



สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร

การศึกษาและจัดทำคู่มือการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษา
งานโครงสร้างทางรถไฟ และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ

THE STUDY AND DEVELOPMENT OF STANDARDS AND MANUAL FOR DESIGN,
CONSTRUCTION, AND MAINTENANCE OF RAILWAY TRACK

ЖЭК № 0034/

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	
บทที่ 1 บทนำ	1-1
1.1 หลักการและเหตุผล	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-2
1.3 ขอบเขตงาน	1-2
1.4 ระยะเวลาดำเนินการ	1-3
1.5 กำหนดการส่งมอบรายงาน	1-3
1.6 การบริหารโครงการ	1-4
บทที่ 2 แนวทางการศึกษา	2-1
2.1 บทนำ	2-1
2.1.1 นิยามโครงสร้างทางรถไฟ (Railway Track)	2-1
2.1.2 ภาพรวมการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟในประเทศไทย	2-3
2.1.3 วัตถุประสงค์	2-4
2.1.4 ขอบเขตการศึกษา	2-5
2.2 แนวทางการศึกษา	2-7
2.3 องค์ประกอบและขั้นตอนการจัดทำ (ร่าง) มาตรฐานฯ	2-8
2.4 มาตรฐานและคู่มือการออกแบบทางรถไฟในประเทศต่างๆ และแนวทางการศึกษาเปรียบเทียบ	2-11
2.4.1 แนวทางการศึกษาเปรียบเทียบ	2-11
2.5 ผลการทบทวนมาตรฐานและคู่มือต่างๆที่เกี่ยวข้อง	2-14
2.6 การดำเนินการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย และแผนประชาสัมพันธ์โครงการ	2-42
2.6.1 การจัดสัมมนาและประชาสัมพันธ์	2-42
2.6.2 การจัดเตรียมสื่อประชาสัมพันธ์	2-42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ผลการทบทวนกรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้าง ทางรถไฟ	3-1
3.1 บทนำ	3-1
3.2 ผลการทบทวนกรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศต่างๆที่ใช้ในปัจจุบัน	3-1
3.2.1 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ International Union of Railways, UIC	3-2
3.2.2 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศญี่ปุ่น	3-9
3.2.3 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน	3-11
3.2.4 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	3-14
3.2.5 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศสหรัฐอเมริกา	3-16
3.2.6 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศออสเตรเลีย	3-18
3.2.7 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศไทย	3-25
3.3 ผลการทบทวนกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟสำหรับประเทศไทย	3-32
บทที่ 4 ผลการทบทวนข้อกำหนดการออกแบบระบบโครงสร้างทางรถไฟ	4-1
4.1 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ International Union of Railways, UIC	4-1
4.1.1 ข้อกำหนดการออกแบบก่อสร้างและบำรุงรักษาทางรถไฟของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป	4-1
4.1.2 มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคสำหรับทางรถไฟของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป	4-2
4.2 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศประเทศญี่ปุ่น	4-7
4.2.1 ข้อกำหนดการออกแบบก่อสร้างและบำรุงรักษาทางรถไฟของประเทศญี่ปุ่น	4-7
4.2.2 มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคสำหรับระบบรางของประเทศญี่ปุ่น (Technical Regulatory Standards on Japanese Railways)	4-8
4.3 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	4-15
4.3.1 ข้อกำหนดสำหรับมาตรฐานการก่อสร้างทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี (Provisions on Railroad Construction Standards)	4-15
4.3.2 มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคสำหรับระบบรางของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	4-15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศสหรัฐอเมริกา	4-23
4.4.1 ข้อกำหนดสำหรับมาตรฐานการก่อสร้างทางรถไฟของประเทศสหรัฐอเมริกา	4-23
4.4.2 มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคสำหรับระบบรางของประเทศสหรัฐ	4-25
4.5 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศออสเตรเลีย	4-29
4.5.1 ข้อกำหนดการออกแบบก่อสร้างและบำรุงรักษาทางรถไฟของประเทศออสเตรเลีย	4-29
4.5.2 มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคสำหรับระบบรางของออสเตรเลีย	4-29
4.6 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศไทย	4-45
4.6.1 ทบทวนกฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	4-45
4.6.2 ทบทวนกฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย (รฟม.)	4-50
4.7 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน	4-53
4.7.1 มาตรฐานการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน	4-54
4.7.2 TB 10082-2005 Code for Design of Railway Track	4-55
4.7.3 TB 10413-2003 Standard for Constructional Quality Acceptance of Railway Track Engineering	4-58
บทที่ 5 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ	5-1
5.1 บทนำ	5-1
5.2 ผลการศึกษาทบทวนการจัดทำมาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ	5-2
5.2.1 บทนำ	5-2
5.2.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งประเภททางรถไฟ	5-2
5.2.3 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ	5-7
5.3 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบวางแผนเส้นทาง	5-8
5.3.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี	5-8
5.3.2 ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบวางแผนเส้นทางของแต่ละประเทศ	5-22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3.3 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานของ Structure gauge, Layout and Clearance	5-31
5.5.4 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานของ Alignment	5-34
5.3.5 สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางแนวเส้นทาง	5-37
5.4 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง	5-38
5.4.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี	5-38
5.4.2 ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทางของแต่ละประเทศ	5-55
5.4.3 สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง	5-57
5.5 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีต	5-59
5.5.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี	5-59
5.5.2 ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีตของแต่ละประเทศ	5-70
5.5.3 สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีต	5-78
5.6 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานรางเชื่อมยาว	5-80
5.6.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี	5-80
5.6.2 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานเชื่อม Flash Butt Welding	5-95
5.6.3 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับการเชื่อม Flash Butt Welding	5-98
5.6.4 ผลการทบทวนมาตรฐานรางเชื่อมยาวของแต่ละประเทศ	5-100
5.6.5 ผลการทบทวนมาตรฐานการเชื่อมรางยาวของแต่ละประเทศ	5-104
5.6.6 รายละเอียดการเปรียบเทียบเบื้องต้นการเชื่อมรางเชื่อมยาว	5-105
5.6.7 สรุปผลการทบทวนมาตรฐานรางเชื่อมยาวของแต่ละประเทศ	5-109
5.6.8 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานรางเชื่อมยาว	5-112
5.7 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานองค์ประกอบทางรถไฟ	5-115
5.7.1 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบรางและรอยต่อราง	5-115
5.7.2 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการออกแบบราง	5-137
5.7.2 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบแผ่นรองราง	5-138

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.7.3 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบอุปกรณ์ยึดรั้ง	5-156
5.7.4 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการออกแบบระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง	5-173
5.7.5 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบหมอนรองราง	5-177
5.7.6 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการออกแบบระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง	5-286
5.7.7 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบหมอนรองราง	5-308
5.7.8 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการประแจ และ จุดตัด	5-115
5.8 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ	5-311
5.8.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี	5-311
5.8.2 ผลการทบทวนมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟของแต่ละประเทศ	5-319
5.8.3 สรุปผลการทบทวนมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟของแต่ละประเทศ	5-324
5.8.4 สำหรับการจัดทำมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟของประเทศไทยนั้น ที่ปรึกษาได้รวบรวมข้อมูลและทำการศึกษาเปรียบเทียบโดยได้ผลลัพธ์ดังผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ	5-324
5.8.5 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ	5-326
5.9 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ	5-330
5.9.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี	5-330
5.9.2 ผลการทบทวนมาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟของแต่ละประเทศ	5-335
5.9.3 สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ	5-344
5.10 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ	5-347
5.10.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี	5-347
5.10.2 ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบระบบระบายน้ำบนทางรถไฟของแต่ละประเทศ	5-353
5.10.3 สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ	5-359
5.10.4 สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ	5-374
5.11 บทสรุปและแนวทางการยกร่างมาตรฐานของประเทศไทย	5-374

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 ผลการทบทวนข้อกำหนด และ มาตรฐานการออกแบบรถไฟความเร็วสูงและระบบขนส่งมวลชน ขนาดรอง	6-1
6.1 ระบบรถไฟความเร็วสูง (High Speed Railway System)	6-1
6.1.1 รูปร่างของแนวเส้นทาง (Track geometry)	6-8
6.1.2 น้ำหนักออกแบบ (Track loads)	6-10
6.1.3 ระยะเพื่อสำหรับรถไฟ (Loading gauge)	6-11
6.1.4 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรถไฟและสะพาน (Vehicle-Bridge Interaction)	6-11
6.1.5 จุดเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (Transition zone)	6-13
6.1.6 สรุปสาระสำคัญของข้อกำหนดการออกแบบระบบรถไฟความเร็วสูงในปัจจุบัน	6-13
6.1.7 แนวทางการพัฒนามาตรฐานทางรถไฟสำหรับระบบรถไฟความเร็วสูงของประเทศไทย	6-16
6.2 ระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง	6-17
6.2.1 เทคโนโลยีรถไฟรางเดี่ยว (Monorail)	6-19
6.2.2 ระบบขนส่งมวลชนนำทางอัตโนมัติ (AGT)	6-20
6.2.3 รถไฟฟ้ารางเบา (LRT/TRAM)	6-22
บทที่ 7 สรุปผลการจัดทำมาตรฐาน การจัดทำคู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และคู่มือบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ	7-1
7.1 บทนำ	7-1
7.2 แผนการปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้านงานโครงสร้างทางรถไฟไปใช้ประโยชน์	7-7
7.3 การประเมินผลและการปรับปรุงมาตรฐานและคู่มือให้มีระดับคุณภาพและความปลอดภัยต่อระบบ โครงสร้างทางรถไฟ	7-12
บทที่ 8 การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย	8-1
8.1 วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	8-1
8.2 การดำเนินงานด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	8-1
8.3 ผลการดำเนินงานด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย	8-2
8.3.1 การประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Deep interview)	8-2
8.3.2 การสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย (Focus Group)	8-8

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
8.3.3 การสัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ (Public Hearing)	8-18
8.4 การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้	8-23
8.4.1 การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1	8-23
8.4.2 การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2	8-30
บทที่ 9 บทสรุป	9-1
9.1 การจัดทำมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ	9-1
9.2 การจัดทำคู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ	9-6
9.3 การจัดทำคู่มือบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ	9-17
9.4 งานจัดทำแผนการปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้านงานโครงสร้างทางรถไฟที่พัฒนาขึ้นไปใช้ ในงานกำกับดูแลการให้บริการขนส่งทางรางให้มีระดับคุณภาพและความปลอดภัย	9-19
ภาคผนวก	ก-1
นิยามศัพท์	ข-1
อ้างอิง	ค-1

บทที่ 1

บทนำ

- ❖ หลักการและเหตุผล
- ❖ วัตถุประสงค์ของโครงการ
- ❖ ขอบเขตการศึกษา
- ❖ ระยะเวลาดำเนินการ
- ❖ การจัดสัมมนาและการฝึกอบรม
- ❖ การบริหารโครงการ

1.1 หลักการและเหตุผล

รัฐบาลได้แถลงนโยบายเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2557 ข้อ 6.13 ปรับปรุงโครงสร้างการบริหารจัดการในสาขาขนส่งที่มีการแยกบทบาทและภารกิจของหน่วยงานระดับนโยบาย หน่วยงานกำกับดูแล และหน่วยปฏิบัติที่ชัดเจน และจัดตั้งหน่วยงานกำกับดูแลและบรรพ เพื่อทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานการให้บริการและความปลอดภัยโครงสร้างอัตราค่าบริการที่เป็นธรรม การลงทุน การบำรุงรักษา และการบริหารจัดการ ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการพัฒนาระบบรางให้เป็นโครงข่ายหลักของประเทศ รวมทั้งพิจารณาปรับปรุงกฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้องกับสาขาขนส่งและการประกอบกิจการโลจิสติกส์ให้ทันสมัยสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน และมีความชัดเจนในทางปฏิบัติ รวมทั้งสนับสนุนให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในภาคขนส่งเพิ่มขึ้น

ทั้งนี้โครงสร้างทางรถไฟถือเป็นส่วนสำคัญที่ต้องมีการดำเนินการให้เป็นไปตามมาตรฐานทั้งการออกแบบ การก่อสร้างตลอดจนการตรวจสอบและบำรุงรักษาเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อการให้บริการ สร้างความมั่นใจต่อผู้ใช้บริการและสามารถให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่ออกแบบไว้ตลอดอายุการใช้งาน อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังขาดมาตรฐานเพื่อการใช้งานของประเทศที่เหมาะสมทำให้เกือบทุกโครงการต้องอ้างอิงมาตรฐานจากต่างประเทศเท่านั้น ส่งผลให้ประสบปัญหาด้านความเป็นเอกภาพของการดำเนินงาน การตัดสินใจของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการเลือกมาตรฐานที่เหมาะสมตลอดจนความเชื่อมั่นของผู้ใช้บริการ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาเปรียบเทียบมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานด้านโครงสร้างทางรถไฟ จัดทำคู่มือและมาตรฐานสำหรับการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟทั้งระบบรถไฟระหว่างเมืองและระบบรถไฟฟ้ามหานคร เพื่อให้ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษารวบรวมและเปรียบเทียบมาตรฐานการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟทั้งในประเทศและต่างประเทศ

1.2.2 เพื่อจัดทำมาตรฐานและคู่มือสำหรับการออกแบบ การก่อสร้างและการบำรุงรักษา งานด้านโครงสร้างทางรถไฟเพื่อนำไปสู่ความปลอดภัยและเป็นเอกภาพ รวมทั้งช่วยให้การซ่อมบำรุงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ากับการลงทุน

1.3 ขอบเขตงาน

ขอบเขตของงานประกอบด้วย 3 ส่วน โดยมีรายละเอียดของงาน ดังนี้

1.3.1 งานส่วนที่ 1 งานรวบรวมมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และศึกษาเชิงเปรียบเทียบมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบัน

1.3.1.1 รวบรวมมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศต่างๆที่ใช้ในปัจจุบัน อย่างน้อยประกอบด้วย

- 1) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ International Union of Railway, UIC
- 2) ประเทศญี่ปุ่น
- 3) ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน
- 4) ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี
- 5) ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 6) ประเทศออสเตรเลีย
- 7) ประเทศไทย

1.3.1.2 ศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่าง ข้อดีข้อเสียของมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟที่ใช้ในประเทศไทยกับมาตรฐานของประเทศอื่นๆ พร้อมวิเคราะห์หามาตรฐานที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้งานกับประเทศไทย

1.3.2 งานส่วนที่ 2 งานจัดทำมาตรฐานและคู่มือในการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

1.3.2.1 จัดทำมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟอย่างน้อยประกอบด้วย

- มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟ (Track Structural Design General) อย่างน้อยประกอบด้วย
 - โครงสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรยทาง (Ballasted track)
 - โครงสร้างทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง (Ballastless track)
- มาตรฐานขององค์ประกอบต่างๆที่มีอยู่ในโครงสร้างทางรถไฟ อย่างน้อยประกอบด้วย ราง (rail) แผ่นรองราง (Rail pad) อุปกรณ์ยึดตรึง (Fastener) หมอนรองราง (Sleeper) หินโรยทาง (Ballast) แผ่นพื้น (Slab) คันทาง
- มาตรฐานเขตโครงสร้างทางรถไฟ (Structural Gauge) บริเวณอุโมงค์ สถานี สะพานรถไฟ และสะพานข้ามทางรถไฟ

1.3.2.2 จัดทำคู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ อย่างน้อยประกอบด้วย

- องค์ประกอบของโครงสร้างทางรถไฟ (Track Structural Component) โดยแบ่งเป็นสองหัวข้อหลัก คือ ทางแบบมีหินโรยทาง (Ballasted Track) และทางแบบไม่มีหินโรยทาง (Ballastless Track) ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ราง (Rail) แผ่นรองราง (Rail pad) อุปกรณ์ยึดรั้ง (fastener) หมอนรองราง (Sleeper) หินโรยทาง (Ballast) แผ่นพื้น (Slab) และคันทาง

- ลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างทางรถไฟ (Track Structural Geometry) โดยเป็นงานวางองค์ประกอบทางกายภาพของโครงสร้างทางรถไฟทั้งบนทางตรง (Tangent Track) โค้งต่อและทางโค้ง (Transition & Curved Track)

- การสัมผัสกันระหว่างล้อและราง (Wheel-Rail Interface) โดยแบ่งเป็นงานด้านรูปทรงที่สัมพันธ์กันของล้อและราง (Wheel-Rail Profile) การควบคุมหน่วยแรง (Stress) และการสึก (Wear) ของล้อและราง

- ประแจและจุดตัด (Switch and Crossing) โดยแบ่งเป็นงานด้านลักษณะทางกายภาพของประแจและจุดตัด (Geometry) อุปกรณ์ต่างๆของประแจชนิดต่างๆ (Components) การกำหนดความเร็วในการเล่นผ่านประแจและจุดตัด (Crossing speed) การติดตั้งประแจ (Installation)

- รางเชื่อมยาว (Continuous Welded Rail) โดยประกอบไปด้วยหัวข้อด้านเสถียรภาพของโครงสร้างทางรถไฟแบบรางเชื่อมยาว (Track Structural Stability) การออกแบบรางเชื่อมยาว และพฤติกรรมของโครงสร้างทางรถไฟแบบรางเชื่อมยาวบนสะพาน (Track-Bridge Structural Interaction)

- เขตโครงสร้างทางรถไฟ (Structural Gauge) บริเวณอุโมงค์ สถานี สะพานรถไฟ สะพานข้ามทางรถไฟ

1.3.2.3 จัดทำคู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ (Track Maintenance) โดยแบ่งเป็นงานตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างทางรถไฟ (Inspection) งานวางแผนบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ (Planning) และงานบำรุงรักษาซ่อมแซมโครงสร้างทางรถไฟ (Maintenance and Repair)

1.3.3 งานส่วนที่ 3 งานจัดทำแผนปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้านงานโครงสร้างทางรถไฟที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการกำกับดูแลและประเมินผลการให้บริการขนส่งทางรางให้มีระดับคุณภาพ และความปลอดภัย

1.3.3.1 จัดทำแผนปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้านงานโครงสร้างทางรถไฟที่ถูกพัฒนาขึ้นไปใช้ในการกำกับดูแล และประเมินผลการให้บริการขนส่งทางรางให้มีระดับคุณภาพและความปลอดภัย

1.3.3.2 ดำเนินการตามกระบวนการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

1.3.3.3 ประชาสัมพันธ์ข้อมูลโครงการ

1.4 ระยะเวลาดำเนินการ

ระยะเวลารวม 12 เดือน

1.5 การจัดสัมมนาและการฝึกอบรม

ฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้ให้ สนข. และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละไม่น้อยกว่า 30 คน

1.6 การบริหารโครงการ

เพื่อให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของโครงการ สนข. จะสนับสนุนการดำเนินงานของที่ปรึกษาตามความจำเป็น โดยจะแต่งตั้งคณะกรรมการกำกับการศึกษา เพื่อกำกับการดำเนินงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดขอบเขตโดยละเอียดของงาน (TOR)

บทที่ 2

แนวทางการศึกษา

- ❖ บทนำ
- ❖ แนวทางการศึกษา
- ❖ องค์ประกอบและขั้นตอนการจัดทำ (ร่าง) มาตรฐานฯ
- ❖ มาตรฐานและคู่มือการออกแบบทางรถไฟในประเทศต่างๆ และแนวทางการศึกษาเปรียบเทียบ
- ❖ ผลการทบทวนมาตรฐานและคู่มือต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
- ❖ การดำเนินการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย และ แผนประชาสัมพันธ์โครงการ

2.1 บทนำ

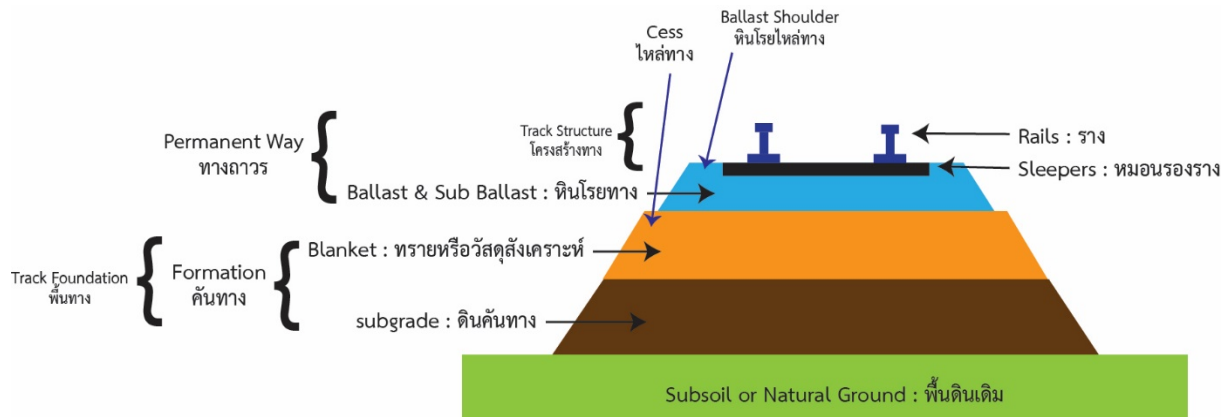
สำหรับการดำเนินการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีความจำเป็นต้องทำการนิยามและกำหนดขอบเขตของการศึกษา เพื่อให้ได้แนวทางที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ การกำหนดแนวทางการศึกษา ขั้นตอนการศึกษา และขอบเขตการศึกษา จะมีการดำเนินการไว้โดยละเอียดในบทนี้ โดยองค์ประกอบจะประกอบไปด้วย บทนำที่จะแสดงถึงนิยามของโครงสร้างทางรถไฟ หลักการและเหตุผลตลอดจนวัตถุประสงค์ในการดำเนินการศึกษา แนวทางในการดำเนินงาน ขั้นตอนและขอบเขตในการดำเนินการ รายละเอียดของการจัดทำ (ร่าง) มาตรฐาน การจัดทำคู่มือ การจัดทำแผนปฏิบัติการ การดำเนินการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย และแผนประชาสัมพันธ์โครงการ

2.1.1 นิยามโครงสร้างทางรถไฟ (Railway Track)

โครงสร้างทางรถไฟ สามารถจำแนกได้สองประเภทตามลักษณะขององค์ประกอบของโครงสร้างคือ โครงสร้างทางรถไฟชนิดหินโรยทาง (Ballasted Track) และโครงสร้างชนิดไม่มีหินโรยทาง (Ballastless Track) โดยองค์ประกอบของโครงสร้างทางทั้งสองชนิดมีดังต่อไปนี้

โครงสร้างทางรถไฟชนิดหินโรยทาง (Ballasted Track)

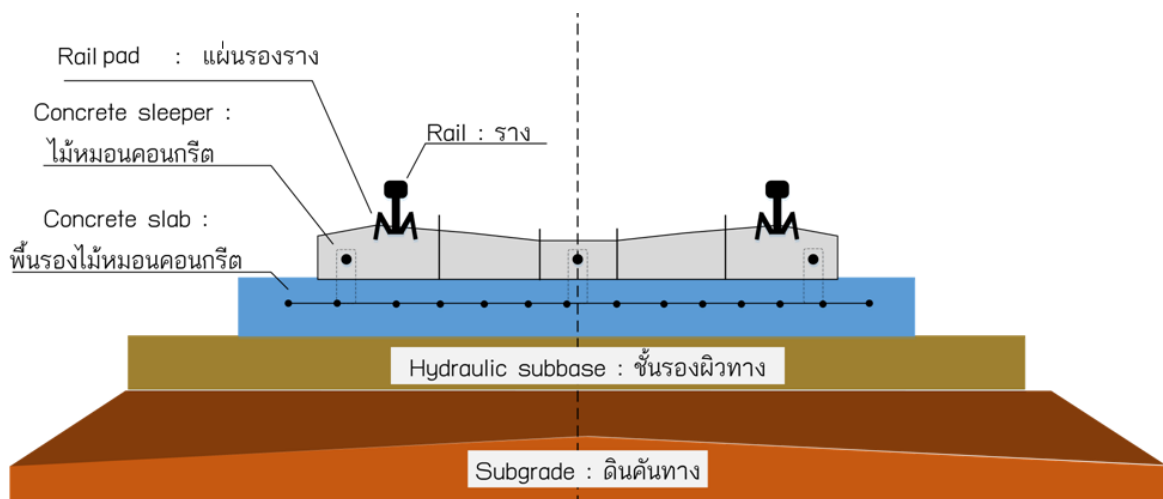
โครงสร้างทางรถไฟชนิดหินโรยทางถือเป็นโครงสร้างทางรถไฟที่มีการใช้กันมาอย่างยาวนานทั่วโลก เนื่องจากค่าก่อสร้างต่อระยะทางที่ไม่สูงมากนัก ดูดซับเสียงและแรงกระแทกได้ดี การซ่อมบำรุงทำได้ง่าย สำหรับประเทศไทย โครงสร้างแบบมีหินโรยทางได้แก่โครงสร้างทางรถไฟที่วิ่งระหว่างเมืองของการรถไฟแห่งประเทศไทย ปัจจุบันมีระยะทางรวมทั้งสิ้นประมาณ 4,300 กิโลเมตร องค์ประกอบโครงสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรยทางจะประกอบไปด้วย รางรถไฟ (Rail) เครื่องยึดเหนี่ยวราง (Fastening System) หมอนรองรางรถไฟ (Sleeper) หินโรยทาง (Ballast & Sub-Ballast) พื้นทาง (Track Foundation) และพื้นดินเดิม (Subsoil or Natural Ground) ดังแสดงในรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 องค์ประกอบของโครงสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรยทาง (Ballasted Track)

โครงสร้างทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง (Ballastless Track)

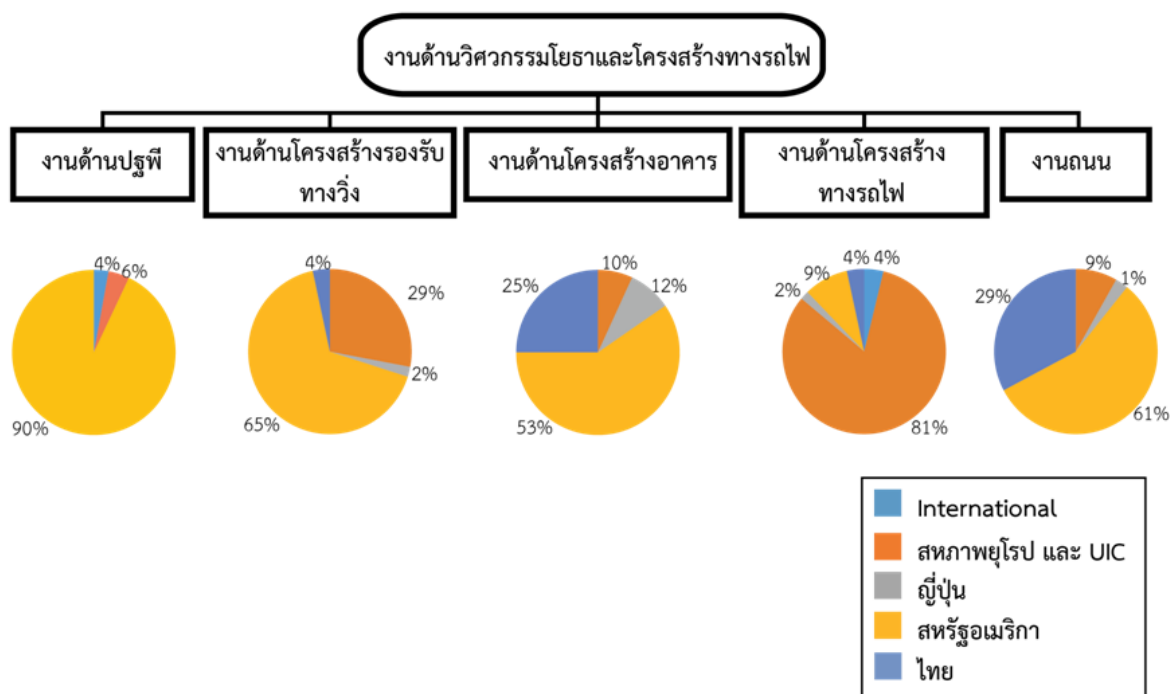
โครงสร้างทางรถไฟชนิดไม่ใช้หินโรยทาง (Ballastless Track) หรือโครงสร้างทางรถไฟที่วางอยู่บนแผ่นพื้นคอนกรีตหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Concrete Slab Track โครงสร้างทางรถไฟชนิดนี้เพิ่งมีการพัฒนาขึ้นในไม่กี่ทศวรรษนี้เนื่องจากมีความแข็งแรง มีอายุการใช้งานยาวนาน มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม มีความนิยมใช้กับทางรถไฟฟ้ามหานครในเมือง (Urban Transit System) และรถไฟความเร็วสูง (High Speed Rail) ในปัจจุบันโครงสร้างชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มีหลายรูปแบบตามแต่ละมาตรฐานและผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน องค์ประกอบของโครงสร้างทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทางจะประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ รางรถไฟ (Rail) แผ่นยางรองราง (Rail Pad) เครื่องยึดเหนี่ยวราง (Fastening System) ไม้หมอนคอนกรีต (Concrete Sleeper) แผ่นพื้นคอนกรีต (Concrete Slab) ชั้นรองพื้นทางหรือสะพาน (Subgrade or Viaduct) รายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 องค์ประกอบของโครงสร้างทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง (Ballastless Track)

2.1.2 ภาพรวมการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟในประเทศไทย

จากผลการทบทวนมาตรฐานที่มีการอ้างอิงใช้ในประเทศไทย พบว่ามาตรฐานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟจะสามารถแบ่งออกเป็นงานหลักๆ ได้ 5 ส่วน ได้แก่ (1) งานด้านปฐพี (2) งานโครงสร้างรองรับทางวิ่ง (3) งานโครงสร้างอาคาร (4) งานโครงสร้างทางรถไฟ และ (5) งานถนน โดยจากการเก็บข้อมูลของโครงการระบบรางในประเทศไทยทั้งที่ได้ให้บริการแล้วหรือยังอยู่ในการวางแผนก่อสร้างนั้น พบว่าประเทศไทยได้อ้างอิงมาตรฐานส่วนใหญ่จากต่างประเทศเป็นหลัก โดยงานด้านวิศวกรรมโยธาส่วนใหญ่จะอ้างอิงใช้มาตรฐานจากประเทศสหรัฐอเมริกา แต่สำหรับงานด้านโครงสร้างทางรถไฟ (Track Work) นั้น จะอ้างอิงใช้มาตรฐานจากกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป (European Standards, ENs) และ International Union of Railways (UIC) เป็นหลัก โดยจะเห็นได้จากสัดส่วนของมาตรฐานที่ถูกใช้กับงานประเภทต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2-3 ซึ่งงานด้านโครงสร้างทางรถไฟมีส่วนการนำมาตรฐานจากยุโรปมาใช้ในจำนวนที่มากกว่าร้อยละ 80



รูปที่ 2-3 การจำแนกสัดส่วนการอ้างอิงมาตรฐานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟในประเทศไทย

จากการศึกษาเปรียบเทียบมาตรฐานระบบรางด้านงานวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟของต่างประเทศนั้น พบว่าประเทศไทยมีความจำเป็นต้องพัฒนามาตรฐานทางด้านระบบรางขึ้นใหม่ในหลายๆด้าน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการพัฒนาข้อกำหนด มาตรฐานทางเทคนิคและคู่มือ อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีโครงการระบบรางหลายโครงการที่ถูกวางแผนและจะทำการก่อสร้างในอนาคตอันใกล้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องทำการพัฒนาข้อกำหนด มาตรฐานทางเทคนิคและคู่มือสำหรับงานงานวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟเพื่อรองรับโครงการที่จะเกิดขึ้นดังกล่าว (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559)



รูปที่ 2-4 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบรางด้านงานวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟของประเทศไทย

ปัจจุบันมีหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบงานทางด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ โดยหลัก ๆ มี 2 หน่วยงาน ได้แก่ การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.) มีหน้าที่รับผิดชอบการดำเนินการด้านการควบคุมบริหารงานก่อสร้างสำหรับรถไฟขนส่งสินค้าและรถไฟระหว่างเมือง และการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย (รฟม.) มีหน้าที่รับผิดชอบการดำเนินการด้านการควบคุมบริหารงานก่อสร้างสำหรับรถไฟฟ้ามหานคร ซึ่งในอนาคตประเทศไทยอาจมีการจัดตั้งองค์กรที่จะเข้ามากำกับดูแลเรื่องการออกข้อกำหนดและมาตรฐาน รวมไปถึงบังคับใช้ให้โครงการต่างๆอยู่ภายใต้มาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้ประเทศไทยสามารถยกระดับสถานะของระบบรางให้ดียิ่งขึ้นทั้งในด้านความปลอดภัย มีประสิทธิภาพของการให้บริการและซ่อมบำรุง ความคุ้มค่าของการลงทุน รวมไปถึงความเป็นอยู่ที่ดีของประชาชน

2.1.3 วัตถุประสงค์

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงนำมาซึ่งวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้ คือ

1. เพื่อศึกษารวบรวมและเปรียบเทียบมาตรฐานการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟทั้งในประเทศและต่างประเทศ
2. เพื่อจัดทำมาตรฐานและคู่มือสำหรับการออกแบบ การก่อสร้างและการบำรุงรักษา งานด้านโครงสร้างทางรถไฟเพื่อนำไปสู่ความปลอดภัยและเป็นเอกภาพ รวมทั้งช่วยให้การซ่อมบำรุงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ากับการลงทุน

2.1.4 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตของงานประกอบด้วย 3 ส่วน โดยมีรายละเอียดของงาน ดังนี้

- ก. งานส่วนที่ 1 งานรวบรวมมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และศึกษาเชิงเปรียบเทียบ มาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบัน

- 1) รวบรวมมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศต่างๆที่ใช้ในปัจจุบัน อย่างน้อย ประกอบด้วย

- 1.1) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ International Union of Railway (UIC)
- 1.2) ประเทศญี่ปุ่น
- 1.3) ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน
- 1.4) ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี
- 1.5) ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 1.6) ประเทศออสเตรเลีย
- 1.7) ประเทศไทย

- 2) ศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่าง ข้อดีข้อเสียของมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟที่ใช้ในประเทศไทยกับมาตรฐานของประเทศอื่นๆ พร้อมวิเคราะห์หามาตรฐานที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้งาน กับประเทศไทย

- ข. งานส่วนที่ 2 งานจัดทำมาตรฐานและคู่มือในการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

- 1) จัดทำมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟอย่างน้อยประกอบด้วย

- 1.1) มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟ (Track Structural Design Standards) อย่างน้อยประกอบด้วย
 - o โครงสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรยทาง (Ballasted Track) และโครงสร้างทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง (Ballastless Track)
 - o มาตรฐานขององค์ประกอบต่างๆที่มีอยู่ในโครงสร้างทางรถไฟ อย่างน้อยประกอบด้วย ราง (Rail) แผ่นรองราง (Rail Pad) อุปกรณ์ยึดตรึง (Fastener) หมอนรองราง (Sleeper) หินโรยทาง (Ballast) แผ่นพื้น (Slab) คันทาง
 - o มาตรฐานเขตโครงสร้างทางรถไฟ (Structural Gauge) บริเวณอุโมงค์ สถานี สะพานรถไฟ และสะพานข้ามทางรถไฟ

- 2) จัดทำคู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ อย่างน้อยประกอบด้วย

- 2.1) องค์ประกอบของโครงสร้างทางรถไฟ (Track Components) โดยแบ่งเป็นสองหัวข้อหลักคือ ทางแบบมีหินโรยทาง (Ballasted Track) และทางแบบไม่มีหินโรยทาง (Ballastless Track) ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ราง (Rail) แผ่นรองราง (Rail Pad) อุปกรณ์ยึดตรึง (Fastener) หมอนรองราง (Sleeper) หินโรยทาง (Ballast) แผ่นพื้น (Slab) และคันทาง

- 2.2) ลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างทางรถไฟ (Track Geometry) โดยเป็นงานวางองค์ประกอบทางกายภาพของโครงสร้างทางรถไฟทั้งบนทางตรง (Tangent Track) โค้งต่อและทางโค้ง (Transition & Curved Track)
 - 2.3) การสัมผัสกันระหว่างล้อและราง (Wheel-Rail Interface) โดยแบ่งเป็นงานด้านรูปทรงที่สัมพันธ์กันของล้อและราง (Wheel-Rail Profile) การควบคุมหน่วยแรง (Stress) และการสึก (Wear) ของล้อและราง
 - 2.4) ประแจและจุดตัด (Switch and Crossing) โดยแบ่งเป็นงานด้านลักษณะทางกายภาพของประแจและจุดตัด (Geometry) อุปกรณ์ต่างๆ ของประแจชนิดต่างๆ (Components) การกำหนดความเร็วในการแล่นผ่านประแจและจุดตัด (Crossing Speed) การติดตั้งประแจ (Installation)
 - 2.5) รางเชื่อมยาว (Continuous Welded Rail) โดยประกอบไปด้วยหัวข้อด้านเสถียรภาพของโครงสร้างทางรถไฟแบบรางเชื่อมยาว (Track Structural Stability) การออกแบบรางเชื่อมยาว และพฤติกรรมของโครงสร้างทางรถไฟแบบรางเชื่อมยาวบนสะพาน (Track-Bridge Structural Interaction)
 - 2.6) เขตโครงสร้างทางรถไฟ (Structural Gauge) บริเวณอุโมงค์ สถานี สะพานรถไฟ สะพานข้ามทางรถไฟ
 - 3) จัดทำคู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ (Track Maintenance) โดยแบ่งเป็นงานตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างทางรถไฟ (Inspection) งานวางแผนบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ (Planning) และงานบำรุงรักษาซ่อมแซมโครงสร้างทางรถไฟ (Maintenance and Repair)
- ค. งานส่วนที่ 3 งานจัดทำแผนปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้านงานโครงสร้างทางรถไฟที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการกำกับดูแลและประเมินผลการให้บริการขนส่งทางรางให้มีระดับคุณภาพ และความปลอดภัย
- 1) จัดทำแผนปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้านงานโครงสร้างทางรถไฟที่ถูกพัฒนาขึ้นไปใช้ในการกำกับดูแล และประเมินผลการให้บริการขนส่งทางรางให้มีระดับคุณภาพและความปลอดภัย
 - 2) ดำเนินการตามกระบวนการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
 - 3) ประชาสัมพันธ์ข้อมูลโครงการ

2.2 แนวทางการศึกษา

แนวทางในการศึกษา ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ

- 1) ขั้นตอนรวบรวมมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟข้อมูลที่เกี่ยวข้องและศึกษาเชิงเปรียบเทียบมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบัน
- 2) ขั้นตอนการจัดทำมาตรฐานและคู่มือในการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ
- 3) ขั้นตอนการจัดทำแผนปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้านงานโครงสร้างทางรถไฟที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการกำกับดูแลและประเมินผลการให้บริการขนส่งทางรางให้มีระดับคุณภาพและความปลอดภัย

ทั้งนี้รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2-5 โดยในขั้นตอนในลำดับแรกที่ปรึกษาจะดำเนินการสรุปแนวทางที่จะใช้กำหนดขอบเขตชนิดของระบบขนส่งทางรางที่มีอยู่ในปัจจุบันโดยมาตรฐานและคู่มือสำหรับชนิดของรถไฟจะต้องเป็นมาตรฐานและคู่มือในระดับของ Regional และ International Standard เป็นหลัก เพื่อให้การกำหนดมาตรฐานและคู่มือที่จะจัดทำขึ้นก่อให้เกิดปัญหาและอุปสรรคในการเข้าร่วมดำเนินการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ตลอดจนจำกัดเทคโนโลยี ที่ทำให้ประเทศไทยเสียโอกาสในการเข้าร่วมระบบที่มีความเหมาะสมที่สุดได้ต่อไปในอนาคต มาตรฐานประเภทมาตรฐานท้องถิ่น (Local Standard), มาตรฐานผลิตภัณฑ์ (Product Standard), Consortium Standard, และ มาตรฐานทางพฤตินัย (De Facto Standard) จะไม่นำมาพิจารณาในการศึกษา



รูปที่ 2-5 การจัดทำแผนปฏิบัติงานโครงการฯ

2.3 องค์ประกอบและขั้นตอนการจัดทำ (ร่าง) มาตรฐาน

ในส่วนของการจัดทำ (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงโครงสร้างทางรถไฟ และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำมาตรฐานในรูปแบบต่างๆ ดังนี้

- รายละเอียดการออกแบบ (Track Design Criteria)
- คู่มือการออกแบบและก่อสร้าง (Manual for Track Design and Construction)
- คู่มือการตรวจสอบและซ่อมบำรุง (Manual for Track Inspection and Maintenance)

โดยเน้นการจัดทำมาตรฐานทางรถไฟ ซึ่งมีขนาด 1 เมตรและขนาดมาตรฐาน 1.435 เมตรตามลำดับโดยมีเนื้อหาซึ่งครอบคลุมตามขอบเขตโดยละเอียดของงาน (TOR) ดังนี้

- องค์ประกอบของโครงสร้างทางรถไฟ (Track Components) จะมีเนื้อหาครอบคลุมในส่วนของมาตรฐานของส่วนประกอบต่าง ๆ ของทางวิ่งทั้งแบบทางวิ่งบนหินโรยทาง (Ballasted track) และแบบไม่ใช้หินโรยทาง (Ballastless track) เช่น ราง (Rail) เครื่องยึดเหนี่ยว (Fastener system) รอยต่อราง (Rail joint) แผ่นรองราง (Rail Pad) ไม้หมอน (Sleeper) หินโรยทาง (Ballast) แผ่นพื้น (Slab) คันทาง (Embankment) เป็นต้น ซึ่งจะมีรายละเอียดทั้งในด้านขนาด รูปร่าง คุณสมบัติของวัสดุ การก่อสร้างและติดตั้ง รวมไปถึงการตรวจสอบสภาพของชิ้นส่วนและบำรุงรักษา (Inspection and Maintenance) ซึ่งจะกล่าวไว้ในส่วนของมาตรฐานการซ่อมบำรุงทางวิ่ง (Track Maintenance)
- อุปกรณ์สับราง ประแจ และจุดตัด (Turnout, Switch, and Crossing) มีเนื้อหาเกี่ยวกับการออกแบบ การติดตั้ง และการวางตำแหน่งของประแจบนทางวิ่ง ส่วนประกอบของประแจซึ่งประกอบไปด้วย Tongue Rail, Check Rail, Wing Rail, Frog, และ Switch รวมทั้งคุณสมบัติในด้านต่างๆของอุปกรณ์ เช่น คุณสมบัติของวัสดุและความทนทาน เป็นต้น นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงการกำหนดความเร็วของรถไฟในการวิ่งผ่านประแจ การตรวจสอบและบำรุงรักษาประแจ อีกด้วย
- ลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างทางรถไฟ (Track Geometry) และการวางแผนทางรถไฟ จะมีเนื้อหาในด้านการวางรูปร่างและแนวเส้นทาง ซึ่งประกอบไปด้วยทางตรง (Tangent track) โค้งราบ (Horizontal curve) โค้งตั้ง (Vertical curve) ช่วงเปลี่ยนโค้ง (Transition curve) โค้งต่อเนื่อง (Compounded curve) การยกโค้ง (Cant) การขยายความกว้างของทางวิ่งภายในโค้ง (Track widening) รายละเอียดบริเวณประแจและจุดตัด (Turnout, Switch, and Crossing) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเนื้อหาของระยะเผื่อต่างๆ เช่น Structural gauge ระยะห่างระหว่างทางวิ่งและระยะ Clearances ต่างๆ
- พฤติกรรมการรับแรงของโครงสร้างทางรถไฟ (Track Behavior) เป็นส่วนของพฤติกรรมการรับน้ำหนักของทางวิ่งทั้งแรงแนวตั้งจากเพลลา (Axle load) และแรงกระทำด้านข้าง (Lateral Load) ซึ่งจะมีเนื้อหาของการจัดการและควบคุมพฤติกรรมการรับน้ำหนักของทางวิ่งในบริเวณต่างๆ เช่น บริเวณจุดต่อราง (Track Joint) บริเวณประแจ (Turnout) บริเวณจุดเปลี่ยนผ่านระหว่างทางวิ่งบนหินโรยทางไปสู่สะพาน (Transition zone) เป็นต้น
- การสัมผัสกันระหว่างล้อและราง (Wheel-Rail Interface) มีเนื้อหาของการจัดการบริเวณจุดสัมผัสกันระหว่างล้อและราง (Wheel-rail contact) ซึ่งประกอบไปด้วย รูปร่างของล้อ (Wheel profile) และรูปร่างของราง (Rail

Profile) รวมไปถึงความเสียหายของรางที่เกิดขึ้นหลังจากใช้งาน (Rail defect) เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากความเสียหายของล้อและรางที่เกิดขึ้นหลังจากใช้งานนั้น มีปัจจัยที่สำคัญคือพฤติกรรมการสัมผัสกันระหว่างล้อและรางที่ทำให้เกิดหน่วยแรง (Stress) ดังนั้นหากไม่มีการบริหารจัดการพฤติกรรมดังกล่าวที่ดีแล้ว จะทำให้เกิดหน่วยแรงที่มีขนาดสูงเกินขีดจำกัดของเหล็ก (Over Stresses) รวมทั้งยังทำให้เกิดความล้าในเนื้อเหล็กอย่างรวดเร็ว (Fatigue) ยังผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของทางวิ่งที่เร็วกว่ากำหนด (Track Deteriorations)

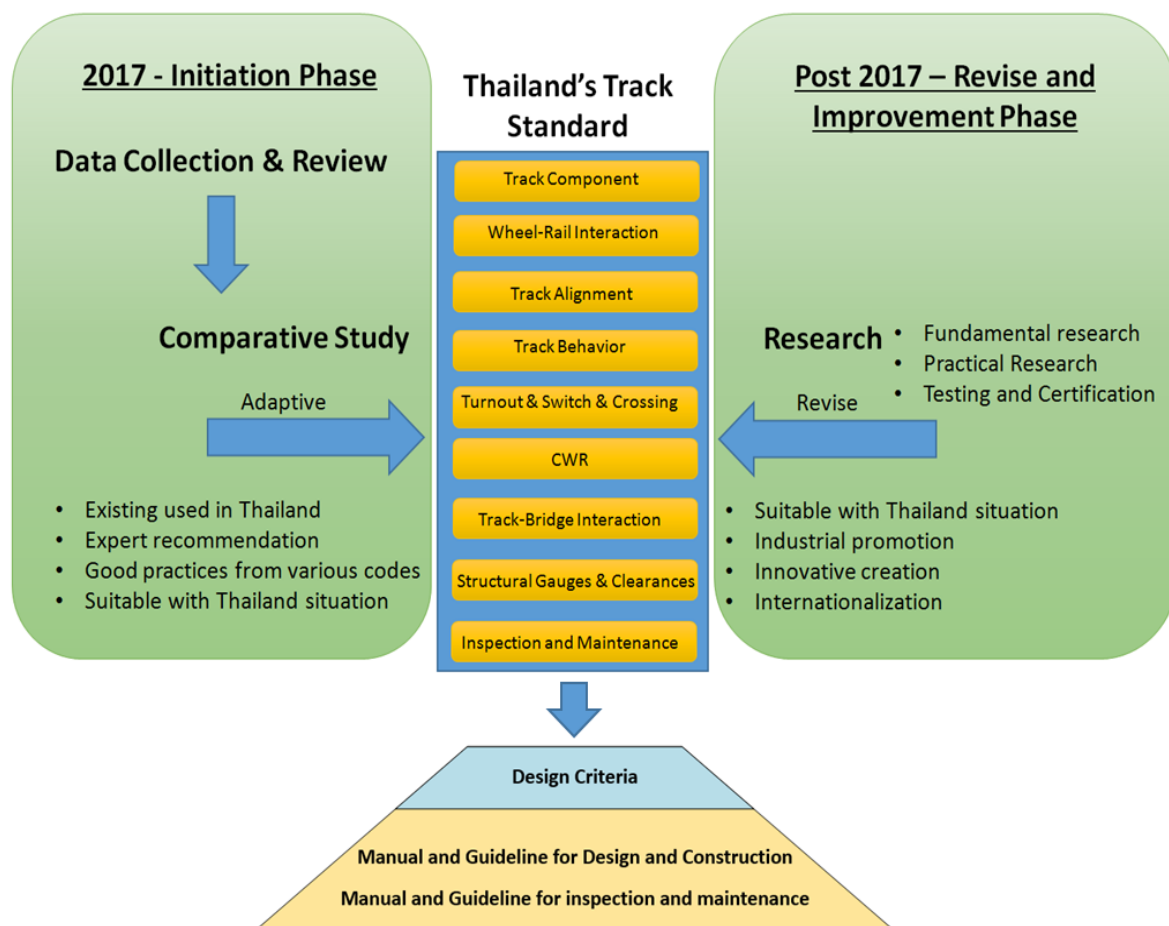
- รางเชื่อมยาว (Continuous Welded Rail-CWR) เป็นเนื้อหาที่ประกอบด้วย วิธีการเชื่อมราง (Rail welding) วิธีการวางราง (Rail laying) และเนื้อหาที่มีความสำคัญเช่นกัน คือ การออกแบบและควบคุมหน่วยแรงภายในราง (Rail stresses control) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการรับน้ำหนักของทางวิ่งที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น (Track Behavior) พฤติกรรมปฏิสัมพันธ์กันระหว่างทางวิ่งและสะพาน (Track-bridge interaction) โดยในปัจจุบัน มีการคิดค้นอุปกรณ์ช่วยในการควบคุมหน่วยแรงภายในราง เช่น การติดตั้งจุดต่อเพื่อขยาย (Rail expansion joint) อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางแบบพิเศษที่ยอมให้รางเคลื่อนตัวในแนวยาว (Zero Longitudinal Restraint fastener system-ZLR) เป็นต้น
- พฤติกรรมปฏิสัมพันธ์กันระหว่างทางวิ่งและสะพาน (Track-bridge Interaction) เป็นเนื้อหาที่เสริมในเรื่องการควบคุมหน่วยแรงภายในรางเชื่อมยาว เนื่องจากการแอ่นตัวของสะพานจะส่งผลให้การเสียรูป (Rail deformation) และหน่วยแรงในรางเชื่อมยาวมีมากขึ้น โดยการออกแบบจะต้องคำนึงถึงพฤติกรรมดังกล่าวเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน
- การตรวจสอบและซ่อมบำรุงทางวิ่ง (Track Inspection and Maintenance) จะมีเนื้อหาครอบคลุมถึง การตรวจสอบและประเมินสภาพของทางวิ่งจากความเสียหายของทางวิ่งในรูปแบบต่างๆ เช่น ความไม่สม่ำเสมอของทางวิ่ง (Track Irregularities) การทรุดตัว (Settlement) การหลวมของอุปกรณ์ยึดรั้ง (Looseness) ความเสียหายของราง (Rail Defects) ความเสียหายของประแจ (Turnout Defects) เป็นต้น ในส่วนของการซ่อมบำรุงทางนั้นจะมีเนื้อหาของขั้นตอนและวิธีการซ่อมแซม และค่าบ่งชี้ถึงคุณภาพในด้านต่างๆของทางวิ่ง (Track Quality Index) เพื่อควบคุมคุณภาพของทางวิ่งให้มีสภาพที่ดีเพียงพอต่อการใช้งานหลังจากได้ทำการปรับปรุงหรือซ่อมบำรุงแล้ว

โดยในส่วนของขั้นตอนในการดำเนินการจัดทำมาตรฐานระบบรางทางด้านทางวิ่งนั้น ที่ปรึกษาได้วางแผนสำหรับระยะเวลาการทำงาน 1 ปี เป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

- 1) รวบรวมข้อมูลและมาตรฐานของทั้งต่างประเทศและประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับทางวิ่งขนาด 1 เมตรและขนาดมาตรฐาน 1.435 เมตร
- 2) ศึกษา วิเคราะห์ เปรียบเทียบ สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาข้อสรุปที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยสำหรับรายละเอียดในแต่ละหัวข้อของมาตรฐาน
- 3) จัดทำมาตรฐานในส่วนของข้อกำหนดพื้นฐานในการออกแบบ (Design Criteria) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างทางวิ่งรถไฟ (Manual for Design and Construction)
- 4) จัดทำมาตรฐานในส่วนของ คู่มือการตรวจสอบและซ่อมบำรุงทางวิ่งรถไฟ (Manual for Inspection and Maintenance)

ทั้งนี้ในส่วนของรายละเอียดขั้นตอนการทำงานและผลลัพธ์ของการดำเนินโครงการจัดทำมาตรฐานด้านทางรถไฟของประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 2-6

Outline of Thailand's Track Standard Development



รูปที่ 2-6 ขั้นตอนการทำงานและผลลัพธ์ของการดำเนินโครงการจัดทำมาตรฐานด้านทางรถไฟของประเทศไทย

2.4 มาตรฐานและคู่มือการออกแบบทางรถไฟในประเทศต่างๆ และแนวทางการศึกษาเปรียบเทียบ

สำหรับการศึกษาและจัดทำมาตรฐานและคู่มือการออกแบบก่อสร้างและบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟ ที่ปรึกษา จะทำการศึกษาทบทวนและเปรียบเทียบมาตรฐานและคู่มือการออกแบบทางรถไฟ รวมถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางรถไฟจากหลายภูมิภาคทั่วโลกอันประกอบด้วย ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป ญี่ปุ่น สาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐเกาหลี สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และ ประเทศไทย และจากผลการทบทวนมาตรฐานต่างๆ เบื้องต้นพบว่าองค์ประกอบหลักของงานโครงสร้างทางรถไฟในหลายๆประเทศจะมีความใกล้เคียงกันโดยสามารถจัดแบ่งออกเป็น 9 หัวข้อหลัก คือ

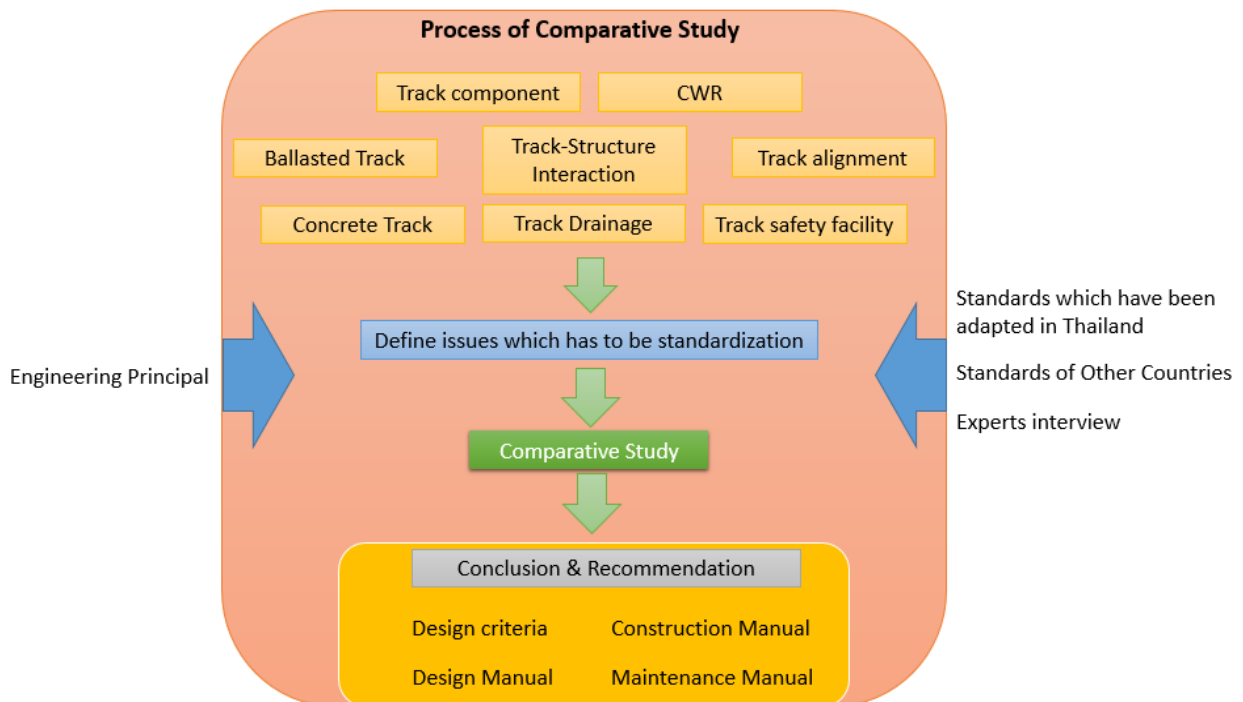
- 1) มาตรฐานเขตโครงสร้างทางรถไฟ (Structural Gauge)
- 2) มาตรฐานการออกแบบวางแนวเส้นทาง (Alignment and Layouts)
- 3) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง (Ballasted Track)
- 4) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีต (Concrete Slab Track)
- 5) มาตรฐานรางเชื่อมยาว (Continuous Welded Rail)
- 6) มาตรฐานส่วนประกอบทางรถไฟ (Design of Track Components)
- 7) มาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (Interface Between Track and Other Systems)
- 8) มาตรฐานระบบความปลอดภัยบนทางรถไฟ (Track Safety Facilities)
- 9) มาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ (Track Drainage)

และจากผลการทบทวนยังพบอีกว่ารายละเอียดสำหรับการออกแบบ ก่อสร้างรวมถึงการบำรุงรักษาจะจัดอยู่ในระดับของคู่มือ คือคู่มือการออกแบบก่อสร้าง และคู่มือการบำรุงรักษา ดังนั้นในการศึกษานี้จะดำเนินการกำหนดแนวทางการจัดทำมาตรฐานซึ่งจะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบทั้ง 8 ด้านดังกล่าว และจะดำเนินการจัดทำคู่มือจำนวน 2 เล่ม ทั้งนี้รายละเอียดภายใต้มาตรฐานและคู่มือทั้งหมดจะพิจารณาจากผลการศึกษาเปรียบเทียบ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการร่างมาตรฐานและคู่มือของประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2.4.1 แนวทางการศึกษาเปรียบเทียบ

ในการดำเนินการร่างข้อกำหนดและมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้อง จะพิจารณาจากวิสัยทัศน์การพัฒนามาตรฐานระบบรางของประเทศไทย ระยะ พ.ศ. 2560-2570 คือ “มุ่งสู่การยกระดับมาตรฐานระบบขนส่งทางรางของประเทศไทย ในด้านความปลอดภัยและคุณภาพในการให้บริการ ตลอดจนเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ให้เทียบเท่าระดับสากล” และภายใต้แผนงานระยะเร่งด่วน พ.ศ. 2560-2562 ที่มุ่งเน้นการจัดทำข้อกำหนดและมาตรฐานเพื่อให้ครอบคลุมงานระยะเร่งด่วน โดยในส่วนของทางรถไฟ (Track Work) ถือเป็นมาตรฐานและคู่มือที่สำคัญเร่งด่วนตามแผนดำเนินการที่ได้จัดทำไว้ ทั้งนี้ในการดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อกำหนดการนำมาตรฐานที่เหมาะสมที่สุดมาร่างและจัดทำคู่มือประกอบให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพที่ปรึกษาจึงได้กำหนดแนวทางการดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบไว้ โดยในการกำหนดมาตรฐานด้านทางรถไฟนั้น ที่ปรึกษาจะทำการรวบรวมข้อมูลของมาตรฐานที่ใช้อยู่เดิมในโครงการต่าง ๆ ของประเทศไทย เช่น โครงการรถไฟระหว่างเมืองที่อยู่ในการดูแลของการรถไฟ และโครงการรถไฟฟ้ามหานครที่อยู่ในการดูแลของการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน รวมทั้งรวบรวมข้อมูลมาตรฐานของต่างประเทศ จากนั้นจึงทำการศึกษาและเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ถึงที่มาของข้อกำหนดและแจกแจงถึงความแตกต่างระหว่างมาตรฐานของแต่ละประเทศ นอกจากนี้จะมีการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ และบทสรุปจะถูกนำมาตก

ผลึกเพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานกลางของประเทศไทยต่อไป โดยกรอบของการศึกษาเปรียบเทียบรายละเอียดในมาตรฐานนั้นแสดงไว้
ดังรูปที่ 2-7 โดยสามารถแจกแจงรายละเอียดได้ดังนี้



รูปที่ 2-7 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อกำหนดมาตรฐานด้านทางรถไฟ

หลักการทางวิศวกรรม (Engineering Principal) ในการกำหนดมาตรฐานขององค์ประกอบต่างๆ ของทางรถไฟ จะต้องมีความรู้ถึงหน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบว่ามีความสำคัญอย่างไรบ้างต่อประสิทธิภาพของทางรถไฟ ซึ่งจะทำให้สามารถ เข้าใจถึงเหตุผลในการกำหนดมาตรฐานที่ต่างกันของแต่ละประเทศ เนื่องจากมีข้อจำกัดและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดย ภาพรวมของการศึกษาในขั้นนี้จะกล่าวถึงผลกระทบและหน้าที่ขององค์ประกอบนั้นๆ ในเชิงความปลอดภัยและคุณภาพทางรถไฟ รวมไปถึงคุณลักษณะพื้นฐานต่างๆ ที่ต้องคำนึงถึงทั้งในระหว่างออกแบบ ก่อสร้างและซ่อมบำรุง เพื่อให้การกำหนดมาตรฐานนั้น ตั้งอยู่บนพื้นฐานทางวิศวกรรมที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Study) การดำเนินงานในขั้นนี้ จะมีการวิเคราะห์ในหลายมิติของ รายละเอียดในมาตรฐาน เพื่อหาข้อสรุปที่ครอบคลุมและเหมาะสมต่อประเทศไทย โดยที่ปรึกษาได้ทำการแจกแจงประเด็นของ การศึกษาเปรียบเทียบในแต่ละมิติไว้ดังนี้

- มาตรฐานที่ใช้งานอยู่ในประเทศไทย โดยจะกล่าวถึงการใช้มาตรฐานของทางรถไฟในเรื่องต่างๆ ในโครงการระบบรางของ ไทย ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์และประเมินถึงเหตุผลในการเลือกมาตรฐานดังกล่าวมาใช้งาน รวมไปถึงสรุปประเด็นของ ปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดจากการนำมาตรฐานดังกล่าวมาใช้อีกด้วย
- มาตรฐานที่ใช้งานในต่างประเทศ ซึ่งจะเป็นการสรุปสาระสำคัญของมาตรฐานในแต่ละประเทศ และวิเคราะห์ถึงความ คล้ายคลึงและแตกต่างในแต่ละรายละเอียด รวมทั้งนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ใช้งานอยู่แล้วในประเทศ ซึ่งการ วิเคราะห์ในมิตินี้จะเป็นแนวทางในการหาข้อสรุปที่เหมาะสมต่อประเทศไทยต่อไป

- ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ที่ปรึกษาจะสรุปประเด็นของรายละเอียดในมาตรฐาน และนำไปสัมภาษณ์ต่อผู้เชี่ยวชาญ และผู้ที่มีประสบการณ์ของการทำงานในด้านนั้นๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลและแนวทางการกำหนดมาตรฐานที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและสอดคล้องกับข้อจำกัดต่างๆของประเทศไทย

ข้อสรุปสำหรับประเทศไทย (Conclusion) หลังจากที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบในแต่ละมิติแล้ว ที่ปรึกษาจะทำการสรุปและกำหนดรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบของมาตรฐาน รวมไปถึงให้ข้อเสนอแนะ หากต้องมีการปรับปรุงมาตรฐานให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต

- รายละเอียดของมาตรฐาน โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดทั้งในเชิงข้อกำหนดขั้นต่ำ ข้อจำกัด รวมไปถึงสิ่งที่ต้องปฏิบัติตามมาตรฐาน
- ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เช่นการปรับเปลี่ยนเพื่อก้าวข้ามข้อจำกัดต่างๆของมาตรฐาน รวมไปถึงแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงมาตรฐานให้ดียิ่งขึ้น

ทั้งนี้โดยที่ปรึกษาได้จัดทำรูปแบบตารางเพื่อใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบไว้ดังรูปที่ 2-8 ซึ่งในรายงานฉบับสมบูรณ์จะมีตารางดังกล่าวซึ่งแสดงรายละเอียดผลการศึกษาของแต่ละหัวข้อในมาตรฐาน

Topic		Track Alignment	Track Component	Ballasted Track	Concrete Track	Track-Structure Interaction	Track Safety Facility	Track Drainage
Subtopic								
Engineering Principal								
Comparative Remark	Standards which have been adapted in Thailand							
	Other countries standards							
	Expert interview							
Conclusion								
Recommendation								

รูปที่ 2-8 ตารางรูปแบบการศึกษาเปรียบเทียบ (Comparative Study) เพื่อกำหนดมาตรฐานระบบรางด้านโครงสร้างทางวิ่ง

นอกจากนี้ ในส่วนของข้อสรุป (Conclusions) นั้นจะถูกนำไปจัดทำเป็นมาตรฐานเพื่อใช้ในการออกแบบ ก่อสร้างและซ่อมบำรุงโครงสร้างทางรถไฟต่อไป โดยแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบคือ

- 1) ข้อกำหนดด้านการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟ (Track Design Criteria) โดยมีเนื้อหาของข้อกำหนดขั้นต่ำต่างๆที่ต้องใช้ในการออกแบบ ข้อจำกัด รวมไปถึงสิ่งที่ต้องปฏิบัติ เป็นต้น
- 2) คู่มือการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟ (Track Design Manual) จะมีเนื้อหาที่สอดคล้องกับข้อกำหนดข้างต้น แต่จะเน้นถึงการอธิบายแนวทางการนำข้อกำหนดดังกล่าวไปใช้ในการออกแบบ
- 3) คู่มือการก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ (Track Construction Manual) เช่นเดียวกับคู่มือในการออกแบบ แต่คู่มือการก่อสร้างจะเน้นถึงการอธิบายขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างให้ได้ตามมาตรฐานตามที่ได้กำหนดไว้
- 4) คู่มือการตรวจสอบและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ (Track Inspection and Maintenance Manual)

2.5 ผลการทบทวนมาตรฐานและคู่มือต่างๆที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของเนื้อหาของ 9 มาตรฐานหลัก แต่ละมาตรฐานจะมีองค์ประกอบต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความครบถ้วนสมบูรณ์สามารถที่จะนำไปใช้ในการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมมาตรฐาน ในต่างประเทศที่มีความสอดคล้องกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2-1 มาตรฐานเขตโครงสร้างทางรถไฟและมาตรฐานการออกแบบวางแนวเส้นทาง (Alignment and Layouts)

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	KR C- 14020 Alignments and Layouts - Track Alignment Measurement - Design of Track Alignment • Design Speed • Track Gauge • Radius of Curvature • Cant • Transient Curve • Minimum Length of the Straight Line and Curve • Gradient • Vertical Curve • Slack • Structure Gauge	National Regulation

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	- Distance between Track Centers - Layout of Tracks	
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป	A. Line layout (a) Structure gauge (4.2.3.1) (b) Distance between track centers (4.2.3.2) (c) Maximum gradients (4.2.3.3) (d) Minimum radius of horizontal curve (4.2.3.4) (e) Minimum radius of vertical curve (4.2.3.5) F. Immediate action limits on track geometry defects (a) The immediate action limit for alignment (4.2.8.1) (b) The immediate action limit for longitudinal level (4.2.8.2) (c) The immediate action limit for track twist (4.2.8.3) (d) The immediate action limit of track gauge as isolated defect (4.2.8.4) (e) The immediate action limit for cant (4.2.8.5) (f) The immediate action limits for switches and crossings (4.2.8.6)	EU (Regulation Level, COMMISSION REGULATION (EU) No 1299/2014)

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป	EN 13231 Railway applications - Track - Acceptance of works Part 1: Works on ballasted track - Plain line, switches and crossings Part 3: Acceptance of reprofiling rails in track Part 4: Acceptance of reprofiling rails in switches and crossings) EN 13803 Railway applications - Track - Track alignment design parameters Part 1: Plain line Part 2: Switches and crossings and comparable alignment design situations with abrupt changes of curvature	Regional Standard
International Union of Railways (UIC)	702 Static loading diagrams to be taken into consideration for the design of rail carrying structures on lines used by international services 703 Layout characteristics for lines used by fast passenger trains 704 Railway Transport Systems - Electromagnetic Compatibility (EMC) 705 Infrastructure for tilting trains	Specification manual and leaflet

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	710 Minimum track gauge in curves 714 Classification of lines for the purpose of track maintenance 717 Recommendations for the design of bridges to satisfy track requirements and reduce noise emissions 717-3 Steel bridges - Laying of track on steel without ballast - Direct laying 718-2 Criteria to be taken into consideration when approving tamping and lining machines for plain track 718- 4 Guidelines for the measurement of noise emitted by track machines 722 Methods of improving the track formation of existing lines 728 Absolute coordinates for track engineering work - A Railway Geodesy approach	
ประเทศญี่ปุ่น	- Section 1. Gauge - Section 2 . Guide Way Alignment • Guide way Alignment • Radius of curvature • Cant	National Regulation

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	• Gauge widening • Transition Curve • Gradient • Vertical Curve - Section 3. Construction Gauge - Section 4. Width of Formation Level and Distance between Track Centers • Width of Formation Level • Distance between Track Centers	
ประเทศสหรัฐอเมริกา	Subpart C—TRACK GEOMETRY §213.51 Scope. §213.53 Gage. §213.55 Track alinement. §213.57 Curves; elevation and speed limitations. §213.59 Elevation of curved track; runoff. §213.63 Track surface. §213.65 Combined track alignment and surface deviations.	National Regulation
ประเทศออสเตรเลีย	AS/ RISSB 7636: 2013 Railway Infrastructure – Railway Structures	National Standard
ประเทศไทย	คู่มือการออกแบบ หรือเกณฑ์กำหนดการออกแบบ จาก รฟท. และ รฟม.	

ตารางที่ 2-2 มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง (Ballasted Track)

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	KR C-14030 Ballasted Tracks - Standard Section of Ballasted Track - Considerations according to the Track Structural Mechanics • Applied Loads • Allowable load of the Track Components • Analysis of Track Structures • Review on Track alignment deterioration - Procedure of a Sleeper Design	National Regulation
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป		EU (Regulation Level, COMMISSION REGULATION (EU) No 1299/2014)
International Union of Railways (UIC)	713 Design of monoblock concrete sleepers 719 Earthworks and track bed construction for railway lines 719- 1 Recommendations for the use of Under Ballast Mats. UBM 724 Track equipment for 25 tons (250 kN) axle loads on ballasted track 774-2 Distribution of axle-loads on ballasted railway bridges	Specification manual and leaflet
ประเทศญี่ปุ่น	Technical Regulatory Standards on Japanese Railways	Standard

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	Design Standards for Railway Structures and Commentary: Earthwork, foundation structures	
ประเทศสหรัฐอเมริกา	Subpart D—TRACK STRUCTURE §213.101 Scope. §213.103 Ballast; general.	National Regulation
ประเทศออสเตรเลีย	AS/ RISSB 7636: 2013 Railway Infrastructure – Railway Structures Guidelines: Engineering (Track and Civil) , Earthwork and Drainage	National Standard
ประเทศจีน		
ประเทศไทย	คู่มือการออกแบบ หรือเกณฑ์กำหนดการออกแบบ จาก รฟท. และ รฟม.	

ตารางที่ 2-3 มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	KR C-14040 Concrete Tracks - Considerations according to the Track Structural Mechanics • Applied Loads • Allowable load of the Track Components • Analysis of the Track Structures - Structures of the Concrete Track • Considerations to select Type of a Concrete Track • Procedure to select Type of a Concrete Track • Requirement for the Concrete Track • Standard Section of the Concrete Track • Drainage of the Concrete Track • Concrete Track on Earthwork • Concrete Track in Tunnel • Concrete Track on Bridge • Requirement of a Fastening Device for the Concrete Track • Considerations to select a Sleeper for the Concrete Track	National Regulation
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป	Constituents performances and specifications	EU (Regulation Level, COMMISSION REGULATION (EU) No 1299/2014)

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	(a) The rail (5.3.1) (b) The rail fastening systems (5.3.2) (c) Track sleepers (5.3.3)	
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป		Regional Standard
International Union of Railways (UIC)	773 Recommendations for the design of joist- in- concrete railway bridges 774 Recommendations for the fatigue design of railway bridges in reinforced and prestressed- concrete	Specification manual and leaflet
ประเทศญี่ปุ่น		National Regulation
ประเทศสหรัฐอเมริกา	Subpart D—TRACK STRUCTURE §213.109 Crossties.	National Regulation
ประเทศออสเตรเลีย	AS/ RISSB 7636: 2013 Railway Infrastructure – Railway Structures	National Standard
ประเทศจีน	<u>TB/T 3288-2013</u> Ballastless track tracklayer unit <u>TB/T 3290-2013</u> Ballastless track gantry slab-laying machine <u>TB/T 3291-2013</u> Ballastless track cement emulsification bitumen mortar truck	National Regulation
ประเทศไทย	คู่มือการออกแบบ หรือเกณฑ์กำหนดการออกแบบ จาก รฟท. และ รฟม.	

