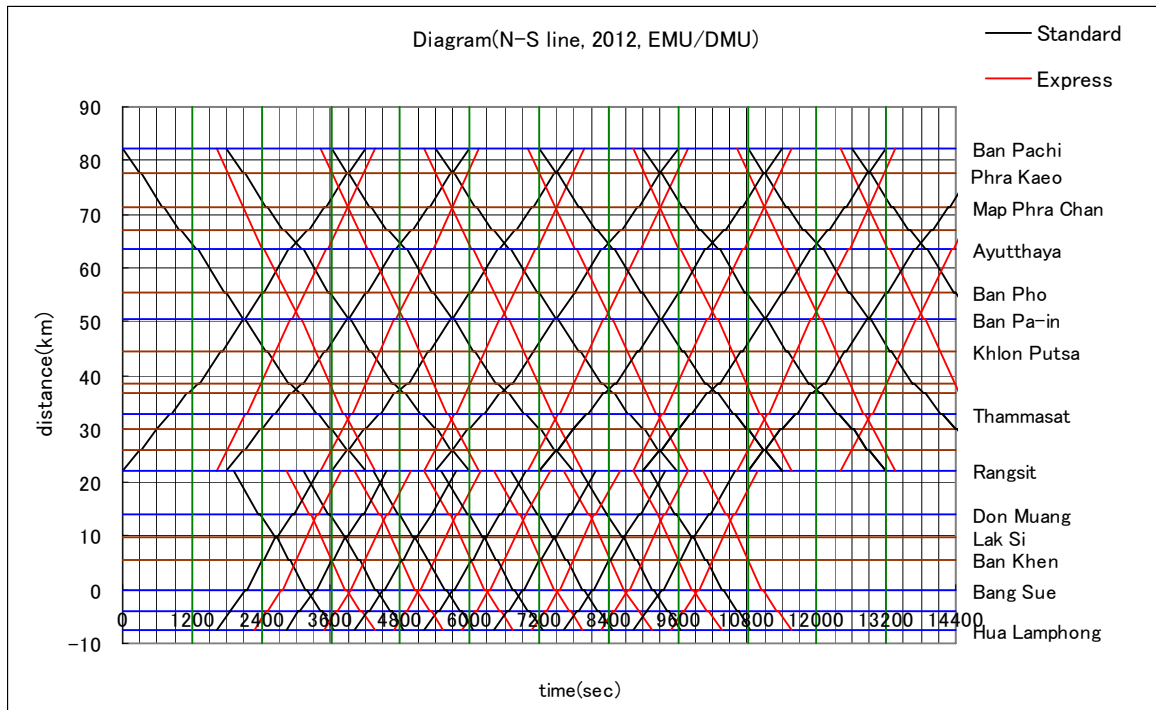
การเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วนนั้นแสดงตัวอย่างดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แผนการเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วน

ช่วงทาง	บ้านภาชี - รังสิต	รังสิต - หัวลำโพง
ปี 2555	2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	3 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้
ปี 2565	2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้
ปี 2580	2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	5 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้

- ผังควบคุมการเดินรถ 1

กราฟข้างล่างนี้แสดงผังควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2555



ขบวนรถไฟวิ่งระหว่างบ้านภาชีและหัวลำโพงเป็นแบบ 6 ตู้ และระหว่างรังสิตถึงหัวลำโพงเป็นแบบ 6 ตู้ จำนวนรถไฟทั้งหมดที่วิ่งในช่วงโมงเร่งด่วน เป็นดังนี้

บ้านภาชี – รังสิต

4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

2 สายด่วน + 2 สายธรรมดา

รังสิต – หัวลำโพง

6 ขบวน ความจุ 5,900 (W2) - 10,000 (W4)

3 สายด่วน + 3 สายธรรมดา

จำนวนขบวนและตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ เป็นดังนี้

ตารางที่ 11 จำนวนขบวนและตู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนตู้ที่ต้องใช้	จำนวนตู้ที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	10 ขบวน	60 ตู้รถไฟฟ้า
ขบวนรถ 6 ตู้	7 ขบวน	42 ตู้รถไฟฟ้า

ระยะเวลาเดินทางระหว่างสถานีหลักเป็นดังนี้

ตารางที่ 12 ระยะเวลาเดินทางระหว่างสถานีหลัก

ช่วงทาง	สายด่วน	สายธรรมดา
บ้านภาชี - บางซื่อ	1 ชั่วโมง 9 นาที 38 วินาที	1 ชั่วโมง 32 นาที 38 วินาที
อยุธยา - บางซื่อ	55 นาที 44 วินาที	1 ชั่วโมง 10 นาที 42 วินาที
รังสิต - บางซื่อ	17 นาที 11 วินาที	20 นาที 36 วินาที
บ้านภาชี - รังสิต	45 นาที 42 วินาที	1 ชั่วโมง 9 นาที 51 วินาที
อยุธยา - รังสิต	31 นาที 48 วินาที	47 นาที 55 วินาที
บางซื่อ - หัวลำโพง	7 นาที 28 วินาที	7 นาที 50 วินาที
อยุธยา - หัวลำโพง	1 ชั่วโมง 4 นาที 4 วินาที	1 ชั่วโมง 19 นาที 2 วินาที

หมายเหตุ เวลาที่แสดงรวมเวลาเปลี่ยนรถ

ระยะเวลาเดินทางของรถไฟฟ้าทางไกล (อยุธยา – บางซื่อ) เท่ากับ 54 นาที 27 วินาที

- ผังควบคุมการเดินรถ 2

กราฟข้างล่างนี้แสดงผังควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2565

ขบวนรถไฟฟ้าวิ่งระหว่างบ้านภาชีและหัวลำโพงเป็นแบบ 6 ตู้ และ ระหว่างรังสิตถึงหัวลำโพงเป็นแบบ 10 ตู้ จำนวนรถไฟฟ้าทั้งหมดที่วิ่งในชั่วโมงเร่งด่วน เป็นดังนี้

บ้านภาชี – รังสิต

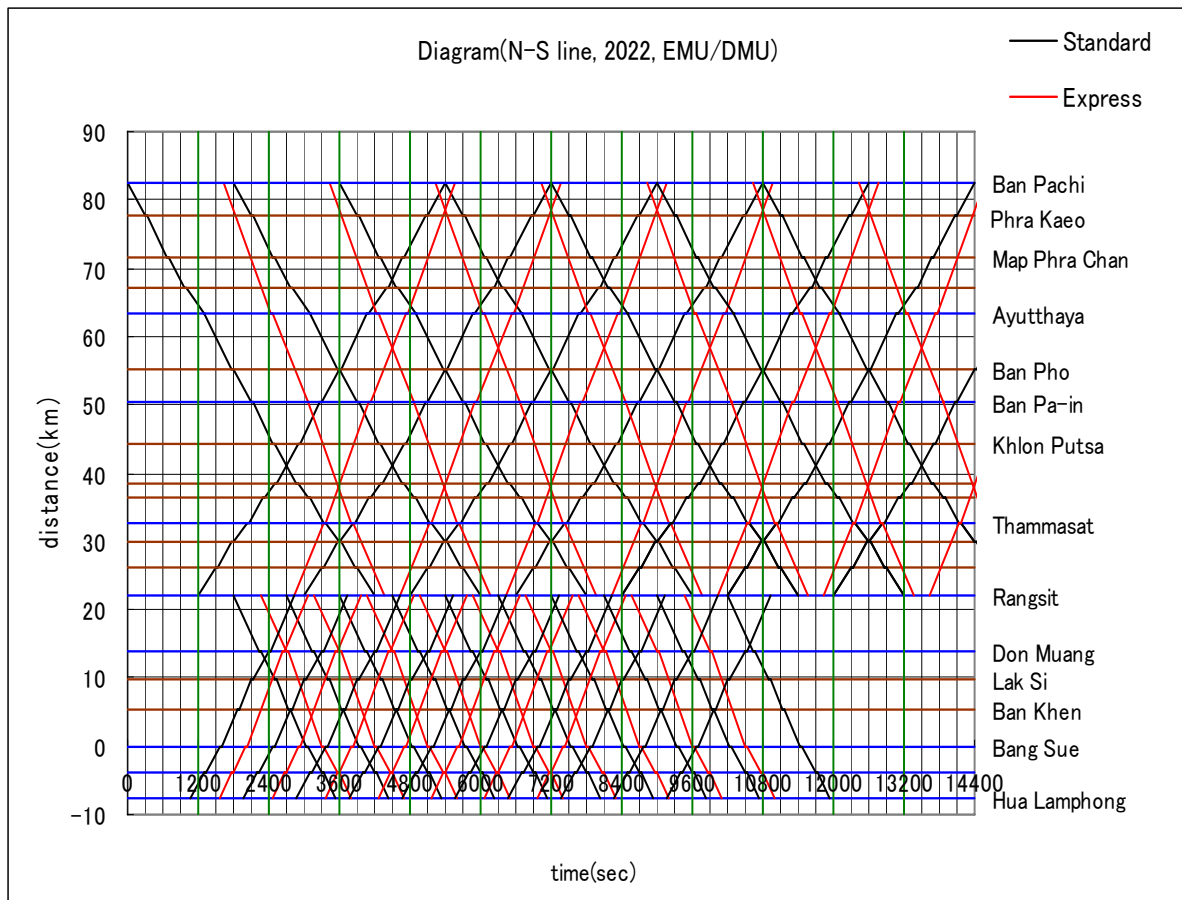
4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

2 สายด่วน + 2 สายธรรมดา

รังสิต – หัวลำโพง

8 ขบวน ความจุ 13,260 (W2) - 22,280 (W4)

4 สายด่วน + 4 สายธรรมดา



จำนวนขบวนและตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ เป็นดังนี้

ตารางที่ 13 จำนวนตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนตู้ที่ต้องใช้	จำนวนตู้ที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	10 ขบวน	60 ตู้รถไฟฟ้า
ขบวนรถ 10 ตู้	10 ขบวน	100 ตู้รถไฟฟ้า

ระยะเวลาเดินทางระหว่างสถานีหลักเป็นดังนี้

ตารางที่ 14 ระยะเวลาเดินทางระหว่างสถานีหลัก

ช่วงทาง	สายด่วน	สายธรรมดา
บ้านภาชี - บางซื่อ	1 ชั่วโมง 4 นาที 52 วินาที	1 ชั่วโมง 33 นาที 19 วินาที
อยุธยา - บางซื่อ	50 นาที 54 วินาที	1 ชั่วโมง 11 นาที 21 วินาที
รังสิต - บางซื่อ	17 นาที 11 วินาที	20 นาที 36 วินาที
บ้านภาชี - รังสิต	45 นาที 42 วินาที	1 ชั่วโมง 9 นาที 51 วินาที
อยุธยา - รังสิต	31 นาที 48 วินาที	47 นาที 55 วินาที
บางซื่อ - หัวลำโพง	7 นาที 28 วินาที	7 นาที 50 วินาที
อยุธยา - หัวลำโพง	58 นาที 52 วินาที	1 ชั่วโมง 20 นาที 1 วินาที

หมายเหตุ เวลาที่แสดงรวมเวลาเปลี่ยนรถ

● แผนการขนส่ง 3 (ทางเลือก 3)

กรณีนี้เป็นกรณีที่ไม่ใช้ระบบไฟฟ้า รถไฟทุกขบวนเป็นรถดีเซลราง จำนวนขบวนที่จำเป็นต้องใช้เท่ากับทางเลือกที่ 1 (ดังตารางที่ 3 และ 4)

- ผังควบคุมการเดินรถ 1

กราฟข้างล่างนี้แสดงผังควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2555

ขบวนรถไฟวิ่งระหว่างบ้านภาชีถึงรังสิตเป็นแบบ 6 ตู้ และระหว่างรังสิตถึงหัวลำโพงแบบ 6 ตู้ จำนวนรถไฟทั้งหมดที่วิ่งในชั่วโมงเร่งด่วน เป็นดังนี้

บ้านภาชี – รังสิต

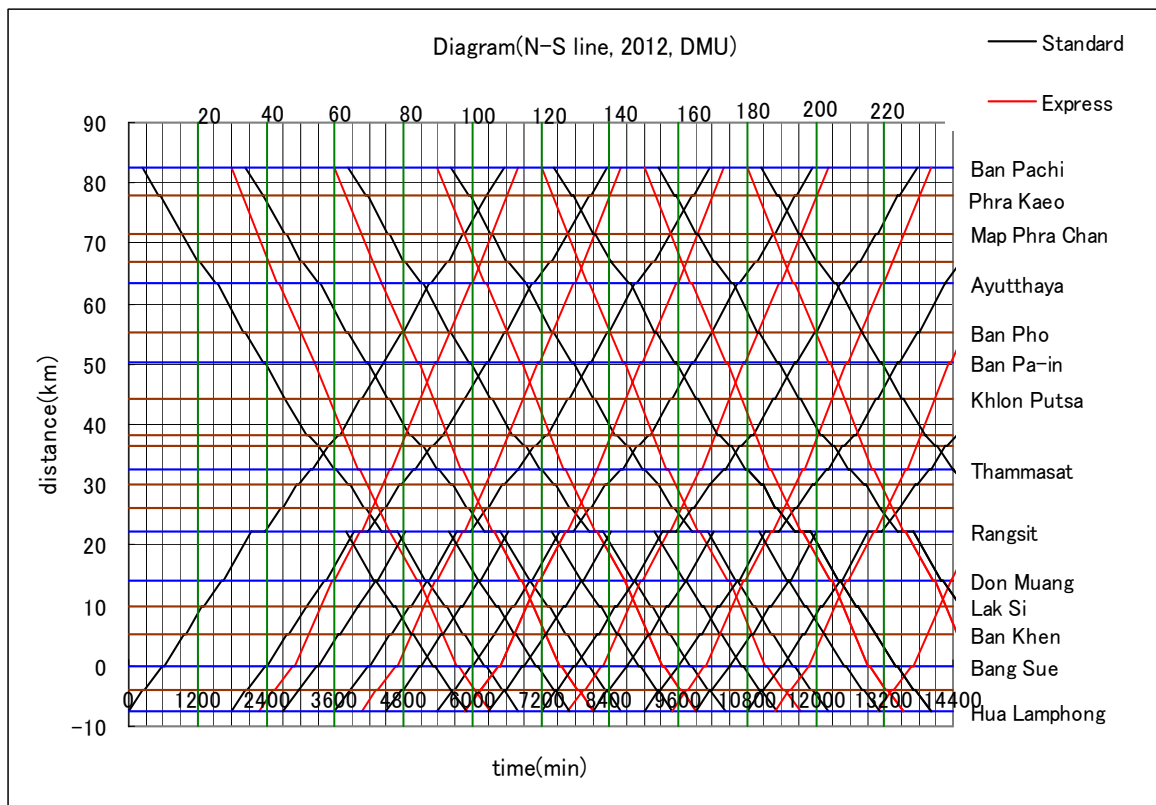
4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

2 สายด่วน + 2 สายธรรมดา

รังสิต – หัวลำโพง

6 ขบวน ความจุ 5,900 (W2) - 10,000 (W4)

3 สายด่วน + 3 สายธรรมดา



จำนวนขบวนและตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ เป็นดังนี้

ตารางที่ 15 จำนวนตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนตู้ที่ต้องใช้	จำนวนตู้ที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	17 ขบวน	102 ตู้รถไฟฟ้า

เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลักเป็นดังนี้

ตารางที่ 16 เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลัก

ช่วงทาง	สายด่วน	สายธรรมดา
บ้านภาชี - บางซื่อ	1 ชั่วโมง 5 นาที 13 วินาที	1 ชั่วโมง 35 นาที 40 วินาที
อยุธยา - บางซื่อ	51 นาที 15 วินาที	1 ชั่วโมง 13 นาที 42 วินาที
รังสิต - บางซื่อ	18 นาที 53 วินาที	25 นาที 11 วินาที
บ้านภาชี - รังสิต	45 นาที 50 วินาที	1 ชั่วโมง 19 นาที 59 วินาที
อยุธยา - รังสิต	31 นาที 52 วินาที	46 นาที 51 วินาที
บางซื่อ - หัวลำโพง	9 นาที 45 วินาที	9 นาที 45 วินาที
อยุธยา - หัวลำโพง	1 ชั่วโมง 1 นาที 30 วินาที	1 ชั่วโมง 23 นาที 57 วินาที

- ผังควบคุมการเดินรถ 2

กราฟข้างล่างนี้แสดงผังควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2565

ขบวนรถไฟวิ่งระหว่างบ้านภาชีและหัวลำโพงเป็นแบบ 6 ตู้ และ ระหว่างรังสิตถึงหัวลำโพงเป็นแบบ 10 ตู้ จำนวนรถไฟทั้งหมดที่วิ่งในช่วงโมงเร่งด่วน เป็นดังนี้

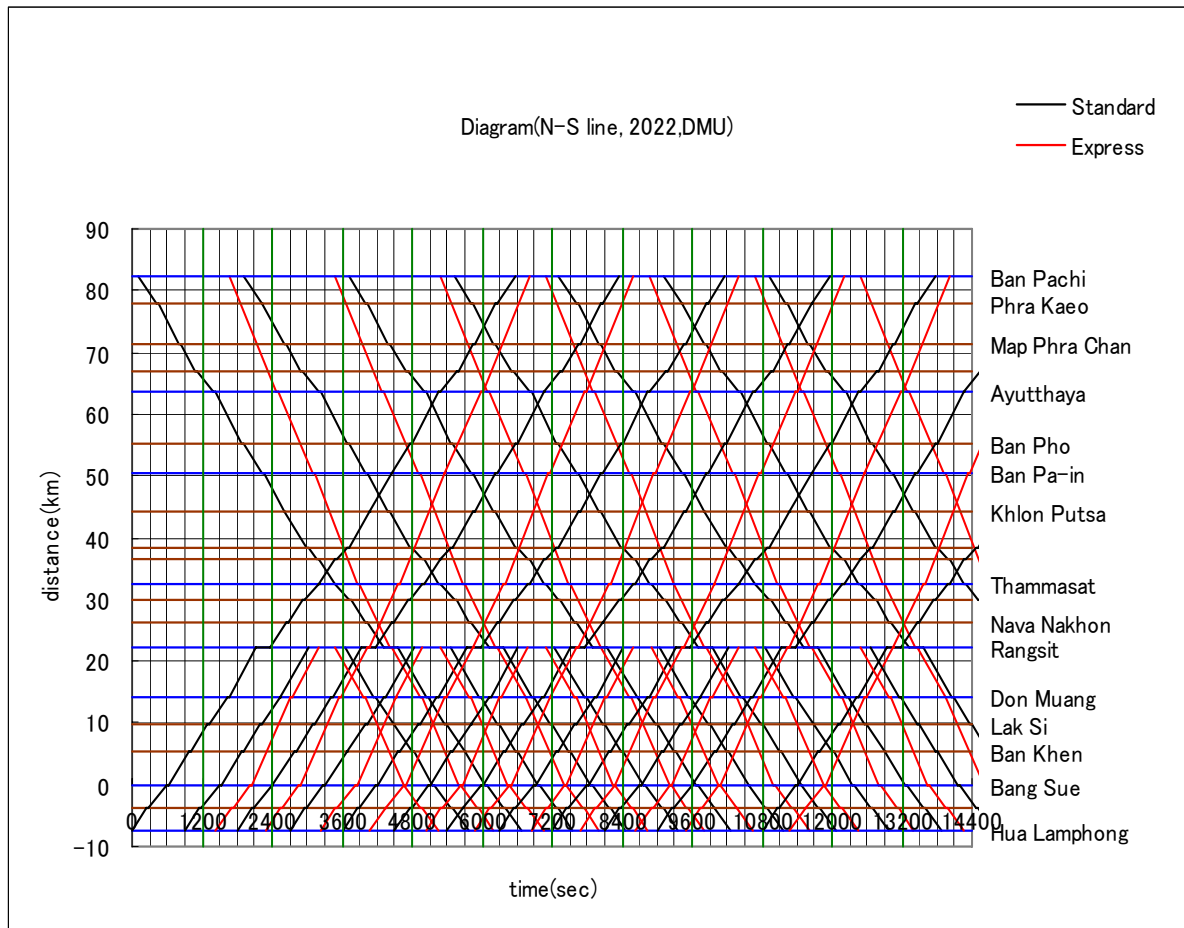
บ้านภาชี – รังสิต

4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

2 สายด่วน + 2 สายธรรมดา

รังสิต – หัวลำโพง

8 ขบวน ความจุ 10,600 (W2) - 17,700 (W4)



จำนวนขบวนและตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ เป็นดังนี้

ตารางที่ 17 จำนวนตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนตู้ที่ต้องใช้	จำนวนตู้ที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	14 ขบวน	84 ตู้รถไฟฟ้า
ขบวนรถ 10 ตู้	6 ขบวน	60 ตู้รถไฟฟ้า

• การเปรียบเทียบทางเลือก

- จำนวนรถที่ต้องใช้

ตารางข้างล่างนี้แสดงจำนวนรถที่ต้องใช้สำหรับแต่ละทางเลือก

ตารางที่ 18 จำนวนรถที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ปี	ทางเลือก 1	ทางเลือก 2	ทางเลือก 3
	รถไฟฟ้า	รถดีเซลราง/รถไฟฟ้า	รถดีเซลราง
2555	90	102(60/42)	102
2565	132	160(60/100)	144
2580	162	NA	NA