ตารางที่ 2-4 มาตรฐานรางเชื่อมยาว (Continuous Welded Rail)

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	KR C-14050 Continuous Welded Rails (CWR) - Requirement of Track to install CWR - Track Structural Requirement to install CWR - Analysis of CWR • Analysis of CWR on Earthwork • Analysis of CWR in Tunnel • Analysis of CWR on Bridge - Installation and Welding of CWR • Installation Temperature • Installation Method • Welding of CWR • Considerations for CWR Installation • Record of Installation - Inspection of Welding Section	National Regulation
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป		EU (Regulation Level, COMMISSION REGULATION (EU) No 1299/2014)
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป	EN 14587 Railway applications - Track - Flash butt welding of rails Part 1: New R220, R260, R260Mn and R350HT grade rails in a fixed plant	Regional Standard

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	Part 2: New R220, R260, R260Mn and R350HT grade rails by mobile welding machines at sites other than a fixed plant Part 3: Welding in association with crossing construction EN 14730 Railway applications - Track - Aluminothermic welding of rails Part 1: Approval of welding processes Part 2: Qualification of aluminothermic welders, approval of contractors and acceptance of welds	
International Union of Railways (UIC)	720 Laying and Maintenance of CWR Track	Specification manual and leaflet
ประเทศญี่ปุ่น		National Regulation
ประเทศสหรัฐอเมริกา	§213.118 Continuous welded rail (CWR); plan review and approval. §213.119 Continuous welded rail (CWR); plan contents.	National Regulation
ประเทศออสเตรเลีย	AS/ RISSB 7636: 2013 Railway Infrastructure – Railway Structures	National Standard
ประเทศจีน	TB/ T 3 2 9 7: Concrete sleeper embedded in ballastless track on turnout section of high- speed railway	National Regulation
ประเทศไทย	คู่มือการออกแบบ หรือเกณฑ์กำหนดการออกแบบ จาก รฟท. และ รฟม.	

ตารางที่ 2-5 มาตรฐานส่วนประกอบทางรถไฟ (Design of Track Components)

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	Design of Track Components (KR C-14060) • Requirements of Track Component • Selection of Track Component • Selecting Procedure of Track Component • Verification of New Track Component • Rail • Sleeper • Fastener • Ballast - Turnout and Crossing • Roll of Turnout • Requirement of Turnout • Application of Turnout • Crossing - Rail Expansion Join (REJ) • Roll of REJ • Requirement of REJ • Application of REJ - Rail Joint • Arrangement of Rail Joint • Support of Rail Joint	National Regulation

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	- Glued Insulated Joint Rail • Application of Glued Insulated Joint Rail • Required Performance of Glued Insulated Joint Rail	
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป		EU (Regulation Level, COMMISSION REGULATION (EU) No 1299/2014)
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป	EN 13145 Railway applications - Track - Wood sleepers and bearers EN 13146 Railway applications - Track - Test methods for fastening systems (Part 1: Determination of longitudinal rail restraint Part 2: Determination of torsional resistance Part 3: Acceptance Of Reprofilng Rails In Track Part 4: Acceptance Of Reprofilng Rails In Switches And Crossings Part 5: Determination of electrical resistance Part 6: Effect of severe environmental conditions Part 7: Determination of clamping force Part 8: In service testing	Regional Standard

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	Part 9: Determination of stiffness EN 13230 Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers (Part 1: General requirements Part 2: Prestressed monoblock sleepers Part 3: Twin- block reinforced sleepers Part 4: Prestressed bearers for switches and crossings Part 5: Special elements) EN 13232 Railway applications - Track - Switches and crossings Part 1: Definitions Part 2: Requirements for geometric design Part 3: Requirements for wheel/rail interaction Part 4: Actuation, locking and detection Part 5: Switches Part 6: Fixed common and obtuse crossings Part 7: Crossings with moveable parts Part 8: Expansion devices Part 9: Layouts	

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	EN 13481 Railway applications - Track - Performance requirements for fastening systems Part 1: Definitions Part 2: Fastening systems for concrete sleepers Part 3: Fastening systems for wood sleepers Part 4: Fastening systems for steel sleepers Part 5: Fastening systems for slab track with rail on the surface or rail embedded in a channel Part 7: Special fastening systems for switches and crossings and check rails) EN 13674 Railway applications - Track – Rail (Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above Part 2: Switch and crossing rails used in conjunction with Vignole railway rails 46 kg/m and above Part 3: Check rails Part 4: Vignole railway rails from 27 kg/m to, but excluding 46 kg/m EN 16272 Railway applications - Track - Noise barriers and related devices acting on airborne sound propagation - Test method for	

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	determining the acoustic performance Part 1: Intrinsic characteristics - Sound absorption in the laboratory under diffuse sound field conditions Part 2: Intrinsic characteristics - Airborne sound insulation in the laboratory under diffuse sound field conditions Part 3-1: Normalized railway noise spectrum and single number ratings for diffuse field applications Part 3-2: Normalized railway noise spectrum and single number ratings for direct field applications Part 4: Intrinsic characteristics - In situ values of sound diffraction under direct sound field Part 6: Intrinsic characteristics - In situ values of airborne sound insulation under direct sound field conditions	
International Union of Railways (UIC)	711 Geometry of points and crossings with UIC rails permitting speeds of 100 km/h or more on the diverging track 712 Rail defects	Specification manual and leaflet

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	716 Maximum permissible wear profiles for switches 721 Recommendations for the use of rail steel grades 725 Treatment of rail defects 770 Code of practice for the use of high strength friction grip bolts in bridges and structures constructed or maintained by railway authorities. 771-3 Recommendations for the connection of rail- bearers to cross- girders for steel railway bridges 772-1 Standard principles for the use of bearings made from various materials for railway bridges 772-2 Code for the use of rubber bearings for rail bridges 718- 3 Criteria to be taken into consideration when approving tamping- lining machines for points and crossings 760 Level crossings - Road signs and signals 761 Guidance on the automatic operation of level crossings	

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
ประเทศญี่ปุ่น	- Section 5. Structure of Guide Way • Track • Structures • Facilities to Abate Extreme Noise	National Regulation
ประเทศสหรัฐอเมริกา	Subpart D—TRACK STRUCTURE §213.101 Scope. §213.103 Ballast; general. §213.109 Crossties. §213. 110 Gage restraint measurement systems. §213.113 Defective rails. §213.115 Rail end mismatch. §213. 118 Continuous welded rail (CWR); plan review and approval. §213. 119 Continuous welded rail (CWR); plan contents. §213.121 Rail joints. §213.122 Torch cut rail. §213.123 Tie plates. §213.127 Rail fastening systems. §213. 133 Turnouts and track crossings generally. §213.135 Switches. §213.137 Frogs. §213.139 Spring rail frogs.	National Regulation

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	§213.141 Self-guarded frogs. §213. 143 Frog guard rails and guard faces; gage.	
ประเทศออสเตรเลีย	<u>AS 1085 series (Railway track material)</u> Part 1: Steel rails Part 2: Fishplates Part 3: Sleeper plates Part 4: Fishbolts and nuts Part 7: Spring washers Part 8: Dogspikes Part 10: Rail anchors Part 12: Insulated joint assemblies Part 13: Spring fastening spikes for sleeper plates Part 14: Prestressed concrete sleepers (this Standard) Part 17: Steel sleepers Part 18: Screw spikes and threaded inserts Part 19: Resilient fastening systems Part 20: Welding of steel rail	National Standard
ประเทศจีน	TB/T 2190: Concrete sleeper TB/T 3298: Prestressed concrete broad sleeper for ballasted track	National Regulation
ประเทศไทย	คู่มือการออกแบบ หรือเกณฑ์กำหนดการออกแบบ จาก รฟท. และ รฟม. มอก. 2528 เล่ม 1-2553 บทนิยามเกี่ยวกับหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ มอก. 2528 เล่ม 2-2553 วิธีชักตัวอย่างหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ มอก. 2528 เล่ม 3-2553 การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ	

ตารางที่ 2-6 มาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (Interface between Track and Other systems)

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	KR C-14080 Interface between Track and Other systems - Track-Vehicle Interaction - Track-Structure Interaction • Design on Connection Zone of Concrete Track and Another Concrete Track • Design on Connection Zone of Concrete Track and Ballasted Track • Design on Connection Zone of Earthwork and Bridge in Concrete Track • Design on Connection Zone of Earthwork and Culvert in Concrete Track	National Regulation
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป	Functional and technical specification of the interfaces (a) Interfaces with the rolling stock subsystem (4.3.1) (b) Interfaces with the energy subsystem(4.3.2) (c) Interfaces with the control command and signaling subsystem(4.3.3) (d) Interfaces with the operation and traffic management subsystem(4.3.4)	EU (Regulation Level, COMMISSION REGULATION (EU) No 1299/2014)

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป	EN 16730 Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers with under sleeper pads ERRI D 230. 1/ RP3. Bridge ends. Embankment Structure Transition. State of the Art Report	Regional Standard
International Union of Railways (UIC)	- 774-3 Track - bridge Interaction. Recommendations for calculations - 776-1 Loads to be considered in railway bridge design - 776-2 Design requirements for rail- bridges based on interaction phenomena between train, track and bridge - 776-3 Deformation of bridges - 777-1 Measures to protect railway bridges against impacts from road vehicles, and to protect rail traffic from road vehicles fouling the track - 777-2 Recommendations for the consideration of fatigue in the design of steel railway bridges, especially with orthotropic decks - 778-2 Recommendations for the inspection, assessment and maintenance of masonry arch bridges - 778-3 Defects in railway bridges and procedures for maintenance	Specification manual and leaflet

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	- 778-4 Effect of the slipstream of passing trains on structures adjacent to the track - 779- 1 Management and maintenance principles for existing tunnels - 779-10 Determination of railway tunnel cross-sectional areas on the basis of aerodynamic considerations	
ประเทศญี่ปุ่น		National Regulation
ประเทศสหรัฐอเมริกา		National Regulation
ประเทศออสเตรเลีย	AS/ RISSB 7636: 2013 Railway Infrastructure – Railway Structures RTS 3430. Track reconditioning guidelines	National Standard
ประเทศจีน	TB10001-2005 Code for design on subgrade of railway TB10082-2005 Code for design railway track	National Regulation
ประเทศไทย	คู่มือการออกแบบ หรือเกณฑ์กำหนดการออกแบบ จาก รฟท. และ รฟม.	

ตารางที่ 2-7 มาตรฐานระบบความปลอดภัยบนทางรถไฟ (Track Safety Facilities)

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	KR C-14090 Track Safety Facilities - Buffer Stop - Safety Rail - Track-Sign Post	National Regulation
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป	C. Switches and crossings (a) Design geometry of switches and crossings (4.2.5.1) (b) Use of swing nose crossings (4.2.5.2) (c) Maximum unguided length of fixed obtuse crossings (4.2.5.3) H. Health, safety and environment (a) Maximum pressure variation in tunnels (4.2.10.1) (b) Effect of crosswinds (4.2.10.2) (c) Ballast pick-up (4.2.10.3)	EU (Regulation Level, COMMISSION REGULATION (EU) No 1299/2014)
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป	EN 16704 Railway applications - Track - Safety protection on the track during work Part 1: Railway risks and common principles for protection of fixed and mobile work sites Part 2- 1: Common solutions and technologies - Technical requirements for Track Warning Systems (TWS)	Regional Standard

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	Part 2- 2: Common solutions and technology - Requirements for barriers Part 3: Competences for personnel related to work on or near tracks	
International Union of Railways (UIC)	762 Safety measures to be taken at level crossings on lines operated from 120 to 200 km/h 779-9 Safety in railway tunnels 791- 3 Safety measures to be adopted when working on or nearby overhead contact lines 791- 5 Guidelines on OCL earthing systems for safety in tunnels	Specification manual and leaflet
ประเทศญี่ปุ่น	Section 7. Safety Facilities • Facilities to Prevent Disasters and Other Incidents • Protection of Below Bridges • Facilities of Underground Stations • Prevention of Rolling Stock Runaways • No Trespassing to Guide Way • Evacuation Facilities Section 8. Wayside Posts	National Regulation
ประเทศสหรัฐอเมริกา	PART 213— TRACK SAFETY STANDARDS Subpart A—GENERAL §213.1 Scope of part.	National Regulation

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
	§213.3 Application. §213.4 Excepted track. §213. 5 Responsibility for compliance. §213. 7 Designation of qualified persons to supervise certain renewals and inspect track. §213.9 Classes of track: operating speed limits. §213.11 Restoration or renewal of track under traffic conditions. §213.13 Measuring track not under load. §213. 14 Application of requirements to curved track. §213.15 Penalties. §213.17 Waivers. §213.19 Information collection.	
ประเทศออสเตรเลีย	AS/ RISSB 7636: 2013 Railway Infrastructure – Railway Structures	National Standard
ประเทศจีน		
ประเทศไทย	คู่มือการออกแบบ หรือเกณฑ์กำหนดการออกแบบ จาก รฟท. และ รฟม.	

ตารางที่ 2-8 มาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ (Track Drainage)

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี		National Regulation
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป		EU (Regulation Level, COMMISSION REGULATION (EU) No 1299/2014)
กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป		Regional Standard
International Union of Railways (UIC)		Specification manual and leaflet
สหราชอาณาจักร	NR/ L3/ CIV/ 005/ 2 (Railway Drainage Systems Manual): • The management of Drainage Systems (Part 1) • The design and installation of Drainage Systems (Part 2) • The Inspection and Maintenance of Drainage Systems (Part 3) • Recording information on Drainage Systems (Part 4) • Drainage Management Plans (Part 5)	Manual
ประเทศญี่ปุ่น		National Regulation
ประเทศสหรัฐอเมริกา	Subpart B—ROADBED §213.31 Scope. §213.33 Drainage. §213.37 Vegetation.	National Regulation

แหล่งที่มาของมาตรฐาน	รายละเอียดองค์ประกอบ	ระดับของมาตรฐาน
ประเทศออสเตรเลีย	AS/ RISSB 7636: 2013 Railway Infrastructure – Railway Structures	National Standard
	T HR CI 12130 MA (Track Drainage) • Introduction • Purpose • Reference documents • Terms and definitions • Types of track drainage • Design of track drainage • Construction of track drainage • Maintenance of track drainage • Documentation guide	Standard
	TRACK AND CIVIL INFRASTRUCTURE VOLUME TWO - TRAIN SYSTEM [CP2] (Drainage) • PURPOSE AND SCOPE • DESIGN AND RATING • MONITORING AND MAINTENANCE • DOCUMENTATION	CODE OF PRACTICE
ประเทศจีน		
ประเทศไทย	คู่มือการออกแบบ หรือเกณฑ์กำหนดการออกแบบ จาก รฟท. และ รฟม.	

2.6 การดำเนินการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย และแผนประชาสัมพันธ์โครงการ

ตามขอบเขตการจ้างงาน (TOR) โครงการศึกษาและจัดทำคู่มือการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟ ว่าด้วยการจัดทำแผนการประชาสัมพันธ์โครงการ และการดำเนินการตามกระบวนการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย นั้น ทางคณะที่ปรึกษาได้กำหนดแผนการดำเนินงาน ดังนี้

2.6.1 การจัดสัมมนาและประชาสัมพันธ์

- 1) การจัดสัมมนากลุ่มเป้าหมาย (Focus Group) เพื่อพิจารณา (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟ จำนวนไม่น้อยกว่า 10 ท่าน จำนวน 1 ครั้ง
- 2) การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1 ให้แก่บุคลากรสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จำนวนไม่น้อยกว่า 30 ท่าน จำนวน 1 ครั้ง
- 3) การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2 ให้แก่บุคลากรสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จำนวนไม่น้อยกว่า 30 ท่าน จำนวน 1 ครั้ง
- 4) การจัดสัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและประชาชนที่สนใจเข้าร่วม จำนวนไม่น้อยกว่า 30 ท่านจำนวน 1 ครั้ง

2.6.2 การจัดเตรียมสื่อประชาสัมพันธ์

- 1) เอกสารประกอบการสัมมนา
- 2) เอกสารประกอบการฝึกอบรม
- 3) บอร์ดสำหรับแสดงนิทรรศการ ขนาด 274 x 230 ตารางเซนติเมตร จำนวน 2 บอร์ด
- 4) เอกสารเผยแพร่และประชาสัมพันธ์โครงการ ในรูปแบบแผ่นพับภาษาไทย ขนาด 63 x29.7 ตารางเซนติเมตรพับ 3 ช่วง จำนวน 200 ชุด
- 5) ลงข้อมูลประชาสัมพันธ์ในวารสารวิศวกรรมสารขนาด ½ หน้า
- 6) จัดทำวีดิทัศน์ แนะนำโครงการ

ตารางที่ 2-9 สรุปแผนการประชาสัมพันธ์โครงการ และการดำเนินการตามกระบวนการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

รายการ	สื่อประชาสัมพันธ์	ระยะเวลา
การจัดสัมมนากลุ่มเป้าหมาย (Focus Group)	- เอกสารประกอบการสัมมนา	วันที่ 11 - 12 ตุลาคม พ.ศ.2560
การจัดสัมมนารับฟัง ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	- เอกสารประกอบการสัมมนา - แผ่นพับภาษาไทยจำนวน 200 ชุด - บอร์ดนิทรรศการ 2 บอร์ด	วันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560
การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1	- เอกสารประกอบการฝึกอบรม	วันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ.2560
การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2	- เอกสารประกอบการฝึกอบรม	วันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ.2560

บทที่ 3

ผลการทบทวนกรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟ

- ❖ บทนำ
- ❖ ผลการทบทวนกรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศต่าง ๆ ที่ใช้ในปัจจุบัน
- ❖ ผลการทบทวนกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟสำหรับประเทศไทย

3.1 บทนำ

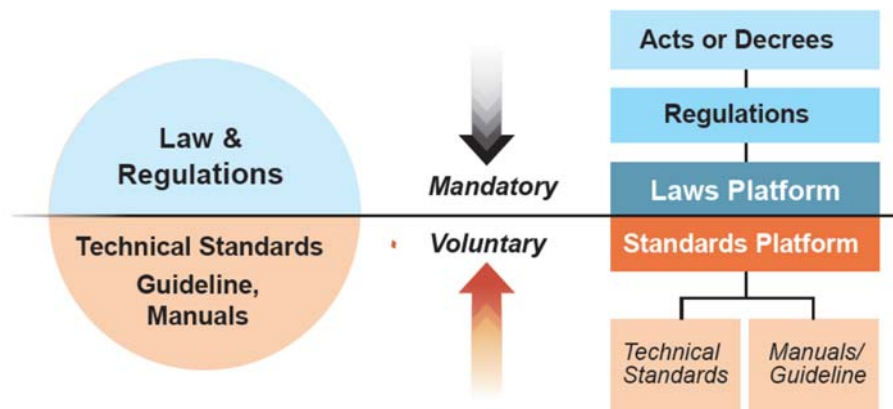
จากแนวทางการทบทวนและศึกษาเปรียบเทียบมาตรฐานการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาทางรถไฟ ที่ปรึกษาได้ทำการทบทวนกฎหมายและข้อกำหนดไปจนถึงมาตรฐานและคู่มือ โดยมุ่งเน้นไปที่ข้อกำหนดและมาตรฐานของประเทศต่าง ๆ รวม 6 ประเทศและ 1 ภูมิภาคคือ กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ International Union of Railways (UIC) ประเทศญี่ปุ่น ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศออสเตรเลีย และประเทศไทย ซึ่งผลการทบทวนมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะแสดงถึงโครงสร้างมาตรฐานระบบรางของประเทศต่าง ๆ ข้อเด่นและข้อด้อย รวมถึงความเป็นไปได้ในการนำมาประยุกต์ใช้งานภายใต้บริบทของประเทศไทย

ทั้งนี้จากแนวทางการศึกษาที่ได้กำหนดไว้เป็นขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ (1) ทบทวนกรอบโครงสร้างมาตรฐานของแต่ละประเทศ (2) ทบทวนและศึกษาเปรียบเทียบข้อกำหนดการออกแบบทางรถไฟ (3) ทบทวนและศึกษาเปรียบเทียบมาตรฐานและคู่มือการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟ (4) สรุปผลการเปรียบเทียบเพื่อกำหนดแนวทางยกร่างมาตรฐาน (5) การยกร่างมาตรฐาน (6) การยกร่างคู่มือ โดยในบทนี้จะเป็นการแสดงผลการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 1 และ 2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2 ผลการทบทวนกรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศต่าง ๆ ที่ใช้ในปัจจุบัน

กรอบโครงสร้างมาตรฐาน (Standardization Platform) คือ โครงสร้างมาตรฐานตามลำดับขั้นของการบังคับใช้ สามารถแบ่งได้ 2 ส่วนหลัก คือ (ก) มาตรฐานที่สามารถบังคับใช้ตาม กฎหมาย (Mandatory) ประกอบด้วย พระราชบัญญัติ (Acts) ประกาศ ข้อกำหนดกฎกระทรวง (Regulations) และคุณลักษณะเฉพาะ (Specifications) ถือเป็นมาตรฐานที่สามารถใช้อำนาจบังคับใช้ได้ตามกฎหมาย และ (ข) มาตรฐานประเภทมาตรฐานทางเทคนิค (Technical Standard) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ (Product Standard) และคู่มือ (Manual) มาตรฐานประเภทนี้เป็นมาตรฐานที่ขึ้นอยู่กับความสมัครใจหรือความพึงพอใจของผู้ที่จะนำไปใช้งาน (Voluntary) รูปที่ 3-1 แสดงกรอบโครงสร้างมาตรฐานที่แบ่งตามลำดับขั้นของการบังคับใช้หลายประเทศที่มีความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีระบบรางได้มีการวางโครงสร้างมาตรฐานไว้เป็นอย่างดี อาทิ ประเทศญี่ปุ่น ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน และประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากในประเทศที่พัฒนาแล้วการพัฒนามาตรฐานไม่เพียงการยกระดับความปลอดภัยและคุณภาพชีวิตเท่านั้น แต่จะส่งผลไปถึงการพัฒนาบุคลากร การพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมตลอดจน ส่งผลถึงการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย สำหรับกรอบโครงสร้างมาตรฐานของประเทศที่น่าสนใจและกรอบโครงสร้างมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้

แผนพัฒนามาตรฐานของประเทศไทยที่ได้ดำเนินการโดย สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) ตลอดจนกฎหมายในประเทศที่มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟ สามารถนำมาสรุปสาระสำคัญได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3-1 กรอบโครงสร้างมาตรฐานและลำดับชั้นในการบังคับใช้

3.2.1 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ International Union of Railways, UIC

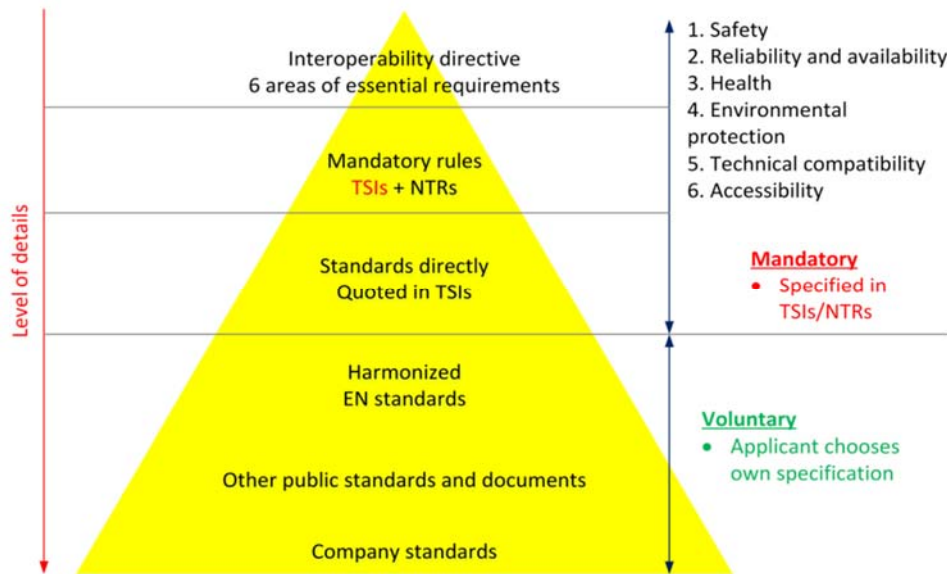
มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างทางรถไฟของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรปประกอบด้วยข้อมูล และ กรอบโครงสร้างมาตรฐาน และ การบังคับใช้งานดังต่อไปนี้

- 1) กรอบโครงสร้างมาตรฐาน TSIs (Technical Specifications for Interoperability)
- 2) กรอบโครงสร้างมาตรฐาน International Union of Railways (UIC)
- 3) กรอบโครงสร้างมาตรฐานยุโรป European Standards (ENs)

กรอบโครงสร้างมาตรฐาน TSIs (Technical Specifications for Interoperability)

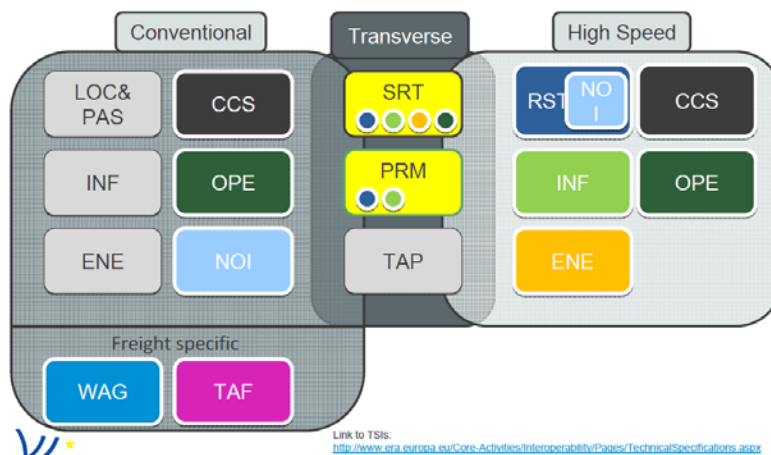
มาตรฐาน TSIs ถูกพัฒนาโดย European Railway Agency (ERA) ร่วมกับหน่วยงานที่อยู่ภายใต้ความร่วมมือ ดังนี้ Notified Bodies - Rail (NB Rail), European Standardization Organizations (ESOs) and National Safety Authorities (NSAs) โดยมาตรฐานที่พัฒนาขึ้นต้องผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการ Railway Interoperability and Safety Committee (RISC) มาตรฐานและคู่มือต่าง ๆ ที่ถูกพัฒนาขึ้น มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าใจและนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยหน่วยงานด้านกำกับดูแลการเดินรถและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอาทิเช่น รัฐวิสาหกิจการรถไฟ (Railway Undertakings) ผู้จัดการโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Managers) ภาครัฐอุตสาหกรรม ผู้ให้บริการด้านการซ่อมบำรุง ผู้รับเหมา หน่วยงานด้านการตรวจสอบและรับรองผล ล้วนแล้วแต่เป็นหน่วยงานที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของมาตรฐาน

การบังคับใช้งานมาตรฐาน TSIs ดังแสดงในรูปที่ 3-2 ซึ่งแบ่งตามระดับของการบังคับใช้งานออกเป็นสามระดับ คือ ระดับที่ 1: Interoperability Directive คือข้อบังคับระดับนโยบายที่ทุกประเทศต้องปฏิบัติตาม และมีการปรับให้เป็นกฎหมายของแต่ละประเทศเพื่อการบังคับใช้งาน ระดับที่ 2: TSIs คือมาตรฐานที่ถูกบังคับให้ใช้โดยหน่วยงาน European Railway Agency (ERA) ระดับที่ 3: Harmonized EN Standards เป็นมาตรฐานและข้อกำหนดด้านเทคนิคของที่ถูกทำให้กลมกลืนกันภายใต้ European Norm ตลอดจนมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้อง การบังคับใช้ขึ้นอยู่กับความสมัครใจของ แต่ละประเทศ



รูปที่ 3-2 แผนภาพแสดงถึงระดับการบังคับใช้มาตรฐาน TSI ในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป

กรอบโครงสร้างมาตรฐาน TSIs สามารถแบ่งได้ตามลักษณะการใช้งานคือรถไฟทั่วไป (Conventional Rail) และรถไฟความเร็วสูง (High Speed) ทั้งนี้ในแต่ละประเภทของรถไฟยังได้มีการออกมาตรฐานเฉพาะด้านเทคนิค เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับงานมาตรฐานเฉพาะด้านดังนี้ SRT-TSI Specific Part, PRM-TSI Specific Part, INF-TSI Specific Part, ENE-TSI Specific Part, LOC&PAS-TSI Specific Part, NOI-TSI Specific Part, OPE-TSI Specific Part, and CR WAG-TSI Specific Part โครงสร้างมาตรฐาน TSIs ดังแสดงในรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 กรอบโครงสร้างมาตรฐาน TSIs

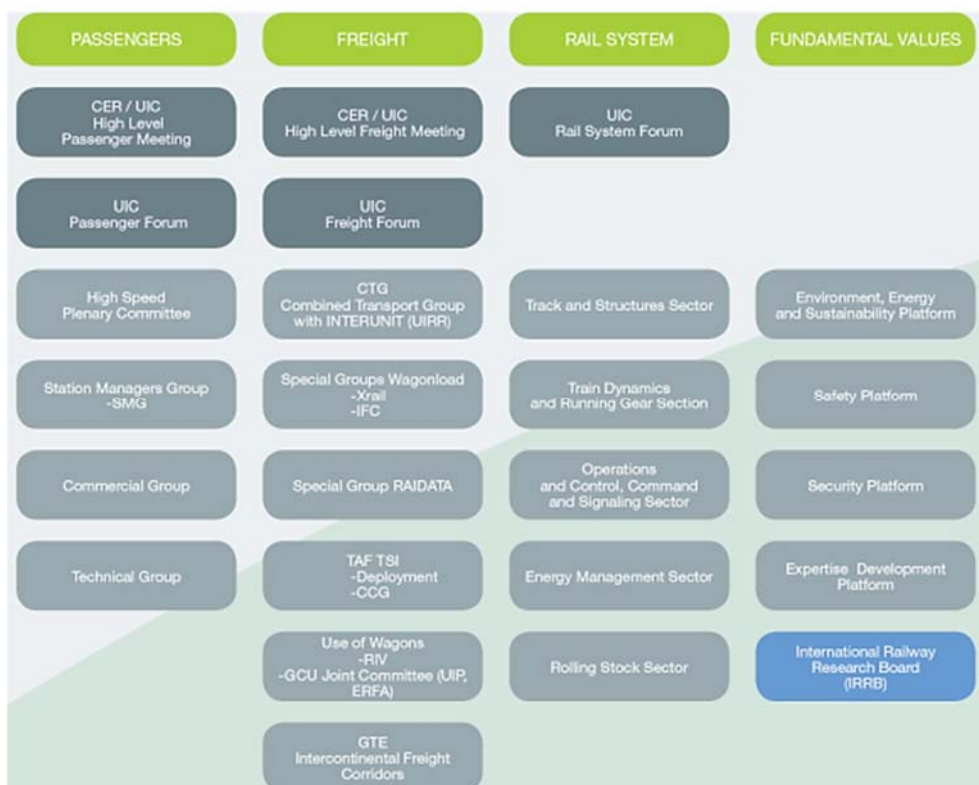
โดยสามารถสรุปสาระสำคัญของกรอบมาตรฐาน TSIs คือ เป็นมาตรฐานที่มีการบังคับใช้ในกลุ่มประเทศยุโรปโดย
ความสมัครใจ โดยเน้นไปที่การทำให้ระบบรถไฟที่แตกต่างกันนั้นสามารถใช้งานร่วมกันได้ (Interoperability)

- 1) เป็นมาตรฐานที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับระบบรถไฟทั่วไปและระบบรถไฟความเร็วสูง
- 2) TSIs เป็นมาตรฐานที่มีการรวมกันของสองมาตรฐานคือ มาตรฐานสำหรับรถไฟปกติ และมาตรฐานรถไฟความเร็วสูง
- 3) สามารถประยุกต์ใช้กับระบบรางที่มีการใช้งานร่วมกัน (Interoperability) โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศยุโรป
- 4) สำหรับระบบรางแบบปิด ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้มาตรฐาน TSIs
- 5) มาตรฐาน TSIs แนะนำในเรื่องต่าง ๆ ที่ต้องปฏิบัติ แต่ไม่ได้ให้รายละเอียดว่าต้องปฏิบัติอย่างไร
- 6) มาตรฐาน TSIs มีรายละเอียดรองรับระบบรถไฟความเร็วสูงได้ถึง 350 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

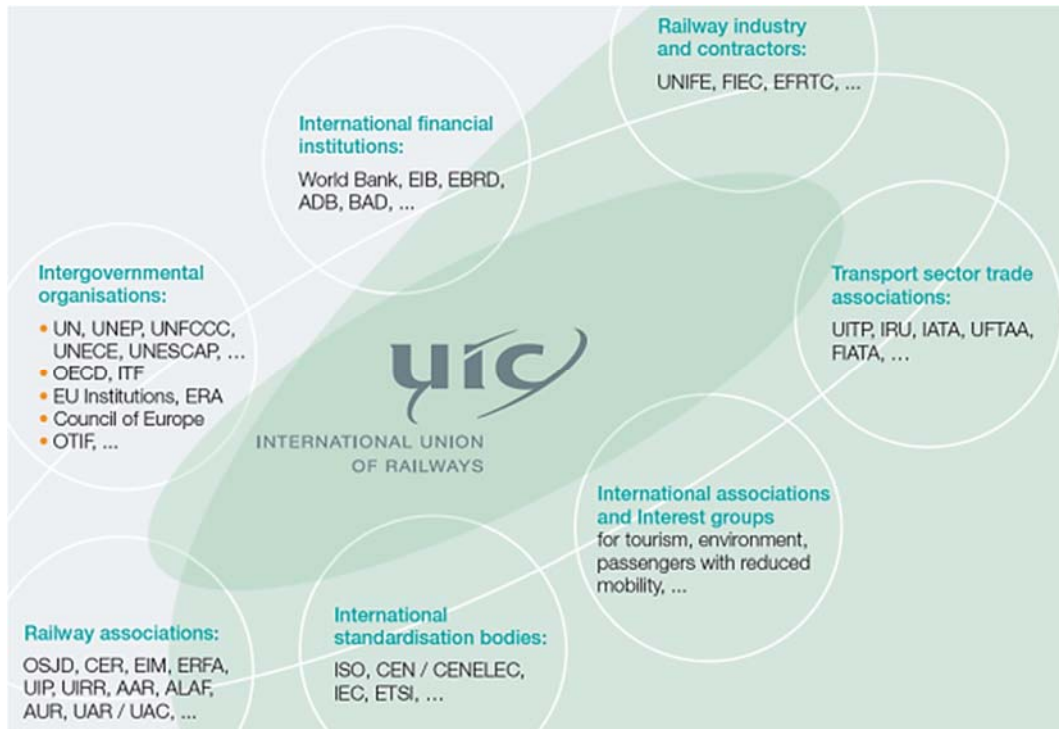
กรอบโครงสร้างมาตรฐาน UIC (International Union of Railways)

UIC เป็นองค์กรความร่วมมือด้านระบบรางในระดับนานาชาติซึ่งก่อตั้งในปี 1922 ในกรุงปารีส โดยมีหลักสำคัญ
ในการจัดตั้งคือ “Creation of a Permanent Rail Administration Focusing on International Traffic for the
Standardization and Improvement of Conditions of Railway Construction and Operations” UIC มีสมาชิกเพิ่ม
มากขึ้นเรื่อย ๆ จนเกือบครอบคลุมทุกประเทศ

UIC ทำการพัฒนาข้อกำหนดทางด้านระบบรางโดยเน้นให้มีความสามารถใช้งานร่วมกันได้ (Interoperability)
โดย UIC และความร่วมมือจากองค์กรสมาชิกต่าง ๆ ได้มีการจัดการทำงานในด้านนี้ไว้อย่างเป็นระบบ ดังแสดงในแผนผังของ
รูปที่ 3-4 และรูปที่ 3-5 และเป็นศูนย์กลางในการรวบรวมและเผยแพร่นวัตกรรมและแนวคิดใหม่ ๆ ทางด้านระบบรางให้แก่
สมาชิกเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในโครงการของตนเองต่อไป



รูปที่ 3-4 แผนผังการทำงานทางด้านเทคนิคของ UIC [3]



รูปที่ 3-5 แผนผังความร่วมมือของ UIC กับองค์กรต่าง ๆ [3]

โดยสามารถสรุปสาระสำคัญของกรอบมาตรฐาน UIC

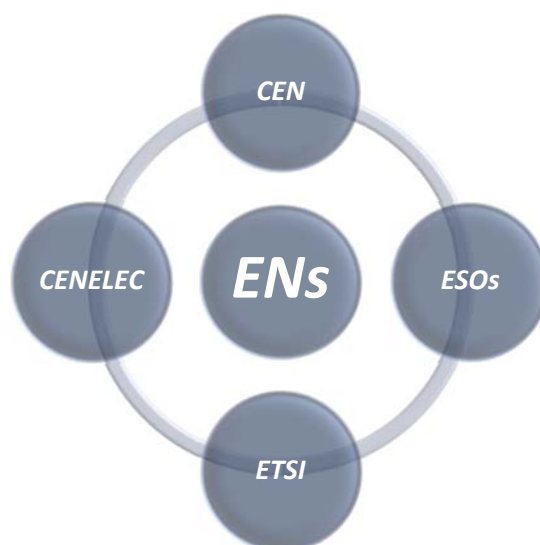
- เป็นมาตรฐานสำหรับระบบรางโดยเฉพาะ โดยสามารถประยุกต์ใช้ได้กับระบบรถไฟทั่วไปและระบบรถไฟความเร็วสูง
- มาตรฐานแบ่งเป็นสามระดับคือ obligation, recommendation และ information
- เนื่องจาก UIC เป็นองค์กรอิสระ ดังนั้นมาตรฐานที่เผยแพร่ออกมาจึงไม่มีผลการบังคับใช้ทางกฎหมายกับประเทศสมาชิก
- มาตรฐาน UIC สามารถนำมาใช้อ้างอิงสำหรับการสร้างข้อกำหนดด้านการออกแบบ
- เป็นมาตรฐานที่มีรายละเอียดในด้านการใช้งานร่วมกันได้ของระบบราง (interoperability)
- เป็นมาตรฐานที่มีความครบถ้วนในด้านข้อเสนอแนะทางเทคนิคสำหรับงานวิศวกรรม

กรอบโครงสร้างมาตรฐานแห่งสหภาพยุโรป (European Standard, ENs)

European Standard (ENs) เป็นมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในทวีปยุโรปครอบคลุมทั้งในด้านวัสดุ อุปกรณ์ และบริการ โดยมีจุดประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ประเทศในทวีปยุโรป และสร้างมาตรฐานให้เป็นหนึ่งเดียวกัน ความร่วมมือในการจัดตั้งมาตรฐานทางยุโรปสามารถทำได้โดย

- Voluntary หรือ อาสาสมัคร เมื่อภาคอุตสาหกรรมเลือกที่จะยอมรับและใช้มาตรฐานทางยุโรป เมื่อมาตรฐานนั้นเป็นที่ยอมรับแล้ว
- Harmonized หรือ การประสาน เมื่อมาตรฐานทางยุโรปได้ถูกนำมาปรับใช้กับข้อกำหนดทางเทคนิค โดยทำการกำหนดร่วมกัน
- Mandatory หรือ การบังคับใช้ เมื่อมาตรฐานทางยุโรปถูกกำหนดให้ใช้อย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

สำหรับการจัดทำมาตรฐานในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปนั้นมีช่องทางที่สามารถจัดทำได้เนื่องจากได้มีการรวมกลุ่มของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องร่วมกันดำเนินการอย่างชัดเจน โดยการรวมตัวขององค์กรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนามาตรฐานของสหภาพยุโรป มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นบรรทัดฐานให้เกิดความเสมอภาคและมีความเป็นธรรมสำหรับภาครัฐกิจและภาคอุตสาหกรรม โดยมีหน่วยงานหลัก คือ The European Standardization Organizations (ESOs) ทำหน้าที่เป็นคณะกรรมการพิจารณามาตรฐาน European standards ซึ่งได้ทำงานร่วมกับอีก 3 หน่วยงาน เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984 ประกอบไปด้วย 1) The European Committee for Standardization (CEN) เป็นหน่วยงานที่รวบรวมกรอบโครงสร้างมาตรฐานทั้ง 33 ประเทศในยุโรป แล้วนำมาสร้างกรอบโครงสร้างการพัฒนามาตรฐานแห่งสหภาพยุโรปรวมทั้งเอกสารทางด้านเทคนิค อาทิเช่น วัสดุ, กระบวนการ และ การบริการ 2) The European Committee for Electro technical Standardization (CENELEC) เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่วางมาตรฐานทางระบบไฟฟ้า โดยพัฒนาให้มีความเป็นกลางใช้ได้กับทุกประเทศ และ 3) The European Telecommunications Standards Institute (ETSI) เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่วางมาตรฐานทางด้านเทคโนโลยีและสารสนเทศ รวมไปถึงการติดต่อสื่อสาร ทั้งทางด้านคลื่น และ อินเทอร์เน็ต โดยที่ภาคอุตสาหกรรมสามารถเข้ามามีส่วนร่วมในการร่างมาตรฐานได้ โดยตรง ต่างกับ CEN และ CENELEC นอกจากนั้นยังมีหน่วยงานด้านอื่นที่เข้ามามีส่วนร่วม อาทิเช่น National Standardization Bodies (NSBs) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีความสัมพันธ์กับประเทศในกลุ่ม EU และ EFTA ทำหน้าที่สำรวจประชาคมในกลุ่มยุโรป หรือ Public authorities เป็นหน่วยงานที่ดูแลเรื่องการยอมรับของสังคมต่อมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้น ดังนั้นการพัฒนามาตรฐานด้านระบบรางในสหภาพยุโรป (European Norms) จึงขึ้นอยู่กับการทำงานของหน่วยงานทั้งสี่หน่วยงานดังกล่าวข้างต้น (รูปที่ 3-6)



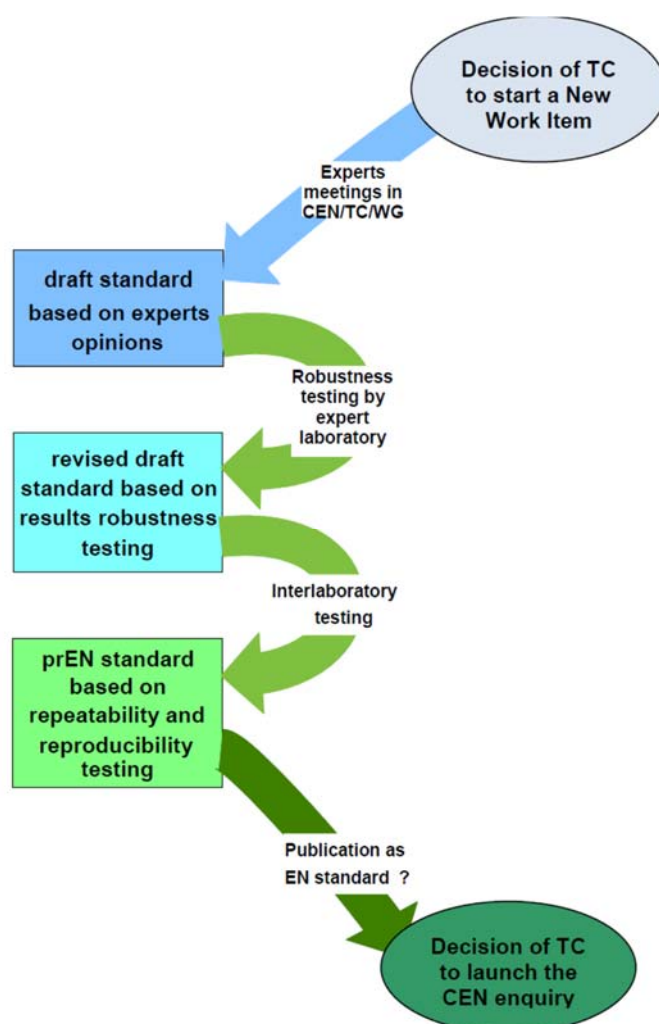
รูปที่ 3-6 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของหน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนามาตรฐานระบบรางในยุโรป

หน้าที่หลักของหน่วยงานเหล่านี้ คือ การพัฒนาและเผยแพร่มาตรฐานทางยุโรปรวมถึงข้อมูลทางเทคนิคต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับภาคเศรษฐกิจและหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อส่งผลให้เกิดความปลอดภัย คุณภาพ ความน่าเชื่อถือ ของวัสดุ การบริการ และขั้นตอนในการทำงานที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นช่องทางในการขยายตัวทางเศรษฐกิจและกระจายข่าวอีกด้วย โดยอาศัยกรรมการผู้เชี่ยวชาญจากหลากหลายประเทศ

สำหรับมาตรฐาน ENs ที่เกี่ยวข้องกับระบบขนส่งทางรางมีมากถึง กว่า 1,000 มาตรฐาน กระจายอยู่ในหมวดต่าง ๆ หลายหมวด ทั้งนี้มาตรฐาน ENs ไม่ได้ทำการแยกหมวดระบบรางหรือตัวรถไฟแยกออกมาเหมือนกับมาตรฐาน UIC (International Union of Railways)

ขั้นตอนการยกร่างมาตรฐานและตรวจสอบความถูกต้องของมาตรฐานกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป

ขั้นตอนการยกร่างและตรวจสอบความถูกต้อง ของร่างมาตรฐาน European Norm (EN) จะเริ่มจากการคณะกรรมการด้านเทคนิค (TC) พิจารณาหัวข้อมาตรฐานที่จะจัดทำขึ้นใหม่ จากนั้นจะมีการจัดตั้งคณะทำงานเพื่อจัดทำ ร่างมาตรฐาน (CEN, TC, WG) จากนั้นเมื่อได้ร่างมาตรฐานแล้วจะดำเนินการตรวจสอบและให้ข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ เมื่อได้ ร่างมาตรฐานขึ้นต้นแล้ว จึงนำไปผ่านกระบวนการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการที่มีความน่าเชื่อถือ นำผลการทดสอบมาใช้ประกอบการพิจารณาปรับปรุงร่างมาตรฐานและมีการทดสอบซ้ำในห้องปฏิบัติการในหลาย ๆ ที่เพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง เมื่อได้ผลการทดสอบซ้ำจากตัวอย่างที่ได้จากการผลิตซ้ำจากแหล่งต่าง ๆ ที่แตกต่างกันแล้ว จึงจะนำผลที่ได้มาพิจารณาอีกครั้งว่าจะดำเนินการเผยแพร่ในรูปแบบร่างมาตรฐานยุโรป (prEN) และในขั้นตอนสุดท้ายหลังจากการใช้ร่างมาตรฐานมาระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงจะมีการตัดสินใจผ่านคณะทำงาน CEN อีกครั้งว่าจะเผยแพร่ในรูปแบบมาตรฐาน EN หรือไม่ โดยรายละเอียดขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3-7 ดังนั้น จะเห็นได้ว่าแต่ละมาตรฐานในยุโรปจึงมีความน่าเชื่อถือ (Reliability) สูงมาก มีที่มาที่ไปในการยกร่างมาตรฐานชัดเจนและมีการใช้ค่าใช้จ่ายและระยะเวลายาวนานในการจัดทำมาตรฐานแต่ละมาตรฐานขึ้นมาใช้งาน



รูปที่ 3-7 รายละเอียดขั้นตอนการยกร่างมาตรฐานและตรวจสอบความถูกต้องของมาตรฐานกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป

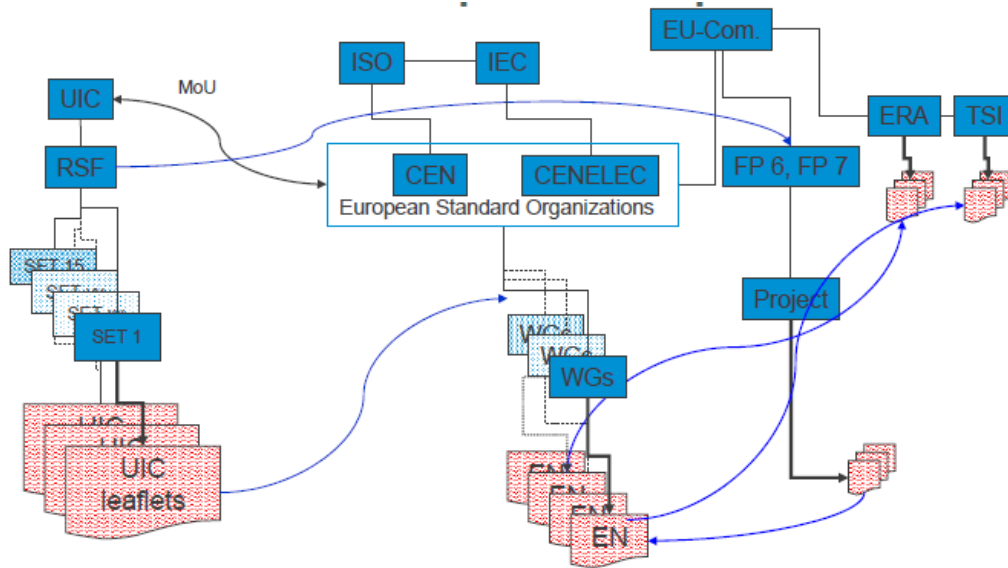
สรุปสาระสำคัญของกรอบมาตรฐาน European Standards (ENs)

- 1) มาตรฐาน ENs เป็นการรวมกันของ CEN, CENELEC and ETSI
- 2) มาตรฐานจาก CEN (European Committee for Standardization) จะเป็นมาตรฐานทางด้านวิศวกรรม
- 3) มาตรฐานจาก CENELEC (European Committee for Electro technical Standardization) จะเป็นมาตรฐานทางด้านระบบไฟฟ้า
- 4) มาตรฐานจาก ETSI (European Telecommunications Standard Institute) จะเป็นมาตรฐานทางด้านระบบการสื่อสาร
- 5) เป็นมาตรฐานที่มีการบังคับใช้ในกลุ่มสมาชิก EU
- 6) เป็นมาตรฐานที่มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน ISO ซึ่งเป็นมาตรฐานนานาชาติ ทำให้โดยปกติแล้วจะนับมาตรฐาน ENs เป็นมาตรฐานนานาชาติไปด้วย (International Standard)

ความสัมพันธ์ระหว่าง TSIs, UIC และ ENs

International Union of Railways (UIC) เป็นหน่วยงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อจัดทำมาตรฐานด้านระบบรางโดยเฉพาะ โดยจะมีคณะทำงานในการจัดทำมาตรฐานคือ RSF (UIC Rail System Forum) เป็นผู้พิจารณากลั่นกรองพร้อมแต่งตั้งคณะทำงานในการพัฒนามาตรฐานหรือคู่มือต่าง ๆ ซึ่งจะต่างจากมาตรฐาน ISOs และ ENs ที่จะมีขั้นตอนการพัฒนามาตรฐานที่คล้ายกันอันเนื่องมาจากการใช้กรอบโครงสร้างการพัฒนามาตรฐานเดียวกันผ่านองค์กรชื่อ The European Standardization Organizations (ESOs) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อส่งเสริมการพัฒนาระบบรางอย่างยั่งยืนของระบบโครงสร้างพื้นฐานทางด้านคมนาคม โดยการกำหนดมาตรฐานตลอดจนข้อกำหนดทางเทคนิค และมีหน่วยงานย่อยที่มีความเชี่ยวชาญด้านมาตรฐานเฉพาะทางคือ The European Committee for Standardization (CEN) และ The European Committee for Electro technical Standardization (CENELEC) ช่วยสนับสนุนตั้งคณะกรรมการกลั่นกรองมาตรฐานผ่านคณะทำงานที่ถูกตั้งขึ้นในชื่อ กลุ่มคณะทำงาน (Working Group) เพื่อจัดทำรายละเอียดก่อนที่จะออกมาเป็นมาตรฐานแห่งสหภาพยุโรป ENs ต่อมาภายหลังกลุ่มสหภาพยุโรป (EU) ได้มีการพัฒนาเส้นทางรถไฟความเร็วสูงเพื่อเชื่อมประเทศในกลุ่มสหภาพเข้าด้วยกัน จำเป็นจะต้องมีมาตรฐานเดียวกันเพื่อการดำเนินการเชื่อมต่อทางรถไฟกันอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพจึงได้ก่อตั้งองค์กรเพื่อดำเนินการพิจารณามาตรฐานเพื่อการใช้งานร่วมกันขึ้น (Interoperability) มีชื่อว่า European Railway Agency (ERA) ขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 2004 และ ERA เป็นผู้รับผิดชอบในการจัดทำข้อบังคับและมาตรฐานที่มีชื่อว่า Technical Specifications for Railway Interoperability (TSIs) ขึ้นและในปัจจุบัน ERA ยังได้กำหนดแผนในการที่จะผลักดันมาตรฐาน TSIs ให้ครอบคลุมระบบรางทุกระบบที่มีอยู่ในประเทศสหภาพยุโรปอีกด้วย

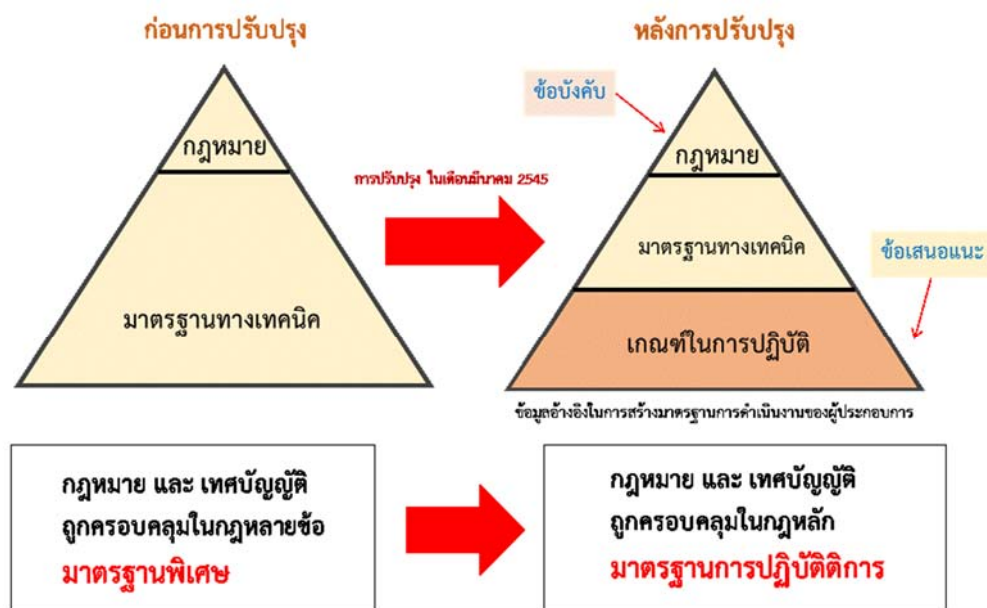
สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐาน UIC, ENs, TSIs, และ ISOs สามารถแสดงได้ในแผนภาพ ตามรูปที่ 3-8 กล่าวคือ UIC ได้ทำบันทึกความเข้าใจร่วมกันกับ ESOs ในขณะเดียวกันก็ได้ส่งตัวแทนจาก RSF เข้าร่วมกับคณะกรรมการที่ถูกตั้งขึ้นโดยกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป (EU-Com.) เพื่อร่วมกันพิจารณากลั่นกรองข้อเสนอจากภาคอุตสาหกรรมหรือจากโครงการต่าง ๆ เพื่อพัฒนาเป็นมาตรฐานต่อไป ในขณะที่มาตรฐาน TSIs เองก็เป็นมาตรฐานที่มีพื้นฐานมาจากมาตรฐาน EN ทำให้การเชื่อมโยงหรือการประยุกต์ใช้มาตรฐาน ENs และ TSIs สามารถดำเนินการได้โดยไม่ส่งผลกระทบมากนักดังจะเห็นได้จากหลายประเทศสามารถนำมาตรฐาน TSIs ไปประยุกต์ใช้กับมาตรฐานระบบรางของประเทศตนได้ในเวลาอันรวดเร็ว



รูปที่ 3-8 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์และการเชื่อมโยงระหว่างมาตรฐานต่าง ๆ ที่มีการใช้ในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป

3.2.2 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศญี่ปุ่น

กฎหมายและมาตรฐานของรถไฟในประเทศญี่ปุ่นมีวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงมาตลอดกว่า 30 ปี ซึ่งในการปรับปรุง เพิ่มเติมข้อบังคับกฎและกฎกระทรวงครอบคลุมถึงหลักการ การปกครอง มาตรฐานการปฏิบัติงาน ดังสรุปแสดงไว้ในรูปที่ 3-9



ที่มา : Naoto YANASE UIC, Senior Advisor High Speed Train JR Group Paris Office, France

รูปที่ 3-9 แนวทางการปรับปรุงมาตรฐานระบบรางในปี ค.ศ.2002

มาตรฐานการรถไฟของประเทศไทยในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่

Japanese Industrial Standards (JIS)

มาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศไทย โดยมาตรฐานได้รับการ พิจารณา โดย คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเทศไทย Japanese Industrial Standards Committee (JISC) และรัฐมนตรีว่าการกระทรวง ที่จัดตั้งขึ้นในความดูแล ของหน่วยงานต่าง ๆ และ ตีพิมพ์โดยสมาคมมาตรฐานญี่ปุ่น Japanese Standards Association (JSA)

Japanese National Railways Standards (JRS)

- 1) การรถไฟแห่งชาติญี่ปุ่น Japanese National Railways (JNR) การปฏิรูปการรถไฟญี่ปุ่นให้เป็นบริษัทมหาชน เรียกว่า การรถไฟแห่งประเทศไทย (Japanese National Railways: JNR) ก่อตั้งเมื่อปี ค.ศ. 1949 ดำเนินการสร้างทางรถไฟ ความยาวกว่า 2,000 กิโลเมตรทั่วประเทศญี่ปุ่น ยกเว้นเขตโอกินาว่า และเป็นผู้ประกอบการรถไฟที่ใหญ่ที่สุดในประเทศ อย่างไรก็ตาม JNR ถูกแปรรูปออกเป็นบริษัทรถไฟในปี ค.ศ. 1987 เนื่องจากเกิดปัญหานี้และปรับปรุงกระบวนการจัดการ
- 2) มาตรฐานสินค้าของการรถไฟแห่งชาติญี่ปุ่น (JNR) มาตรฐานการรถไฟแห่งชาติญี่ปุ่น (JRS) เป็นมาตรฐานสินค้าของรถไฟ จัดตั้งขึ้นโดย JNR สินค้า ที่ JNR ซื้อมันไม่ใช่ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมทั่วไป แต่เป็นผลิตภัณฑ์ที่เฉพาะเจาะจงสำหรับทางรถไฟ รวมทั้ง ตู้รถไฟ สัญญาณ อุปกรณ์ และ หมอนรางรถไฟ ตั้งแต่ JNR แยกตัวออกมามีการสร้างมาตรฐานของสินค้า ที่เป็นรูปแบบสำคัญสำหรับ JNR ในปี ค.ศ.1957 JNR จัดตั้งคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าและกรอบโครงสร้างสำหรับ ส่งเสริมมาตรฐาน โดย JRS
- 3) การแปรรูป JNR และล้มเลิก JRS โดยในปีค.ศ. 1987 JNR ถูกแปรรูปออกเป็นบริษัทรถไฟญี่ปุ่น ในเวลาเดียวกัน JRS ถูก ยกเลิก เลขสินค้ากว่า 2,800 อยู่ในระหว่างขั้นตอนสุดท้ายของ JNR บางส่วนของ JRS ถูกเปลี่ยนแปลงเป็น JIS อย่างไรก็ตาม หลาย ๆ ผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในข้อกำหนดของ JRS

มาตรฐานด้านเทคนิคของการรถไฟแห่งชาติญี่ปุ่น (Technical Regulatory Standards on Japanese Railways)

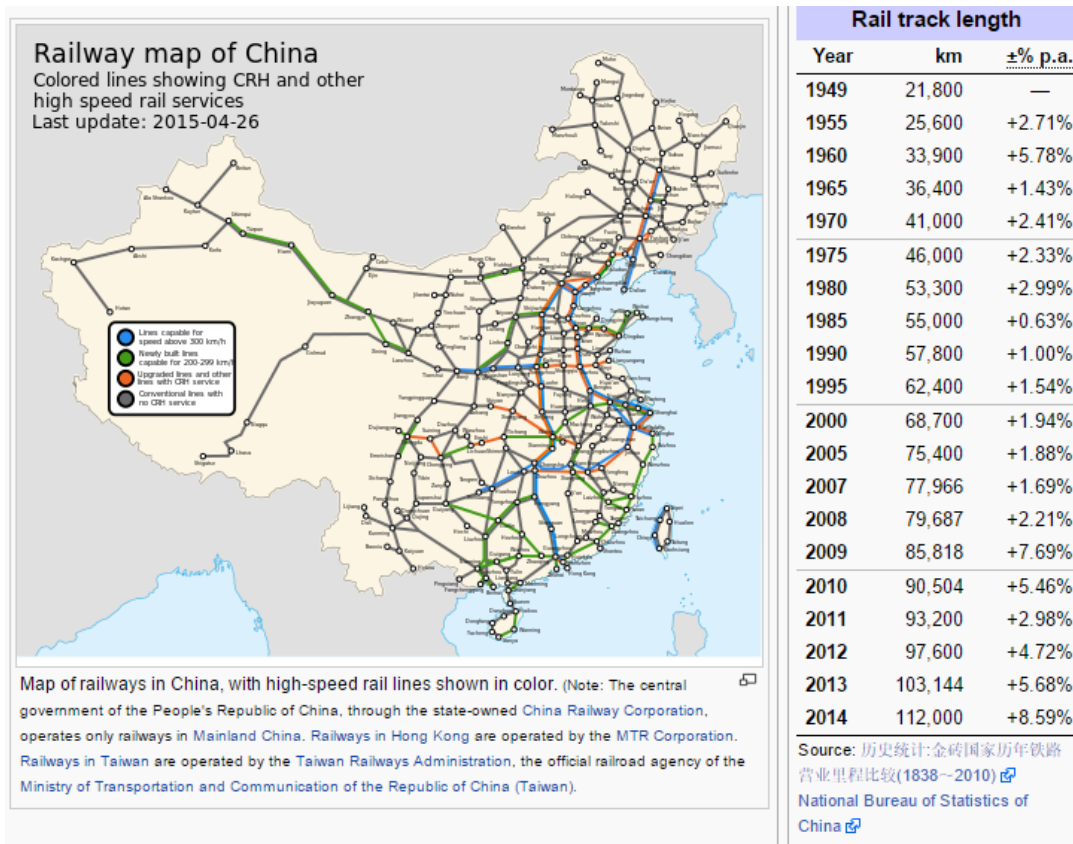
มาตรฐานด้านเทคนิคของการรถไฟแห่งชาติญี่ปุ่นเป็นที่รู้จักในนาม SHOREI เป็นชื่อของมาตรฐานทางเทคนิคที่จัดตั้งขึ้นโดยกระทรวงที่ดิน โครงสร้างพื้นฐานคมนาคมและการท่องเที่ยว (MLIT) เนื้อหาคำสั่งของรัฐมนตรีในหลักการ กฎระเบียบที่จำเป็นต่อประสิทธิภาพการทำงานที่ เรียกว่า กฎระเบียบที่ใช้สำหรับ สิ่งอำนวยความสะดวก ทางรถไฟ โครงสร้าง ตู้รถไฟ และการดำเนินงานการรถไฟ

Japan Association of Rolling Stock Industries Standards (JRIS)

คือองค์กรมาตรฐาน (มาตรฐานอุตสาหกรรม) ของล้อเลื่อนรถไฟ โดย The Japan Association of Rolling Stock Industries (JARI) มาตรฐานเหล่านี้จะประกอบด้วย มาตรฐานผลิตภัณฑ์ มาตรฐานการทดสอบ และ มาตรฐานการออกแบบอุปกรณ์และส่วนประกอบ

3.2.3 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

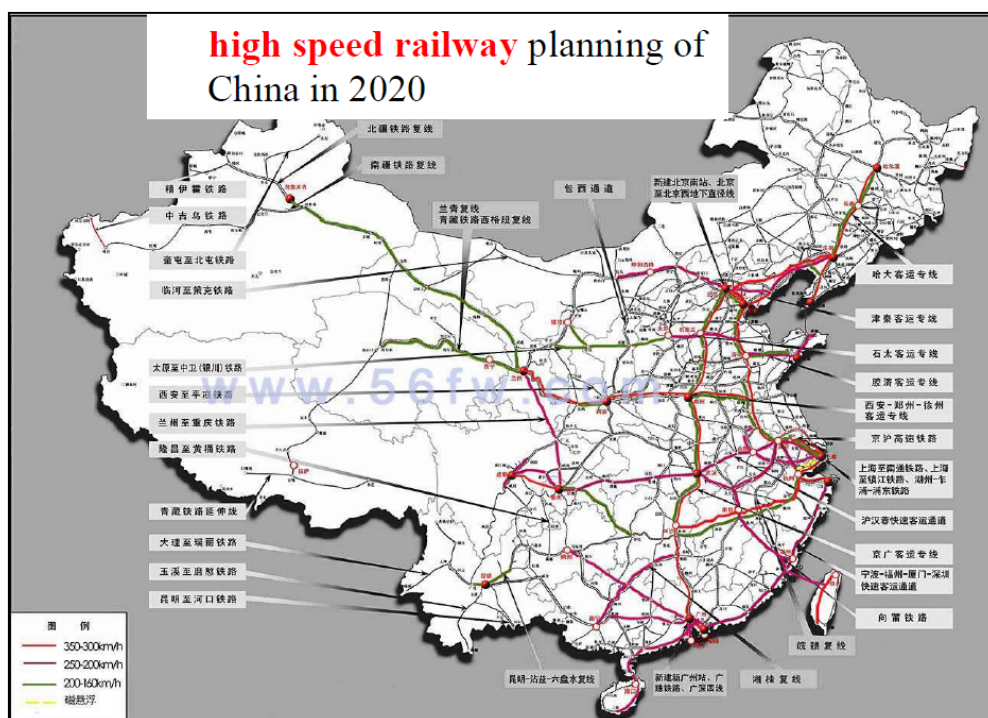
ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนนับเป็นประเทศที่มีการใช้งานระบบรางมากเป็นลำดับต้นๆของโลก จากข้อมูลในปี 2014 พบว่า มีความยาวของทางรถไฟรวมกันทั้งประเทศถึง 112,000 กิโลเมตร ซึ่งความยาวถึง 16,000 กิโลเมตรเป็นทางรถไฟความเร็วสูงซึ่งมีความเร็วมากกว่า 300 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังรูปที่ 3-10 แสดงถึงเครือข่ายทางรถไฟที่ให้บริการซึ่งครอบคลุมไปทั่วประเทศ และส่วนใหญ่เป็นทางวิ่งขนาดมาตรฐาน (Standard Gauge) นอกจากนี้ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนยังได้วางแผนถึงการขยายเส้นทางรถไฟในอนาคตให้ครอบคลุมพื้นที่ของประเทศมากยิ่งขึ้น โดยรูปที่ 3-11 แสดงถึงเส้นทางรถไฟที่วางแผนไว้สำหรับปี ค.ศ. 2020 ของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการขยายเครือข่ายในเส้นทางรอบแนวชายแดน รวมทั้งเครือข่ายภายในระหว่างเมือง ทางด้านของเส้นทางรถไฟความเร็วสูงนั้น ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนยังมีแผนการขยายเครือข่ายให้ครอบคลุมโดยแบ่งระดับความเร็วในแต่ละสายทางเป็นสามระดับคือ 160-200, 200-250 และ 300-350 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-10 เครือข่ายและระยะทางรวมของทางรถไฟในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน [4]



รูปที่ 3-11 แนวเส้นทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนที่วางแผนให้แล้วเสร็จในปี ค.ศ. 2020



รูปที่ 3-12 แนวเส้นทางรถไฟความเร็วสูงของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนที่วางแผนให้แล้วเสร็จในปี ค.ศ. 2020

มาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทหลัก ๆ โดยลำดับจากความเข้มงวดในการบังคับใช้ กล่าวคือ มาตรฐานที่ต้องปฏิบัติตาม (Mandatory) ซึ่งจะถูกบังคับใช้โดยกฎหมาย (Laws and regulations) โดยส่วนใหญ่มาตรฐานประเภทนี้จะมีเนื้อหาเน้นเกี่ยวกับความปลอดภัย การป้องกันอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินประชาชน และอีกประเภทคือมาตรฐานที่เลือกปฏิบัติได้ตามความสมัครใจ (Voluntary)

โครงสร้างมาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนแบ่งออกเป็นสี่ระดับ โดยแบ่งได้เป็น National standards, Professional Standards, Local Standards, และ Enterprise Standards ดังรูปที่ 3-13 มาตรฐานทั้งสี่จะมีระดับชั้นในการนำไปใช้ กล่าวคือ มาตรฐาน Professional standards จะถูกใช้งานแทนที่ National Standards หรือ Enterprise Standards จะถูกใช้งานแทนที่ Local standards เป็นต้น โดยการประยุกต์ใช้กับงานประเภทหนึ่งๆนั้นจะเลือกใช้มาตรฐานเพียงมาตรฐานเดียวเพื่อป้องกันการสับสน



รูปที่ 3-13 ลำดับชั้นของมาตรฐานที่ใช้งานในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

National Standards

โดยปกติมาตรฐานนี้จะถูกเรียกว่า "GB Standards" ซึ่งถูกพัฒนาเป็นมาตรฐานทางด้านเทคนิคที่ถูกใช้ไปทั่วประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ในปี 2006 นั้นมีมาตรฐาน GB ที่ถูกประกาศถึง 21,410 หัวข้อ โดยใน 15% นั้นเป็นมาตรฐานที่ต้องปฏิบัติตาม (Mandatory) และ 85% นั้นเป็นมาตรฐานที่เลือกปฏิบัติได้ตามความสมัครใจ (Voluntary) ประเภทของมาตรฐาน GB สามารถสังเกตได้โดยดูสัญลักษณ์หน้าเช่น GB หมายถึงมาตรฐานที่ต้องปฏิบัติตาม GB/T หมายถึงมาตรฐานที่เลือกปฏิบัติได้ตามความสมัครใจ และ GB/Z หมายถึงข้อเสนอแนะต่าง (Guideline) เป็นต้น

มาตรฐาน GB โดยส่วนใหญ่ถูกดัดแปลงมาจากมาตรฐานนานาชาติต่างๆเช่น ISO, IEC และ UIC เป็นต้น นอกจากนี้ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนยังตั้งเป้าหมายในการเพิ่มจำนวนมาตรฐาน GB โดยเน้นไปที่การศึกษาเปรียบเทียบกับมาตรฐานนานาชาติอีกด้วย

Professional Standards

โดยปกติมาตรฐานนี้จะถูกเรียกว่า "Industry Standards" ซึ่งจะถูกพัฒนาและใช้งานเมื่อหัวข้อที่สนใจนั้นไม่มีระบุในมาตรฐาน GB ลักษณะการบังคับใช้ก็จะคล้ายคลึงกับมาตรฐาน GB โดยแบ่งเป็นมาตรฐานที่ต้องปฏิบัติตามและมาตรฐานที่เลือกปฏิบัติได้ตามความสมัครใจตามลำดับ มาตรฐานชนิดนี้จะถูกใช้กับหน่วยงานทางด้านอุตสาหกรรมของประเทศ (Industry Sector)

Local Standards

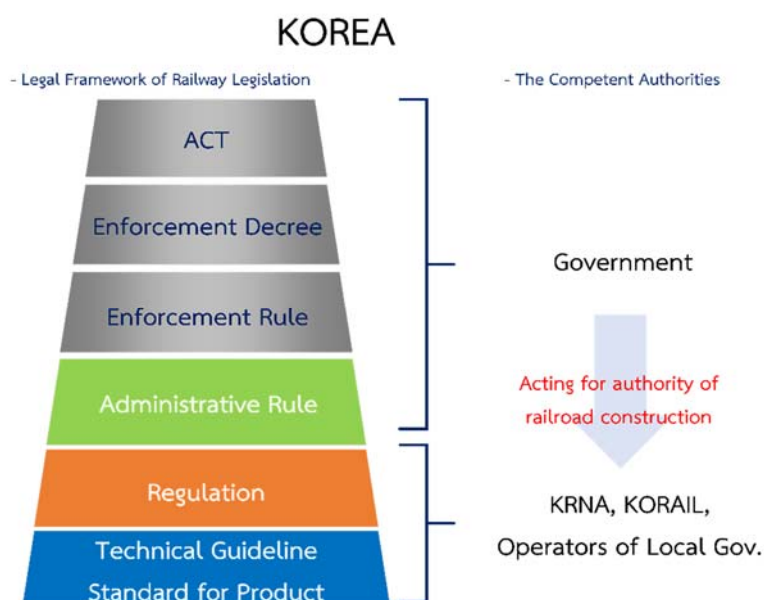
มาตรฐานนี้จะถูกใช้ในพื้นที่หนึ่ง ๆ ซึ่งในบางกรณีอาจมีความจำเป็นทางด้านความปลอดภัยหรือข้อจำกัดทางอุตสาหกรรม จึงทำให้มาตรฐานดังกล่าวถูกเรียกว่า "Provincial Standards" โดยมาตรฐานนี้จะถูกพัฒนาและใช้งานก็ต่อเมื่อหัวข้อที่สนใจนั้นไม่มีระบุในมาตรฐาน GB และ Professional Standards สัญลักษณ์ของมาตรฐานนี้คือ "DB+*" สำหรับมาตรฐานที่ต้องปฏิบัติตามและ "DB+*/T" สำหรับมาตรฐานที่เลือกปฏิบัติได้ตามความสมัครใจ โดยเครื่องหมาย * นั้นคือตัวเลขซึ่งบ่งบอกถึงข้อมูลของพื้นที่ที่บังคับใช้

Enterprise Standards

มาตรฐานนี้จะถูกพัฒนาและใช้ในระดับหน่วยงานในกรณีที่หัวข้อที่สนใจนั้นไม่มีระบุในมาตรฐาน GB, Professional Standards และ Local Standards อย่างไรก็ตามทางจกจกยังคงพยายามสนับสนุนให้หน่วยงานต่าง ๆ มีการใช้มาตรฐาน GB, Professional Standards และ Local Standards ให้มากที่สุด

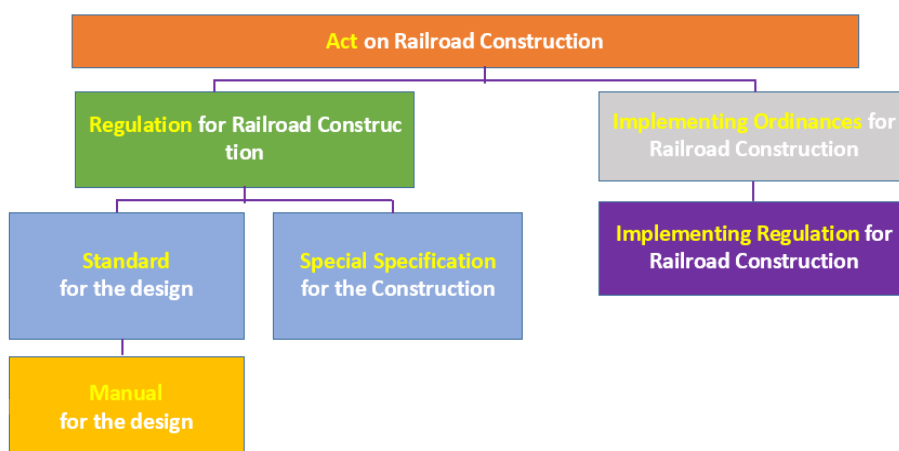
3.2.4 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

กรอบโครงสร้างมาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี สามารถแบ่งได้ตามระดับความเข้มข้นของการบังคับใช้ คือเริ่มจากกฎหมายพระราชบัญญัติ (Acts) กฎกระทรวง (Enforcement Decrees) ระเบียบข้อบังคับ (Enforcement Rules and Administrative Rules) ซึ่งจะกำกับดูแลโดยหน่วยงานกำกับดูแลของรัฐบาล สังกัดกระทรวงคมนาคม ที่ดินและโครงสร้างพื้นฐาน (MOLIT) สำหรับในส่วนของการข้อกำหนด มาตรฐานและคู่มือจะดำเนินการยกร่างและใช้งานโดยหน่วยงานด้านการก่อสร้าง (KRNA) และหน่วยงานด้านการเดินรถ (KORAIL) ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ากรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบรางของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี มีการแบ่งระดับการบังคับใช้ควบคู่ไปกับอำนาจหน้าที่และหน่วยงานโดยอาศัยการออกกฎหมายพระราชบัญญัติเป็นเครื่องมือในการให้อำนาจหน้าที่ในการกำกับดูแลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 3-14 กรอบมาตรฐานสำหรับการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

ประเทศสาธารณรัฐเกาหลีมีการจัดทำมาตรฐานการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบราง ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อขยายและพัฒนาเครือข่าย และสร้างระบบขนส่งทางรางและสถานี โดยมีการกำหนดคู่มือ และกฎเกณฑ์ในการดำเนินงาน การออกแบบ และการก่อสร้างเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินโครงการ ประกอบไปด้วย (1) ข้อบังคับด้านการก่อสร้าง โดยจะกำหนดมาตรฐานการออกแบบ และ ข้อกำหนดในการก่อสร้างต่าง ๆ (2) ข้อกำหนดเพิ่มเติมในการก่อสร้าง นอกจากนี้การ สร้างแบบแผนที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมระบบรางก็เป็นสิ่งสำคัญ อาทิ การจัดทำนโยบายของอุตสาหกรรมการขนส่ง การ กำหนดทิศทางและการแต่งตั้งบุคลากรในองค์กร แผนการสนับสนุนโครงการทั้งในด้านการลงทุน บุคลากร และเทคโนโลยีด้าน ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและนำเข้ามาใช้ ตลอดจน นโยบายความปลอดภัย เพื่อยกระดับคุณภาพในการก่อสร้างให้ก้าวหน้า นานาอารยประเทศ ซึ่งทั้งหมดนี้ดำเนินการอยู่ภายใต้การคำนึงถึงข้อจำกัดทาง ทรัพยากร งบประมาณ และโครงสร้างพื้นฐาน ดัง แสดงในรูปที่ 3-15



รูปที่ 3-15 ลำดับมาตรฐานการก่อสร้างพื้นฐานของระบบรางประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

ปัจจุบันรัฐบาลประเทศสาธารณรัฐเกาหลีได้ได้กำหนดระดับการควบคุมการออกแบบของแต่ละโครงสร้าง ซึ่งแตกต่างกันไปตามระดับชั้นการควบคุม โดยอ้างอิงตามมาตรฐานการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบรางของประเทศ สาธารณรัฐเกาหลีได้ ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 คู่มือและข้อกำหนดในการออกแบบสำหรับงานด้านโครงสร้างพื้นฐานในประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

Field	Classification
Super and Substructure	Specification of Railway Design
	Guide and Manual of Railway Design
Track	Guide and Manual of Railway Design
Station	Specification of Railway Design
	Guide and Manual of Railway Design
System	Specification of Railway Design
Energy	Guide and Manual of Railway Design
Command & Control	Guide and Manual of Railway Design
Telecommunication	Guide and Manual of Railway Design
Intermodal	Specification of Railway Design
	Guide and Manual of Railway Design

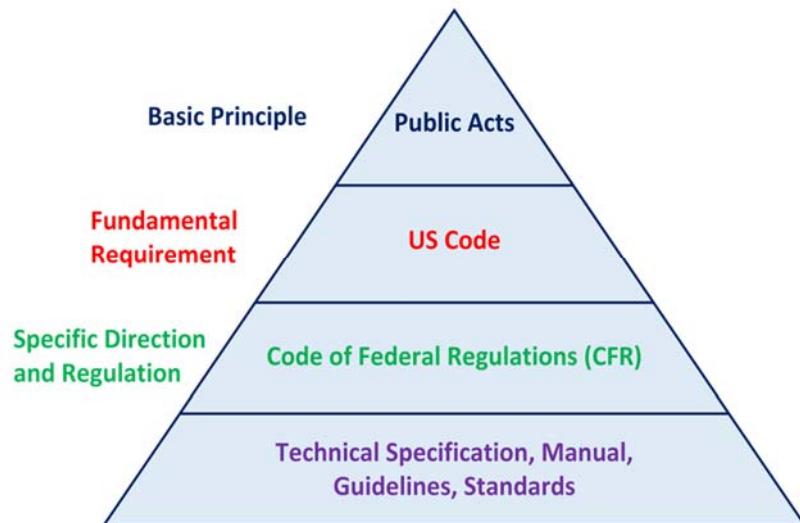
3.2.5 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศสหรัฐอเมริกา

การเดินทางรถไฟในแต่ละประเทศนั้นจะมีการจัดการที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับหน่วยงานของรัฐโดยตรง อยู่ในรูปแบบของรัฐวิสาหกิจ หรือเป็นหน่วยงานที่เป็นเอกเทศ จากการศึกษาภาพรวมระบบรางในประเทศสหรัฐนั้นพบว่า จะเป็นการใช้งานสำหรับการบรรทุกขนส่งเป็นหลัก เมื่อเทียบกับการบริการขนส่งผู้โดยสาร โดยระบบรางภายในประเทศ สหรัฐอเมริกาจะถูกเชื่อมโยงเส้นทางการขนส่งสินค้าและผู้โดยสารซึ่งมีระยะทางรวมของรางกว่า 271,979 กิโลเมตร โดยเส้นทางรถไฟกว่า 563 เส้นทางนี้มีการจ้างงานพนักงานกว่า 170,000 คน และมีขบวนรถไฟกว่า 1.2 ล้านคัน ส่วนการเดินทางรถไฟสำหรับขนส่งผู้โดยสารนั้นมีจำนวนไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศในกลุ่มยุโรป โดยมีการให้บริการรถไฟขนส่งทางไกลระหว่างเมืองมีระยะทางโดยรวมตลอดโครงข่ายเพียงแค่ 35,406 กิโลเมตร ส่วนการขนส่งรถไฟภายในตัวเมืองนั้น มีความยาวเส้นทางโดยรวมเพียง 12,874 กิโลเมตร

นอกจากนี้ทางรถไฟในประเทศสหรัฐอเมริกาส่งผลให้อยู่ภายใต้การดูแลของเอกชน ซึ่งเป็นเจ้าของทั้งในส่วนของ ตัวรถจักรและระบบราง รวมทั้งระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน ซึ่งทำให้การกำกับดูแลจะไม่ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดร่วมทางเทคนิค สำหรับการเดินรถไฟระหว่างประเทศ หรือ technical Interoperability Requirements แต่เป็นการเดินรถไฟที่ขึ้นอยู่กับ ข้อกำหนดทางสมรรถนะมากกว่า โดยที่ทางรถไฟแต่ละสายกับผู้ผลิตจะกำหนดรายละเอียดข้อกำหนดทางด้านเทคนิคเอง ส่วน กิจกรรมการเดินรถไฟจะถูกกำกับโดยหน่วยงานซึ่งสังกัดภายใต้รัฐบาลกลางของสหรัฐ โดยหน่วยงานหลักที่ดูแลกำกับได้แก่ สำนักงานการรถไฟกลาง Federal Railroad Administration (FRA) ซึ่งมีหน้าที่หลักในการดูแลกำกับความปลอดภัยในระบบขนส่งทางราง

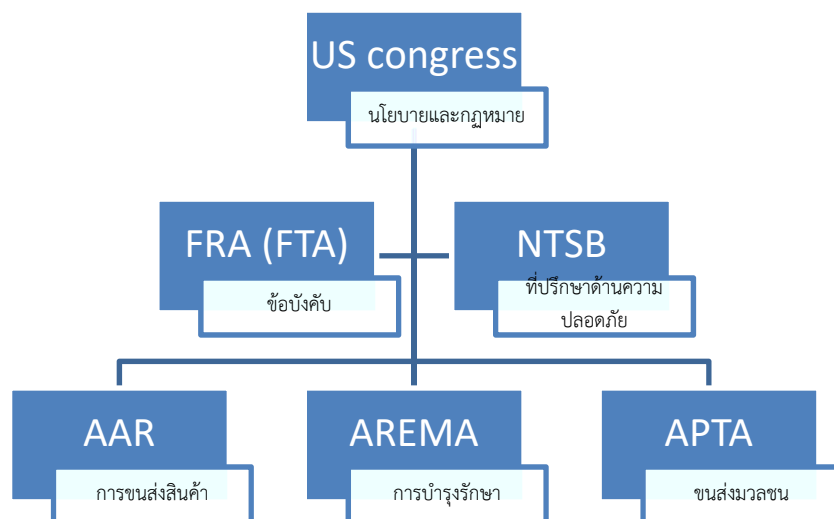
กรอบโครงสร้างมาตรฐานในประเทศสหรัฐอเมริกาส่งผลให้ประกอบไปด้วยสองส่วนหลักได้แก่ ระเบียบข้อบังคับ ส่วนกลาง หรือ Code of Federal Regulation (CFR) ถูกกำหนดโดยหน่วยงาน สำนักงานการรถไฟกลาง (FRA) สังกัด กระทรวงคมนาคม และ มาตรฐาน (Standard) ที่กำหนดโดยองค์กรด้านระบบรางของประเทศได้แก่ สมาคมการขนส่งทางราง แห่งสหรัฐอเมริกา หรือ the Association of American Railroads (AAR) และสมาคมการขนส่งสาธารณะแห่งสหรัฐอเมริกา หรือ American Public Transportation Association (APTA) ซึ่งแต่ละองค์กรมีหน้าที่และบทบาทในการกำกับดูแลในภาคส่วนที่แตกต่างกันแต่ยังมีความเกี่ยวข้องและสอดคล้องกัน โดยที่ สำนักงานการรถไฟกลาง (FRA) เป็นตัวแทนในส่วนรัฐบาล ส่วนกลาง ร่วมกับ คณะกรรมการความปลอดภัยทางด้านการขนส่งแห่งชาติ หรือ National Transportation Safety Board (NTSB) ทำหน้าที่ กำกับดูแลความปลอดภัยในระบบรางของประเทศ โดยที่ สำนักงานการรถไฟกลาง (FRA) มีขอบเขตหน้าที่ดูแลกำกับ รถไฟขนส่งสินค้า รถไฟขนส่งมวลชนระหว่างเมือง และการขนส่งในระบบรางอื่น ๆ ยกเว้น ระบบการขนส่งรถไฟฟ้ภายในเมือง ซึ่งถูกกำกับดูแลโดย สำนักงานการขนส่งมวลชน The Federal Transit Administration (FTA) แต่มีหน้าที่ออกข้อบังคับด้านความปลอดภัยเช่นเดียวกัน

โดยกฎข้อบังคับของ สำนักงานการรถไฟกลาง (FRA) เป็นไปตามประมวลกฎหมายรัฐธรรมนูญแห่งชาติซึ่งอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของรัฐสภาแห่งสหรัฐอเมริกา (US Congress) ซึ่งมีหน้าที่กำหนดนโยบายสาธารณะด้านระบบราง และบัญญัติกฎหมาย โดยมีกฎหมายที่สำคัญได้แก่ Rail Safety Improvement Act 2008 (Title 49 United States Code) ดังแสดงในรูปที่ 3-16 โดยหน่วยงาน สำนักงานการรถไฟกลาง (FRA) จะรับนโยบายมาเป็นข้อปฏิบัติในการกำหนดมาตรการ และข้อบังคับต่าง ๆ (Sub parts I Code of Federal Regulation) ของระบบรางสำหรับการขนส่งสินค้าและการขนส่งมวลชนทั้งในแง่ของระบบการเดินรถ ระบบรางรถไฟและอุปกรณ์ที่ใช้งาน รวมทั้งกำกับดูแลอุปกรณ์ความปลอดภัยของตัวรถไฟ เช่น สมรรถนะการเบรก ตัวรถไฟ และการป้องกันการชนของขบวนรถไฟ เป็นต้น



รูปที่ 3-16 แสดงกรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบรางของประเทศสหรัฐอเมริกา

ในส่วนของอุตสาหกรรมด้านรถไฟขนส่งสินค้า สมาคมการขนส่งทางรางแห่งสหรัฐอเมริกา (AAR) จะเป็นผู้กำหนดและเผยแพร่คู่มือมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง และกำหนดข้อปฏิบัติ ส่วนของอุตสาหกรรมรถไฟขนส่งมวลชน มีหน่วยงาน ATPA เป็นผู้กำกับดูแลในการกำหนดมาตรฐาน ส่วนของการซ่อมบำรุงระบบรางจะมีการกำหนดมาตรฐานโดย สมาคมวิศวกรรมระบบรางและการบำรุงรักษา (AREMA) ซึ่งข้อมาตรฐานที่ถูกกำหนดจะอยู่ภายใต้หลักความปลอดภัยในด้านต่าง ๆ ของระบบราง รวมทั้งการซ่อมบำรุงทางเดินรถไฟ โดยให้สอดคล้องตามข้อบังคับของ สำนักงานการรถไฟกลาง (FRA) และการกำหนดมาตรฐานการเดินรถไฟข้ามเขต (Interchange) โดยการดำเนินการตามมาตรฐานจะบังคับใช้ในรูปแบบของความสมัครใจ (Voluntary) แต่เป็นแนวทางให้สอดคล้องกับกฎข้อบังคับตามกฎหมาย สรุปกรอบโครงสร้างมาตรฐานด้านระบบของประเทศสหรัฐอเมริกาสามารถแสดงได้ดังแผนภาพด้านล่าง (รูปที่ 3-17) ดังนี้



รูปที่ 3-17 แสดงผังโครงสร้างองค์กรที่ดูแลเกี่ยวกับการพัฒนามาตรฐานด้านระบบรางในประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.6 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศออสเตรเลีย

บทนำ

ปัจจุบันกรอบโครงสร้างมาตรฐานของโครงสร้างกฎหมายและมาตรฐานของระบบรางในประเทศออสเตรเลียในปัจจุบันสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ดังในรูปที่ 3-18 โดยในปัจจุบันมีหน่วยงานเฉพาะที่มีลักษณะเป็นหน่วยงานกลางคอยกำกับดูแลกฎหมายเกี่ยวกับระบบราง คือ สำนักงานควบคุมความปลอดภัยทางรถไฟแห่งชาติ (Office of the National Rail Safety Regulator: ONRSR) อย่างไรก็ตามแต่ละรัฐยังคงออกกฎหมายเกี่ยวกับระบบรางของตนเอง เพียงแต่กฎหมายที่ออกนั้นมีลักษณะเป็นกฎหมายแห่งชาติ คือ คล้ายคลึงกันทุกรัฐมีแตกต่างกันเพียงในบางมาตราตามความเหมาะสมของแต่ละรัฐเท่านั้น และใช้ชื่อที่เหมือนกันโดยมีชื่อรัฐที่ออกกฎหมายนั้นกำกับในวงเล็บ เช่น Rail Safety National Law (South Australia) ทั้งนี้เพื่อให้การกำกับดูแลกฎหมายในแต่ละรัฐเป็นไปด้วยความเรียบร้อย หน่วยงานที่เคยกำกับดูแลกฎหมายเกี่ยวกับระบบรางเดิมของรัฐนั้น ๆ ถูกเปลี่ยนสภาพเป็นหน่วยงานสาขาของ ONRSR รายละเอียดกฎหมายและข้อกำหนดของแต่ละรัฐแสดงในตารางที่ 3-2 ในขณะที่มาตรฐานต่าง ๆ ของระบบรางจากเดิมที่พัฒนาและออกทั้งหมดโดย Standards Australia ก็เปลี่ยนมาเป็นมาตรฐานบางส่วนพัฒนาโดยหน่วยงานที่มีชื่อว่า Rail Industry Safety and Standards Board (RISSB) และออกหรือเผยแพร่ภายใต้การรับรองของ Standards Australia โดยมาตรฐานที่พัฒนาโดย RISSB จะมีชื่อของทั้งสองหน่วยงาน เช่น AS/RISSB 7630 เป็นต้น นอกจากมาตรฐานแล้ว RISSB ยังพัฒนากฎเกณฑ์ (Rules) หลักปฏิบัติ (Codes of Practice) และแนวทาง (Guidelines) รวมทั้งเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมรถไฟด้วย ลำดับการปฏิรูปกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟในประเทศออสเตรเลียที่สำคัญสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ลำดับการปฏิรูปกฎหมายของโครงสร้างทางรถไฟที่สำคัญ ประกอบด้วย

- ปี ค.ศ. 1961 มีการออกพระราชบัญญัติที่ชื่อว่า Road Traffic Act ในรัฐออสเตรเลียใต้
- ปี ค.ศ. 1996 มีการออกพระราชบัญญัติที่ชื่อว่า Rail Safety Act ในรัฐออสเตรเลียใต้ (Rail Safety Act 2007 เป็นฉบับสุดท้าย)
- ปี ค.ศ. 2009 สภารัฐบาลออสเตรเลีย (Council of Australian Governments: COAG) ตัดสินใจปฏิรูปกฎหมายด้านการขนส่งเพื่อให้มีกฎหมายความปลอดภัยทางรถไฟแห่งชาติ (National Rail Safety Law) และหน่วยงานกำกับดูแลความปลอดภัยทางรถไฟแห่งชาติ (National Rail Safety Regulator)
- ปี ค.ศ. 2012 มีการออกพระราชบัญญัติที่ชื่อว่า Rail Safety National Law (South Australia) Act 2012 และตั้งสำนักงานควบคุมความปลอดภัยทางรถไฟแห่งชาติ (Office of the National Rail Safety Regulator: ONRSR) รวมทั้งออกข้อกำหนดที่ชื่อว่า Rail Safety National Law National Regulations 2012
- ปี ค.ศ. 2013 ONRSR เริ่มทำหน้าที่และมีการออกพระราชบัญญัติในรัฐต่าง ๆ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 5-x
- ปี ค.ศ. 2017 มีการใช้กฎหมายความปลอดภัยทางรถไฟแห่งชาติในทุกรัฐ

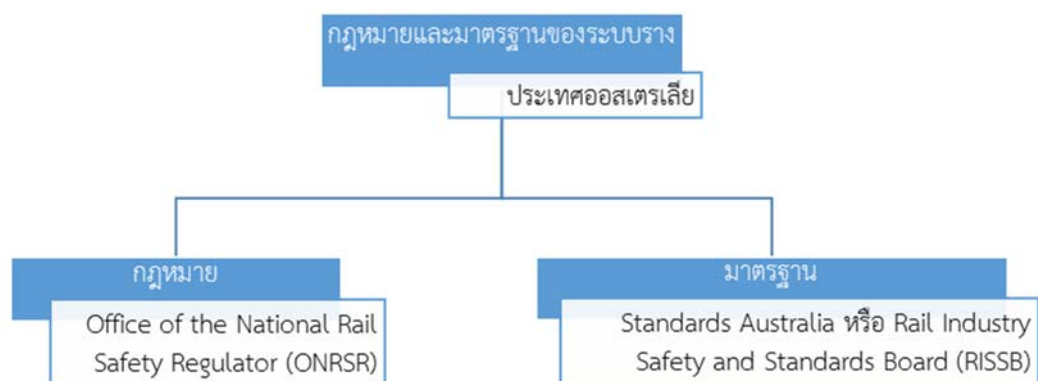
ลำดับการปฏิรูปมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟที่สำคัญ ประกอบด้วย มาตรฐานเกี่ยวกับวัสดุทางรถไฟ (AS 1085 series: Railway Track Material และ AS 2758.7: Aggregates and Rock for Engineering Purposes Railway Ballast) และมาตรฐานเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ (AS/RISSB 76xx: Railway Infrastructure) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(AS 1085 series)

- ปี ค.ศ. 1925 มีมาตรฐาน AS E1 ซึ่งบางส่วนของมาตรฐานนี้ได้ระบุมาตรฐานของ Steel Rails
- ปี ค.ศ. 1926 มีมาตรฐาน AS E1a ซึ่งบางส่วนของมาตรฐานนี้ได้ระบุมาตรฐานของ Steel Spring Washers, Steel Dogspikes, Steel Fishbolts, Heat-Treated Steel Fishbolts, Steel Sleeper-Plates
- ปี ค.ศ. 1927 มีมาตรฐาน AS E27: Specification for Steel Spring Washers (เดิมมาตรฐานของ Steel Spring Washers ระบุในมาตรฐาน AS E1a-1926T)
- ปี ค.ศ. 1928 มีมาตรฐาน AS E22: Specification for Steel Rails
- ปี ค.ศ. 1928 มีมาตรฐาน AS E23: Specification for Steel Fishplates
- ปี ค.ศ. 1928 มีมาตรฐาน AS E25: Specification for Steel Fishbolts (เดิมมาตรฐานของ Steel Fishbolts ระบุในมาตรฐาน AS E1a-1926T) ซึ่งมีมาตรฐานของ Nuts for Fishbolts ด้วย
- ปี ค.ศ. 1928 มีมาตรฐาน AS E26: Heat-treated Steel Fishbolts (เดิมมาตรฐานของ Heat-Treated Steel Fishbolts ระบุในมาตรฐาน AS E1a-1926T) ซึ่งมีมาตรฐานของ Nuts for Fishbolts ด้วย
- ปี ค.ศ. 1928 มีมาตรฐาน AS E28: Specification for Steel Dogspikes (เดิมมาตรฐานของ Steel Dogspikes ระบุในมาตรฐาน AS E1a-1926T)
- ปี ค.ศ. 1928 มีมาตรฐาน AS E29: Specification for Steel Sleeper-Plates (เดิมมาตรฐานของ Steel Sleeper-Plates ระบุในมาตรฐาน AS E1a-1926T)
- ปี ค.ศ. 1977 มีมาตรฐาน AS 1085.1: Railway Track Material Part 1: Steel Rails แทนมาตรฐาน AS E22 (AS 1085.1-2002(+A1)-R2013 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 1978 มีมาตรฐาน AS 1085.2: Railway Track Material Part 2: Fishplates แทนมาตรฐาน AS E23 (AS 1085.2-2002-R2013 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 1978 มีมาตรฐาน AS 1085.3: Railway Track Material Part 3: Sleeper-Plates แทนมาตรฐาน AS E29 (AS 1085.3-2002-R2013 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 1978 มีมาตรฐาน AS 1085.4: Railway Track Material Part 4: Fishbolts and Nuts แทนมาตรฐาน AS E25 (AS 1085.4-2002-R2013 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 1978 มีมาตรฐาน AS 1085.5 แทนมาตรฐาน AS E26 (ปัจจุบันแทนด้วย AS 1085.4)
- ปี ค.ศ. 1978 มีมาตรฐาน AS 1085.6: Railway Track Material Part 6: Nuts for Fishbolts แทนมาตรฐาน AS E25 และ AS E26 (ปัจจุบันแทนด้วย AS 1085.4)
- ปี ค.ศ. 1978 มีมาตรฐาน AS 1085.7: Railway Track Material Part 7: Spring Washers แทนมาตรฐาน AS E27 (AS 1085.7-2003-R2013 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 1978 มีมาตรฐาน AS 1085.8: Railway Track Material Part 8: Dogspikes แทนมาตรฐาน AS E28 (AS 1085.8-2002-R2013 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 1979 มีมาตรฐาน AS 1085.9: Railway Permanent Way Material Part 9: Rolled Steel Clip Fastening Sleeper Plates (ปัจจุบันแทนด้วย AS 1085.3)
- ปี ค.ศ. 1979 มีมาตรฐาน AS 1085.10: Railway Track Material Part 10: Rail Anchors (AS 1085.10-2002-R2013 เป็นฉบับปัจจุบัน)

- ปี ค.ศ. 1985 มีมาตรฐาน AS 1085.11: Railway Permanent Way Material Part 11: Head-Hardened Rails (ปัจจุบันแทนด้วย AS 1085.1)
- ปี ค.ศ. 1987 มีมาตรฐาน AS 1085.12: Railway Track Material Part 12: Insulated Joint Assemblies
- ปี ค.ศ. 1988 มีการรวมมาตรฐาน AS 1085.4, AS 1085.5 (AS 1085.5-1979 เป็นฉบับสุดท้าย) และ AS 1085.6 (AS 1085.6-1979 เป็นฉบับสุดท้าย) เป็นมาตรฐาน AS 1085.4 มาตรฐานเดียว
- ปี ค.ศ. 1990 มีมาตรฐาน AS 1085.13: Railway Track Material Part 13: Spring Fastening Spikes for Sleeper Plates (AS 1085.13-2002-R2013 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 1990 มีมาตรฐาน AS 1085.14: Railway Track Material Part 14: Prestressed Concrete Sleepers (AS 1085.14-2012 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 1995 มีมาตรฐาน AS 1085.15: Railway Permanent Way Material Part 15: Aluminothermic Rail Welding (ปัจจุบันแทนด้วย AS 1085.20)
- ปี ค.ศ. 1995 มีมาตรฐาน AS 1085.16: Railway Permanent Way Material Part 16: Cast Sleeper Plates (ปัจจุบันแทนด้วย AS 1085.3)
- ปี ค.ศ. 2000 มีการรวมมาตรฐาน AS 1085.1 และ AS 1085.11 (AS 1085.11-1992/AMDT1-1993 เป็นฉบับสุดท้าย) เป็นมาตรฐาน AS 1085.1 มาตรฐานเดียว
- ปี ค.ศ. 2000 มีการรวมมาตรฐาน AS 1085.3, AS 1085.9 (AS 1085.9-1986 เป็นฉบับสุดท้าย) และ AS 1085.16 (AS 1085.16-1995 เป็นฉบับสุดท้าย) เป็นมาตรฐาน AS 1085.3 มาตรฐานเดียว
- ปี ค.ศ. 2000 มีมาตรฐาน AS 1085.17: Railway Permanent Way Material Part 17: Steel Sleepers
- ปี ค.ศ. 2003 มาตรฐาน AS 1085.17: Railway Permanent Way Material Part 17: Steel Sleepers เปลี่ยนชื่อเป็น AS 1085.17: Railway Track Material Part 17: Steel Sleepers (AS 1085.17-2003-R2013 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 2003 มีมาตรฐาน AS 1085.18: Railway Track Material Part 18: Screw Spikes and Threaded Inserts (AS 1085.18-2003-R2013 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 2003 มีมาตรฐาน AS 1085.19: Railway Track Material Part 19: Resilient Fastening Assemblies (AS 1085.19-2003-R2013 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 2006 มาตรฐาน AS 1085.15 (AS 1085.15-1995 เป็นฉบับสุดท้าย) เปลี่ยนเป็นมาตรฐาน AS 1085.20: Railway Track Material Part 20: Welding of Steel Rail (AS 1085.20-2012 เป็นฉบับปัจจุบัน)
- ปี ค.ศ. 2014 มีมาตรฐาน AS 1085.21: Railway Track Material Part 21: Turnouts, Switches and Crossings (AS 1085.21-2014 เป็นฉบับปัจจุบัน) (AS 2758.7)
- ปี ค.ศ. 1996 มีมาตรฐาน AS 2758.7: Aggregates and Rock for Engineering Purposes Railway Ballast (AS 2758.7-2015 เป็นฉบับปัจจุบัน) (AS/RISSB 76xx)
- ปี ค.ศ. 2010 มีมาตรฐาน AS/RISSB 7630: Railway Infrastructure - Track Classification
- ปี ค.ศ. 2012 มีมาตรฐาน AS/RISSB 7633: Railway Infrastructure - Track Clearances

- ปี ค.ศ. 2012 มีมาตรฐาน AS/RISSB 7643: Railway Infrastructure - Track Stability
- ปี ค.ศ. 2012 มีมาตรฐาน AS/RISSB 7658: Railway Infrastructure - Railway Level Crossing
- ปี ค.ศ. 2013 มีมาตรฐาน AS/RISSB 7635: Railway Infrastructure - Track Geometry - Infrastructure
- ปี ค.ศ. 2013 มีมาตรฐาน AS/RISSB 7636: Railway Infrastructure - Track Geometry - Railway Structures - Infrastructure
- ปี ค.ศ. 2013 มีมาตรฐาน AS/RISSB 7638: Railway Infrastructure - Railway Earthworks - Infrastructure
- ปี ค.ศ. 2013 มีมาตรฐาน AS/RISSB 7639: Railway Infrastructure - Track Structure and Support - Infrastructure
- ปี ค.ศ. 2013 มีมาตรฐาน AS/RISSB 7642: Railway Infrastructure - Turnouts and Other Special Trackworks - Infrastructure
- ปี ค.ศ. 2014 มีมาตรฐาน AS/RISSB 7637: Railway Infrastructure - Hydrology and Hydraulics
- ปี ค.ศ. 2017 มีมาตรฐาน AS/RISSB 7634: Railway Infrastructure - Survey



รูปที่ 3-18 กรอบโครงสร้างมาตรฐานของโครงสร้างกฎหมายและมาตรฐานของระบบรางของประเทศออสเตรเลียในปัจจุบัน

ตารางที่ 3-2 กฎหมายและข้อกำหนดของแต่ละรัฐในประเทศออสเตรเลียในปัจจุบัน

รัฐที่ควบคุม (Jurisdiction)	พระราชบัญญัติ (Act)	ข้อกำหนด (Regulations)
South Australia	Rail Safety National Law (South Australia) Act 2012	- Rail Safety National Law National Regulations 2012 (published on the NSW legislation website, as per s265 of the RSNL) - Rail Safety National Law (South Australia) (Drug and Alcohol Testing) Regulations 2012 - Rail Safety National Law (South Australia) Transitional Arrangements) Regulations 2012
New South Wales	Rail Safety National Law (NSW) No 82a Rail Safety (Adoption of National Law) Act 2012 No 82	- Rail Safety National Law National Regulations 2012 - Rail Safety (Adoption of National Law) Regulation 2012
Northern Territory	Rail Safety (National Uniform Legislation) Act 2012 No 27	- Rail Safety National Law National Regulations 2012 (published on the NSW legislation website, as per s265 of the RSNL) - Rail Safety (National Uniform Legislation) Regulations 2013
Tasmania	Rail Safety National Law (Tasmania) Act 2012 No 38	Rail Safety National Law National Regulations 2012 (published on the NSW legislation website, as per s265 of the RSNL)
Victoria	Rail Safety National Law Application Act 2013 No 22 Rail Safety (Local Operations) Act 2006 (Vic)	- Rail Safety National Law National Regulations 2012 (published on the NSW legislation website, as per s265 of the RSNL) - Rail Safety National Law (Limited Accreditation Exemptions) Regulations 2014 SR No 31
Australian Capital Territory	Rail Safety National Law (ACT) Act 2014 Rail Safety National Law (ACT) Regulation 2014	Rail Safety National Law National Regulations 2012 (published on the NSW legislation website, as per s265 of the RSNL)
Western Australia	Rail Safety National Law (WA) Act 2015	- Rail Safety National Law (WA) Regulations 2015 - Rail Safety National Law (WA) (Alcohol and Drug Testing) Regulations 2015
Queensland	Rail Safety National Law (Queensland) Act 2017 (Qld)	(เริ่มบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 July 2017)

ที่มา: <https://www.onrsr.com.au/operations/legislation> & <http://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=c2e62c29-6e2b-4d45-8afe-5391201f1f95>

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

Office of the National Rail Safety Regulator (ONRSR)

Office of the National Rail Safety Regulator (ONRSR) เป็นองค์กรอิสระที่ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 2012 ภายใต้พระราชบัญญัติที่ชื่อว่า Rail Safety National Law (South Australia) Act 2012 ด้วยวัตถุประสงค์หลักคือ ส่งเสริมและบังคับใช้กฎหมายให้การดำเนินการทางรถไฟมีความปลอดภัย และเพื่อส่งเสริมและปรับปรุงความปลอดภัยทางรถไฟของประเทศ องค์กรนี้มีหน้าที่รับผิดชอบในการกำกับดูแลด้านความปลอดภัยทางรถไฟในรัฐต่าง ๆ ของประเทศซึ่งมีหน่วยงานสาขาอยู่ในรัฐนั้น ๆ และมีวัตถุประสงค์หลักดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อปรับปรุงความปลอดภัยทางรถไฟของประเทศออสเตรเลีย
- 2) ลดกำแพงข้อกำหนดในอุตสาหกรรมรถไฟ
- 3) จัดให้มีข้อกำหนดด้านความปลอดภัยแห่งชาติที่สามารถใช้ได้ระหว่างรัฐ
- 4) บังคับให้มีการดำเนินการตามข้อกำหนด

Standards Australia

Standards Australia เป็นองค์กรอิสระที่ไม่ใช่ของภาครัฐและไม่มุ่งหวังผลกำไร และเป็นองค์กรที่ได้รับการยอมรับจากรัฐบาลออสเตรเลียว่าเป็นหน่วยงานพัฒนามาตรฐานของประเทศออสเตรเลียที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล ความเชี่ยวชาญและความรับผิดชอบหลักขององค์กรคือการพัฒนาและรับรองมาตรฐานในประเทศออสเตรเลีย และการอำนวยความสะดวกในการมีส่วนร่วมของประเทศออสเตรเลียในการพัฒนามาตรฐานสากล มาตรฐานที่ออกเป็นเพียงเอกสารทางวิชาการหรือทางเทคนิคซึ่งไม่ได้มีการบังคับให้ต้องทำตาม รวมถึงไม่ได้รับการปฏิบัติตามมาตรฐานเหล่านี้ บทบาทขององค์กรนี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 ข้อใหญ่ๆ คือ

- 1) การพัฒนามาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย
- 2) แหล่งข้อมูลมาตรฐานแห่งชาติและนานาชาติ
- 3) การรับรององค์กรพัฒนามาตรฐาน เช่น RISSB

Rail Industry Safety and Standards Board (RISSB)

Rail Industry Safety and Standards Board (RISSB) เป็นองค์กรที่ถือหุ้นทั้งหมดโดยสมาชิกที่ให้ทุน สมาชิกประกอบด้วยผู้ประกอบการขนส่งทางรถไฟ (Rail Transport Operators) เจ้าของเครือข่ายทางรถไฟ (Network Owners) รวมทั้งผู้จัดการและผู้รับเหมาและผู้ผลิตสินค้าในอุตสาหกรรมรถไฟ ทั้งในประเทศออสเตรเลียและต่างประเทศ องค์กรนี้รับผิดชอบเกี่ยวกับการพัฒนาและการจัดการมาตรฐาน (Standards) กฎเกณฑ์ (Rules) หลักปฏิบัติ (Codes of Practice) และแนวทาง (Guidelines) เกี่ยวกับอุตสาหกรรมรถไฟซึ่งทั้งหมดมีผลบังคับใช้ในระดับชาติ โดยได้รับการรับรองเป็นองค์กรพัฒนามาตรฐานจาก Standards Australia ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2007 ทำให้มาตรฐานทั้งหมดที่ออกโดย RISSB หลังปี ค.ศ. 2007 จัดเป็นมาตรฐานออสเตรเลีย

ตามประวัติองค์กรนี้ตั้งขึ้นโดย Australasian Railway Association (ARA) เมื่อปี ค.ศ. 2003 ภายใต้พระราชบัญญัติที่ชื่อว่า Corporations Act 2001 ตั้งขึ้นครั้งแรกเป็นบริษัทจัดการข้อบังคับ (Code Management Company) ต่อมาในปี ค.ศ.

2007 เปลี่ยนชื่อเป็น RISSB องค์การนี้เป็นของ ARA เรื่อยมาจนกระทั่ง ปี ค.ศ. 2015 ถึงกลายมาเป็นองค์กรที่ถือหุ้นทั้งหมดโดยสมาชิกที่ถือหุ้น

วัตถุประสงค์ขององค์กรนี้ ประกอบด้วย

- 1) เพื่อพัฒนา จัดการ และส่งเสริมชุดมาตรฐาน กฎเกณฑ์ แนวทางและเอกสารอื่น ๆ รวมถึง หลักปฏิบัติของออสเตรเลีย (Australian Codes of Practice, ACOP) และ กฎเกณฑ์และขั้นตอนของเครือข่ายในออสเตรเลีย (Australian Network Rules and Procedures, ANRP) เพื่อช่วยอุตสาหกรรมรถไฟในการจัดการความปลอดภัยทางรถไฟ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและบรรลุผลด้านความปลอดภัยผ่านมาตรฐานการทำงานร่วมกัน และการประสานกัน
- 2) เพื่อพัฒนาแบบจำลองความเสี่ยงสำหรับสภาพแวดล้อมในการดำเนินงานของรถไฟของออสเตรเลียซึ่งอิงกับข้อมูลและปัจจัยอื่น ๆ ที่จะช่วยขับเคลื่อนการปรับปรุงความปลอดภัยโดยการจัดลำดับความสำคัญของการพัฒนามาตรฐานและกิจกรรมด้านกฎข้อบังคับ และสำหรับการใช้งานโดยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมรถไฟในการกำกับแนวทางของพวกเขาเพื่อการจัดการความปลอดภัย
- 3) เพื่อให้คำแนะนำด้านเทคนิคอย่างเป็นอิสระ
- 4) เพื่อดำเนินการริเริ่มเพื่อสนับสนุนบทบาทของอุตสาหกรรมรถไฟในรูปแบบการร่วมกำกับดูแลความปลอดภัยทางรถไฟในประเทศออสเตรเลีย

เอกสารต่าง ๆ ที่ออกโดย RISSB แบ่งออกเป็นหมวดหมู่ได้ดังนี้

- 1) ด้านความปลอดภัย (Safety)
- 2) ด้านการปฏิบัติการ (Operations)
- 3) ด้านตู้รถไฟ (Rolling Stock)
- 4) ด้านโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure)
- 5) ด้านการสัมผัสระหว่างล้อและรางรถไฟ (Wheel Rail Interface)
- 6) ด้านระบบควบคุมรถไฟ (Train Control Systems)
- 7) เอกสารเผยแพร่โดยทั่วไป (Common Published Products) รวมทั้ง ROA (Railway of Australia) Manuals ที่กำลังยกเลิกเรื่อย ๆ โดยการออกมาตรฐานต่าง ๆ แทนที่
- 8) เอกสารเผยแพร่ (Published Products)

หน่วยงานอื่น ๆ ที่มีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับระบบรางในประเทศออสเตรเลีย

หน่วยงานอื่น ๆ ที่มีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับระบบรางในประเทศออสเตรเลีย เช่น

Australasian Railway Association (ARA) เป็นองค์กรเกี่ยวกับรถไฟในประเทศออสเตรเลีย ซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มองค์กรรถไฟทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น ผู้ประกอบการขนส่งทางรถไฟ เจ้าของและผู้จัดการเส้นทางรถไฟ ผู้ผลิตตู้รถไฟ บริษัทรับเหมาก่อสร้างและองค์กรอื่น ๆ ที่จัดหาและมีส่วนร่วมในภาครถไฟของออสเตรเลีย สมาชิกของ ARA ที่เป็นองค์กรใหญ่ๆ เช่น Australian Rail Track Corporation (ARTC) ARA มีบทบาทในประเด็นที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความสำคัญระดับชาติ ARA เข้าร่วมกับผู้นำทางการเมืองทั้งในระดับรัฐและรัฐบาลกลางในการอภิปรายเกี่ยวกับอนาคตของอุตสาหกรรมรถไฟ มีส่วนในการปฏิรูปนโยบาย

สำคัญเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคมของออสเตรเลียรวมทั้งความสามารถในการแข่งขันระดับนานาชาติของออสเตรเลีย

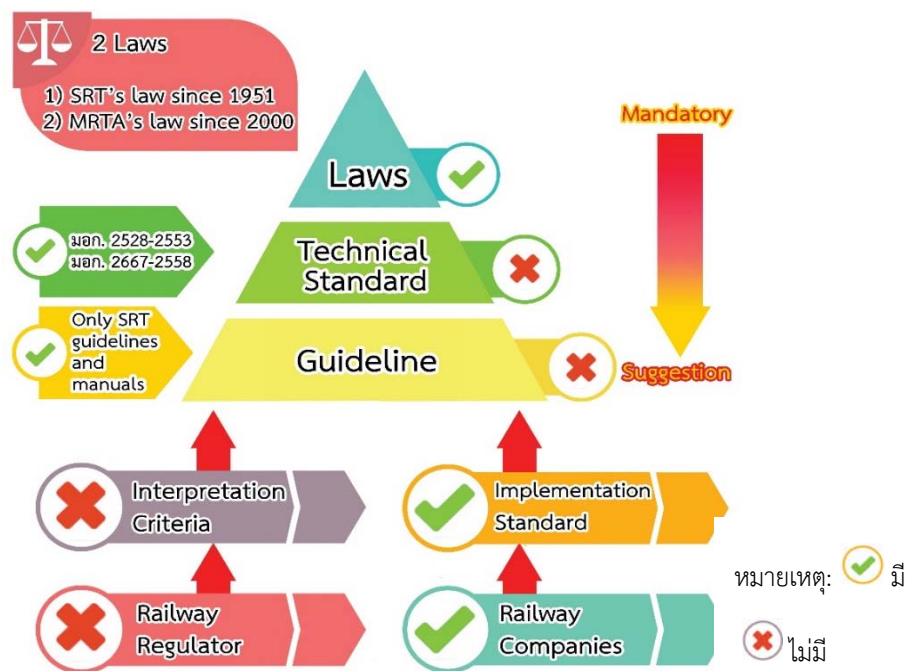
Australian Rail Track Corporation (ARTC) เป็นบริษัทมหาชนบริษัทหนึ่งในประเทศออสเตรเลียทำหน้าที่ในการบริหารจัดการทางรถไฟหรือเป็นผู้ประกอบการขนส่งทางรถไฟของรัฐบาลออสเตรเลีย (Rail Transport Operator of Australian Government) คือ การเข้าใช้บริการรถไฟและการจัดการโครงสร้างพื้นฐานสำหรับเครือข่ายรถไฟระหว่างรัฐ 5 รัฐประกอบด้วย Victoria, South Australia, Western Australia, Queensland, และ New South Wales ทั้งทางรถไฟที่เป็นของบริษัทเองและที่เช่าจากรัฐ

3.2.7 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศไทย

ประเทศไทยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับระบบขนส่งทางรางอยู่ทั้งสิ้น 3 ฉบับ คือ พระราชบัญญัติจัดวางการรถไฟและทางหลวง ปี พ.ศ. 2464 พระราชบัญญัติการรถไฟแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2494 และพระราชบัญญัติการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2543 โดยกฎหมาย 2 ฉบับสำคัญ คือ พระราชบัญญัติการรถไฟแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2494 พระราชบัญญัติการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2543 แทบไม่ได้กล่าวถึงข้อกำหนดและมาตรฐานใด ๆ เลย จะเน้นหนักในด้านอำนาจการบริหารงานและบุคลากร อย่างไรก็ตามในพระราชบัญญัติการรถไฟและทางหลวง ปี พ.ศ. 2464 ได้มีการออกข้อบังคับในลักษณะมาตรฐานทางเทคนิคและมาตรฐานด้านความปลอดภัยไว้ กล่าวคือ มีการออกข้อบังคับด้านการก่อสร้างและบำรุงทาง ด้านการบรรทุกสิ่งของ ด้านความปลอดภัยแก่ประชาชน และด้านการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่รถไฟ ซึ่งถือว่ามีความครอบคลุมตั้งแต่การก่อสร้าง การบริหารจัดการการเดินรถ ตัวรถไฟและความปลอดภัย แต่เป็นที่น่าสนใจเนื่องจากกฎข้อบังคับและมาตรฐานต่าง ๆ ไม่ได้ถูกพัฒนาปรับปรุงให้มีความทันสมัยนับตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2494 เป็นต้นมา ภายหลังการถูกปรับจากกรมรถไฟหลวงเป็นการรถไฟแห่งประเทศไทยทำได้เพียงออกประกาศและคู่มือการออกแบบและบำรุงรักษาในเพียงบางด้านไว้เท่านั้น ในปัจจุบันการออกแบบและก่อสร้างตามโครงการต่าง ๆ ส่วนมากมักอ้างอิงจากมาตรฐานต่างประเทศเป็นหลักเช่นเดียวกับการดำเนินการของการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย การอ้างอิงมาตรฐานแทบทั้งหมดเป็นมาตรฐานจากต่างประเทศเท่านั้น สำหรับการบริหารงานด้านการเดินรถและความปลอดภัยจะขึ้นอยู่กับบริษัทผู้รับจ้างเดินรถจะดำเนินการตามโครงสร้างกฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง (Implementation Standards) สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 3-19 จะเห็นได้ว่า ประเทศไทยมีเพียงกฎหมายหลัก 3 ฉบับ ข้อบังคับและประกาศที่ออกตามความในพระราชบัญญัติ และมาตรฐานที่ประกาศใช้ของผู้เดินรถเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3-20 จะเห็นได้ว่าประเทศไทยยังขาดข้อมูลทั้งในส่วนของ Technical Standards, Guidelines, และ Railway Regulator ที่จะทำหน้าที่ผลักดันข้อกำหนดและมาตรฐานต่าง ๆ ที่สำคัญไปสู่การบังคับใช้และการตรากฎหมายในท้ายที่สุด



รูปที่ 3-19 โครงสร้างกฎหมาย ข้อกำหนด และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบขนส่งทางรางของประเทศไทย



รูปที่ 3-20 แผนผังกรอบมาตรฐานของประเทศไทยและองค์ประกอบสำคัญ

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ (SWOT) ระบบรางของประเทศไทย

จุดแข็ง (Strengths)

องค์กรทางด้านระบบรางของประเทศไทยจุดแข็งที่มีการแบ่งการดูแลในแต่ละโครงการอย่างชัดเจน ทั้งรถไฟฟ้ายานในเมืองและรถไฟระหว่างเมือง ซึ่งองค์กรที่ดูแลในแต่ละโครงการก็มีความเข้มแข็งและสามารถดูแลโครงการของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมาตรฐานที่ถูกใช้งานในแต่ละโครงการก็มีความแตกต่างกันไป โดยรถไฟฟ้ายานในเมืองส่วนใหญ่จะอ้างอิงมาตรฐานจากประเทศยุโรป ในขณะที่รถไฟระหว่างเมืองซึ่งดูแลโดยการรถไฟจะใช้มาตรฐานของตนเองซึ่งส่วนใหญ่มีพื้นฐานมาจากมาตรฐานของประเทศอเมริกา

ปัจจุบันประเทศไทยมีองค์กรและสถาบันที่ดูแลเรื่องการออกมาตรฐานหรือคู่มือทางด้านวิชาชีพ เช่น วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยหรือ วสท. ที่มีคณะกรรมการหลากหลายสาขาคอยดูแลเรื่องการออกคู่มือต่าง ๆ ซึ่งก็เป็นอีกช่องทางที่สามารถใช้ในการพัฒนามาตรฐานระบบรางของประเทศไทยได้

จุดอ่อน (Weaknesses)

ถึงแม้ว่าประเทศไทยมีการใช้งานระบบรางมาอย่างยาวนาน รวมทั้งในปัจจุบันยังมีโครงการปรับปรุงระบบรางขนานใหญ่ทั่วประเทศ แต่ก็ยังประสบปัญหาในการกำหนดมาตรฐานรวมถึงคุณลักษณะเฉพาะที่จะนำไปใช้ในแต่ละโครงการ เนื่องจากยังไม่มีกำหนดมาตรฐานกลางของประเทศ นอกจากนี้ยังประสบปัญหาในการกำกับดูแลเนื่องจากยังไม่มีหน่วยงานที่รับผิดชอบในด้านนี้โดยตรง

ในส่วนของคุณภาพทางด้านระบบรางในปัจจุบัน พบว่าก่อนหน้านี้ประเทศไทยยังขาดการสนับสนุนการพัฒนาบุคลากรในด้านดังกล่าว ทั้งภาคการศึกษา ภาครัฐและเอกชน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวทำให้เกิดการขาดแคลนบุคลากรที่จะมารองรับโครงการที่จะเกิดขึ้นใหม่อีกหลายโครงการในอนาคต

ทางด้านของการส่งเสริมอุตสาหกรรมนั้น ผู้ประกอบการของไทยนั้นมีความศักยภาพในการผลิตสูง เพียงแต่ยังขาดโจทย์ที่ชัดเจนในการลงทุน เนื่องจากขาดมาตรฐานมารองรับผลิตภัณฑ์รวมทั้งขาดการสนับสนุนจากภาครัฐ นอกจากนี้การที่ประเทศไทยยังขาดองค์กรที่ดูแลเรื่องการทดสอบและรับรองทางด้านระบบราง ทำให้กลุ่มอุตสาหกรรมยังไม่มีความสนใจทางด้านระบบรางเท่าที่ควร

โอกาส (Opportunities)

เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีเคยมีการจัดตั้งองค์กรกลางมากำกับดูแลด้านระบบรางมาเป็นเวลานาน ซึ่งการจัดตั้งองค์กรมากำกับดูแลนั้นจะเป็นการเริ่มวางโครงสร้างตั้งแต่ต้น จึงนับเป็นโอกาสที่ดีที่จะวางแผนอย่างรัดกุมเพื่อให้สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทันสมัยและไม่เกิดการทับซ้อนขึ้นในอนาคต

มาตรฐานที่ใช้ในโครงการรถไฟฟ้ายานในปัจจุบัน เกือบทั้งหมดอ้างอิงกับมาตรฐานอเมริกันและยุโรป ซึ่งจะทำให้ การร่างมาตรฐานกลางที่สามารถอ้างอิงกับนานาประเทศได้นั้น ทำได้อย่างสะดวก ทั้งนี้ยังมีโครงการระบบรางอีกหลายแห่งที่อยู่ในช่วงที่กำลังวางแผนและออกแบบ ซึ่งการริบจัดทำมาตรฐานระบบรางของไทยขึ้นมาในเวลานี้ก็จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการดังกล่าวได้ และจะทำให้เกิดประโยชน์ในการบริหารจัดการโครงการต่อไปในอนาคต

ด้วยศักยภาพของกลุ่มอุตสาหกรรมในประเทศไทยนั้น หากมีการสนับสนุนจากรัฐฯ ในการสร้างมาตรฐาน ระบบราง ขึ้นมารวมทั้งจัดตั้งองค์กรที่ดูแลด้านการทดสอบและรับรอง จะเป็นการให้กระตุ้นให้เกิดโจทย์ใหม่ๆ ต่อกลุ่มผู้ประกอบการในประเทศได้

ปัจจัยคุกคาม (Threats)

ประเทศรอบข้างมีการตื่นตัวทางด้านระบบราง โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศมาเลเซียมีการวางแผนด้านการพัฒนา อุตสาหกรรมระบบรางอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนยังต้องการขยายเส้นทางระบบรางลงมาทาง ประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีแนวโน้มว่าเส้นทางดังกล่าวจะต้องใช้มาตรฐานของจีน ถึงแม้ว่าจะตัดผ่านประเทศไทยก็ตาม

ในด้านบุคลากรและเทคโนโลยีด้านระบบรางนั้น ประเทศไทยยังต้องมีการพึ่งพาจากต่างชาติ ซึ่งทำให้เกิดปัญหา ในระยะยาวทั้งในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีและการบริหารจัดการโครงการของประเทศ



รูปที่ 3-21 การวิเคราะห์ SWOT ของสถานการณ์ระบบรางในประเทศไทย

หากพิจารณาผลการวิเคราะห์ SWOT จะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีต้นตอของจุดอ่อนทางด้านระบบราง คือ การที่ ไม่มี มาตรฐานเป็นของตนเอง ประกอบกับยังไม่มีการจัดองค์กรกลางที่กำกับดูแลด้านระบบราง ทำให้การควบคุมประสิทธิภาพ การ ประเมิน รวมไปถึงการพัฒนาทำได้ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร นอกจากนี้หากวิเคราะห์ถึงโอกาสในการใช้ประโยชน์ จากการ พัฒนามาตรฐานระบบรางขึ้นมานั้น จะพบว่าสามารถตอบโจทย์ของประเทศได้ครบทั้งหกยุทธศาสตร์ รวมไปถึงสามารถที่จะลด ผลกระทบจากปัจจัยคุกคามได้ด้วยเช่นกัน

กรอบโครงสร้างมาตรฐานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ (Platform of Civil & Track Works)

กรอบมาตรฐานงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟถือเป็นมาตรฐานหลักในการออกแบบ ก่อสร้างใช้งาน และบำรุงรักษาสำหรับโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางราง ที่ถือเป็นมูลค่าการลงทุนในสัดส่วนที่สูงที่สุดในโครงการ จากการทบทวนมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกรอบโครงสร้างมาตรฐานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟในหลายประเทศมีความแตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ สิ่งแวดล้อม กฎหมายตลอดจนมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างและคู่มือของแต่ละประเทศ จากผลการศึกษาสามารถสรุปกรอบโครงสร้างมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ

ตารางที่ 3-3 แสดงกรอบโครงสร้างมาตรฐานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

ระดับของมาตรฐาน (Classification)	รายละเอียด (Details)
ข้อบังคับ	- ระยะห่างระหว่างทางวิ่ง (Distance between Tracks) - ข้อจำกัดของโครงสร้าง (Structural limit) - จุดตัดรถไฟ (Railway Crossing) - ตำแหน่งสถานี (Station Location) - องค์ประกอบของสถานี (Station facilities) - การวางตำแหน่งในสถานี (Layout in Station) - ขานขาลา (Platform) - โรงซ่อมบำรุง (Depot)
มาตรฐานทางเทคนิค	บัญญัติถึงรายละเอียดข้อกำหนดของการออกแบบและก่อสร้างระบบราง O งานปฐพี - การวางแผน (Planning) - การสำรวจ (Survey) - งานโครงสร้างทางปฐพี (Earth Structures) - งานโครงสร้างกำแพงกันดิน (Earth Retaining Structures) - งานตอม่อและฐานราก (Abuts, Piers, and Foundations) O งานโครงสร้างรองรับทางวิ่ง - การวางแผน (Planning) - งานโครงสร้างทางปฐพี (Earth Structures) - งานท่อลอดและการระบายน้ำ (Culverts and Drainage Facilities) - งานโครงสร้างกำแพงกันดิน (Earth Retaining Structures) - ข้อกำหนดของงานโครงสร้างสะพาน (General requirements for Bridges) - งานสะพานเหล็กและสะพานคอมโพสิต (Steel and Steel-Concrete Composite Bridges)

ระดับของมาตรฐาน (Classification)	รายละเอียด (Details)
	- งานสะพานคอนกรีต (Concrete Bridges) - งานตอม่อและฐานราก (Abuts, Piers, and Foundations) - งานอุโมงค์ (Tunnels) - ข้อกำหนดของการออกแบบโครงสร้างอื่นที่เกี่ยวข้องกับระบบราง (General Requirement for Railway related Building Design) - การวางแผนงานก่อสร้าง (Building Planning) - การวางรูปแบบ (Building Design) - การออกแบบทางวิศวกรรมโครงสร้าง (Structural Design of Buildings) - เครื่องมือกลและอุปกรณ์ต่าง ๆ (Mechanical Facilities of Buildings) - อุปกรณ์ป้องกันไฟในอุโมงค์ (Fire Prevention Facilities in Tunnel) - การจัดวางตำแหน่งและทัศนียภาพ (Landscapes)
มาตรฐานทางเทคนิค	O <u>งานโครงสร้างอาคาร</u> - การวางแผน (Planning) - งานโครงสร้างทางปฐพี (Earth Structures) - งานโครงสร้างกำแพงกันดิน (Earth Retaining Structures) - งานโครงสร้างใต้ดิน (Underground Structures) - งานตอม่อและฐานราก (Abuts, Piers, and Foundations) - งานโครงสร้างสถานี (Stations) - ข้อกำหนดของการออกแบบโครงสร้างอื่นที่เกี่ยวข้องกับระบบราง (General Requirement for Railway related Building Design) - การวางแผนงานก่อสร้าง (Building Planning) - การวางรูปแบบ (Building Design) - การออกแบบทางวิศวกรรมโครงสร้าง (Structural Design of Buildings) - การจัดวางตำแหน่งและทัศนียภาพ (Landscapes) - ข้อกำหนดด้านการการใช้ร่วมกันของสถานี (General Requirements for Interconnection Facilities) - การออกแบบศูนย์อำนวยความสะดวกสำหรับผู้พิการ (Facilities for the mobility handicapped design)

ระดับของมาตรฐาน (Classification)	รายละเอียด (Details)
	- การออกแบบศูนย์การเชื่อมต่อสถานีรถไฟและสถานีรถไฟความเร็วสูง (Interconnection Facilities Design of Conventional and High Speed Railroad Stations) - การออกแบบศูนย์การเชื่อมต่อของสถานีรถไฟใจกลางเมือง (Interconnection Facilities Design of Metropolitan Railroad Stations) O งานโครงสร้างทางรถไฟ (Track Work) - การวางแผน (Planning) - งานท่อลอดและการระบายน้ำ (Culverts and Drainage Facilities) - งานโครงสร้างทางวิ่ง (Tracks) - การวางแผนงานก่อสร้าง (Construction Planning) - การวางรูปแบบทางวิ่ง (Track Alignment) - เครื่องมือกลและอุปกรณ์ต่าง ๆ (Mechanical Facilities of Buildings) O งานถนน - การวางแผน (Planning) - งานท่อลอดและการระบายน้ำ (Culverts and Drainage Facilities) - ข้อกำหนดของการออกแบบโครงสร้างอื่นที่เกี่ยวข้องกับระบบราง (General Requirement for Railway-related Building Design) - การจัดวางตำแหน่งและทัศนียภาพ (Landscapes)
มาตรฐานทางเทคนิค	- การออกแบบศูนย์การเชื่อมต่อสถานีรถไฟและสถานีรถไฟความเร็วสูง (Interconnection Facilities Design of Conventional and High Speed Railroad Stations) - การออกแบบศูนย์การเชื่อมต่อของสถานีรถไฟใจกลางเมือง (Interconnection Facilities Design of Metropolitan Railroad Stations)
คู่มือการออกแบบ ก่อสร้าง และบำรุงรักษา	บัญญัติถึงรายละเอียดวิธีการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษา งานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ ตามกฎหมายข้อกำหนดและมาตรฐานทางเทคนิค

3.3 ผลการทบทวนกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟสำหรับประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยมีกฎหมายที่มีความเกี่ยวข้องที่มีนำมาใช้อ้างอิงระหว่างการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟอยู่หลายฉบับ สามารถสรุปเป็นหัวข้อที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้ คือ การเวนคืนที่ดิน แนวเขต ความปลอดภัย การออกแบบและก่อสร้างอาคาร และสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้รายละเอียดโดยสังเขปของกฎหมายที่เกี่ยวข้องดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 แสดงกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับงานด้านทางรถไฟในประเทศไทยในปัจจุบัน

หัวข้อ	หน่วยงานหลัก	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	รายละเอียดโดยสังเขป
1. การเวนคืนที่ดิน	กระทรวงคมนาคม โดยการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.) หรือ การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย (รฟม.)	1. พรบ. เวนคืนอสังหาริมทรัพย์ พ.ศ. 2530 2. พรบ. ว่าด้วยการจัดหาอสังหาริมทรัพย์เพื่อกิจการขนส่งมวลชน พ.ศ. 2540 3. พรบ. การจัดวางรถไฟและทางหลวง พ.ศ. 2464 และ พรบ. รฟท. 2494 4. พรบ. รฟม. พ.ศ. 2543	1. มีทั้งสิ้นสิทธิ์หมด กำหนดอำนาจหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนรายละเอียดต่าง ๆ ในการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ 2. เป็น พรบ. ที่ออกเพื่อใช้ในการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลประกอบ เพื่อกิจการขนส่งสาธารณะ 3. บทบัญญัติที่เกี่ยวข้องมีการอ้างอิงไว้ในหมวดการจัดซื้อที่ดินภายใต้ พรบ. รฟท. พ.ศ. 2464 เป็นหลักและภายหลังได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติที่เกี่ยวข้องกับการเวนคืนและอำนาจในการรื้อถอนสิ่งปลูกสร้างอีกสามฉบับคือ พรบ.รฟท. (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2530, (ฉบับที่ 6) พ.ศ. 2535 และ (ฉบับที่ 7) พ.ศ. 2543

หัวข้อ	หน่วยงานหลัก	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	รายละเอียดโดยสังเขป
			4. นอกจาก พรบ. รฟม. พ.ศ. 2464 แล้วในการเวนคืนเพื่อกิจการของรถไฟฟ้ามหานคร ยังอ้างอิงกฎหมาย พรบ. เวนคืน ปี 2530 และ พรบ. การจัดหาสิ่งสาธารณูปโภคเพื่อกิจการขนส่งมวลชน ในการดำเนินการ รฟม. ยังได้มีการออก พระราชกฤษฎีกา กฎกระทรวง ตลอดจนข้อบังคับและประกาศที่เกี่ยวข้องอีกหลายฉบับ ในหลายโครงการ
2. แนวเขต	การรถไฟแห่งประเทศไทย และการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย	1. พรบ. การจัดวางรถไฟและทางหลวง พ.ศ. 2464 และ พรบ. รฟท. พ.ศ. 2494 2. พรบ. รฟม. พ.ศ. 2543	1. พ.ร.บ. 2494 เพิ่มเติมจาก พ.ร.บ. 2464 มีการกำหนดให้ ผู้ว่าการหรือผู้แทน มีอำนาจสั่งให้บุคคลผู้ซึ่งปลุกสิ่งใดโดยไม่มีเหตุอันชอบด้วยกฎหมายในระยะ 40 เมตร จากขอบทางด้านริมสุดของแต่ละด้านรางรถไฟ โดยไม่เกินเขตที่ดินของการรถไฟแห่งประเทศไทย ให้รื้อถอนหรือทำลายสิ่งปลูกสร้างนั้นได้ตามสมควรโดยผู้นั้นไม่มีสิทธิเรียกร้องค่าเสียหาย 2. พรบ. รฟม. พ.ศ. 2543 ไม่ได้มีการกล่าวถึงแนวเขตไว้อย่างชัดเจนอย่างไรก็ตาม มีการออกระเบียบที่

หัวข้อ	หน่วยงานหลัก	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	รายละเอียดโดยสังเขป
			เกี่ยวข้องกับ ระเบียบการ รถไฟฟ้าวัดด้วยเครื่องหมาย แสดงแนวเขตปลอดภัย ระบบรถไฟฟ้าวัด และ เครื่องหมายแสดงแนวเขต ระบบรถไฟฟ้าวัดตาม พระราชบัญญัติการรถไฟฟ้าวัด พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2550
3. ความปลอดภัย	การรถไฟแห่งประเทศไทย การรถไฟฟ้าวัดขนส่งมวลชนแห่ง ประเทศไทย กระทรวงคมนาคม และ กระทรวงแรงงาน โดย กรมแรงงาน	1. พรบ. การจัดวางรถไฟและ ทางหลวง พ.ศ. 2464 และ พรบ. รถไฟ พ.ศ. 2494 2. พรบ. รฟม. พ.ศ. 2543 3. พรบ. การจราจรทางบก พ.ศ. 2522 4. พรบ. ความปลอดภัย พ.ศ. 2554	1. เนื้อหา ด้าน ความ ปลอดภัยสำหรับ รฟท. ยัง อ้างอิง พรบ. พ.ศ. 2464 เป็นหลัก ทั้งนี้มีการเพิ่ม อำนาจในการจัดการความ ปลอดภัยให้กับ รฟท. ใน พรบ. ฉบับเพิ่มเติม พ.ศ. 2535 2. พรบ. รฟม. พ.ศ. 2543 ด้านความปลอดภัย มีการ กำหนดไว้ในมาตราที่ 57 ถึง มาตราที่ 63 และมีการออก กฎกระทรวงกำหนด หลักเกณฑ์ว่าด้วยความ ปลอดภัยในชีวิต ร่างกาย ทรัพย์สินการรักษาความ สงบความสะอาดในเขต ระบบรถไฟฟ้าวัด พ.ศ. 2547 3. กฎหมาย พรบ. การจราจรทางบก พ.ศ. 2522 มีการอ้างอิงใช้งานใน กรณีทางตัดผ่านระหว่าง ถนนและทางรถไฟ 4. พรบ. ความปลอดภัย พ.ศ. 2554 เป็นกฎหมายที่

หัวข้อ	หน่วยงานหลัก	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	รายละเอียดโดยสังเขป
			เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย สำหรับแรงงาน มีการออก มาตรฐานความปลอดภัยใน การ ทำงาน ภายใต้ กฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องกับ การก่อสร้าง อาทิเช่น กฎกระทรวงพ.ศ. 2552 กำหนดมาตรฐานในการ บริหารและการจัดการด้ านความปลอดภัย อาชีว อนามัยและสภาพแวดล้อมใน การ ทำงาน เกี่ยว กับ เครื่องจักร บันจั่น และหม้อ น้ำเป็นต้น
4. การออกแบบและ ก่อสร้างอาคาร	กระทรวงมหาดไทย โดยกรม โยธาธิการและผังเมือง	พรบ.ควบคุมอาคาร ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2522 ถึง ฉบับที่ 5 พ.ศ. 2558	มีการกำหนดประเภทของ อาคาร เช่นอาคารขนาด ใหญ่ อาคารสูง และอาคาร ที่ใช้เป็นที่ชุมนุมคน จะต้อง ออกแบบให้เป็นไปตาม ข้อบังคับและมาตรฐานที่ ออกภายใต้ พรบ.ควบคุม อาคาร มีการกำหนดระยะร่น อาคาร(พ.ร.บ.ควบคุม อาคาร พ.ศ.2522 ข้อ 50) โดยระยะร่นของผนังของ อาคารที่มีหน้าต่าง ประตู ช่องระบายอากาศหรือช่อง แสงหรือระเบียงของอาคาร เช่น อาคารที่มีความสูงไม่ เกิน 9 เมตร ผนังหรือ ระเบียงต้องอยู่ห่างจากเขต

หัวข้อ	หน่วยงานหลัก	กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	รายละเอียดโดยสังเขป
			ที่ดินไม่น้อยกว่า 2 เมตร เป็นต้น
5. สิ่งแวดล้อม	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ประกาศกระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม	กำหนดประเภทและขนาด ของโครงการหรือกิจการซึ่ง ต้องจัดทำรายงานการ วิเคราะห์ผลกระทบ สิ่งแวดล้อม และหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติ และ แนวทางการจัดทำรายงาน การวิเคราะห์ผลกระทบ สิ่งแวดล้อมและที่แก้ไข เพิ่มเติม

บทที่ 4

ผลการทบทวนข้อกำหนดการออกแบบระบบโครงสร้างทางรถไฟ

- ❖ การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ International Union of Railways, UIC
- ❖ การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศประเทศญี่ปุ่น
- ❖ การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี
- ❖ การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศสหรัฐอเมริกา
- ❖ การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศออสเตรเลีย
- ❖ การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศไทย
- ❖ การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

4.1 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ International Union of Railways, UIC

4.1.1 ข้อกำหนดการออกแบบก่อสร้างและบำรุงรักษารางรางไฟของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป

หน่วยงาน European Railway Agency ถูกจัดตั้งขึ้นเมื่อ ปี.ศ. 2004 ภายใต้ REGULATION (EC) No 881/2004 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนด้านเทคนิค สำหรับกลุ่มองค์กรที่รับผิดชอบ และ ควบคุมดูแลในการพัฒนาศักยภาพการแข่งขันในการให้บริการขนส่งระบบราง ด้วยการ ยกระดับการใช้งานระบบรางร่วมกัน และ พัฒนาแนวทางด้านความปลอดภัยของระบบรางในกลุ่มประเทศยุโรป โดยปราศจาก ข้อจำกัดด้านพรมแดนด้วยหลักประกันด้านความปลอดภัยในระดับสูง ทั้งนี้ภายหลังปี ค.ศ. 2006 มีการพัฒนามาตรฐานภายใต้ TSIs ครอบคลุมการขนส่งระบบรางในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปในแทบทุกด้าน ทำให้ในปัจจุบันระบบมาตรฐาน TSIs ได้เข้ามาเปลี่ยนโครงสร้างและบทบาทของการมาตรฐานระบบรางในยุโรปอย่างสิ้นเชิง ซึ่งในอนาคตอันใกล้ระบบมาตรฐาน TSIs อาจจะเข้ามามีบทบาทในฐานะมาตรฐานหลักสำหรับกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรปต่อไป

4.1.2 มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคสำหรับทางรถไฟของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป

มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคฉบับนี้ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานโยธาและทางรถไฟ จะอยู่ในหมวดที่ 1, 2, 4 และ 5 ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
บทที่ 1 ข้อกำหนดทั่วไป (Introduction)	- ขอบเขตทางด้านเทคนิค (Technical Scope) - ขอบเขตทางภูมิศาสตร์ (Geographical Scope) - องค์ประกอบของเนื้อหา TSI	- ขอบเขตทางด้านเทคนิคของ TSI จะเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างพื้นฐาน (infrastructure subsystem) และการบำรุงรักษาของสหภาพการรถไฟ (the Union rail system) ตามที่ระบุในข้อกำหนด Directive 2008/57/EC. และ ส่วนของ โครงสร้างพื้นฐานเป็นไปตามที่ระบุใน Annex II (2.1) ถึง Directive 2008/57/EC - มีการกำหนดขอบเขตทางภูมิศาสตร์ของ TSI - องค์ประกอบของเนื้อหาจะตรงกับข้อกำหนด Directive 2008/57/EC ประกอบด้วย - แสดงขอบเขตของวัตถุประสงค์ (section 2) - ส่วนที่จำเป็นของระบบโครงสร้างพื้นฐาน (section 3) - การสร้างระบบข้อมูลและข้อมูลจำเพาะด้านเทคนิค (section 4) - การระบุถึงการใช้งานทางมาตรฐานร่วมกัน (interoperability) ซึ่งจะต้องครอบคลุมทั้งยุโรป ซึ่งมีความจำเป็นที่จะใช้ทำงานร่วมกันภายใต้สหภาพการรถไฟ (section 5) - ขั้นตอน (states) ในแต่ละกรณี ภายใต้การพิจารณา โดยขั้นตอนนี้จะใช้เพื่อประเมินความสอดคล้องหรือความเหมาะสมสำหรับการทำงานร่วมกัน (section 6)