หมายเหตุ ไม่ได้รวมรถสำรอง

- ระยะเวลาเดินทาง

ตารางข้างล่างนี้แสดงระยะเวลาเดินทางระหว่างสถานี

ตารางที่ 19 ระยะเวลาเดินทาง

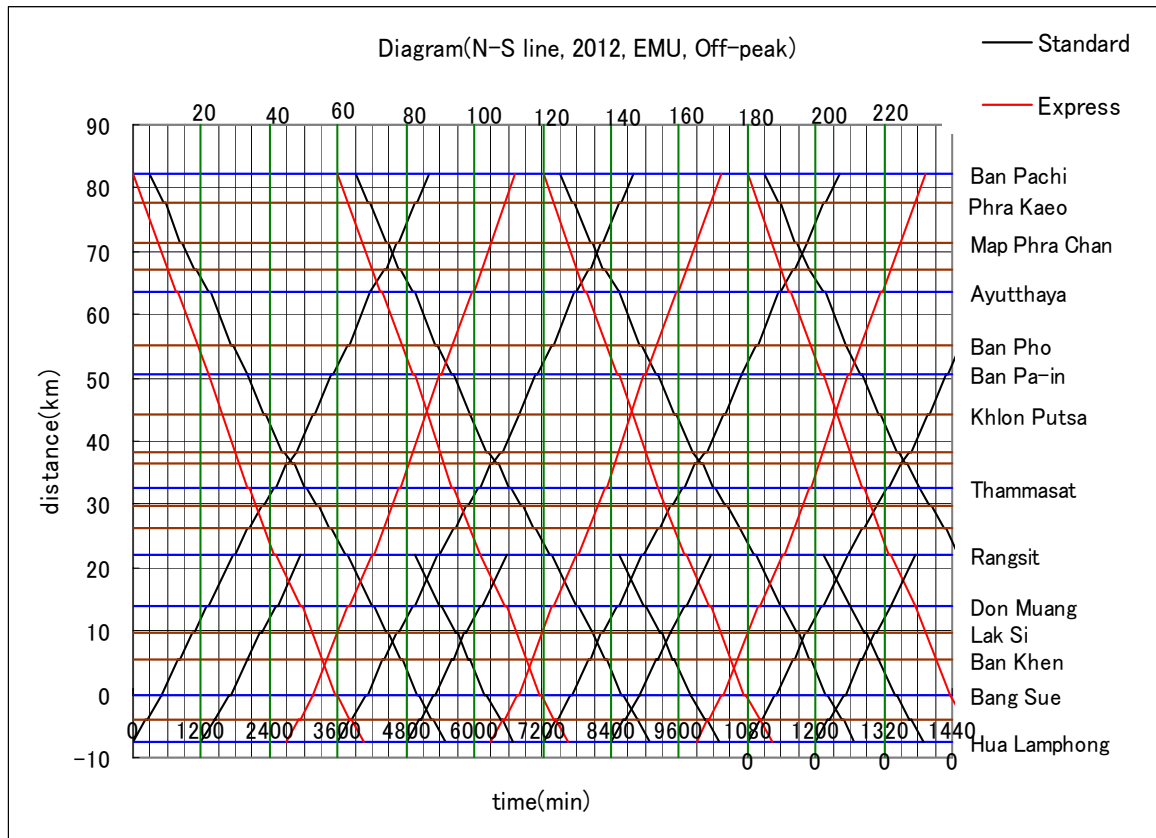
ช่วงทาง		ทางเลือก 1	ทางเลือก 2	ทางเลือก 3
		รถไฟฟ้า	รถดีเซลราง/รถไฟฟ้า	รถดีเซลราง
อยุธยา - บางซื่อ	สายด่วน	46 นาที 16 วินาที	55 นาที 44 วินาที	51 นาที 15 วินาที
	สายธรรมดา	60 นาที 30 วินาที	70 นาที 42 วินาที	73 นาที 42 วินาที
รังสิต - หัวลำโพง	สายด่วน	25 นาที 9 วินาที	25 นาที 9 วินาที	29 นาที 8 วินาที
	สายธรรมดา	29 นาที 16 วินาที	29 นาที 16 วินาที	38 นาที 56 วินาที

ในขณะนี้การจัดแนวรางที่สถานีปลายทาง (บ้านภาชี รังสิต และหัวลำโพง) มิได้คำนึงถึงการเดินรถย้อนกลับ ดังนั้น อาจจำเป็นต้องมีการปรับแก้ที่สถานีดังกล่าว

- การเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วน

จำนวนขบวนในช่วงเร่งด่วนและนอกชั่วโมงเร่งด่วนนั้นแตกต่างกัน ซึ่งจำนวนที่แตกต่างกันนี้สำคัญสำหรับการวางแผนการบำรุงรักษาเบื้องต้น เช่น การตรวจสอบประจำวัน และการทำความสะอาด

การศึกษาต่อไปนี้เป็นสำหรับทางเลือกที่ 1 (ใช้ระบบรถไฟฟ้าทั้งหมด) ผังควบคุมการเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วนสำหรับปี 2555 แสดงดังข้างล่างนี้



จากกราฟ จำนวนขบวนที่ต้องใช้ คือ ขบวนรถ 6 ตู้ จำนวน 9 ขบวน

ผังควบคุมการเดินรถสำหรับนอกชั่วโมงเร่งด่วนในปี 2555 แสดงดังข้างล่างนี้

จากกราฟ จำนวนขบวนที่ต้องใช้ คือ

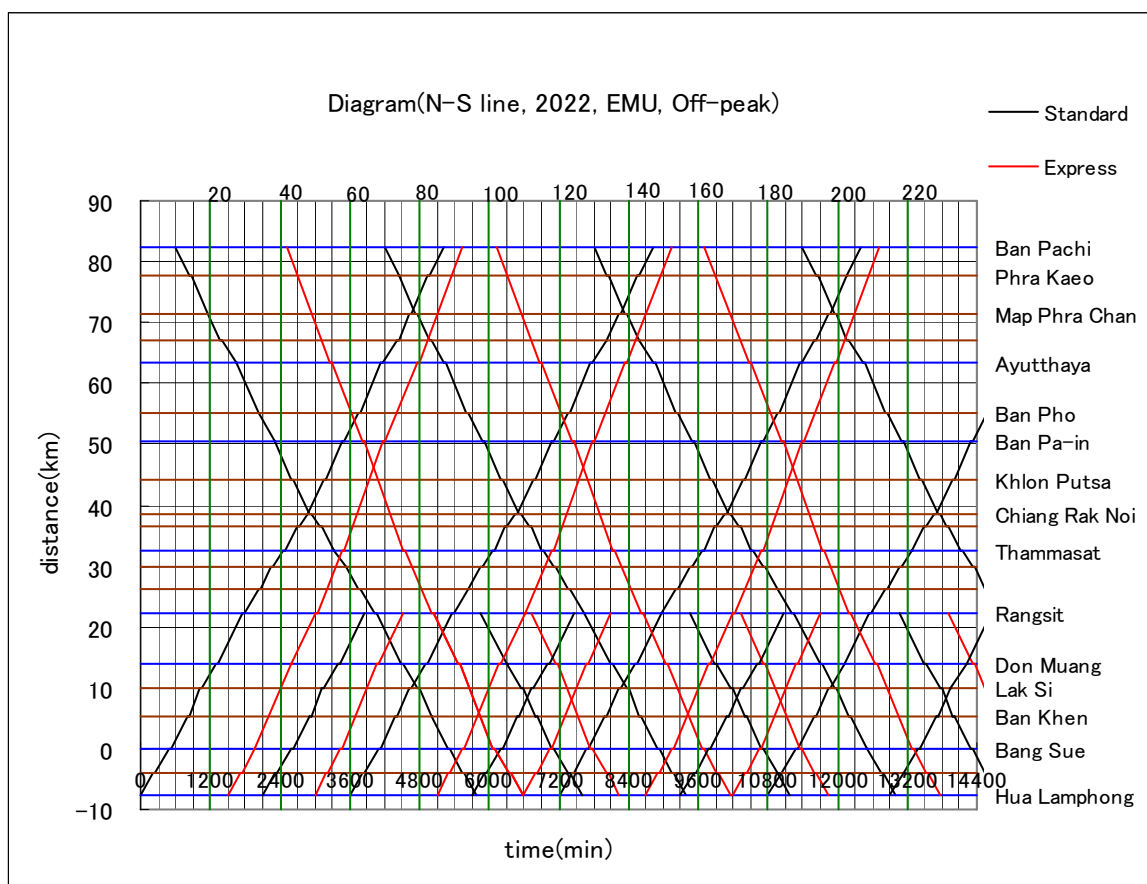
ขบวนรถ 6 ตู้ จำนวน 7 ขบวน

ขบวนรถ 10 ตู้ จำนวน 4 ขบวน

จำนวนขบวนที่แตกต่างแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 จำนวนขบวนที่แตกต่าง

ปี	ชั่วโมงเร่งด่วน	นอกชั่วโมงเร่งด่วน
2555	ขบวนรถ 6 ตู้ 15 ขบวน	ขบวนรถ 6 ตู้ 9 ขบวน
2565	ขบวนรถ 6 ตู้ 12 ขบวน ขบวนรถ 10 ตู้ 6 ขบวน	ขบวนรถ 6 ตู้ 7 ขบวน ขบวนรถ 10 ตู้ 4 ขบวน
2580	ขบวนรถ 6 ตู้ 12 ขบวน ขบวนรถ 10 ตู้ 9 ขบวน	ขบวนรถ 6 ตู้ 7 ขบวน ขบวนรถ 10 ตู้ 6 ขบวน



หากสามารถรถขบวนสั้นสำหรับนอกชั่วโมงเร่งด่วนได้ จะสามารถใช้จำนวนขบวนทั้งหมดเท่าเดิมและมีขบวนสำรอง 3 ขบวนได้ในการเดินรถ (1 ขบวนสำหรับการบำรุงรักษาเต็มรูปแบบ, 1 ขบวนสำหรับการตรวจสอบรายเดือน และอีก 1 ขบวนสำหรับสำรอง)

ตัวอย่างจำนวนการบำรุงรักษา

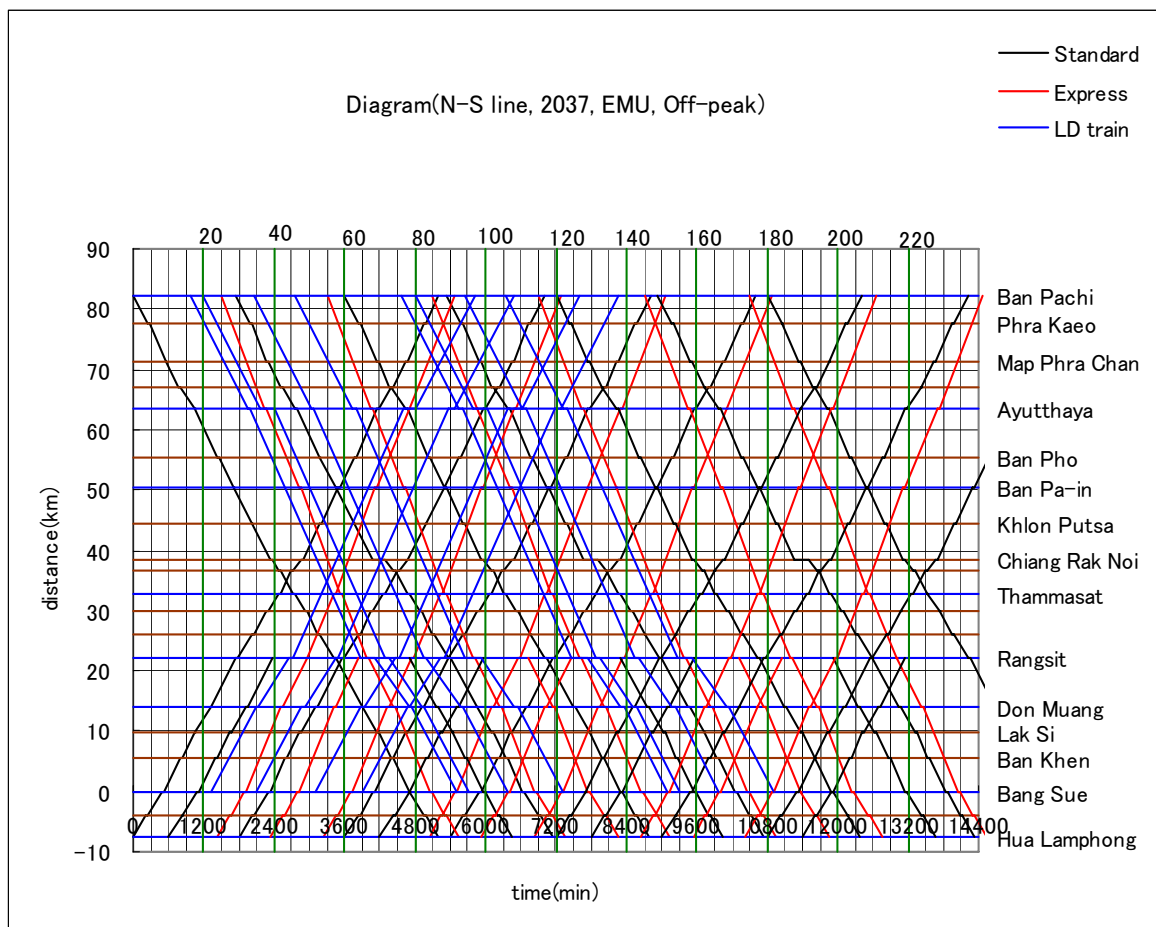
ตารางที่ 21 จำนวนการบำรุงรักษาต่อปี

ปี	จำนวนขบวน	การเดินรถ	ตรวจสอบรายเดือน	บำรุงรักษาหนัก
2555	18 ขบวน	15 ขบวน	72 ครั้ง/ปี	6 ครั้ง/ปี
2565	21 ขบวน	18 ขบวน	84	7
2580	24 ขบวน	21 ขบวน	96	8

หมายเหตุ สมมติให้มีการตรวจสอบรายเดือนทุก 3 เดือน
การบำรุงรักษาหนักทำทุก 3 ปี

● การเดินรถของรถไฟทางไกล

รถไฟทางไกลจะจอดเพียงบางสถานี (สถานีบ้านภาชี อู่ขุขยา รังสิต คอนเมือง และบางซื่อ) โดยมีความเร็วเฉลี่ยใกล้เคียงกับรถดีเซลรางชานเมือง หากเปรียบเทียบกับรถไฟฟ้าชานเมืองซึ่งมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่างรถไฟด่วนกับรถไฟธรรมดา ดังนั้น รถไฟทางไกล (ลากตู้โดยสารหนัก 600 ตัน) สามารถวิ่งบนทางเดียวกับรถไฟฟ้าชานเมืองได้ ดังแสดงในผังควบคุมการเดินรถข้างล่างนี้



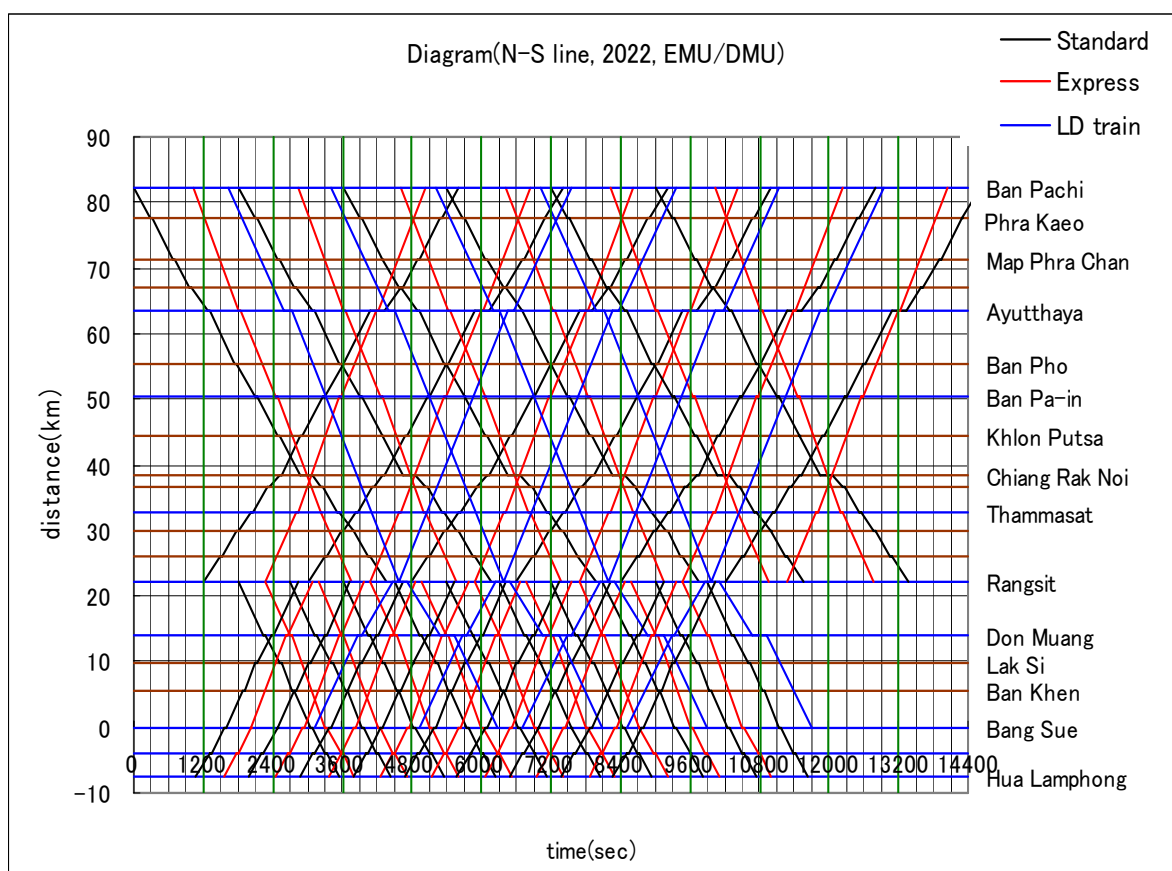
ภาพข้างบนแสดงผังควบคุมการเดินรถในปี 2580 นอกชั่วโมงเร่งด่วน

จากแผนผัง รถไฟฟ้าชานเมือง 4 ขบวนวิ่งให้บริการในช่วงทางระหว่างบ้านภาชี-รังสิต และ 4 ขบวนระหว่างรังสิต – หัวลำโพง รถไฟฟ้าทางไกลจะวิ่งด้วยความเร็วเกือบเท่ากับรถไฟสายด่วนเนื่องจาก จอดน้อยกว่า ซึ่งสามารถเดินรถได้ 4 คัน/ชั่วโมง

แผนผังแสดงรถไฟฟ้าทางไกลมุ่งได้ 2 ชั่วโมง และมุ่งเหนือ 1 ชั่วโมง ในเส้นสีน้ำเงิน

เมื่อขบวนรถทางไกลมุ่งได้มาถึงช้ากว่ากำหนด ซึ่งด้วยระยะเวลาที่มากขึ้นจะต้องปรับ แผนการเดินทางรถไฟฟ้าชานเมือง เจ้าหน้าที่ของศูนย์ควบคุมการเดินรถ (OCC : operation control center) มีทางเลือก 2 ทาง ทางหนึ่งคือหยุดรถทางไกลที่สถานีบ้านภาชี up to the next window สำหรับรถทางไกล และอีกทางหนึ่งคือ ปรับหรือหยุดรถไฟฟ้าชานเมืองเพื่อรับกับความล่าช้า แต่ในเส้นทางนี้มีรางที่สามอยู่ระหว่างกลาง ถ้ารางที่สามใช้ สำหรับรถทางไกลมุ่งได้ที่ล่าช้า จะทำให้ไม่ส่งผลกับการเดินรถไฟฟ้าชานเมือง

ในทางกลับกัน จำนวนรถไฟฟ้าทางไกลในปัจจุบันในช่วงทางนี้มี 29 ขบวน, 15 ขบวนต่อวัน ต่อทิศทางในสายตะวันออกเฉียงเหนือ 14 ขบวนต่อวันต่อทิศทางในสายเหนือ (ตามตารางเดินรถมีผลตั้งแต่วันที่ มิถุนายน 2546) ในรูปเหล่านี้ รถ 6 ขบวน เข้าสู่และออกจากกรุงเทพฯ ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (เวลา 06:00 - 09:00 น.) ดังนั้น สามารถให้รถไฟฟ้าทางไกลวิ่งได้ 2 ขบวนในหนึ่งชั่วโมงในชั่วโมงเร่งด่วน รูปต่อไปนี้แสดงผังควบคุม การเดินรถสำหรับปี 2565 (ทางเลือกที่ 2)



หากเป็นเช่นนี้จะไม่มีปัญหาในการเดินรถไฟฟ้าทางไกล 2 ขบวนต่อชั่วโมง

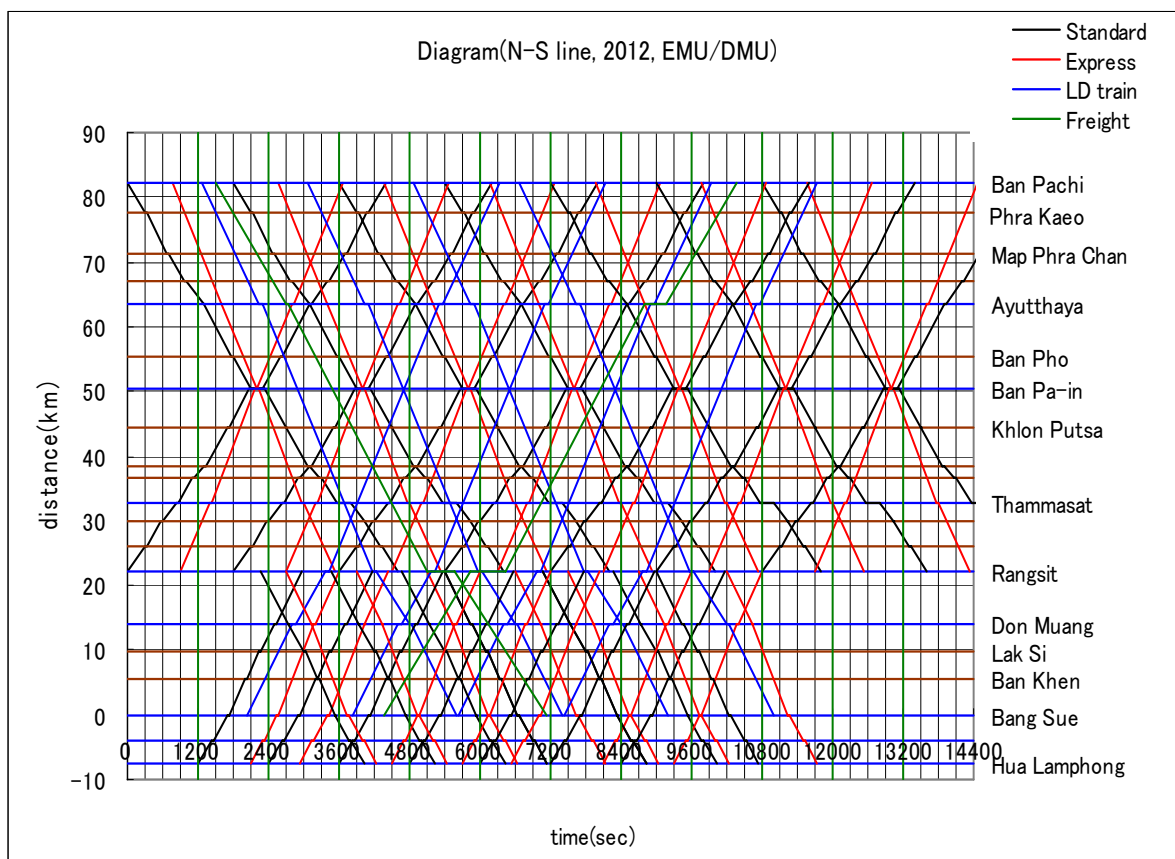
- การเดินรถของขบวนรถสินค้า

ขบวนรถสินค้าจะสามารถวิ่งได้นอกชั่วโมงเร่งด่วนเท่านั้น ซึ่งวิ่งระหว่างสถานีบ้านภาชีกับสถานีบางซื่อ

ความเร็วเฉลี่ยของขบวนรถสินค้า (กรณีลาก 1 ม 500 คัน) โดยไม่หยุดระหว่างทางนั้นเกือบเท่ากับขบวนรถดีเซลรางธรรมดา ขบวนรถสินค้าสามารถหยุดได้ตามสถานีซึ่งมีทางหลัก โดยหยุดเป็นระยะเวลานานพอให้รถไฟฟ้าขนส่งมวลชนผ่านไปได้ ดังนั้น จึงไม่เป็นการยากที่จะทำการเดินรถสินค้านอกช่วงเวลาเร่งด่วนโดยใช้รางคู่

รูปต่อไปนี้จะแสดงผังควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2555 ในชั่วโมงเร่งด่วน รถไฟฟ้าทางไกลแสดงโดยเส้นสีเขียว จำนวนขบวนใกล้เคียงกับกรณีปี 2580 นอกชั่วโมงเร่งด่วน ดังนั้น มีความเป็นไปได้ที่จะทำการเดินรถทางไกล 2 ขบวนและรถสินค้า 1 ขบวน

มีรถสินค้าที่วิ่งในช่วงทางนี้ในปัจจุบัน 17 ขบวนต่อวัน 6 ขบวนในสายตะวันออกเหนือ 11 ขบวนในสายเหนือ (ตามตารางเดินรถมีผลตั้งแต่มิถุนายน 2546) ขบวนรถเหล่านี้สามารถวิ่งได้นอกชั่วโมงเร่งด่วนเท่านั้น



สาย	ขบวนเลขที่	เวลาถึงที่หมาย	จำนวนคัน	เข้าสถานี
ใต้	352	07:10 น.	10 ตู้โดยสาร	ธนบุรี
ใต้	354	06:10 น.	7 ตู้โดยสาร	ธนบุรี
ใต้	356	08:10 น.	2 ตู้รถดีเซลราง	กรุงเทพ

กล่าวคือ ระดับการให้บริการในปัจจุบันเท่ากับ 3 คันต่อชั่วโมง และหากมีรถ 4 ขบวน ที่มี 4 ตู้ให้บริการใน 1 ชั่วโมงจะถือเป็นการปรับปรุงการให้บริการที่ดีเทียบกับในปัจจุบัน

ในสายตะวันออก การรถไฟฟ้า ทำการเดินรถไฟฟ้าชานเมือง 14 คันต่อทิศทางต่อวัน ในจำนวนนี้ 6 ขบวนเข้าสถานีกรุงเทพในช่วงเร่งด่วน (เวลา 06:00 - 09:00 น.)

สาย	ขบวนเลขที่	เวลาถึงที่หมาย	จำนวนคัน
ตะวันออก	372	08:00 น.	15 ตู้โดยสาร
ตะวันออก	366	07:50 น.	6 ตู้รถดีเซลราง
ตะวันออก	380	07:00 น.	12 ตู้โดยสาร
ตะวันออก	382	08:30 น.	13 ตู้โดยสาร
ตะวันออก	384	07:30 น.	8 ตู้รถดีเซลราง
ตะวันออก	388	08:45 น.	4 ตู้รถดีเซลราง

กล่าวคือ ระดับการให้บริการในปัจจุบันเท่ากับ 20 คันต่อชั่วโมง และหากมีรถ 4 ขบวน ที่มี 5 ตู้ให้บริการใน 1 ชั่วโมงก็จะใกล้เคียงกับสภาพในปัจจุบัน

● แผนการขนส่ง 1 (ทางเลือก 1)

กรณีนี้คือเมื่อทุกเส้นทางเป็นระบบไฟฟ้าทั้งหมด และใช้รถไฟฟ้า จำนวนรถไฟฟ้าที่จะต้องใช้ในการเดินรถเป็นดังนี้

ตารางที่ 24 แผนการเดินรถในชั่วโมงเร่งด่วน

ปี	นครปฐม - คลังชัน	คลังชัน - หัวตะเข้	หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา
2555	4 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 6 ตู้	6 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 6 ตู้	4 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 6 ตู้
2565	6 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 10 ตู้	8 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 10 ตู้	4 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 6 ตู้
2580	8 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 10 ตู้	10 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 10 ตู้	6 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 6 ตู้

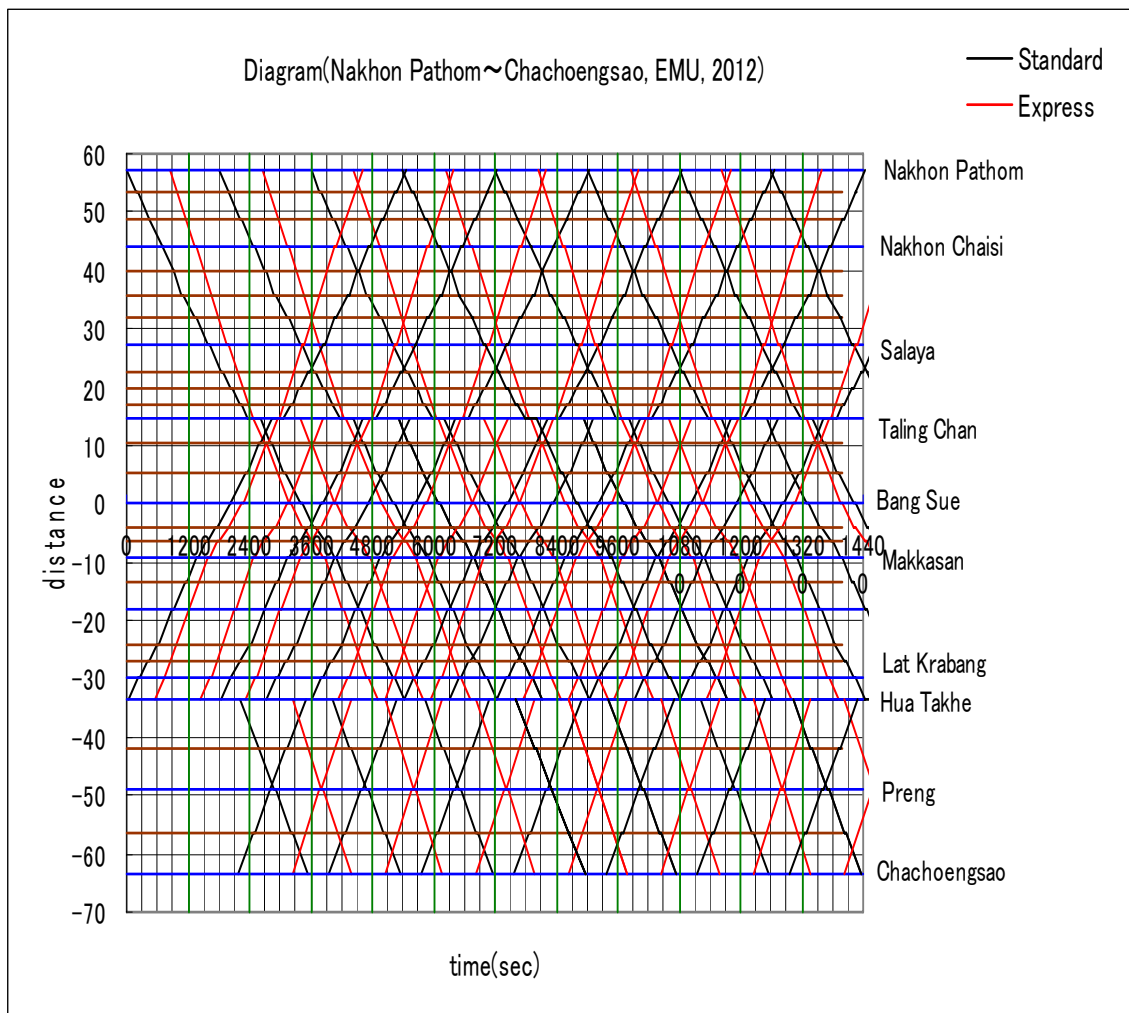
การเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วนใช้จำนวนรถประมาณครึ่งหนึ่งของชั่วโมงเร่งด่วน

ตารางที่ 25 แผนการเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วน

ปี	นครปฐม - คลังชัน	คลังชัน - หัวตะเข้	หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา
2555	2 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 6 ตู้	3 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 6 ตู้	2 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 6 ตู้
2565	3 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 10 ตู้	4 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 10 ตู้	2 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 6 ตู้
2580	4 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 10 ตู้	5 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 10 ตู้	3 ขบวน/ชม., ขบวนรถ 6 ตู้

- ฟังก์ชันควบคุมการเดินรถ 1

กราฟข้างล่างนี้แสดงฟังก์ชันควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2555



ขบวนรถไฟวิ่งระหว่างนครปฐมและหัวตะเข้เป็นแบบ 6 ตู้ และระหว่างหัวตะเข้และฉะเชิงเทราเป็นแบบ 6 ตู้ จำนวนรถไฟทั้งหมดที่วิ่งในชั่วโมงเร่งด่วน เป็นดังนี้

นครปฐม - คลังชัน

4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

คลังชัน - หัวตะเข้

6 ขบวน ความจุ 6,000 (W2) - 10,000 (W4)

หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา

4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

ปริมาณความต้องการเดินทางในช่วงหัวตะเข้ถึงฉะเชิงเทรามีน้อยมาก เมื่อเทียบกับ
ช่วงทางอื่น ดังนั้น มีการเดินรถ 2 ประเภทในแผนผัง

แต่หากใช้ขบวนรถ 6 ตู้ในช่วงทางนี้สามารถเดินรถขบวนรถสายตรงได้โดยเพิ่ม
ค่าใช้จ่ายสำหรับ 8 ตู้รถไฟฟ้า

ตารางที่ 26 จำนวนตู้ที่ใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนที่ต้องใช้	จำนวนที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	20 ขบวน	120 ตู้รถไฟฟ้า

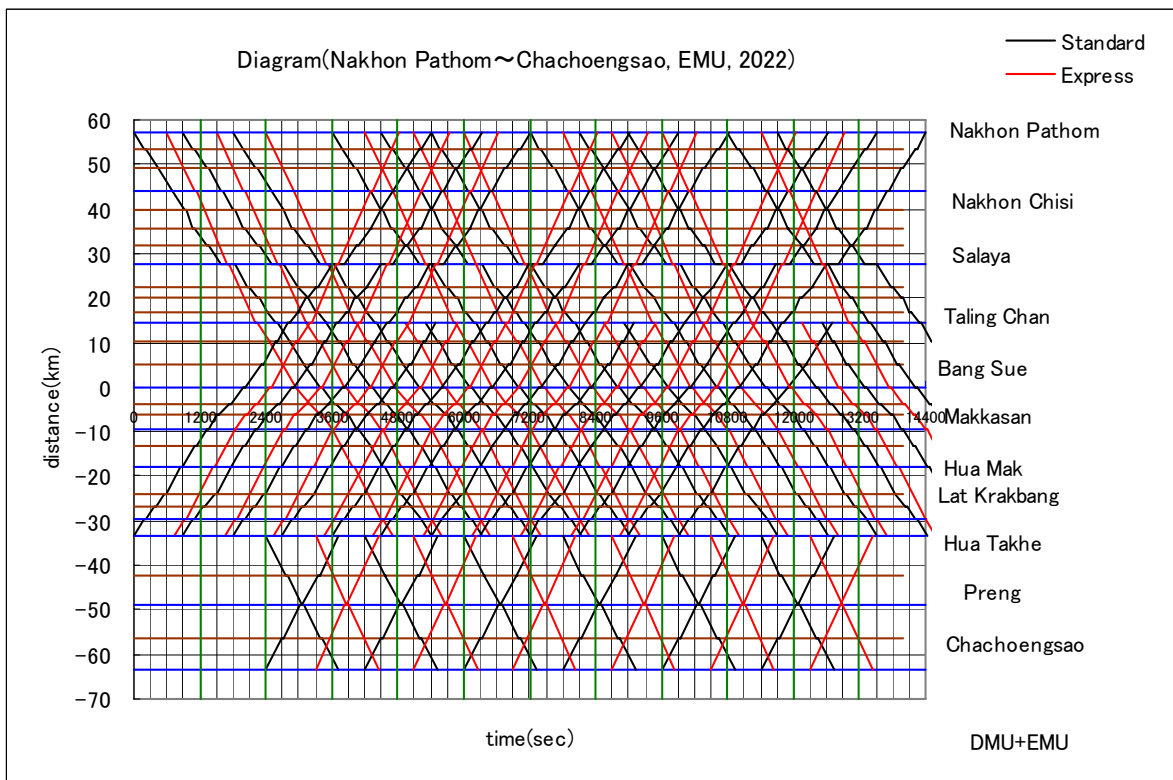
เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลักเป็นดังนี้

ตารางที่ 27 เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลัก

ช่วงทาง	สายด่วน	สายธรรมดา
นครปฐม - บางซื่อ	38 นาที 53 วินาที	56 นาที 46 วินาที
ศาลายา - บางซื่อ	19 นาที 51 วินาที	26 นาที 28 วินาที
คลังชัน - บางซื่อ	11 นาที 25 วินาที	13 นาที 9 วินาที
คลังชัน - หัวตะเข้	40 นาที 20 วินาที	46 นาที 42 วินาที
บางซื่อ - ฉะเชิงเทรา	50 นาที 41 วินาที	60 นาที 1 วินาที
บางซื่อ - หัวตะเข้	28 นาที 25 วินาที	33 นาที 28 วินาที
หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา	19 นาที 4 วินาที	22 นาที 17 วินาที

- ฟังก์ชันควบคุมการเดินรถ 2

รูปข้างล่างนี้แสดงฟังก์ชันควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2565



ขบวนรถไฟวิ่งระหว่างนครปฐมและหัวตะเข้เป็นแบบ 10 ตู้ และระหว่างหัวตะเข้และฉะเชิงเทราเป็นแบบ 6 ตู้ จำนวนรถไฟทั้งหมดที่วิ่งในช่วงโมงเร่งด่วน เป็นดังนี้

นครปฐม - คลังชั้น

6 ขบวน ความจุ 9,950 (W2) - 16,700 (W4)

คลังชั้น - หัวตะเข้

8 ขบวน ความจุ 13,260 (W2) - 22,300 (W4)

หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา

4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

ตารางที่ 28 จำนวนที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนที่ต้องใช้	จำนวนที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	4 ขบวน	24 ตู้รถไฟฟ้า
ขบวนรถ 10 ตู้	24 ขบวน	240 ตู้รถไฟฟ้า

- ผังควบคุมการเดินรถ 3

กราฟข้างล่างนี้แสดงผังควบคุมการเดินรถในช่วงเร่งด่วนสำหรับปี 2580

ขบวนรถไฟวิ่งระหว่างนครปฐมและหัวตะเข้เป็นแบบ 10 ตู้ และระหว่างหัวตะเข้และฉะเชิงเทราเป็นแบบ 6 ตู้ จำนวนรถไฟทั้งหมดที่วิ่งในช่วงเร่งด่วน เป็นดังนี้

นครปฐม - คลังชัน

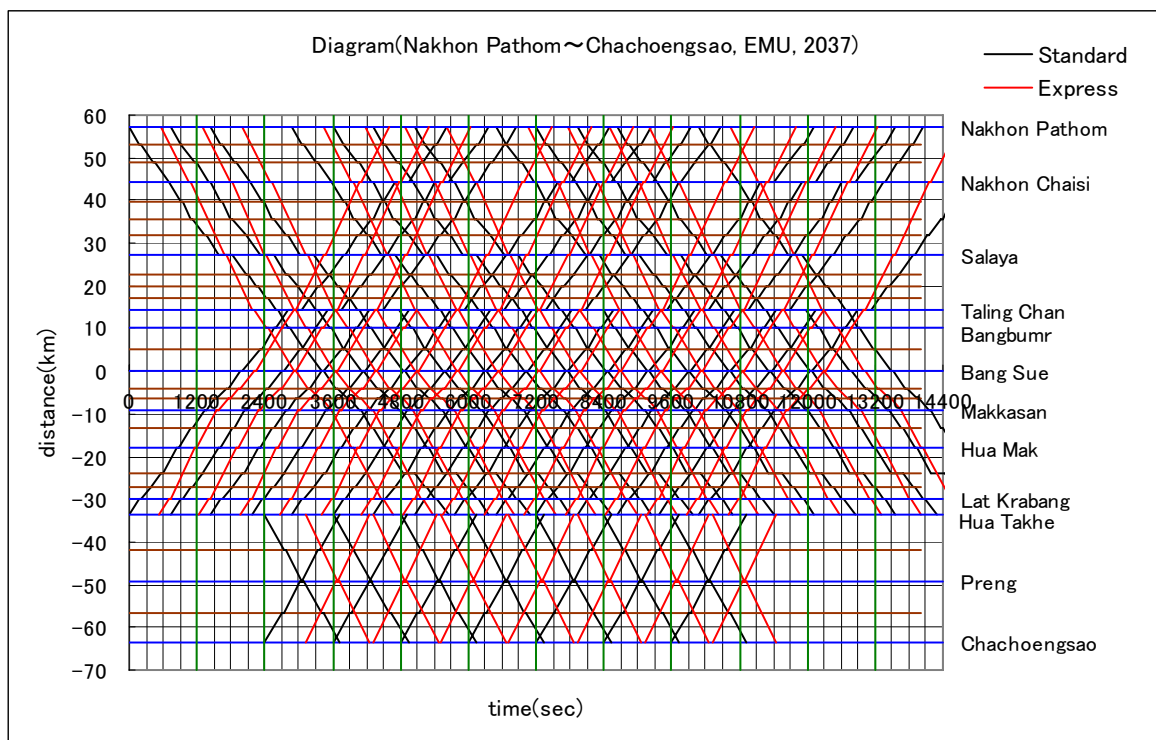
8 ขบวน ความจุ 13,300 (W2) - 22,300 (W4)

คลังชัน - หัวตะเข้

10 ขบวน ความจุ 16,600 (W2) - 27,850 (W4)

หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา

6 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)



ตารางที่ 29 จำนวนที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนที่ต้องใช้	จำนวนที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	6 ขบวน	36 ตู้รถไฟฟ้า
ขบวนรถ 10 ตู้	28 ขบวน	280 ตู้รถไฟฟ้า

- แผนการขนส่ง 2 (ทางเลือก 2)

กรณีนี้เป็นกรณีที่ใช้ระบบไฟฟ้าในบางช่วง กล่าวคือ ช่วงนครปฐมถึงหัวตะเข้เป็นระบบ

ตารางที่ 30 แผนการเดินรถในชั่วโมงเร่งด่วน

ปี	นครปฐม - คลังชัน	คลังชัน - หัวตะเข้	หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา
2555	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	6 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้
2565	6 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	8 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้
2580	8 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	10 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	6 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้

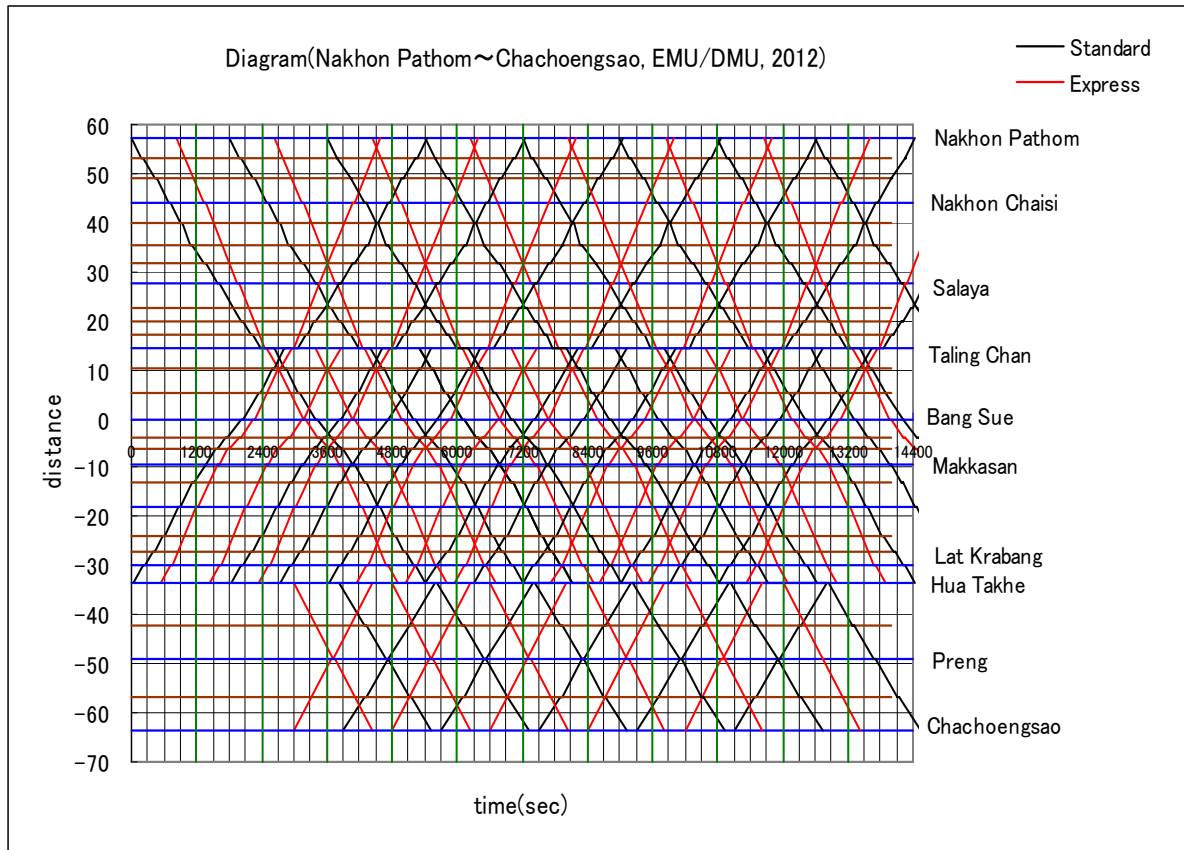
การเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วนใช้จำนวนรถประมาณครึ่งหนึ่งของชั่วโมงเร่งด่วน

ตารางที่ 31 แผนการเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วน

ปี	นครปฐม - คลังชัน	คลังชัน - หัวตะเข้	หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา
2555	2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	3 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้
2565	3 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	2 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้
2580	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	5 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	3 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้

- ผังควบคุมการเดินรถ 1

กราฟข้างล่างนี้แสดงผังควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2555



ขบวนรถไฟวิ่งระหว่างนครปฐมและหัวตะเข้เป็นแบบ 6 ตู้ และระหว่างหัวตะเข้และฉะเชิงเทราเป็นแบบ 6 ตู้ จำนวนรถไฟทั้งหมดที่วิ่งในช่วงโมงเร่งด่วน เป็นดังนี้

นครปฐม - คลังชั้น

4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

คลังชั้น - หัวตะเข้

6 ขบวน ความจุ 6,000 (W2) - 10,000 (W4)

หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา

4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)

ปริมาณความต้องการเดินทางในช่วงหัวตะเข้ถึงฉะเชิงเทรามีน้อยมากเมื่อเทียบกับช่วงทางอื่น ดังนั้น จึงทำการเดินรถดีเซลรางในแผนผัง

ตารางที่ 32 จำนวนที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนที่ต้องใช้	จำนวนที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	6 ขบวน	36 ตู้รถไฟฟ้า
ขบวนรถ 6 ตู้	16 ขบวน	96 ตู้รถไฟฟ้า

ระยะเวลาเดินทางเพิ่มขึ้นระหว่างสถานีหัวตะเข้และสถานีฉะเชิงเทรา

ตารางที่ 33 เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลัก

ช่วงทาง	สายด่วน	สายธรรมดา
นครปฐม - บางซื่อ	38 นาที 53 วินาที	56 นาที 46 วินาที
สาละยา - บางซื่อ	19 นาที 51 วินาที	26 นาที 28 วินาที
คลังชัน- บางซื่อ	11 นาที 25 วินาที	13 นาที 9 วินาที
คลังชัน - หัวตะเข้	40 นาที 20 วินาที	46 นาที 42 วินาที
บางซื่อ - ฉะเชิงเทรา	55 นาที 29 วินาที	65 นาที 1 วินาที
บางซื่อ - หัวตะเข้	28 นาที 25 วินาที	33 นาที 28 วินาที
หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา	23 นาที 52 วินาที	28 นาที 17 วินาที

- ผังควบคุมการเดินรถ 2

รูปข้างล่างนี้แสดงผังควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2565

ขบวนรถไฟวิ่งระหว่างนครปฐมและหัวตะเข้เป็นแบบ 10 ตู้ และระหว่างหัวตะเข้และฉะเชิงเทราเป็นแบบ 6 ตู้ จำนวนรถไฟทั้งหมดที่วิ่งในชั่วโมงเร่งด่วน เป็นดังนี้

นครปฐม - คลังชัน

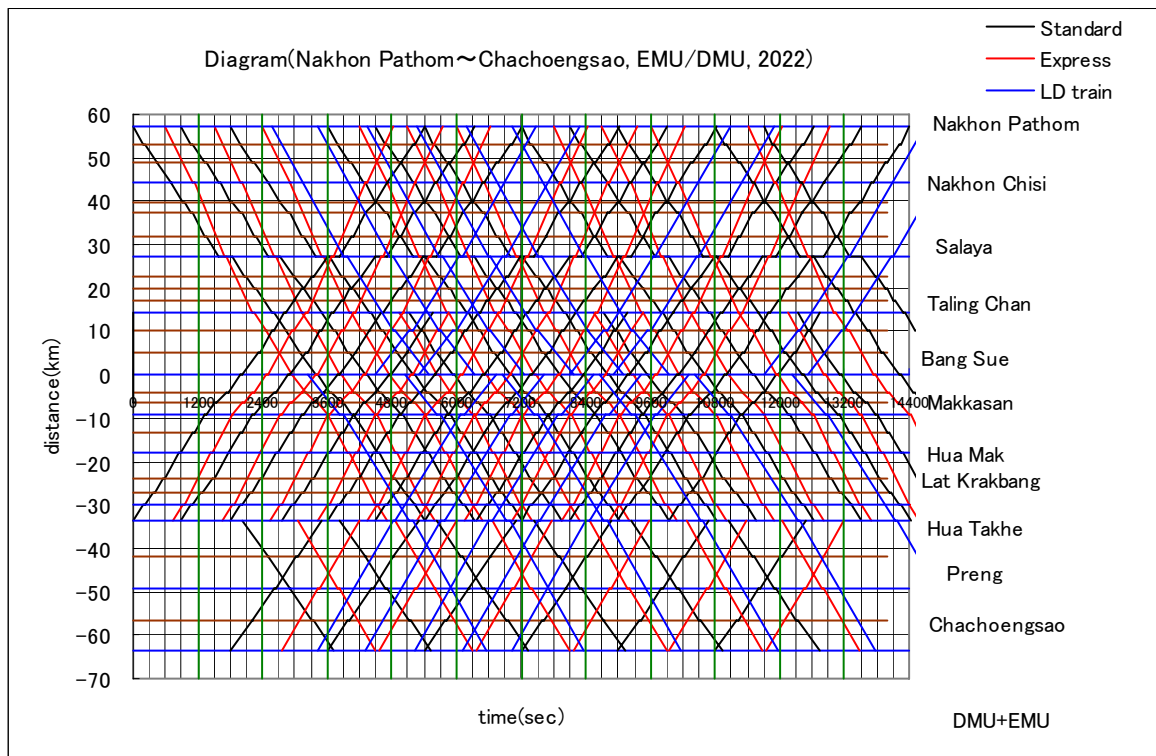
6 ขบวน ความจุ 10,000 (W2) - 16,700 (W4)

คลังชัน - หัวตะเข้

8 ขบวน ความจุ 13,300 (W2) - 22,300 (W4)

หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา

4 ขบวน ความจุ 4,000 (W2) - 6,600 (W4)



ตารางที่ 34 จำนวนที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนที่ต้องใช้	จำนวนที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	6 ขบวน	36 ตู้รถดีเซลราง
ขบวนรถ 10 ตู้	24 ขบวน	240 ตู้รถไฟฟ้า

- แผนการขนส่ง 3 (ทางเลือก 3)

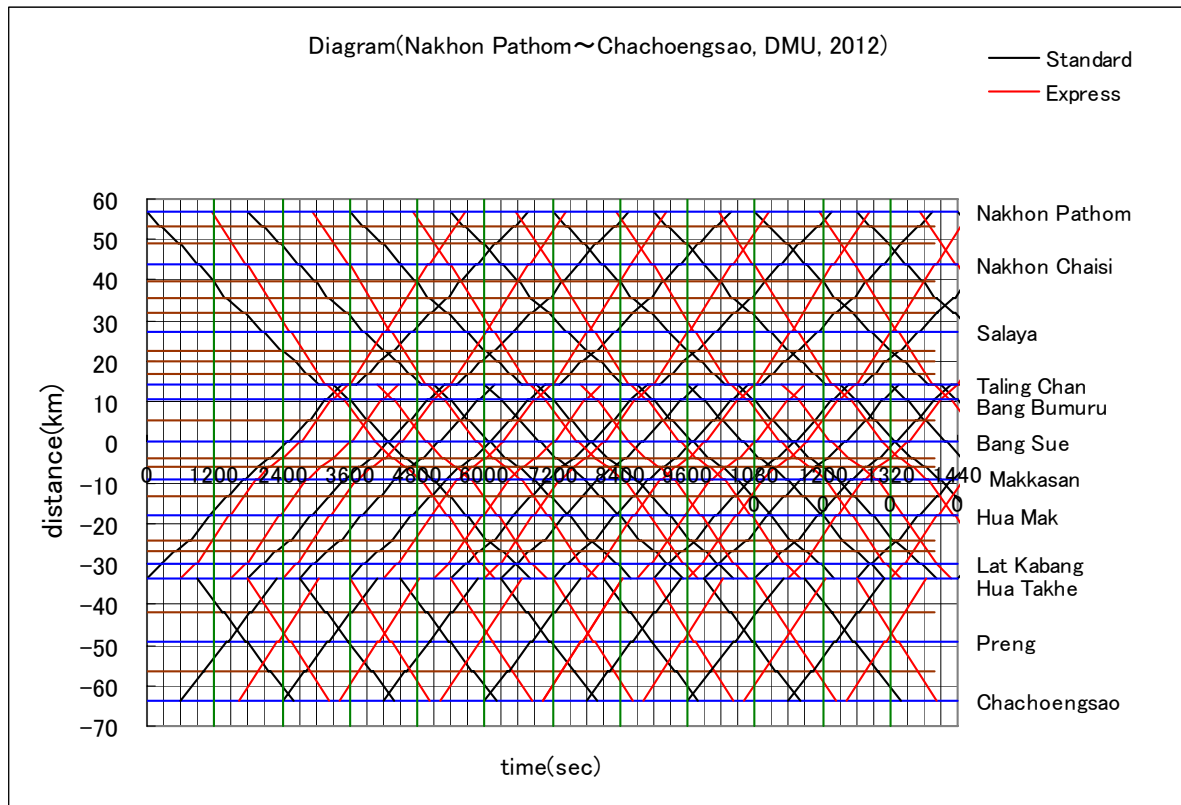
กรณีนี้เป็นกรณีที่ไมใช้ระบบไฟฟ้า รถไฟทุกขบวนเป็นรถดีเซลราง

ตารางที่ 35 แผนการเดินรถในชั่วโมงเร่งด่วน

ปี	นครปฐม - คลังชัน	คลังชัน - หัวตะเข้	หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา
2555	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	6 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้
2565	6 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	8 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	4 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้
2580	8 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	10 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 10 ตู้	6 ขบวน/ชม. ขบวนรถ 6 ตู้

- พังควบคุมการเดินรถ 1

กราฟข้างล่างนี้แสดงผังควบคุมการเดินรถสำหรับปี 2555



ตารางที่ 36 จำนวนที่ต้องใช้ในการเดินรถ

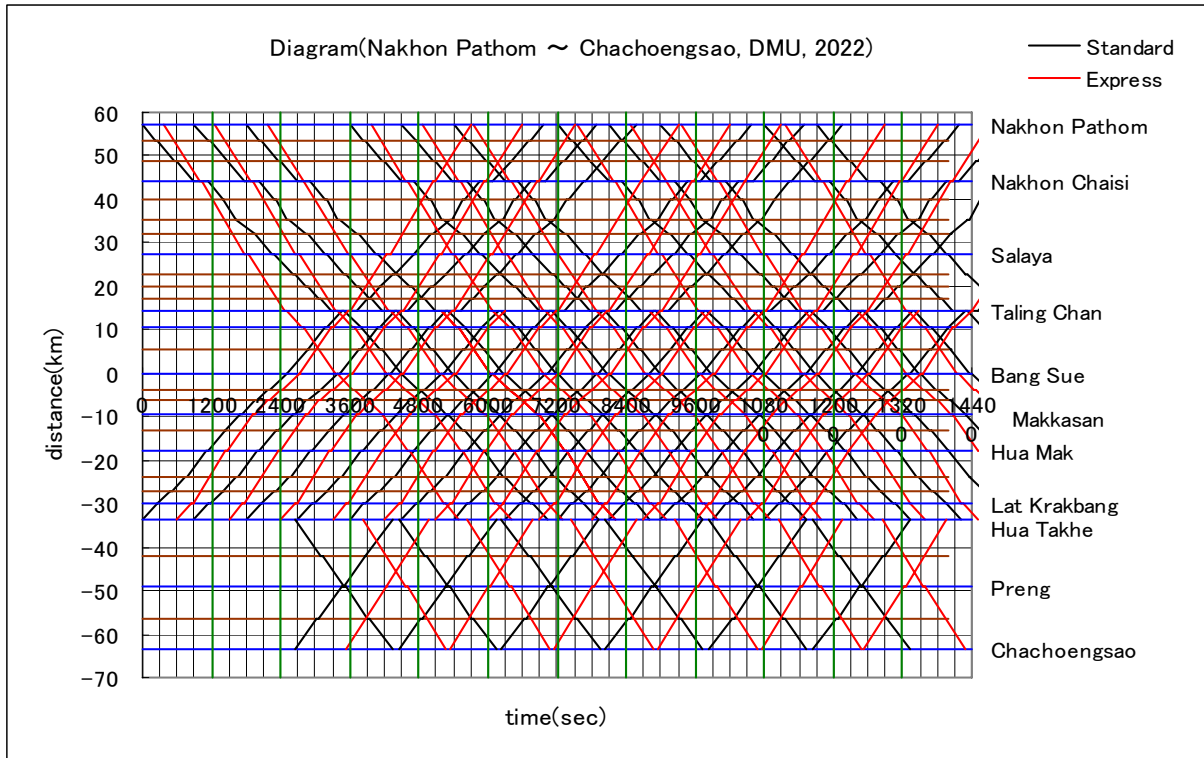
ประเภทขบวน	จำนวนที่ต้องใช้	จำนวนที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	25 ขบวน	150 ตู้รถดีเซลราง

ตารางที่ 37 เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลัก

ช่วงทาง	สายด่วน	สายธรรมดา
นครปฐม - บางซื่อ	48 นาที 22 วินาที	71 นาที 7 วินาที
ศาลายา - บางซื่อ	24 นาที 43 วินาที	36 นาที 26 วินาที
คลังชัน- บางซื่อ	14 นาที 11 วินาที	16 นาที 4 วินาที
คลังชัน - หัวตะเข้	50 นาที 0 วินาที	58 นาที 27 วินาที
บางซื่อ - ฉะเชิงเทรา	61 นาที 0 วินาที	76 นาที 29 วินาที
บางซื่อ - หัวตะเข้	35 นาที 19 วินาที	41 นาที 53 วินาที
หัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา	23 นาที 52 วินาที	28 นาที 17 วินาที

- ฟังก์ชันการเดินรถ 2

รูปข้างล่างนี้แสดงฟังก์ชันการเดินรถสำหรับปี 2565



จำนวนขบวนและตู้ที่ต้องใช้ในการเดินรถ เป็นดังนี้

ตารางที่ 38 จำนวนที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ประเภทขบวน	จำนวนที่ต้องใช้	จำนวนที่ต้องใช้
ขบวนรถ 6 ตู้	6 ขบวน	36 ตู้รถดีเซลราง
ขบวนรถ 10 ตู้	27 ขบวน	270 ตู้รถดีเซลราง

● การเปรียบเทียบทางเลือก

- จำนวนรถที่ต้องใช้

ตารางข้างล่างนี้แสดงจำนวนรถที่ต้องใช้สำหรับแต่ละทางเลือก

ตารางที่ 39 จำนวนรถที่ต้องใช้ในการเดินรถ

ปี	ทางเลือก 1	ทางเลือก 2	ทางเลือก 3
	รถไฟฟ้า	รถดีเซลราง/รถไฟฟ้า	รถดีเซลราง
2555	120	132(36/96)	150
2565	264	276(36/240)	306
2580	316	NA	NA

หมายเหตุ ไม่ได้รวมรถสำรอง

- ระยะเวลาเดินทาง

ตารางข้างล่างนี้แสดงระยะเวลาเดินทางระหว่างสถานี

ตารางที่ 40 ระยะเวลาเดินทาง

ช่วงทาง		ทางเลือก 1	ทางเลือก 2	ทางเลือก 3
		รถไฟฟ้า	รถดีเซลราง/รถไฟฟ้า	รถดีเซลราง
นครปฐม - บางซื่อ	สายด่วน	38 นาที 53 วินาที	38 นาที 53 วินาที	48 นาที 22 วินาที
	สายธรรมดา	56 นาที 46 วินาที	56 นาที 46 วินาที	71 นาที 26 วินาที
คลังชัน - หัวตะเฒ่	สายด่วน	40 นาที 20 วินาที	40 นาที 20 วินาที	50 นาที 0 วินาที
	สายธรรมดา	46 นาที 42 วินาที	46 นาที 42 วินาที	58 นาที 27 วินาที
บางซื่อ - ฉะเชิงเทรา	สายด่วน	50 นาที 41 วินาที	55 นาที 29 วินาที	61 นาที 0 วินาที
	สายธรรมดา	60 นาที 1 วินาที	65 นาที 1 วินาที	76 นาที 29 วินาที

ในขณะนี้การจัดแนวรางที่สถานีปลายทาง (นครปฐม คลังชัน หัวตะเฒ่ ฉะเชิงเทรา) มิได้คำนึงถึงการเดินรถย้อนกลับ ดังนั้น จึงอาจจำเป็นต้องมีการปรับแก้ที่สถานีดังกล่าว

- การเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วน

จำนวนขบวนในช่วงเร่งด่วนและนอกชั่วโมงเร่งด่วนนั้นแตกต่างกัน ซึ่งจำนวนที่แตกต่างกันนี้สำคัญสำหรับการวางแผนการบำรุงรักษาเบื้องต้น เช่น การตรวจสอบประจำวัน และ การทำความสะอาด

การศึกษาต่อไปนี้สำหรับทางเลือกที่ 1 (ใช้ระบบรถไฟฟ้าทั้งหมด) ผังควบคุมการเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วนสำหรับปี 2555 แสดงดังข้างล่างนี้

จากกราฟ จำนวนขบวนที่ต้องใช้ คือ

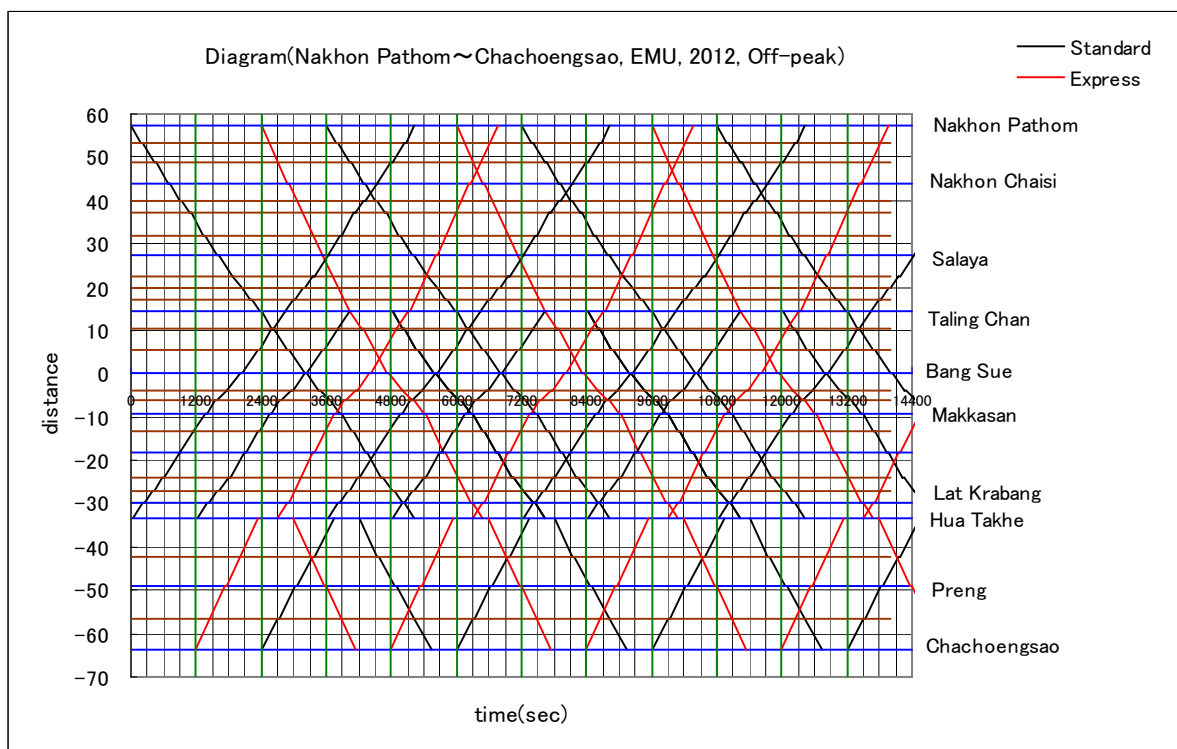
สำหรับปี 2555 ขบวนรถ 6 ตู้ จำนวน 10 ขบวน