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		■ กลยุทธ์ (strategy) นี้ใช้สำหรับการนำไปใช้กับ TSI ฉบับนี้ (section 7) ■ สำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง (staff concerned) ผู้ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ (professional) และผู้เกี่ยวข้องกับทางด้านสุขภาพและด้านความปลอดภัยในการทำงานด้านการดำเนินงาน (operation) และการบำรุงรักษาของระบบโครงสร้างทางรถไฟให้ใช้ตามที่ระบุไว้ใน TSI (section 4)
บทที่ 2 นิยามและขอบเขตขององค์ประกอบทางรถไฟ (Definition and Scope of Subsystem)	1. นิยามของระบบโครงสร้างพื้นฐาน (Definition of the infrastructure subsystem) 2. การทำงานร่วมกันระหว่าง TSI กับ TSIs (Interfaces of this TSI with other TSIs) 3. Interfaces of this TSI with the Persons with Reduced Mobility TSI 4. Interfaces of this TSI with the Safety in Railway Tunnels TSI 5. ความสัมพันธ์ของระบบการจัดการด้านความปลอดภัย (Relation to the safety management system)	● มีการกำหนดส่วนขององค์ประกอบของระบบโครงสร้างโครงสร้างพื้นฐาน และการบำรุงรักษาที่เกี่ยวกับระบบโครงสร้างพื้นฐาน องค์ประกอบของส่วนโครงสร้างพื้นฐานมีรายละเอียดระบุใน Annex II (2.1. Infrastructure) to Directive 2008/57/EC ● มีการระบุการจัดตั้งของระบบทั้งในส่วนที่เป็นรูปแบบการใช้งาน(Function) และ ด้านเทคนิค ของความสัมพันธ์กับระบบต่าง ๆ ต่อไปนี้ ■ ส่วนของระบบล้อเลื่อน (Rolling stock subsystem) ■ ส่วนของระบบพลังงาน (Energy subsystem) ■ ส่วนของระบบควบคุมคำสั่ง และ อาณัติสัญญาณ (Control command and signaling subsystem) ■ การดำเนินงานด้านจราจร และ ระบบบริหารจัดการ (Traffic operation and management subsystem) ■ กลยุทธ์ (strategy) นี้ใช้สำหรับการนำไปใช้กับ TSI ฉบับนี้ (section 7) ■ สำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง (staff concerned) ผู้ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ (professional) และผู้เกี่ยวข้องกับทางด้านสุขภาพและด้านความปลอดภัยในการทำงาน

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		ด้านการดำเนินงาน (operation) และการบำรุงรักษาของระบบโครงสร้างทางรถไฟให้ใช้ตามที่ระบุไว้ใน TSI (section 4)
บทที่ 2 นิยามและขอบเขตขององค์ประกอบทางรถไฟ (Definition and Scope of Subsystem)	6. นิยามของระบบโครงสร้างพื้นฐาน (Definition of the infrastructure subsystem) 7. การทำงานร่วมกันระหว่าง TSI กับ TSIs (Interfaces of this TSI with other TSIs) 8. Interfaces of this TSI with the Persons with Reduced Mobility TSI 9. Interfaces of this TSI with the Safety in Railway Tunnels TSI 10. ความสัมพันธ์ของระบบการจัดการด้านความปลอดภัย (Relation to the safety management system)	- มีการกำหนดส่วนขององค์ประกอบของระบบโครงสร้างพื้นฐาน และการบำรุงรักษาที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างพื้นฐาน องค์ประกอบของส่วนโครงสร้างพื้นฐานมีรายละเอียดระบุใน Annex II (2 . 1 . Infrastructure) to Directive 2008/57/EC - มีการระบุการจัดตั้งของระบบทั้งในส่วนที่เป็นรูปแบบการใช้งาน(Function) และ ด้านเทคนิค ของความสัมพันธ์กับระบบต่าง ๆ ต่อไปนี้ - ส่วนของระบบล้อเลื่อน (Rolling stock subsystem) - ส่วนของระบบพลังงาน (Energy subsystem) - ส่วนของระบบควบคุมคำสั่ง และ อาณัติสัญญาณ (Control command and signaling subsystem) - การดำเนินงานด้านจราจร และ ระบบบริหารจัดการ (Traffic operation and management subsystem) - มีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการใช้คนในการบังคับ หรือชะลอความเร็ว - มีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับระบบโครงสร้างพื้นฐานสำหรับความปลอดภัยในอุโมงค์รถไฟ มีการกำหนดการจัดการความปลอดภัยตามขอบเขตของ TSI ทั้งที่เกี่ยวกับมนุษย์ องค์การ และ ทางเทคนิคการออกแบบระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทางรถไฟ

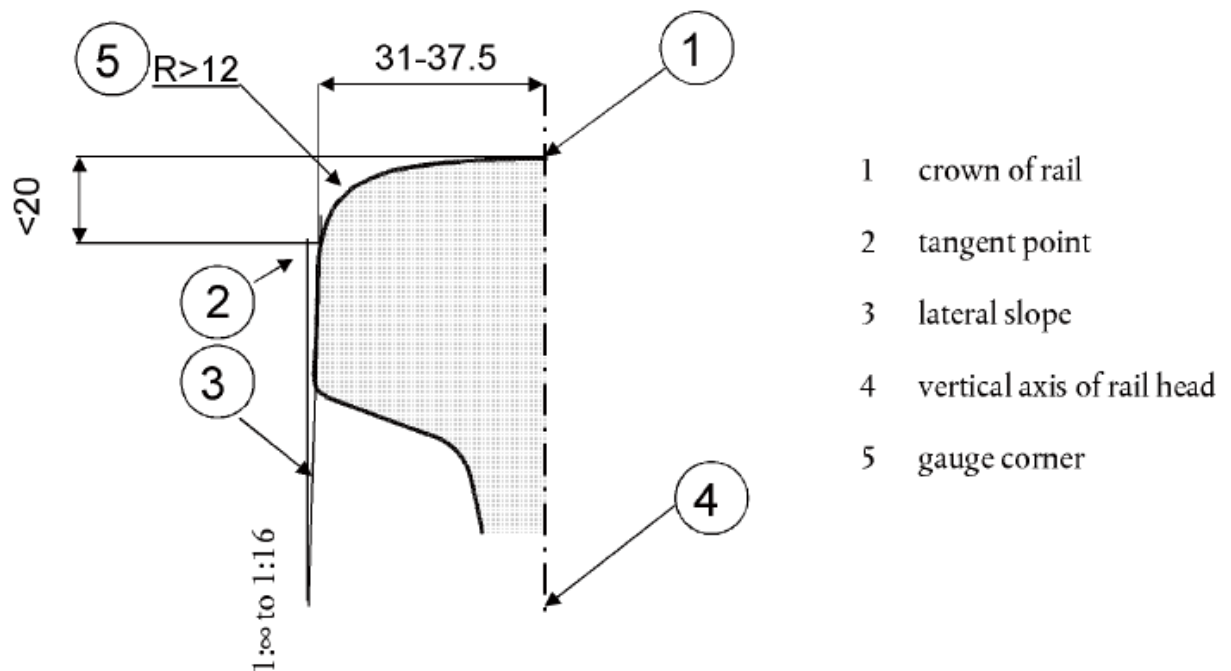
ตารางที่ 4-1 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
บทที่ 4 รายละเอียดขององค์ประกอบของเส้นทางรถไฟ(Description of the infrastructure subsystem)	1. TSI Categories of Line 2. Basic parameters characterising the infrastructure subsystem 3. Line layout 4. Track parameters 5. Switches and crossings 6. Track resistance to applied loads 7. Structures resistance to traffic loads 8. Immediate action limits on track geometry defects 9. Platforms 10. Health, safety and environment	● มีการกำหนดการจัดแบ่งประเภทของทางรถไฟตามน้ำหนักลงเพลา(Axle load) ซึ่งแบ่งเป็น 8 ประเภทชั้นทางรถไฟ ● มีการกำหนดองค์ประกอบของทางรถไฟต่าง ๆ เช่น ■ มีการกำหนดขนาดของ European standard nominal track gauge คือมีขนาดเท่ากับ 1.435 เมตร ■ มีการกำหนดระยะยกโค้งที่เหมาะสมสำหรับทางรถไฟแบบหินโรยทาง และไม่มีหินโรยทาง ■ มีการกำหนด Cant deficiency ตามแต่ละช่วงความเร็ว ■ มีการกำหนดระยะ หรือ สัดส่วนต่าง ๆ ของส่วนหัวราง(Rail Head Profile) ● มีการระบุให้มีการออกแบบประแจและจุดตัดที่เป็นไปตามมาตรฐาน TSI ● การกำหนดแรงกระทำในแนวตั้งของราง รวมถึงมีการกำหนดการออกแบบเพื่อป้องกันแรงในแนวตามยาว (Longitudinal track resistance) เช่นแรงจากการเบรก เป็นต้น ● มีการกำหนดค่านิยามของขานชالا รวมไปถึง การกำหนดขนาดของความสูงในบริเวณของขานชالا มีการกำหนดค่าแรงดันในอุโมงค์รถไฟที่ยอมให้ (Maximum pressure variations in tunnels) รวมถึง กำหนดแรงที่กระทำจากแรงลม (Effect of crosswinds) และ การป้องกันการกระเด็นจากหินโรยทาง (ballast pick up) เป็นต้น
บทที่ 5 องค์ประกอบของทางรถไฟ (Interoperability constituents)	Constituents performances and specifications 1. ราง (The rail)	● มีการกำหนดค่าความแข็งของราง (rail hardness) และ ค่าต้านทางแรงดึง (tensile strength)

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	2. ระบบยึดราง (The rail fastening systems) 3. หมอน (Track sleepers)	- ได้มีการกำหนดให้มีการทดสอบการต้านทานแรงกระทำต่าง ๆ จากห้องทดสอบ (laboratory test) เช่น แรงตามยาว (longitudinal force) แรงจากความล้าจากการกระทำซ้ำของแรง เป็นต้น - มีการกำหนดมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบรวมถึง กำหนดขนาดความยาวของหมอนสำหรับทางรถไฟปกติ(nominal track gauge)

Railhead profile



รูปที่ 4-1 การกำหนดรายละเอียดของส่วนหัวราง(Rail Head Profile)

4.2 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศญี่ปุ่น

4.2.1 ข้อกำหนดการออกแบบก่อสร้างและบำรุงรักษาทางรถไฟของประเทศญี่ปุ่น

กฎหมายและมาตรฐานของรถไฟในประเทศญี่ปุ่นมีวิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงมาตลอดกว่า 30 ปี รายละเอียดของประวัติการพัฒนากฎหมาย (Laws) และข้อกำหนดมาตรฐาน (Standard) ระบบรางของประเทศญี่ปุ่น ประวัติการพัฒนากฎหมายระบบรางที่สำคัญ ประกอบด้วย

ปี ค.ศ.1906 การอนุมัติกฎหมายระบบรางที่รัฐเป็นเจ้าของ

ปี ค.ศ.1910 ร่างพระราชบัญญัติอนุญาตให้เอกชนมีสิทธิในการดำเนินกิจการรถรางเบา

ปี ค.ศ.1964 กฎกระทรวงว่าด้วยการบังคับใช้กฎหมายสำหรับบทลงโทษด้านความปลอดภัยในการดำเนินการรถไฟความเร็วสูง Shinkansen

ปี ค.ศ.1986 กฎหมายการปรับปรุงโครงสร้างหน่วยงานระบบรางแห่งชาติญี่ปุ่น (JNR) ทั้งบริษัทเดินรถไฟสำหรับผู้โดยสารและสินค้า

ปี ค.ศ.1990 กฎหมายการดำเนินการรถไฟ (Railway Operation Act)

ปี ค.ศ.2002-2006 กฎหมายและกฎกระทรวงว่าด้วยการบังคับใช้กฎหมายการพัฒนาระบบรถไฟความเร็วสูง Shinkansen แห่งชาติ

ประวัติการพัฒนามาตรฐานระบบรางที่สำคัญ ประกอบด้วย

ปี ค.ศ.1920 การจัดตั้งกระทรวงระบบราง เพื่อจัดทำมาตรฐานระบบรางทางด้านเทคนิค

ปี ค.ศ.1949 การจัดตั้งหน่วยงานระบบรางแห่งชาติญี่ปุ่น (JNR)

ปี ค.ศ.1993 มาตรฐานคุณภาพทางสิ่งแวดล้อมสำหรับเสียงระบบรถไฟความเร็วสูง Shinkansen

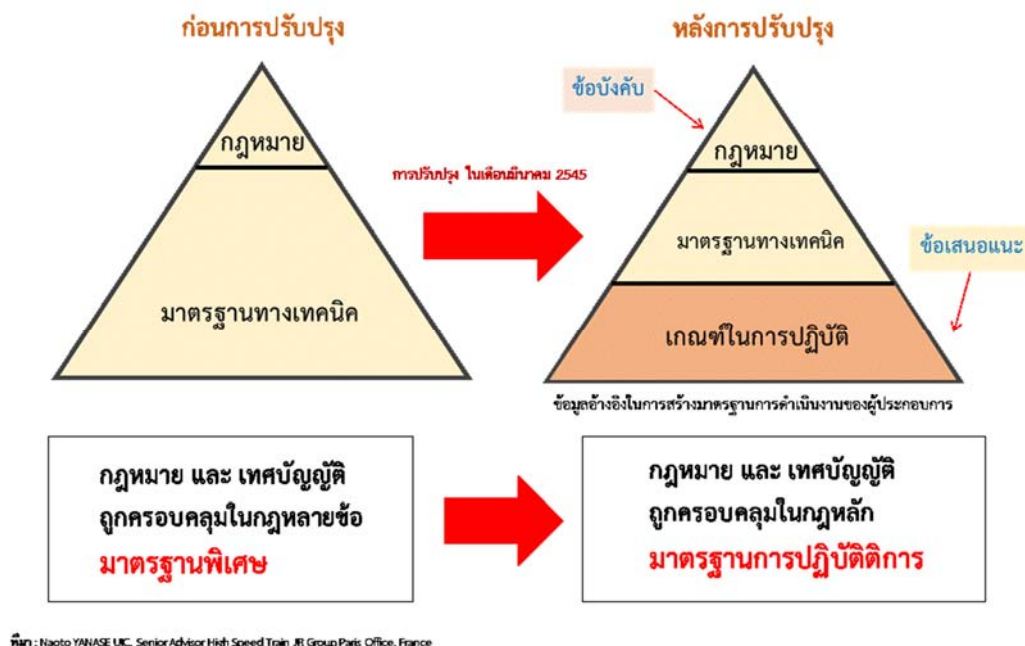
ปี ค.ศ.2002 ทบทวนปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานทางด้านเทคนิคสำหรับระบบรางประเทศญี่ปุ่น

ปี ค.ศ.2004 การระบุมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยสำหรับสถานีรถไฟใต้ดิน

ปี ค.ศ.2005 การจัดทำมาตรฐานเครือข่ายการสื่อสารในระบบรถไฟ

ปี ค.ศ.2006 การจัดทำข้อกำหนดกฎกระทรวงมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับระบบราง

จากลำดับการพัฒนากฎหมายและมาตรฐานระบบรางของประเทศญี่ปุ่น จะสังเกตได้ว่าการทบทวนปรับปรุงมาตรฐานระบบรางครั้งใหญ่ในปี ค.ศ. 2002 ซึ่งในการปรับปรุงครั้งนั้นได้ทำการปรับปรุง เพิ่มเติมข้อบังคับกฎและกฎกระทรวงครอบคลุมถึงหลักการ การปกครอง มาตรฐานการปฏิบัติงาน โดยในปัดังกล่าวประเทศญี่ปุ่นได้จัดทำมาตรฐานกลางที่มีเนื้อหาครอบคลุมมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบรางของประเทศคือ มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคสำหรับระบบรางของประเทศญี่ปุ่น (Technical Regulatory Standards on Japanese Railways) และมีการปรับปรุงโดยการประกาศในกฎกระทรวงเพิ่มเติมหรือลดทอนเนื้อหาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นจนปัจจุบันเป็นฉบับปรับปรุงแก้ไข ปี ค.ศ. 2012 โดยโครงสร้างมาตรฐานหลักของประเทศญี่ปุ่นก่อนและหลังการปรับปรุงดังแสดงในรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 กรอบโครงสร้างมาตรฐานประเทศญี่ปุ่นก่อนและหลังการปรับปรุง ค.ศ. 2002

4.2.2 มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคสำหรับระบบรางของประเทศญี่ปุ่น (Technical Regulatory Standards on Japanese Railways)

ข้อกำหนดนี้จัดทำขึ้นโดย สำนักงานระบบราง กระทรวงที่ดิน โครงสร้างพื้นฐาน การขนส่งและการท่องเที่ยว มีการแปลเป็นภาษาอังกฤษโดยที่คำแปลภาษาอังกฤษของกฎหมายหรือข้อบังคับฉบับนี้ถือเป็นการแปลอย่างไม่เป็นทางการ ถือเป็นข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการอ้างอิงและทำความเข้าใจต่อกฎหมายข้อบังคับในญี่ปุ่นและไม่มีผลทางกฎหมาย ทั้งนี้ข้อบังคับที่เป็นภาษาญี่ปุ่นที่จะถือว่ามีผลตามกฎหมายเท่านั้น รัฐบาลญี่ปุ่นจะไม่รับผิดชอบต่อความถูกต้อง ความน่าเชื่อถือหรือข้อคิดเห็นของเอกสารที่จัดเตรียมไว้ในเว็บไซต์นี้หรือเพื่อผลลัพธ์ที่เกิดจากการใช้ข้อมูลในเว็บไซต์นี้ ในกรณีที่มั่วสับสนประสงค์เพื่อการตีความและประเด็นทางกฎหมายหรือข้อพิพาทใด ๆ ผู้ใช้ควรอ้างอิงจากหนังสือต้นฉบับของญี่ปุ่นที่ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา

มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคฉบับนี้แบ่งออกเป็น 120 มาตราใน 11 หมวด โดยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานโยธาและทางรถไฟ จะอยู่ในหมวดที่ 1, 3, 4 และ 5 ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
บทที่ 1 ข้อกำหนดทั่วไป (General Rule)	1. วัตถุประสงค์ 2. นิยาม 3. มาตรฐานโดยผู้ประกอบการ (Implementation Standard) 4. การดำเนินการด้านเอกสาร 5. การป้องกันอันตราย 6. การป้องกันเสียงรบกวนรุนแรง 7. มาตรการเพื่อการขนส่งอย่างราบรื่น ของผู้สูงอายุและคนพิการ 8. การจัดการเพื่อการกู้คืนกรณีฉุกเฉิน (ยกเลิก)	● เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของกฎกระทรวงภายใต้มาตรฐานฉบับนี้ โดยมุ่งเน้นให้การใช้งานระบบรางมีความปลอดภัย มีมาตรฐาน และได้ให้ผู้ประกอบการสามารถจัดทำมาตรฐานให้สอดคล้องกับมาตรฐานทางเทคนิคโดยต้องผ่านการตีความและออกใบอนุญาตจากหน่วยงานที่รับผิดชอบก่อน ● มีการนิยามความหมายขององค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ชินคันเซ็น สถานี ผู้ประกอบการเดินรถหลัก ผู้ดำเนินการก่อสร้างหลัก และสิ่งที่เป็นอันตรายเป็นต้น มีการระบุถึงมาตรฐานที่จัดทำโดยผู้ประกอบการ (implementation Standard) ซึ่งจะต้องจัดทำตามมาตรฐานภายใต้กฎกระทรวงนี้ และหากจะดำเนินการนอกเหนือจากที่กำหนดไว้จะต้องผ่าน Director of the relevant District Transport Bureau เพื่อพิจารณาอนุมัติก่อน และต้องมีการประสานงานระหว่างผู้เดินรถและผู้ก่อสร้างในการดำเนินงานมาตรฐานทุกครั้ง มีการกำหนดใบอนุญาตพิเศษในบางกรณี ● มีการกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานด้านเอกสาร ● ข้อกำหนดความปลอดภัยในการก่อสร้าง ให้ดำเนินการด้วยความระมัดระวังในขั้นตอนสำคัญ ๆ เช่น งานดิน งานฐานราก และเสาเข็ม เป็นต้น

ตารางที่ 4-2 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		กำหนดเสียงรบกวนต้องปฏิบัติตามกฎหมายสิ่งแวดล้อม สำหรับชินคันเซ็น กำหนดไว้ไม่เกิน 75 เดซิเบล (วัดที่ระยะ 1.2 เมตร จากพื้นดินห่างจากทางรถไฟ 25 เมตร) สำหรับรถไฟทั่วไปจะกำหนดไว้ที่ 60 เดซิเบล ในช่วง 7:00-22:00 และ 55 เดซิเบล ที่เวลา 22:00-7:00 (วัดที่ระยะ 1.2 เมตร จากพื้นดิน ห่างจากทางรถไฟ 12.5 เมตร) อย่างไรก็ตาม ได้มีการกำหนดข้อยกเว้นไว้ในกรณีที่มีความจำเป็น
บทที่ 3 ทางรองรับระบบราง (Guide Way)	12. ขนาดทาง (Gauge) 13. แนวเส้นทาง (Alignment) 14. รัศมีโค้งราบ (Radius of curvature) 15. การยกโค้ง (Cant) 16. การขยายขนาดทาง (Gauge Widening) 17. โค้งเปลี่ยน (Transition Curve) 18. ความลาด (Gradient) 19. โค้งตั้ง (Vertical Curve) 20. ขนาดโครงสร้าง (Structure Gauge) 21. Width of formation level 22. ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟ 23. ทางรถไฟ (Track) 24. โครงสร้าง (Structure) 25. สิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อลดเสียงดังรุนแรง 26. อาคาร 27. สิ่งอำนวยความสะดวกในการป้องกันภัยพิบัติและเหตุการณ์อื่น ๆ 28. การป้องกันด้านล่างของสะพาน 29. สิ่งอำนวยความสะดวกของสถานีรถไฟใต้ดิน 30. การป้องกันรถไฟที่ควบคุมไม่อยู่ 31. การไม่ให้มีการบุกรุกทางวิ่ง	- มีการกำหนดขนาดทางรถไฟในประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีหลายขนาดทางคือ รถไฟแบบปกติ มีขนาดทาง 0.762m, 1.067m, 1.372m, or 1.435m และรถไฟชินคันเซ็นมีขนาดทาง 1.435m เท่านั้น - การออกแบบโค้งและการยกโค้งให้ดำเนินการออกแบบให้รองรับ 80% ของความเร็วสูงสุดที่ออกแบบข้อยกเว้นกรณีที่มีประแจและตำแหน่งที่มีสภาพทางภูมิศาสตร์เป็นตัวกำหนด - มีการกำหนดรัศมีโค้งต่ำสุดของรถไฟประเภทต่าง ๆ และขนาดทางที่ต่างกัน โค้งต่ำสุดในกรณีพิเศษอื่น ๆ และบริเวณขานชลาสถานีรถไฟ ขนาดโค้งเปลี่ยนและข้อกำหนดการยกโค้งและสูตรในการคำนวณการยกโค้งของรถไฟชนิดต่าง ๆ - ข้อกำหนดและรายละเอียดในการออกแบบโค้งตั้งของรถไฟชนิดต่าง ๆ - การกำหนดขนาดโครงสร้างทางรถไฟ (Structure Gauges) ดังแสดงในรูปที่ 4-3 และรูปที่ 4-4

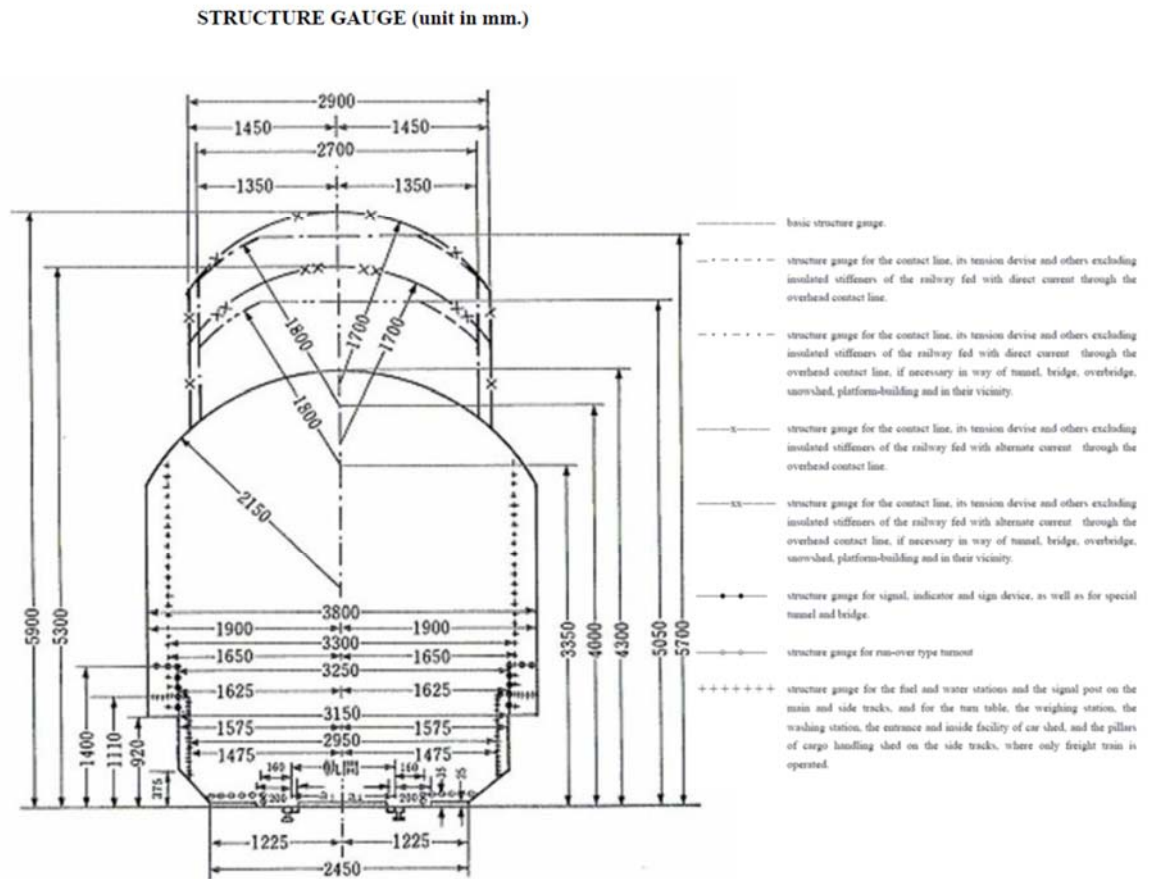
ตารางที่ 4-2 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	32. อุปกรณ์อำนวยความสะดวกเพื่อการอพยพ 33. ป้ายบอกทาง	● การกำหนดความกว้างขนาดทาง (Width of formation level) และระยะห่างระหว่างทางรถไฟ ● ในการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟต้องดำเนินการตามมาตรฐานที่ออกโดย Railway Bureau ภายใต้การดำเนินการของสถาบันวิจัยระบบรางแห่งประเทศไทย (RTRI) ที่ได้จัดทำขึ้นเมื่อ ปี ค.ศ. 2006 Notice No. 135 มีจำนวนทั้งสิ้น 12 มาตรฐาน โดยให้ออกแบบตามทฤษฎี Allowable Stress Design เป็นหลัก อย่างไรก็ตามภายหลังมาตรฐานทางเทคนิคของคอนกรีตได้ออกมาเมื่อปี ค.ศ. 2007 ได้มีข้อกำหนดการออกแบบโดยวิธี Performance Based Design สำหรับโครงสร้างคอนกรีต ● สำหรับการลดผลกระทบทางเสียงในกรณีของสถานที่เฉพาะ ได้มีการให้ปฏิบัติตามกฎหมาย พรบ. โรงพยาบาล สถานพยาบาลและสถานรับเลี้ยงเด็ก โดยต้องติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อป้องกันเสียงรบกวนเช่นกำแพงกันเสียง เป็นต้น ● สำหรับความปลอดภัยให้ปฏิบัติตามกฎหมายและมาตรฐานความปลอดภัยในอาคารของประเทศไทย ● กำหนดให้มีการจัดเตรียมป้ายบอกข้างทางอย่างชัดเจนสำหรับ Clearance, Distance, Curve และ Grade ● มีการกำหนดในด้านห้องควบคุมความปลอดภัยจากภัยพิบัติและอื่น ๆ ข้อกำหนดด้านวัสดุทนไฟ ข้อกำหนดอุปกรณ์ และการแจ้งเตือน การอพยพ ระบบสปริงเกอร์ ระบบดับเพลิงตลอดจนการบำรุงรักษา

ตารางที่ 4-2 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

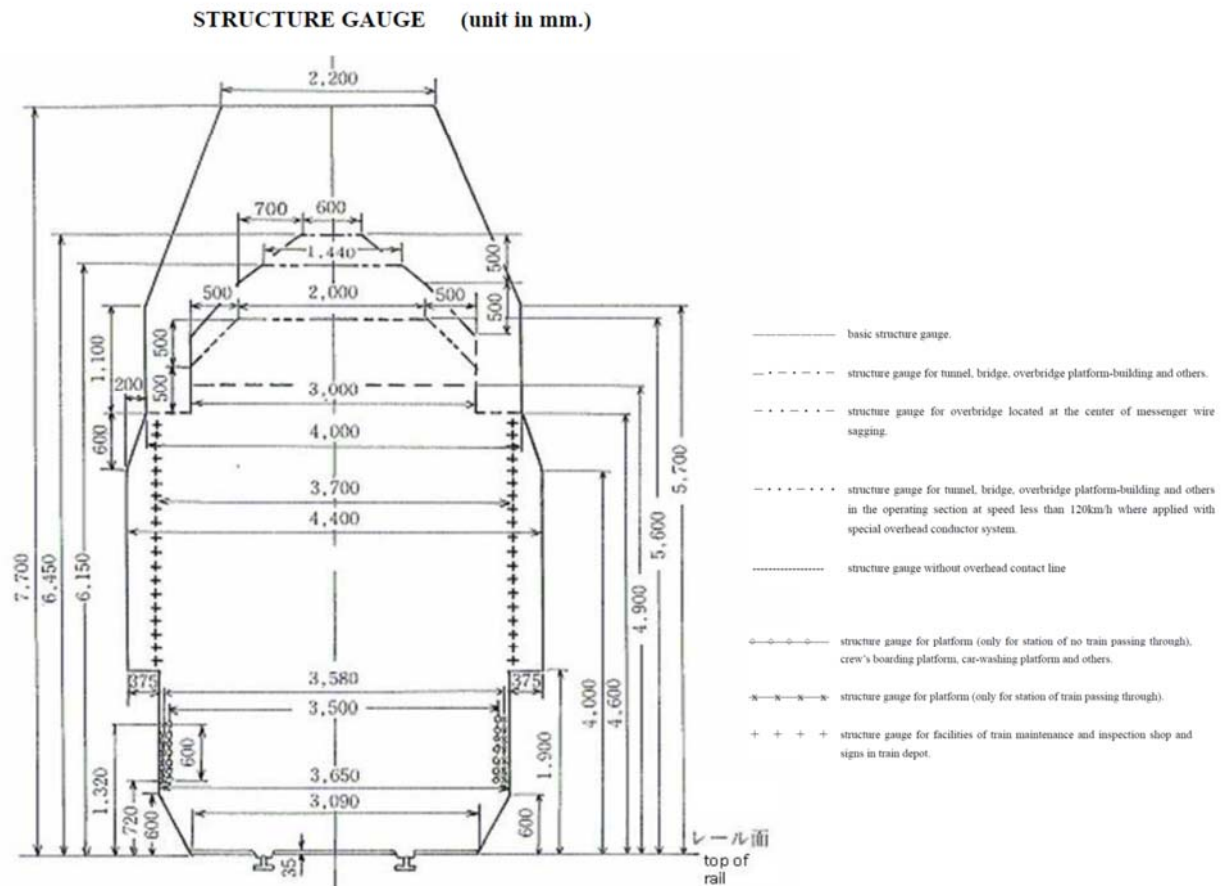
หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		ระบบความปลอดภัยและป้องกันอัคคีภัยให้พร้อมใช้งานตลอดเวลา
บทที่ 4 สถานีและที่จอดรถไฟ (Station and Halt)	34. รูปแบบการจัดวางทางรถไฟบริเวณสถานี 35. สิ่งอำนวยความสะดวกบริเวณสถานี 36. ขานชาลา 37. การเข้าถึงของผู้โดยสาร 38. โรงจอดและซ่อมบำรุง (Depot)	- กำหนดรูปแบบยานสถานีตลอดจนอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับผู้โดยสาร อาทิ ห้องขายตั๋ว ลิฟต์ บันได สิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับรถไฟขนส่งสินค้า ขนาดและองค์ประกอบของขานชาลา - กำหนดขนาดความกว้างทางเดินและบันไดสำหรับการใช้งานของผู้โดยสาร - กำหนดนิยามของโรงจอดและซ่อมบำรุง
บทที่ 5	39. จุดตัดถนน (Intersection with Road) 40. ทางผ่านเสมอระดับ (Level Crossing)	- กำหนดไม่ให้มีจุดตัดเสมอระดับสำหรับรถไฟความเร็วสูง - กรณีที่อนุโลมให้มีจุดตัด สำหรับรถไฟที่วิ่งระหว่างความเร็ว 160-200 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ต้องเป็นถนน ที่มีปริมาณจราจรน้อย หรือ ไม่สามารถยกระดับได้เท่านั้น - มีการกำหนดองค์ประกอบของจุดตัดเสมอระดับ เช่น ต้องมีระบบสัญญาณไฟ ระบบประตูกัน มุมที่ตัดกันต้องมากกว่า 45 องศา เป็นต้น

FIG. 1 STRUCTURE GAUGE (ORDINARY RAILWAY EXCLUDING SUPER EXPRESS RAILWAY) (RELATING TO ARTICLE 20)



รูปที่ 4-3 แสดงขนาดขอบเขตโครงสร้าง (Structure Gauge) สำหรับรถไฟทั่วไป

FIG. 2 STRUCTURE GAUGE (SUPER EXPRESS RAILWAY (EXCLUDING SUPERCONDUCTING MAGNETIC LEVITATION RAILWAYS)) (RELATING TO ARTICLE 20)



รูปที่ 4-4 แสดงขนาดขอบเขตโครงสร้าง (Structure Gauge) สำหรับรถไฟ Shinkansen

4.3 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

4.3.1 ข้อกำหนดสำหรับมาตรฐานการก่อสร้างทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี (Provisions on Railroad Construction Standards)

ประเทศสาธารณรัฐเกาหลีมีมาตรฐาน หรือ ข้อกำหนดที่ใช้สำหรับทางรถไฟอย่างเป็นทางการ คือ “ข้อกำหนดสำหรับมาตรฐานการก่อสร้างทางรถไฟ(Provisions on Railroad Construction Standards) ซึ่งข้อกำหนดนี้จัดทำขึ้นโดยหน่วยงานกำกับดูแลของรัฐบาล สังกัดกระทรวงคมนาคม ที่ดินและโครงสร้างพื้นฐาน (MOLIT) สำหรับในส่วนของการกำหนดมาตรฐานและคู่มือจะดำเนินการยกย่องและใช้งานโดยหน่วยงานด้านการก่อสร้าง (KRNA) และหน่วยงานด้านการเดินรถ (KORAIL)

4.3.2 มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคสำหรับระบบรางของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคฉบับนี้ได้มีการประกาศใช้และแก้ไขเพิ่มเติมมาทั้งสิ้น 4 ครั้ง คือ ปี 2009, ปี 2012, ปี 2013 และข้อกำหนดที่ใช้ในปัจจุบันคือปี 2014 โดยแบ่งออกเป็น 71 มาตราใน 5 หมวด โดยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานโยธาและทางรถไฟ จะอยู่ในหมวดที่ 1 2 และ 3 (มาตราที่ 1 ถึง มาตราที่ 27) ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
บทที่ 1 บทบัญญัติทั่วไป (General Provisions)	1. วัตถุประสงค์ 2. นิยาม 3. ความสัมพันธ์กับข้อกำหนดอื่น ๆ (Relationship with other regulations)	- มีการกำหนดคำศัพท์ต่าง ๆ ที่มีการใช้ในข้อบังคับ(Regulation) จะกำหนดดังนี้: "ล้อเลื่อนหรือขบวน (Rolling Stock)" หมายถึง รถที่มีเครื่องยนต์ (Motorized car) รถโดยสาร (Passenger car), รถขนส่งสินค้า (Freight car) หรือ รถพิเศษที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้วิ่งบนทางรถไฟ "รถไฟ (Train)" หมายถึง ยานพาหนะสำหรับการวิ่งบนเส้นทางหลักโดยการเชื่อมต่อของตู้รถโดยสารหรือรถขนส่งสินค้าถึงรถยนต์ (Freight car to a motorized car) "เส้นทางหลัก (Mainline)" หมายถึง เส้นทางรถไฟที่มีการก่อสร้างเพื่อสำหรับการดำเนินงานอย่างถาวรด้านรถไฟ

ตารางที่ 4-3 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		4. "เส้นทางรอง (Sub-mainline)" หมายถึง เส้นทางของรถไฟใช้เพื่อทำหน้าที่การหลบชั่วคราว 5. "รางแยก (Siding)" รางอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากรางหลัก 6. "การออกแบบความเร็ว (Design speed)" หมายถึง ความเร็วสูงสุด (Upper limit speed) ที่ใช้ในการออกแบบทางรถไฟ 7. "โครงสร้างทางรถไฟ (Railroad)" หมายถึง สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ รวมถึง ทางรถไฟ (Track) ชั้นรองทางรถไฟ (Track bed) และองค์ประกอบของโครงสร้างอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงานรถไฟ 8. "ระยะห่างราง (Gauge)" หมายถึง ระยะทางที่สั้นที่สุด (Shortest distance) ที่อยู่บริเวณส่วนด้านในระหว่างราง โดยให้วัดจากหัวรางลงมา 14 มิลลิเมตร 9. "การยกโค้ง (Cant)" หมายถึง ความแตกต่างสูงสุดของรางเมื่อรางที่อยู่ด้านนอกสูงกว่ารางที่อยู่ด้านในเพื่อที่จะรักษาเสถียรภาพ (Stably) ของรถไฟขณะวิ่งเข้าโค้ง 10. "สถานี (Station)" หมายถึง สถานที่ที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างให้แก่ผู้โดยสาร หรือ รถขนส่งสินค้าที่มีสถานที่สำหรับจอดขนส่งสินค้า (Yard) และเป็นสถานที่สำหรับการควบคุมระบบอาณัติสัญญาณส่วนกลางอีกด้วย

ตารางที่ 4-3 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		11. "สวิตช์ (Switch)" หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการเปลี่ยนทิศทางการวิ่งของขบวนรถไฟหรือรถไฟ 12. "โค้งดิ่ง (Vertical curve)" หมายถึง ส่วนของโครงสร้างทางรถไฟที่โค้งในแนวดิ่งสำหรับเพื่อให้รถไฟสามารถวิ่งผ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพ 13. "ทางรถไฟ (Track)" หมายถึง โครงสร้างที่ประกอบด้วยราง หมอน ชัน รองพื้นทาง และส่วนประกอบอื่น ๆ 14. "หินโรยทาง (Ballast)" หมายถึง หินกรวด (Gravel) หรือโครงสร้างคอนกรีตที่มีลักษณะของการกระจายแรงอย่างสม่ำเสมอที่กระทำมาจาก ราง และ หมอน ส่งผ่านไปยังชั้นรองพื้นทาง และเป็นส่วนที่ยึดหมอนรองให้อยู่ตรงกับตำแหน่ง 15. "ระดับตัดแต่งดินถม (Formation level)" หมายถึง ระดับที่ใช้สำหรับการอ้างอิงเมื่อก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง 16. "การหย่อน (Slack)" หมายถึง ความกว้างของระยะส่วนนอกของรางถึงตำแหน่งที่รถไฟสามารถที่จะวิ่งเข้าโค้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ 17. "ระยะของโครงสร้าง (Construction gauge)" หมายถึง ส่วนของช่องว่างที่ทำให้รถไฟสามารถวิ่งได้อย่างปลอดภัยบนทางรถไฟ 18. "ระยะล้อเลื่อน (Rolling stock gauge)" หมายถึง ค่าที่ยอมให้ของ ความยาว, ความกว้าง และความสูงของการวัดล้อเลื่อนขณะที่รถไฟหยุดบนทางรถไฟ และ ยังมีความปลอดภัยของตัวล้อเลื่อน

ตารางที่ 4-3 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		19. "ความยาวประสิทธิภาพ (Effective length)" หมายถึง ความยาวที่มากที่สุดของทางรถไฟที่จำเป็นเพื่อ รองรับชุดรถไฟ (trainset) โดยไม่มีการเคลื่อนที่หรือ มีการใช้ยานพาหนะอื่นใดในเส้นทางเดียวกัน 20. "จานหมุนหัวรถ (Turntable)" หมายถึง อุปกรณ์ที่จะใช้สำหรับการเปลี่ยนทิศทางของชุดหัวรถจักรหรือไถเคลื่อนย้ายหัวรถจักรจากรางหนึ่งไปสู่อีกรางหนึ่ง 21. "อุปกรณ์จ่ายกระแสไฟ (Catenary)" หมายถึงอุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่รวมไปถึง สายเคเบิล (Cable) และอุปกรณ์ช่วยอื่น ๆ ที่ติดตั้งตลอดเส้นทางรถไฟเพื่อที่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปที่ตัวรถไฟ 22. "สถานี (Depot)" หมายถึงสถานที่สำหรับการจัดเก็บหรือจอดเก็บรถไฟ ทั้งรถไฟโดยสาร รถไฟขนส่งสินค้า รวมไปถึงชุดล้อเลื่อน และเป็นสถานที่ใช้สำหรับการบำรุงรักษาตัวรถไฟด้วย 23. "ตัวจ่ายกระแสไฟแบบง่าย (Simple Catenary)" หมายถึงส่วนหนึ่งของระบบจ่ายไฟหลัก ซึ่งเป็นระบบการจ่ายแบบช่องเดี่ยว (Single messenger) และติดกับระบบสายแบบแขวน (Suspend the catenary) 24. "ระยะห่างของรถไฟของแต่ละขบวน (Headway)" หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ระหว่างการเคลื่อนที่ของพาหนะในช่องทางเดียวกัน และระยะห่างของเวลาที่ยอมให้จะเรียกว่า Minimum headway

ตารางที่ 4-3 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		25. "สถานีสัญญาณ (Signal station)" หมายถึง สถานีที่เชื่อมระบบสัญญาณ (Fixed signal) ที่จำเป็นสำหรับการให้ดำเนินการรถไฟโดยไม่มีอุปกรณ์สำหรับการสับหลักในระหว่างการเชื่อมสัญญาณ 26. "อุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับทางข้าม (Safety equipment of railroad crossing)" หมายถึง ระบบความปลอดภัยใด ๆ ที่จะช่วยป้องกันความปลอดภัยให้แก่รถไฟ ยาวพาหนะ และคนเดินเท้าที่ข้ามทางที่ถนนตัดกับรถไฟ 27. "ระบบควบคุมรถไฟ (Train control system)" หมายถึง ระบบที่รวมอุปกรณ์ที่ประสานการทำงานระหว่างกัน (System that integrates) และการใช้ร่วมกันระหว่างระบบควบคุมอัตโนมัติและควบคุมรถไฟโดยตรง 28. "ระบบติดตามรถไฟ (Track circuit)" หมายถึง ระบบไฟฟ้าเพื่อสำหรับการติดตาม หรือ ตรวจสอบระยะเวลาของรถไฟ 29. "เสาสัญญาณ (Signal post)" หมายถึง อุปกรณ์สัญญาณหรือสัญญาณเพื่อระบุค่าที่ยอมให้ของการดำเนินการรถไฟ (Train operation) ที่ตำแหน่งเริ่มต้นของทางวิ่งรถไฟ 30. "สัญญาณสมบูรณ์ (Absolute signal)" หมายถึง สัญญาณที่ยอมให้รถไฟเข้าใกล้เท่านั้นหลังจากได้รับการอนุมัติโดยผู้รับผิดชอบ หลังจากทีรถไฟมีการหยุดวิ่งเมื่อรถไฟได้รับสัญญาณให้หยุด

ตารางที่ 4-3 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		31. "สัญญาณอนุญาต (Permissive signal)" หมายถึงสัญญาณที่ยอมให้รถไฟใช้ความเร็วที่น้อยกว่าขีดจำกัดความเร็วโดยไม่ต้องได้รับอนุญาตหลังจากที่รถไฟหยุดหลังจากการได้รับสัญญาณให้หยุด 32. "บล็อก (Block section)" หมายถึงหนึ่งในจากหลายส่วนที่มีรถไฟเพียงตู้เดียว (single train) อยู่ 33. "อุปกรณ์ทำงานร่วมกัน (Interlocking device)" หมายถึง อุปกรณ์ที่เป็นระบบสัญญาณ สวิตช์ และระบบติดตามทางรถไฟ 34. "ระบบการสื่อสาร (Communications system)" หมายถึง ช่องทางการสื่อสาร และอุปกรณ์เสริมที่ส่งและรับข้อมูลในการดำเนินงานรถไฟ (ในรูปแบบเสียง สัญลักษณ์ ข้อความ หรือภาพ) 35. "ระบบควบคุมการจราจรของรถไฟ (Railroad traffic control system)" (ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าระบบควบคุม "Control system") หมายถึงระบบการควบคุม และการตรวจสอบรถไฟหรือยานพาหนะ รวมทั้ง อุปกรณ์ควบคุมการจราจร (CTC), ระบบวิทยุรถไฟ ระบบโทรศัพท์และกล้องวงจรปิด 36. "เส้นทางพิเศษสำหรับรถไฟไฟฟ้า (EMU)" หมายถึง ร่างสำหรับรถไฟไฟฟ้า (EMU) ที่ไม่รวมรถไฟดีเซลสำหรับขนส่งผู้โดยสาร หรือรถไฟเพื่อการขนส่งสินค้า ใช้เพื่อรองรับการจราจรในเมือง 37. "เส้นทางพิเศษสำหรับรถไฟความเร็วสูง (Exclusive line for HSR)" หมายถึงเส้นทางรถไฟสำหรับรถไฟความเร็ว

ตารางที่ 4-3 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		สูง (High-speed) ตามที่ได้ระบุในพระราชบัญญัติ (Act) การก่อสร้างเส้นทางรถไฟ 38. "การเพิ่มความเร็ว (Speed up)" หมายถึง การพัฒนาของความเร็วรถไฟโดยการปรับปรุงเส้นทางรถไฟ (alignment) ชั้นรองทางรถไฟ (Trackbed) รวมถึงระบบอาณัติสัญญาณต่าง ๆ
บทที่ 2 แนวเส้นทางรถไฟ (Railroad Line)	4. การออกทางรถไฟเพื่อรองรับความเร็วออกแบบ (Design Speed) 5. ขนาดทาง (Gauge) 6. รัศมีโค้งราบ (Radius of curvature) 7. การยกโค้ง (Cant) 8. ทางตัดผ่านทางโค้งเปลี่ยน (Insertion of transition curve) 9. ระยะที่ยอมให้ของทางตรง และ ทางโค้ง (Minimum length of straight line and circular curve) 10. ความลาด (Gradient of railroad) 11. โค้งตั้ง (Vertical Curve) 12. ระยะขยับ (Slack) 13. แนวเขตก่อสร้าง (Construction gauge) 14. ระยะห่างระหว่างทาง (Center to center distance of a track) 15. ระยะห่างระหว่างทางรถไฟกับชั้นทาง (Formation level width) 16. การออกแบบทางรถไฟ (Considerations for track design) 17. ทางตัดผ่าน (Railroad crossing) 18. เสาสัญญาณ (Track signs)	- มีการระบุการเปลี่ยนการออกแบบฯ เมื่อมีการบำรุงรักษาที่ยากภายใต้ความเร็วระดับเทียบเท่าในเส้นทางอื่นหรือไม่เหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์ในการบำรุงรักษา - มีการระบุขนาดของรางมาตรฐาน (Standard gauge) เท่ากับ 1.435 เมตร - ระบุรัศมีโค้งราบที่เหมาะสมสำหรับทางรถไฟ แบบใช้หินโรยทาง และไม่ใช่หินโรยทาง ภายใต้ช่วงความเร็วต่าง ๆ - การออกแบบโค้งและการยกโค้งให้ดำเนินการออกแบบให้รองรับ ตามสมการที่ระบุ ซึ่งจะต้องใช้ร่วมกับความเร็วสูงสุดที่ออกแบบ - มีการกำหนดความยาวที่เหมาะสมของช่วงเปลี่ยนโค้งในช่วงแต่ละย่านความเร็ว - รถไฟ ขนาดโค้งเปลี่ยนและข้อกำหนดการยกโค้งและสูตรในการคำนวณการยกโค้งของรถไฟชนิดต่าง ๆ - ข้อกำหนดและรายละเอียดในการออกแบบโค้งตั้งของรถไฟชนิดต่าง ๆ - มีการกำหนดการคำนวณระยะขยับ (Slack)

ตารางที่ 4-3 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		● มีการกำหนดระยะห่างของทางรถไฟ 2 ทางรถไฟตามย่านความเร็วที่ระบุไว้ โดยในส่วนของระยะห่างในทางรถไฟปกติแบบ 2 ช่องทางรถไฟระยะห่างต้องไม่ต่ำกว่า 3.8 เมตร แต่ในกรณีที่มีช่องทางรถไฟมากกว่า 3 ช่องทางขึ้นไป จะต้องมีการกำหนดระยะห่างระหว่างทางรถไฟไม่ต่ำกว่า 4.3 เมตร ● เสาสัญญาณจะมีข้อกำหนดต่าง ๆ ระบุไว้ อย่างเช่น จะต้องมีการเสาสัญญาณในทุก ๆ ทางชั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงความชัน จะต้องมีการเสาสัญญาณที่บอกระดับจำกัดความเร็ว การให้สัญญาณของการซ่อมบำรุงทางหรือทางรถไฟที่มีการตัดผ่าน เป็นต้น
บทที่ 3 สถานีและโรงซ่อมบำรุง	19. ตำแหน่งของสถานี (Location of station) 20. ตำแหน่งของสถานีสัญญาณ (Station and signal station) 21. สถานี (Track layout at station) 22. ขานชาลา(Platform) 23. อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยพื้นฐาน (Convenient and safety facilities on platform) 24. สถานีสำหรับงานก่อสร้าง (Station construction) 25. อุปกรณ์หมุนกลับทิศทางรถไฟ (Turntable) 26. อุปกรณ์ช่วยหยุด (Buffer stop and anti-roll equipment) 27. โรงจอดและซ่อมบำรุง (Depot construction)	● ในส่วนของตำแหน่งของสถานีได้กำหนดลักษณะในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการคัดเลือกสถานี อย่างเช่น การพิจารณาถึงสภาพภูมิประเทศจากภาพถ่ายทางอากาศ(Topographic) รวมถึงการพิจารณาถึงการเข้าใช้บริการ และการให้บริการอย่างเหมาะสม รวมถึงการคำนึงถึงจุดวางและขนถ่ายสินค้า เป็นต้น ● กำหนดทั้งรูปแบบและความสูงของขานชาลา อย่างเช่น รถสำหรับขนส่งผู้โดยสาร(Passenger train) จะต้องมีการขานชาลาสูงกว่าผิวรางอย่างน้อย 500 มิลลิเมตร แต่ถ้าเป็นรถไฟขนส่งสินค้า (Cargo) ส่วนที่เป็นขานชาลาจะต้องอยู่สูงกว่าผิวราง 1,100 มิลลิเมตร เป็นต้น ● กำหนดลักษณะของอุปกรณ์หมุนกลับทิศทางรถไฟ เช่น จะต้องมีความยาวอย่างน้อย 27 เมตร และ ต้องคำนึงถึงการออกแบบระบบระบายน้ำด้วย เป็นต้น

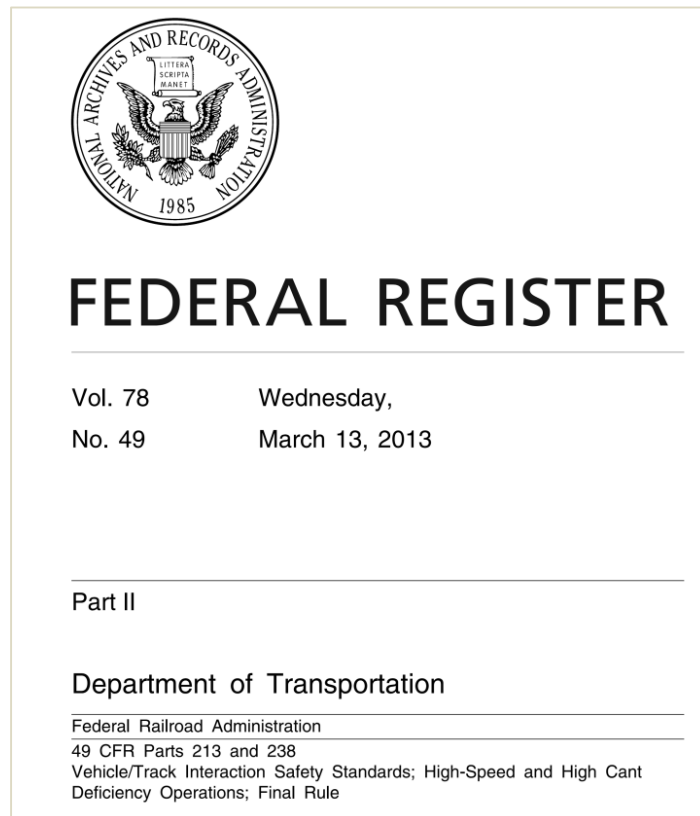
ตารางที่ 4-3 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		- กำหนดนิยาม และ ตำแหน่งของอุปกรณ์สำหรับช่วยหยุดรถไฟ เพื่อความปลอดภัย - กำหนดลักษณะของโรงจอดและซ่อมบำรุง อย่างเช่น โรงจอดจะต้องมีลักษณะที่มีที่จอดรถไฟที่สามารถเข้าสำรวจได้(Inspection), มีความสะอาด(Cleaning), เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental protection), สามารถดำเนินการทดสอบรถไฟ และมีอุปกรณ์สนับสนุนในการสำรวจครบถ้วน(Inspection supplement facilities) เป็นต้น

4.4 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศสหรัฐอเมริกา

4.4.1 ข้อกำหนดสำหรับมาตรฐานการก่อสร้างทางรถไฟของประเทศสหรัฐอเมริกา

สำนักงานการรถไฟกลาง (FRA) นั้นเป็นสำนักงานที่สังกัดภายใต้กระทรวงคมนาคม สำนักงานนี้ได้ถูกจัดตั้งตามแผนกระทรวงคมนาคมขึ้นในปี ค.ศ. 1966 ด้วยมีจุดประสงค์เพื่อประกาศและบังคับใช้กฎข้อบังคับด้านความปลอดภัยในกิจการรถไฟ บริหารงานโครงการด้านการรถไฟ ทำการศึกษาและวิจัยเพื่อรับรองความปลอดภัยในการขนส่งระบบราง และสนับสนุนนโยบายการขนส่งทางรางของรัฐบาล ทำการซ่อมแซมรางรถไฟ และให้คำปรึกษาแก่รัฐบาลในโครงการที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งทางราง โดยกฎข้อบังคับประกาศเพื่อบังคับใช้โดย สำนักงานการรถไฟกลาง (FRA) เรียกว่า ประมวลกฎหมายข้อบังคับกลาง หรือ Code of Federal Regulations (CFR) โดย ประมวลกฎหมายด้านการคมนาคมขนส่งทางรางจะอยู่ลำดับที่ 49 (49 CFR) ซึ่งระบุข้อบังคับด้านความปลอดภัย การให้บริการ และการบำรุงรักษาระบบรางในประเทศ โดยมาตรฐานที่มีการเผยแพร่จะถูกทบทวน และรับรองว่ามีความสอดคล้องกับข้อบังคับ 49 CFR จะมีด้วยกันทั้งหมด 43 ส่วน (200-299) ดังแสดงในรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 ตัวอย่างหน้าปกกฎข้อบังคับ 49 CFR ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งทางรางออกโดย สำนักงานการรถไฟกลาง (FRA)

ทั้งนี้ประมวลกฎข้อบังคับกลางในส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบทางรถไฟจะเป็นข้อบังคับ FRA regulations, 49 CFR Ch. II PART 213—TRACK SAFETY STANDARDS (Subpart A-D) โดยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับข้อบังคับทั่วไปจะระบุในส่วนหัวข้อ A

4.4.2 มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคสำหรับระบบรางของประเทศสหรัฐ

มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคฉบับนี้เฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานโยธาและทางรถไฟ แบ่งออกเป็น 4 หมวด (Subpart A ถึง Subpart D) ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
PART 213: Track Safety Standard ส่วนที่ 1 ข้อกำหนดทั่วไป (Subpart A General)	213.1 ขอบเขตของเนื้อหา (Scope of part.) 213.3 การประยุกต์ใช้ (Application.) 213.4 ข้อยกเว้นของงานรางหรือทางรถไฟ (Excepted track.) 213.5 แนวทางการปฏิบัติ (Responsibility for compliance.) 213.7 การแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อการซ่อมบำรุง และตรวจสอบเส้นทาง (Designation of qualified persons to supervise certain renewals and inspect track.) 213.9 การแบ่งประเภทของทางรถไฟ และ ข้อกำหนดในการใช้ความเร็ว (Classes of track: operating speed limits.) 213.11 การซ่อมแซม หรือ การฟื้นฟูเส้นทางรถไฟ (Restoration or renewal of track under traffic conditions.) 213.13 การตรวจวัดทางรถไฟ (Measuring track not under load.) 213.15 การกำหนดโทษความผิด (Penalties.) 213.17 การโอนกรรมสิทธิ์ (Waivers.) 213.19 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Information collection.)	- มีการอธิบายถึงข้อกำหนดด้านความปลอดภัยที่ต่ำสุด (Minimum Safety Requirements) สำหรับเส้นทางรถไฟ - ระบุให้ใช้กับมาตรฐานด้านขนาดรางทั้งหมดที่ใช้ในงานด้านระบบการขนส่งทางรถไฟโดยทั่วไป - มีการระบุนิยามของเจ้าของทางหรือผู้รับผิดชอบหลัก (A track owner) - ระบุรายละเอียดของการดำเนินการทางรถไฟจะต้องระบุภายใต้เงื่อนไข คือ 1) รถไฟจะต้องใช้ความเร็วไม่เกิน 10 ไมล์ต่อชั่วโมง 2) ห้ามใช้เส้นทางรถไฟโดยสาร 3) แต่ละรอบการขนส่งจะต้องไม่มีรถไฟบรรทุกสินค้าที่มีตู้มากกว่า 5 ตู้ตามที่ระบุไว้โดยกฎระเบียบวัตถุอันตราย (49 CFR part 172) และ 4) ขนาดความกว้างของระยะห่างราง (The gage) ของทางรถไฟต้องไม่เกิน 4 ฟุต 4 1/4 นิ้ว (26.035 เซนติเมตร) - ผู้เป็นเจ้าของทางหรือผู้รับผิดชอบทางรถไฟจะต้องดำเนินการแจ้งกับหน่วยงาน FRA (FRA Regional Office) อย่างน้อย 10 วันก่อนที่จะมีการรื้อถอนบางส่วนของทางรถไฟจากทางรถไฟที่ได้รับอนุมัติให้มีการดำเนินการไปก่อนหน้านี้

ตารางที่ 4-4 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		• ระบุคุณสมบัติของผู้มีหน้าที่ในการตรวจสอบทางรถไฟ เช่น (1) มีประสบการณ์ในการกำกับดูแลการบำรุงรักษาทางรถไฟอย่างน้อย 1 ปี หรือ มีประสบการณ์การกำกับดูแลในการบำรุงรักษา และการฝึกอบรมทางรถไฟจากหลักสูตรในการศึกษาระดับอุดมศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาทางรถไฟ (2) มีความรู้ และ ความเข้าใจในข้อกำหนด รวมถึงสามารถตรวจสอบความสิ่งผิดปกติดังกล่าวจากข้อกำหนด และสามารถกำหนดวิธีการแก้ไขที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงความเสื่อมสภาพของทางรถไฟได้อย่างปลอดภัย และ (3) ได้รับมอบหมายเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของทางรถไฟ • ระบุความเร็วตามระดับของชั้นทางตามประเภทของรถไฟเช่น Class 2 track รถไฟขนส่งสินค้าให้ใช้ความเร็ว 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และรถไฟโดยสารให้ใช้ความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นต้น • กำหนดโทษความผิดเช่น บุคคลใดฝ่าฝืนข้อกำหนด หรือ กระทำการให้มีการละเมิดข้อกำหนด ต้องได้รับโทษทางแพ่งอย่างน้อย 650 เหรียญแต่ไม่เกิน 25,000 เหรียญต่อการละเมิด และการฝ่าฝืนและการละเมิดอย่างร้ายแรง หรือ มีรูปแบบของการละเมิดซ้ำ ๆ ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับการเสียชีวิต หรือ การบาดเจ็บต่อบุคคล อาจได้รับการพิจารณาปรับไม่เกิน 100,000 เหรียญ เป็นต้น
PART 213 : Track Safety Standard ส่วนที่ 2 ชั้นรองพื้นทางรถไฟ (Subpart B Roadbed)	213.31 ขอบเขต (Scope.) 213.33 การระบายน้ำ (Drainage.) 213.37 การจัดการวัชพืช (Vegetation.)	• กำหนดลักษณะของการระบายน้ำ (Drainage.) • กำหนดวิธีการกำจัดวัชพืช เพื่อป้องกันอันตรายอันได้แก่ ทัศนวิสัย รวมถึงภัยที่อาจเกิดจากไฟ เป็นต้น
PART 213 : Track Safety Standard	213.51 ขอบเขต (Scope) 213.53 Gage. 213.55 Alinement.	• มีการกำหนดวิธีการวัดขนาดของความกว้างของทางรถไฟ รวมถึงกำหนดระยะห่างของทางรถไฟตามแต่ละประเภทของชั้นทาง

ตารางที่ 4-4 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
ส่วนที่ 3 ลักษณะทางรถไฟ (Subpart C Track Geometry)	213. 57 Curves; elevation and speed limitations. 213.59 Elevation of curved track; runoff. 213.63 Track surface.	- กำหนดระยะแนวเส้นทางตามแต่ละประเภทของเส้นทาง - มีการกำหนดค่าความเร็วที่ใช้สำหรับการวิ่งในทางโค้ง และ ทางต่างระดับ - กำหนดอัตราการระบายน้ำและทางต่างระดับ - กำหนดระยะที่สำคัญต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องราง เช่น ปริมาณน้ำที่อยู่ในทางรถไฟจะต้องมีขนาดไม่สูงเกินกว่าค่าที่กำหนดตามแต่ละประเภทของเส้นทางรถไฟ
PART 213 : Track Safety Standard ส่วนที่ 4 โครงสร้างทางรถไฟ (Subpart D—Track Structure)	213.101 Scope. 213.103 Ballast; general. 213.109 Crossties. 213.110 Gage restraint measurement systems. 213.113 Defective rails. 213.115 Rail end mismatch.	มีการกำหนดคุณสมบัติของหินโรยทาง เช่น คุณสมบัติทางด้านการระบายน้ำ หรือ คุณสมบัติในการคงตัวเพื่อรักษาแนวเส้นทางรถไฟ เป็นต้น
	213.118 Continuous welded rail (CWR); plan review and approval. 213.119 Continuous welded rail (CWR); plan contents. 213.121 Rail joints. 213.122 Torch cut rail. 213.123 Tie plates. 213.127 Rail fastening systems. 213.133 Turnouts and track crossings generally. 213.135 Switches.	- มีการกำหนดลักษณะของหมอนรองราง รวมถึงการระบุการตรวจสอบ และ การพิจารณาการเปลี่ยนแปลงหมอนเดิม เป็นต้น เช่น การเสื่อมสภาพ (Deteriorated)ของหมอนซึ่งอาจรวมถึงระบบยึดหมอนจะหมายถึงการที่ไม่สามารถที่จะยึดจับรางหรือ ด้านทานแรงในทิศทางตามยาวได้ เป็นต้น - มีการกำหนดลักษณะของการต่อทาบระยะประกับบริเวณรอยต่อของรางตามแต่ละประเภทของเส้นทาง - มีการกำหนดรูปแบบของการตรวจสอบสภาพของราง รวมถึงกำหนดคำนิยามของความเสียหายอย่างเช่น “Broken base “ หมายถึง ความเสียหาย (Break) ที่เกิดบริเวณฐานราง (Base of the rail) เป็นต้น - มีการกำหนดระยะคลาดเคลื่อนของระหว่างรางรถไฟ(ที่บริเวณรอยต่อราง)จะต้องไม่เกินกว่าค่าที่ยอมให้ตามแต่ละประเภทของเส้นทาง

ตารางที่ 4-4 (ต่อ) แสดงรายละเอียดองค์ประกอบของมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับงานทางรถไฟ

หัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		● มีการกำหนดขั้นตอนในการดำเนินงานทางด้านรางประเภทรางเชื่อมยาว ทั้งในส่วน of ขั้นตอนในการติดตั้ง และ การปรับรางในระหว่างการติดตั้ง รวมไปถึงการกำหนดการติดตั้งรอยต่อของรางรวมถึงการบำรุงรักษาต่าง ๆ เป็นต้น ● มีการกำหนดลักษณะที่จะต้องเปลี่ยนหากมีความเสียหายที่เกิดขึ้น อย่างเช่น ถ้ามีรอยแตกร้าวเสียหายที่บริเวณรอยต่อ (Joint bar) ซึ่งอยู่ระหว่างกลางของรูนอตที่ยึด (Middle two bolt) จะต้องทำการเปลี่ยนทันที เป็นต้น ● มีการกำหนดคุณสมบัติของระบบหมุดยึด เช่น ถ้าเป็นหมอนคอนกรีต หมุดยึดรวมถึงระบบยึดรางต่าง ๆ จะต้องสามารถต้านทานแรงตามยาว (Longitudinal restraint) ที่เกิดขึ้นในรางได้ เป็นต้น ● มีการกำหนดลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับประแจ (Switch) ตัวอย่างเช่น ตำแหน่งการติดตั้งของประแจจะต้องสามารถเห็นได้ชัดไม่มีอุปสรรคใดที่กีดขวางต่อการมองเห็น (Clearly visible) เป็นต้น

4.5 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศออสเตรเลีย

4.5.1 ข้อกำหนดการออกแบบก่อสร้างและบำรุงรักษาทางรถไฟของประเทศออสเตรเลีย

กฎหมาย ข้อกำหนดและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ ประกอบด้วย Rail Safety National Law National Regulations 2012, AS 1085 series: Railway Track Material, AS 2758.7: Aggregates and Rock for Engineering Purposes Railway Ballast และ AS/RISSB 76xx: Railway Infrastructure มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-5

4.5.2 มาตรฐานควบคุมทางเทคนิคสำหรับระบบรางของประเทศออสเตรเลีย

ตารางที่ 4-5 รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
Rail Safety National Law National Regulations 2012: ส่วนที่ 1 เบื้องต้น (Preliminary)	1. เบื้องต้น (Preliminary) 2. การให้การรับรอง (Accreditation) 3. การขึ้นทะเบียนผู้จัดการโครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟรองเอกชน (Registration of rail infrastructure managers of private sidings) 4. การจัดการความปลอดภัย (Safety management) 5. ผู้ปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยทางรถไฟ (Rail safety workers) 6. ข้อยกเว้นที่ได้รับจากหน่วยงานกำกับดูแล (Exemptions granted by regulator) 7. บทลงโทษการละเมิด (Infringement penalty provisions) 8. การใช้บางพระราชบัญญัติของออสเตรเลียได้เป็นกฎหมาย (Application of certain south Australian acts to be law) 9. อื่น ๆ (Miscellaneous) ตาราง 1: เนื้อหาของระบบจัดการความปลอดภัย (Schedule 1: content of safety management system)	● กำหนดเกี่ยวกับการให้การรับรอง การขึ้นทะเบียนผู้จัดการทางรถไฟรองเอกชน การจัดการด้านความปลอดภัย ผู้ปฏิบัติงาน การยกเว้น และบทลงโทษการละเมิด

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	ตาราง 2: ข้อกำหนดพิเศษโปรแกรมการจัดการความล้าสำหรับงานด้านความปลอดภัยทางรถไฟบางส่วนที่ดำเนินการภายในรัฐนิวเซาท์เวลส์ (Schedule 2: special fatigue management program requirements in respect of certain rail safety work carried out within new south wales) ตาราง 3: ค่าธรรมเนียม (Schedule 3: fees)	
AS 1085.1-2002(+A1)-R2013: เล่ม 1: รางเหล็ก (Part 1: STEEL RAILS)	(N/A)	กำหนดความต้องการสมรรถนะสำหรับรางเหล็กรีดและรางเหล็กหัวชุบแข็ง (as-rolled and head-hardened steel rail) การเข้ากันได้ของทางรถไฟ (track compatibility) อายุการใช้งาน ความสมบูรณ์ของวัสดุ การเชื่อมต่อ การบำรุงรักษาและการขนย้าย รวมถึงรางประแจแบบไม่สมมาตร (asymmetric switch rails) และราวบันไดสูง
AS 1085.2-2002-R2013: เล่ม 2: แผ่นเหล็กประกบราง (Part 2: FISHPLATES)	- ขอบเขต (Scope) - เอกสารอ้างอิง (Referenced documents) - การตั้งชื่อ (Designation) - กระบวนการผลิตเหล็ก (Steel-making process) - ตราสินค้า (Brands) - องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition) - รูสำหรับสลักเกลียวต่อ (Holes for fishbolts) - รูปลักษณะ (Finish) - ความคลาดเคลื่อนของหน้าตัดและมิติ (Tolerances on section and dimensions)	ระบุมิติ คุณสมบัติและวัสดุสำหรับแผ่นเหล็กประกบรางสำหรับใช้กับรางเหล็กรีดตามมาตรฐาน AS 1085.1 รวมถึงความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ และรูปตามยาวสำหรับแผ่นเหล็กประกบรางสำหรับรางขนาด 31, 41, 47, 50, 53 และ 60 กก. ก็แสดงในมาตรฐานนี้

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	10. มวลคำนวณต่อคู่ของแผ่นเหล็ก ประกักราง (Calculated mass per pair of fishplates) 11. คุณสมบัติทางกล (Mechanical properties) 12. กำลังต้านแรงดึง (Tensile strength) 13. การทดสอบซ้ำ (Retests) 14. การปัดเศษของตัวเลข (Rounding of numbers) ภาคผนวก (Appendices) a: ข้อมูลที่ต้องระบุโดยผู้ซื้อ (information to be supplied the by purchaser) b: รูปตามยาวแผ่นเหล็กประกักราง ขนาด หน้าตัด และรายละเอียดการเจาะ (fishplate profiles, section properties and punching details) c: วิธีการแสดงการเทียบเท่ากับมาตรฐาน นี้ (means of demonstrating compliance with this standard)	
AS 1085.3-2002-R2013: เล่ม 3: แผ่นเหล็กหมอนรองราง (Part 3: SLEEPER PLATES)	1. ขอบเขต (Scope) 2. วัตถุประสงค์และบริบทในการใช้งาน (Purpose and context of use) 3. เอกสารอ้างอิง (Referenced documents) 4. นิยาม (Definitions) 5. การปัดเศษของตัวเลข (Rounding of numbers) 6. การตั้งชื่อ (Designation) 7. มิติและความคลาดเคลื่อน (Dimensions and tolerances) 8. วัสดุ (Materials) 9. รูเจาะ (Holes) 10. รูปลักษณ์ (Finish) 11. การทดสอบ (Testing)	ระบุข้อกำหนดสำหรับคลิปยึดเหนี่ยวราง (clip- fastening) และแผ่นเหล็กหมอนรองรางไหล่ คู่ (double shoulder sleeper plates) ทำ จากเหล็กรีดหรือเหล็กหล่อ รวมทั้งวัสดุ มิติ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ และการทดสอบ โมเมนต์ดัดสำหรับแผ่นเหล็กรีด