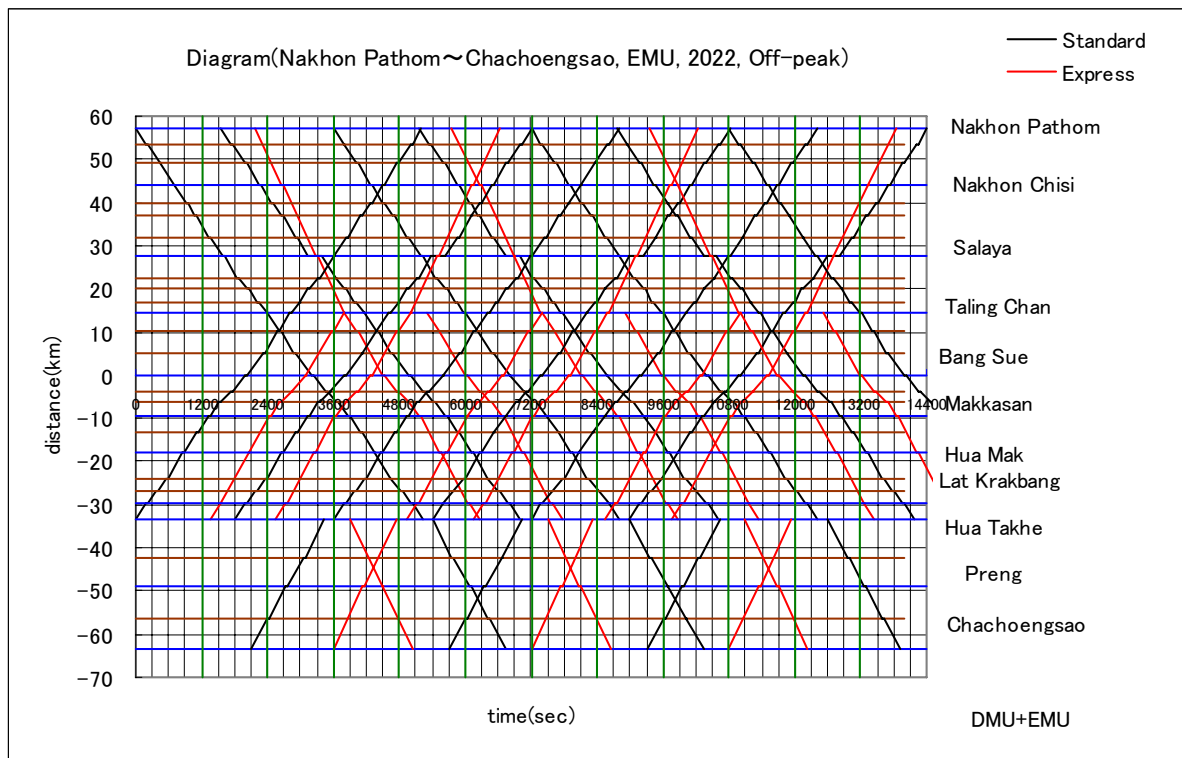
สำหรับปี 2565 ขบวนรถ 6 ตู้ จำนวน 2 ขบวน

ขบวนรถ 10 ตู้ จำนวน 12 ขบวน

สำหรับปี 2580 ขบวนรถ 6 ตู้ จำนวน 3 ขบวน

ขบวนรถ 10 ตู้ จำนวน 14 ขบวน





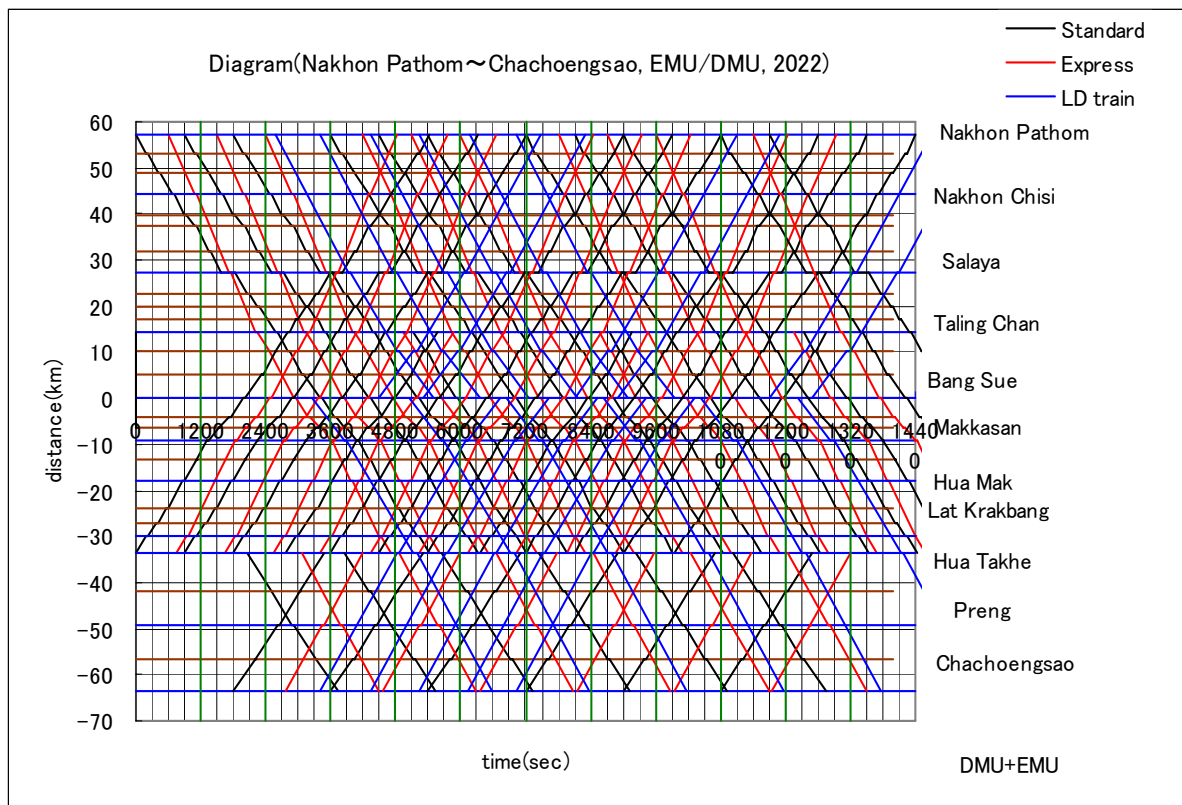
จำนวนขบวนที่แตกต่างแสดงในตารางที่ 41

ตารางที่ 41 จำนวนขบวนที่แตกต่าง

ปี	ชั่วโมงเร่งด่วน	นอกชั่วโมงเร่งด่วน
2555	ขบวนรถ 6 ตู้ 20 ขบวน	ขบวนรถ 6 ตู้ 10 ขบวน
2565	ขบวนรถ 6 ตู้ 4 ขบวน	ขบวนรถ 6 ตู้ 2 ขบวน
	ขบวนรถ 10 ตู้ 24 ขบวน	ขบวนรถ 10 ตู้ 12 ขบวน
2580	ขบวนรถ 6 ตู้ 6 ขบวน	ขบวนรถ 6 ตู้ 3 ขบวน
	ขบวนรถ 10 ตู้ 28 ขบวน	ขบวนรถ 10 ตู้ 14 ขบวน

● การเดินรถของรถไฟทางไกล

รถไฟทางไกลจะจอดเพียงบางสถานี (นครปฐม ศาลายา บางบำหรุ บางซื่อ) โดยมีความเร็วเฉลี่ยใกล้เคียงกับรถดีเซลรางชานเมือง ดังนั้น รถไฟทางไกล (ลากตู้โดยสารหนัก 800 ตัน) สามารถวิ่งบนทางเดียวกับรถไฟฟ้าชานเมืองได้ ดังแสดงในผังควบคุมการเดินรถข้างล่างนี้



ภาพข้างบนแสดงผังควบคุมการเดินรถในปี 2580 นอกชั่วโมงเร่งด่วน

ในแผนผัง ขบวนรถไฟฟ้าชานเมืองวิ่งให้บริการในช่วงทางระหว่างนครปฐม - หัวตะเข้ และขบวนรถดีเซลรางวิ่งให้บริการในช่วงทางระหว่างหัวตะเข้ - ฉะเชิงเทรา

รถไฟทางไกลจะวิ่งด้วยความเร็วเกือบเท่ากับรถไฟฟาสายธรรมดา ดังนั้น สามารถเดินรถทางไกลได้ 2 คัน/ชั่วโมงในชั่วโมงเร่งด่วนในปี 2565 ในแผนผังแสดงรถไฟ 2 ชั่วโมงเริ่มจากสถานีบางซื่อ และ 1 ชั่วโมงเข้าสู่สถานีบางซื่อ

เมื่อขบวนรถทางไกลมุ่งตะวันออกไปทางสถานีบางซื่อมาถึงช้ากว่ากำหนด ซึ่งด้วยระยะเวลาที่มาช้านี้จะต้องปรับแผนการเดินรถฟฟชานเมือง เจ้าหน้าที่ของศูนย์ควบคุมการเดินรถ (OCC : operation control center) มีทางเลือก 2 ทาง ทางเลือกหนึ่งคือหยุดรถทางไกลที่สถานีนครปฐมไปจนถึง window ถัดไปสำหรับรถทางไกล และอีกทางเลือกหนึ่งคือปรับหรือหยุดรถไฟฟ้าชานเมืองเพื่อรับกับความล่าช้า ดังนั้น 4 windows สำหรับรถทางไกลได้ถูก draw สำหรับรถมุ่งตะวันออก 2 ขบวน สำหรับขบวนรถที่ออกจากสถานีบางซื่อ เวลาออกเดินทางสามารถควบคุมได้ที่สถานีจึงไม่มีความจำเป็นต้องเผื่อ windows ไว้

ในสายใต้ มีการเดินรถทางไกล 11 ขบวนต่อวัน และในจำนวนนี้ 3 ขบวนเข้าสู่กรุงเทพในช่วงเร่งด่วน (เวลา 06:00 - 09:00 น.) ดังนั้น ต้องเดินรถทางไกล 1 ขบวนต่อชั่วโมง กราฟข้างบนแสดงว่ามีความเป็นไปได้

ในสายตะวันออกมีการเดินรถทางไกล 5 ขบวนต่อวัน (รถธรรมดาเท่านั้น) และไม่มีรถเข้าสู่กรุงเทพในช่วงเร่งด่วน (เวลา 06:00 - 09:00 น.) ดังนั้น เดินรถทางไกลนอกชั่วโมงเร่งด่วน จากกราฟข้างบน แสดงว่าสามารถเดินรถไฟฟ้าทางไกลได้ นอกจากนี้ รถไฟฟ้าทางไกลที่วิ่งบนเส้นทางนี้เป็นรถขบวนสั้น (รถดีเซลราง 5 ตู้ ขบวนรถลากตู้โดยสาร 7 – 10 ตู้) แม้ว่าจะมีขบวนรถที่ยาวกว่าแต่ก็จะถูกเปลี่ยนเป็นรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแบบใหม่ (ตู้มากที่สุด 10 ตู้)

- การเดินรถของขบวนรถสินค้า

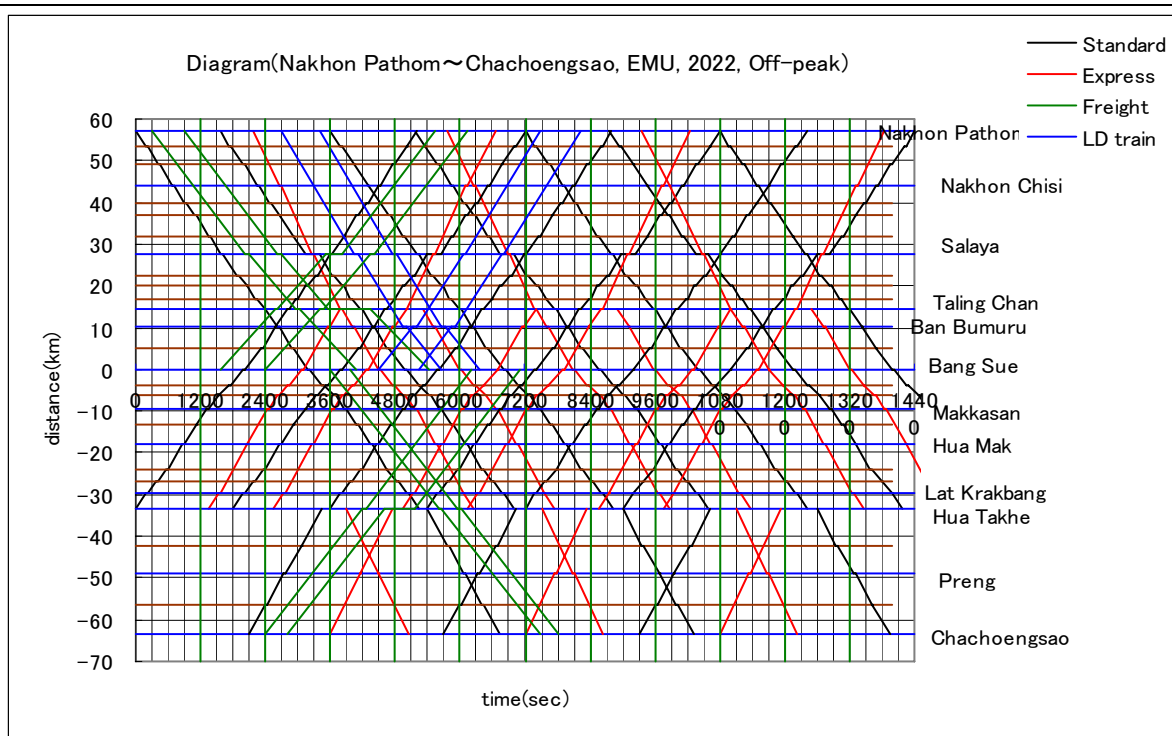
ขบวนรถสินค้าจะสามารถวิ่งได้นอกชั่วโมงเร่งด่วนเท่านั้น ซึ่งวิ่งระหว่างสถานีนครปฐมกับสถานีบางซื่อ

ความเร็วเฉลี่ยของขบวนรถสินค้า (กรณีลาก 1500 ตัน) โดยไม่หยุดระหว่างทางนั้นเกือบเท่ากับขบวนรถดีเซลรางธรรมดา ขบวนรถสินค้าสามารถหยุดได้ตามสถานีซึ่งมีทางหลัก โดยหยุดเป็นระยะเวลานานพอให้รถไฟฟ้าขนส่งมวลชนผ่านไปได้ ดังนั้น จึงไม่เป็นการยากที่จะทำการเดินรถสินค้านอกช่วงเวลาเร่งด่วน

รถสินค้าที่วิ่งในช่วงสายใต้ (ตะวันตก) ในปัจจุบัน 7 ขบวนต่อวัน ซึ่งจำนวนเท่านี้สามารถวิ่งได้นอกชั่วโมงเร่งด่วนได้สบาย

ในสายตะวันออกมีจำนวนขบวนรถสินค้า 15 ขบวน ในจำนวนนี้ 12 ขบวนเดินรถระหว่างหัวตะเข้กับแหลมฉบัง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตู้คอนเทนเนอร์ ส่วนอีก 3 ขบวนที่เหลือวิ่งระหว่างหัวตะเข้กับบางซื่อ

ในช่วงทางระหว่างหัวตะเข้กับฉะเชิงเทรา ความเร็วเฉลี่ยของรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนค่อนข้างสูง เพราะระยะห่างระหว่างสถานีค่อนข้างยาวเมื่อเทียบกับช่วงทางอื่น ดังนั้น การเดินขบวนรถสินค้าค่อนข้างยาก รางที่สามในช่วงทางนี้มีความสำคัญเป็นอย่างมากที่จะเป็นส่วนต่างในการเพิ่มการเดินรถในอนาคต



รูปข้างบนแสดงผังควบคุมการเดินรถนอกชั่วโมงเร่งด่วนในปี 2565 ซึ่งเพิ่มรถไฟทางไกล 2 ขบวน/ชั่วโมง และ รถสินค้า 2 ขบวน/ชั่วโมง

สำหรับขบวนรถสินค้าในสายตะวันออก มีรถสินค้า 2 ขบวน/ชั่วโมง ในแผนผังข้างบน

เห็นได้ชัดเจนว่าไม่มีปัญหาใดในการเดินรถสินค้า 2 ขบวน/ชั่วโมง

5.6.5.3 สายใต้ (มหาชัย – ปากท่อ)

(1) ข้อกำหนดด้านความจุ

ปริมาณความต้องการเดินทางในเส้นทางนี้ค่อนข้างน้อย ปริมาณความต้องการเดินทางในชั่วโมงเร่งด่วนในปี 2555 ปี 2565 และปี 2580 เป็นดังต่อไปนี้

ตารางที่ 42 ปริมาณผู้โดยสารชั่วโมงเร่งด่วน

ช่วงทาง	มหาชัย-ปากท่อ
ปี 2555	2000 คน/ชม./ทิศทาง
ปี 2565	3500 คน/ชม./ทิศทาง
ปี 2580	4700 คน/ชม./ทิศทาง

● แผนการขนส่ง 1 (ทางเลือก 1)

จำนวนขบวนที่ต้องใช้ในการเดินรถในชั่วโมงเร่งด่วน เป็นดังตารางข้างล่างนี้

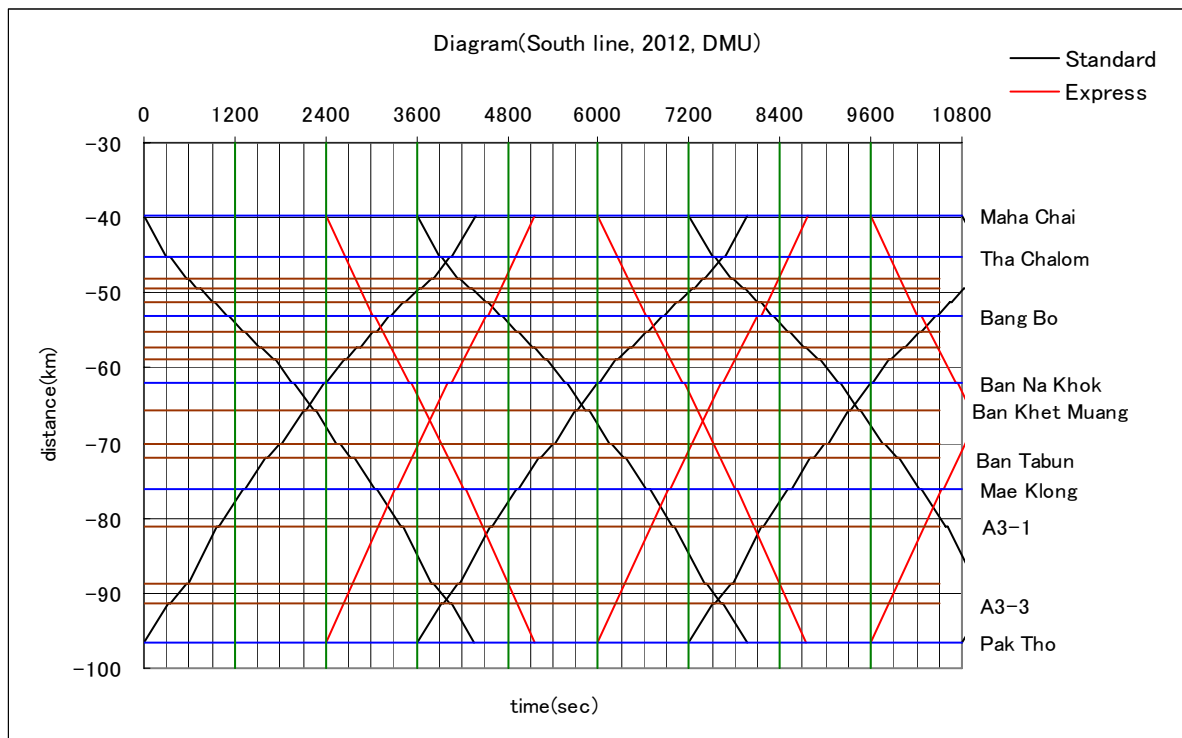
ตารางที่ 43 แผนการเดินทางในชั่วโมงเร่งด่วน

ปี	นครปฐม - คลังชั้น
2555	2 ขบวน/ชม, ขบวนรถ 4 ตู้
2565	4 ขบวน/ชม, ขบวนรถ 4 ตู้
2580	6 ขบวน/ชม, ขบวนรถ 4 ตู้

ด้วยปริมาณความต้องการเดินทางน้อยเช่นนี้จึงใช้รถดีเซลราง และในเส้นทางนี้มีสถานีเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับความยาวของเส้นทาง แม้จำนวน 18 สถานี บนเส้นทาง 56.6 กิโลเมตร อาจจะเป็นจำนวนไม่มาก (ระยะห่างเฉลี่ย 3.3 กิโลเมตร) แต่จากมหาชัยถึงบ้านนาออก (สถานีที่ 10) ระยะห่างเฉลี่ย 2.5 กิโลเมตร ทางเลือกนี้เป็นกรณีที่สร้างสถานีทั้งหมดตั้งแต่เริ่มแรก (เช่นตั้งแต่ปี 2555)

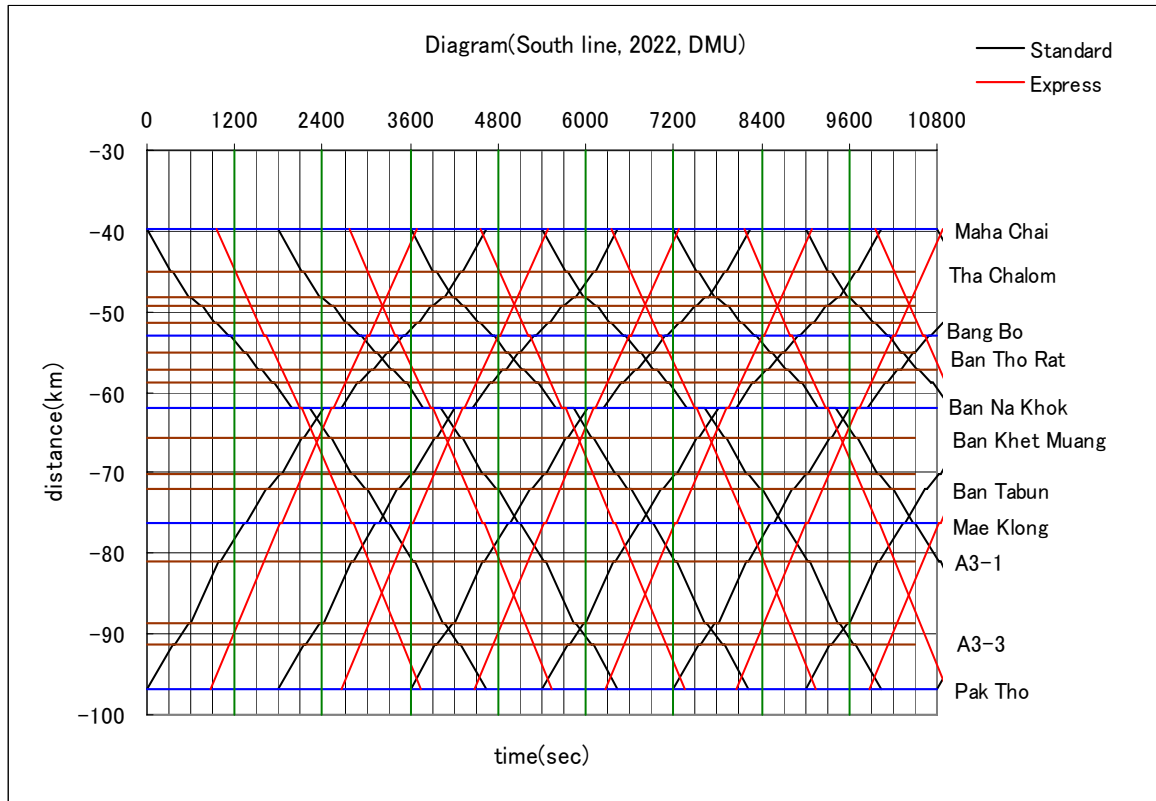
- ผังควบคุมการเดินทาง 1

ผังควบคุมการเดินทางต่อไปนี้เป็นสำหรับปี 2555 สมมติว่าใช้รถดีเซลราง



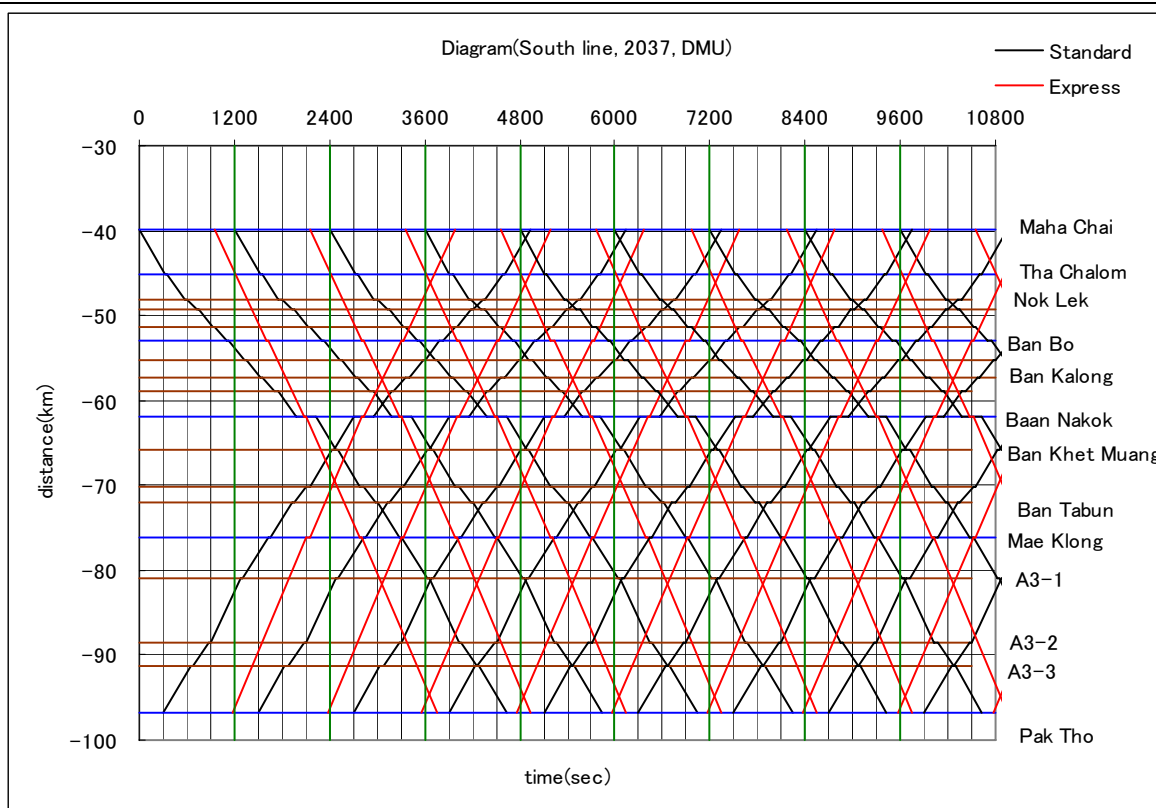
- ผังควบคุมการเดินรถ 2

ผังควบคุมการเดินรถต่อไปนี้เป็นสำหรับปี 2565 การเดินรถที่ถี่ขึ้น (4 ขบวน/ชั่วโมง)
จำเป็นต้องมี take-over siding ที่สถานีกลางทาง