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	12. การทำเครื่องหมาย (Marking) ภาคผนวก (Appendices) a: ข้อมูลที่ต้องระบุโดยผู้ซื้อ (information to be supplied the by purchaser) b: วิธีการแสดงการเทียบกับมาตรฐานนี้ (means of demonstrating compliance with this standard) c: รูปตามยาวแผ่นเหล็กหมอนรองรางเหล็กหล่อและขนาดหน้าตัด (cast sleeper plate profiles and section properties) d: รูปตามยาวแผ่นเหล็กหมอนรองรางเหล็กรีดและขนาดหน้าตัด (rolled steel sleeper plate profiles and section properties) e: การทดสอบโมเมนต์ดัดแผ่นเหล็กหมอนรองรางเหล็กรีด (bend test for rolled steel sleeper plates)	
AS 1085.4-2002-R2013: เล่ม 4: สลักเกลียวต่อรางและ แป้นเกลียว (Part 4: FISHBOLTS AND NUTS)	1. ขอบเขต (Scope) 2. วัตถุประสงค์และบริบทในการใช้งาน (Purpose and context of use) 3. เอกสารอ้างอิง (Referenced documents) 4. สลักเกลียวต่อราง (Fishbolts) 5. แป้นเกลียว (Nuts) 6. การจัดหา (Supply) 7. การทำเครื่องหมาย (Marking) 8. การปัดเศษของตัวเลข (Rounding of numbers) ภาคผนวก (Appendices) A: วิธีการแสดงการเทียบกับมาตรฐานนี้ (means of demonstrating compliance with this standard)	ระบุข้อกำหนดสำหรับสลักเกลียวต่อรางและแป้นเกลียวสำหรับใช้กับรางเหล็กตามมาตรฐาน AS 1085.1 และแผ่นเหล็กประกบรางตามมาตรฐาน AS 1085.2

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	B: ข้อมูลที่ต้องระบุโดยผู้ซื้อ (information to be supplied the by purchaser)	
AS 1085.7-2003-R2013: เล่ม 7: แหวนสปริง (Part 7: SPRING WASHERS)	(N/A)	ระบุข้อกำหนดสำหรับแหวนสปริงเกลียวเหล็กแบบเดี่ยว คู่ และไตร สำหรับใช้กับตะปูเกลียว (screw spike) ตามมาตรฐาน AS 1085.18 และใช้กับสลักเกลียวต่อรางและแป้นเกลียว (fishbolts and nuts) ตามมาตรฐาน AS 1085.4
AS 1085.8-2002-R2013: เล่ม 8: ตะปูรางหัวสุนัข (Part 8: DOGSPIKES)	- ขอบเขต (Scope) - เอกสารอ้างอิง (Referenced documents) - องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition) - วิธีการผลิต (Method of manufacture) - การอบชุบแบบทุบที่หลัง (Post-forging heat treatment) - รูปร่างและมิติ (Shape and dimensions) - รูปลักษณะ (Finish) - ความหยาบของผิว (Surface roughness) - การทดสอบ (Tests) - การปัดเศษของตัวเลข (Rounding of numbers) ภาคผนวก (Appendices) A: แนวทางการจัดซื้อ (purchasing guidelines) B: วิธีการแสดงการเทียบเท่ากับมาตรฐานนี้ (means of demonstrating compliance with this standard) C: แนวทางการสุ่มตัวอย่าง (guidance on typical sampling)	ระบุข้อกำหนดสำหรับตะปูรางหัวสุนัข ก้านหน้าตัดจัตุรัส (steel dogspikes with square shank) ขนาด 16 มม. และ 19 มม. และ ตะปูรางหัวสุนัขก้านกลม (steel dogspikes with round shanks) ขนาด 22 มม. สำหรับใช้กับรางเหล็กตามมาตรฐาน AS 1085.1

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	D: การทดสอบการสกัดสำหรับตะปูรางหัวสุนัข (extraction test for dogspikes)	
AS 1085.10-2002-R2013: เล่ม 10: สมอกันรางเดิน (Part 10: RAIL ANCHORS)	- ขอบเขต (Scope) - เอกสารอ้างอิง (Referenced documents) - การตั้งชื่อ (Designation) - การออกแบบ (Design) - พื้นที่แบกทาน (Bearing area) - วัสดุ (Material) - การอบชุบ (Heat treatment) - ตราสินค้า (Brands) - รูปลักษณะ (Finish) - การทดสอบ (Tests) - การทดสอบซ้ำ (Retests) - ภาคผนวก (Appendices) A: แนวทางการจัดซื้อ (purchasing guidelines) B: วิธีการแสดงการเทียบเท่ากับมาตรฐานนี้ (means of demonstrating compliance with this standard)	ระบุข้อกำหนดสำหรับสมอกันรางเดินเดี่ยว (one-piece rail anchors) สำหรับใช้กับรางเหล็กยึดตามมาตรฐาน AS 1085.1
AS 1085.13-2002-R2013: เล่ม 13: ตะปูยึดรางแบบสปริงสำหรับแผ่นเหล็กหมอนรองราง (Part 13: SPRING FASTENING SPIKES FOR SLEEPER PLATES)	(N/A)	ระบุข้อกำหนดสำหรับตะปูยึดรางแบบสปริงที่ใช้ในการยึดแผ่นเหล็กหมอนรองรางกับหมอนไม้
AS 1085.14: เล่ม 14: หมอนคอนกรีตอัดแรง (Part 14: PRESTRESSED CONCRETE SLEEPERS)	- ขอบเขตและข้อกำหนดทั่วไป (Scope and general) - ข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพและการทดสอบ (Performance requirements and testing) - น้ำหนักบรรทุกสำหรับออกแบบ (Loads for design)	ระบุข้อกำหนดสำหรับการออกแบบการผลิต และการติดตั้งหมอนคอนกรีตอัดแรง รวมทั้งวิธีการทดสอบที่ระบุในภาคผนวก ทั้งนี้ อ้างอิงกับมาตรฐาน AS 1085.19 ที่ระบุข้อกำหนดสำหรับการยึดเหนี่ยวแบบยึดหย่อน

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	4. การวิเคราะห์ทางโครงสร้าง (Structural analysis) 5. วัสดุ (Material) 6. การผลิตหมอนรองราง (Manufacture of sleepers) ภาคผนวก (Appendices) A: ข้อมูลที่ต้องระบุ (information to be provided) B: ความสอดคล้องของผลิตภัณฑ์ (product conformity) C: หมอนรองรางแบบพิเศษและการยึด เหนี่ยว (special sleepers and fastenings) D: ผลกระทบแบบพลวัต (dynamic effects) E: การทดสอบน้ำหนักบรรทุกทุกทางตั้งที่ พื้นที่รองราง (rail seat vertical load test) F: การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำที่ พื้นที่รองราง (rail seat repeated load test) G: การทดสอบน้ำหนักบรรทุกทุกประลัยและ การยึดเหนี่ยว (development length and ultimate load test) H: การทดสอบโมเมนต์ดัดลบที่กึ่งกลาง หมอน (centre negative bending moment test) I: การทดสอบโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลาง หมอน (centre positive bending moment test)	

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	J: การทดสอบการถอนวัสดุฝังยึด (fastening insert pull-out test) K: การทดสอบแรงบิดวัสดุฝังยึด (fastening insert torque test) L: การทดสอบชุดทางรถไฟประกอบเสร็จ (track panel assembly test) M: การทดสอบความต้านทานไฟฟ้าลัดวงจร (electrical short test) N: แนวทางการวิเคราะห์ทางโครงสร้าง (guidance on structural analysis)	
AS 1085.17-2003-R2013: เล่ม 17: หมอนเหล็ก (Part 17: STEEL SLEEPERS)	- ขอบเขตและข้อกำหนดทั่วไป (Scope and general) - ข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพ (Performance requirements) - ชุดยึดเหนี่ยวรางประกอบเสร็จแบบยืดหยุ่น (Resilient rail fastening assemblies) - น้ำหนักบรรทุกสำหรับออกแบบและการทดสอบ (Loads for design and testing) - การวิเคราะห์ทางโครงสร้าง (Structural analysis) ภาคผนวก (Appendices) A: ข้อมูลที่ต้องระบุโดยผู้ซื้อและผู้ขาย (information to be provided by purchaser and supplier) B: วิธีการแสดงการเทียบกับมาตรฐานนี้ (means of demonstrating compliance with this standard)	ระบุข้อกำหนดสำหรับหมอนเหล็ก การเข้ากันได้ของทางรถไฟ (track compatibility) อายุการใช้งาน การยึดและรองรับราง การบำรุงรักษา รวมทั้งการกำหนดเครื่องหมายและการขนย้าย และวิธีการทดสอบ

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	C: หมอนรองรางแบบพิเศษและการยึดเหนี่ยว (special sleepers and fastenings) D: รูปร่างหมอนเหล็ก (sleeper shape) E: การทดสอบชุดทางรถไฟประกอบเสร็จ (track panel assembly test) F: การทดสอบน้ำหนักบรรทุกทุกกระทำซ้ำชุดพื้นที่รองรางประกอบเสร็จ (rail seat assembly repeated load test) G: การทดสอบความต้านแรงด้านข้าง (lateral stability test) H: ระยะเรียงหมอนเหล็ก (sleeper spacing)	
AS 1085.18-2003-R2013: เล่ม 18: ตะปูเกลียวและวัสดุฝังยึดแบบเกลียว (Part 18: SCREW SPIKES AND THREADED INSERTS)	- ขอบเขต (Scope) - บริบทและวัตถุประสงค์ในการใช้งาน (Context and purpose of use) - เอกสารอ้างอิง (Referenced documents) - คำอธิบาย (Notation) - ข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพ (Performance requirements) - ตะปูเกลียว (Screw spike) - วัสดุฝังยึดแบบเกลียว (Threaded insert) - การทำเครื่องหมาย (Marking) ภาคผนวก (Appendices) A: ข้อมูลที่ต้องระบุโดยผู้ซื้อและผู้ผลิต (information to be supplied the by purchaser and manufacturer)	ระบุข้อกำหนดสำหรับตะปูเกลียวและวัสดุฝังยึดแบบเกลียวสำหรับใช้กับแผ่นเหล็กหมอนรองราง ระบบยึดเหนี่ยว และหมอนรองราง

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	B: วิธีการแสดงการเทียบกับมาตรฐานนี้ (means of demonstrating compliance with this standard) C: การทดสอบการถอนจากไม้ (timber pull-out test) D: การทดสอบการถอนของวัสดุฝังยึดแบบเกลียว (threaded insert pull-out test) E: การทดสอบแรงบิดชุดประกอบเสร็จ (assembly torque test) F: การทดสอบน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำด้านข้าง (lateral repeated load test) G: ตะปูเกลียว (screw spikes)	
AS 1085.19-2003-R2013: เล่ม 19: ชุดยึดเหนี่ยวแบบ ยึดหยุ่นประกอบเสร็จ (Part 19: RESILIENT FASTENING ASSEMBLIES)	- ขอบเขตและข้อกำหนดทั่วไป (Scope and general) - ชุดยึดเหนี่ยวประกอบเสร็จ (Fastening assembly) - คลิปแบบยึดหยุ่น (Resilient clip) - แผ่นฉนวน (Insulators) - แผ่นรองราง (Rail pads) - แผ่นรอง (Spacers) - บ่าและหมุด (Shoulders and pins) - จานรองราง (Base plates) ภาคผนวก (Appendices) A: แนวทางในการจัดซื้อ การใช้ และการประเมิน (guidance on purchasing, usage and evaluation) B: วิธีการแสดงการเทียบกับมาตรฐานนี้ (means of demonstrating compliance with this standard) C: การทดสอบความต้านทานไฟฟ้าและชุดยึดเหนี่ยวแบบยึดหยุ่นประกอบเสร็จ	ระบุข้อกำหนดสำหรับระบบยึดเหนี่ยวแบบยึดหยุ่น รวมทั้งวิธีการทดสอบ

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	(resilient fastening assembly and electrical tests) D: การทดสอบความต้านทานแรงด้านข้างชุดยึดเหนี่ยวแบบยึดหยุ่นประกอบเสร็จ (resilient fastening assembly lateral load restraint test) E: การทดสอบความต้านทานแรงตามแนวยาวชุดยึดเหนี่ยวแบบยึดหยุ่นประกอบเสร็จ (resilient fastening assembly longitudinal restraint test) F: การทดสอบความต้านทานแรงยกขึ้นชุดยึดเหนี่ยวแบบยึดหยุ่นประกอบเสร็จ (resilient fastening assembly uplift test) G: การทดสอบความต้านทานแรงที่เกี่ยวข้องชุดยึดเหนี่ยวแบบยึดหยุ่นประกอบเสร็จ (resilient fastening assembly related load test) H: การทดสอบความต้านทานแรงกดที่ฐานรางและอัตราการรับแรงของสปริงคลิป (clip spring rate and toe load test) I: การทดสอบการต้านแรงกระทำซ้ำของคลิป (clip fatigue test) J: การทดสอบแรงกระแทกสำหรับการลดทอนของแผ่นรองรางสำหรับคอนกรีต (impact test for rail pad attenuation for concrete)	
AS 1085.20-2012: เล่ม 20: การเชื่อมรางเหล็ก (Part 20: WELDING OF STEEL RAIL)	- ขอบเขตและข้อกำหนดทั่วไป (Scope and general) - การเชื่อมแบบต่อชน (Flash butt welding)	ระบุข้อกำหนดและการทดสอบสำหรับการเชื่อมรางเหล็ก ทั้งการเชื่อมแบบต่อชน การเชื่อมอะลูมิเนียมเทอมิต การเชื่อมอาร์ก (สำหรับการเชื่อม) รวมทั้งคุณสมบัติของขั้นตอนการเชื่อม

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	3. การเชื่อมอะลูมิเนียมเทอมิต (Aluminothermit welding) 4. การเชื่อมซ่อมหัวรางแบบอะลูมิเนียมเทอมิต (Aluminothermit rail head repair welding) 5. การเชื่อมซ่อมหัวรางแบบอาร์ก (Arc rail head repair welding) ภาคผนวก (Appendices) A: ความเห็นต่อมาตรฐาน (commentary on the standard) B: ข้อมูลที่ต้องระบุสำหรับการเชื่อมรางเหล็ก (information to be supplied when specifying welding for steel rail) C: ความสอดคล้องของผลิตภัณฑ์ (product conformity) D: คุณสมบัติของบุคลากร (qualification of personnel) E: การตรวจสอบด้วยตาและจัดแนว (visual inspection and alignment) F: การทดสอบแบบไม่ทำลาย (non-destructive testing) G: การทดสอบความแข็ง (hardness tests) H: การทดสอบระดับมหภาค (macroscopic tests) I: การทดสอบระดับจุลภาค (microscopic test) J: การวิเคราะห์ทางเคมี (chemical analysis)	

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	K: การทดสอบโมเมนต์ดัดอย่างช้าๆ (slow bend test) L: การทดสอบความต้านแรงกระทำซ้ำ (fatigue tests) M: คุณสมบัติของขั้นตอนการเชื่อมแบบต่อชน (qualification of a flash butt welding procedure) N: คุณสมบัติของขั้นตอนการเชื่อมอะลูมิเนียมเทอร์มิต (qualification of an aluminothermit welding procedure) O: คุณสมบัติของขั้นตอนการเชื่อมอาร์ก (qualification of an arc welding procedure)	
AS 1085.21-2014: เล่ม 21: ชุมทาง ประแจและทางตัด (Part 21: TURNOUTS, SWITCHES AND CROSSINGS)	- ขอบเขตและข้อกำหนดทั่วไป (Scope and general) - คำศัพท์และภาพวาด (Terminology and drawings) - การออกแบบชุมทาง (Turnout design) - การผลิต (Manufacture) - การเชื่อมต่อ (Interfaces) - การยอมรับผลิตภัณฑ์ (Product acceptance) ภาคผนวก a ข้อมูลที่ต้องระบุโดยผู้ซื้อ (Appendix a information to be supplied by the purchaser)	ระบุข้อกำหนดสำหรับการออกแบบและการผลิตของชุมทาง ประแจและทางตัด และส่วนประกอบ
AS 2758.7-1996: มวลรวมและหินสำหรับเป็นหินโรยทาง (Aggregates and Rock for Engineering Purposes Railway Ballast)	- ขอบเขต (Scope) - การใช้งาน (Application) - เอกสารอ้างอิง (Referenced documents) - นิยาม (Definitions)	ระบุข้อกำหนดสำหรับการจัดหามวลรวมสำหรับใช้เป็นหินโรยทาง ทั้งนี้ข้อกำหนดเกี่ยวกับความทนทานและคุณสมบัติอื่น ๆ อ้างอิงถึงวิธีการทดสอบในมาตรฐาน AS 1141

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
	5. การจำแนกทางรถไฟ (Track classification) 6. การชักตัวอย่าง (Sampling) 7. การทดสอบ (Testing) 8. ข้อกำหนดทั่วไป (General requirements) 9. ข้อกำหนดด้านมิติ (Dimensional requirements) 10. ความทนทาน (Durability) ภาคผนวก (Appendices) A: แนวทางการชักตัวอย่าง (guidance on typical sampling) B: คำศัพท์และการจำแนก (terminology and classification)	
AS/RISSB 7630-2010: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – การจำแนกทางรถไฟ (Railway Infrastructure - Track Classification)	(N/A)	มาตรฐานนี้เป็นมาตรฐานหลักของทุกมาตรฐาน มาตรฐานนี้ใช้กับรถไฟในประเทศออสเตรเลียทุกประเภทที่มีขนาดทางมากกว่า 600 มิลลิเมตร คือ รถไฟขนส่งสินค้า รถไฟขนส่งมวลชน ยกเว้นรถไฟรางเบา
AS/RISSB 7633-2012: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – ระยะปลอดภัยทางรถไฟ (Railway Infrastructure - Track Clearances)	(N/A)	- มาตรฐานนี้ระบุข้อกำหนดของระยะปลอดภัยสำหรับทางรถไฟแบบต่าง ๆ ในประเทศออสเตรเลียซึ่งนิยามในมาตรฐาน AS 7630 – การจำแนกทางรถไฟ - มาตรฐานนี้ระบุข้อกำหนดในการออกแบบ การก่อสร้าง การทดลองใช้งาน การตรวจสอบ การตรวจติดตาม การบำรุงรักษา การปรับเปลี่ยนและการรื้อถอน สำหรับระยะปลอดภัยต่าง ๆ
AS/RISSB 7643-2012: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – ความเสถียรของทางรถไฟ (Railway Infrastructure - Track Stability)	(N/A)	มาตรฐานนี้ระบุข้อกำหนดสำหรับการจัดการความเสี่ยงของทางรถไฟสำหรับการเดินรถไฟในประเทศออสเตรเลีย ความเสถียรของทางรถไฟหมายถึงความสามารถในการต้านทานต่อแรงต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น รวมทั้งสภาพแวดล้อมในการใช้งาน

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
		มาตรฐานได้พิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อความเสถียรของทางรถไฟสำหรับการออกแบบและการบำรุงรักษารอยต่อและรางเชื่อมต่อยาวและต่อเนื่อง (Long and Continuously Welded Rail)
AS/RISSB 7658-2012: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – ทางตัดข้ามทางรถไฟ (Railway Infrastructure - Railway Level Crossing)	(N/A)	มาตรฐานนี้ระบุข้อบังคับและข้อแนะนำในการควบคุมความเสี่ยงของทางตัดข้ามทางรถไฟ
AS/RISSB 7635-2013: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – เรขาคณิตของทางรถไฟ – โครงสร้างพื้นฐาน (Railway Infrastructure - Track Geometry - Infrastructure)	(N/A)	มาตรฐานนี้ครอบคลุมประเด็นของโครงสร้างพื้นฐานต่อไปนี้: มาตรฐานเรขาคณิตของทางรถไฟในการออกแบบ การก่อสร้าง การทดลองใช้งาน การตรวจติดตาม การบำรุงรักษา และการปรับเปลี่ยน
AS/RISSB 7636-2013: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – เรขาคณิตของทางรถไฟ – โครงสร้างทางรถไฟ – โครงสร้างพื้นฐาน (Railway Infrastructure - Track Geometry - Railway Structures - Infrastructure)	(N/A)	มาตรฐานนี้ระบุข้อบังคับและข้อแนะนำสำหรับศัพท์เฉพาะ (nomenclature) การออกแบบ การผลิต การก่อสร้าง การทดลองใช้งาน การตรวจสอบ การตรวจติดตาม การบำรุงรักษา และการรื้อถอนโครงสร้างทางรถไฟในประเทศออสเตรเลีย สำหรับโครงสร้างทั้งหมดภายในทางเดิน ทั้งที่อยู่ใกล้เคียง อยู่บนและอยู่ล่างทางรถไฟ
AS/RISSB 7638-2013: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – งานดิน - โครงสร้างพื้นฐาน (Railway Infrastructure - Railway Earthworks - Infrastructure)	(N/A)	มาตรฐานนี้ระบุข้อกำหนดสำหรับการออกแบบ การก่อสร้างและบำรุงรักษางานดินสำหรับทางรถไฟ ทั้งงานขุดและเจาะ การถมคันทาง และการปรับปรุงดิน
AS/RISSB 7639-2013: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – โครงสร้างทางรถไฟ – โครงสร้าง พื้นฐาน (Railway Infrastructure - Track	(N/A)	มาตรฐานนี้ระบุข้อกำหนดเพื่อให้มั่นใจได้ว่าระบบโครงสร้างทางรถไฟ (track structure and support systems) มีความปลอดภัยและใช้งานได้ตามที่ต้องการ โดยระบุข้อกำหนดในการ

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายละเอียดองค์ประกอบของกฎหมายและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟ

เอกสารและหัวข้อ	องค์ประกอบ	สรุปเนื้อหาสำคัญ
Structure and Support - Infrastructure)		ออกแบบและใช้งาน รูปทรง การตรวจสอบ การตรวจติดตามและบำรุงรักษา
AS/RISSB 7642-2013: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – ชุมทางและงานทางรถไฟพิเศษ – โครงสร้างพื้นฐาน (Railway Infrastructure - Turnouts and Other Special Trackworks - Infrastructure)	(N/A)	มาตรฐานนี้ระบุข้อบังคับและข้อแนะนำสำหรับการจัดการทั่วไป การออกแบบ การจัดหา การติดตั้ง การบำรุงรักษา การกำจัด และการรื้อถอนชุมทางและงานทางรถไฟพิเศษ
AS/RISSB 7637-2014: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – อุทกวิทยาและชลศาสตร์ (Railway Infrastructure - Hydrology and Hydraulics)	(N/A)	- มาตรฐานนี้ระบุข้อกำหนดเกี่ยวกับอุทกวิทยาและชลศาสตร์ ในเรื่องการใช้งาน สมรรถนะ ข้อจำกัดและความเสี่ยงในการออกแบบ สำหรับการออกแบบและประเมินโครงสร้างทางรถไฟ (railway infrastructure) ในด้านการระบายน้ำ พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม มาตรฐานระบุภาพรวมของการออกแบบ การก่อสร้าง การทดลองใช้งาน การบำรุงรักษา การตรวจติดตามและการรื้อถอนการระบายน้ำทางรถไฟและการตัดทางน้ำไหล - มาตรฐานนี้เน้นการออกแบบทางชลศาสตร์ของระบบระบายน้ำผิวดินและใต้ดิน เช่น การตัดแม่น้ำและทางน้ำหลาก การออกแบบท่อระบายน้ำ เป็นต้น
AS/RISSB 7634-2017: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – การสำรวจ (Railway Infrastructure - Survey)	(N/A)	- มาตรฐานนี้ - ระบุข้อกำหนดเกี่ยวกับการออกแบบ การก่อสร้าง การวัด การบำรุงรักษา และการตรวจติดตามระบบการสำรวจทางรถไฟ - ใช้แนวทางมาตรฐานในการสำรวจทางวิศวกรรมทางรถไฟ - กำหนดข้อบังคับและแนวทางเพื่อให้ระบบการสำรวจทางรถไฟสอดคล้องกับการทำงานที่ปลอดภัยของเครือข่ายทางรถไฟ และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

4.6 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศไทย

ปัจจุบันการให้บริการขนส่งมวลชนด้วยระบบรางมีหน่วยงานผู้รับผิดชอบในรูปรัฐวิสาหกิจตามกฎหมายอยู่สองหน่วยงาน คือ การรถไฟแห่งประเทศไทย และการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย การรถไฟแห่งประเทศไทย (ชื่อย่อ: ร.ฟ.ท.; อังกฤษ: State Railway of Thailand; SRT) เป็นรัฐวิสาหกิจสังกัดกระทรวงคมนาคม ทำหน้าที่ดูแลกิจการด้านรถไฟของประเทศไทย ซึ่งอำนวยความสะดวกทั้งการให้บริการประชาชน รวมไปถึงการขนส่งสินค้า ทั้งในกรุงเทพฯ รวมไปถึงแนวแถบชานเมือง และ/หรือ ให้บริการไปตามจังหวัดต่าง ๆ โดยในปัจจุบันการรถไฟฯ มีระยะทางที่เปิดให้บริการการเดินรถแล้วรวมทั้งสิ้น 4,346 กิโลเมตร และการรถไฟแห่งประเทศไทยยังเป็นผู้ดูแลโครงสร้างพื้นฐานสำหรับรถไฟไฟฟ้าเชื่อมต่อท่าอากาศยานโดยว่าจ้างบริษัท รถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด เป็นผู้บริหารจัดการเดินรถและซ่อมบำรุง

สำหรับการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย หรือ รฟม. (ภาษาอังกฤษ Mass Rapid Transit Authority of Thailand ย่อว่า MRTA) เป็นรัฐวิสาหกิจสังกัดกระทรวงคมนาคม มีภาระหน้าที่ในการจัดให้มีและให้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในกรุงเทพฯ และปริมณฑล รวมถึงจังหวัดใกล้เคียง ปัจจุบัน รฟม. ดำเนินการด้านการควบคุมบริหารงานก่อสร้างบริหารสัญญา สัมปทานการเดินรถ ว่าจ้างภาคเอกชนในการเดินรถ และซ่อมบำรุงสำหรับรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยมีกระทรวงคมนาคมเป็นหน่วยงานหลักที่มีอำนาจในการกำกับดูแล กำหนดนโยบายตลอดจนอนุมัติงบประมาณในการดำเนินโครงการต่าง ๆ โดยมีสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร เป็นผู้ออกแบบวางแผนเส้นทางสำหรับเส้นทางรถไฟระหว่างเมือง และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล

4.6.1 ทบทวนกฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

กฎหมายของการรถไฟแห่งประเทศไทยตั้งแต่เริ่มก่อตั้งกิจการรถไฟไทยแห่งประเทศไทย พุทธศักราช(พ.ศ.) 2433 จนถึงปัจจุบัน มีพระราชบัญญัติเพื่อควบคุมและดูแลกิจการรถไฟไทยทั้งสิ้น 2 ฉบับ ประกอบด้วยพระราชบัญญัติจัดการรถไฟและทางหลวง พ.ศ. 2464 พระราชบัญญัติการรถไฟแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2494 ซึ่งมีเนื้อหาของกฎหมายและข้อบังคับครอบคลุมใน 6 ด้านสำคัญ ประกอบไปด้วย

- การบริหารจัดการองค์กร
- การจัดซื้อที่ดิน
- การก่อสร้างและบำรุงทาง
- การบรรทุกสิ่งของ
- ความปลอดภัยแก่ประชาชน
- การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่พนักงานการรถไฟ

สรุปสาระสำคัญของพระราชบัญญัติการรถไฟแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2494

การรถไฟแห่งประเทศไทย (ชื่อย่อ: รฟท.; อังกฤษ: State Railway of Thailand ; SRT) เป็นรัฐวิสาหกิจในกระทรวงคมนาคม ทำหน้าที่ดูแลกิจการด้านรถไฟของประเทศไทย มีทางรถไฟอยู่ภายใต้ขอบเขตดำเนินการทั้งหมด 4,070 กิโลเมตร

เนื่องจากทางรถไฟในประเทศไทยประสบภัยพิบัติจากช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง ทำให้มีการแปรรูปกรมรถไฟเป็นรัฐวิสาหกิจในปี 2494 สมัยรัฐบาลจอมพล ป. พิบูลสงคราม และมีการตราพระราชบัญญัติการรถไฟแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2494 ขึ้น ซึ่งพระราชบัญญัติการรถไฟแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2494 โดยแบ่งออกเป็น 5 หมวด ดังนี้

หมวด 1 การจัดตั้ง ทุน และเงินสำรอง

ว่าด้วยเรื่อง วัตถุประสงค์ อำนาจที่จะกระทำการต่าง ๆ ภายในขอบวัตถุประสงค์ ทรัพย์สิน หนี้สิน บรรดาคดี การสอบสวน หนี้ความ สิทธิและหน้าที่ การเสียภาษี เงินสำรอง เงินฝาก และได้แก้ไขค่าบางค่าในพระราชบัญญัติจัดวางการรถไฟและทางหลวง พ.ศ. 2464 ดังนี้

คำว่า “กรมรถไฟแผ่นดิน” และคำว่า “กรมรถไฟ” ให้ใช้เป็น “การรถไฟแห่งประเทศไทย”

คำว่า “ผู้บัญชาการรถไฟแผ่นดิน” และคำว่า “อธิบดีกรมรถไฟ” ให้ใช้เป็น “ผู้ว่าการรถไฟแห่งประเทศไทย”

ทั้งนี้ พระราชบัญญัติจัดวางการรถไฟและทางหลวง พ.ศ. 2464 และบรรดากฎหมายข้อบังคับที่ได้ออกตามพระราชบัญญัตินั้น หากข้อใดไม่ได้ขัดแย้งกับพระราชบัญญัติการรถไฟแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2494 ให้ยึดตามข้อบังคับพระราชบัญญัติจัดวางการรถไฟและทางหลวง พ.ศ. 2464 ต่อไป

ทั้งนี้ผู้ว่าการหรือผู้แทน มีอำนาจสั่งให้บุคคลผู้ซึ่งปลูกสิ่งใดโดยไม่มีเหตุอันชอบด้วยกฎหมายในระยะ 40 เมตร จากขอบทางด้านริมสุดของแต่ละด้านรางรถไฟ โดยไม่เกินเขตที่ดินของการรถไฟแห่งประเทศไทย ให้รื้อถอนหรือทำลายสิ่งปลูกสร้างนั้นได้ตามสมควรโดยผู้ซึ่งไม่มีสิทธิเรียกร้องค่าเสียหาย

หมวด 2 การกำกับ การควบคุม และการบริหาร

ว่าด้วยเรื่อง ลำดับชั้นในการทำงาน ฝ่ายบริหาร การแต่งตั้ง ถอดถอน วาระการดำรงหน้าที่ อำนาจหน้าที่ต่าง ๆ ของเจ้าหน้าที่ของการรถไฟแห่งประเทศไทย ซึ่งเรียงเป็นลำดับชั้นอำนาจการบริหารดังแสดงในรูปที่ 4-6



รูปที่ 4-6 ลำดับชั้นการบริหารของการรถไฟแห่งประเทศไทย

หมวด 3 ความสัมพันธ์กับรัฐบาล

ว่าด้วยเรื่อง กิจการของการรถไฟแห่งประเทศไทยจะต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรีก่อน รวมถึงการเสนอข้อบังคับ การบรรจุ แต่งตั้ง ถอดถอนพนักงาน และการลงโทษ การจัดทำงบประมาณ การทำรายงานปีละครั้งเพื่อนำเสนอรัฐมนตรี

หมวด 4 การร้องทุกข์และการสงเคราะห์

ว่าด้วยเรื่อง พนักงานของการรถไฟแห่งประเทศไทยมีสิทธิร้องทุกข์เกี่ยวกับการลงโทษได้ตามข้อบังคับที่กำหนด อีกทั้งยังจัดให้มีการจัดกองทุนสำหรับจ่ายสงเคราะห์ผู้ปฏิบัติงานในกรณีพ้นจากตำแหน่ง ประสบอุบัติเหตุ เจ็บป่วย หรือกรณีอื่นอันควรแก่การสงเคราะห์

หมวด 5 การบัญชี การสอบ และการตรวจ

ว่าด้วยเรื่อง การจัดทำบัญชี การตรวจสอบบัญชีของการรถไฟแห่งประเทศไทย โดยที่ผู้ตรวจสอบต้องไม่ใช่ประธานกรรมการ กรรมการ ผู้ว่าการ ผู้อื่นซึ่งเป็นผู้แทนของผู้ว่าการของการรถไฟแห่งประเทศไทย พนักงานของการรถไฟแห่งประเทศไทย หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการงานที่การรถไฟแห่งประเทศไทยจัดทำ และผู้สอบบัญชีต้องทำรายงานชี้แจงบัญชีที่ได้รับหรือให้คณะกรรมการตรวจเงินแผ่นดินเป็นผู้ตรวจบัญชีของการรถไฟแห่งประเทศไทยในเมื่อรัฐมนตรีร้องขอ ภายใน 150 วันหลังจากวันสิ้นปีบัญชี การรถไฟแห่งประเทศไทยจะต้องโฆษณารายงานประจำปี แสดงบัญชีงบดุล บัญชีทำการ และบัญชีกำไรขาดทุน พร้อมกับรายงานของผู้สอบบัญชี

ทั้งนี้ในส่วนของประเทศไทย ได้มีข้อมูลการจัดแบ่งประเภทของชั้นทางระบุในคู่มือการปฏิบัติการบำรุงทางตามวาระ(หมวดที่ 1 ทางถาวร หัวข้อ 102) การแบ่งชั้นทางประธาน) โดยมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

การแบ่งชั้นของทางประธาน

เนื่องจากความหนาแน่นของขบวนรถ ความเร็วของขบวนรถ และโครงสร้างทางถาวรของทางแต่ละตอนแตกต่างกัน ฉะนั้น โอกาสที่ทางจะถูกทำลายให้เสื่อมลงย่อมไม่เท่ากัน ซึ่งยังผลให้ปริมาณงานบำรุงรักษาทางที่ต้องการในแต่ละตอนแตกต่างกันไปด้วย โดยเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นต้องแบ่งทางออกเป็นชั้น ๆ ตามความต้องการในการบำรุงรักษา โดยถือเอาน้ำหนักผ่านทางเป็นเกณฑ์พิจารณา

การคำนวณหาน้ำหนักผ่านทาง แต่เดิมยังไม่สามารถหาข้อมูลที่ถูกต้องแน่นอนได้ ต้องอาศัยข้อมูลจากฝ่ายการเดินรถ ซึ่งประมาณเอาจากขบวนที่เดินอยู่เป็นประจำคำนวณเป็นน้ำหนักผ่านทางโดยสังเขป ฝ่ายการช่างโยธา จึงได้กำหนดให้ทำการติดตั้งเครื่องนับเพลตามเส้นทางสายต่าง ๆ รวม 14 จุด แล้วคำนวณหาน้ำหนักเพลเฉลี่ยของทางแต่ละช่วง เมื่อนำมาคูณจำนวนเพลที่ผ่านทางแต่ละวัน จะได้น้ำหนักผ่านทาง

ในการกำหนดชั้นของทางตามน้ำหนักผ่านทางให้ถือหลักเกณฑ์โดยอนุโลมตามมาตรฐาน UIC กลางคือ คิดน้ำหนักผ่านทางต่อวัน แยกเป็นรถโดยสาร รถสินค้า (เพิ่มอีก 15 % กรณีน้ำหนักเพล 20 ตัน ให้เพิ่มอีก 30 %) รถจักรและรถดีเซลราง (น้ำหนักเพล 17 ตันขึ้นไป ให้เพิ่มอีก 40 %) สำหรับทางช่วงที่มีรถโดยสารให้เพิ่มอีก 10 % โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$Tf_2 = STf_1$$

$$Tf_1 = Tv + Km Tm + Kt Tt$$

โดย Tf_2 = น้ำหนักผ่านทางต่อวันสมมติ

Tf_1 = น้ำหนักผ่านทางต่อวัน

S = 1.0 สำหรับทางที่มีเฉพาะรถสินค้าและรถรวม

= 1.0 สำหรับทางที่มีรถโดยสาร

Tv = น้ำหนักผ่านทางต่อวันของรถโดยสาร

Tm = น้ำหนักผ่านทางต่อวันของรถสินค้า

Tt = น้ำหนักผ่านทางต่อวันของรถจักรและรถดีเซลรางที่มีน้ำหนักเพลตั้งแต่ 17 ตันขึ้นไป

Km = 1.5

= 1.3 (ถ้าน้ำหนักเพล = 20 ตัน)

Kt = 1.4

จากน้ำหนักผ่านทางต่อวันสมมติที่คำนวณได้ UIC ได้แบ่งชั้นของทางออกเป็น 9 ประเภท สำหรับการรถไฟฯสามารถกำหนดชั้นของทางประธานให้สอดคล้องกับมาตรฐาน UIC ดังนี้

ทางชั้น	1	ก	เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่ 4	(น้ำหนักผ่านทาง	28001-50000	ตันต่อวัน)
ทางชั้น	1	ข	เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่ 5	(น้ำหนักผ่านทาง	14001-28000	ตันต่อวัน)
ทางชั้น	2	ก	เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่ 6	(น้ำหนักผ่านทาง	7001-14000	ตันต่อวัน)
ทางชั้น	2	ข	เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่ 7	(น้ำหนักผ่านทาง	3501-7000	ตันต่อวัน)
ทางชั้น	3		เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่ 8	(น้ำหนักผ่านทาง	1501-3500	ตันต่อวัน)
ทางชั้น	4		เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่ 9	(น้ำหนักผ่านทางน้อยกว่า	1500	ตันต่อวัน)

จากหลักเกณฑ์ข้างต้น ประกอบกับเหตุผลด้านอื่นอีกบางประการ จึงกำหนดการแบ่งทางประธานทุกสายออกเป็นชั้นต่าง ๆ ดังนี้

ทางชั้น 1		
ทางชั้น 1 ก.	ได้แก่ทางตอน	กรุงเทพ-พิษณุโลก ชุมทางบ้านซี-ชุมทางแก่งคอย-ชุมทางถนนจิระ จิตรลดา-มักกะสัน-แม่น้ำ ชุมทางบางซื่อ-ชุมทางหาดใหญ่
ทางชั้นที่ 1 ข.	ได้แก่ทางตอน	พิษณุโลก-คิลาอาสน์ ชุมทางถนนจิระ-สุรินทร์ ชุมทางบัวใหญ่-อุดรธานี
ทางชั้น 2	ได้แก่ทางตอน	
ทางชั้น 2 ก.	ได้แก่ทางตอน	คิลาอาสน์-เชียงใหม่ สุรินทร์-อุบลราชธานี ยมราช-ชุมทางฉะเชิงเทรา ธนบุรี-ชุดทางดลิ่งชัน ชุมทางหาดใหญ่-สุโขทัย
ทางชั้นที่ 2 ข.	ได้แก่ทางตอน	ชุมทางแก่งคอย-ลำน้ำราญ-ชุดทางบัวใหญ่ ชุดทางถนนจิระ-ชุดทางบัวใหญ่ อุดรธานี-หนองคาย ชุมทางฉะเชิงเทรา-สัณฑ์ ชุมทางฉะเชิงเทรา-กบินทร์บุรี ชุมทางทุ่งสง-กันดั้ง ชุมทางเขาชุมทอง-นครศรีธรรมราช ชุมทางหาดใหญ่-ปาดังเบซาร์ วงเวียนใหญ่-มหาชัย

ทางชั้น 3	ได้แก่ทางตอน	ชุมทางบ้านดารา-สุวรรณโลก กบินทร์บุรี-อรัญประเทศ ศรีราชา-แหลมฉบัง ชุมทางหนองปลาดุก-น้ำตก
ทางชั้น 4	ได้แก่ทางตอน	ชุมทางหนองปลาดุก-สุพรรณบุรี ชุมทางบ้านทุ่งโพธิ์-ศรีรัฐนิคม บ้านแหลม-แม่กลอง และทางแยกเขาหิน,ทางแยกอื่น ๆ

การกำหนดชั้นของทางประธานดังกล่าวมานี้ อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคตถ้าหากว่าน้ำหนักรถไฟเพิ่มขึ้นหรือลดลงถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้

นอกจากนี้จะต้องกำหนดโครงสร้างทางถาวร (Track Structure) ให้สัมพันธ์กับสำคัญของทางแต่ละชั้นไว้ด้วย กับกำหนดวาระซ่อมบำรุงที่แน่นอนขึ้นสำหรับทางชั้นต่าง ๆ เพื่อเป็นหลักเกณฑ์การปฏิบัติต่อไป เช่น ทำงานซ่อมทางในแต่ละตอนๆรอบ 3-4 ปี เป็นต้น

4.6.2 ทบทวนกฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย (รฟม.)

ในการปฏิบัติงานของการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย (รฟม.) ได้มีกฎหมายและข้อบังคับที่ออกมาเพื่อควบคุม ดูแลและเพิ่มอำนาจ เพื่อผลประโยชน์ของชาติ ประชาชน และการให้บริการให้เป็นธรรม โดยมีกฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 แสดงแผนภาพกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการรถไฟฟาส่งมวลชนแห่งประเทศไทย ประกอบไปด้วย

พระราชบัญญัติ จำนวน 3 ฉบับ

พระราชบัญญัติว่าด้วยการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ พ.ศ. 2530

พระราชบัญญัติฉบับนี้ว่าด้วยกฎหมายการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ที่ใช้บังคับเพื่อให้การเวนคืนอสังหาริมทรัพย์เป็นไปได้อย่างรวดเร็วและเป็นธรรม มี 4 หมวด 36 มาตรา

พระราชบัญญัติว่าด้วยการจัดหาอสังหาริมทรัพย์เพื่อกิจการขนส่งมวลชน พ.ศ.2540

พระราชบัญญัติฉบับนี้ว่าด้วยกฎหมายการเข้าไปใช้ประโยชน์ในที่ดินของเอกชนเฉพาะส่วนที่เป็นแดนกรรมสิทธิ์แต่ไม่ใช้การเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ มี 7 หมวด 41 มาตรา

พระราชบัญญัติการรถไฟฟาส่งมวลชนแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2543

พระราชบัญญัติฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงอำนาจหน้าที่ขององค์การรถไฟฟ้ามหานคร เป็นระบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมถึงการให้บริการขนส่งมวลชนด้วยระบบรถไฟฟ้า และการดูแลรักษาความปลอดภัยสาธารณะ มี 8 หมวด 1 บทเฉพาะกาล 93 มาตรา

พระราชกฤษฎีกา จำนวน 12 ฉบับ

พระราชกฤษฎีกาที่เกี่ยวข้องกับการรถไฟฟาส่งมวลชนแห่งประเทศไทยมีทั้งหมด 12 ฉบับ ทั้งหมดกล่าวถึงการกำหนดเขตพื้นที่ และการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ รวมถึงการมอบอำนาจในการเป็นเจ้าหน้าที่การเวนคืน โดยมีอายุการบังคับใช้เพียง 4 ปี นับตั้งแต่วันประกาศในพระราชกิจจานุเบกษาในฉบับนั้น ๆ ซึ่งปัจจุบันพระราชกฤษฎีกาออกครอบคลุมพื้นที่โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า 3 สาย คือ

- สายสีม่วง

พระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดิน ในบริเวณที่จะเวนคืน ในท้องที่อำเภอบางบัวทอง อำเภอบางใหญ่ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี และเขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2548

พระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดิน ในบริเวณที่จะดำเนินการเพื่อกิจการขนส่งมวลชน ในท้องที่อำเภอบางบัวทอง อำเภอบางใหญ่ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี และเขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2548

พระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดิน ในบริเวณที่จะเวนคืน ในท้องที่อำเภอบางบัวทอง อำเภอบางใหญ่ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี และเขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2552

พระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดิน ในบริเวณที่จะดำเนินการเพื่อกิจการขนส่งมวลชน ในท้องที่อำเภอบางบัวทอง อำเภอบางใหญ่ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี และเขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2552

- สายสีเขียว

พระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดิน ในบริเวณที่จะเวนคืน ในท้องที่เขตบางนา กรุงเทพมหานคร และอำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ พ.ศ. 2553

พระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดิน ในบริเวณที่จะเวนคืน ในท้องที่เขตจตุจักร เขตบางเขน เขตหลักสี่ เขตสายไหม เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร และอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี พ.ศ. 2557

- สายน้ำเงิน

พระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดิน ในบริเวณที่จะเวนคืน ในท้องที่เขตปทุมวัน เขตบางรัก เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ เขตพระนคร เขตธนบุรี เขตบางกอกใหญ่ เขตภาษีเจริญ เขตจอมทอง และเขตบางแค กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2550

พระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดิน ในบริเวณที่จะดำเนินการเพื่อกิจการขนส่งมวลชน ในท้องที่เขตบางซื่อ เขตบางพลัด เขตบางกอกน้อย เขตบางกอกใหญ่ และเขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2550

พระราชกฤษฎีกา กำหนดเขตที่ดินในบริเวณที่จะดำเนินการเพื่อกิจการขนส่งมวลชน ในท้องที่เขตปทุมวัน เขตบางรัก เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ เขตพระนคร เขตธนบุรี เขตบางกอกใหญ่ เขตภาษีเจริญ เขตจอมทอง และเขตบางแค กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2550

พระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดิน ในบริเวณที่จะเวนคืน ในท้องที่เขตปทุมวัน เขตบางรัก เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ เขตพระนคร เขตธนบุรี เขตบางกอกใหญ่ เขตภาษีเจริญ เขตจอมทอง และเขตบางแค กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2554

พระราชกฤษฎีกากำหนดเขตที่ดิน ในบริเวณที่จะดำเนินการเพื่อกิจการขนส่งมวลชน ในท้องที่เขตบางซื่อ เขตบางพลัด เขตบางกอกน้อย เขตบางกอกใหญ่ และเขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2554

พระราชกฤษฎีกา กำหนดเขตที่ดินในบริเวณที่จะดำเนินการเพื่อกิจการขนส่งมวลชน ในท้องที่เขตปทุมวัน เขตบางรัก เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ เขตพระนคร เขตธนบุรี เขตบางกอกใหญ่ เขตภาษีเจริญ เขตจอมทอง และเขตบางแค กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2554

กฎกระทรวง จำนวน 2 ฉบับ

- กฎกระทรวง ออกตามความในพระราชบัญญัติ ว่าด้วยการจัดหาสิ่งสาธารณะเพื่อกิจการขนส่ง พ.ศ. 2540 กฎกระทรวงฉบับนี้ ออกตามความในพระราชบัญญัติ ว่าด้วยการจัดหาสิ่งสาธารณะเพื่อกิจการขนส่ง เพื่อเข้าไปใช้ประโยชน์ที่ดินของเอกชนเฉพาะส่วนที่เป็นแผนกรรมสิทธิ์
- กฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์ว่าด้วยความปลอดภัยในชีวิต ร่างกาย ทรัพย์สินการรักษาความสงบ ความสะอาดในเขตรบบรถไฟ พ.ศ. 2547 กฎกระทรวงฉบับนี้ เพื่อความปลอดภัยในชีวิต ร่างกายของทรัพย์สินของผู้โดยสาร การรักษาความสงบความสะอาดในเขตรบบรถไฟ

ข้อบังคับจำนวน 2 ฉบับ

- ข้อบังคับการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย ว่าด้วยอัตราค่าบริการจ่อรถยนต์และวิธีการจัดเก็บค่าจ่อรถ พ.ศ. 2547 ข้อบังคับการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทยฉบับนี้กล่าวถึง กำหนดค่าบริการของการจ่อรถยนต์และวิธีการจัดเก็บค่าจ่อรถยนต์ที่เป็นมาตรฐานและเป็นธรรม
- ข้อบังคับการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย ว่าด้วยการกำหนดอัตราค่าโดยสารรถไฟฟ้ามหานคร วิธีการจัดเก็บค่าโดยสารรถไฟฟ้ามหานครและการกำหนดประเภทบุคคลที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องชำระค่าโดยสารรถไฟฟ้ามหานครสำหรับโครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล พ.ศ. 2547 ข้อบังคับการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทยฉบับนี้กล่าวถึงการกำหนดอัตราค่าโดยสารรถไฟฟ้ามหานคร วิธีการจัดเก็บค่าโดยสารรถไฟฟ้ามหานคร ในแต่ละสถานี ให้เป็นมาตรฐานและเป็นธรรม

ระเบียบ จำนวน 2 ฉบับ

- ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยหลักเกณฑ์และวิธีการนำเงินค่าทดแทนไปวางต่อศาล หรือสำนักงานทรัพย์สินฯ พ.ศ. 2532 ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี กว่าถึงการหลักเกณฑ์และวิธีการรับเงินของการวางเงินค่าทดแทนไปวางต่อศาล หรือสำนักงานทรัพย์สินฯ เพื่อการทำงานของเจ้าหน้าที่และเจ้าของสิทธิ
- ระเบียบการรถไฟฟ้าวัดด้วยเครื่องหมายแสดงแนวเขตปลอดภัยระบบรถไฟฟ้าและเครื่องหมายแสดงแนวเขตระบบรถไฟฟ้า พ.ศ.2550 (ตามพระราชบัญญัติการรถไฟฟ้า พ.ศ. 2543) ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี กว่าถึงการให้กำหนดเครื่องหมายแสดงแนวเขตปลอดภัยระบบรถไฟฟ้า และให้กำหนดเครื่องหมายแสดงแนวเขตระบบรถไฟฟ้า

4.7 การทบทวนข้อกำหนดการออกแบบเส้นทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

มาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทหลัก ๆ โดยลำดับจากความเข้มงวดในการบังคับใช้ กล่าวคือ มาตรฐานที่ต้องปฏิบัติตาม (Mandatory) ซึ่งจะถูกบังคับใช้โดยกฎหมาย (Laws and regulations) โดยส่วนใหญ่มาตรฐานประเภทนี้จะมีเนื้อหาเน้นเกี่ยวกับความปลอดภัย การป้องกันอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินประชาชน และอีกประเภทคือมาตรฐานที่เลือกปฏิบัติตามความสมัครใจ (Voluntary) โครงสร้างมาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนแบ่งออกเป็นสี่ระดับ โดยแบ่งได้เป็น National standards, Professional Standards, Local Standards, และ Enterprise Standards ดังรูปที่ 5-xx มาตรฐานทั้งสี่จะมีระดับขั้นในการนำไปใช้ กล่าวคือ มาตรฐาน Professional standards จะถูกใช้งานแทนที่ National Standards หรือ Enterprise Standards จะถูกใช้งานแทนที่ Local standards เป็นต้น โดยการประยุกต์ใช้กับงานประเภทหนึ่งๆนั้นจะเลือกใช้มาตรฐานเพียงมาตรฐานเดียวเพื่อป้องกันการสับสน ดังนั้น Professional Standards ในสาธารณรัฐประชาชนจีนจึงเทียบได้กับข้อกำหนด (Regulation) ของประเทศอื่น ๆ ที่สามารถบังคับใช้ได้ตามกฎหมายและต้องยึดถือปฏิบัติ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษารวบรวมมาตรฐานประเภท Railway Professional Standards มีตัวอย่างคือ TB ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ โดยมาตรฐานเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐานการก่อสร้างระบบรางของจีนฉบับภาษาอังกฤษ ซึ่งจะอธิบายถึงหลักเกณฑ์และวิธีการที่เกี่ยวข้องแปลเป็นภาษาอังกฤษโดยสถาบันวิจัยเศรษฐกิจและการวางแผน (MOR) และเผยแพร่โดย China Railway Publishing House ซึ่งลิขสิทธิ์เป็นของ MOR สาธารณรัฐประชาชนจีน ในกรณีที่เกิดความคลาดเคลื่อนในกระบวนการใช้งาน ให้ยึดฉบับภาษาจีนเป็นหลัก



รูปที่ 4-8 ลำดับขั้นของมาตรฐานที่ใช้ในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

4.7.1 มาตรฐานการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนได้ทำการยกร่างและปรับปรุงมาตรฐานเพื่อใช้ในการออกแบบและก่อสร้างระบบขนส่งทางรางของประเทศจีนที่มีความเร็วไม่เกิน 160 กิโลเมตรต่อชั่วโมงบนทางรถไฟขนาดมาตรฐาน (Standard Gauge) ประกอบไปด้วย 35 มาตรฐานดังนี้ มาตรฐานจำแนกประเภทของหินและดินการของวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10077-2001) มาตรฐานการสำรวจทางธรณีวิทยาของวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10012-2007) มาตรฐานการออกแบบชั้นรองพื้นทางทางรถไฟ (TBL0001-2005) มาตรฐานออกแบบชั้นรองพื้นทางพิเศษสำหรับรถไฟ (TB10035-2006) มาตรฐานออกแบบทางรถไฟ (TB10082-2005) มาตรฐานออกแบบการเข้าถึงอาคารสถานีรถไฟโดยสาร (TB100.83-2005) มาตรฐานพื้นฐานสำหรับการออกแบบสะพานรถไฟและท่อระบายน้ำ (TB10002.1-2005) มาตรฐานออกแบบโครงสร้างเหล็กของสะพานรถไฟ (TB10002.2-2005) มาตรฐานออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและคอนกรีตอัดแรงของสะพานรถไฟและท่อระบายน้ำ (TB10002.3-2005) มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตและอิฐบล็อกของโครงสร้างของสะพานรถไฟและท่อระบายน้ำ (TB10002.4-2005) มาตรฐานการออกแบบชั้นรองพื้นทางและฐานรากของสะพานรถไฟและท่อระบายน้ำ (TB10002.5-2005) มาตรฐานสำหรับการออกแบบอุโมงค์รถไฟ (TB10003-2005) มาตรฐานออกแบบระบบอาณัติสัญญาณของทางรถไฟ (TB10007-2006) มาตรฐานการออกแบบระบบจ่ายไฟของทางรถไฟ (TB10009-2005) มาตรฐานการออกแบบการป้องกันอัคคีภัยทางด้านวิศวกรรมทางรถไฟ (TBL0063-2007) มาตรฐานออกแบบการประหยัดพลังงานทางด้านวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10016-2006) มาตรฐานการออกแบบด้านสิ่งแวดล้อมทางวิศวกรรมทางรถไฟ (TB 10501-98) มาตรฐานการยอมรับคุณภาพการก่อสร้างทางรถไฟทางด้านวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10413-2003) มาตรฐานการยอมรับคุณภาพชั้นรองพื้นทางทางด้านวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10414-2003) มาตรฐานการยอมรับคุณภาพทางวิศวกรรมของสะพานและท่อระบายน้ำทางด้านวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10415-2003) มาตรฐานสำหรับการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ทางด้านวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10013-2004) มาตรฐานสำหรับการวัดแหล่งกำเนิดทางด้านธรณีวิทยาของวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10018-2003) มาตรฐานสำหรับตรวจสอบเงื่อนไขที่เสียเปรียบทางด้านธรณีวิทยาของวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10027-2001) มาตรฐานพิเศษสำหรับการตรวจสอบดินและหินของวิศวกรรมทางรถไฟ (TB100.38-2001) มาตรฐานการตรวจสอบทางอุทกธรณีวิทยาของวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10049-2004) วิธีทดสอบหินทางวิศวกรรมทางรถไฟ (TB 10115-98) มาตรฐานสำหรับตรวจสอบและยอมรับความแข็งแรงของคอนกรีตของทางรถไฟ (TB 10425-94) ข้อกำหนดการตรวจสอบความแข็งแรงของโครงสร้างคอนกรีตทางวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10426-2004) มาตรฐานการรับรองคุณภาพของอุโมงค์ทางวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10417-2003) มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการวัดและตรวจสอบอุโมงค์ทางรถไฟ (TB10121-2007) มาตรฐานสำหรับการตรวจสอบความปลอดภัยของเส้นทางอุโมงค์ของทางรถไฟ (TB10223-2004) มาตรฐานการรับรองคุณภาพของการน้ำประปาและการระบายน้ำทางวิศวกรรม (TB10422-2546) มาตรฐานการยอมรับคุณภาพการก่อสร้างของสถานีรถไฟและยานในทางวิศวกรรม (TB10423-2546) มาตรฐานการการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างทางรถไฟ (TB10402-2007) และระเบียบชั่วคราวของการประเมินความเสี่ยงและการจัดการอุโมงค์รถไฟ (เอกสาร Tie Jian She [2007] ฉบับที่ 200) ได้ประกาศใช้งาน ในกรณีที่เกิดข้อพิพาทเกี่ยวกับปัญหาทางเทคนิคระหว่างฉบับภาษาอังกฤษและฉบับภาษาจีนให้ยึดภาษาจีนเป็นหลัก สำหรับการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟเป็นหลักจึงได้ดำเนินการสรุปสาระสำคัญในมาตรฐาน TB 10082-2005 Code for Design of Railway Track ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟทั้งหมด และ TB 10413-2003 Standard for Constructional Quality Acceptance of Railway Track Engineering ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้กำหนดเกณฑ์คุณภาพในการควบคุมงานก่อสร้างใหม่และการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

4.7.2 TB 10082-2005 Code for Design of Railway Track

มาตรฐานฉบับนี้ได้รับการรวบรวมตามข้อกำหนดของเอกสาร Tie Jian She Han 2004 ฉบับที่ 42 เอกสารที่เกี่ยวกับการพิมพ์และประกาศใช้งาน การรวบรวม การวางแผน ข้อกำหนด บรรทัดฐานและเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับการก่อสร้างทางรถไฟสำหรับปี พ.ศ. 2546 เป็นต้นไป

ในการแก้ไข มาตรฐานเล่มนี้จะสรุปผลหลังจากได้รับการทบทวน บนพื้นฐานของการอ้างอิงถึงกฎระเบียบของมาตรฐานทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องรวมทั้งสรุปการทำงานจริงและบทเรียนที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างทางรถไฟในประเทศจีน

วิศวกรผู้เชี่ยวชาญที่จะนำมาตรฐานนี้ไปใช้ต้องระลึกไว้เสมอว่า "ผู้โดยสารมาอันดับหนึ่ง รองรับการให้บริการการขนส่ง เสริมสร้างความแข็งแรงของโครงสร้างพื้นฐานและทำงานได้ง่ายไม่ซับซ้อน การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ และความมุ่งมั่นในการการพัฒนา" และบูรณาการกับเงื่อนไขที่เป็นรูปธรรมของโครงการและสภาพท้องถิ่นอย่างสร้างสรรค์ มาตรฐานต้องปลอดภัย มีความน่าเชื่อถือ มีการพัฒนาต่อ มีความสมบูรณ์ ประหยัดและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องและไม่ตัดแปลงและคัดลอกมาตรฐาน หน่วยสำรวจและออกแบบที่ดำเนินการ (หรือนำมาใช้) มาตรฐานจะต้องไม่ลดหน่วยงานการออกแบบและบุคลากรด้านการออกแบบตามกฎหมายใด ๆ ควบคุม และ / หรือความรับผิดชอบคุณภาพของโครงการทั้งระบบและการทำงานของระบบ

มาตรฐานฉบับนี้ประกอบไปด้วย 13 บทคือ: บทบัญญัติทั่วไป ข้อตกลงและสัญลักษณ์ ความต้องการพื้นฐานประเภททางรถไฟรางและอุปกรณ์ หมอนและเครื่องยึดเหนี่ยวราง ทางรถไฟแบบมีหินโรยทาง ทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง ทางหลัก อุปกรณ์ขยายราง รางเชื่อมยาว รอยต่อทางรถไฟ ติดตามอุปกรณ์เสริมและวัสดุอื่น ๆ และภาคผนวก บทบัญญัติที่พิมพ์ด้วยตัวหนาเป็นแบบบังคับและต้องมีการบังคับใช้อย่างเคร่งครัด

มาตรฐานฉบับนี้จะรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยมีองค์กรที่เกี่ยวข้องมาช่วยให้ข้อสรุปและรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริงในระหว่างดำเนินการเขียนคู่มือนี้ โดยสามารถแสดงความเห็นและคำแนะนำที่เกี่ยวข้องให้แจ้งหรือส่งข้อมูลให้สถาบันวิจัยเศรษฐกิจและการวางแผนของ MOR เพื่อใช้อ้างอิงในอนาคต

องค์ประกอบภายในมาตรฐาน

ประกอบไปด้วย 13 บท ตั้งแต่บททั่วไป นิยามศัพท์ การออกแบบวางแผนเส้นทาง ไปจนกระทั่งถึงข้อกำหนดสำหรับองค์ประกอบทางรถไฟ มักกำหนดเป็นค่าตัวเลขซึ่งเกิดจากการวิจัยและประสบการณ์ที่สั่งสมจากผู้เชี่ยวชาญนำมาถ่วงดุลเป็นค่าที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับประเทศจีน และเฉพาะทางรถไฟขนาดมาตรฐานที่มีความเร็วไม่เกิน 160 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเท่านั้น รายละเอียดหัวข้อภายในมาตรฐานฉบับนี้ประกอบด้วย

- 1 บทบัญญัติทั่วไป (General provision)
- 2 ข้อตกลงและสัญลักษณ์ (Terms and symbols)
 - 2.1 ข้อตกลง (Terms)
 - 2.2 สัญลักษณ์ (Symbols)
- 3 ความต้องการขั้นพื้นฐาน (Basic Requirements)
- 4 ประเภททางรถไฟ (Track types)
- 5 รางและอุปกรณ์ (Rails and fittings)
- 6 หมอนและเครื่องยึดเหนี่ยวราง (Sleepers and Rail Fastening)
- 7 ทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง (Ballast track)
- 8 ทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง (Unballasted bed)
 - 8.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General requirements)
 - 8.2 พื้นรองทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง (Slab Unballasted bed)
 - 8.3 ทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทางกับหมอนยาวฝังในคอนกรีต (Ballastless Track with Long-sleepers Embedding Concrete)
 - 8.4 ทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทางกับความยืดหยุ่นของฐานรองรับ (Ballastless Track with Elastic Supporting Blocks)
- 9 ทางหลีก (Turnouts)
- 10 Rail Expansion Device
- 11 รางเชื่อมยาว (Jointless Track)
 - 11.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General requirements)
 - 11.2 การเชื่อมราง (Rail Welding)
 - 11.3 ตัวแปรในการออกแบบ (Parameters for Design)
 - 11.4 ความเค้นของรางจากอุณหภูมิ (Stress-free Temperature of rail)
 - 11.5 จัดเตรียมราง (Arrangement of rail)
 - 11.6 การคำนวณความเสถียรของทางรถไฟ (The Calculation of track Stability)
 - 11.7 การคำนวณความแข็งแรงของทางรถไฟ (The Calculation of track Strength)
 - 11.8 Jointless Track on bridge
 - 11.9 Gapless Turnouts
 - 11.10 The Calculation of rail gap in Breathing and buffer zone
 - 11.11 The Arrangement of rail creep indication posts

12	รอยต่อของรางรถไฟ (Jointed track)
13	Track Auxiliary Equipment and stock material
ภาคผนวก ก	เทคนิคการใช้งานและการซ่อมแซมรางที่ใช้แล้ว (The technical condition of the using and repairing of used rail)
ภาคผนวก ข	การติดตั้งหมายเลขของ Gauge Apron, Apron Block Insulated, Gauge Block (The Number Installation of Gauge Apron, Apron Block, Insulated Gauge Block)
ภาคผนวก ค	วิธีการทดสอบ CA Sand Mortar (The Test Method for CA Sand Mortar)
ค1	วิธีทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและมอร์ตาร์
ค2	วิธีทดสอบหาค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตและมอร์ตาร์
ค3	วิธีทดสอบสำหรับความสามารถในการไหลและการทำงานได้ของคอนกรีตและมอร์ตาร์
ค4	วิธีทดสอบอัตราส่วนการขยายตัวของคอนกรีตและมอร์ตาร์
ค5	วิธีทดสอบหาอัตราการแยกตัวของคอนกรีตและมอร์ตาร์
ค6	วิธีทดสอบหาช่องว่างของคอนกรีตและมอร์ตาร์
ค7	วิธีทดสอบสำหรับความทนทานคอนกรีตและมอร์ตาร์
ภาคผนวก ง	อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของราง (The Maximum and Minimum Rail Temperature)
ภาคผนวก จ	การคำนวณเสถียรของรางเชื่อมยาว (The Calculation for the Stability of Jointless Track)
ภาคผนวก ฉ	การตรวจสอบความแข็งแรงของทางรถไฟ (The Check of Track Strength)
ภาคผนวก ช	การคำนวณของช่องว่างของรางในบริเวณกันชนของรางเชื่อมยาว (The Calculation of Rail Gap Reserved in Buffer Zone on Jointless Track)
ภาคผนวก ซ	การคำนวณกำลังการขยายตัวและแรงดัดงอสำหรับรางเชื่อมยาวบนสะพาน (The Calculation of Expansion Force and Flexural Force for Jointless Track on Bridge)
	คำอธิบายการเชื่อม (Explanation of Wording in This Code)

4.7.3 TB 10413-2003 Standard for Constructional Quality Acceptance of Railway Track Engineering

มาตรฐานนี้จัดทำขึ้นตามข้อกำหนดของเอกสาร Tie Jian She Han 2001 No. 72 ข้อควรปฏิบัติและการรวบรวมข้อมูลที่จำเพาะ เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับวิศวกรรมการก่อสร้างทางรถไฟ ปี 2544 ที่ออกโดยกระทรวงการรถไฟแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน บนพื้นฐานของการทบทวนมาตรฐานการตรวจสอบและประเมินผลทางวิศวกรรมทางรถไฟ (TB10413-98) มาตรฐานดังกล่าวมีการปรับปรุงจนถึงฉบับล่าสุดที่มีการปรับปรุงในส่วนขอ ข้อกำหนดในการปรับตำแหน่งการตรวจสอบและการประเมิน ขั้นตอนการควบคุม การเสริมสร้างความแข็งแรง และการกำหนดหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้อง การดำเนินการในเชิงลึก การตรวจสอบและการวิจัย นอกจากนี้มาตรฐานนี้ยังได้นำเสนอ มาตรการรับประกันคุณภาพในการก่อสร้าง วิธีการตรวจรับและขั้นตอนการดำเนินการตามมาตรฐานคุณภาพสำหรับงานวิศวกรรมทางรถไฟ โดยระบุถึงหน้าที่ของฝ่ายต่าง ๆ ในการควบคุมคุณภาพงานก่อสร้าง และกำหนดขั้นตอนและวิธีการรับรองคุณภาพวัสดุและสิ่งปลูกสร้างไว้อย่างชัดเจน ตามความสามารถในการทำงานและหลักวิทยาศาสตร์ เน้นการควบคุมคุณภาพการก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และเพิ่มมาตรฐานความเร็วของรถไฟสายใหม่ที่จะเปิดให้ใช้งาน มาตรฐานฉบับนี้จะใช้ควบคู่กับมาตรฐานการที่รองรับคุณภาพการก่อสร้างคอนกรีตการก่ออิฐทางวิศวกรรมรถไฟ (TB10424-2003) สรุปประเด็นการปรับปรุงมาตรฐานฉบับนี้จากมาตรฐานเดิมประกอบด้วย

1. เขตของความเร็วในการออกแบบของรถไฟโดยสาร โดยเพิ่มขึ้นจาก 140 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเป็น 160 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
2. วิธีการ ขั้นตอนและมาตรฐานคุณภาพในการการยอมรับคุณภาพของการก่อสร้างที่ได้รับการปรับปรุงและการประเมินผลของขนาดรางที่ถูกยกเลิก
3. มาตรฐานการยอมรับของเหล็กเสริม แบบหล่อ งานคอนกรีต การวางแผนพื้นคอนกรีต การรวบรวมแผนทางรถไฟ การวางแผนพื้นคอนกรีต และการติดตามการก่อสร้าง การแยกชั้นวาง ชั้นกันน้ำ ชั้นป้องกัน และการขยายตัวของรอยต่อ การก่อสร้างทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง
4. เพิ่มเติมมาตรฐานการก่อสร้างรางเชื่อมยาว การเชื่อมทางรถไฟ การวางรางเชื่อมยาว ชั้นหินโรยทางและการตรวจสอบหินโรยทาง การเชื่อมรางในสถานที่ก่อสร้าง อุณหภูมิของเครื่องยึดเหนี่ยวราง การตรวจสอบราง การเตรียมงานก่อนการเจียรราง
5. เพิ่มเติมมาตรฐานการการเชื่อมแบบรอยต่อ การขยายรางร่วม และการป้องกัน
6. เพิ่มเติมการทดสอบหาค่าดัชนีของโครงสร้างทางรถไฟเช่น การทดสอบค่า track dynamic เป็นต้น

บทบัญญัติที่พิมพ์ด้วยอักษรตัวหนาเป็นข้อบังคับและต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด องค์กรที่เกี่ยวข้องขอให้สรุปและรวบรวมประสบการณ์ในการปฏิบัติงานจริงในระหว่างขั้นตอนการดำเนินการตามมาตรฐานนี้ ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ สามารถส่งไปยัง China Railway Yijiu Group Corporation และทำสำเนาส่งไปที่ Institute of Railway Engineering Technical Standard เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงต่อไปในอนาคต และมาตรฐานฉบับนี้รับผิดชอบโดยฝ่ายบริหารงานก่อสร้างของกระทรวงรถไฟ

องค์ประกอบภายในมาตรฐาน

มาตรฐานฉบับนี้ประกอบด้วย 14 บท คือบทบัญญัติทั่วไป ข้อตกลง พื้นฐานการวางเส้นทาง ชั้นรองพื้นทางและชั้นหินโรยทาง ทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง รางเชื่อมยาว รอยต่อราง ทางหลักและการขยายตัวบริเวณรอยต่อทาง ระดับทางตัด และการป้องกัน เครื่องกัน (Guard rail) เส้นทางและสัญญาณ อุปกรณ์ด้านการเกิดการยึดหดตัวหรือการเปลี่ยนรูป (Anti-creeping Equipment) การประเมินคุณภาพของการปฏิบัติงาน โดยมีรายละเอียดหัวข้อภายในมาตรฐานทั้ง 14 บทสรุปได้ดังนี้

- 1) บทบัญญัติทั่วไป (General Provisions)
- 2) ข้อตกลง (Terms)
- 3) ข้อกำหนดพื้นฐาน (Basic Requirements)
 - 3.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General Requirements)
 - 3.2 ฝ่ายวิศวกรรมตรวจสอบคุณภาพงานก่อสร้าง (Division of Engineering Constructional Quality Acceptance)
 - 3.3 การตรวจสอบคุณภาพงานก่อสร้าง (Constructional Quality Acceptance of Engineering)
 - 3.4 ขั้นตอนและองค์กรในการตรวจสอบคุณภาพงานก่อสร้างทางวิศวกรรม (Procedure and Organization of Constructional Quality Acceptance of Engineering)
- 4) พื้นฐานการวางเส้นทาง (Base-post of Route)
- 5) การก่อสร้างชั้นหินโรยทางก่อนวางเส้นทางรถไฟ (Ballasting before Track Laying)
 - 5.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General Requirements)
 - 5.2 Sub-ballasting
 - 5.3 Pre-laid Ballast
- 6) ทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง (Ballastless Bed)
 - 6.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General Requirements)
 - 6.2 Reinforcement Bar
 - 6.3 แบบหล่อ (Formwork)
 - 6.4 คอนกรีต (Concrete)
 - 6.5 การวางแผ่นพื้นทางรถไฟ (Laying of Track Slab)
 - 6.6 การเตรียมและการหล่อคอนกรีต (Preparation and Pouring of CA sand mortar)
 - 6.7 การรวบรวมและการติดตั้งช่องพื้นหรือช่องสะพานของทางรถไฟ (Assembling and installation of Track Panel)
 - 6.8 การวางระดับชั้น (Laying of Isolation Layers)
 - 6.9 ชั้นกันน้ำ ชั้นป้องกันและการขยายตัวของรอยต่อ (Waterproof Layers, Protective Layers and Expansion Joints)
- 7) รางเชื่อมยาว (CWR Track)
 - 7.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General Requirements)
 - 7.2 การเชื่อมรางที่ฐาน (Rail Welding at the base)
 - 7.3 การวางรางยาว (Laying of Long Rail)
 - 7.4 การตรวจสอบการลงหินโรยทางและการแตกของหินโรยทาง (Ballasting and Ballast Trimming)
 - 7.5 การเชื่อมรางในบริเวณก่อสร้าง (Rail Welding at the Construction Site)
 - 7.6 อุณหภูมิของเครื่องยึดเหนี่ยวราง (Line Fastening-down temperature of rail)
 - 7.7 การตรวจสอบทางรถไฟ (Track Trimming)
 - 7.8 การเตรียมงานก่อนการเจียรราง (Pre-grinding of Rails)
- 8) รอยต่อรางรถไฟ (Jointed Track)
 - 8.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General Requirements)
 - 8.2 การรวบรวมแผ่นเส้นทางรถไฟ (Assembly of Track Panels)
 - 8.3 การวางเส้นทางรถไฟ (Track Laying)

- 8.4 การก่อสร้างชั้นหินโรยทางและการตกแต่งชั้นหินโรยทาง (Ballasting and Ballast Trimming)
- 9) ทางหลักและการขยายตัวบริเวณรอยต่อทางรถไฟ (Turnout and Expansion rail joint)
 - 9.1 ข้อกำหนดทั่วไป (General Requirements)
 - 9.2 การวางแนวเชื่อมของทางหลัก (Laying of Welded Turnout)
 - 9.3 การวางรอยต่อของทางหลัก (Laying of Jointed Turnout)
 - 9.4 การก่อสร้างชั้นหินโรยทางและการตกแต่งชั้นหินโรยทางบริเวณทางหลัก (Ballasting and Ballast Trimming for Turnout)
 - 9.5 การวางแนวของจุดต่อเพื่อการขยายตัว (Laying of Expansion Rail Joint)
- 10) ระดับทางตัดและการป้องกัน (Grade Crossing and Protective Barrier)
 - 10.1 ระดับของทางตัดเสมอระดับ (Grade Crossing Pavement)
 - 10.2 ระดับของสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการป้องกันบริเวณทางตัด (Grade Crossing Protective Facilities)
 - 10.3 เครื่องป้องกัน (Protective Barrier)
- 11) รางกันตก (Guard Rail)
- 12) ทางและสัญญาณ (Line and Signal Indicator)
- 13) Anti-creeping Equipment
 - 13.1 Anti-creeper Equipment
 - 13.2 Tie-rod, ฐานรองราง (Tie-rod, Rail Brace)
- 14) การประเมินคุณภาพของการปฏิบัติงาน (Assessment of Appearance Quality of Unit Works)

บทที่ 5

ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ

- ❖ บทนำ
- ❖ ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบวางแนวเส้นทาง
- ❖ ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง
- ❖ ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีต
- ❖ ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานรางเชื่อมยาว
- ❖ ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานองค์ประกอบทางรถไฟ
- ❖ ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ
- ❖ ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ
- ❖ ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ
- ❖ บทสรุปและแนวทางการยกร่างมาตรฐานของประเทศไทย

5.1 บทนำ

จากกรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบรางที่ได้วางแผนไว้ การดำเนินการพัฒนามาตรฐานและคู่มือสำหรับการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาถือเป็นพันธกิจเร่งด่วนตามแผน จึงได้ถูกกำหนดไว้ในขอบเขตงานในการศึกษารั้งนี้ จากผลการศึกษาทบทวนในบทที่ผ่านมาเป็นการทบทวนโครงสร้างมาตรฐานประเทศต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและ การทบทวนข้อกำหนด (Regulations) ที่ออกตามกฎหมายหลัก (Acts) ของแต่ละประเทศ โดยจะพบว่ากฎหมายและข้อกำหนดจะถูกพัฒนามาจากคู่มือและมาตรฐานตามลำดับอาทิเช่น ข้อกำหนดของการทำงานร่วมกันของระบบราง (TSI) ในสหภาพยุโรป มีพื้นฐานมาจากมาตรฐานของกลุ่มสหภาพยุโรป ตลอดจนคู่มือและรายงานการศึกษาจาก UIC สำหรับประเทศญี่ปุ่นได้มีการปรับปรุงจากมาตรฐานที่มีความละเอียดสูงแต่กลับพบว่าเป็นอุปสรรคต่อเทคโนโลยีใหม่ ๆ จึงทำการออกมาตรฐานข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Regulatory Standard) ที่เน้นการควบคุมเนื้อหาหลักโดยเน้นสมรรถนะของระบบหลักและระบบย่อย โดยให้รายละเอียดไปขึ้นกับมาตรฐานที่ออกโดยผู้ประกอบการ (Implementation Standard) สำหรับประเทศเกาหลีใต้ที่มีความคล้ายคลึงกับประเทศไทยที่แต่เดิมมีการใช้มาตรฐานหลายมาตรฐานปะปนกันจึงได้ทำการพัฒนามาตรฐานของตนเองขึ้นโดยพบว่ามาตรฐานของเกาหลีใต้ก็มีพื้นฐานมาจากมาตรฐานของทวีปยุโรปเช่นเดียวกับประเทศออสเตรเลียและประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ดังนั้นกระบวนการพัฒนามาตรฐานทางเทคนิคและคู่มือจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนามาตรฐานและคู่มือสำหรับประเทศไทย ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานในบทนี้จะประกอบไปด้วยผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานและคู่มือ สำหรับองค์ประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบก่อสร้างและบำรุงรักษา ในงานทางรถไฟของประเทศต่าง ๆ หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผลสรุปในแต่ละองค์ประกอบ และในท้ายที่สุดจะเป็นข้อสรุปเพื่อการจัดทำมาตรฐานและคู่มือของประเทศไทย และความสอดคล้องตามเงื่อนไขในขอบเขตงาน

5.2 ผลการศึกษาทบทวนการจัดทำมาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ

5.2.1 บทนำ

ในปัจจุบันการแบ่งประเภทของทางรถไฟสำหรับระบบขนส่งทางรางโดยทั่วไปสามารถทำการแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทหลัก คือ 1.ทางรถไฟสำหรับระบบขนส่งทางรางในเมือง 2.ทางรถไฟสำหรับระบบขนส่งทางรางชานเมือง 3.ทางรถไฟสำหรับระบบขนส่งทางรางระหว่างเมืองและชานเมือง และ 4.ทางรถไฟในย่าน โดยในแต่ละระบบหลักจะทำการแบ่งเป็นระบบย่อยตามคุณลักษณะของ 1.ความเร็วสูงสุดในการให้บริการ 2. ประเภทของระบบขนส่ง 3.น้ำหนักลงเพลลา และ 4.ขนาดของทางรถไฟ

อนึ่งปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานที่ทำการจัดแบ่งประเภทของทางรถไฟที่มีการร่างในส่วนใหญ่เนื่องจากในแต่ละประเทศจะเน้นการยกย่องมาตรฐานทางรถไฟที่เป็นรถไฟในเมืองและระหว่างเมืองเท่านั้น อย่างไรก็ตามในการจัดแบ่งชนิดของทางรถไฟเพื่อการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษา จะมีเพียงมาตรฐาน UIC 700 มาตรฐานการแบ่งชั้นทางเพื่อการบำรุงรักษาของสหรัฐอเมริกา ภายใต้ข้อกำหนดของ FRA และมาตรฐานของออสเตรเลียที่มีการจัดแบ่งชนิดของทางรถไฟ ไว้ อย่างชัดเจนโดยมีรายละเอียดดังนี้

5.2.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งประเภททางรถไฟ

การจัดแบ่งประเภทชั้นทางตามมาตรฐานของ UIC

ปัจจุบันภายใต้โครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางรางทำให้เกิดการปรับปรุงทางรถไฟ และการสร้างทางรถไฟใหม่ที่สามารถรองรับน้ำหนักลงเพลลาและความเร็วที่เพิ่มขึ้น ทั้งน้ำหนักและความเร็วในการให้บริการที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบต่อการซ่อมบำรุงโดยตรงเพื่อคงระดับความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการให้บริการอยู่ในสภาพที่มีความเหมาะสม โดยในมาตรฐาน UIC (International Union of Railway) ได้กำหนดการแบ่งชั้นทางจากปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของทางรถไฟ (Track Quality) ในการให้บริการคือ

น้ำหนักลงเพลลา (Axle Load) คือ น้ำหนักสถิต (Static) ลงเพลลา 1 เพลลาในแนวตั้ง

ระวางบรรทุก (Tonnage Borne) คือ ผลรวมของน้ำหนักลงเพลลา

ความเร็วในการให้บริการ (Running Speed)

สำหรับมาตรฐาน UIC ได้กำหนดให้มีการแบ่งชนิดของทางรถไฟ”ตามความเร็ว”ในการให้บริการ (สอดคล้องกับการแบ่งประเภททางรถไฟในมาตรฐาน มขร S-T001-256x) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ทางรถไฟความเร็วสูง (High speed tracks): $V > 200$ กม./ชม.