- ผังควบคุมการเดินรถ 3

ในปี 2580 จะต้องมี take-over siding อีกเพื่อเดินรถ 6 ขบวน/ชั่วโมง



จำนวนรถที่จำเป็นในการเดินรถเป็นดังนี้

สำหรับปี 2555 6 ขบวน รถดีเซลราง 24 คัน

สำหรับปี 2565 10 ขบวน รถดีเซลราง 40 คัน

สำหรับปี 2580 15 ขบวน รถดีเซลราง 60 คัน

หากรวมรถสำรองเพื่อการบำรุงรักษาและอื่นๆแล้ว อาจจะต้องมีรถดีเซลราง 72 คัน
ในปี 2580

เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลักเป็นดังนี้

ตารางที่ 44 เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลัก

ช่วงทาง	สายด่วน	สายธรรมดา
มหาชัย - ปากท่อ	45 นาที 53 วินาที	1 ชั่วโมง 12 นาที 49 วินาที
มหาชัย - บ้านโพธิ์	10 นาที 23 วินาที	18 นาที 16 วินาที
มหาชัย - แม่กลอง	30 นาที 12 วินาที	50 นาที 40 วินาที
แม่กลอง - ปากท่อ	15 นาที 11 วินาที	21 นาที 39 วินาที

● แผนการขนส่ง 2 (ทางเลือก 2)

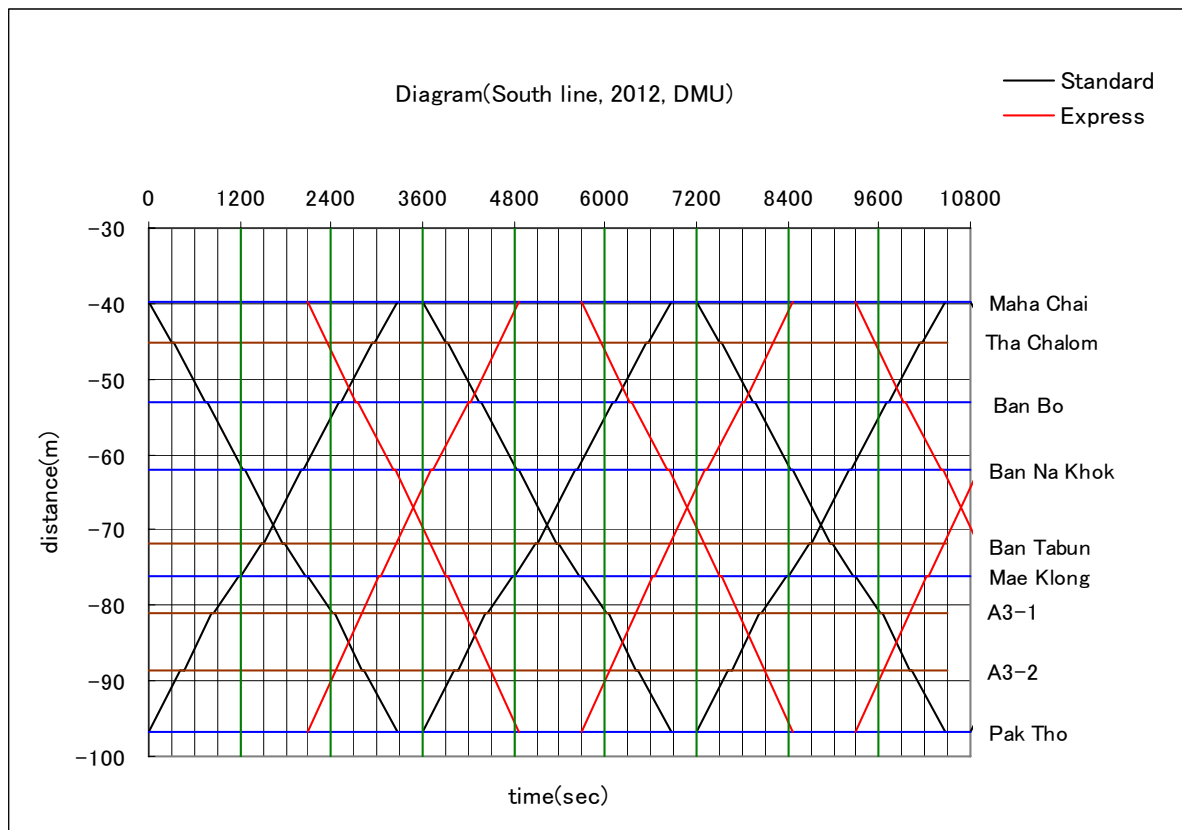
กรณีนี้เป็นกรณีที่เลื่อนการก่อสร้าง 9 สถานี เมื่อเริ่มต้น

Table 45 Station and distances of South line

	Mae Khlong Line	Chainage	Distance	Stops	Stops	Stops
	Station	New	Station	Standard	Express	Long Dist.
	Start Diversion Line	0	0			
1	New Maha Chai	4.2	0		x	x
2	New Tha Chalom	9.3	5.1	x		
3	Nok Lek	12.4	3.1			
4	Bang Si Khot	13.5	1.1			
5	Bang Krachao	15.5	2.0			
6	Bang Bo	17.2	1.7	x		
7	Bang Tho Rat	19.4	2.2			
8	Bang Kalon	21.5	2.1			
9	Ban Na Khawang	23.1	1.6			
10	Ban Na Khok	26.1	3.0	x	x	
11	Ban Khet Muang	29.9	3.8			
12	Lad Yai	34.4	4.5			
13	Bang Tabun	36.1	1.7	x	x	x
14	New Mae Khlong	40.3	4.2	x	x	
15	Ban Kunthak (A3-1)	45.9	5.6	x		
16	Ply Pong Pang (A3-2)	52.8	6.9			
17	Wat Yang Ngam (A3-3)	55.5	2.7	x		
18	Pak Tho	60.8	5.3	x	x	x
	Average distance of Stops			8.1	14.2	28.3
TOTAL Maha Chai - Pak Tor		56.64				

- ฟังควบคุมการเดินรถ 1

ฟังควบคุมการเดินรถต่อไปนี้เป็นสำหรับปี 2555 โดยมีจำนวนสถานีลดลง



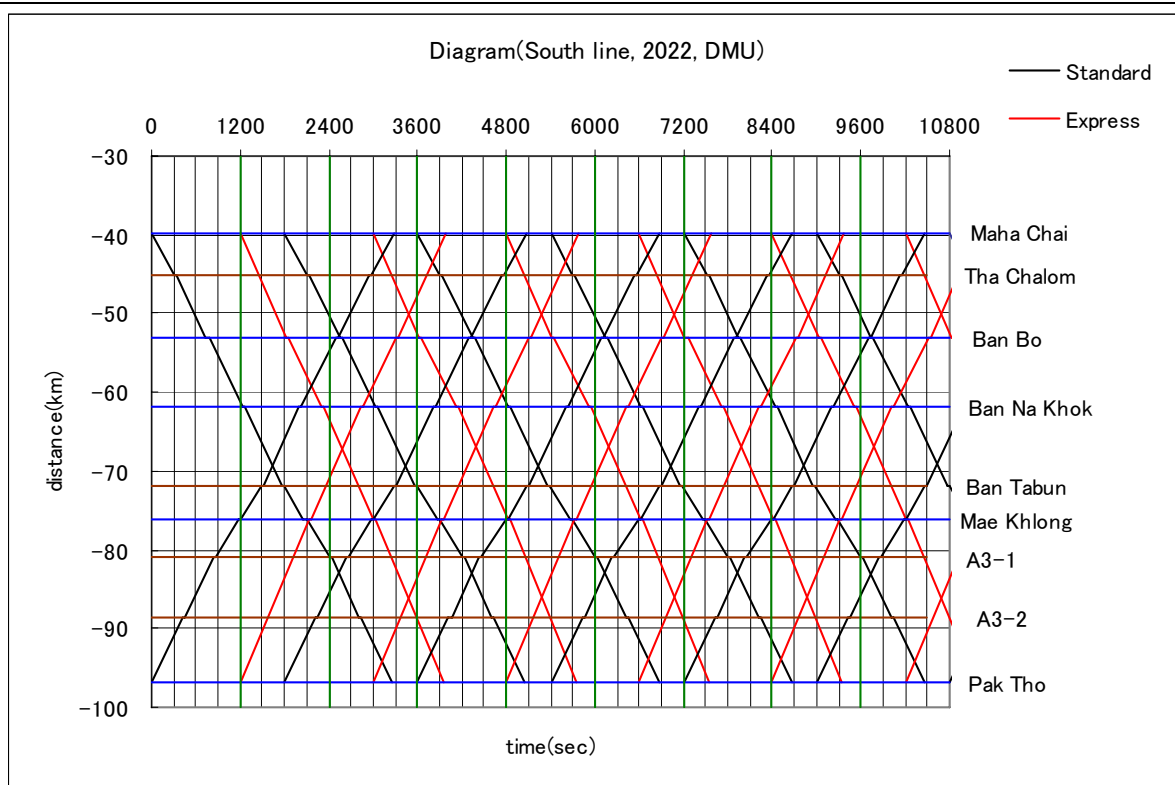
- ฟังควบคุมการเดินรถ 2

ฟังควบคุมการเดินรถต่อไปนี้เป็นสำหรับปี 2565 การเดินรถที่ถี่ขึ้น (4 ขบวน/ชั่วโมง)
จำเป็นต้องมี take-over siding ที่สถานีใดๆ

ระยะเวลาเดินทางระหว่างสถานีหลักน้อยลงสำหรับรถธรรมดา

ตารางที่ 46 เวลาเดินทางระหว่างสถานีหลักของรถธรรมดา

ช่วงทาง	ทางเลือก 2	ทางเลือก 1
มหาชัย - ปากท่อ	54 นาที 22 วินาที	1 ชั่วโมง 12 นาที 49 วินาที
มหาชัย - บ้านโพธิ์	12 นาที 23 วินาที	18 นาที 16 วินาที
มหาชัย - แม่กลอง	34 นาที 20 วินาที	50 นาที 40 วินาที
แม่กลอง - ปากท่อ	19 นาที 32 วินาที	21 นาที 39 วินาที



จำนวนรถที่จำเป็นในการเดินรถเป็นดังนี้

สำหรับปี 2555 4 ขบวน รถดีเซลราง 16 ตู้ (รถดีเซลราง 24 ตู้ สำหรับทางเลือก 1)

สำหรับปี 2565 8 ขบวน รถดีเซลราง 32 ตู้ (รถดีเซลราง 40 ตู้ สำหรับทางเลือก 2)

5.7 ประมาณราคาก่อสร้าง และค่าจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินและอื่นๆ

5.7.1 หลักเกณฑ์ทั่วไปในงานประมาณราคา

ในงานประมาณราคาโครงการนี้ ที่ปรึกษาจะดำเนินการโดยหลักเกณฑ์และวิธีการต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก. งานประมาณราคา จะครอบคลุมราคาของงานจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินและการเวนคืน และงานก่อสร้าง ซึ่งรวมถึงงานจัดการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างเช่นงานป้องกันเสียงและฝุ่นด้วย

ข. งานประเมินการจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินและการเวนคืน จะอ้างอิงราคาประเมินของกรมที่ดิน พ.ศ. 2547

ค. ราคาวัสดุและค่าแรง จะอ้างอิงราคาในปัจจุบัน พ.ศ. 2548 โดยไม่พิจารณาถึงอัตราเงินเฟ้อ

ง. งานประมาณราคาคำนวณ โดยใช้อัตราแลกเปลี่ยน 41 บาทต่อ 1 ดอลลาร์ สหรัฐ.

5.7.2 งานจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินและการเวนคืน

งานจัดกรรมสิทธิ์และการเวนคืนที่ดินนั้น เนื่องจากการออกแบบแนวสายทางจะวางแนวอยู่บนเส้นทางของทางรถไฟเดิม ยกเว้นทางรถไฟสายใต้ (ช่วงมหาชัย-ปากท่อ) ซึ่งมีส่วนที่ต้องทำเส้นทางใหม่ช่วงต่อเชื่อม

ระหว่างแม่กลองถึงสถานีปากท่อ รวมถึงช่วงจัดทำแนวสายทางใหม่ช่วงมหาชัย แม่น้ำท่าจีน รายละเอียดของการ
จัดกรรมสิทธิ์ที่ดินและการเวนคืน ได้กล่าวถึงอย่างละเอียดในหัวข้อ 3.5.4

ประมาณราคางานจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินและการเวนคืนแสดงดังตาราง 3.1.7-1

ตารางที่ 3.1.7-1 แสดงค่าเวนคืนที่ดินตามแนวสายทางต่างๆ

ท- ที่	แนวสายทาง	การเวนคืนพื้นที่ในเมือง			การเวนคืนพื้นที่นอกเมือง			รวม (บาท)
		พื้นที่ (ไร่)	ราคา/ไร่ (บาท)	ราคารวม (บาท)	พื้นที่ (ไร่)	ราคา/ไร่ (บาท)	ราคารวม (บาท)	
1	รังสิต - บ้านภาชี	-	-	-	400	3,000,000	1,200,000,000	1,200,000,000
2	มวกะสัน - ฉะเชิงเทรา	-	-	-	350	3,000,000	1,050,000,000	1,050,000,000
3	ตลิ่งชัน - นครปฐม	30	10,000,000	300,000,000	200	3,000,000	600,000,000	900,000,000
4	มหาชัย - ปากท่อ	133	20,000,000	2,660,000,000	300	3,000,000	900,000,000	3,560,000,000
รวม								6,710,000,000

5.7.3 งานโยธาและอาคาร

งานโยธาและอาคารจะประกอบด้วยงานหลักต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก. งานโยธาของทางรถไฟ ได้แก่

- งานรื้อย้ายสาธารณูปโภค
- งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงคันทางและสะพาน
- งานก่อสร้างโครงสร้างป้องกันการทรุดตัว
- งานก่อสร้างคันทาง
- งานก่อสร้างทางยกระดับ สะพาน โครงสร้างเชื่อมต่อ และองค์ประกอบอื่นๆ
- งานป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อม เช่น เสียง ฝุ่น
- งานจัดการจราจรระหว่างการก่อสร้าง
- งานรั้ว

ข. งานโยธาของทางหลวงและถนน ได้แก่

- งานก่อสร้างถนนท้องถิ่น
- งานก่อสร้างสะพาน U-Turn และทางยกระดับข้ามทางรถไฟ
- งานก่อสร้างสะพานคนข้าม

ค. งานอาคาร ได้แก่

- งานก่อสร้างและปรับปรุงอาคารสถานี
- งานก่อสร้างและปรับปรุงพื้นที่โดยรอบอาคารสถานี

- งานก่อสร้างศูนย์ซ่อมบำรุง
- งานก่อสร้างอาคาร Park and Ride
- งานก่อสร้าง Intermodal Transfer Facilities

รายละเอียดของงานประมาณราคาหมวดงานโยธาและอาคารแยกเป็นสายทางแสดงดังตารางที่ 1 ถึง 4

ตารางที่ 1 ประมาณราคาก่อสร้างงาน โยธาและอาคารเบื้องต้นสายเหนือ(ช่วงรังสิต-บ้านภาชี)

ที่	รายการ	หน่วยวัด	ปริมาณ	ราคา/หน่วย	รวม	หมายเหตุ
1	งานทั่วไป	LS	1	10,000,000	10,000,000	
2	งานโยธาของทางรถไฟ					
2.1	งานโครงสร้างสำหรับปรับปรุงคุณภาพดิน 1 Track	Km	-	-	-	
2.2	งานโครงสร้างสำหรับปรับปรุงคุณภาพดิน 2 Track	Km	37	250,000,000	9,250,000,000	
2.3	งานดินถม 1 Track	Km	-	-	-	
2.4	งานดินถม 2 Track	Km	37	10,000,000	370,000,000	
2.5	งานระบายน้ำ	Km	60	500,000	30,000,000	
2.6	งานรั้ว	Km	120	4,000,000	480,000,000	
2.7	งานดินขุดดินนำไปทิ้ง 1 Track	Km	-	-	-	
2.8	งานดินขุดดินนำไปทิ้ง 2 Track	Km	37	2,000,000	74,000,000	
					10,204,000,000	
3	งานสะพานและโครงสร้างของทางรถไฟ					
3.1	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง ไม่เกิน 20 เมตร	Each	20	1,100,000	22,000,000	
3.2	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง 20-50 เมตร	Each	1	1,500,000	1,500,000	
3.3	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง มากกว่า 50 เมตร	Each	-	-	-	
3.4	งานโครงสร้างยกระดับ 1 Track	Km	-	-	-	
3.5	งานโครงสร้างยกระดับ 2 Track	Km	-	-	-	
3.6	งานโครงสร้างยกระดับต่ำ 2 Track	Km	-	-	-	
3.7	งานสะพานข้ามแม่น้ำ.....	Each	-	-	-	
					23,500,000	
4	งานโยธา/โครงสร้างของทางหลวงและถนน					
4.1	งานถนนท้องถิ่น 2 ช่องจราจร	Km	5	10,000,000	50,000,000	
4.2	งานสะพาน U-Turn 1 ช่องจราจร	Each	1	40,000,000	40,000,000	
4.3	งานสะพานข้ามทางรถไฟ 2 ช่องจราจร	Each	3	90,000,000	270,000,000	
4.4	สะพานคนเดินข้าม	Each	7	7,000,000	49,000,000	
4.5	งานทางลอดทางรถไฟ	Each	2	270,000,000	540,000,000	
					949,000,000	
5	งานอาคาร					
5.1	สถานีระดับพื้น	Each	13	131,000,000	1,703,000,000	
5.2	สถานียกระดับ	Each	-	-	-	
5.2	ศูนย์ซ่อมบำรุง	Each	1	550,000,000	550,000,000	
5.3	อาคาร Park and Ride	Each	-	-	-	
5.4	Intermodal Transfer Facilities	LS	-	-	-	
					2,253,000,000	
6	งานย้ายสาธารณูปโภค	LS	1	100,000,000	100,000,000	
7	อื่นๆ	LS	1	20,000,000	20,000,000	
					120,000,000	
	รวมหมวดงานโยธาและอาคาร				13,549,500,000	

ตารางที่ 2 ประมาณราคาก่อสร้างงานโยธาและอาคารเบื้องต้นสายตะวันออก(ช่วงมักกะสัน-ฉะเชิงเทรา)

ที่	รายการ	หน่วยวัด	ปริมาณ	ราคา/หน่วย	รวม	หมายเหตุ
1	งานทั่วไป	LS	1	10,000,000	10,000,000	
2	งานโยธาของทางรถไฟ					
2.1	งานโครงสร้างสำหรับปรับปรุงคุณภาพดิน 1 Track	Km	-	-	-	
2.2	งานโครงสร้างสำหรับปรับปรุงคุณภาพดิน 2 Track	Km	-	-	-	
2.3	งานดินถม 1 Track	Km	-	-	-	
2.4	งานดินถม 2 Track	Km	-	-	-	
2.5	งานระบายน้ำ	Km	54	1,000,000	54,000,000	
2.6	งานรั้ว	Km	84	4,000,000	336,000,000	
2.7	งานดินขุดดินนำไปทิ้ง 1 Track	Km	-	-	-	
2.8	งานดินขุดดินนำไปทิ้ง 2 Track	Km	-	-	-	
					390,000,000	
3	งานสะพานและโครงสร้างของทางรถไฟ					
3.1	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง ไม่เกิน 20 เมตร	Each	-	-	-	
3.2	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง 20-50 เมตร	Each	-	-	-	
3.3	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง มากกว่า 50 เมตร	Each	-	-	-	
3.4	งานโครงสร้างยกระดับ 1 Track	Km	-	-	-	
3.5	งานโครงสร้างยกระดับ 2 Track	Km	13	350,000,000	4,550,000,000	
3.6	งานโครงสร้างยกระดับต่ำ 2 Track	Km	-	-	-	
3.7	งานสะพานข้ามแม่น้ำ.....	Each	-	-	-	
					4,550,000,000	
4	งานโยธา/โครงสร้างของทางหลวงและถนน					
4.1	งานถนนท้องถิ่น 2 ช่องจราจร	Km	9	10,000,000	90,000,000	
4.2	งานสะพาน U-Turn 1 ช่องจราจร	Each	-	-	-	
4.3	งานสะพานข้ามทางรถไฟ 2 ช่องจราจร	Each	4	90,000,000	360,000,000	
4.4	สะพานคนเดินข้าม	Each	11	5,000,000	55,000,000	
4.5	งานทางลอดทางรถไฟ	Each	4	270,000,000	1,080,000,000	
					1,585,000,000	
5	งานอาคาร					
5.1	สถานีระดับพื้น	Each	13	204,000,000	2,652,000,000	
5.2	สถานียกระดับ	Each	3	350,000,000	1,050,000,000	
5.2	ศูนย์ซ่อมบำรุง	Each	1	550,000,000	550,000,000	
5.3	อาคาร Park and Ride	Each	-	-	-	
5.4	Intermodal Transfer Facilities	LS	-	-	-	
					4,252,000,000	
6	งานย้ายสาธารณูปโภค	LS	1	300,000,000	300,000,000	
7	อื่นๆ	LS	1	20,000,000	20,000,000	
					320,000,000	
	รวมหมวดงานโยธาและอาคาร				11,097,000,000	

ตารางที่ 3 ประมาณราคาก่อสร้างงานโยธาและอาคารเบื้องต้นสายตะวันตก(ช่วงตลิ่งชัน-นครปฐม)