ทางรถไฟด่วน (Rapid speed tracks): 140 กม./ชม. $< V < 200$ กม./ชม.

ทางรถไฟความเร็วปานกลาง (Medium speed tracks): 100 กม./ชม. $< V < 140$ กม./ชม.

ทางรถไฟความเร็วต่ำ (Low speed tracks): $V < 100$ กม./ชม.

*หมายเหตุ Velocity (V) = ความเร็ว

ทั้งนี้หากพิจารณาในด้านของน้ำหนักผ่านทาง มาตรฐาน UIC ได้กำหนดการจัดแบ่งประเภทของทางรถไฟ”ตามน้ำหนักผ่านทาง” ดังแสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 การจัดแบ่งชั้นทางรถไฟตามน้ำหนักผ่านทางของมาตรฐาน UIC

ชั้นทาง	การจราจรประจำวัน (ตัน)
1	>120,000
2	120,000-85,000
3	85,000-50,000
4	50,000-28,000
5	28,000-14,000
6	14,000-7,000
7	7,000-3,500
8	3,500-1,500
9	<1,500

การจัดแบ่งประเภทชั้นทางตามมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

หน่วยงานสำนักงานการรถไฟกลาง (FRA) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีประกาศประมวลกฎข้อบังคับกลางในส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบทางรถไฟจะเป็นข้อบังคับ FRA regulations, 49 CFR Ch. II PART 213—TRACK SAFETY STANDARDS (Subpart A-D) โดยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งประเภทของทางรถไฟจะอยู่ในมาตราที่ 213.9 (Subpart A) การแบ่งประเภทของทางรถไฟ และ ข้อกำหนดในการใช้ความเร็ว (Classes of track: operating speed limits .) ซึ่งได้มีการกำหนดระดับชั้นความเร็วดังแสดงในตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 การจัดแบ่งชั้นทางรถไฟตามมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา (FRA Track Classes)

ระดับชั้นทางรถไฟ	Federal Railroad Administration (FRA) – Freight (ไมล์ ต่อ ชั่วโมง)	Federal Railroad Administration (FRA) – Passenger (ไมล์ ต่อ ชั่วโมง)
Excepted Track	10	N/A
Class 1 Track	10	15
Class 2 Track	25	30
Class 3 Track	40	60
Class 4 Track	60	80
Class 5 Track	80	90
Class 6 Track		110
Class 7 Track		120

ระดับชั้นทางรถไฟ	Federal Railroad Administration (FRA) – Freight (ไมล์ ต่อ ชั่วโมง)	Federal Railroad Administration (FRA) – Passenger (ไมล์ ต่อ ชั่วโมง)
Class 8 Track		160
Class 9 Track		220

การจัดแบ่งประเภทชั้นทางตามมาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย

กฎหมาย ข้อกำหนดและมาตรฐานของโครงสร้างทางรถไฟตามมาตรฐานของประเทศออสเตรเลียประกอบด้วย Rail Safety National Law National Regulations 2012, AS 1085 series: Railway Track Material, AS 2758.7: Aggregates and Rock for Engineering Purposes Railway Ballast และ AS/RISSB 76xx: Railway Infrastructure โดยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งประเภทของทางรถไฟจะระบุใน AS/RISSB 7630-2010: โครงสร้างพื้นฐานทางรถไฟ – การจำแนกทางรถไฟ (Railway Infrastructure - Track Classification) โดยได้กำหนดการแบ่งชั้นทางจากปัจจัยที่คล้ายคลึงกับมาตรฐานของ UIC คือ

ความเร็วในเส้นทาง (Line Speed)

ประเภทของรถไฟ (Traffic Type)

น้ำหนักลงเพลลา (Axle Load)

ทั้งนี้มาตรฐานของประเทศออสเตรเลียได้กำหนดชั้นทางรถไฟออกเป็น 7 ประเภทชั้นทางหลัก ได้แก่

รถไฟความเร็วสูง (High Speed Passenger: HSP) – สำหรับรถไฟโดยสารที่มีความเร็วให้บริการสูงกว่า 160 กิโลเมตรต่อชั่วโมงขึ้นไป

รถไฟความเร็วปานกลาง (Moderate Speed Passenger: MSP) – สำหรับรถไฟโดยสารที่มีความเร็วให้บริการอยู่ระหว่าง 80 ถึง 160 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

รถไฟความเร็วต่ำ (Low Speed Passenger: LSP) – สำหรับรถไฟโดยสารที่มีความเร็วให้บริการต่ำกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

รถไฟขนสินค้าบรรทุกหนัก (Heavy Haul Freight: HHF) – สำหรับรถไฟขนสินค้าที่มีน้ำหนักบรรทุกต่อปีมากกว่า 40 ล้านตัน และมีน้ำหนักลงเพลามากกว่า 25 ตันเพลลา

รถไฟขนสินค้าน้ำหนักบรรทุกปานกลาง (Main Line Freight: MLF) – สำหรับรถไฟขนสินค้าที่มีน้ำหนักบรรทุกต่อปีมากกว่า 10 ล้านตัน และมีน้ำหนักลงเพลาดำกว่า 25 ตันเพลลา

รถไฟขนสินค้าบรรทุกเบา (Branch Line Freight: BLF) – สำหรับรถไฟขนสินค้าที่มีน้ำหนักบรรทุกต่อปีมากกว่า 5 ล้านตัน และมีน้ำหนักลงเพลาดำกว่า 25 ตันเพลลา

รถไฟปฏิบัติการในย่าน (Yard Operations: YRD) – ทางรถไฟสำหรับการปฏิบัติการในย่านสำหรับทางรถไฟทุกประเภทกำหนดความเร็วสูงสุด ไม่เกิน 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ทั้งนี้การจัดแบ่งประเภททางรถไฟตามมาตรฐาน AS/RISSB 7630-2010 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 การจัดแบ่งประเภทชั้นทางตามมาตรฐานประเทศออสเตรเลีย

Speed (Km/h)	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	115	120	130	140	150	160
Axle Load (tonnes)																
<11	Y a r d O p e r a t i o n s	30LSP11														
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18													130MSP17			160HSP17
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40																

หมายเหตุ สัญลักษณ์ที่ระบุในตารางประกอบด้วย เลข 2 หลักแรกเป็นความเร็วสูงสุดในการให้บริการ สัญลักษณ์อักษรภาษาอังกฤษเป็นประเภทของรถไฟ และ เลข 2 หลักสุดท้ายเป็นน้ำหนักของเพลา เช่น 100HHF30 คือ รถไฟขบวนสินค้าบรรทุกหนักจำกัดความเร็วสูงสุดไม่เกิน 100 กม./ชม. และมีน้ำหนักของเพลา 30 ตัน เป็นต้น

การจัดแบ่งประเภทชั้นทางตามมาตรฐานของประเทศไทย

ประเทศไทยได้มีระเบียบเกี่ยวกับการจัดแบ่งประเภทชั้นทางอยู่ในคู่มือการปฏิบัติการบำรุงทางตามวาระ ในหัวข้อการจัดแบ่งชั้นของทางประธานโดยมีรายละเอียดดังนี้

เนื่องจากความหนาแน่นของขบวนรถ ความเร็วของขบวนรถ และโครงสร้างทางถาวรของทางแต่ละตอนแตกต่างกัน ฉะนั้น โอกาสที่ทางจะถูกทำลายให้เสื่อมลงย่อมไม่เท่ากัน ซึ่งยังผลให้ปริมาณงานบำรุงรักษาทางที่ต้องการในแต่ละตอนแตกต่างกันไปด้วย โดยเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นต้องแบ่งทางออกเป็นชั้น ๆ ตามความต้องการในการบำรุงรักษา โดยถือเอาน้ำหนักผ่านทางเป็นเกณฑ์พิจารณา

การคำนวณน้ำหนักผ่านทาง แต่เดิมยังไม่สามารถหาข้อมูลที่ถูกต้องแน่นอนได้ ต้องอาศัยข้อมูลจากฝ่ายการเดินรถ ซึ่งประมาณเอาจากขบวนที่เดินอยู่เป็นประจำมาคำนวณเป็นน้ำหนักผ่านทางโดยสังเขป ฝ่ายการช่างโยธา จึงได้กำหนดให้ทำการติดตั้งเครื่องนับเพลตามเส้นทางสายต่าง ๆ รวม 14 จุด แล้วคำนวณหาน้ำหนักเพลเฉลี่ยของทางแต่ละช่วง เมื่อนำมาคูณจำนวนเพลที่ผ่านทางแต่ละวัน จะได้น้ำหนักผ่านทาง

ในการกำหนดชั้นของทางตามน้ำหนักผ่านทางให้ถือหลักเกณฑ์โดนอนุโลมตามมาตรฐาน UIC กลางคือ คิดน้ำหนักผ่านทางต่อวัน แยกเป็นรถโดยสาร รถสินค้า (เพิ่มอีก 15 % กรณีน้ำหนักเพลา 20 ตัน ให้เพิ่มอีก 30 %) รถจักรและรถดีเซลราง (น้ำหนักเพลา 17 ตันขึ้นไป ให้เพิ่มอีก 40 %) สำหรับทางช่วงที่มีรถโดยสารให้เพิ่มอีก 10 % โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$Tf_2 = STf_1$$

$$Tf_1 = Tv + Km Tm + Kt Tt$$

โดย	Tf_2	=	น้ำหนักผ่านทางต่อวันสมมติ
	Tf_1	=	น้ำหนักผ่านทางต่อวัน
	S	=	1.0 สำหรับทางที่มีเฉพาะรถสินค้าและรถรวม
		=	1.0 สำหรับทางที่มีรถโดยสาร
	Tv	=	น้ำหนักผ่านทางต่อวันของรถโดยสาร
	Tm	=	น้ำหนักผ่านทางต่อวันของรถสินค้า
	Tt	=	น้ำหนักผ่านทางต่อวันของรถจักรและรถดีเซลรางที่มีน้ำหนักเพลาตั้งแต่ 17 ตันขึ้นไป
	Km	=	1.5
		=	1.3 (ถ้าน้ำหนักเพลา = 20 ตัน)
	Kt	=	1.4

จากน้ำหนักผ่านทางต่อวันสมมติที่คำนวณได้ UIC ได้แบ่งชั้นของทางออกเป็น 9 ประเภท สำหรับการรถไฟฯสามารถกำหนดชั้นของทางประทานให้สอดคล้องกับมาตรฐาน UIC ดังนี้

ทางชั้น	1	ก	เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่	4	(น้ำหนักผ่านทาง	28001-50000	ตันต่อวัน)
ทางชั้น	1	ข	เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่	5	(น้ำหนักผ่านทาง	14001-28000	ตันต่อวัน)
ทางชั้น	2	ก	เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่	6	(น้ำหนักผ่านทาง	7001-14000	ตันต่อวัน)
ทางชั้น	2	ข	เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่	7	(น้ำหนักผ่านทาง	3501-7000	ตันต่อวัน)
ทางชั้น	3		เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่	8	(น้ำหนักผ่านทาง	1501-3500	ตันต่อวัน)
ทางชั้น	4		เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้นที่	9	(น้ำหนักผ่านทางน้อยกว่า	1500	ตันต่อวัน)

5.2.3 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ

จากการทบทวนมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการจัดแบ่งประเภทชั้นทางทั้งในส่วนของมาตรฐาน UIC (International Union of Railway) มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา (FRA regulations, 49 CFR Ch. II PART 213—TRACK SAFETY STANDARDS) มาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย (AS/RISSB 7630-2010) และมาตรฐานที่มีการใช้ในประเทศ (คู่มือการปฏิบัติการบำรุงทางตามวาระ) สามารถทำการศึกษาเชิงเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ

Topic		Track Classification		
Sub Topic		ประเภทของรถไฟ	ความเร็วสูงสุด	น้ำหนักลงเพล
Engineering Principal		ประเภทการใช้งานของรถไฟ เช่น รถไฟโดยสาร รถไฟ ขนส่งสินค้า	ความเร็วสูงสุดในการ ให้บริการ มีหน่วยเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง	น้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่ตกลง เพลารถไฟจำนวน 1 เพล มี หน่วยเป็นกิโลกรัม
Remark	EN / UIC		√	√
	USA	√	√	
	AUS	√	√	√
	India	N/A	N/A	N/A
	Thai (รฟท.)	√	√	√
Conclusion		กำหนดตาม AS/RISSB 7630-2010	กำหนดตาม AS/RISSB 7630-2010 หรือ รฟท.	กำหนดตาม AS/RISSB 7630-2010 หรือ รฟท.

จากตารางที่ 5-4 จะพบว่า การจัดแบ่งประเภทของชั้นทางรถไฟของประเทศไทยจะมีปัจจัยในการจัดแบ่งที่สอดคล้องกับมาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย ดังนั้นการจัดทำมาตรฐาน มขร. S-T-001 มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ จึงใช้แนวทางของประเทศออสเตรเลีย เนื่องจากมีความเหมาะสมกับประเทศไทยที่มีหลายขนาดทาง มีหลายระบบที่มีลักษณะทางกายภาพต่างกัน และยังคงความสอดคล้องกับมาตรฐานการจัดแบ่งประเภทชั้นทางรถไฟของประเทศไทยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

5.3 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบวางแนวเส้นทาง (Alignment Layouts, clearances, Track irregularity)

ในการศึกษาทบทวนการออกแบบแนวเส้นทาง ได้พิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องได้แก่ การวางแนวทาง (Alignment), การจัดวางผังของแนวทาง (Layout) ระยะเผื่อ (Clearance) และ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Track irregularity) โดยจะดำเนินการ ศึกษาหลักพื้นฐานและทฤษฎี ทบทวนมาตรฐานการออกแบบวางแนวเส้นทางของแต่ละประเทศ และสรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบวางแนวเส้นทาง เพื่อมาปรับใช้กับการออกแบบของประเทศไทย

5.3.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

การจัดแนวเส้นทางรถไฟ หมายถึง การกำหนดทิศทางและตำแหน่งให้กับแนวทางรถไฟบนพื้นดินในระนาบทางราบและทางตั้ง ทั้งแนวทางตรงและแนวโค้ง โดยมีวัตถุประสงค์หลัก ๆ ดังนี้

- 1) เพื่อให้รถไฟวิ่งบนรางด้วยความราบรื่นและปลอดภัย
- 2) เพื่อให้ทำความเร็วได้สูงสุด
- 3) เพื่อให้สามารถแบกรับน้ำหนักบรรทุกจากเพลาล้อ
- 4) หลีกเลี่ยงอุบัติเหตุและการตกราง
- 5) เพื่อให้เกิดการบำรุงรักษาน้อยที่สุด
- 6) เพื่อความสวยงามและสุนทรียภาพ

การออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง (Design of Track Geometry)

การออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง คือ การจัดตำแหน่งทางเรขาคณิตของทางรถไฟทั้งทางตรงและโค้งเชื่อมต่อระหว่าง 2 ตำแหน่งหรือ 2 จุด เพื่อให้เกิดลักษณะทางกายภาพที่ทำให้ระบบรางทำงานได้อย่างราบรื่นภายใต้องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิ เช่น ความเร็วของรถไฟ น้ำหนักของเพลลา ระยะห่างของราง และลักษณะภูมิประเทศ เป็นต้น มาตรฐานต่าง ๆ ในหลายประเทศได้มีการกำหนดตัวแปร ซึ่งส่งผลต่อรูปแบบทางเรขาคณิตของทางรถไฟ หลัก ๆ ดังนี้

- 1) การเปลี่ยนแปลงความชัน (Gradients) ของทางรถไฟ รวมถึงการชดเชยการเปลี่ยนแปลงความชัน (Gradients) ที่เพิ่มขึ้นและลดลง
- 2) ความโค้งของทางรถไฟ ทั้งเส้นโค้งแนวราบและแนวตั้ง การเปลี่ยนแปลงของเส้นโค้งในแง่ของรัศมีหรือองศาของเส้นโค้งลาดเท หรือ Superelevation บนเส้นโค้ง ฯลฯ
- 3) การจัดตำแหน่งของทางรถไฟ ทั้งในแนวตรงและแนวโค้ง และเพื่อให้มั่นใจว่าการวิ่งของรถไฟเป็นไปด้วยปลอดภัยและราบรื่น ด้วยความเร็วและน้ำหนักบรรทุกที่กำหนด ดังนั้น ความเร็วและน้ำหนักบรรทุกของรถไฟจึงมีความสำคัญมากและบางครั้งก็รวมเป็นตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบทางเรขาคณิตของทางรถไฟ

ตัวแปรทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางสามารถแบ่งได้เป็นสองส่วนหลัก ๆ คือ ตัวแปรในระนาบทางราบ (Horizontal Profile) และตัวแปรในทางตั้ง (Vertical Profile) ซึ่งจะได้อธิบายในหัวข้อต่อไป

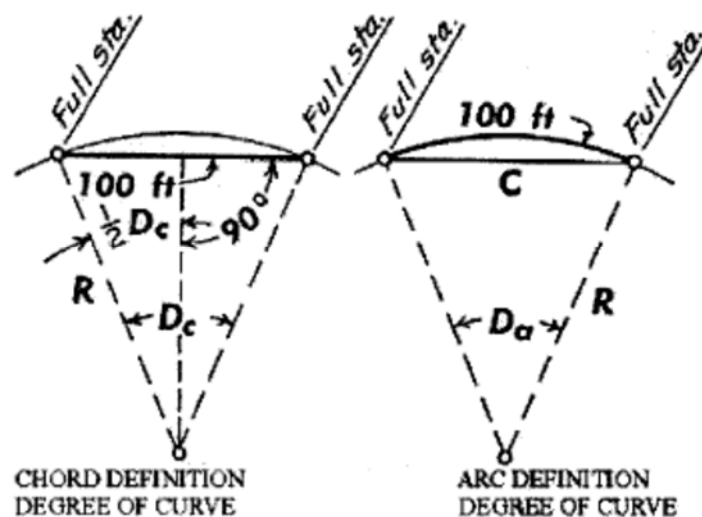
ตัวแปรในระนาบทางราบ (Horizontal Profile)

ก. โค้ง Curve

เส้นโค้งจะนำมาใช้บนทางรถไฟเพื่อหลีกเลี่ยงอุปสรรคและเดินผ่านได้สะดวก หรือใช้บังคับทางรถไฟผ่านตำแหน่งหรือสถานที่ที่ต้องการ เส้นโค้งแนวราบมีไว้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางตามความจำเป็น และเพื่อให้รถไฟวิ่งบนรางด้วยความราบรื่นและปลอดภัย เส้นโค้งแนวราบของรางด้านนอกถูกยกขึ้นเหนือระดับของด้านในของราง เรียกว่า Superelevation

โค้งกลม Circular Curves มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการกับออกแบบดังนี้

รัศมีของโค้งกลม, Radius (R) เป็นรัศมีของโค้งที่ใช้ในการออกแบบโค้งกลมและคำนวณแรงหนีศูนย์กลาง แต่โดยทั่วไปเมื่อนำแบบไปดำเนินการก่อสร้างแนวทาง การวางโค้งโดยใช้จุดศูนย์กลางและรัศมีจะทำได้ยาก จึงนิยามกำหนดคุณสมบัติของโค้ง ด้วย Degree Of A Curve (D แทน เพื่อสะดวกต่อการปักผังทำงานในสนาม Degree Of A Curve (D) คือ มุมที่จุดศูนย์กลางของโค้งกลมที่รองรับเส้น Chord ขนาด 30.5 เมตร หรือ 100 ฟุต ดังรูปที่ 5-1



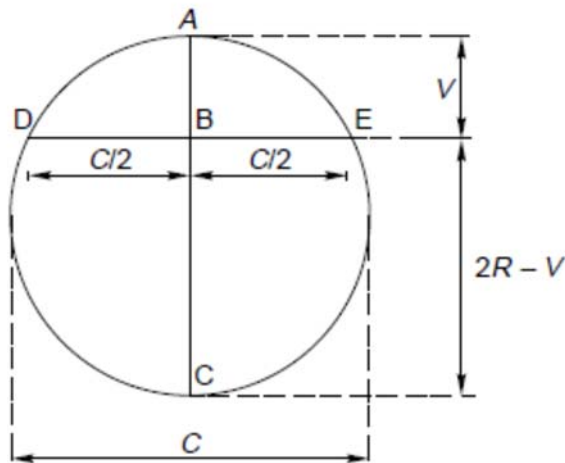
รูปที่ 5-1 ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีและดีกรีของโค้ง

อาจเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการอย่างง่ายดังนี้

$$D = 1750/R \text{ (when R is in metres)}$$

$$D = 5730/R \text{ (when R is in feet)}$$

Versine Of A Curve (V) คือ เส้นแนวตั้งเป็นระยะทางตั้งฉากของจุดกึ่งกลางของคอร์ดจากส่วนโค้งวงกลม. ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีและ Versine of a curve แสดงในรูปที่ 5-2 โดย R คือ รัศมีของโค้งกลม C ความยาวของคอร์ด, และ V คือ Versine Of A Chord Of Length C.



รูปที่ 5-2 Relation between radius and versine of a curve

จากรูปที่ 5-2 จะได้ว่า

$$2RV - V^2 = C^2/4$$

V being very small, V^2 can be neglected. Therefore,

$$V = C^2/8R$$

เพื่อให้รถไฟวิ่งบนรางด้วยความราบรื่นและปลอดภัย Indian Railways จึงมีการกำหนด Maximum Degree of a Curve ไว้ตามตารางที่ 5-1 อย่างไรก็ตามมาตรฐานของแต่ละประเทศ ก็ได้มีการกำหนดค่าดังกล่าวแตกต่างกันออกไปซึ่งจะได้นำมาศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบวางแผนเส้นทางของแต่ละประเทศ

ตารางที่ 5-5 Maximum Permissible Degree Of Curves

Gauge	On plain track		On turnouts	
	Max. degree	Min. radius (m)	Max. degree	Min. radius (m)
BG	10	175	8	218
MG	16	109	15	116
NG	40	44	17	103

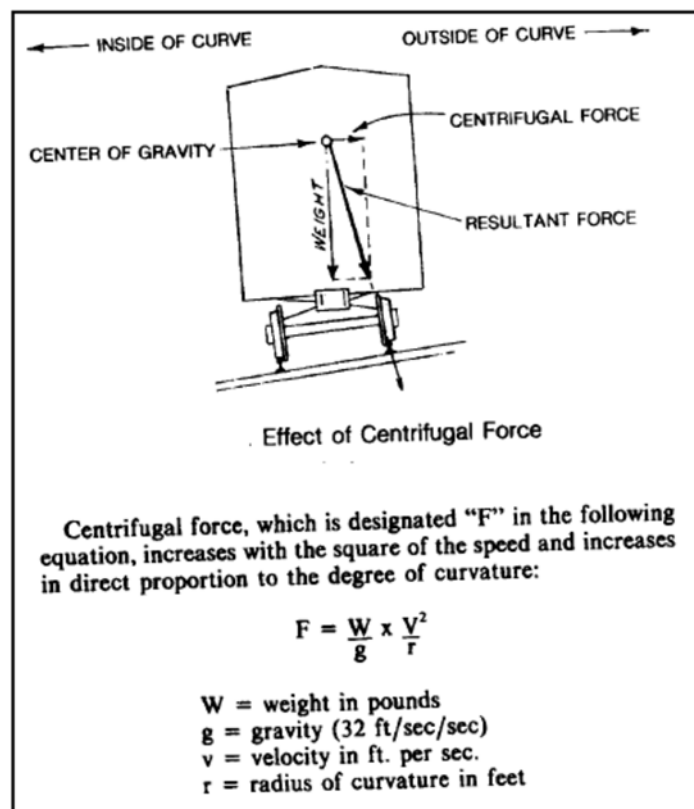
ข. Superelevation

Superelevation หรือ Cant Superelevation หรือ Cant (Ca) คือ ความสูงที่แตกต่างกันระหว่างรางด้านนอกและด้านในบนเส้นโค้ง มีให้โดยค่อย ๆ ยกรางด้านนอกเหนือระดับของรางด้านใน หน้าที่หลักของ Superelevation มีดังต่อไปนี้

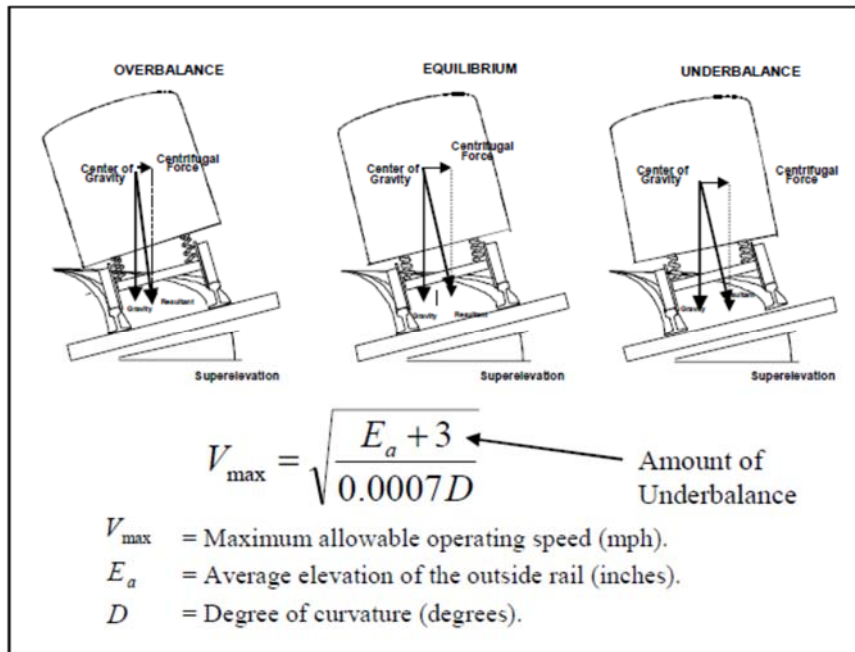
- 1) เพื่อให้แน่ใจว่าการกระจายตัวของโหลดทั้งสองรางทำได้ดีขึ้น
- 2) เพื่อลดการสึกหรอของรางและสตั๊ก
- 3) เพื่อลดผลกระทบของแรงด้านข้าง

4) ให้ความสะดวกสบายแก่ผู้โดยสาร

เนื่องจากเมื่อรถไฟเคลื่อนที่ไปตามเส้นโค้ง ตัวรถจะส่งแรงเหวี่ยงไปยังรางที่จุดเชื่อมต่อล้อ แรงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของเส้นโค้ง ความเร็วของยานพาหนะและมวล (น้ำหนัก) ของยานพาหนะ แรงนี้จะกระทำที่ศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วงของรถไฟ แรงนี้ถูกต้านโดยราง ดังนั้นถ้ารถวิ่งมาด้วยความเร็วมากพออาจทำให้พลิกตกรางได้เนื่องจาก หลุดจากแรงที่รวมกันเกินขีดจำกัด ของแรงต้านจากล้อที่สัมผัสกับราง ผลกระทบของแรงเหวี่ยงดังกล่าวสามารถลดลงได้โดยใช้ Cant Superelevation ที่มีประสิทธิภาพ (ดังรูปที่ 5-3) คือมีการยกความสูงของรางด้านนอกให้เกิดการกระจายน้ำหนักในรางทั้งสองเท่ากันถือว่าอยู่ในระดับสมดุล อย่างไรก็ตามทางรถไฟที่มีการยก Cant Superelevation แบบสมดุล หาได้ยาก Cant Superelevation ที่ยกน้อยจนทำให้การกระจายน้ำหนักมาอยู่ที่รางด้านนอกมากกว่ารางด้านในโค้งเรียกว่า Underbalance และ Cant Superelevation ยกสูงมากจนทำให้น้ำหนักมาตกในรางด้านในมากกว่าด้านนอกเรียกว่า Overbalance ดังแสดงในรูปที่ 5-4



รูปที่ 5-3 Effects of Centrifugal Force



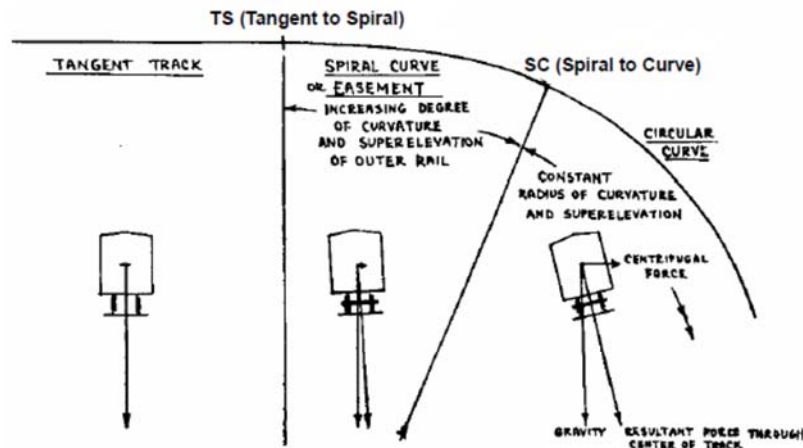
รูปที่ 5-4 Overbalance, Equilibrium and Underbalanced

เนื่องจาก Cant Superelevation ส่งผลกระทบทั้งในด้านความปลอดภัยและการซ่อมบำรุง ดังนั้นมาตรฐานในหลายประเทศจึงมีการกำหนดข้อจำกัดของ Cant เช่น มาตรฐานของอินเดียระบุว่า

- Cant maximum 125 mm
- Cant deficiency maximum 100 mm
- Maximum cant gradient 1 in 400

Spiral Transition Curves

เพื่อให้เกิดความราบเรียบในการเข้าโค้งในจึงต้องมีโค้งที่ใช้เชื่อมระหว่างโค้งกลม (Circular curve) และเส้นตรง (Tangent Track) การออกแบบแนวทางของระบบรางนั้นจะใช้โค้งกันหอย (Spiral Curves) ค่อย ๆ เปลี่ยนทิศทางระหว่างเส้นตรงและโค้งกลมจึงเรียกว่า Spiral Transition Curves และการออกแบบ Spiral Transition Curves ก็มีหลายวิธี ในมาตรฐานเดียวกันของบางประเทศก็ให้เป็นทางเลือกได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น มาตรฐาน AREMA ของประเทศสหรัฐอเมริกาใช้สูตรการออกแบบ Spiral Transition Curves ดังแสดงในรูปที่ 5-5 เนื่องจากภายใน Spiral Transition Curves เองก็มีแรงหนีศูนย์กลางเช่นเดียวกับโค้งกลม ดังนั้น ในหลายมาตรฐานจึงต้องออกแบบ Cant Superelevation ซึ่งจะค่อย ๆ ยกระดับตามรัศมีของ Spiral Transition Curves ที่เปลี่ยนไป เช่น มาตรฐาน AREMA ดังรูปที่ 5-6



Railways use the higher length of two formulae:

- To limit unbalanced lateral acceleration acting on passengers to 0.03 g per second:

$$L = 1.63 E_u V \quad E_u = \text{unbalanced elevation (in.)}$$

- To limit track twist to 1 inch in 62 feet:

$$L = 62 E_a \quad E_a = \text{actual elevation (in.)}$$

รูปที่ 5-5 สูตรการคำนวณ Spiral Transition Curves ตามมาตรฐาน AREMA

SPEED IN MILES PER HOUR	DEGREE OF CURVE																			
	0° - 10°	0° - 20°	0° - 30°	0° - 40°	0° - 50°	1° - 15°	1° - 30°	1° - 45°	2° - 15°	2° - 30°	2° - 45°	3° - 15°	3° - 30°	3° - 45°	4° - 30°	5° - 30°	6° - 30°	7° - 00°	8° - 00°	10° - 00°
10						1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
20						1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
30						1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
40						1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
50						1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
60						1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
70						1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2

2511

THE REGIONAL ENGINEER TRACK WILL USE THIS TABLE TO DETERMINE SUPERELEVATION AND ENTER INTO SCREEN DECK. FIELD PERSONNEL ARE TO USE SCREEN DECK TO FIND THE SUPERELEVATION REQUIRED FOR A SPECIFIC CURVE.

LIMITS ON SUPERELEVATION FOUND ON THIS PAGE MUST BE OBSERVED.

TABLE BASED ON EQUILIBRIUM ELEVATION MINUS AN UNBALANCE BASED ON SPEED AS FOLLOWS AND ADJUSTED TO NEAREST 1/8".

1 1/8" UNBALANCED FOR SPEEDS UP TO AND INCLUDING 65 MPH

2 1/8" UNBALANCED FOR SPEEDS OF 65 AND 70 MPH

NOTE - E = 0.0007V²D
WHERE E = EQUILIBRIUM ELEVATION IN INCHES

LIMITS ON SUPERELEVATION

- 5" MAXIMUM SUPERELEVATION ON ANY CURVE.
- 4 1/8" SUPERELEVATION ON CURVES GREATER THAN 3.00° WHEN REQUIRED TO MAINTAIN MAXIMUM AUTHORIZED SPEED.
- 4" SUPERELEVATION ON NON-SIGNALLED BRANCH LINES HAVING A MAXIMUM AUTHORIZED SPEED OF 30 MPH OR LESS.
- 4" SUPERELEVATION ON GRADES WHERE FREIGHT TRAINS REGULARLY OPERATE BELOW 25 MPH.
- CURVES SHALL BE REGULARLY EXAMINED FOR PREMATURE OR ACCELERATED WEAR ON THE HIGH OR LOW RAIL. A REQUEST FOR A DEVIATION FROM THE STANDARD SUPERELEVATION MUST BE SUBMITTED ON FORM "ELEVATION CHANGE REQUEST" TO CHIEF ENGINEER, MAINTENANCE OF WAY FOR CONSIDERATION.

MINIMUM LENGTH OF SPIRAL

MAXIMUM AUTHORIZED SPEED IN MPH	MINIMUM SPIRAL LENGTH PER 1/8" INCH OF SUPERELEVATION
UP TO 50	31 FEET
55 TO 60	34 FEET
65 TO 80	50 FEET
85 AND 90	55 FEET

EXISTING TRACKS

UP TO 50	31 FEET
55 TO 60	34 FEET
65 AND UP	50 FEET

CSX TRANSPORTATION

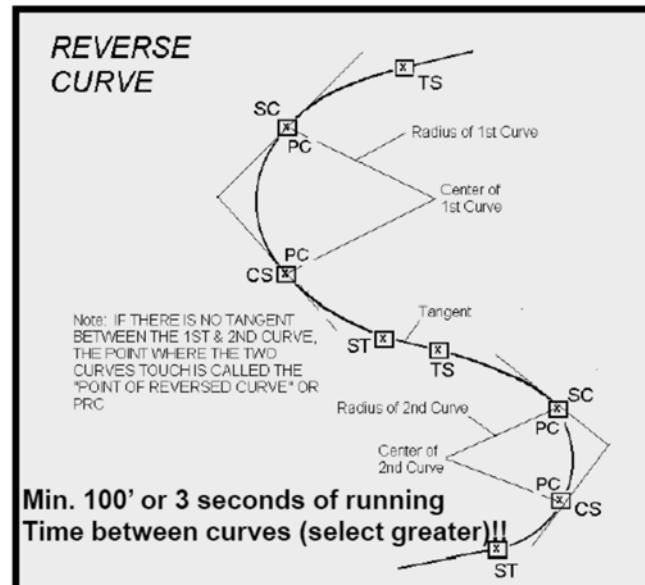
SUPERELEVATION OF CURVES

REVIEWED - GENERAL MANAGER
ENGINEERING STANDARDS & INDUSTRIAL ENGINEERING
PREPARED BY
D. N. WITT

APPROVED - CHIEF ENGINEER
MAINTENANCE OF WAY
ISSUED: MARCH 24, 1997
REVISED: NOVEMBER 25, 2002

รูปที่ 5-6 ตารางและข้อกำหนดการออกแบบ Cant Superelevation ตามมาตรฐาน AREMA

ข้อควรหลีกเลี่ยงในการออกแบบโค้งราบคือ Reverse Curve ซึ่งหากรถไฟวิ่งมาด้วยความเร็วมากพอและโค้ง Reverse Curve อยู่ในระยะในใกล้กันเกินไปจะทำให้เกิดแรงด้านข้างสลับไปมาทำให้รถไฟตกรางได้ ดังนั้น จึงได้มีการกำหนดทั้งคุณสมบัติของโค้งทั้งสองและระยะห่างขั้นต่ำไว้ดังแสดงในรูปที่ 5-7



รูปที่ 5-7 ข้อกำหนดของ Reverse Curve ตามมาตรฐาน AREMA

ตัวแปรในทางโค้ง (Vertical Profile)

ในการการวางแผนในทางโค้งของระบบราง ความชันที่ใช้ในการเดินทางบนรางจะมีข้อจำกัดมากกว่าบนทางหลวงเนื่องจาก แรงเสียดทานระหว่างล้อและรางมีอยู่อย่างจำกัด การวางแผนในทางโค้งประกอบด้วยองค์ประกอบสองแบบเช่นเดียวกับการวางแผนในทางราบ (เส้นสัมผัสและเส้นโค้ง) แต่มีความแตกต่างบางอย่างในองค์ประกอบและนิยามศัพท์

หลักการในการออกแบบโค้งโค้ง มีดังนี้

Trains can roll safely down 0.3% grade without wasting energy on brakes

<0.1% for tracks for extensive storage

การออกแบบโค้งโค้ง แบบเดิมใช้สมการในการออกแบบดังนี้

$$L = D / R$$

D = algebraic difference of grade (ft. per 100-ft. station)

R = rate of change per 100-ft. station

0.05 ft. per station for crest on main track

0.10 ft. per station for sag on main track

Secondary line may be twice those for main line

ในการออกแบบโค้งดิ่งแบบใหม่ ซึ่งจะได้โค้งที่สั้นลงสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$L = 2.15 V^2 D / A$$

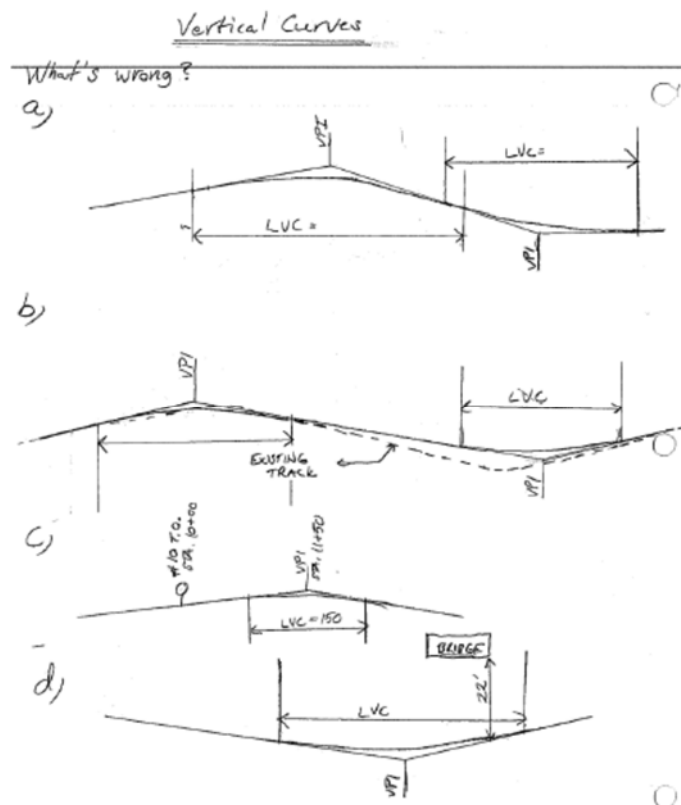
V = train speed in mph

D = algebraic difference of grade in decimal

A = vertical acceleration in ft./sec²

0.1 ft./ sec² for freight, 0.6 ft./ sec² for passenger or transit

ประเด็นสำคัญที่ต้องระวังในการออกแบบโค้งดิ่ง มีดังนี้ คือ a) Overlapping vertical curves, b) Avoid lowering existing tracks, c) No vertical curves within turnouts, d) Provide additional clearance in sag curves, e) No vertical curves within horizontal spirals ดังแสดงในรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-8 Critical issues with Vertical Curves

Speed on Track

ความเร็วคืออัตราที่เคลื่อนที่ในระยะทางใด ๆ อาจมีการกำหนดไว้ในลักษณะค่าเฉลี่ยความเร็วหรือความเร็วสูงสุด ในกรณีของทางรถไฟ หรืออาจอยู่ในกรณีใด ๆ ระบบการขนส่งที่เราใช้โดยทั่วไปเราพบว่าความเร็วได้รับการกำหนดในรูปแบบที่แตกต่างกันเพื่อวัตถุประสงค์ในการออกแบบ

รถไฟทุกขบวนจะถูกกำหนดให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสองแบบ คือความเร็วเฉลี่ยและความเร็วสูงสุด ขึ้นอยู่กับประเภทรถไฟที่แตกต่างกัน ซึ่งวิ่งอยู่บนทางรถไฟที่ได้รับการออกแบบมาแตกต่างกันด้วย มาตรฐานในหลายประเทศได้มีการกำหนดหรือจัดหมวดหมู่ตามความเร็วของรถไฟ ลักษณะเฉพาะที่พวก

เขาได้รับการกำหนดให้ย้ายที่ความเร็วสูงสุดบางอย่างและกำหนดความเร็วเฉลี่ยตามความเร็วสูงสุดนั้น
ตัวอย่างเช่นมาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC ดังตารางที่ 5-6 และมาตรฐานของประเทศ
สหรัฐอเมริกา ดังตารางที่ 5-7 และตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5-6 การแบ่งประเภทของรถไฟตามความเร็ว ตามมาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

Table 3. European Infrastructure HSR Definitions

Category		Maximum Speed (km/h)	Maximum Speed (mph)
I	Specially built	≥ 250	≥ 156
II	Specially upgraded	≈ 200	≈ 124
III	With special features where the speed must be adapted to each case		

ตารางที่ 5-7 การแบ่งประเภทของรถไฟตามความเร็ว ตามมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

Table 4. FRA Track Classes

Over Track that Meets All of the Requirements Prescribed in 49CFR Part 213	The Maximum Allowable Operating Speed for Freight Trains (mph)	The Maximum Allowable Operating Speed for Passenger Trains (mph)
Excepted track	10	N/A
Class 1 track	10	15
Class 2 track	25	30
Class 3 track	40	60
Class 4 track	60	80
Class 5 track	80	90
Class 6 track		110
Class 7 track		125
Class 8 track		160
Class 9 track		220

ตารางที่ 5-8 Speed Tier Designations ตามมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

Table 6. FRA Speed Tier Designations

Tier	0	IA	IB	IC	II	III	IV	V
Description	Regional Rail	Conventional	Emerging HSR	HSR Regional	HSR Mixed	HSR Passenger	HSR Dedicated	HSR Express
Speed range (mph)	0-65	0-79	0-80/110	0-111/125	0-126/150	0-150	0-150	0-200/220
Track Class	Class 4	Class 4	Class 5/6	Class 7	Class 8	Class 8	Class 8	Class 9

ความเร็วเฉลี่ย (Average Speed)

ความเร็วเฉลี่ย (Average Speed) คือความเร็วที่ช่วยในการกำหนดหรือหาเวลารวมระยะทางรถไฟจะใช้เวลาเพื่อให้เดินทางในระยะทางที่กำหนดขณะที่ ความเร็วสูงสุด (Maximum Speed) คือค่าที่ความเร็วที่อนุญาตคนขับทำได้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์บางอย่างขณะเดินทาง ในเวลาเดียวกันมีบางส่วนของพวกเขาได้รับอนุญาตให้ทำความเร็วสูงสุด เพื่อประหยัดเวลาในการเดินทาง ความเร็วเฉลี่ยขึ้นอยู่กับความยาวของ Section และจำนวนการหยุดชะงัก เช่น แม้ว่าเราจะกำหนดให้รถไฟวิ่งความเร็วสูงสุดและสามารถทำความเร็วสูงสุดภายในระยะระหว่างสองสถานี (ความยาวของ Section มากพอให้ทำความเร็วสูงสุด) แต่ถ้ามีสถานีระหว่างทาง ในทุกสถานีรถไฟจะต้องหยุดลง ดังนั้นก็หมายความว่ามันเป็นสูญเสียเวลาในขณะที่หยุด นอกจากนี้ยังสูญเสียเวลาในขณะที่กำลังเร่งและยังสูญเสียเวลาในขณะที่เร่ง จึงส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ย

ผลของความเร็ว (Speed and its Effects)

ความเร็วสร้างผลกระทบในการเพิ่มความเค้นและเพิ่มแรงต้านทาน มืองค์ประกอบหลายอย่างส่งผลต่อ ผลของความเร็ว เช่น โค้ง Cant gradient effect เป็นต้น ผลกระทบแบบไดนามิกของความเร็วมีดังนี้คือ

- 1) Pitching
- 2) Rolling
- 3) Bouncing
- 4) Lateral oscillations
- 5) Resonance
- 6) Springing Action
- 7) Suspension Characteristics

Turnout (ประแจทางหลัก)

ประแจทางหลัก (Turnout) คือ อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น ใช้วางในเส้นทางหนึ่ง เพื่อให้ขบวนรถหรือล้อเลื่อนใด ๆ สามารถวิ่ง ผ่านเส้นทางนั้น แยกไปเส้นทางอื่นได้

วัตถุประสงค์ในการผลิตชุดประแจทางหลัก

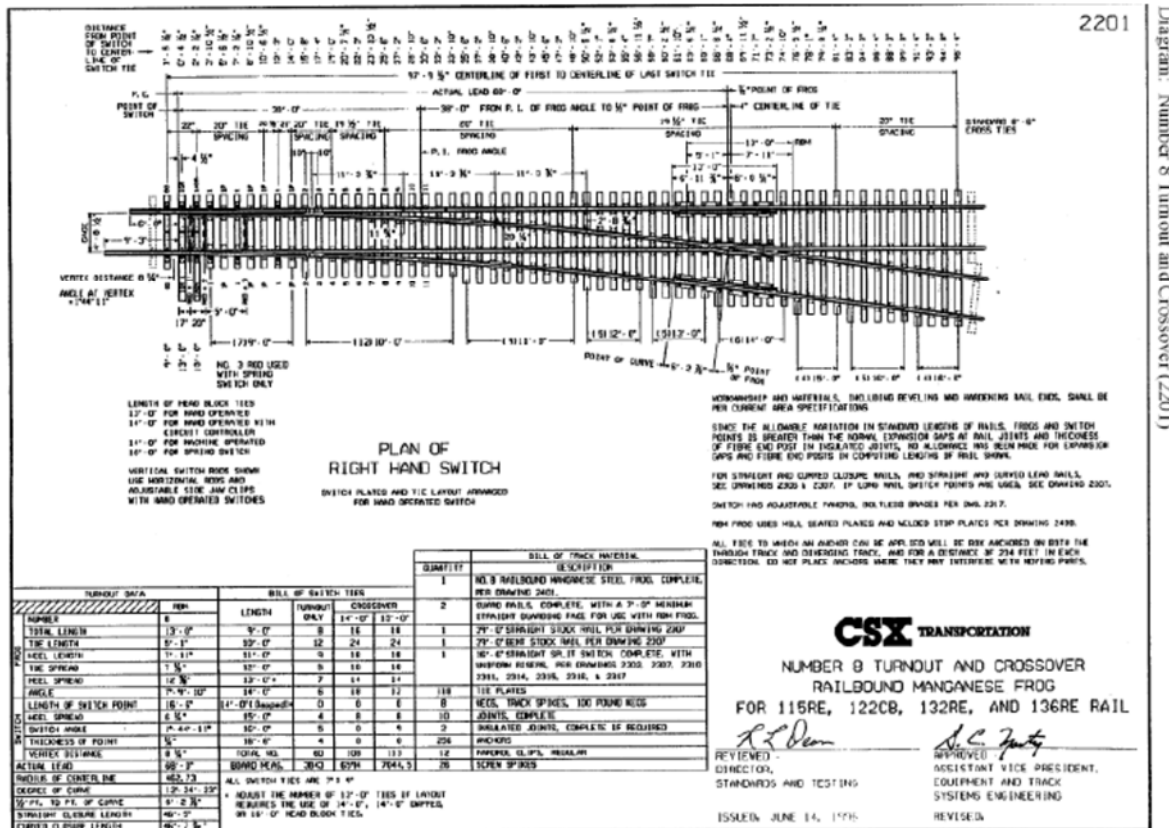
- 1) วางในทางแยก เช่น ขุมทางต่าง ๆ
- 2) วางในทางหลัก เพื่อให้ขบวนรถหลักกันที่สถานี หรือแยกเก็บในทางตัน
- 3) วางเพื่อสับเปลี่ยนแนวทางการรถไฟ จากเส้นทางหนึ่งไปสู่อีกเส้นทางหนึ่ง ซึ่งขนานกัน (DOUBLE CROSS OVER) หรือจากเส้นทางหนึ่งไปสู่อีกเส้นทางหนึ่งที่ตัดกัน (DOUBLE SLIP)
- 4) วางเพื่อไว้ในความจำเป็นอื่น ๆ เช่น การสับเปลี่ยนตู้

ชุดประแจทางหลัก มีส่วนประกอบดังนี้

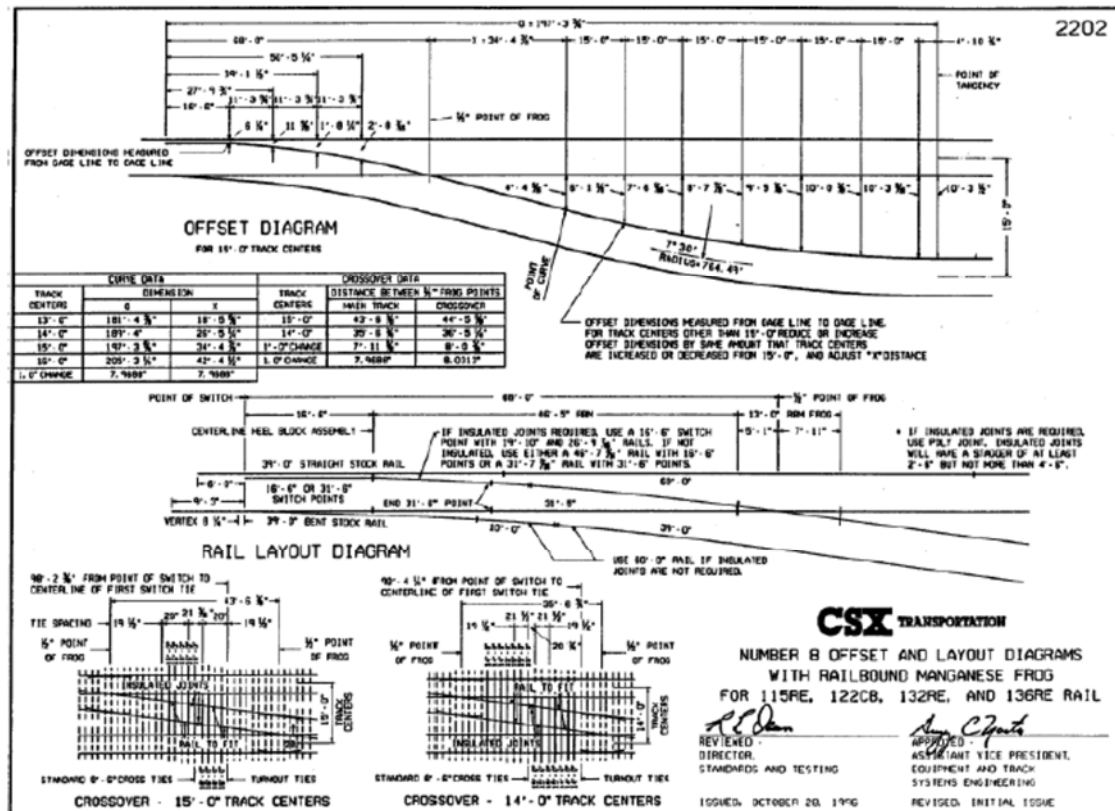
- 1) ชุดรางลิ้นประแจ (Switches)

- 2) ชุดตะเฆ่ (Crossing)
- 3) ชุดรางกัน (Guard Rail)
- 4) ชุดรางเสริม (Filler Rail)

มาตรฐาน ในหลายประเทศได้กำหนดระยะและมุมในการเบี่ยงออกจากแนวเดิมไว้ เพื่อเป็นแนวทาง
ในการนำใช้ออกแบบวางแนวทาง ดังตัวอย่างในรูปที่ 5-9 และ รูปที่ 5-10



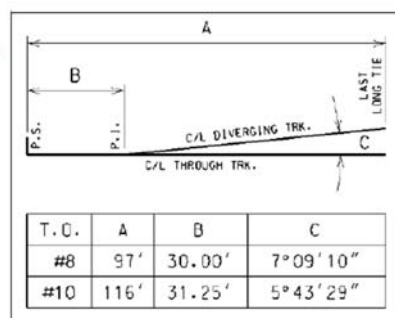
รูปที่ 5-9 ระยะต่าง ๆ ของ Turnout และ Crossover ตามมาตรฐาน AREMA



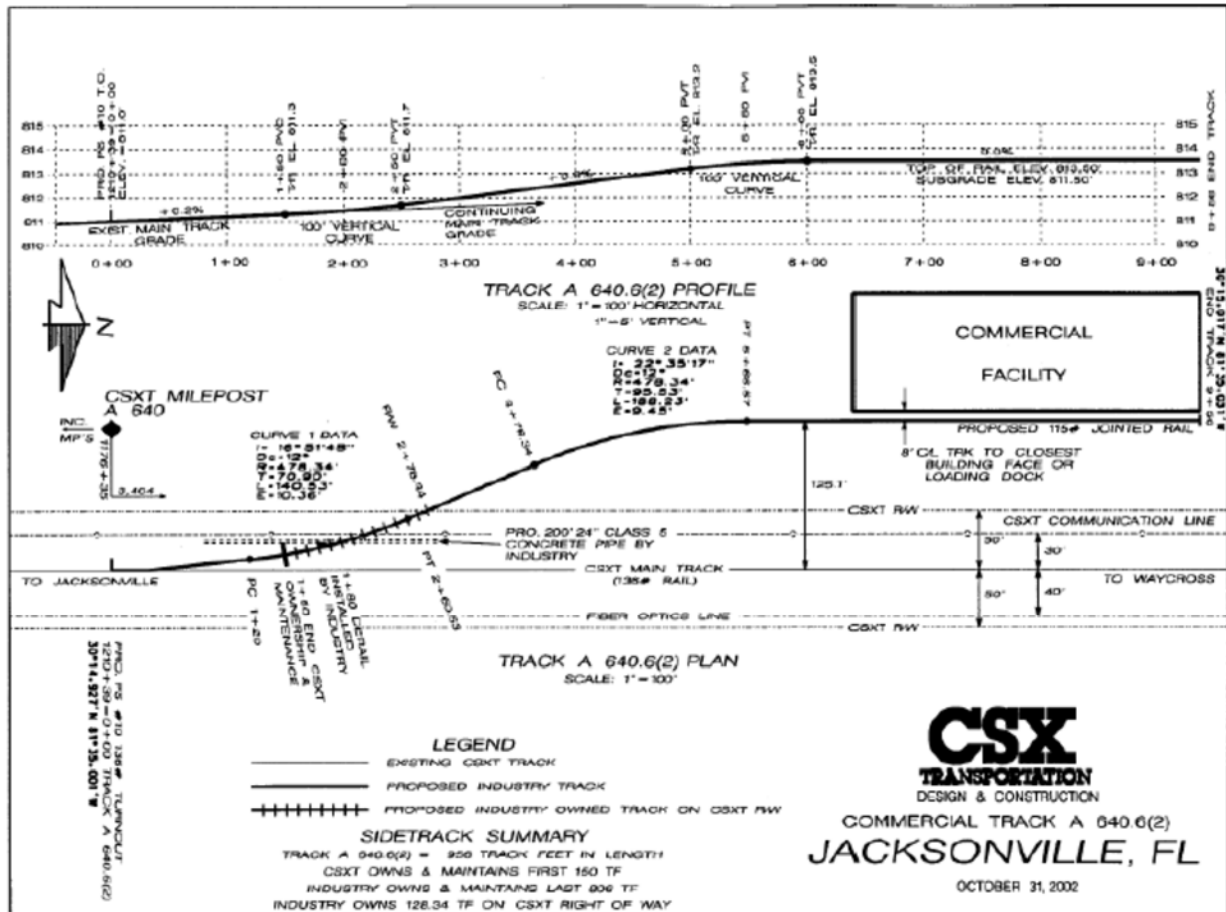
รูปที่ 5-10 ระยะ offset และ layout ของ turnout ตามมาตรฐาน AREMA

หลักการสำคัญในการออกแบบ Turnout แสดงรูปที่ 5-11 และรูปที่ 5-12

- Need to know:
 - PS to PI length (B)
 - Angle (C)
 - PS to LLT (A)
- Draw centerline of each track
- Good to mark PS & LLT
 - No curves and/or adjacent turnouts between PS and LLT



รูปที่ 5-11 Designing a Turnout in Plans



รูปที่ 5-12 Basic Plan Sheet for Track Design

Structure gauge, Layout and Clearance

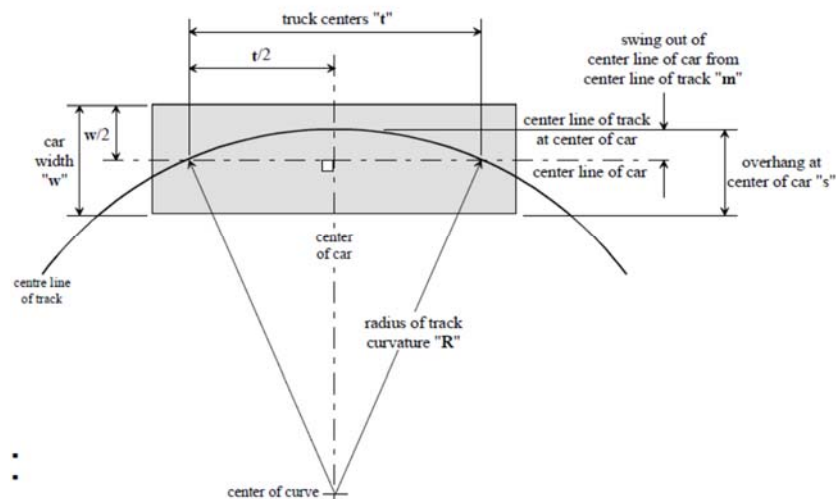
Loading gauge คือ ระยะ ขนาด มิติ ของตัวรถไฟที่วิ่งบนราง

Structure Gauge คือ ระยะและขนาดของ Loading Gauge รวมกับระยะเผื่อ (Clearance) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการจัดการระบบทั้งหมด ขนาดของ Structure Gauge ขึ้นอยู่กับ Locomotives, Cars, Potential Large Loads และบางครั้งเป็นความจำเป็นของผู้ผลิตแต่ละราย

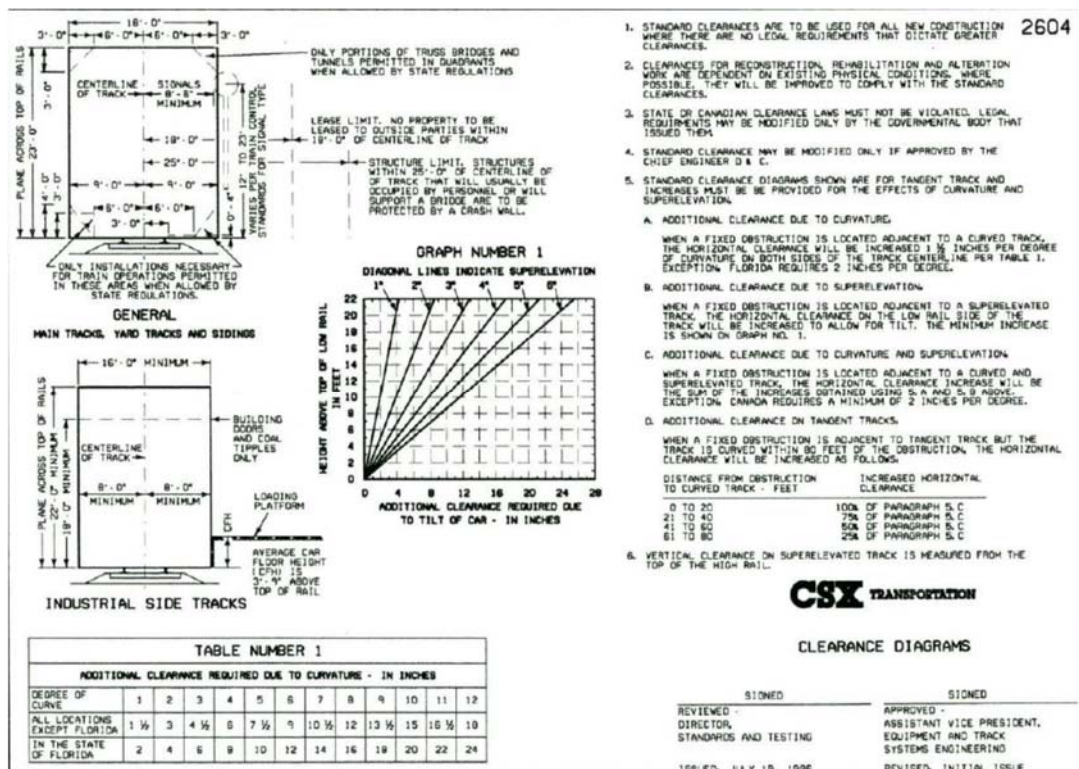
ระยะเผื่อทางราบ (Horizontal Clearance) ปกติจะมีค่าคงที่ตาม Tangent Track แต่จำเป็นต้องมีระยะเผื่อในแนวราบมากขึ้นในโค้ง รูปที่ 5-13 เนื่องจากการแกว่งตัวของตู้รถไฟ (Car End Swing) และการขยายจากการวางซ้อนของตู้ (Car Overhang)

ระยะเผื่อทางตั้ง Vertical Clearance เช่นเดียวกันกับ Horizontal Clearance คือจะมีค่าคงที่ตามแนวเส้นตรง (Tangent Track) และจะต้องมีการเผื่อระยะ Vertical Clearance เพิ่มขึ้น ในบริเวณที่เป็น Sag Vertical Curves บริเวณ Superelevated Tracks ในกรณี รถไฟที่มีอุปกรณ์พิเศษ เช่น รถสองชั้น และเผื่อระยะเพิ่มขึ้นในบริเวณที่ต้องมีการบำรุงรักษาและเปลี่ยนอุปกรณ์ในอนาคต

เพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้ออกแบบในกรณีต่าง ๆ หลายมาตรฐานจึงจัดทำ Clearance Chart เพื่อกำหนดระยะเผื่อ ดังแสดงในรูปที่ 5-14



รูปที่ 5-13 Horizontal Clearance



รูปที่ 5-14 Clearance Chart ตามมาตรฐาน AREMA

Permission Tolerances เป็นความคาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ โดยที่การทำงานของระบบรางยังเป็นไปได้ด้วยความปลอดภัย หลายมาตรฐานได้กำหนดค่า Permission Tolerances เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพของงานตลอดจนใช้ติดตามผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระหว่างใช้งาน เช่น ค่า Permission Tolerances ตามมาตรฐานของประเทศอินเดีย ดังแสดงใน รูปที่ 5-15

Permissible Tolerances (mm)

S. No	Parameters	Installation	Maintenance L1	Maintenance L2
1.	Gauge	+2,-1	+4,-1	+10,-2
2.	Cross level on straight track	±1.5	±5 XL	±8 XL
3.	Cant on curved track	±1.5	±3 cant	±5 cant
4.	Twist on 3.6 m base	1:500	1:400	1:300
5.	Vertical alignment over 20 m chord	±4	±8	±12
6.	Lateral alignment over 20 m chord	±2	±5	±8
7.	On curves – variation over theoretical versine on 20 m chord with half over lapping	±2	±5	±8

L1: — Tolerance beyond which maintenance is to be planned;

L2: — Tolerance beyond which maintenance action is mandatory.

Note 1: Installation tolerances are the tolerances to which track shall be constructed relative to the designed alignment, and to which the track shall be restored following any significant maintenance intervention.

Note 2: Maintenance tolerances are the amount by which the track may deviate from the designed alignment in service before triggering the need for maintenance intervention.