ที่	รายการ	หน่วยวัด	ปริมาณ	ราคา/หน่วย	รวม	หมายเหตุ
1	งานทั่วไป	LS	1	6,000,000	6,000,000	
2	งานโยธาของทางรถไฟ			-		
2.1	งานโครงสร้างสำหรับปรับปรุงคุณภาพดิน 1 Track	Km	41	60,000,000	2,460,000,000	
2.2	งานโครงสร้างสำหรับปรับปรุงคุณภาพดิน 2 Track	Km				
2.3	งานดินถม 1 Track	Km	41	6,000,000	246,000,000	
2.4	งานดินถม 2 Track	Km				
2.5	งานระบายน้ำ	Km	41	500,000	20,500,000	
2.6	งานรั้ว	Km	82	2,000,000	164,000,000	
					2,890,500,000	
3	งานสะพานและโครงสร้างของทางรถไฟ			-		
3.1	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง ไม่เกิน 20 เมตร	Each	13	150,000	1,950,000	
3.2	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง 20-50 เมตร	Each	2	1,200,000	2,400,000	
3.3	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง มากกว่า 50 เมตร	Each	1	3,800,000	3,800,000	
3.4	งานโครงสร้างยกระดับ 1 Track	Km	-	-	-	
3.5	งานโครงสร้างยกระดับ 2 Track	Km	-	-	-	
3.6	งาน โครงสร้างยกระดับตัด 2 Track	Km	-	-	-	
3.7	งานสะพานข้ามแม่น้ำ.....	Each	-	-	-	
					8,150,000	
4	งานโยธา/โครงสร้างของทางหลวงและถนน					
4.1	งานถนนท้องถิ่น 2 ช่องจราจร	Km	40	10,000,000	400,000,000	
4.2	งานสะพาน U-Turn 1 ช่องจราจร	Each	19	40,000,000	760,000,000	
4.3	งานสะพานข้ามทางรถไฟ 2 ช่องจราจร	Each	1	90,000,000	90,000,000	
4.4	สะพานคนเดินข้าม	Each	3	5,000,000	15,000,000	
					1,265,000,000	
5	งานอาคาร					
5.1	สถานีระดับพื้น	Each	11	204,000,000	2,244,000,000	
5.2	สถานียกระดับ	Each	-	-	-	
5.2	ศูนย์ซ่อมบำรุง	Each	1	504,000,000	504,000,000	
5.3	อาคาร Park and Ride	Each		-	-	
5.4	Intermodal Transfer Facilities	LS	1	-	-	
					2,748,000,000	
6	งานย้ายสาธารณูปโภค	LS	1	6,000,000	6,000,000	
7	อื่นๆ	LS	1	12,000,000	12,000,000	
					18,000,000	
	รวมหมวดงานโยธาและอาคาร				6,935,650,000	

ตารางที่ 4 การประมาณราคาก่อสร้างงานโยธาและอาคารเบื้องต้นสายใต้(ช่วงมหาชัย-ปากท่อ)

ที่	รายการ	หน่วยวัด	ปริมาณ	ราคา/หน่วย	รวม	หมายเหตุ
1	งานทั่วไป	LS	1	6,000,000	6,000,000	
2	งานโยธาของทางรถไฟ					
2.1	งานโครงสร้างสำหรับปรับปรุงคุณภาพดิน 1 Track	Km				
2.2	งานโครงสร้างสำหรับปรับปรุงคุณภาพดิน 2 Track	Km	3	120,000,000	360,000,000	
2.3	งานดินถม 1 Track	Km				
2.4	งานดินถม 2 Track	Km	3	12,000,000	36,000,000	
2.5	งานระบายน้ำ	Km	59	600,000	35,400,000	
2.6	งานรั้ว	Km	118	2,000,000	236,000,000	
					667,400,000	
3	งานสะพานและโครงสร้างของทางรถไฟ					
3.1	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง ไม่เกิน 20 เมตร	Each				
3.2	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง 20-50 เมตร	Each				
3.3	งานปรับปรุงและเสริมความแข็งแรงสะพาน ความยาวช่วง มากกว่า 50 เมตร	Each				
3.4	งานโครงสร้างยกระดับ 1 Track	Km				
3.5	งานโครงสร้างยกระดับ 2 Track	Km	8	300,000,000	2,400,000,000	
3.6	งาน โครงสร้างยกระดับต่ำ 2 Track	Km	45	200,000,000	9,000,000,000	
3.7	งานสะพานข้ามแม่น้ำท่าจีน ความยาว 350 เมตร	Each	1	200,000,000	200,000,000	
3.8	งานสะพานข้ามแม่น้ำแม่กลอง ความยาว 250 เมตร	Each	1	150,000,000	150,000,000	
3.9	งานสะพานข้ามคลองสุนัขหอน ความยาว 150 เมตร	Each	1	85,000,000	85,000,000	
3.10	งานสะพานข้ามคลองแม่กลอง ความยาว 120 เมตร	Each	1	70,000,000	70,000,000	
					11,905,000,000	
4	งานโยธา/โครงสร้างของทางหลวงและถนน					
4.1	งานถนนท้องถิ่น 2 ช่องจราจร	Km	50	15,000,000	750,000,000	
4.2	งานสะพาน U-Turn 1 ช่องจราจร	Each			-	
4.3	งานสะพานข้ามทางรถไฟ 2 ช่องจราจร	Each			-	
4.4	สะพานคนเดินข้าม	Each			-	
					750,000,000	
5	งานอาคาร					
5.1	สถานีระดับพื้น	Each				
5.2	สถานียกระดับ	Each	18	350,000,000	6,300,000,000	
5.2	ศูนย์ซ่อมบำรุง	Each	1	504,000,000	504,000,000	
5.3	อาคาร Park and Ride	Each		-	-	
5.4	Intermodal Transfer Facilities	LS	1	-	-	
					6,804,000,000	
6	งานย้ายสาธารณูปโภค	LS	1	6,000,000	6,000,000	
7	อื่นๆ	LS	1	12,000,000	12,000,000	
	รวมย่อย				18,000,000	
					20,150,400,000	

5.7.4 Communication System และ Mechanical and Electrification System

งาน Communication System และ Mechanical and Electrification System จะประกอบด้วยงานหลักต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- Land acquisition
- Civil Work (** Refer to Civil & Arch. Breakdown).
- Track Work (Rails + Sleeper + Ballast)
- Station Facilities
- Electrifications
- SCADA
- Communication System
- Signalling System
- Automatic Fare Collection System

รายละเอียดของงานประมาณราคาหมวดงาน Communication System และ Mechanical and Electrification System แยกเป็นสายทางแสดงดังนี้

- สายเหนือ (รังสิต-บ้านภาชี)

North Line (Ransit - Ban Pachi) 60.2 km 15 Stations
Ransit - Ban Pachi (At Grade Section) 60.2 km 15 Stations

No.	Type of Works	Quantity	Unit	Unit Cost in m.TH.B	Unit Cost in m. USD	Amount in m.TH.B	Amount in m.USD
1	Land acquisition	512,500	m2				
2	Civil Work (** Refer to Civil & Arch. Breakdown)					13,549.5	330.5
3	Track Work (Rails + Sleeper + Ballast)					5,183.2	126.4
	3.1 Ballastless Track (Slab Tracks)	0.0	km	41.0	1.0	0.0	0.0
	3.2 Ballast Track (Rehabilitation)	60.2	km	4.1	0.1	246.8	6.0
	3.3 Ballast Track to be improved (Rebuild)	120.4	km	41.0	1.0	4,936.4	120.4
4	Station Facilities	15	Each	125.6	3.1	1,884.0	46.0
5	Electrifications					2,180.6	53.2
	5.1 Traction Return Feeder	120.4	km	10.3	0.3	1,234.6	30.1
	5.2 Bulk Substation	1	Each	471.5	11.5	471.5	11.5
	5.3 Auto Transformer	6	Each	46.8	1.1	280.8	6.8
	5.4 Station & Signal Related Power Supply	15	Each	12.9	0.3	193.6	4.7
6	SCADA	60.2	km	27.3	0.7	1,643.5	40.1
7	Communication System					3,157.0	77.0
	7.1 Line Related	60.2	km	30.8	0.8	1,851.2	45.2
	7.2 Train Related	12	Each	9.3	0.2	111.3	2.7
	7.3 Station Related	15	Each	36.9	0.9	553.5	13.5
	7.4 Fixed Cost for Communication System (20% of Total Comm. C	1	Each	1.0	1.0	503.2	12.3
	7.5 Installation Cost for Communication System	60.2	km	2.3	0.1	137.9	3.4
8	Signalling System	60.2	km	30.8	0.8	1,851.2	45.2
9	Automatic Fare Collection System					1,547.8	37.8
	9.1 Station Related	15	Each	92.3	2.3	1,383.8	33.8
	9.2 System	1	Each	164.0	4.0	164.0	4.1
Total						30,996.7	756.0

Type of Works	Quantity	Unit	Unit Cost in m.TH.B	Unit Cost in m. USD	Amount in m.TH.B	Amount in m.USD
Rolling Stock	38	Each	67.0	1.6	2,546.0	62.1

Depot: Land acquisition

Chiang Rak Noi 400 × 1,000=400,000m2

Ban Pachi 112,500m2, Building Site 41,250+1,000 × 50=91,250m2→100,000m2

Turnout: n=134

- สายตะวันออก (มักกะสัน-ฉะเชิงเทรา)

East Line (Makkasan - Chachoengsao)	56.2 km	16 Stations
Makkasan - Hua Mak (Elevated Section)	12.4 km	3 Stations
Hua Mak - Chachoengsao (At Grade Section)	43.8 km	13 Stations

No.	Type of Works	Quantity	Unit	Unit Cost in m.TH.B	Unit Cost in m. USD	Amount in m.TH.B	Amount in m.USD
1	Land acquisition	400,000	m2				
2	Civil Work (** Refer to Civil & Arch. Breakdown)					11,097.0	270.7
3	Track Work (Rails + Sleeper + Ballast)					1,247.2	30.4
	3.1 Ballastless Track (Slab Tracks)	24.8	km	41.0	1.0	1,016.8	24.8
	3.2 Ballast Track (Rehabilitation)	56.2	km	4.1	0.1	230.4	5.6
	3.3 Ballast Track to be improved (Rebuild)	0.0	km	41.0	1.0	0.0	0.0
4	Station Facilities	16	Each	125.6	3.1	2,009.6	49.0
5	Electrifications					2,111.5	51.5
	5.1 Traction Return Feeder	112.4	km	10.3	0.3	1,152.6	28.1
	5.2 Bulk Substation	1	Each	471.5	11.5	471.5	11.5
	5.3 Auto Transformer	6	Each	46.8	1.1	280.8	6.8
	5.4 Station & Signal Related Power Supply	16	Each	12.9	0.3	206.5	5.0
6	SCADA	56.2	km	27.3	0.7	1,534.3	37.4
7	Communication System					3,033.4	74.0
	7.1 Line Related	56.2	km	30.8	0.8	1,728.2	42.2
	7.2 Train Related	11	Each	9.3	0.2	102.0	2.5
	7.3 Station Related	16	Each	36.9	0.9	590.4	14.4
	7.4 Fixed Cost for Communication System (20% of Total Comm. Cost)	1	Each	1.0	1.0	484.1	11.8
	7.5 Installation Cost for Communication System	56.2	km	2.3	0.1	128.7	3.1
8	Signalling System	56.2	km	30.8	0.8	1,728.2	42.2
9	Automatic Fare Collection System					1,640.0	40.0
	9.1 Station Related	16	Each	92.3	2.3	1,476.0	36.0
	9.2 System	1	Each	164.0	4.0	164.0	4.0
Total						24,401.1	595.1

Type of Works	Quantity	Unit	Unit Cost in m.TH.B	Unit Cost in m. USD	Amount in m.TH.B	Amount in m.USD
Rolling Stock	60	Each	67.0	1.6	4,020.0	98.0

Depot: Land acquisition

Khlong Luang Phaeng 400 × 1,000=400,000m2

Building Site

Turnout: n=65

- สายตะวันตก (ตลิ่งชัน-นครปฐม)

West Line (Taling Chan- Nakon Pathom) 42.6 km 11 Stations
Taling Chan - Nakon Pathom (At Grade Section) 42.6 km 11 Stations

No.	Type of Works	Quantity	Unit	Unit Cost in m.TH.B	Unit Cost in m. USD	Amount in m.TH.B	Amount in m.USD
1	Land acquisition	315,000	m2				
2	Civil Work (** Refer to Civil & Arch. Breakdown)					6,935.7	169.2
3	Track Work (Rails + Sleeper + Ballast)					1,921.3	46.9
	3.1 Ballastless Track (Slab Tracks)	0.0	km	41.0	1.0	0.0	0.0
	3.2 Ballast Track (Rehabilitation)	42.6	km	4.1	0.1	174.7	4.3
	3.3 Ballast Track to be improved (Rebuild)	42.6	km	41.0	1.0	1,746.6	42.6
4	Station Facilities	11	Each	125.6	3.1	1,381.6	33.7
5	Electrifications					1,674.4	40.8
	5.1 Traction Return Feeder	85.2	km	10.3	0.3	873.7	21.3
	5.2 Bulk Substation	1	Each	471.5	11.5	471.5	11.5
	5.3 Auto Transformer	4	Each	46.8	1.1	187.2	4.6
	5.4 Station & Signal Related Power Supply	11	Each	12.9	0.3	142.0	3.5
6	SCADA	42.6	km	27.3	0.7	1,163.0	28.4
7	Communication System					2,245.6	54.8
	7.1 Line Related	42.6	km	30.8	0.8	1,310.0	32.0
	7.2 Train Related	8	Each	9.3	0.2	74.2	1.8
	7.3 Station Related	11	Each	36.9	0.9	405.9	9.9
	7.4 Fixed Cost for Communication System (20% of Total Comm. Cost)	1	Each	1.0	1.0	358.0	8.7
	7.5 Installation Cost for Communication System	42.6	km	2.3	0.1	97.6	2.4
8	Signalling System	42.6	km	30.8	0.8	1,310.0	32.0
9	Automatic Fare Collection System					1,178.8	28.8
	9.1 Station Related	11	Each	92.3	2.3	1,014.8	24.8
	9.2 System	1	Each	164.0	4.0	164.0	4.0
Total						17,810.2	434.4

Type of Works	Quantity	Unit	Unit Cost in m.TH.B	Unit Cost in m. USD	Amount in m.TH.B	Amount in m.USD
Rolling Stock	60	Each	67.0	1.6	4,020.0	98.0

Depot: Land acquisition

Tha Chalaep 700 × 450=315,000m2

Building Site

Turnout: n=81

- สายใต้ (มหาชัย-ปากท่อ)

South Line (Maha Chai - Pak Tho)

58.3 km

9 Stations

Maha Chai - A3.3 (Elevated Section)

55.8 km

8 Stations

A3.3 - Pak Tho (At Grade Section)

2.5 km

1 Stations

No.	Type of Works	Quantity	Unit	Unit Cost in m.THB	Unit Cost in m. USD	Amount in m.THB	Amount in m.USD
1	Land acquisition	525,000	m2				
2	Civil Work (** Refer to Civil & Arch. Breakdown)					20,150.4	491.5
3	Track Work (Rails + Sleeper + Ballast)					4,985.6	121.6
	3.1 Ballastless Track (Slab Tracks)	116.6	km	41.0	1.0	4,780.6	116.6
	3.2 Ballast Track (Newly Constructed)	5.0	km	41.0	1.0	205.0	5.0
4	Station Facilities	9	Each	125.6	3.1	1,130.4	27.6
5	Electrifications					2,064.2	50.3
	5.1 Traction Return Feeder	116.6	km	10.3	0.3	1,195.7	29.2
	5.2 Bulk Substation	1	Each	471.5	11.5	471.5	11.5
	5.3 Auto Transformer	6	Each	46.8	1.1	280.8	6.8
	5.4 Station & Signal Related Power Supply	9	Each	12.9	0.3	116.2	2.8
6	SCADA	58.3	km	27.3	0.7	1,591.6	38.8
7	Communication System					2,805.8	68.4
	7.1 Line Related	58.3	km	30.8	0.8	1,792.7	43.7
	7.2 Train Related	11	Each	9.3	0.2	102.0	2.5
	7.3 Station Related	9	Each	36.9	0.9	332.1	8.1
	7.4 Fixed Cost for Communication System (20% of Total Comm.	1	Each	1.0	1.0	445.4	10.9
	7.5 Installation Cost for Communication System	58.3	km	2.3	0.1	133.6	3.3
8	Signalling System	56.8	km	30.8	0.8	1,746.6	42.6
9	Automatic Fare Collection System					994.3	24.3
	9.1 Station Related	9	Each	92.3	2.3	830.3	20.3
	9.2 System	1	Each	164.0	4.0	164.0	4.0
Total						35,468.8	865.1

Type of Works	Quantity	Unit	Unit Cost in m.THB	Unit Cost in m. USD	Amount in m.THB	Amount in m.USD
Rolling Stock	38	Each	67.0	1.6	2,546.0	62.1

Depot: Land acquisition

Ban Na Khok 350 × 1,500=525,000m2

Building Site

Turnout: n=20

5.7.5 งาน Rolling Stock

งาน Rolling Stock ได้ประมาณการไว้ 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ปี ค.ศ. 2012 ปี 2022 ปี 2037 มีรายละเอียดดังนี้

Rolling Stock Cost

Year 2012		in m.THB		DMU	62 m.THB/Car
				EMU	67 m.THB/Car
Line	DMU		EMU		Total
	Quantity	Amount	Quantity	Amount	
North-South			66	4,422	4,422
East-West			104	6,968	6,968
Total	0	0	170	11,390	11,390
Stand by (15%)	0	0	26	1,709	1,709
Grand Total	0	0	196	13,099	13,099

Year 2022		in m.THB		DMU	62 m.THB/Car
				EMU	67 m.THB/Car
Section	DMU		EMU		Total
	Quantity	Amount	Quantity	Amount	
North-South			132	8,844	8,844
East-West			256	17,152	17,152
Total	0	0	388	25,996	25,996
Stand by (15%)	0	0	58	3,899	3,899
Grand Total	0	0	446	29,895	29,895

Year 2037		in m.THB		DMU	62 m.THB/Car
				EMU	67 m.THB/Car
Line	DMU		EMU		Total
	Quantity	Amount	Quantity	Amount	
North-South			162	10,854	10,854
East-West			306	20,502	20,502
Total	0	0	468	31,356	31,356
Stand by (15%)	0	0	70	4,703	4,703
Grand Total	0	0	538	36,059	36,059

5.7.6 งานบริหารโครงการและควบคุมงาน(Construction Supervision)

งานบริหารงานโครงการและควบคุมงาน ที่ปรึกษาจะพิจารณาใช้ตามสัดส่วนของแต่ละงาน โดยจะใช้เป็นร้อยละของค่างานต่างๆ ดังนี้

- งานบริหารโครงการ (PMC) คิดเป็นร้อยละ 1.5 ของราคารวมของงานก่อสร้างงานโยธาและงานก่อสร้างและติดตั้งระบบไฟฟ้าและโทรคมนาคม
- งานควบคุมงานก่อสร้าง(CSC) งานโยธา คิดเป็นร้อยละ 2.0 ของราคารวมของงานก่อสร้างงานโยธา
- งานควบคุมงานก่อสร้างและติดตั้ง (CSC) ระบบไฟฟ้าและโทรคมนาคม คิดเป็นร้อยละ 1.5 ของราคารวมของงานก่อสร้างและติดตั้งระบบไฟฟ้าและโทรคมนาคม

การกำหนดราคางานในส่วนนี้จะใช้สกุลเงินไทย (บาท)

INSERT ตารางที่ 1 สรุปราคาค่าก่อสร้างเบื้องต้นโครงการรถไฟฟ้าชานเมือง สายรังสิต-บ้านภาชี

INSERT ตารางที่ 1 สรุปราคาค่าก่อสร้างเบื้องต้นโครงการรถไฟฟ้าชานเมือง สายมวกะสัน-ฉะเชิงเทรา

INSERT ตารางที่ 1 สรุปราคาค่าก่อสร้างเบื้องต้นโครงการรถไฟฟ้าชานเมือง สายคลังชัน-นครปฐม

INSERT ตารางที่ 1 สรุปราคาค่าก่อสร้างเบื้องต้นโครงการรถไฟฟ้าชานเมือง สายมหาชัย-ปากท่อ

5.8 วิธีการก่อสร้างในขั้นตอนต่างๆ และการจัดการจราจรระหว่างการก่อสร้าง

วิธีการก่อสร้างในขั้นตอนต่างๆ ประกอบด้วย

1. การเตรียมการก่อสร้าง (Site Preparation & Mobilization)
2. การปรับปรุงคุณภาพชั้นดินรองรับคันทาง (Ground improvement)
3. การก่อสร้างคันทางรถไฟ
 - 3.1 คันทางระดับดิน (At grade formation)
 - 3.2 คันทางยกระดับ (Elevated viaduct)
 - 3.3 สะพานทางรถไฟ (Railway bridge)
4. การก่อสร้างทางรถไฟ (Track Work)
5. การติดตั้งระบบเครื่องกลและระบบไฟฟ้า (M&E System)
6. การก่อสร้างสถานีรถไฟ (Station)
7. การติดตั้งระบบอาณัติสัญญาณ (Signaling)
8. การก่อสร้างทางข้ามและทางเชื่อม (Crossing & Approach)
9. การก่อสร้างโรงจอดซ่อมบำรุง (Depot/Workshop)

5.8.1 การเตรียมการก่อสร้าง (Site preparation & Mobilization)

ขั้นตอนในการเตรียมการก่อสร้าง ประกอบด้วย

- (1) การจัดตั้งสำนักงานก่อสร้างโครงการ
- (2) การก่อสร้างโรงเก็บของ เรือนพักคนงาน
- (3) การก่อสร้างลานหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป
- (4) การขนย้ายเครื่องมือเครื่องจักรอุปกรณ์เข้าหน่วยงาน
- (5) การเตรียมการด้านสาธารณูปโภคชั่วคราวเพื่อการก่อสร้าง

การดำเนินการดังกล่าวข้างต้นพิจารณาใช้พื้นที่ที่มีการเดินทางเข้าสู่พื้นที่โครงการได้โดยสะดวกตลอดแนวพื้นที่ที่จะเป็นลักษณะการเข้าบนพื้นที่ว่างเปล่า หรือการตกลงจัดซื้อ ซึ่งจะไม่กระทบต่อการจราจร การเดินขบวนรถไฟ โดยจะพิจารณาพื้นที่นอกเขตทางรถไฟเป็นหลัก

5.8.2 การปรับปรุงคุณภาพชั้นดินรองรับคันทางรถไฟ

จากการศึกษาวิเคราะห์วิศวกรรมธรณีเทคนิคตามแนวสายทางทั้ง 4 สาย ที่ปรึกษาได้พิจารณาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาคูณภาพชั้นดินรองรับคันทางรถไฟ ดังนี้