รูปที่ 5-15 Permission Tolerances ตามมาตรฐานประเทศอินเดีย

5.3.2 ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบวางแนวเส้นทางของแต่ละประเทศ

การออกแบบแนวเส้นทาง

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC สำหรับการออกแบบแนวเส้นทาง มีหลายมาตรฐานด้วยกัน คือ

มาตรฐาน En 13231 Railway Applications - Track - Acceptance Of Works ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ การออกแบบแนวเส้นทาง ดังนี้

Part 1: Works On Ballasted Track - Plain Line, Switches And Crossings

มาตรฐาน En 13803 Railway Applications - Track - Track Alignment Design Parameters ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ การออกแบบแนวเส้นทาง ดังนี้

Part 1: Plain Line

Part 2: Switches And Crossings And Comparable Alignment Design Situations With
Abrupt Changes Of Curvature

มาตรฐาน Eu No 1299/2014 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ การออกแบบแนวเส้นทาง ดังนี้

Immediate Action Limits On Track Geometry Defects

- 1) The Immediate Action Limit For Alignment (4.2.8.1)
- 2) The Immediate Action Limit For Longitudinal Level (4.2.8.2)
- 3) The Immediate Action Limit For Track Twist (4.2.8.3)
- 4) The Immediate Action Limit Of Track Gauge As Isolated Defect (4.2.8.4)
- 5) The Immediate Action Limit For Cant (4.2.8.5)

A. Line Layout

- 1) Maximum Gradients (4.2.3.3)
- 2) Minimum Radius Of Horizontal Curve (4.2.3.4)
- 3) Minimum Radius Of Vertical Curve (4.2.3.5)

B. Track Parameters

- 1) Nominal Track Gauge (4.2.4.1)
- 2) Cant (4.2.4.2)
- 3) Cant Deficiency (4.2.4.3)
- 4) Abrupt Change Of Cant Deficiency (4.2.4.4)
- 5) Equivalent Conicity (4.2.4.5)
- 6) Railhead Profile For Plain Line (4.2.4.6)
- 7) Rail Inclination (4.2.4.7)

มาตรฐาน Uic Tsi Infrastructure ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ การออกแบบแนวเส้นทาง ดังนี้

- 1) Nominal Track Gauge
- 2) Minimum Infrastructure Gauge
- 3) Distance Between Track Centres
- 4) Maximum Rising And Falling Gradients
- 5) Minimum Radius Of Curvature
- 6) Track Cant
- 7) Cant Deficiency
- 8) Equivalent Conicity
- 9) Track Geometrical Quality And Limits On Isolated Defects

มาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น

มาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น สำหรับการออกแบบแนวเส้นทางคือ Japan Standard : Chapter 3
Guide Way ซึ่งมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) Gauge
- 2) Guide Way Alignment
- 3) Radius of curvature
- 4) Cant
- 5) Gauge Widening
- 6) Transition Curve
- 7) Gradient
- 8) Vertical Curve
- 9) Construction Gauge
- 10) Width of Formation Level
- 11) Distance between Track Centers
- 12) Track
- 13) Structures
- 14) Facilities to Abate Extreme Noise
- 15) Buildings
- 16) Facilities to Prevent Disasters and Other
- 17) Protection of Below Bridges
- 18) Facilities of Underground Stations
- 19) Prevention of Rolling Stock Runaways
- 20) No Trespassing to Guide Way
- 21) Evacuation Facilities
- 22) Wayside Posts

มาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

มาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี สำหรับการออกแบบแนวเส้นทางคือ KR C-14020
Alignments and Layouts ซึ่งมีเนื้อหาทั้งหมด 11 หมวดคือ

- 23) Track Alignment Measurement
- 24) Design of Track Alignment
- 25) Design Speed
- 26) Track Gauge
- 27) Radius of Curvature
- 28) Cant
- 29) Transient Curve
- 30) Minimum Length of the Straight Line and Curve
- 31) Gradient

32) Vertical Curve

33) Slack

มาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย

มาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย สำหรับการออกแบบแนวเส้นทางคือ ARTC NSW Track Geometry Standards for Construction, Upgrading and Maintenance Works ซึ่งมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) Design and Rating

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับการออกแบบแนวเส้นทาง มีหลายมาตรฐานด้วยกัน คือ **มาตรฐาน CFR Part 213 Track Safety Standards** ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ การออกแบบแนวเส้นทาง ดังนี้

Subpart G—Train Operations at Track Classes 6 and Higher

213.323 Track gage.

213.327 Alignment.

213.329 Curves, elevation and speed limitations.

มาตรฐาน AREMA Practical Guide to Railway Engineering ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ การออกแบบแนวเส้นทาง ดังนี้

Chapter 6 - Railway Track Design

- 1) Stationing
- 2) Horizontal Alignments
- 3) Vertical Alignments
- 4) Alignment Design

มาตรฐาน AREMA Manual for Railway Engineering Vol. 1 Chapter 5 Track ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ การออกแบบแนวเส้นทาง ดังนี้

Part 3 Curves

มาตรฐานของประเทศอินเดีย

มาตรฐานของประเทศอินเดีย สำหรับการออกแบบแนวเส้นทางคือ HMR: SS: 01-2008 MANUAL OF SPECIFICATIONS AND STANDARDS ซึ่งมีเนื้อหาทั้งหมด 8 หมวดคือ

- 1) Alignment and Trackwork
 - 1.1) General
 - 1.2) Alignment and Track Structure Requirements
 - 1.3) Operating Requirements

- 1.4) Track Gauge
- 1.5) Track Spacing
- 1.6) Track Geometry
- 1.7) Track Structure
- 1.8) Design Documentation

Speed on Track

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC ที่เกี่ยวข้องกับ Speed on Track คือ
มาตรฐาน UIC TSI Infrastructure ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ Speed on Track ดังนี้

- 1) Distance between track centres
- 2) Maximum rising and falling gradients
- 3) Minimum radius of curvature
- 4) Track cant
- 5) Cant deficiency
- 6) Equivalent conicity

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่เกี่ยวข้องกับ Speed on Track คือ **มาตรฐาน CFR Part 213 Track Safety Standards** ซึ่งมีเนื้อหา ดังนี้

213.329 Curves, elevation and speed limitations.

4.2.10 Track geometrical quality and limits on isolated defects

Turnout (ประแจ)

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC สำหรับการออกแบบประแจ (Turnout) มีหลาย
มาตรฐานด้วยกัน คือ

มาตรฐาน EN 13231 Railway applications - Track - Acceptance of works ซึ่งมีเนื้อหาดังนี้

- 1) Works on ballasted track -Plain line, switches and crossings

มาตรฐาน EU No 1299/2014 ซึ่งมีเนื้อหาดังนี้

- 2) Immediate action limits on track geometry defects

2.1) The immediate action limits for switches and crossings (4.2.8.6)

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่เกี่ยวข้องกับประแจ (Turnout) มีหลายมาตรฐานด้วยกัน คือ
มาตรฐาน CFR Part 213 Track Safety Standards ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ ประแจ (Turnout)
ดังนี้

- 1) 331.213 Track surface.
- 2) 332.213 Combined Alignment and Surface Deviations

มาตรฐาน AREMA Manual for Railway Engineering Vol. 1 Chapter 5 Track ซึ่งมีเนื้อหา
เกี่ยวข้องกับประแจ (Turnout) ดังนี้

Structure gauge, Layout and Clearance

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC สำหรับ ข้อกำหนดของ Structure gauge,
Layout and Clearance มีดังนี้ คือ

มาตรฐาน Eu No 1299/2014 ซึ่งมีเนื้อหาดังนี้

- 1) Line Layout
 - 1.1) Structure Gauge (4.2.3.1)
 - 1.2) Distance Between Track Centres (4.2.3.2)

มาตรฐาน Uic Tsi Infrastructure ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ Structure Gauge, Layout And
Clearance ดังนี้

- 1) Distance Between Track Centres
- 2) Track Geometrical Quality And Limits On Isolated Defects
- 3) Rail Inclination
- 4) Railhead Profile

มาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น

มาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น สำหรับข้อกำหนดของ Structure gauge, Layout and Clearance คือ
Japan Standard : Chapter 4 Station and Halt และ Chapter 5 Intersection with Road ซึ่ง
มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) Chapter 4 Station and Halt
 - 1.1) Track Layout at Station and Halt
 - 1.2) Station Facilities
 - 1.3) Platforms
 - 1.4) Access for Passengers
 - 1.5) Train Depot

2) Chapter 5 Intersection with Road

2.1) Intersection with Road

2.2) Level Crossing Roads

มาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

มาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี สำหรับ ข้อกำหนดของ Structure Gauge, Layout and Clearance คือ KR C-14020 Alignments and Layouts ซึ่งมีเนื้อหา ดังนี้

- 1) Structure Gauge
- 2) Distance between Track Centers
- 3) Layout of Tracks

มาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย

มาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย ที่เกี่ยวข้องกับ Structure Gauge, Layout And Clearance คือ มาตรฐาน ARTC NSW Standard ETF-05-01 ซึ่งมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) New Track Construction
 - 1.1) Main Line Tolerances
 - 1.2) Survey Tolerances
 - 1.3) Siding Tolerances

มาตรฐาน ARTC Standards Respecting Railway Clearances (TC E-05) ซึ่งมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) Application Of Standard
- 2) Interpretation
- 3) Standard Clearances
- 4) Less Than Standard Clearances
- 5) Track Centres
- 6) Siding Agreements
- 7) Wires And Conductors
- 8) Notifying The Minister Of Transport

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่เกี่ยวข้องกับ Structure Gauge, Layout And Clearance มีหลายมาตรฐานด้วยกัน คือ

มาตรฐาน CFR Part 213 Track Safety Standards ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ Structure gauge, Layout and Clearance ดังนี้

- 1) 333.213 Automated vehicle inspection systems

มาตรฐาน AREMA Practical Guide to Railway Engineering ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ Structure gauge, Layout and Clearance ดังนี้

- 1) Chapter 6 -Railway Track Design
 - 1.1) Design of Yards
 - 1.2) Clearances

มาตรฐาน AREMA Manual for Railway Engineering Vol.3 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ Structure gauge, Layout and Clearance ดังนี้

- 1) CHAPTER 6 BUILDINGS AND SUPPORT FACILITIES

มาตรฐานของประเทศอินเดีย

มาตรฐานของประเทศอินเดีย สำหรับข้อกำหนดของ Structure Gauge, Layout And Clearance คือ HMR: SS: 01-2008 MANUAL OF SPECIFICATIONS AND STANDARDS ซึ่งมีเนื้อหาดังนี้

- 1) Alignment and Trackwork
 - 1.1) Alignment and Track Structure Requirements
 - 1.2) Operating Requirements
 - 1.3) Track Spacing
 - 1.4) Track Structure
 - 1.5) Track Tolerances
 - 1.6) Track Components
 - 1.7) Special Layouts
- 2) Accommodating Structures
 - 2.1) General
 - 2.2) Elevated Guideway Structure –Features
 - 2.3) Elevated Guideway Structure –Design Criteria
 - 2.4) Re-instatement Works, Utilities and Miscellaneous Infrastructure Works
 - 2.5) Landscaping and Environmental Requirements
- 3) 10 Station Planning and Design
 - 3.1) General
 - 3.2) Site Access and Circulation
 - 3.3) Station Architecture
 - 3.4) Station Quality
 - 3.5) Spatial Vertical Clearances
 - 3.6) Pedestrian Access
 - 3.7) Vehicular Access

- 3.8) Station Parking
- 3.9) Station Design Requirements
- 3.10) Performance Requirements
- 3.11) Materials and Station Finishes
- 3.12) Landscaping at Elevated Station Complex and Guideway Alignment
- 3.13) Rain Water Harvesting
- 3.14) Fencing
- 3.15) Environmental Protection Requirements

5.3.3 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานของ Structure gauge, Layout and Clearance

ตารางที่ 5-9 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานของ Structure gauge, Layout and Clearance

Topic		Static Gauge		Kinematic Gauge		
Sub Topic		ขนาดใหญ่สุด ของรถไฟที่ พิจารณา	ขอบเขตเชิงสถิติ	การเคลื่อนที่ของช่วงล่าง	การเคลื่อนที่ภายในโค้ง	ความไม่สมมาตรของน้ำหนักบรรทุก
Engineering Principal		ขนาดของรถไฟ ใหญ่สุดบนสาย ทางที่พิจารณา	พิกัดขอบเขตเชิงสถิติซึ่งตัวรถจะไม่ มีการยื่นล้ำออกมา โดยปกติจะไดมา จากการขยายขนาดมิติของรถไฟ ซึ่ง วิธีการกำหนดขอบเขตแบบนี้จะง่าย ต่อการคำนวณ แต่จะสามารถใช้งาน ได้เฉพาะสายทางที่ไม่ได้วิ่งร่วมกับ รถในระบบอื่น	การเคลื่อนที่ของช่วงล่าง จะส่งผลให้ตัวรถ เปลี่ยนแปลงพิกัด ส่งผล ให้เส้นขอบเขตของกรอบ มิติเปลี่ยนแปลงไป	ตัวรถที่มีความยาวนั้น เมื่อ เคลื่อนที่ผ่านโค้งจะมีการยื่น ล้ำเข้าไปในโค้ง ซึ่งต้องมีการ เผื่อระยะเพิ่มเติม	น้ำหนักบรรทุกที่ไม่สมมาตรจะส่งผล ให้ตัวรถเกิดการส่ายหรือเอียงไปจาก ตำแหน่งปกติ
Remark	EN	a	a	a	a	a
	USA	a	a	a	a	a
	China	a	N/A	a	a	a
	TH	มีการกำหนดตามมาตรฐานยุโรป				
	Intercity	a	a	N/A	N/A	N/A
Conclusion		ใช้แนวทางตาม มาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐาน ยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐาน ยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป

ตารางที่ 5-9 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานของ Structure gauge, Layout and Clearance (ต่อ)

Topic			Kinematic Gauge	Dynamic Gauge			
Sub Topic			ความไม่สม่ำเสมอของทาง	การเคลื่อนที่ของช่วงล่าง	การเคลื่อนที่ภายในโค้ง	ความไม่สมมาตรของน้ำหนักบรรทุก	ความไม่สม่ำเสมอของทาง
Engineering Principal			ทางวิ่งที่ไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้ตัวรถเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น	การเคลื่อนที่ของช่วงล่าง จะส่งผลให้ตัวรถเปลี่ยนแปลงพิกัด ส่งผลให้เส้นขอบเขตของกรอบมิติเปลี่ยนแปลงไป	ตัวรถที่มีความยาวนั้น เมื่อเคลื่อนที่ผ่านโค้งจะมีการย่นล้ำเข้าไปในโค้ง ซึ่งต้องมีการเผื่อระยะเพิ่มเติม	น้ำหนักบรรทุกที่ไม่สมมาตรจะส่งผลให้ตัวรถเกิดการส่ายหรือเอียงไปจากตำแหน่งปกติ	ทางวิ่งที่ไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้ตัวรถเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น
Remark	EN		a	a	a	a	a
	USA		a	a	a	a	a
	China		a	a	a	a	a
	TH	Metro	มีการกำหนดตามมาตรฐานยุโรป				
		Intercity	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Conclusion			ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป

ตารางที่ 5-9 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานของ Structure gauge, Layout and Clearance (ต่อ)

Topic		Other Consideration						Structural Gauge
Sub Topic		Electrical Envelope	Track Spacing	Station clearance	Space around tunnel	Space around derail equipment	Additional due to seismic fault zone	ขนาดเผื่อเพื่อการก่อสร้างและซ่อมบำรุง
Engineering Principal		ระยะเผื่อสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์และโครงสร้างของระบบจ่ายไฟฟ้า รวมไปถึงการเคลื่อนที่ของแพนโทกราฟ	ระยะห่างระหว่างทางวิ่งอื่น ซึ่งอาจต้องมีการเผื่อระยะเพิ่มเติม เช่น air gap เป็นต้น	ระยะเผื่อสำหรับบริเวณขาลาและโรงซ่อม	ขนาดเพิ่มเติมสำหรับทางรถไฟภายในอุโมงค์ เช่น ในอุโมงค์บริเวณที่มีประแจที่ต้องมีการเอระยะในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม เป็นต้น	ขนาดเพิ่มเติมสำหรับทางรถไฟบริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์ที่บังคับให้รถไฟตกราง	บริเวณที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวสูง อาจจำเป็นต้องมีการเผื่อระยะห่างเพื่อให้สามารถดำเนินการซ่อมแซมทางฯได้ง่ายโดยไม่กระทบต่อการเดินรถ	ขนาดพิกัดขอบเขตโครงสร้างที่ต้องเผื่อไว้ในขั้นสุดท้ายของการออกแบบ
Remark	EN		N/A	a	a	N/A	N/A	a
	USA		a	a	a	a	a	a
	China		a	a	a	N/A	N/A	a
	TH	Metro	มีการกำหนดตามมาตรฐานยุโรป					
		Intercity	N/A	N/A	a	N/A	N/A	N/A
Conclusion		ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป	ใช้แนวทางตามมาตรฐานยุโรป

5.3.4 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานของ Alignment

ตารางที่ 5-10 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานของ Alignment

Topic			Horizontal Profile				
Sub Topic			Tangent Track	Curve Radius and Cant	Cant Deficiency	Cant excess	Track widening
Engineering Principal			ข้อกำหนดของแนวเส้นทางช่วงทางตรง เช่น พิกัดการเบี่ยงเบนของแนวเส้นทางสูงสุด (bend) ที่ไม่ถือว่าเป็นทางโค้ง เป็นต้น	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถ รัศมีโค้งและค่าพิกัดการยกโค้งที่ใช้ในการก่อสร้างจริง	ค่าพิกัดการยกโค้งส่วนขาดที่ยอมให้รถไฟสามารถแล่นผ่านได้ที่ความเร็วมากกว่าความเร็วสมดุล (balance speed)	ค่าพิกัดการยกโค้งส่วนเกินที่ยอมให้รถไฟสามารถแล่นผ่านได้ที่ความเร็วน้อยกว่าความเร็วสมดุล (balance speed)	การขยายขนาดความกว้างทางฯในบริเวณทางโค้ง
Remark	EN		a	a	a	a	a
	USA		a	a	a	a	a
	AUS		a	a	a	a	a
	China		a	a	a	a	a
	Korea		a	a	a	a	a
	India		a	a	a	a	a
	TH	Metro	รฟม. มีการกำหนดมาตรฐานในด้านนี้ โดยมีความคล้ายคลึงกับของต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าพิกัดต่าง ๆ ได้มีการปรับตัวเลขให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจริงและลักษณะของการทำงานของ รฟม. เอง				
Intercity		รฟท. มีการกำหนดมาตรฐานในด้านนี้ โดยมีความคล้ายคลึงกับของต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าพิกัดต่าง ๆ ได้มีการปรับตัวเลขให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจริงและลักษณะของการทำงานของ รฟท. เอง					
Conclusion			มาตรฐานของแต่ละประเทศมีการกำหนดเนื้อหาในด้าน track alignment and layout ไว้คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะวิธีการคำนวณ สูตรและสมการต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ค่าพิกัดสูงสุดที่ยอมให้สำหรับการออกแบบ ก่อสร้างและซ่อมบำรุงนั้น ยังจำเป็นต้องทำการศึกษาในรายละเอียดในอนาคต เพื่อที่จะสามารถกำหนดค่าให้เหมาะสมกับการใช้งานของทางในสถานะต่าง ๆ ทั้งนี้ มาตรฐานที่จัดทำจึงเน้นไปที่การกำหนดแนวทางการออกแบบเพื่อกำหนดแนวเส้นทาง โดยยังคงให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนดค่าพิกัดต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับโครงการที่พิจารณาได้				
			a	a	กำหนดความเหมาะสมของโครงการ	a	a

ตารางที่ 5-10 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานของ Alignment (ต่อ)

Topic			Horizontal Profile			Vertical Profile	
Sub Topic			Transition curve	Compound curve	Turnout curve	Vertical curve	Grade compensation
Engineering Principal			โค้งเปลี่ยนผ่านโดยประกอบไปด้วยความยาวโค้ง รูปแบบการคำนวณเส้นโค้ง พิกัดของอัตราการยกโค้ง เป็นต้น	ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับบริเวณโค้งต่อเนื่อง เช่น ความยาวระหว่างโค้ง เป็นต้น	ข้อกำหนดของรูปร่างของโค้งบนประแจ	การกำหนดครีมีโค้งดิ่งในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความชันของทางฯ	การลดความชันในบริเวณทางโค้ง เนื่องจากแรงต้านที่เพิ่มขึ้นต่อตัวรถไฟ
Remark	EN		a	a	a	a	a
	USA		a	a	a	a	a
	AUS		a	a	a	a	a
	China		a	a	a	a	a
	Korea		a	a	a	a	a
	India		a	a	a	a	a
	TH	Metro	รฟม. มีการกำหนดมาตรฐานในด้านนี้ โดยมีความคล้ายคลึงกับของต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าพิกัดต่างๆได้มีการปรับตัวเลขให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจริงและลักษณะของการทำงานของ รฟม. เอง				
		Intercity	รฟท. มีการกำหนดมาตรฐานในด้านนี้ โดยมีความคล้ายคลึงกับของต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าพิกัดต่างๆได้มีการปรับตัวเลขให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจริงและลักษณะของการทำงานของ รฟท. เอง				
Conclusion			มาตรฐานของแต่ละประเทศมีการกำหนดเนื้อหาในด้าน track alignment and layout ไว้อย่างคล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะวิธีการคำนวณ สูตรและสมการต่างๆ อย่างไรก็ตาม ค่าพิกัดสูงสุดที่ยอมให้สำหรับการออกแบบ ก่อสร้างและซ่อมบำรุงนั้น ยังจำเป็นต้องทำการศึกษาในรายละเอียดในอนาคต เพื่อที่จะสามารถกำหนดค่าให้เหมาะสมกับการใช้งานของทางในสภาวะต่างๆ ทั้งนี้ มาตรฐานที่จัดทำจึงเน้นไปที่การกำหนดแนวทางการออกแบบเพื่อกำหนดแนวเส้นทาง โดยยังคงให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนดค่าพิกัดต่างๆให้เหมาะสมกับโครงการที่พิจารณาได้				
			a	a	a	a	กำหนดความเหมาะสมของโครงการและสมรรถนะของรถไฟ

ตารางที่ 5-10 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานของ Alignment (ต่อ)

Topic			Construction & Maintenance	
Sub Topic			Track Tolerances	
Engineering Principal			พิกัดความผิดพลาดที่ยอมให้ในการก่อสร้างและซ่อมบำรุง เช่น ความกว้างของทางฯ ระดับแนวตั้ง ความเที่ยงตรงในแนวราบ ความแตกต่างของระดับราง เป็นต้น	
Remark	EN		มีการกำหนดค่าพิกัดทั้งในการก่อสร้างและซ่อมบำรุง	
	USA		มีการกำหนดค่าพิกัดทั้งในการก่อสร้างและซ่อมบำรุง	
	AUS		มีการกำหนดค่าพิกัดทั้งในการก่อสร้างและซ่อมบำรุง	
	China		มีการกำหนดค่าพิกัดทั้งในการก่อสร้างและซ่อมบำรุง โดยมีรายละเอียดของจำนวนตัวอย่างที่ต้องทำการตรวจวัด	
	Korea		มีการกำหนดค่าพิกัดทั้งในการก่อสร้างและซ่อมบำรุง	
	India		มีการกำหนดค่าพิกัดทั้งในการก่อสร้างและซ่อมบำรุง	
	TH	Metro	รฟม. มีการกำหนดมาตรฐานในด้านนี้ โดยมีความคล้ายคลึงกับของต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าพิกัดต่างๆได้มีการปรับตัวเลขให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจริงและลักษณะของการทำงานของ รฟม. เอง	
		Intercity	รฟท. มีการกำหนดมาตรฐานในด้านนี้ โดยมีความคล้ายคลึงกับของต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าพิกัดต่างๆได้มีการปรับตัวเลขให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจริงและลักษณะของการทำงานของ รฟท. เอง	
Conclusion			มาตรฐานของแต่ละประเทศมีการกำหนดเนื้อหาในด้าน track alignment and layout ไว้คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะวิธีการคำนวณ สูตรและสมการต่างๆ อย่างไรก็ตาม ค่าพิกัดสูงสุดที่ยอมให้สำหรับการออกแบบ ก่อสร้างและซ่อมบำรุงนั้น ยังจำเป็นต้องทำการศึกษาในรายละเอียดในอนาคต เพื่อที่จะสามารถกำหนดค่าให้เหมาะสมกับการใช้งานของทางในสถานะต่างๆ ทั้งนี้ มาตรฐานที่จัดทำจึงเน้นไปที่การกำหนดแนวทางการออกแบบเพื่อกำหนดแนวเส้นทาง โดยยังคงให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนดค่าพิกัดต่างๆให้เหมาะสมกับโครงการที่พิจารณาได้	
			กำหนดความเหมาะสมของโครงการ โดยต้องมีรายละเอียดของรอบการตรวจสอบ วิธีการตรวจสอบ พิกัดสูงสุดที่ยอมให้ รวมไปถึงจำนวนตัวอย่างที่ต้องทำการเก็บข้อมูล	

5.3.5 สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบวางแนวเส้นทาง

การออกแบบแนวเส้นทาง (Design Element)

สำหรับการออกแบบแนวเส้นทาง (Design Element) มาตรฐานในหลายประเทศอาศัยหลักทางวิศวกรรมอย่างเดียวกันแต่สูตรที่ใช้แตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับ Track Gauge และ ความเร็วที่ใช้ออกแบบ ซึ่งในหลายประเทศมีการแบ่ง Class ความเร็วที่ใช้ไว้อย่างชัดเจนการปรับปรุงมาตรฐานมาใช้ในประเทศไทย ควรพิจารณามาตรฐานการออกแบบของประเทศที่มี Track Gauge ใกล้เคียงกับ Track Gauge ประเทศไทยก่อน

Speed on Track

สำหรับ ความเร็วที่ยอมให้บนทางรถไฟ (Speed on track) มาตรฐานในหลายประเทศกำหนดไว้ในส่วนของ Regulation Level มีการแบ่ง Class ของรถไฟตามระดับความเร็ว ซึ่งความเร็วของรถไฟที่ใช้ในประเทศไทยเป็นความเร็วใน Class ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับมาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC และสหรัฐอเมริกา อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของประเทศอินเดียมีการแบ่ง Class . ใกล้เคียงกับความเร็วของรถไฟในประเทศไทย นอกจากนี้ยังพบว่า มาตรฐาน CFR 213 ของประเทศสหรัฐอเมริกา และมาตรฐาน UIC ของประเทศกลุ่มยุโรปในพูดถึง Speed on track ใน Section ของการ Design Element ด้วย สำหรับข้อเสนอแนะในการปรับปรุงมาตรฐานระบบรางในประเทศไทย คือ ควรที่จะมีการแบ่ง Class ของรถไฟตามความเร็วให้ชัดเจน

Structure gauge, Layout and Clearance

สำหรับ Structure gauge, Layout and Clearance มีการกำหนดไว้ในเกือบทุกมาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตาม มาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรป (EN) มีการให้รายละเอียดในส่วนนี้ค่อนข้างมากและมีความยืดหยุ่นต่อการนำไปใช้งาน ทั้งนี้ การนำมาปรับใช้ในประเทศไทยอาจต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับกฎหมายที่มีอยู่เดิม ซึ่งจากการศึกษาพบว่า กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับ Structure gauge, Layout and Clearance ในประเทศไทย มี 2 ฉบับ คือ พรบ.จัดวางและทางหลวง พุทธศักราช 2464 และพรบ. การรถไฟแห่งประเทศไทย พุทธศักราช 2494

ภาพรวมของมาตรฐานที่ควรมีในประเทศไทย

- 1) มาตรฐานการออกแบบแนวเส้นทางที่ควรมี
 - 1.1) มาตรฐานการออกแบบแนวเส้นทางตามแนวเส้นทางทั่วไป (Plain line)
 - 1.2) ข้อกำหนดประเภทของราง (Track Gauge) ที่ใช้ในประเทศไทย
 - 1.3) มาตรฐานการสำรวจเพื่อการก่อสร้างแนวเส้นทาง
 - 1.4) มาตรฐานความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับแนวเส้นทาง
- 2) มาตรฐานความเร็วที่ยอมให้บนเส้นทางรถไฟที่ควรมี
 - 2.1) การแบ่ง Class ของรถไฟตามความเร็วที่ใช้ประเทศไทย
 - 2.2) มาตรฐานความเร็วที่ใช้ในกรณีต่างๆ เช่น ความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย

- 3) มาตรฐานแนวเส้นทางบริเวณจุดตัดและประแจหลัก ที่ควรมี
 - 3.1) มาตรฐานการออกแบบแนวเส้นทางบริเวณที่เป็นจุดตัด และประแจหลัก
- 4) มาตรฐานการจัดวาง โครงสร้าง องค์อาคาร และระยะเผื่อ ที่ควรมี
 - 4.1) มาตรฐานการจัดวางผัง (Layout) สิ่งก่อสร้างที่อยู่ในแนวเส้นทาง
 - 4.2) มาตรฐาน Structural Gauge
 - 4.3) มาตรฐานระยะเผื่อ (Clearance) ในการบริหารจัดการระบบราง

5.4 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง (BALLAST TRACK)

5.4.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

ทางรถไฟทำหน้าที่ควบคุมรถให้เคลื่อนที่ตามเส้นทางที่ต้องการและเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบการเดินรถ การมีโครงข่ายทางรถไฟที่ครอบคลุม มีคุณภาพการเดินทางที่สูง เชื่อมั่นได้ เป็นการเพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพของการให้บริการของระบบราง ทางรถไฟควรได้รับการออกแบบให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม มีความปลอดภัย คุณภาพการขับขี่สูง และมีอายุการที่เหมาะสม ทางรถไฟที่ใช้กันทั่วไปมีสองแบบ กล่าวคือ 1) ทางแบบหินโรย (Ballasted Railroad Track) และ 2) ทางแบบวางบนโครงสร้าง (Slab Or Ballast-Less Railroad Track) ทางแบบหินโรยนั้นถือว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักของระบบขนส่งทางราง เหตุที่ทางรถไฟแบบหินโรยมีใช้งานอยู่อย่างแพร่หลายและมาเป็นเวลายาวนานก็เพราะ 1) การวิเคราะห์ออกแบบและเทคโนโลยีการก่อสร้างไม่ยุ่งยากซับซ้อน 2) มูลค่าก่อสร้างต่อหน่วยความยาวต่ำ 3) ซ่อมบำรุงและรักษาได้ง่าย วิธีการไม่ยุ่งยาก 4) หากออกแบบทาง ก่อสร้างและซ่อมบำรุงให้เหมาะสมทางรถไฟแบบหินโรยจะมีสภาพการขับขี่ดี นุ่มนวล

การออกแบบทางรถไฟแบบหินโรยตามหลักวิศวกรรมนั้นต้องพิจารณา 2 ส่วนสำคัญ กล่าวคือ 1) การออกแบบวางแนวเส้นทาง ข้อพิจารณาได้แก่ แนวทิศทางการวางตัวของทาง ระดับของรางหรือทาง ความเอียง ความลาด ความชัน ความโค้งและการยกโค้ง เป็นต้น 2) การออกแบบด้านสมรรถนะความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างทาง (Performance And Stability Design) ข้อพิจารณาได้แก่ คุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุโครงสร้างทาง ขนาดและความหนา เสถียรภาพ เทคนิคการก่อสร้างและการควบคุมภาพ เป็นต้น การวิเคราะห์ออกแบบทางที่ถูกหลักนั้นควรพิจารณาทั้งสองส่วนเข้าด้วยกันเพราะส่งผลถึงกันอย่างลึกซึ้งแยกออกจากกันไม่ได้ ยกตัวอย่างเช่น ความโค้งของทางจะส่งผลโดยตรงต่อแรงด้านข้างที่กระทำกับหัวรางและเป็นแรงผลักดันให้หมอนรองรางเคลื่อนตัวออกหลุดออกจากแนวเดิมของทาง เป็นต้น หากวิศวกรวิเคราะห์โดยพิจารณาทั้งสองแนวทางเข้าด้วยกันก็จะได้ทางรถไฟแบบหินโรยที่เหมาะสมกับสภาพการจราจรและบริบทการเดินรถไฟ สภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ และทางมีอายุการใช้งานยาวเพียงพอ เนื่องจากผลการทบทวนข้อมูลสำหรับจัดทำมาตรฐานออกแบบวางแนวเส้นทางรถไฟได้กล่าวถึงในส่วนอื่นของรายงานฉบับนี้แล้ว ในส่วนนี้จะได้กล่าวถึงเฉพาะสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบด้านสมรรถนะความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างทางรถไฟแบบหินโรยต่อไป

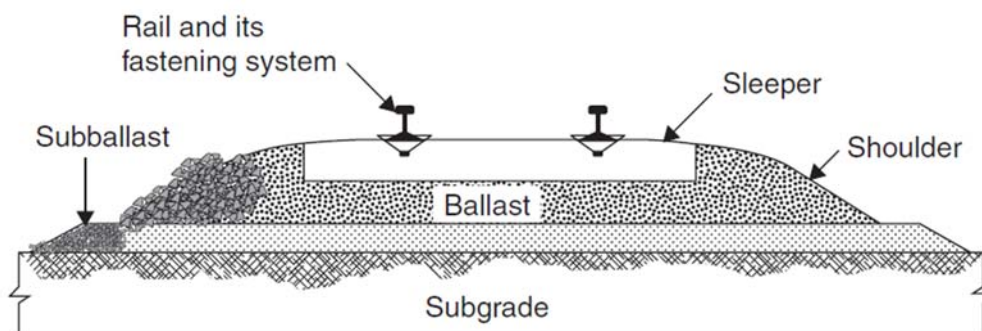
องค์ประกอบโครงสร้างทางรถไฟแบบหินโรย

ทางรถไฟแบบหินโรยเป็นโครงสร้างมีองค์ประกอบภายในหลายส่วนและเป็นวัสดุหลายชนิด ในทางวิศวกรรมจะถือว่าเป็นโครงสร้างประกอบ (Composite Structure) มีหลักการวิเคราะห์ที่มีแบบแผน

ชัดเจนซึ่งมีความซับซ้อนในระดับหนึ่ง เหตุเพราะต้องพิจารณาถึงปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางซึ่งมี
สมบัติทางวิศวกรรมต่างกัน

องค์ประกอบของโครงสร้างทางรถไฟแบบหินโรยที่ใช้กันโดยทั่วไปประกอบไปด้วย

- 1) ราง (เหล็ก)
- 2) เครื่องยึดเหนี่ยวราง (เหล็ก วัสดุสังเคราะห์)
- 3) ชุดแผ่นรองราง (เหล็ก วัสดุสังเคราะห์)
- 4) หมอนรองราง (คอนกรีตเสริมเหล็ก หรือ ไม้)
- 5) ชั้นหินโรยทาง (หิน)
- 6) ชั้นรองหินโรยทาง (หิน ดิน)
- 7) ดินคั่นทาง (ถ้ามี) (ดิน)
- 8) ชั้นดินเดิม (ดิน)



รูปที่ 5-16 องค์ประกอบของโครงสร้างทางรถไฟแบบหินโรย

โครงสร้างส่วนบน (Superstructure) ของทางรถไฟแบบหินโรยประกอบด้วย ราง เครื่องยึดเหนี่ยวราง แผ่นรองรางและหมอนรองราง ส่วนที่ต่ำลงมาจะเรียกว่าโครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) ประกอบด้วย ชั้นหินโรยทาง (Ballast layer) ชั้นรองหินโรยทาง (Sub ballast หรือ Capping หรือ Blanket) และโครงสร้างส่วนที่เป็นดิน (Roadbed หรือ Formation หรือ Subgrade) ในส่วนของรายงานความก้าวหน้าจะเน้นไปถึงองค์ประกอบโครงสร้างทางส่วนล่าง (Track substructure) ได้แก่ ชั้นหินโรยทาง ชั้นรองหินโรยทาง และชั้นพื้นทาง เป็นหลัก ทั้งนี้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและซ่อมบำรุงของส่วนโครงสร้างทางด้านบน ได้แก่ ราง เครื่องยึดเหนี่ยว แผ่นรองราง หมอนรองราง จะได้กล่าวถึงในส่วนอื่นๆของรายงาน

ทางรถไฟแบบมีหินโรยต้องได้รับการออกแบบให้มีความมั่นคงแข็งแรง มีเสถียรภาพสูง คุณภาพการเดินทางดีและอายุการใช้งานเหมาะสม ชั้นโครงสร้างทางส่วนล่างควรมีอยู่ครบถ้วน มีความหนาถูกต้องตามหลักวิศวกรรม ตั้งอยู่บนดินที่แข็งแรงไม่ยุบอ่อนตัว มีระบบการระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพ น้ำไม่ขังอยู่ในทางซึ่งเป็นเหตุทำให้ทางเสื่อมสภาพไว การออกแบบทางรถไฟแบบหินโรยมีหลักการสำคัญคือโครงสร้างส่วนต่างๆต้องมีการก้ำกึ่งเพียงพอที่จะรองรับน้ำหนักจากการจราจร ไม่เกิดการพังวิบัติ (Stability design approach)และทางไม่เกิดการเคลื่อนตัวเสียรูปที่มากเกินไปมีแนวและระดับอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการและ

ยอมรับได้ (Performance design approach) วิศวกรต้องเข้าใจถึงลักษณะการกระจายตัวของแรงหรือน้ำหนักจากการจราจรในโครงสร้างทางจึงจะออกแบบทางแบบหินโรยได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

การกระจายตัวของหน่วยแรงในโครงสร้างทางรถไฟแบบหินโรย

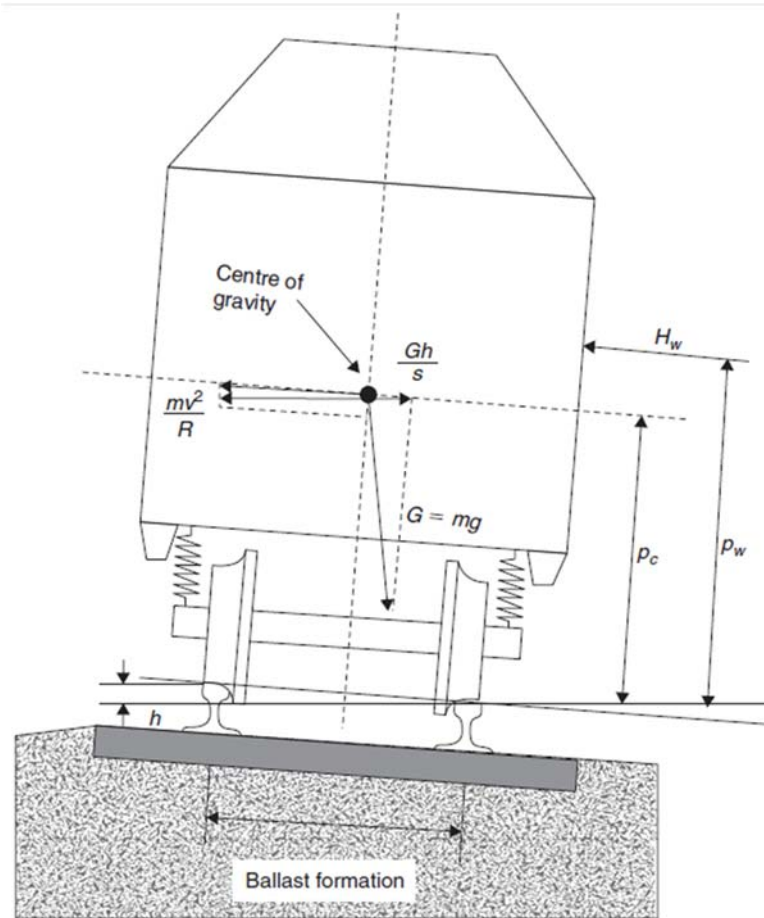
เมื่อรถวิ่งจะเกิดน้ำหนักล้อแบบรวม (Q) แรงดังกล่าวไม่คงที่แต่เปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ของรถ กล่าวคือเป็นแบบพลวัตขึ้นกับการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ของล้อรถไฟเทียบกับราง Esveld (2001) ได้นำเสนอแนวทางการคำนวณน้ำหนักล้อรวมในแนวดิ่ง

$$\begin{aligned}Q &= Q_{quasi\ static} + Q_{dynamic} \\Q_{quasi\ static} &= Q_{static} + Q_{centrifugal} + Q_{wind} \\Q_{static} &= G/2 \\Q_{centrifugal} &= \frac{Gp_ch_d}{s^2} \\h_d &= \frac{sV^2}{gR} - h \\Q_{wind} &= \frac{H_wp_w}{s}\end{aligned}$$

โดยที่

Q_{static}	= น้ำหนักล้อสถิต
G	= น้ำหนักกดเพลลา
$Q_{centrifugal}$	= แรงหนีศูนย์กลางที่หัวรางภายนอกในช่วงโค้ง
$Q_{dynamic}$	= น้ำหนักล้อพลวัต
p_c	= ระยะระหว่างจุดกึ่งกลางของทาง (ระดับราง) จนถึงจุดศูนย์กลางน้ำหนักของรถ
s	= ความกว้างของราง
V	= ความเร็วรถ
g	= ความเร่งสนามโน้มถ่วง
R	= รัศมีความโค้งของทาง
h	= ความสูงของการยกโค้ง
H_w	= แรงลมด้านข้างกระทำต่อตัวรถ
p_w	= ระยะระหว่างจุดกึ่งกลางของทาง (ระดับราง) จนถึงจุดที่ผลลัพธ์ของแรงลมกระทำต่อรถ

น้ำหนักล้อพลวัตเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างล้อกับราง มีกลไกการเกิดที่ซับซ้อน ขนาดของแรงชนิดนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลากหลาย ได้แก่ น้ำหนักรถ ความเร็ว ความเรียบและกลมของล้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางล้อ คุณภาพระบบกันสะเทือนของรถ ความราบเรียบของราง สภาพทาง เป็นต้น



รูปที่ 5-17 พารามิเตอร์ใช้ในการคำนวณน้ำหนักล้อสำหรับออกแบบโครงสร้างทางรถไฟแบบหินโรย

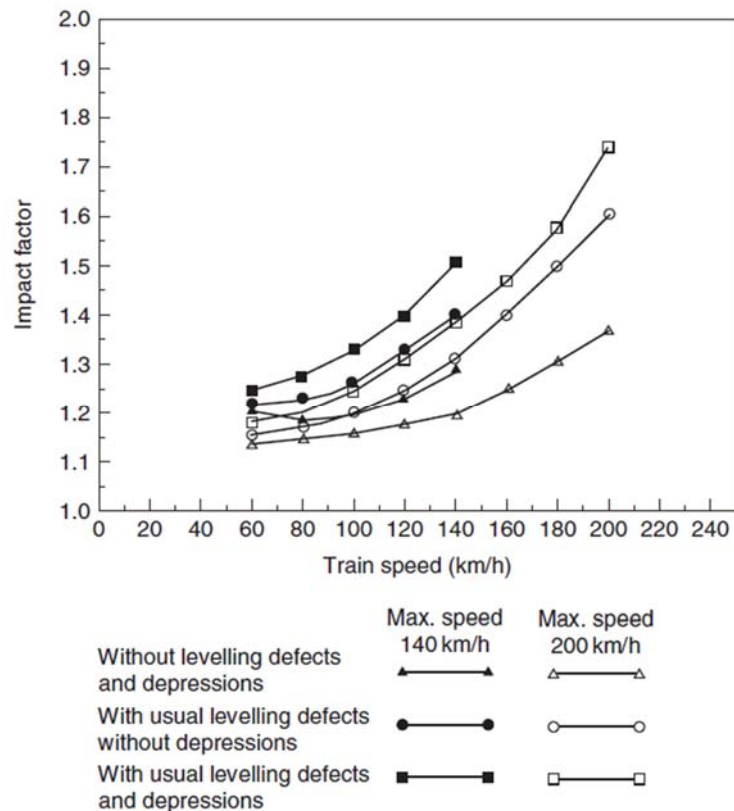
เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ออกแบบวิศวกรส่วนใหญ่นิยมคำนวณน้ำหนักล้อสำหรับออกแบบโครงสร้างทางรถไฟ (Design Wheel Load P_d) จากสูตรเชิงประจักษ์ (Empirical Formula) ซึ่งมีลักษณะดังนี้

$$P_d = \phi P_s$$

เมื่อ ϕ คือสัมประสิทธิ์การกระแทก (Impact factor) และ P_s คือน้ำหนักกดเพลาสถิต (Static Wheel Load) น้ำหนักล้อสำหรับออกแบบได้พิจารณาความเป็นพลวัตของน้ำหนักล้อที่กระทำต่อทางอยู่ในการคำนวณแล้วผ่านตัวแปร ϕ มีผู้เสนอสูตรสำหรับคำนวณคือสัมประสิทธิ์การกระแทกดังตัวอย่างตามตารางที่ 5-11 ลักษณะของสูตรเหล่านี้มีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ เป็นฟังก์ชันของความเร็วยาน โดยค่า ϕ จะเพิ่มขึ้นตามความเร็ว และคุณภาพทางที่ต่ำลง ดังแสดงในรูปที่ 5-18

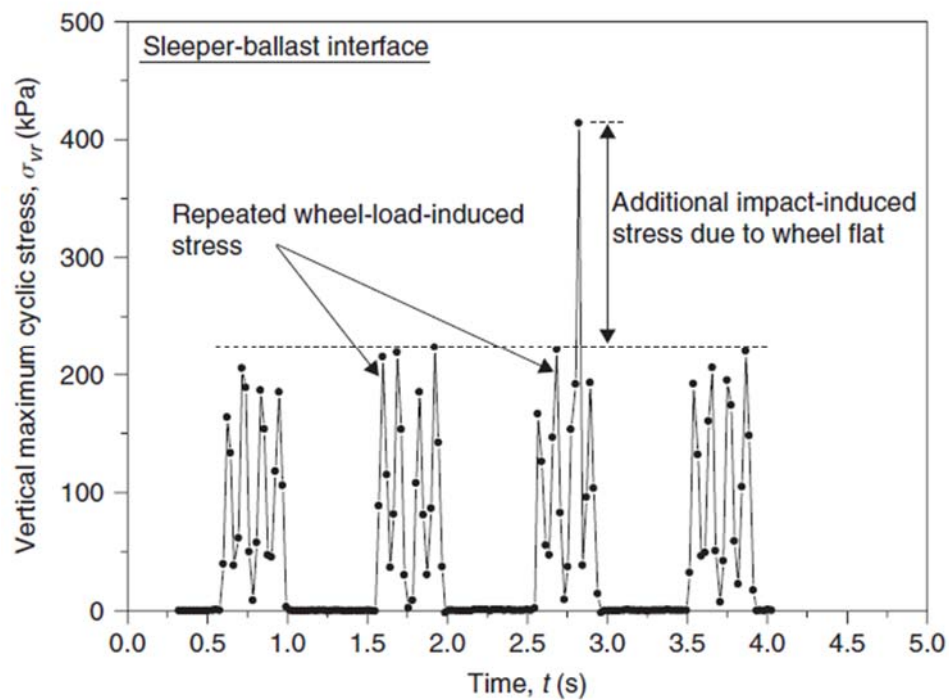
ตารางที่ 5-11 ตัวอย่างสูตรคำนวณสัมประสิทธิ์การกระแทกที่ใช้กันโดยทั่วไป

AREA Method	$\phi = 1 + 0.00521 \frac{V}{D}$
Indian method	$\phi = 1 + \frac{V}{58.14\sqrt{k}}$
South African method	$\phi = (1 + 3.86 \times 10^{-5} V^2)^{2/3}$



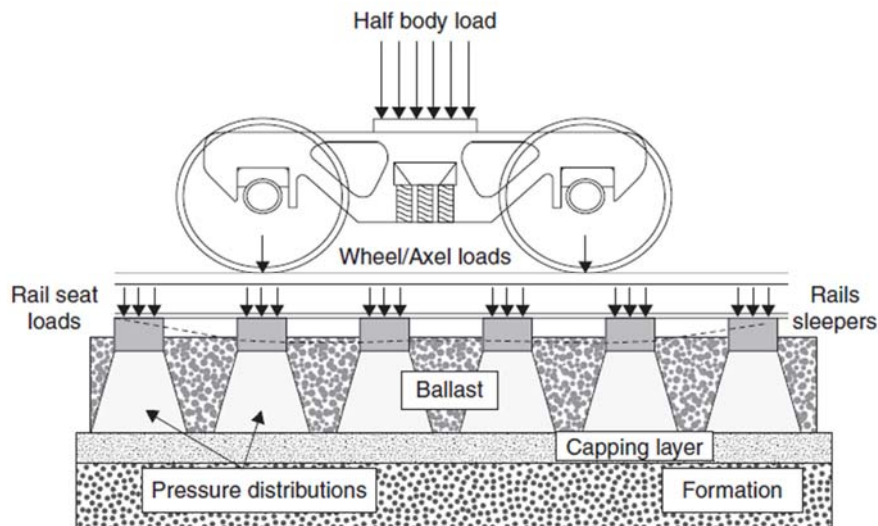
รูปที่ 5-18 ค่าคือสัมประสิทธิ์การกระแทกเพิ่มขึ้นตามความเร็วของรถและคุณภาพทางที่ต่ำลง

ตัวแปรหลักที่ใช้ออกแบบโครงสร้างส่วนล่างของทางแบบหินโรยคือหน่วยแรงอันเกิดจากการจราจรที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่างด้านล่างของหมอนกับหินโรยทาง หน่วยแรงนี้สามารถคำนวณจากน้ำหนักล้อ ออกแบบที่กระทำบนรางด้วยวิธี Beam on elastic foundation (BOEF) method หน่วยแรงออกแบบนี้เป็นตัวแทนของหน่วยแรงมากที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการจราจรจริงของรถไฟแบบปกติดังแสดงในรูปที่ 5-19

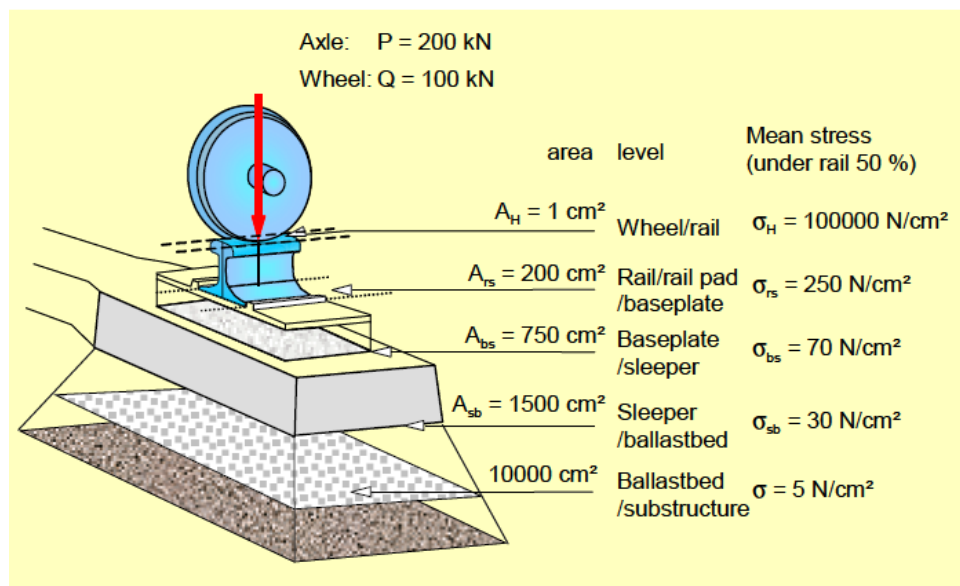


รูปที่ 5-19 ลักษณะและปริมาณของแรงที่กระจายตัวอยู่ในโครงสร้างทางรถไฟแบบหินโรย (ในรูป บริเวณรอยต่อระหว่าง
หมอนรองรางและหินโรยทาง)

จากการศึกษาพบว่าแรงที่กระจายอยู่ในชั้นโครงสร้างทางนั้นกระทำต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นไปตามความลึกของหน้าตัดทาง ดังนั้นความเข้มข้นหรือหน่วยแรงจะลดลงตามระดับความลึก (รูปที่ 5-20) ยกตัวอย่างผลการวัดหน่วยแรงในโครงสร้างทางรถไฟในสนามดังแสดงรูปที่ 5-21 หากหน่วยแรงที่เกิดขึ้นระหว่างล้อกับรางเป็น 100% จะเกิดหน่วยแรงที่ผิวสัมผัสระหว่างหมอนกับหินโรยทางเป็น 0.03% และที่ผิวระหว่างหินโรยกับวัสดุรองหินโรยทางเพียงแค่ว่า 0.005% ด้วยเหตุนี้วัสดุสร้างทางจึงต้องแข็งแกร่งที่สุดในส่วนบนซึ่งต้องรับความเข้มข้นของแรงมากและกำลังของวัสดุสามารถลดทอนลงสำหรับโครงสร้างทางที่อยู่ระดับต่ำลงไป



รูปที่ 5-20 ลักษณะการกระจายตัวของน้ำหนักกดเพลลาไปตามความลึกของหน้าตัดทาง หน่วยแรงลดลงไปตามความลึกของหน้าตัดทาง



รูปที่ 5-21 ตัวอย่างผลการวัดหน่วยแรงที่กระจายตัวในโครงสร้างทางรถไฟแบบหินโรยจากการจราจรของรถไฟจริงในสนาม

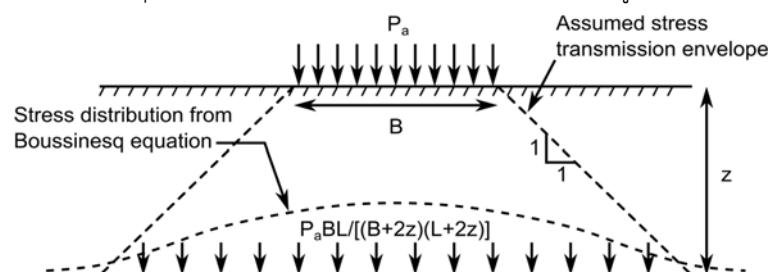
เราสามารถประมาณการกระจายตัวของหน่วยแรงจากชั้นหินและรองหินโรยทางไปยังดินได้หลายวิธี โดยวิธีเหล่านี้สามารถแบ่งออกได้เป็นสี่กลุ่มได้แก่

- 1) กลุ่มเชิงประจักษ์ (Empirical Method) ได้จากการวัดหน่วยแรงที่ระดับความลึกในสนามโดยตรง และเปรียบกับน้ำหนักน้ำหนักรถที่ก่อให้เกิดความเค้นนั้น ข้อดีของวิธีนี้คือใช้งานง่าย แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือความแม่นยำจะขึ้นอยู่กับสภาพของการจราจรและทางที่วิเคราะห์ว่าใกล้เคียงกับสภาพของทางที่สูตรดังกล่าวได้ถูกพัฒนาขึ้น ตัวอย่างสูตรที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ Talbot's Equation และ JNR Equation (ตารางที่ 5-6)

ตารางที่ 5-12 ตัวอย่างสูตรคำนวณหน่วยแรงบริเวณใต้ชั้นรองหินโรยและบนทางผิวดินด้วยวิธีเชิงประจักษ์และวิธีเชิงทฤษฎี

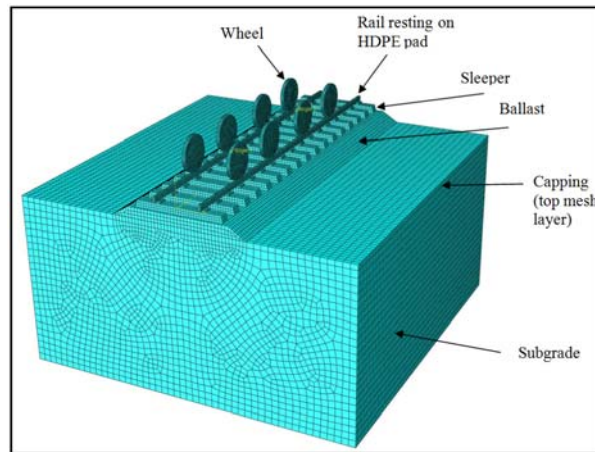
Method	Equation
Talbot equation	$\sigma_{z \max} = \frac{16.8\sigma_{\max}}{\bar{h}^{1.25}}$
Japanese National Railways equation	$\sigma_{z \max} = \frac{50\sigma_{\max}}{10 + \bar{h}^{1.35}}$
Boussinesq equation	$\sigma_{z \max} = \frac{6P_{\text{stat}}}{2\pi\bar{h}^2}$
Love equation	$\sigma_{z \max} = \sigma_{\max} \left[1 - \left(\frac{1}{1 + (r/\bar{h})^2} \right)^{3/2} \right]$
	$\sigma_{\max} = \frac{2P_{\text{stat}}}{A_{\text{sb}}} (FS)$

- 2) กลุ่มทฤษฎี (Theoretical Method) ได้จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของแรงในโครงสร้างทางที่เป็นสมมติให้เป็นวัสดุอีลาสติก ตัวอย่างสูตรที่ใช้วิธีนี้คือ Boussinesq Equation และ Love Equation (ตาราง 6.3.2)
- 3) กลุ่มตรรกะ (Logical Method) ใช้วิธีสมมติลักษณะการกระจายตัวของหน่วยแรงในทางรูปแบบที่สมเหตุสมผลและเปรียบกับการวัดความเค้นจริงในสนาม (รูปที่ 5-22)



รูปที่ 5-22 ตัวอย่างการสมมติลักษณะการกระจายตัวของหน่วยแรงจากหมอนรองรางลงมายังชั้นดินตามวิธีตรรกะ

- 4) คำนวณหน่วยแรงในโครงสร้างทางด้วยวิธีเชิงตัวเลข เช่น วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบสามมิติ



รูปที่ 5-23 แบบจำลองโครงสร้างทางรถไฟแบบหินโรยเพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของหน่วยแรงในโครงสร้างทางรถไฟ
แบบหินโรยด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ชั้นหินโรยทาง

ชั้นหินโรยทางรถไฟเป็นโครงสร้างทางที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสมรรถนะทางวิศวกรรมของทางรถไฟแบบหินโรย เป็นโครงสร้างหลักที่รับน้ำหนักจากรถและให้เสถียรภาพสำหรับทางรถไฟ ชั้นหินโรยทางยังช่วยให้การซ่อมบำรุงทางทำได้ง่าย กล่าวคือ ทำให้ปรับแก้แนว ระดับและตำแหน่งของหมอนและรางได้โดยสะดวก โดยทั่วไปก่อสร้างให้มีความหนาประมาณ 25 ถึง 30 ซม. หน้าที่หลักของชั้นหินโรยทางในโครงสร้างทางรถไฟสรุปได้ดังนี้ดังนี้

- 1) รองรับป้องกันไม่ให้หมอนรองรางเคลื่อนตัวทั้งในแนวดิ่ง แนวนายาว แนวด้านข้าง ทั้งนี้เพื่อรักษาแนวและระดับรางให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ
- 2) ทำหน้าที่รับน้ำหนักจากโครงสร้างด้านบน กระจายน้ำหนักดังกล่าวให้เบาบางและส่งต่อไปยังชั้นโครงสร้างทางที่อยู่ล่างลงไป
- 3) ซึมซับแรงสั่นสะเทือนและเสียงจากการเคลื่อนที่ของรถไฟ
- 4) เป็นส่วนช่วยระบายน้ำออกจากทางได้อย่างรวดเร็ว

ปกติจะออกแบบชั้นหินโรยทางมีระยะคลุมหัวหมอนด้านข้าง ประมาณ 15-20 ซม. ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของรางและหมอนออกทางด้านข้าง (รูปที่ 5-24) ชั้นหินโรยทางต้องได้รับการบดอัดให้มีความหนาแน่นตามที่กำหนดเพื่อให้มีเสถียรภาพ ชั้นหินโรยทางต้องได้รับการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมเพื่อล้างหินเพื่อเอาเศษฝุ่นสิ่งเจือปนที่แทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของหินออกเพื่อให้ทางระบายน้ำได้ดี จนถึงเปลี่ยนหินใหม่เพื่อให้อนุภาคหินมีเหลี่ยมมุมอยู่เสมอ

การออกแบบให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมนั้นชั้นหินโรยทางควรมีความหนาและลึกลงไปจากด้านล่างของหมอนเป็นระยะที่เหมาะสมก่อนที่จะไปถึงชั้นรองหินโรยทาง การกำหนดความหนาของชั้นหินโรยทางมีหลักการสำคัญคือชั้นหินโรยต้องมีความหนาน้อยพอที่จะกระจายน้ำหนักจากการจราจรให้เบาบางและไม่ก่อให้เกิดปัญหากับโครงสร้างส่วนที่เป็นดิน ปัญหาดังกล่าวคือ 1) ความเข้มข้นของแรงเกินกว่ากำลังของดินพื้นทางและทำให้เกิดการพังวิบัติของดินพื้นทาง 2) อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะ

วิเคราะห์ออกแบบให้ความเข้มข้นของน้ำหนักจากการจราจรเบาบางจนไม่เกิดการพังวิบัติของดินได้
แล้ว แต่ระดับของแรงที่กระจายตัวนั้นต้องไม่เหนียวแน่นให้เกิดการเคลื่อนตัวเสียรูปสะสมของดินพื้น
ทางที่มากเกินไป จนทำให้ระดับและแนวของรางเคลื่อนออกจากตำแหน่งที่เหมาะสมทำให้เกิดความ
คลาดเคลื่อนของทางที่มากเกินไปได้ (รูปที่ 5-25)



รูปที่ 5-24 การเคลื่อนตัวออกด้านข้างของหมอนและรางเนื่องจากแรงพยุ่งหัวหมอนไม่เพียงพอ
(ระยะหินหัวหมอนต่ำเกินไป)

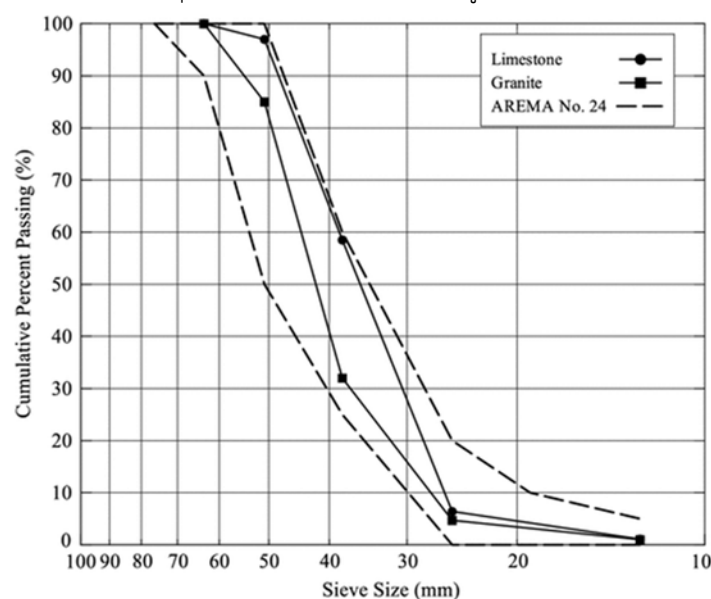


รูปที่ 5-25 ตัวอย่างทางรถไฟแบบหินโรยที่มีความคลาดเคลื่อนสูงเกิดจากดินพื้นทางพังวิบัติ
และมีการเคลื่อนตัวเสียรูปที่มากเกินไป

หินโรยทางรถไฟ

การก่อสร้างชั้นหินโรยทางต้องใช้วัสดุที่ได้มาตรฐาน หินโรยทางควรผลิต (ระเบิดและม่) จากหินแข็ง และมีองค์ประกอบของแร่เฉพาะที่เหมาะสม มีผลึกสมบูรณ์ เช่น หินอัคนี หรือ หินแปร ในกรณีทางรองรับรถโดยสารที่มีน้ำหนักเบาอาจใช้หินตะกอนคุณภาพสูงทดแทนได้ เพื่อให้ชั้นหินโรยทางทำหน้าที่ทางวิศวกรรม (ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว) ได้อย่างสมบูรณ์ หินโรยทางควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 1) หินโรยทางต้องมีการคละขนาดอนุภาคที่เหมาะสม (ตัวอย่าง รูปที่ 5-26 และ ตารางที่ 5-13) อนุภาคของหินโรยทางควรมีขนาดใกล้เคียงกัน (Uniform Or Poorly Graded) หินโรยทางใหม่ต้องสะอาด กล่าวคือ มีอนุภาคขนาดที่จัดว่าเป็นดิน (ขนาดอนุภาคน้อยกว่า 4.75 มม) ปนอยู่ได้ไม่เกิน 1 %

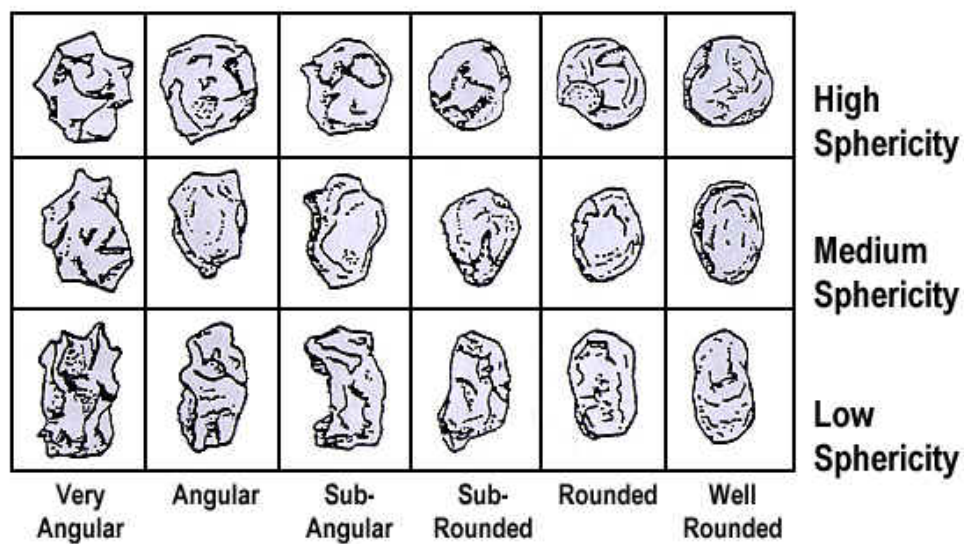


รูปที่ 5-26 ข้อกำหนดช่วงการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของหินโรยทางที่กำหนดโดย American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA)

- 2) หินโรยทางต้องมีเหลี่ยมมุมที่ดี รูปร่างลักษณะของอนุภาคหินแบบต่างๆ แสดงในรูปที่ 5-27 เหลี่ยมมุม (Angularity) ทำให้อนุภาคหินที่ถูกบดอัดเข้าด้วยกันขัดกัน (Interlocking) และเกิดเป็นเสถียรภาพภายในของชั้นหินและทรงตัวตั้งเป็นคันหินรับน้ำหนักจากการจราจรได้ หินโรยทางที่มีขนาดของอนุภาคที่เท่าๆกัน และเหลี่ยมมุมที่ดี (รูปที่ 5-27) จะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคที่ใหญ่เพียงพอ ช่องว่างดังกล่าวช่วยให้ทางรถไฟระบายน้ำได้ดี ช่องว่างยังช่วยช่วยกักเก็บเศษดินหรือฝุ่นในชั้นหินโรยทางก่อนที่จะพัดอนุภาคเล็กเหล่านี้ออกไประหว่างการระบายน้ำ

ตารางที่ 5-13 ตัวอย่างการกระจายตัวของขนาดอนุภาคหินโรยทางที่กำหนดเป็นมาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย

Sieve size (mm)	% passing by weight (Nominal ballast size = 60 mm)
63.0	100
53.0	85–100
37.5	20–65
26.5	0–20
19.0	0–5
13.2	0–2
9.50	–
4.75	0–1
1.18	–
0.075	0–1

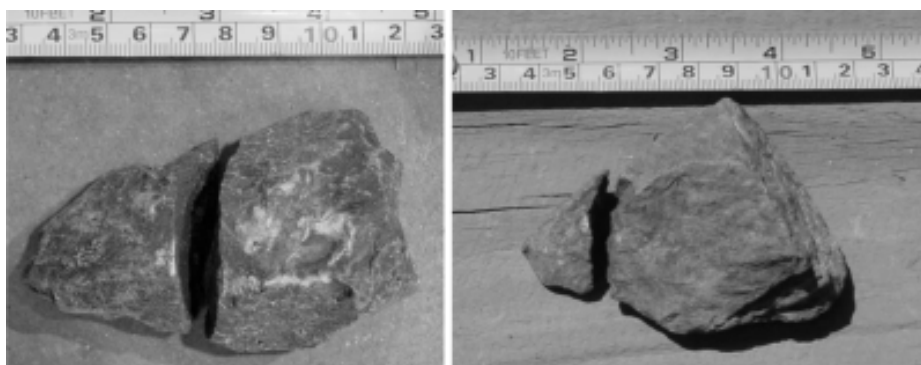


รูปที่ 5-27 รูปร่างลักษณะและเหลี่ยมมุมของอนุภาคหินแบบต่างๆ

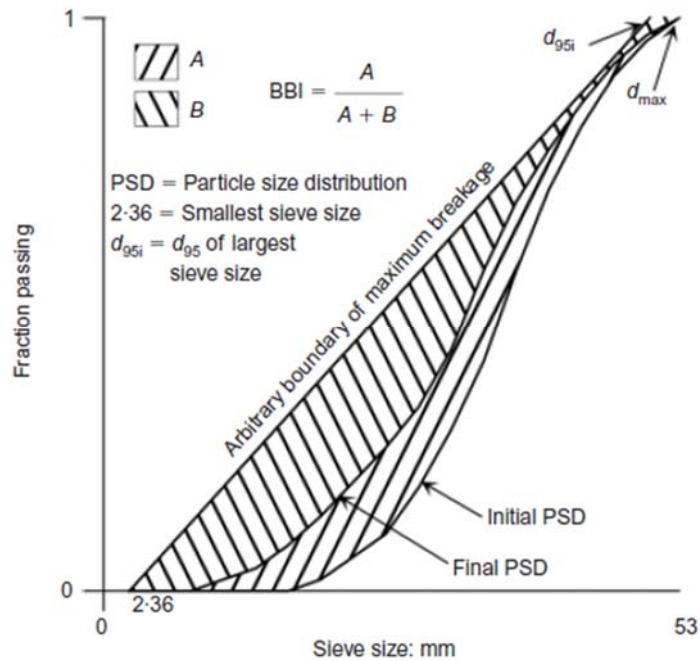


รูปที่ 5-28 ตัวอย่างหินโรยทางที่มีเหลี่ยมมุมและการคละขนาดที่ดี

- 3) หินโรยทางควรมีความแข็งแรง ไม่แตกหักได้ง่าย เมื่อผ่านการใช้งาน ความเค้นจากการจราจรที่กระจายตัวผ่านชั้นหินโรยทางจะถูกถ่ายเทระหว่างหมอนกับอนุภาคหิน และระหว่างอนุภาคหิน หน่วยแรงที่บริเวณดังกล่าวมีความเข้มข้นมากจนอาจจะทำให้อนุภาคหินแตกหักได้ ลักษณะการแตกหักของหินโรยทางที่พบโดยทั่วไปแสดงในรูปที่ 5- 29 เมื่อหินโรยทางแตกหักจะทำให้ขนาดอนุภาคเล็กลงและเหลี่ยมมุมของอนุภาคที่แตกหักแล้วลดลงหรืออีกนัยหนึ่งคือมนขึ้น ความหนาของชั้นหินจะลดลง (ชั้นหินโรยทางยุบตัว) ซึ่งเกิดจากสองปัจจัย คือ ช่องว่างระหว่างหินลดลง และเสถียรภาพภายในของชั้นหินโรยทางลดลงเพราะเหลี่ยมมุมของหินที่ก่อให้เกิดการขัดกันของอนุภาคเริ่มหายไปและหินเริ่มไถลสัมผัสกันได้มากขึ้น นอกจากนั้นเศษหินที่แตกออกเป็นอนุภาคเล็กๆทำให้ช่องว่างภายในของชั้นหินลดลงเป็นการลดความสามารถระบายน้ำของชั้นหินโรยทางอีกด้วย ได้มีผู้นำเสนอดัชนีชี้วัดระดับการแตกหักของหินโรยทางรถไฟอยู่หลายแบบ ยกตัวอย่างเช่น Ballast Breakage Index ของ Indraratna et al. (2012) แสดงในรูปที่ 5-30



รูปที่ 5-29 ลักษณะการแตกหักของหินโรยทางจากการใช้งานของทางที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5-30 การประเมินระดับการแตกหักของอนุภาคหินโรยทางด้วย Ballast Breakage Index (BBI)

- 4) ดัชนี BBI สามารถประเมินระดับการแตกหักของหินด้วยการคำนวณการเคลื่อนตำแหน่งของเส้นการกระจายขนาดอนุภาคของหินที่ผ่านการใช้งานแล้วไปจากเส้นการกระจายขนาดอนุภาคของหินใหม่โดยอ้างอิงจากภาวะของหินโรยทางที่เกิดการแตกหักได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามการประเมินระดับการแตกหักของหินโรยทางตามอายุการใช้งานของทางไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักในภาคอุตสาหกรรม สืบเนื่องจากความยุ่งยากในการเก็บตัวอย่าง หลักปฏิบัติทั่วไประหว่างการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟแบบหินโรยคือ ผู้ออกแบบจะเลือกใช้หินที่ทดสอบการสึกหรอสูงจากการทดสอบ Aggregate Crushing Test หรือ Los Angeles Abrasion Test และอนุมานว่าหินดังกล่าวจะแตกหักน้อยเมื่อใช้งานในทางรถไฟภายใต้สภาพการจราจรจริง
- 5) หินโรยทางต้องมีคุณสมบัติทางกลอย่างอื่นๆ ได้แก่
 - 5.1) ความบางและความผิดรูปของอนุภาค (Flakiness And Misshapeness) ไม่มากเกินไปอันจะทำให้อนุภาคหินแตกหักได้ง่าย
 - 5.2) ความทนทานของอนุภาค (Soundness) ต้องเพียงพอที่จะทนต่อการผุกร่อนตามธรรมชาติได้
 - 5.3) ปริมาณการปนเปื้อนของดินมวลละเอียด (Fines Content And Clay Lump) ไม่มากเกินไปทำให้กำลังของชั้นหินโรยทางต่ำ
 - 5.4) ความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะของอนุภาคหิน (Grain Density Or Specific Gravity) ความหนาแน่นแบบรวมของชั้นหินโรยทาง (Bulk Density) ต้องสูงเพียงพอถึงความแข็งแรงของอนุภาคหินและความแน่นแข็งแรงของชั้นหินโรยทาง