5.8.2.1 สายรังสิต-สถานีบ้านภาชี

ในเส้นทางสายเหนือปัจจุบัน ประกอบด้วย ทางรถไฟทั้งสิ้น 3 ราง (Tripple Track) โดยประกอบด้วย คันทางเดิม จำนวน 2 ราง (ทางขึ้นและทางลง) อยู่บนคันทางเดิมที่ยังมิได้ปรับปรุง ในขณะที่ราง

ใหม่ (รางสาม) นั้นก่อสร้างด้วยวิธี Bearing Unit บนฐานรากเสาเข็ม และจากการพิจารณาเรื่องระยะห่างของราง และองค์ประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง พบว่าไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างด้วยวิธี Bearing Unit เนื่องจากข้อจำกัดในระยะห่างระหว่างรางที่มีน้อยเกินไป ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถปฏิบัติการก่อสร้างได้ ตลอดจนผลกระทบที่มีต่อการเดินรถในสายทางจากเหตุผลข้างต้น จึงประยุกต์ใช้ระบบ Jet Grouting Wall ในการปรับปรุงคันทางเดิม เพื่อเพิ่มเสถียรภาพ และจำกัดพื้นที่การยุบตัวในแนวดิ่งและการเคลื่อนตัวในด้านข้าง (Vertical & Lateral Displacement) ของดินใต้คันทาง หรือเพื่อให้เกิดความแข็งแรง (Stiffness) ของดินคันทางมากขึ้น โดยทำการก่อสร้าง Jet Grouting Continuous Wall จำนวน 2 แถว เพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของดิน และทำการก่อสร้าง Cement Stabilizing Mat เป็น Layer บางๆ หนาประมาณ 0.5 – 0.6 เมตร โดยการอัดฉีดน้ำปูนด้านข้าง (Lateral Jet Grouting) และการก่อสร้างสามารถดำเนินการได้โดยไม่ต้องหยุดการเดินรถแต่อย่างใด

5.8.2.2 สายมวกะสัน-ฉะเชิงเทรา

สายทางในโครงการ ประกอบด้วย ทางรถไฟปัจจุบันจำนวน 2 ราง ซึ่งก่อสร้างด้วยวิธี Bearing Unit on Pile แล้วนั้นจึงไม่มีการปรับปรุงคันทางใหม่ แต่จะต้องปรับปรุงในระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เหมาะสมในการเดินรถและตามรายละเอียดข้อกำหนดในโครงการ

5.8.2.3 สายคลังชัน-นครปฐม

ปรับปรุงโดยการก่อสร้าง Bearing Unit ซึ่งประกอบด้วยการตอกเสาเข็มปูพรมที่ระยะห่างประมาณ 1.5-2.0 เมตร และก่อสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กบนเสาเข็ม เพื่อถ่ายน้ำหนักคันทางและรถไฟ โดยจะก่อสร้างในแต่ละช่วงของสถานี ซึ่งรางดังกล่าวต้องหยุดการเดินรถ และเดินรถโดยทางคู่ขนาน

5.8.2.4 สายมหาชัย-ปากท่อ

สภาพพื้นดินตามสายทางมหาชัย-ปากท่อ มีลักษณะเป็นชั้นดินอ่อนถึงอ่อนมาก ทำให้การก่อสร้างทางที่ระดับพื้นดิน (at grade) เพื่อควบคุมการทรุดตัวสำหรับรถไฟที่มีความเร็วสูงทำได้ยาก ที่ปรึกษาออกแบบเป็นลักษณะโครงสร้างยกระดับต่ำ (Low Viaduct) โดยแยกลักษณะโครงสร้างเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่มีเสา 2 เสาคร่อมบนทางรถไฟที่เดินรถในปัจจุบัน และรูปแบบเสาเดี่ยวกรณีที่เป็นแนวเส้นทางใหม่ ในการดำเนินการไม่จำเป็นต้องหยุดการเดินรถแต่อย่างใด รถไฟกับการจราจรข้ามทางรถไฟเดิมก็สามารถใช้งานได้ตามปกติ ทำให้มีผลกระทบด้านเศรษฐกิจน้อยมาก

5.8.3 การก่อสร้างคันทางรถไฟ

5.8.3.1 คันทางระดับดิน (A-Grad Formation)

หลังจากดำเนินการปรับปรุงคุณภาพชั้นดินรองรับคันทางโดยวิธีดังกล่าวข้างต้นแล้ว จะดำเนินการถมบดอัดดินเพื่อก่อสร้างคันทางรถไฟ โดยดำเนินการถมดินเป็นชั้นๆ ตามข้อกำหนด

5.8.3.2 ทางยกระดับ (Elevated Viaduct)

ทางยกระดับ (Elevated Viaduct) จะดำเนินการก่อสร้างโดยไม่ต้องมีการหยุดการเดินรถในปัจจุบัน ในกรณีที่ก่อสร้างทับตามแนวรถไฟเดิม ออกแบบในลักษณะเสาเดี่ยว กรณีที่อยู่ในช่วงที่เขตทางเพียงพอ และออกแบบเป็นลักษณะเสาเดี่ยว ขั้นตอนการก่อสร้างประกอบด้วย

- งานเสาเข็ม (Pile Work)
- งานฐานราก (Pile cap)
- งานเสาตอม่อ (Pier)
- งานโครงสร้างส่วนบน

5.8.3.3 สะพานทางรถไฟ (Railway bridges)

งานสะพานทางรถไฟมีการดำเนินการก่อสร้าง 2 กรณี ได้แก่ การเสริมความแข็งแรงของสะพานรถไฟเดิม และงานก่อสร้างสะพานทางรถไฟใหม่ ในกรณีเสริมความแข็งแรงสะพานรถไฟเดิมจะดำเนินการก่อสร้างไปช่วงเวลาที่รถไฟหยุดเดินรถ ทำให้ไม่กระทบและเกิดความสูญเสียในระหว่างการก่อสร้าง ส่วนกรณีสร้างสะพานรถไฟใหม่ในโครงการจะมีการดำเนินการในสายมหาชัย-ปากท่อ ซึ่งจะนอกแนวสายทางรถไฟเดิม ไม่มีผลกระทบต่อการใช้งาน

5.8.4 การก่อสร้างทางรถไฟ (Track Work)

ดำเนินการก่อสร้างหลังจากที่ได้ดำเนินการก่อสร้างคันทางเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผลกระทบต่อการเดินรถจะมีลักษณะต่อเนื่องจากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจะต้องมีการหยุดการเดินรถในแต่ละช่วงสถานีเป็นสายทางที่กำลังปรับปรุง และใช้สายทางที่เหลื่อเดินรถสลับกันไป ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการเดินรถเมื่อผ่านจุดที่ก่อสร้าง ซึ่งจะต้องทำการสลับรางในการเดินรถ ทำให้เสียเวลาในการรอรถวิ่งสวนทาง

5.8.5 การติดตั้งระบบเครื่องกลและระบบไฟฟ้า (M&E System)

การติดตั้งบางส่วนจะดำเนินการไปพร้อมกับการก่อสร้างทางรถไฟ ส่วนการติดตั้งบางส่วน ได้แก่ เสาไฟฟ้า (Centenary Post) และรางสายไฟฟ้า สามารถดำเนินการก่อสร้างโดยไม่ต้องหยุดการเดินรถ การติดตั้งระบบไฟฟ้ายังรวมถึงการก่อสร้าง Sub Station ในตำแหน่งที่เหมาะสม

5.8.6 การก่อสร้างสถานีรถไฟ (Station)

การก่อสร้างสถานีรถไฟ แยกตามลักษณะของรูปแบบได้ ดังนี้

3.8.6.1 การก่อสร้างสถานีใหม่บนเส้นทางใหม่ หรือเส้นทางเดิมบนพื้นที่ใหม่ การก่อสร้างดังกล่าวจะสามารถดำเนินการได้ตามลำดับขั้นตอนได้ไม่มีผลกระทบต่อการใช้งาน

3.8.6.2 การก่อสร้างปรับปรุงสถานีจากสถานีในตำแหน่งเดิม การก่อสร้างจะต้องดำเนินการจัดทำ
ชานชาลา (Platform) ขั้วคราวในตำแหน่งใกล้สถานีเดิม รวมถึงสถานีขั้วคราว เพื่อการเดินรถไฟตามปกติ แล้วจึง
ดำเนินการก่อสร้างหรือปรับปรุงตามรูปแบบที่ได้ทำการออกแบบไว้

5.8.7 การติดตั้งระบบอาณัติสัญญาณ (Signaling)

ดำเนินการติดตั้งระบบอาณัติสัญญาณในช่วงที่ดำเนินการภายหลัง รวมถึงการดำเนินการบริเวณ
ย่านสถานี และการปรับปรุงระบบอาณัติสัญญาณบนรางเดิม ซึ่งดำเนินการช่วงนอกเวลาการเดินรถ หรืออาจจะ
ต้องดำเนินการหยุดเดินรถในบางช่วง

5.8.8 การก่อสร้างทางข้ามและทางเชื่อม (Crossing & Approach)

ในการดำเนินการก่อสร้างทางข้ามและทางเชื่อมสามารถดำเนินการได้โดยไม่กระทบต่อการเดินรถ แต่
อาจมีผลต่อการเดินทางข้ามของรถยนต์ ซึ่งอาจมีการกำหนดระยะเวลาในการดำเนินการเพื่อสับหลัก

5.8.9 การก่อสร้างโรงจอดซ่อมบำรุง (Depot/Workshop)

การดำเนินการก่อสร้างโรงจอดซ่อมบำรุง (Depot/Workshop) สามารถดำเนินการได้โดยไม่กระทบต่อ
การเดินรถ เนื่องจากโรงจอดซ่อมบำรุงจะถูกกำหนดแยกออกมาต่างหาก เมื่อดำเนินการเรียบร้อยแล้วจึงดำเนินการ
ก่อสร้างทางรถไฟเชื่อมต่อ เพื่อนำรถเข้าจอดซ่อมบำรุงในลำดับสุดท้าย

ที่ปรึกษาได้กำหนดแผนการก่อสร้างในเบื้องต้นของทางรถไฟในแต่ละสายทาง ดังแสดงไว้ในตาราง

INSERT ตารางที่ 1 แผนการก่อสร้าง

5.9 คำอุปกรณ์ เครื่องใช้ที่จำเป็น

แนวคิดของระบบ AFC

มีการออกแบบระบบ AFC ที่แตกต่างกันจำนวนมากที่ใช้กันอยู่ทั่วโลก โดยแบ่งประเภทกว้างๆ ออกเป็นระบบ “เปิด” และระบบ “ปิด”

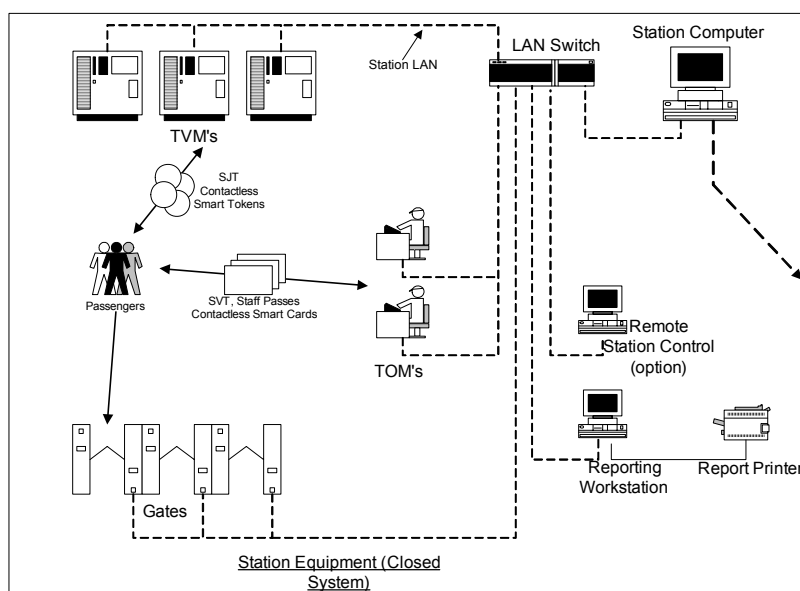
ระบบ AFC ของรถไฟฟ้าสายสีแดงจะประกอบไปด้วยทั้งระบบเปิดและปิด ระบบปิดจะทำงานภายในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งมีผู้โดยสารที่พึ่งพาระบบรถไฟของ รฟท. เป็นหลัก ระบบเปิดจะให้บริการผู้โดยสารที่เดินทางอยู่นอกพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งมีจำนวนผู้โดยสารที่สถานีไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายของระบบปิดอย่างสิ้นเชิง

ระบบปิด

ระบบ AFC แบบปิด จะมีที่กั้นระหว่างพื้นที่ในส่วนที่ยังไม่มีการจ่ายค่าโดยสาร (สาธารณะ) และพื้นที่ส่วนที่มีการจ่ายค่าโดยสารแล้ว (ผู้โดยสาร)

เพื่อที่จะเข้าถึงพื้นที่จ่ายค่าโดยสาร ผู้โดยสารจะต้องมีตัวที่ใช้การได้ ซึ่งจะใช้ในการผ่านประตูเข้าไปยังพื้นที่ผู้โดยสาร

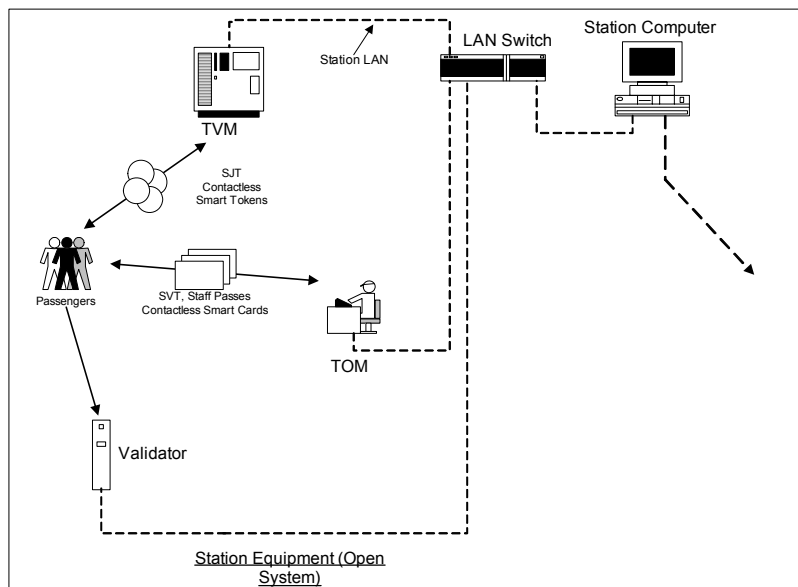
ที่ปลายเส้นทางผู้โดยสารจะต้องใช้ตัวผ่านที่กั้นอีกครั้งเพื่อที่จะออกจากระบบ ประตูทางออกใช้ข้อมูลที่บันทึกไว้จากประตูทางเข้า เพื่อที่จะดูว่าตัวนั้นๆ สามารถใช้ออกจากระบบที่ตำแหน่งนี้หรือไม่ หรือเพื่อหักเงินค่าโดยสารออกจากตัวสะสมมูลค่า



ระบบเปิด

ระบบ AFC แบบเปิด จะไม่มีที่กั้นระหว่างพื้นที่ในส่วนที่ยังไม่มีการจ่ายค่าโดยสาร (สาธารณะ) และพื้นที่ส่วนที่มีการจ่ายค่าโดยสารแล้ว (ผู้โดยสาร) อย่างไรก็ตาม จะมีอุปกรณ์ในการตรวจสอบตั๋ว ซึ่งจะทำหน้าที่เช่นเดียวกับประตูของระบบปิดโดยไม่ต้องอาศัยกลไกของที่กั้น

ผู้โดยสารจะต้องมีตั๋วที่ใช้ได้ แต่จะไม่มีการตรวจสอบตั๋วอัตโนมัติที่ทางเข้าหรือออก การตรวจสอบตั๋วจะมีขึ้นระหว่างทางโดยเจ้าหน้าที่ตรวจตั๋วพร้อมกับเครื่องมือวิเคราะห์ตั๋วแบบพกพาได้ โดยจะทำการปรับผู้โดยสารที่ยังไม่ได้ชำระค่าโดยสาร



ผู้โดยสารรถไฟฟ้าทางไกล

ผู้โดยสารที่ปรารถนาจะเดินทางไปนอกพื้นที่ AFC จะใช้ระบบตั๋วกระดาษที่มีอยู่ โดยซื้อตั๋วจากห้องออกตั๋วบนสถานีที่เดินทางออกมา ในบางสถานีจะมีขนาดเล็กสำหรับผู้โดยสารทางไกลโดยเฉพาะซึ่งจะไม่มีอุปกรณ์ AFC มาเกี่ยวข้อง โดยผู้โดยสารจะเดินทางออกจากระบบผ่านประตูทางออกที่มีอยู่เดิมที่สถานีแบบปิด ผู้โดยสารจะเข้าและออกผ่านประตูให้บริการ พนักงานตรวจตั๋วจะอยู่ประจำตำแหน่งเหล่านี้ในกรณีที่จำเป็นเนื่องจากสถานีที่มีเครื่องมือ AFC ติดตั้งอยู่กระจายอยู่ทั่วไปในกรุงเทพฯ จำนวนผู้โดยสารที่จะใช้ระบบเดิมจะค่อยๆ ลดลง

อุปกรณ์ AFC

องค์ประกอบที่สำคัญของระบบ AFC ได้แก่:

- เครื่องออกตั๋วอัตโนมัติ (TVM)
- เครื่องเพิ่มมูลค่าตั๋วอัตโนมัติ (AVM)
- ประตูตรวจตั๋วอัตโนมัติ (AGM)

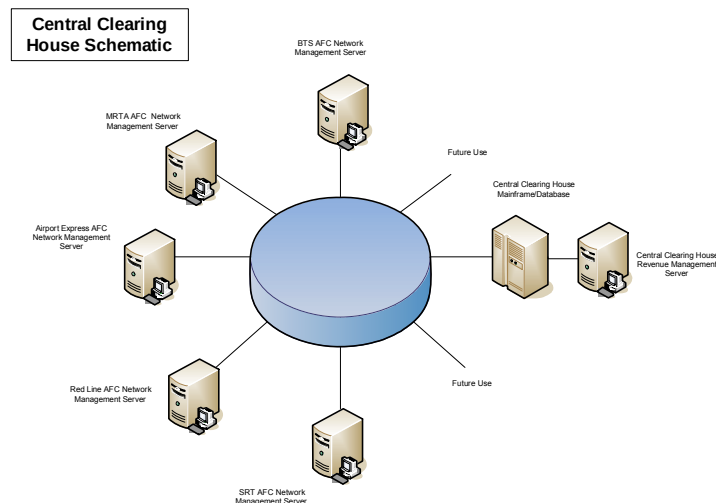
- เครื่องมือออกตั๋วที่ห้องออกตั๋ว (TOM)
- เครื่องมือตรวจสอบมูลค่าในตัว (VCM)
- คอมพิวเตอร์ประจำสถานี (SC)
- คอมพิวเตอร์ส่วนกลาง (CC)
- เครื่องพิมพ์เลเซอร์และเครื่องพิมพ์ใบเสร็จรับเงิน
- เครื่องเพิ่มมูลค่าตั๋วอัตโนมัติ Network infrastructure

สื่อที่ใช้ทำตั๋ว

ระบบ AFC จะใช้สื่อทำตั๋วที่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งประกอบไปด้วยเหรียญอัจฉริยะไร้สัมผัส (CST) สำหรับตั๋วเดินทางเที่ยว และบัตรอัจฉริยะไร้สัมผัส (CSC) สำหรับตั๋วสะสมมูลค่าและตั๋วแบบจำกัดเวลา เหรียญ CST จะถูกเรียกเก็บที่ทางออกและถูกนำมาใช้ใหม่ ในขณะที่บัตร CSC จะต้องได้รับการเติมเงินเพิ่มหากมูลค่าที่อยู่ในบัตรถูกใช้จนหมดแล้ว

ศูนย์จัดการตั๋วโดยสารส่วนกลาง (CCH)

CCH เป็นการปรับปรุงระบบในอนาคตซึ่งจะยอมให้ผู้โดยสารใช้ตั๋วเพียงใบเดียวโดยสารผ่านเครือข่ายและรูปแบบการเดินทางที่ต่างกันได้ เช่น รถไฟ, BTS และรถโดยสารประจำทางปรับอากาศ โดย CCH จะวิเคราะห์สัดส่วนการใช้ตั๋วและแบ่งรายได้ไปยังผู้ให้บริการต่างๆ ตามข้อกำหนดที่ได้ตั้งไว้ล่วงหน้า



5.10 ศึกษาและให้คำแนะนำด้านการซ่อมบำรุงรวมทั้งประเมินราคาค่าปรับปรุงขบวนรถปัจจุบัน

การศึกษาได้ดำเนินการในส่วนของการปรับปรุงรถไฟของ รฟท. ในปัจจุบันสำหรับการติดตั้ง ATP, ATS-P

ข้อเสนอแนะในการบำรุงรักษาและการประมาณค่าใช้จ่ายมีดังนี้

- 1) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับติดตั้งระบบ ATP, ATP-S กับระบบล้อเลื่อนที่มีอยู่ (Rolling Stock)

US\$220,000.00 = 41.00 บาท -US\$ = 9,020,000 บาทต่อหน่วย

- 2) อะไหล่และการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (corrective maintenance) ต่อหน่วยต่อเดือน

US\$800.00 = 41.00 บาท -US\$ = 36,900 บาทต่อหน่วย

- 3) อุปกรณ์ Trackside ATC ต่อหน่วย

US\$67,706.00 = 41.00 บาท -US\$ = 2,775,946 บาท

ทุกวิธีการจะมีการแลกเปลี่ยนระหว่างค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินงาน และความต้องการต่างๆ จะมีการดำเนินการภายใต้การจรรยาบรรณร่วมกับยานพาหนะประเภทอื่น :

- 1) ติดตั้งขอบทางกับสิ่งอำนวยความสะดวกของ ATP ในขณะที่ยังคงรักษาสัญญาณที่มองเห็นด้วยตาที่มีอยู่
- 2) ค่อยๆ ดำเนินการติดตั้ง ATP ในขบวนรถทั้งหมด
- 3) รักษาข้อกำหนดด้านสัญญาณเดิมที่มีอยู่จนกว่าจะติดตั้ง ATP บนรถไฟทั้งหมด

สามารถปรับอุปกรณ์ให้เข้ากับข้อกำหนดของ รฟท. ได้ และเป็นอิสระจากรถลากจูงที่เลือก (EMU หรือ DMU)