ตัวอย่างข้อกำหนดคุณสมบัติทางกลของหินโรยทางที่ใช้ในประเทศออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา และ
แคนาดาแสดงในตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5-14 ตัวอย่างข้อกำหนดคุณสมบัติทางกลของหินโรยทางที่ใช้ในประเทศออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา และแคนาดา

Ballast property	Australia	USA	Canada
Aggregate Crushing Value	<25%		
LAA	<25%	<40%	<20%
Flakiness Index	<30%		
Misshapen Particles	<30%		<25%
Sodium Sulphate Soundness		<10%	<5%
Magnesium Sulphate Soundness			<10%
Soft and Friable Pieces		<5%	<5%
Fines (<No. 200 sieve)		<1%	<1%
Clay Lumps		<0.5%	<0.5%
Bulk Unit Weight kg/m ³	>1200	>1120	
Particle Specific Gravity	>2.5		>2.6

ชั้นรองหินโรยทาง

ทางรถไฟแบบหินโรยโดยเฉพาะที่วางตัวอยู่บนชั้นดินพื้นทางอ่อน ควรจะมีการออกแบบให้มีชั้นรอง
หินโรยทางอยู่ด้วย ชั้นรองหินโรยทางทำหน้าที่สำคัญคือ 1) กระจายหน่วยแรงในโครงสร้างทางจาก
ชั้นหินโรยทางให้เบาบางลงเพื่อให้ชั้นดินพื้นทางไม่เกิดปัญหาจากการมีหน่วยแรงกระทำที่มาก
เกินไป ดังนั้นชั้นรองหินโรยทางต้องได้รับการบดอัดให้มีความหนาแน่นและแข็งเมื่อเปรียบเทียบกับ
ดินพื้นทาง โดยปกติชั้นรองหินโรยทางจะก่อสร้างจากหินย่อย หรือ กรวดปนทรายที่มีการกระจายตัว
ของขนาดอนุภาคหินที่ดี (Well-Graded Crushed Rock Or Mixture Of Sand And Gravel) บด
อัดให้มีความแน่น 2) ชั้นรองหินโรยทางต้องทำหน้าที่แยกชั้นหินโรยทางออกจากชั้นดินคันทาง
 กล่าวคือป้องกันอนุภาคหินไม่ให้จมลงในชั้นดินและในทำนองเดียวกันป้องกันไม่ให้ดินคันทางดันตัว
 ขึ้นมาปนในชั้นหินโรยทางทำให้เกิดการอุดตันระบายน้ำไม่ได้ ปัญหาที่พบมาของทางที่วางตัวอยู่บน
 ดินพื้นทางอ่อนและไม่ใช้ชั้นรองหินโรยทางหรือมีชั้นหินโรยทางที่ไม่ได้มาตรฐานหรือพังคือน้ำหนัก
 การจราจรที่มากเกินไปทำให้แรงดันน้ำในดินเพิ่มสูงขึ้น ระบายไปไหนไม่ได้จนในที่สุดดินกลายสภาพ
 และมีลักษณะเป็นดินเหลว (Slurry) ฉีดตัวขึ้นมาปนในชั้นหินโรยทาง (Clay Or Mud Pumping) ดัง
 แสดงในรูปที่ 5-31)

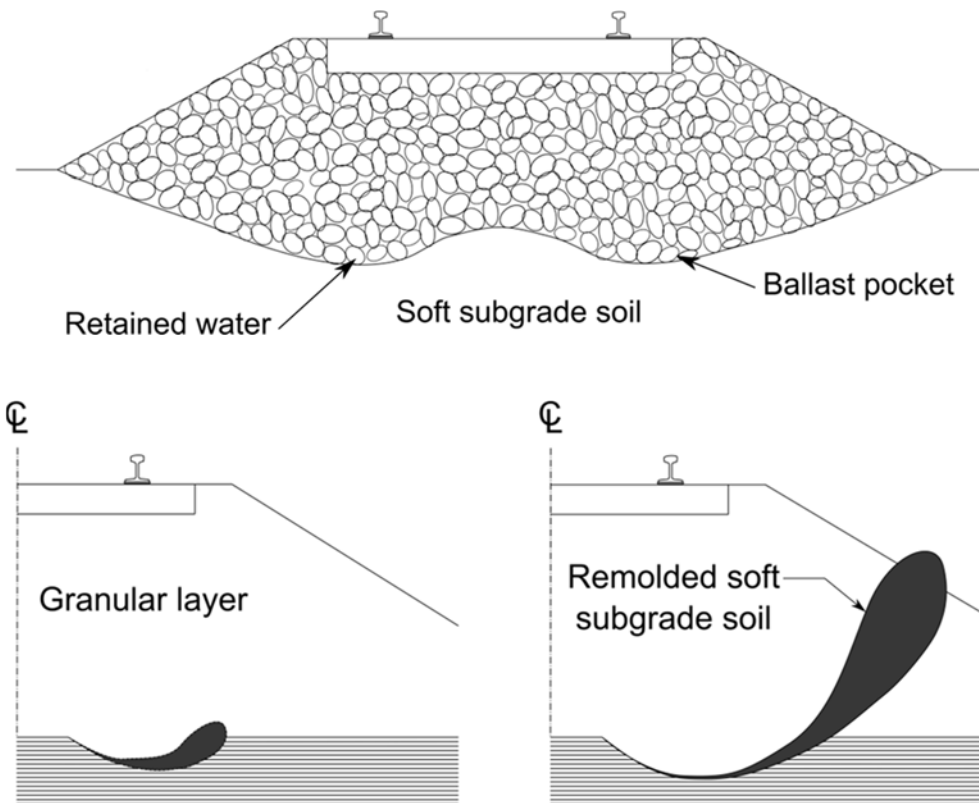
นอกจากนั้นชั้นรองหินโรยทางต้องทำหน้าที่เป็นตัวกรองที่ดี กล่าวคือดักน้ำที่ไหลลงมาจากชั้นหินโรย
 ทางออกด้านข้างไปสู่ร่องระบายน้ำข้างทาง ดังนั้นน้ำจะไม่ไหลซึมลงไปเพิ่มความชื้นของชั้นดินพื้น
 ทาง หากดินพื้นทางมีความชื้นที่มากอยู่แล้วและมีแรงดันน้ำระหว่างเม็ดดินสูงการมีชั้นรองหินโรยทาง
 ที่ดีจะช่วยระบายแรงดันดังกล่าวในรูปการไหลของน้ำจากดินขึ้นมาบนชั้นรองหินโรยทางโดยที่เม็ดดิน
 ถูกกรองและกักอยู่ด้านล่าง ไม่ฉีดตัวขึ้นมาปนเปื้อนกับหินโรยทาง ชั้นรองหินโรยทางเก่าที่เสื่อมสภาพ
 แล้วจะต้องได้รับการปรับปรุงให้มีสภาพใช้งานที่ดีอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนชั้นรองหินโรย
 ทางนั้นยุ่งยากซับซ้อนกว่าการซ่อมบำรุงชั้นหินโรยทางเป็นอย่างมาก ดังนั้นการออกแบบชั้นรองหิน

โรยทางจะต้องทำอย่างพิถีพิถันถูกต้อง เหมาะสมกับสภาพการจราจรและชั้นดินส่วนล่าง ขณะทำการ
ก่อสร้างต้องได้รับความคุมอย่างรัดกุมเพื่อให้เป็นไปตามหลักวิศวกรรมดังกล่าว



รูปที่ 5-31 ชั้นหินโรยทางที่หลุดตันจากดินเหลวที่อัดตัวขึ้นมาบนเบ้าอนเกิดจากทางที่ไม่มีชั้นรองหินโรยทางหรือชั้นรองหินโรย
ทางก่อสร้างไม่ได้มาตรฐาน

ในเชิงปฏิบัติความหนาของชั้นหินโรยทางจะกำหนดไว้ที่ 10-15 ซม. อย่างไรก็ตามหากจะให้ถูกต้อง
ตามหลักวิศวกรรมจริงๆนั้น ความหนาของชั้นหินโรยทางออกแบบต้องเหมาะสมกับความหนาของ
ชั้นหินโรยทาง กล่าวคือความหนาของชั้นทั้งสองรวมกัน (เรียกว่าความหนาของชั้นหินอนุภาค
Thickness Of Granular Layer) ต้องไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวเสียรูปที่มากเกินไปของชั้นดินพื้น
ทางโดยเฉพาะอย่างยิ่งดินพื้นทางอ่อน



รูปที่ 5-32 ลักษณะการเคลื่อนตัวเสียรูปของชั้นดินพื้นทางเกิดจากหน่วยแรงในโครงสร้างทางที่มากเกินไป

วิธีการกำหนดความหนาทำได้ด้วยการกำหนดความหนาลดต่ำสุดที่ยอมให้เช่น ชั้นหินโรยทางต้องไม่น้อยกว่า 25 ซม และชั้นรองหินโรยทางไม่น้อยกว่า 15 ซม จากนั้นสมมติความหนาของชั้นหินอนุภาคและคำนวณหน่วยแรงที่เกิดขึ้นบริเวณชั้นดิน (ตามวิธีที่ได้กล่าวไปแล้ว) หากหน่วยแรงดังกล่าวมากเกินไป อันจะก่อให้เกิดปัญหาขึ้นกับชั้นดิน (ดินพังวบัติหรือดินเคลื่อนตัวเสียรูปมากเกินไปดังแสดงในรูปที่ 5-32) ก็สมมติความหนาที่เพิ่มขึ้น จากนั้นเปรียบกับความหนาน้อยสุดที่ยอมให้ หากความหนาที่คำนวณได้เกินความหนาลดต่ำสุดก็ให้เพิ่มความหนาของชั้นรองหินโรยทางโดยที่ความหนารวมของชั้นหินอนุภาคเท่ากับความหนาที่คำนวณได้

คันทาง

คันทางหรือดินพื้นทางทำหน้าที่หลักคือรองรับทางรถไฟและให้ระดับทางที่ต้องการ คันทางอาจถูกสร้างขึ้นในลักษณะของโครงสร้างดินถม (Earth Fill Embankment) หรือ ชั้นดินเดิม (Natural Soil Deposit) ดินพื้นทางรับหน่วยแรงในโครงสร้างทางที่น้อยกว่าชั้นหินโรยทางและรองหินโรยทางมาก อย่างไรก็ตามหน่วยแรงจะต้องเบาบางเพียงพอและไม่ทำให้เกิดการเสียหายขึ้นกับชั้นดินจากน้ำหนักผ่านทางสะสมที่เพิ่มขึ้น แม้ว่าจะออกแบบและก่อสร้างชั้นหินโรยทางและชั้นรองหินโรยทางดีเพียงใด หากชั้นดินพื้นทางเกิดการพังและเคลื่อนตัวทางรถไฟจะเสียรูปหรืออุดตันระบายน้ำไม่ได้และทางจะใช้งานไม่ได้โดยสมบูรณ์ทันที

ในกรณีที่คันทางเป็นโครงสร้างดินถม ดินต้องได้รับการบดอัดให้แน่นเป็นไปตามข้อกำหนดออกแบบมีความแข็งแรง เช่น บดอัดที่ 95% ความหนาแน่นสูงสุดของดินตาม Standard Proctor Test เป็นต้นลาดของคันทางต้องมีความชันเหมาะสมไม่เสถียรภาพในลักษณะของการไถล (Landslide หรือ slip) หน้าที่ดินไม่ถูกกัดเซาะจากการไหลของน้ำ วิศวกรควรทราบสมบัติทางวิศวกรรมของดินคันทางหรือพื้นที่ทางโดยละเอียด ควรมีการเจาะสำรวจดินเพื่อศึกษาลักษณะการเรียงตัวของชั้นดินและตำแหน่งของระดับน้ำใต้ดิน มีผลการทดสอบกำลังของดินจากการทดสอบดินในห้องปฏิบัติการและหรือจากการทดสอบในสนาม

ในกรณีที่คันทางเป็นดินตามธรรมชาติและมีกำลังต่ำจนเกินไปและอาจเกิดการพังวิบัติหรือเคลื่อนตัวเสียรูปมาก วิศวกรอาจดำเนินการปรับปรุงดินให้มีกำลังเพียงพอที่จะรับน้ำหนักจากชั้นหินโรยทางและรองหินโรยทาง วิธีการที่ใช้โดยทั่วไปคือ การบดอัดดิน การบีบน้ำในดินออกให้ดินแน่นตัวและมีกำลังสูงขึ้นก่อน การผสมปูนขาวหรือพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ในดินเพื่อเพิ่มกำลัง เป็นต้น การก่อสร้างดินคันทางเกี่ยวพันกับงานดินปริมาณมาก มีผลต่อค่าใช้จ่ายโดยรวมของโครงการก่อสร้างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงควรได้รับความเอาใจใส่ในการวิเคราะห์อย่างพิถีพิถัน

5.4.2 ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทางของแต่ละประเทศ

จากการทบทวนมาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรยของหลายๆประเทศพบว่ามาตรฐานและข้อกำหนดสามารถจัดหมวดหมู่เป็น 2 ส่วน คือ 1) งานดิน (Earthwork) ในทางรถไฟ และ 2) หินโรยทางรถไฟ

งานดิน

มีเอกสารเสียเพียงประเทศเดียวที่มีข้อกำหนดชั้นระดับมาตรฐาน (Standard) ในส่วนของงานดินรับทางรถไฟ ได้แก่ARTC-ETM 08-01 Earthworks, Formation and Capping Materials แบ่งย่อยออกเป็น 5 ส่วนกล่าวคือ

- 1) การก่อสร้างคันทาง (Construction)
- 2) ชั้นรองหินโรยทาง (Formation Capping Material)
- 3) โครงสร้างสำหรับทางใหม่และการปรับปรุงทางเก่า (Formation for New Construction and Major Upgrading Works)
- 4) การขยายคันทาง (Embankment widening)

ในส่วนของประเทศอื่น เช่น อินเดีย แคนาดา จะกำหนดเป็นชั้นข้อกำหนด (Specifications) และข้อแนะนำ (Guidelines) มีการแบ่งหมวดหมู่คล้ายกัน ประกอบไปด้วย

- 1) การออกแบบระบบระบายน้ำ (Drainage design plan)
- 2) การก่อสร้างคันทาง (Construction earthwork)
- 3) ชั้นรองหินโรยทาง (Sub ballast placement)

4) การปรับปรุงดิน (Ground improvement)

สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาข้อกำหนดด้านการออกแบบรวบรวมอยู่ในลักษณะคู่มือ ได้แก่ AREMA Manual for Railway Engineering - Roadway and ballast เนื้อหาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานดินจะเป็นส่วน Roadbed ซึ่งประกอบด้วยหมวดย่อยดังนี้

- 1) การสำรวจและการทดสอบดิน (Exploration and testing)
- 2) การออกแบบคันทางและดินพื้นทาง (Design of roadbed)
- 3) การก่อสร้าง (Construction)
- 4) การซ่อมบำรุง (Maintenance)
- 5) ข้อเสนอแนะสำหรับฐานรากของจุดตัดผ่าน (Recommended practices for road crossing foundations)
- 6) การปรับปรุงดิน (Alternative ground improvement methods)

สำหรับประเทศไทยได้นำมาตรฐานจากหลายประเทศเข้ามาประยุกต์ใช้กับการออกแบบงานดินทางรถไฟ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิจารณ์ของวิศวกรผู้ออกแบบและดุลยพินิจของวิศวกรการรถไฟแห่งประเทศไทย เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่พัฒนาเองเพื่อใช้งานภายในประเทศเป็นการเฉพาะ

หินโรยทาง

หลายประเทศได้ระบุข้อกำหนดระดับชั้นมาตรฐานสำหรับหินโรยทางรถไฟ มาตรฐานเหล่านี้ระบุถึงรายละเอียดด้านเทคนิคของวัสดุอย่างจำเพาะเจาะจงและชัดเจน เนื้อหาจัดหมวดหมู่ไว้ใกล้เคียงกัน โดยหลักจะแบ่งหมวดหมู่ออกเป็น การผลิต การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม การสุ่มตัวอย่างทดสอบ การจัดการ เป็นต้น มาตรฐานสำหรับหินโรยทางที่ใช้กันได้แก่

มาตรฐานสหภาพยุโรป (EN 13450 Aggregates for Railway Ballast) ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ

- 1) การเก็บตัวอย่างทดสอบ (Sampling)
- 2) การผลิต (Production)
- 3) ข้อกำหนดด้านรูปทรง (Geometrical Requirements)
- 4) ข้อกำหนดทางกายภาพ (Physical Requirements)
- 5) ส่วนประกอบที่เป็นอันตราย (Harmful Components)

มาตรฐานประเทศออสเตรเลีย (Eta-04-01 Ballast Specification)

- 1) การสุ่มตัวอย่างและการทดสอบ (Sampling And Testing)
- 2) การผลิต (Ballast Production)
- 3) ข้อกำหนด (Ballast Specifications)
- 4) วัสดุทดแทน (Alternatives Material)
- 5) การจัดการ (Ballast Delivery, Stockpiling, Loading and Handling)

สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาข้อกำหนดจะมีอยู่ใน AREMA Manual for Railway Engineering - Roadway and ballast เนื้อหาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานดินจะเป็นส่วน Ballast ซึ่งประกอบด้วยหมวดย่อยดังนี้

- 1) โครงสร้างทางส่วนล่าง (Substructure Introduction)
- 2) การออกแบบ (Design)
- 3) วัสดุหินโรยทาง (Materials)
- 4) ข้อกำหนดด้านคุณสมบัติ (Property Requirements)
- 5) การผลิตและการจัดการ (Production And Handling)
- 6) การบรรทุกขนส่ง (Loading)
- 7) การตรวจสอบคุณภาพ (Inspection)
- 8) การเก็บตัวอย่างทดสอบและการทดสอบ (Sampling And Testing)
- 9) การวัดปริมาณและการคิดราคา (Measurement And Payment)
- 10) การซ่อมบำรุง (Maintenance Practices)
- 11) ชั้นรองหินโรยทางรถไฟ (Sub-Ballast Recommended Practices)

สำหรับประเทศไทยได้นำมาตรฐานหินโรยทางจากหลายประเทศเข้ามาประยุกต์ใช้กับการออกแบบโครงสร้างทาง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพิจารณาของวิศวกรผู้ออกแบบและดุลยพินิจของวิศวกรการรถไฟแห่งประเทศไทย เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่พัฒนาเองเพื่อใช้งานภายในประเทศเป็นการเฉพาะ

5.4.3 สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง

จากการทบทวนมาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรยของหลายๆ ประเทศพบว่ามาตรฐานและข้อกำหนดสามารถจัดหมวดหมู่เป็น 2 ส่วน คือ 1) งานดินในทางรถไฟ (Earthwork) ซึ่งรวมกันทางดินเข้าไปด้วย และ 2) หินโรยทางรถไฟ

ลักษณะของข้อกำหนดของจากประเทศต่างๆ นั้นโดยหลักคล้ายกัน อาจจะแตกต่างกันบ้างในข้อรายละเอียดปลีกย่อย ข้อกำหนดสำหรับงานดินจะระบุไว้กว้างเมื่อเทียบกับหินโรยทางที่สมบัติของวัสดุสามารถกำหนดได้อย่างชัดเจน เหตุเพราะหลักปฏิบัติของงานดินนั้นเปลี่ยนแปลงไปได้อย่างยิ่งตามลักษณะของดินเครื่องมือเครื่องจักรที่มีอยู่ในประเทศนั้นๆ

ในส่วนของดินคันทางหรือพื้นทางนั้นข้อกำหนดจะประกอบไปด้วยส่วนหลักดังนี้

- 1) การวิเคราะห์ออกแบบคันทางหรือพื้นทาง
- 2) การก่อสร้างคันทาง
- 3) การออกแบบและก่อสร้างชั้นรองหินโรยทาง
- 4) การปรับปรุงดินพื้นทาง

สำหรับหินโรยทางรถไฟข้อกำหนดจะประกอบไปด้วยส่วนหลักดังนี้

- 1) การผลิตและการจัดการ
- 2) การสุ่มตัวอย่างและการทดสอบ
- 3) ข้อกำหนดด้านรูปร่าง

4) ข้อกำหนดทางกายภาพ

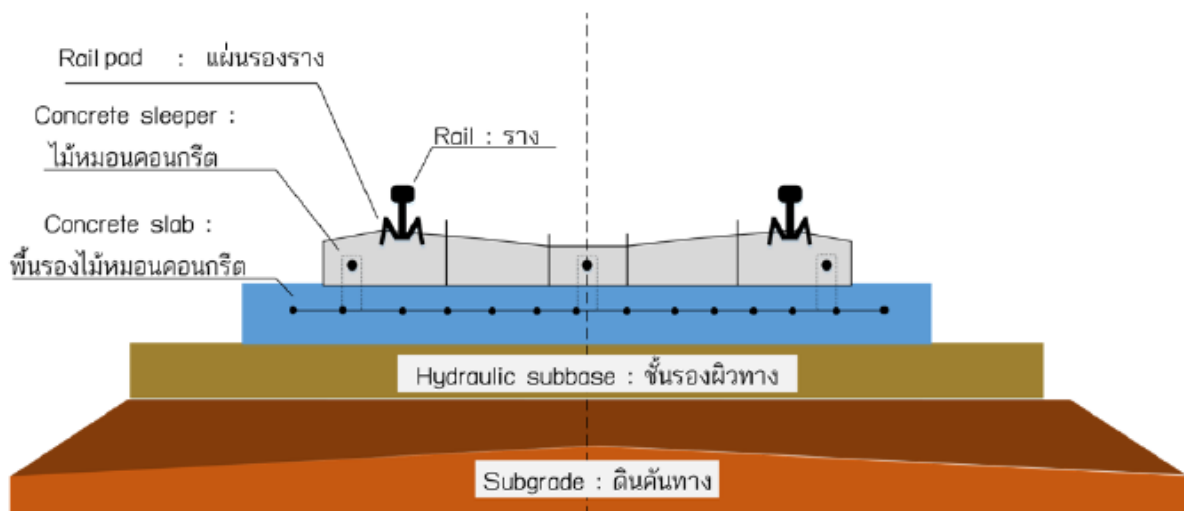
มาตรฐานของงานดินและหินโรยทางของต่างประเทศได้ระบุใช้ในหลายชั้นลำดับกล่าวคือ 1) มาตรฐาน 2) ข้อกำหนด และ 3) แนวทางการออกแบบ ในบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกาจะรวบรวมมาตรฐานต่างๆและเรียบเรียงไว้ด้วยกันในรูปของคู่มือออกแบบ ในประเทศไทยมีการนำมาตรฐานและข้อกำหนดจากหลายประเทศเข้ามาประยุกต์ใช้กับการออกแบบโครงสร้างทาง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิจารณ์ของวิศวกรผู้ออกแบบและดุลยพินิจของวิศวกรการรถไฟแห่งประเทศไทยเป็นหลัก เหตุเพราะยังไม่มีมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่พัฒนาเพื่อใช้งานภายในประเทศเองเป็นการเฉพาะและที่ข้อกำหนดที่ถูกนำมาใช้นั้นยังมิได้ถูกรวบรวมไว้อย่างเป็นระบบด้วยหน่วยงานเจ้าของทาง

สำหรับแนวทางจัดเตรียมมาตรฐานงานดินและหินโรยทางสำหรับประเทศไทย จะได้อ้างอิงการจัดหมวดหมู่ตามมาตรฐานของต่างประเทศแต่ปรับแก้รายละเอียดด้านเทคนิคให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย โดยพิจารณาด้านวิธีปฏิบัติทางวิศวกรรมและกฎระเบียบต่างๆ ผลของการพัฒนาข้อกำหนดและมาตรฐานจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ 1) มาตรฐานที่กำหนดกรอบแนวทางการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟแบบหินโรย (รวมงานดินและหินโรยทาง) และ 2) คู่มือการออกแบบที่รวบรวมรายละเอียดด้านเทคนิคการวิเคราะห์ที่จำเป็นต่องานโครงสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรย มาตรฐานและข้อกำหนดทั้งสองส่วนนี้ใช้งานควบคู่กันอันจะก่อให้เกิดประโยชน์ เป็นส่วนช่วยพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่งทางรางของประเทศไทยให้มีมาตรฐานในระดับสากลในที่สุด

5.5 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีต (CONCRETE SLAB TRACK)

5.5.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

ทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีต (Concrete Slab Track) จะแตกต่างจากทางรถไฟชนิดหินโรยทาง ตรงที่จะเปลี่ยนชั้น Sub-Grade ไปเป็น Concrete Road – Bed ในส่วนของ Sub - Ballast จะเปลี่ยนเป็นการเทคอนกรีตเพื่อเชื่อมกับตัวหมอนรถไฟ (Concrete Sleeper) ทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีตจะช่วยลดความสูงของโครงสร้างและลดปัญหาในการจัดหาหินโรยทาง ซึ่งโครงสร้างทางรถไฟชนิดนี้มีความเสถียรและมีการทรุดตัวที่น้อยกว่า ตัวอย่างของทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทางได้แสดงในรูปที่ 5-33

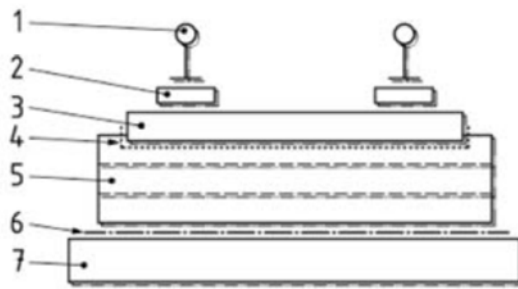


รูปที่ 5-33 โครงสร้างทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง

โครงสร้างทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีตนี้เพิ่งมีการพัฒนาขึ้นในไม่กี่ทศวรรษนี้เนื่องจากมีความแข็งแรง มีอายุการใช้งานยาวนาน มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม มีเสถียรภาพทางโครงสร้างที่สูงซึ่งเหมาะกับการใช้กับ รถไฟความเร็วสูง (High Speed Rail: HSR) และรถไฟฟ้ามหานครในเมือง (Urban Transit System) ระบบดังกล่าวยังสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากอีกด้วย ในปัจจุบันทางรถไฟประเภทนี้ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบรถไฟฟ้ามหานครได้ดินรถไฟลอยฟ้าและระบบรถไฟชานเมืองซึ่งเป็นทางรถไฟที่มีความถี่ของขบวนต่อวันสูง มีเวลาในการบำรุงรักษาต่ำ หรือ หากว่าต้องหยุดเพื่อบำรุงรักษา อาจเกิดการสูญเสียทางระบบเศรษฐกิจสังคมสูง

องค์ประกอบของระบบโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทาง

ระบบโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทาง จะประกอบไปด้วย (หรือไม่จำเป็นต้องมี) องค์ประกอบหลัก องค์ประกอบรองและส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 5-34



รูปที่ 5-34 องค์ประกอบโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทาง องค์ประกอบหลัก รองและส่วนต่าง ๆ

โดยส่วนประกอบหลักจะมี มีดังนี้

- 1) ราง ประแจสับราง
- 2) ระบบยึดเหนี่ยวราง หรือ ในบางระบบจะเป็นระบบฝังรางเข้ากับ ส่วนที่ 3
- 3) ส่วนประกอบที่นำมารองราง เช่น หมอนคอนกรีตรองราง
- 4) ชั้นคั่นกลางระหว่างหมอนรองรางกับพื้น หรือ คอนกรีตรองราง บุตรองราง
- 5) พื้นคอนกรีตรองราง แบบชั้นเดียวหรือหลายชั้น
- 6) ชั้นรองพื้นคอนกรีตรองราง
- 7) โครงสร้างรองรับทางรถไฟ อาจจะเป็นพื้นคอนกรีต พื้นสะพาน หรือชั้นรองผิวทาง
คั่นทางแล้วแต่ลักษณะการออกแบบที่รองรับ

รูปแบบของโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทาง

รูปแบบของโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทางมีมากมายหลายรูปแบบ ซึ่งขึ้นกับเทคนิคการออกแบบการถ่ายแรงจากรถไฟไปยังโครงสร้างทางรถไฟ รูปแบบโครงสร้างทางสามารถแบ่งประเภทหลักตามลักษณะการยึดรางได้เป็นสองประเภทใหญ่ คือ

- 1) โครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทางแบบมีจุดรองรับต่อเนื่องหรือรางแบบฝัง (Embedded Rail)
- 2) โครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทางแบบมีระบบยึดเหนี่ยวราง (Fastening System)

โครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทางแบบมีจุดรองรับต่อเนื่องหรือรางแบบฝัง (Embedded Rail)

เป็นโครงสร้างทางที่รางฝังอยู่ใน Elastomeric Concrete หรือ วัสดุประสานซีเมนต์ ซึ่งอยู่ในพื้นคอนกรีต ระบบนี้อาจมีชื่อว่า Embedded Rail System (Ems) ตัวอย่างระบบโครงสร้างทางนี้ใช้ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ระบบนี้ใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 โดยใช้ระบบรองรับแบบต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 5-35 โดยโครงสร้างทางประกอบด้วยรางที่ฝังอยู่ในพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบต่อเนื่องวางอยู่บนฐานที่แน่นด้วยซีเมนต์ และรองด้วยทราย ระบบนี้โดยมากมักจะใช้กับสะพานหรือ Level Crossing

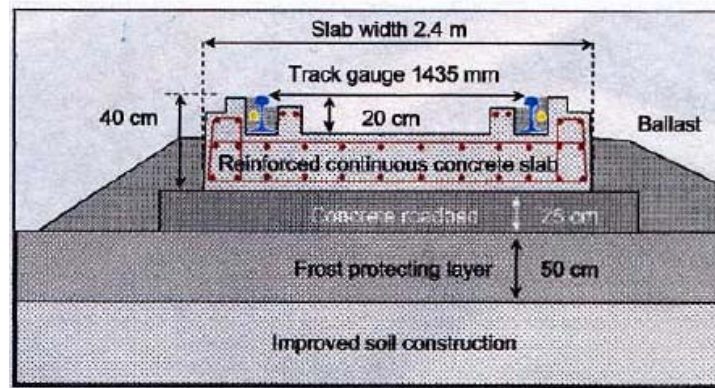
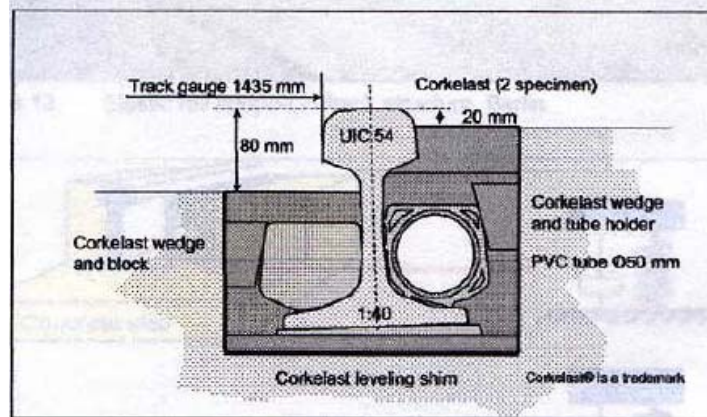


Figure 10 Embedded rail concept for 3 km test track in Holland



รูปที่ 5-35 ระบบโครงสร้างทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทางแบบ Embedded Rail Track System

โครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทางแบบมีระบบยึดเหนี่ยวราง (Fastening System)

ระบบโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทางมักจะใช้ระบบที่มีระบบยึดเหนี่ยวราง ซึ่งระบบโครงสร้างทางนี้จะมีหลายระบบ และมีชื่อเรียกหลากหลายตามแต่ละรูปแบบการออกแบบ ในที่นี้จะยกตัวอย่างเฉพาะที่นิยมใช้

ก. ทางรถไฟแบบแท่นคอนกรีต (Track Plinth)

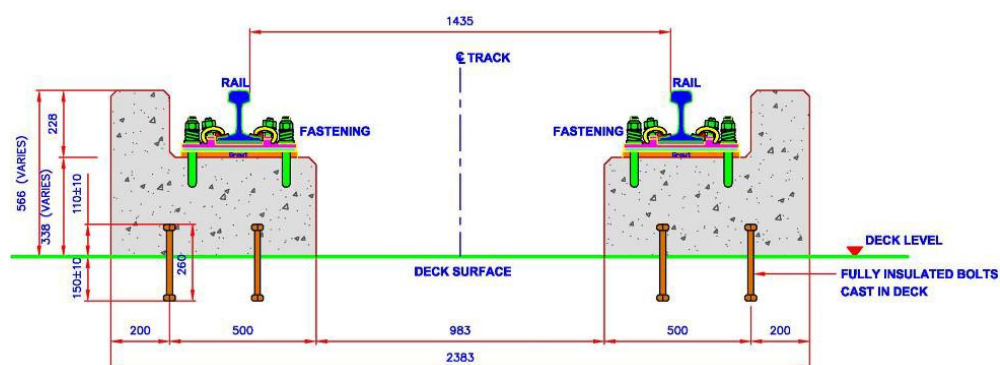
ทางรถไฟแบบแท่นคอนกรีต (Track Plinth) ประกอบด้วย โครงสร้างรับรางรถไฟแบบแท่นคอนกรีต พร้อมกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กผนังตั้งขึ้นสำหรับเป็นโครงสร้างกันรถไฟตกจากโครงสร้าง Track Plinth จะถูกยึดแน่นกับโครงสร้างทางยกระดับ ด้วยเหล็กเสริมยึดเหนี่ยว ความยาวของTrack Plinth แต่ละช่วงจะยาวประมาณ 5 เมตร มีช่องว่างห่างประมาณ 100 มิลลิเมตร เพื่อให้เป็นทางระบายน้ำและสำหรับการวางสายไฟผ่านตามแนวขวางของทางรถไฟ และเพื่อประโยชน์กรณี Construction Joint และ Expansion Joint ของโครงสร้างรองรับรางรถไฟ และ Viaduct ความยาวของช่วง Track Plinth อาจเพิ่มความยาวได้แต่ไม่เกิน 7 เมตร รูปแบบทางรถไฟแบบ Track Plinth มีหลายรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 5-36 และ รูปที่ 5-37



รูปที่ 5-36 ทางรถไฟแบบแท่นคอนกรีตตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 5-37 ทางรถไฟแบบแท่นคอนกรีตตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 5-38 รูปตัดด้านข้างของทางรถไฟแบบแท่นคอนกรีต

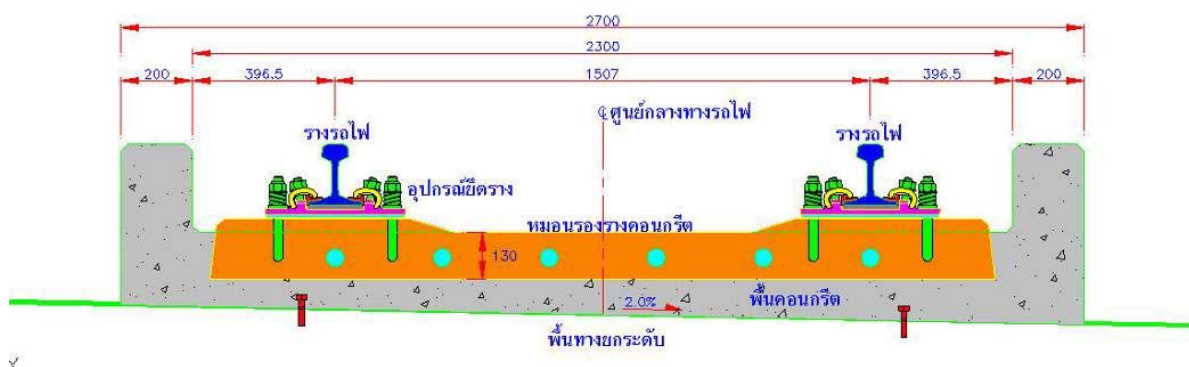
ที่มา : เล่มสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) โครงการระบบรถไฟฟ้าสายสีเขียวอ่อนช่วงสมุทรปราการ
(บางปิ๊ง)-บางปู

ข. ทางรถไฟแบบพื้นคอนกรีตพร้อมหมอนรองรางรถไฟ (Mono-Block Sleeper)

ทางรถไฟแบบพื้นคอนกรีตพร้อมหมอนรองรางรถไฟ (Track Slab Mono-Block Sleeper) ซึ่งจะประกอบด้วยหมอนคอนกรีตอัดแรง หรือคอนกรีตเสริมเหล็กฝังในพื้นที่คอนกรีต พร้อมกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กผนังตั้งขึ้นสำหรับเป็นโครงสร้างกันรถไฟตราง และถูกยึดแน่นกับโครงสร้างทางยกระดับด้วยเหล็กเสริมยึดเหนี่ยว ความยาวของ Track Slab แต่ละช่วงจะยาวประมาณ 7.5 เมตร ซึ่งจะมีช่องว่างห่างประมาณ 100 มิลลิเมตร เพื่อให้เป็นทางระบายน้ำและสำหรับการวางสายไฟผ่านตามแนวขวางของทางรถไฟ และเพื่อประโยชน์กรณี Construction Joint และ Expansion Joint ของ Track Slab และ Viaduct รูปแบบทางรถไฟแบบ Track Slab ดังแสดงในรูปที่ 5-39



รูปที่ 5-39 ทางรถไฟแบบพื้นคอนกรีตพร้อมหมอนรองรางรถไฟ

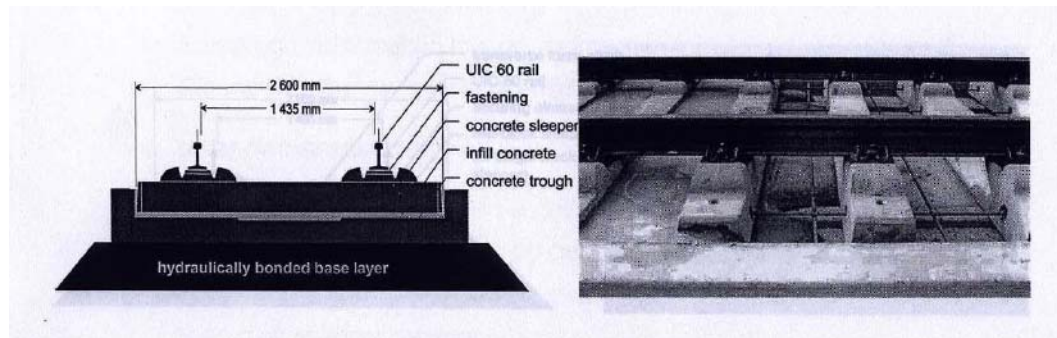


รูปที่ 5-40 รูปตัดด้านข้างของทางรถไฟแบบพื้นคอนกรีตพร้อมหมอนรองรางรถไฟ

ค. ทางรถไฟแบบพื้นคอนกรีตแบบ Rheda

เป็นระบบโครงสร้างทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทางที่เริ่มใช้ในประเทศเยอรมันในปี ค.ศ. 1970 ในระบบโครงสร้างทางแบบ Rheda ไม่ใช้หมอนคอนกรีตถูกหล่อบนแผ่นพื้นคอนกรีต ในการก่อสร้าง

ราง ไม้หมอน และระบบยึดเหนี่ยวได้ถูกติดตั้งบนพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 5-41 ในการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก พื้นจะต้องสามารถรับแรงกระทำจากน้ำหนักรถไฟ และพื้นจะต้องตั้งอยู่บนชั้นรองทางที่กำลังรับน้ำหนักที่เพียงพอและอยู่เหนือกว่าระดับน้ำใต้ดินอย่างน้อย 1.5 เมตร



รูปที่ 5-41 ทางรถไฟแบบพื้นคอนกรีตแบบ Rheda (Reference 8)

ง. หลักการออกแบบทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีต

การออกแบบทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีต ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดจะใช้หลักการของการออกแบบชั้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องสามารถรับแรงกระทำจากน้ำหนักบรรทุกทุกประเภทต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย และสามารถถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงไปยังโครงสร้างส่วนล่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ชั้นพื้นทาง พื้นทางคอนกรีต พื้นทางแอสฟัลติกคอนกรีต หรือ พื้นสะพาน เป็นต้น น้ำหนักบรรทุกที่พื้นคอนกรีตจะต้องรับ เช่น น้ำหนักที่ถ่ายจากรางแบบสถิตย์ศาสตร์ แบบพลศาสตร์ หน่วยแรงจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผิวคอนกรีตโดยการคำนวณจะสามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Analytical Approach) หรือวิธีแบบจำลองเชิงตัวเลข (Numerical Approach) ก็ได้ หลักการออกแบบสามารถแบ่งออกได้เป็นสามส่วนคือ

แรงภายนอกที่กระทำ

แรงภายนอกที่กระทำประกอบด้วย

- Static Load น้ำหนักลงเพลาคู่ที่กระทำกับรางและถ่ายจากรางมายังพื้น ซึ่งจะต้องใช้กรณีของน้ำหนักกระทำรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเกิดแรงหนีศูนย์กลาง การกระจายน้ำหนักจากตัวรถลงรางที่ไม่สมมาตร การยกโค้ง ทั้งตามมาตรฐานที่กำหนดและน้ำหนักของตัวรถไฟจริงที่จะนำมาใช้
- Dynamic Load เป็นน้ำหนักกระทำที่เพิ่มขึ้นตามความเร็วของรถไฟ โดยทั่วไปแล้วจะใช้ตัวประกอบ 1.5 ในการคูณกับน้ำหนักกระทำแบบ Static เมื่อความเร่งในแนวดิ่งของตัวรถไฟไม่เกิน 5 m/s^2

การคำนวณหน่วยแรงที่เกิดขึ้นกับแผ่นพื้น

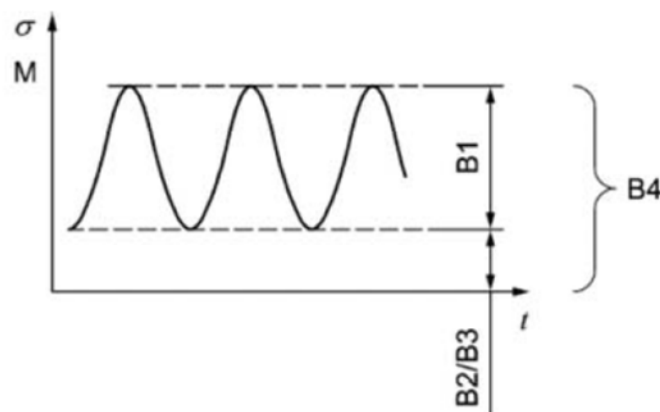
ก. หลักการออกแบบ

การประกอบกันของระบบโครงสร้างทางชนิดพื้นคอนกรีต ไม่ว่าจะเป็นระบบใด แบบมีอุปกรณ์ยึดราง หรือเป็นแบบรางฝัง บนชั้นส่วนคอนกรีตแบบหล่อสำเร็จ หรือหล่อในที่ ให้พิจารณาชั้นส่วนนั้นเป็นคานต่อเนื่อง หรือคานแบบไม่ต่อเนื่องที่รองรับน้ำหนักบรรทุก โมเมนต์ของความเฉื่อยของราง ระยะระหว่างอุปกรณ์ยึดราง และความยืดหยุ่นของระบบทั้งหมดบนจุดรองรับ มีผลต่อการกระจายแรงกระทำในแนวดิ่งและแนวราบจากราง โครงสร้างที่รองรับรางหรือแผ่นพื้น ซึ่งอาจประกอบด้วย ชั้นส่วนหล่อสำเร็จ หรือชั้นส่วนหล่อในที่ จะต้องออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักในรูปของโมเมนต์ดัดในแนวระนาบและนอกแนวระนาบเพื่อส่งต่อไปยังโครงสร้างส่วนล่างได้อย่างปลอดภัย โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจะต้องทำให้โครงสร้างรองรับรางมีพฤติกรรมอยู่ในช่วงยืดหยุ่นโดยไม่เกิดการเสียรูปอย่างถาวร (Plastic Deformation) หรืออาจเกิดการเสียรูปอย่างถาวรแต่จำกัด ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบในแต่ละชั้นส่วนย่อย การออกแบบสามารถใช้ได้สองวิธีหลักคือ

ข. การคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Analytical Calculation)

การคำนวณโดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข (Numerical Tool) โดยตรวจสอบโดยการคำนวณด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์

การคำนวณระดับความเค้นที่เกิดขึ้นใน ระบบย่อย (Subsystem) หรือส่วนประกอบ จะต้องไม่เกินระดับกำลังที่กำหนดไว้ ระดับโมเมนต์ดัดและความเค้นดัดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกในกรณีต่าง ๆ สามารถคำนวณแยกกันได้และนำมารวมกันในภายหลังดังแสดงในรูปที่ 5-42 ซึ่งน้ำหนักบรรทุกที่มากระทำจะคำนึงถึง น้ำหนักบรรทุกจากแรงกระทำภายนอก และ หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



รูปที่ 5-42 การรวมกันของน้ำหนักกระทำแบบต่าง ๆ บนพื้นคอนกรีตของโครงสร้างทางแบบพื้นคอนกรีต

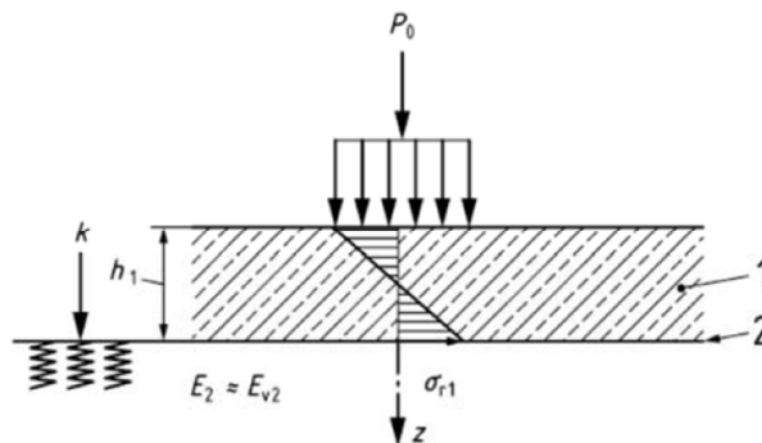
โดยที่

- B1 = Determination of bending moment (bending tensile stress) due to rail seat loads
- B2 = Determination of bending moment activated by temperature gradient Δt (K/mm) of rail supporting subsystems like slabs, pavements frames or beams caused by surface heating
- B2 = x Determination of tensile force activated by cooling ΔT (K) of rail supporting subsystems like slabs pavements frames or beams (B3)
- B4 = Superposition of bending moments from traffic and thermal impact
- M = Bending moment

ค. ขั้นตอนในการออกแบบ

STEP 1 คำนวณโมเมนต์ดัดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจากราง (Bending Moment Due To Rail Seat Load)

สามารถใช้หลักการของพื้นบน Winkler foundation ในการคำนวณโมเมนต์ดัดตามแนวก้นและแนวนอกกระนาบ และหลักการคานบน Winkler foundation ในการคำนวณโมเมนต์ดัดตามแนวก้น และนำผลจากโมเมนต์ดัดสูงสุดในการออกแบบต่อไป โดยแบบจำลองได้แสดงไว้รูปที่ 5-43



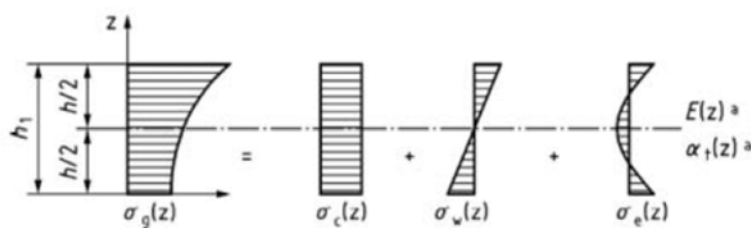
รูปที่ 5-43 Infinite Beam Or Slab On Elastic Support ตามหลักการของพื้นบน Winkler Foundation

โดยที่

1 =	Concrete beam or slab/pavement
2 =	Unbound granular layer
k =	Bedding modulus (N/mm ³)
$E_2 = E_{v2} =$	Young's modulus (N/mm ²) of the unbound granular material or substructure
$h_1 =$	the effective stiffness (mm) of the beam or slab/pavement
$P_0 =$	Load on rail (N)
$\sigma_1 =$	Stress in beam or slab (N/mm ²)
Key	1 Concrete beam or slab/pavement 2 Unbound granular layer

STEP 2 คำนวณโมเมนต์เนื่องจากอุณหภูมิ (Temperature Gradient) ที่แตกต่างกันในระบบรองรับราง

พื้นคอนกรีต พื้นทาง คานคอนกรีต เมื่อได้รับความร้อนจากแสงแดด หรือจากกระบวนการใด จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผิวบนและผิวล่างของคอนกรีตที่ไม่เท่ากัน ความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจะก่อให้เกิดหน่วยแรงขึ้นในหน้าตัดของคอนกรีต การคำนวณหน่วยแรงจะสามารถแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 5-44



รูปที่ 5-44 หน่วยแรงในพื้นคอนกรีต หรือทางคอนกรีต เนื่องจากผลกระทบของอุณหภูมิ

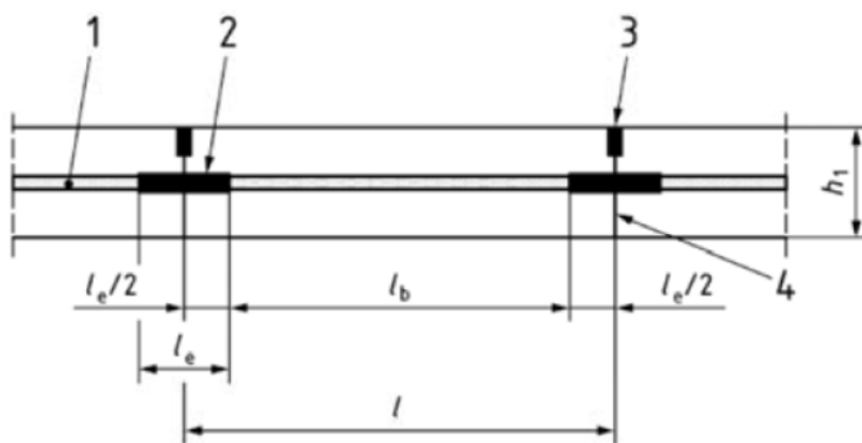
โดยที่

- h_1 = the effective depth (mm) of the beam or slab/pavement
- σ_c = constant stress causing changes in slab-length slab-width (N/mm²)
- σ_w = linear stress from heating causing bending of the slab and remaining warping stress (N/mm²)
- σ_e = residual stress that cannot converted into deformations (N/mm²)
- α = the coefficient of thermal expansion

โดยการออกแบบพื้นทางจะมีรูปแบบอยู่สองรูปแบบคือ แบบ Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP) หรือ แบบ Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP)

การออกแบบ CRCP layer ขึ้นกับพฤติกรรมการแตกร้าว ซึ่งอาจเป็นการแตกร้าวแบบสุ่ม หรือ ควบคุมการแตกร้าว ความกว้างของรอยร้าวเฉลี่ยและระยะระหว่างความกว้างของรอยร้าวของ CRCP ขึ้นอยู่กับปริมาณของเหล็กเสริม และกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต การคำนวณปริมาณเหล็กเสริม ความกว้างและระยะห่างของรอยร้าวสามารถใช้แบบจำลองที่แนะนำไว้ใน

ส่วนการออกแบบ JRCP layer จะเป็นการออกแบบแบบควบคุมรอยร้าวของแผ่นพื้นให้อยู่ในแนวที่กำหนด การออกแบบ JPCP เป็นการออกแบบพื้นคอนกรีตโดยการควบคุมความกว้างของรอยร้าวโดยใช้รอยต่อตามแนวขวาง (transverse joint) ความล้มเนื่องจากการดัดที่ยอมให้เนื่องจากน้ำหนักรถไฟสามารถคำนวณหาระยะห่างของรอยแตกได้ ซึ่งการออกแบบทั้งสองวิธีสามารถใช้วิธีดังแสดงในรูปที่ 5-45



รูปที่ 5-45 การออกแบบโดยหลักการ Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP) หรือ Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP)

โดยที่

- 1 = Longitudnal reinforcement
- 2 = Local debonding (e.g. bituminuous material)
- 3 = Sealed joint
- 4 = Crack
- h_1 = the effective depth (mm) of the beam or slab/pavement
- l_e = the effective crack width (mm)
- l_b = beam or slab length (mm)

Key

- 1 Longitudinal reinforce
- 2 Local debonding
- 3 Sealed joint
- 4 Crack

STEP 3 คำนวณแรงที่กระทำบนชิ้นส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องกัน

คำนวณแรงระหว่างระบบยึดรั้ง (fastening system) กับระบบรองรับ (supporting structures) เช่น ชิ้นส่วนสำเร็จรูป หรือพื้น

- แรงกระทำจากรางในแนวตั้ง
- แรงกระทำในแนวระนาบ

คำนวณน้ำหนักที่กระทำบนชิ้นส่วนที่ประกอบกันและการกระจายน้ำหนัก

- ชิ้นส่วนตามขวาง หรือหมอนรองรางและการกระจายน้ำหนัก
- คานตามยาว การกระจายน้ำหนักตามยาว
- พื้น หรือโครงสร้างรับน้ำหนักทั้งตามยาวและตามขวาง

คำนวณแรงกระทำกับพื้นแอสฟัลติกคอนกรีต (ถ้ามี)

ความล้าจากหน่วยแรงจากการดัดที่ยอมให้สูงสุดจากน้ำหนักรถไฟ สามารถคำนวณได้ตาม Annex B หรืออาจคำนวณได้ตามหลักการของ Multi-layer theory model โดยที่ ค่ายังก์โมดูลัสที่แนะนำสามารถใช้ค่า $E = 5000 \text{ N/mm}^2$ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปได้ และค่าเฉลี่ยความล้าจากโมเมนต์ดัดสามารถใช้ 0.8 N/mm^2

การออกแบบแผ่นพื้น

การออกแบบแผ่นพื้นจะใช้หลักการเดียวกับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป เมื่อได้หน่วยแรงที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 2 จะทำการเสริมเหล็กให้สอดคล้องกับหน่วยแรงที่คำนวณได้ โดยมากแล้วการออกแบบจะใช้วิธีการออกแบบโดยใช้วิธีหน่วยแรงใช้งาน

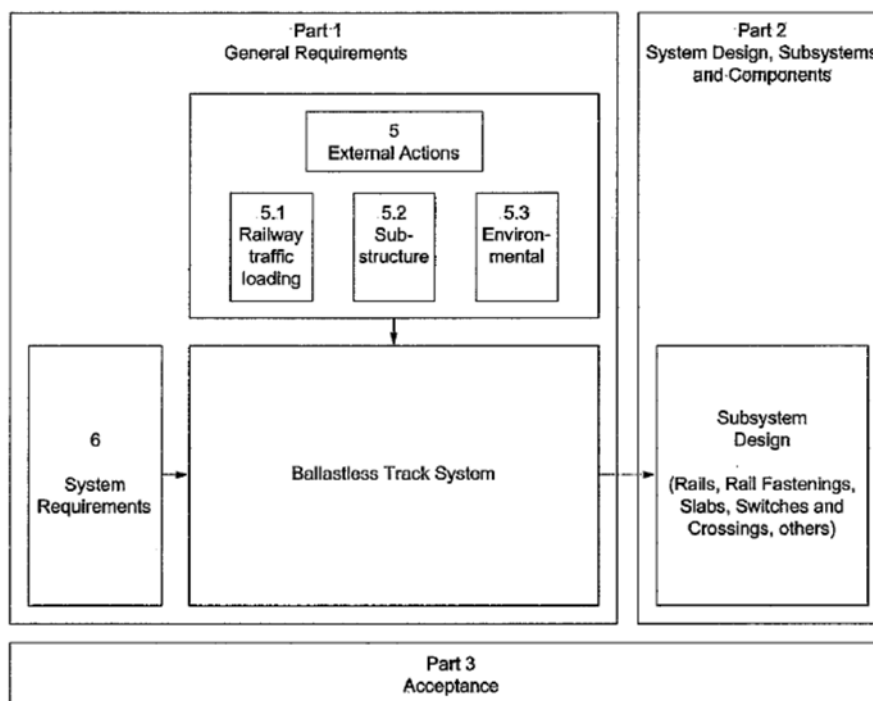
5.5.2 ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีตของแต่ละประเทศ

การออกแบบตามมาตรฐานกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐาน EN ของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทางมีดังนี้

- EN 16432-1 Railway applications-Ballastless track systems – Part 1: General requirements
- EN 16432-2 Railway applications-Ballastless track systems – Part 2: Subsystem and components
- EN 16432-3 Railway applications-Ballastless track systems – Part 3: Acceptance

โดยกรอบรวมที่สำคัญของมาตรฐานได้แสดงในรูปที่ 5-46



รูปที่ 5-46 โครงสร้างของมาตรฐาน EN 16432 สำหรับระบบโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทาง

โดยในส่วนที่ 1 ของมาตรฐานจะกล่าวถึงข้อกำหนดทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทาง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับลักษณะของแรงกระทำภายนอกที่จะต้องพิจารณา เช่น แรงกระทำแบบสถิตย์ศาสตร์และพลศาสตร์ ข้อกำหนดของระบบ เช่น การออกแบบทางเรขาคณิตของทาง (Track design geometry) การซ่อมบำรุง การตกราง และ การตกราง เป็นต้น

โดย EN 16432-1 Railway applications-Ballastless track systems – Part 1: General requirements ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 2 หมวดหลัก คือ แรงกระทำภายนอก และมาตรฐานของระบบ

1) External Action

1.1) Railway Traffic Loading

- Vertical loads
- Lateral loads
- Longitudinal loads

2) Substructures

- Earthworks
- Bridge
- Tunnel
- Transitions

3) Environmental

- Water
- Temperature
- Earthquake
- Chemical exposure, UV exposure and pollution

4) System Requirement

- 4.1) Track design geometry
- 4.2) Track Stability
- 4.3) Structural gauge
- 4.4) Design life
- 4.5) Maintainability
- 4.6) Noise and vibration
- 4.7) Derailment
- 4.8) Electrical interfaces
 - Rail-to-rail electric insulation
 - Electric interfaces with traction power supply systems
 - Electric interfaces with signaling systems

- Track circuit
- Electromagnetic compatibility (EMC) with signaling systems
- Fixing of equipment

ในส่วนที่ 2 จะเน้นถึงการออกแบบส่วนประกอบของระบบโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทาง พร้อมทั้งข้อแนะนำในการคำนวณพร้อมตัวอย่างการคำนวณ ซึ่งจะเป็นส่วนองค์ประกอบหลักที่สำคัญของมาตรฐานดังกล่าวการออกแบบระบบโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทาง ไม่ว่าจะเป็นระบบใดจะต้องทำตามขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอน

1) กำหนดองค์ประกอบของระบบ (Establishing the system criteria)

ออกแบบระบบทั้งหมดเข้าด้วยกันเพื่อให้มั่นใจว่าระบบโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทางสามารถประกอบกันได้อย่างปลอดภัย ซึ่งจะต้องคำนึงถึง ระบบอาณัติสัญญาณ ระบบรองรับโครงสร้าง เช่น งานดินฐานราก อุโมงค์ สะพาน เป็นต้น ระบบไฟฟ้ากำลัง และการระบายน้ำเป็นต้น

2) การรวมระบบเข้าด้วยกัน (System Integration)

การรวมระบบทั้งหมดที่ออกแบบเข้าด้วยกันเพื่อให้มั่นใจว่าระบบทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นโครงสร้างทางและส่วนอื่น ๆ ที่มาประกอบเข้าด้วยกัน สามารถเข้ากันได้

3) ความแข็งแรงในแนวตั้ง (Vertical Stiffness)

ระบบโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทางจะต้องมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกทุก และสลายแรงกระทำแบบพลศาสตร์ การเสียรูปของรางจากล้อรถไฟจะต้องมีความสม่ำเสมอตลอดแนวเส้นทาง การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรง (Track Stiffness) จะต้องไม่เกิดอย่างเฉียบพลันในช่วง Transition zone ค่าความแข็งแรงแบบพลศาสตร์ที่แนะนำอยู่ที่ 100 kN/mm การเสียรูปของรางจะอยู่ไม่เกิน 1 - 1.5 mm เมื่อน้ำหนักล้อเพลลา เท่ากับ 20 ตัน หรือ น้ำหนักล้อเท่ากับ 100 kN

4) เสถียรภาพของทาง (Track Stability)

เสถียรภาพของทางทางด้านข้างและแนวตั้งจะต้องพิจารณา โมเมนต์ของความเฉื่อย การยึดรั้งของรางและองค์ประกอบรางที่จะสามารถต้านทานแรงกระทำด้านข้างได้ โดยการต้านทานแรงด้านข้างสามารถออกแบบได้โดยเมื่อรางถูกแรงด้านข้างกระทำจะต้องมีการเสียรูปไม่เกิน 2 มม.

5) การกระจายและถ่ายแรงไปยังระบบรองและองค์ประกอบของระบบ (Load Distribution and Load Transfer by Subsystems and Components)

โดยหลักการออกแบบจะถือว่าการประกอบกันของระบบโครงสร้างทางแบบไม่มีหินโรยทาง ไม่ว่าจะเป็นระบบใด แบบมีอุปกรณ์ยึดรั้งราง หรือเป็นแบบรางฝัง บนชั้นส่วนคอนกรีตแบบหล่อสำเร็จ หรือหล่อในที่ ให้พิจารณาชั้นส่วนนั้นเป็นคานต่อเนื่อง หรือคานแบบไม่ต่อเนื่องที่รองรับน้ำหนักบรรทุกตามที่ได้ระบุไว้ใน prEN 16432-1 โมเมนต์ของความเฉื่อยของราง ระยะระหว่างอุปกรณ์ยึดรั้ง และความยืดหยุ่นของระบบทั้งหมดบนจตุรองรับ มีผลต่อการกระจายแรงกระทำในแนวตั้งและแนวราบจากราง การคำนวณระดับความเค้นที่เกิดขึ้นใน ระบบย่อย (Subsystem) หรือส่วนประกอบ จะต้องไม่เกินระดับกำลังที่กำหนดไว้คำนวณโมเมนต์ดัดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจากราง (Bending Moment due to rail seat load)

โดยที่ EN 16432-2 Railway applications-Ballastless track systems – Part 2: Subsystem and components ประกอบด้วยเนื้อหาหลัก 7 หมวด ซึ่งจะกล่าวถึงการออกแบบและมาตรฐานของทางรถไฟแบบคอนกรีตและการออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ทั้งหมด เนื้อหาในมาตรฐานดังกล่าวมีดังนี้

- 1) General about ballastless track system
 - 1.1) Ballastless track system, subsystem and components
 - 1.2) Subsystem configuration
 - Ballastless track system with continuous support or embedded rails
 - Ballastless track system with discrete rail seats (fastening systems)
- 2) System design
 - 2.1) Establishing of system criteria
 - 2.2) System assurance plan
 - 2.3) System integration
 - 2.4) Vertical track stiffness
 - 2.5) Track stability
 - 2.6) Load distribution and load transfer by subsystems and components
 - Design principles
 - Calculation steps
 - Determination of forces (rail seat loads) between subsystems fastening system and supporting structure (Prefabricated element or pavement)
 - Prefabricated element loading and load distribution
 - Pavement design
 - 2.7) Loading of substructure
 - 2.8) Transitions
- 3) Rails
- 4) Rail fastening systems
 - 4.1) Considerations relating to fastening systems for ballastless track system design
 - 4.2) Rail fastening spacing
 - 4.3) Adjustment
- 5) Prefabricated element
 - 5.1) General
 - Filling layer
 - Concrete filling layer

- 5.2) General design consideration
 - Data to be supplied for general system design
 - Individual precast element design
- 5.3) Manufacturing process
 - General requirements
 - Curing
 - Surface finish
 - Marking
- 5.4) Quality control
 - Quality control during design approval tests
 - Quality control during manufacturing
- 5.5) Concrete sleeper, bearer and blocks
- 5.6) Prefabricated slabs and frames
 - Classification
 - Design
 - Materials
 - Geometrical tolerances
 - Storage, handling, transport and on-site installation
- 6) Pavement (layered structures)
 - 6.1) Concrete pavement
 - Application
 - Materials
 - Functional requirements
 - 6.2) Asphalt pavements
 - Application
 - Design principles
 - Geometrical requirements
 - Asphalt material and mix design
 - Materials for surface layer
 - Requirement for layers
 - 6.3) Unbound, hydraulically bound and bituminous bound base-layers
 - Application
 - Hydraulically bound base layer
 - Cement treated base layer (CTB)

- Concrete base layer
- Bituminous base layer
- Unbound base layer

7) Intermediate layers

7.1) Function of intermediate layers

7.2) Effect of intermediate layer on ballastless track system

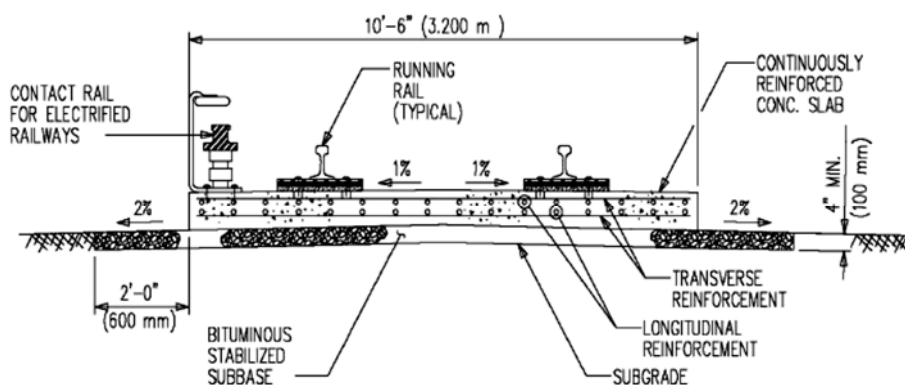
มาตรฐาน EN 16432 ได้กล่าวถึงระบบโครงสร้างรองรับทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีตทั้งระบบ โดยมีคำแนะนำถึงรูปแบบพื้นคอนกรีตที่รองรับทางรถไฟอย่างละเอียด ในมาตรฐานดังกล่าวได้มีคำแนะนำสำหรับการคำนวณและออกแบบแผ่นพื้นรวมถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างทางรถไฟทุกชิ้นส่วนและนอกจากนี้ยังมีตัวอย่างการคำนวณแรงที่กระทำลงพื้นอยู่ในภาคผนวกอย่างชัดเจน

การออกแบบตามมาตรฐานประเทศสหรัฐอเมริกา

องค์กร AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association) ได้จัดทำคู่มือ Manual of Railway Engineering โดยคู่มือดังกล่าวได้กล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างทางแบบพื้นคอนกรีต (Concrete Slab Track) ไว้ในรายงานดังนี้

AREMA Manual Volume 2 - CHAPTER 8 - CONCRETE STRUCTURES AND FOUNDATIONS – Part 27 – Concrete Slab Track

ในมาตรฐานดังกล่าวได้เน้นถึงหัวข้อต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างทางแบบพื้นคอนกรีตทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 5-47



รูปที่ 5-47 ระบบโครงสร้างทางแบบพื้นคอนกรีตแบบต่อเนื่อง

ซึ่งมาตรฐานจะครอบคลุมถึงเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

3) General Consideration

3.1) Loading Condition

- 4) Materials
 - 4.1) Subgrade
 - 4.2) Stabilized subbase
 - 4.3) Concrete slab
 - 4.4) Metal reinforcement
- 5) Design
 - 5.1) Design consideration
 - 5.2) Subgrade
 - 5.3) Subbase
 - 5.4) Continuously reinforced concrete slab
 - 5.5) Drainage
- 6) Construction
 - 6.1) Subgrade
 - 6.2) Subbase
 - 6.3) Construction methods
 - 6.4) Reinforcement placement
 - 6.5) Curing
 - 6.6) Construction joints
 - 6.7) Installation of fastener inserts
 - 6.8) Testing anchor inserts
 - 6.9) Placement of rail fasteners
 - 6.10) Installation of running rail
- 7) Direct Fixation fastening system
 - 7.1) Rail fastening requirements
 - 7.2) Type of rail fasteners
 - 7.3) Design features
 - 7.4) Laboratory testing of fasteners for acceptance
- 8) Special Considerations
 - 8.1) Transition areas
 - 8.2) Treatment at slab ends
 - 8.3) Continuity of slab track over bridge deck
 - 8.4) Modification of existing tunnel concrete invert to slab track
 - 8.5) New Tunnel –Slab Track

ในมาตรฐาน AREMA Manual Volume 2 - CHAPTER 8 จะเน้นภาพรวมของการออกแบบแผ่นพื้นดังแสดงในรูปที่ 5-47 เท่านั้น โดยแรงที่กระทำจะแนะนำให้คำนวณในหลักการเดียวกับ EN16432 แต่ไม่มีการลงรายละเอียดจะแนะนำในหลักการเท่านั้น แต่ส่วนที่มีเพิ่มเติมคือเรื่องขั้นตอนการก่อสร้างเท่านั้น

การออกแบบตามมาตรฐานประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

มาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี จะเป็นมาตรฐาน KR C-14040 Concrete Track Structure ในมาตรฐานดังกล่าวจะประกอบไปด้วยสองส่วนหลัก คือ พฤติกรรมของโครงสร้างทางรถไฟแบบพื้นคอนกรีตและน้ำหนักรบรรทุกที่กระทำ และส่วนสุดท้ายเป็นเรื่องโครงสร้างทางคอนกรีต และส่วนด้านท้ายจะมี Commentary ที่สำคัญอยู่ 6 หมวดที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากจะอธิบายมาตรฐานพร้อมทั้งมีตัวอย่างการคำนวณประกอบการอธิบายให้ด้วย โครงสร้างหลักของมาตรฐาน KR C-14040 มีดังนี้

- 1) Track structural mechanics review
 - 1.1) Classification and applied load
 - 1.2) Allowable stress of track materials
 - 1.3) Track system calculated
- 2) The concrete track structure
 - 2.1) Structural considerations and concrete track selection
 - 2.2) Concrete track structure type selection process
 - 2.3) Concrete track requirement
 - 2.4) Concrete ballast standard selection
 - 2.5) Drainage concrete bed
 - 2.6) Embankment
 - 2.7) Tunnel concrete track
 - 2.8) Bridge concrete track
 - 2.9) Rail fastener device performance requirement
 - 2.10) Consideration sleeper selection

Commentary 6 หัวข้อมีดังนี้

- 1) Concrete track format
- 2) Complement concrete track requirement
- 3) Concrete track component elements
 - 3.1) Rail fastening device performance requirements
 - 3.2) Concrete slab requirement
 - 3.3) The concrete base design conditions

- 3.4) The protective layer of concrete bridge deck and concrete projection based on
- 4) Working load
 - 4.1) Vertical load
 - 4.2) Lateral load
 - 4.3) Longitudinal load
- 5) Allowable stress of track materials
 - 5.1) Rail
 - 5.2) Sleepers
 - 5.3) Concrete
 - 5.4) Roadbed
- 6) Track system calculated
 - 6.1) Calculation of spring constant
 - 6.2) Rail deflection and stress
 - 6.3) Vertical force
 - 6.4) Roadbed pressure
 - 6.5) Tunnel part concrete track
 - 6.6) Bridge on concrete track

ในภาพรวมแล้วมาตรฐาน KR C-14040 Concrete Track Structure จะมีหลักการออกแบบพร้อมทั้งรายละเอียดของการคำนวณที่มีความใกล้เคียงกับมาตรฐาน EN 16432 แต่จุดเด่นของมาตรฐาน KR C-14040 จะมีตารางหน่วยแรงที่ยอมให้ พร้อมทั้งตัวอย่างการคำนวณที่ละเอียดกว่าทุกมาตรฐานไว้ใน Commentary

5.5.3 สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีต

จากการทบทวนมาตรฐานของการออกแบบทางรถไฟพบว่า มาตรฐาน EN 16432 ได้กล่าวถึงระบบโครงสร้างรองรับทางรถไฟชนิดพื้นคอนกรีตทั้งระบบ โดยมีคำแนะนำถึงรูปแบบพื้นคอนกรีตที่รองรับทางรถไฟอย่างละเอียด ในมาตรฐานดังกล่าวได้มีคำแนะนำสำหรับการคำนวณและออกแบบแผ่นพื้นรวมถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างทางรถไฟทุกชิ้นส่วนและนอกจากนั้นยังมีตัวอย่างการคำนวณแรงที่กระทำลงพื้นอยู่ในภาคผนวกอย่างชัดเจน ซึ่งโครงสร้างของมาตรฐาน EN 16432 จะมีโครงสร้างที่ใกล้เคียงกับมาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี KR C-14040 Concrete Track Structure แต่มาตรฐาน KR C-14040 จะเลือกมาในเฉพาะบางหัวข้อที่สำคัญเท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 5-9 และมาตรฐาน KR C-14040 จะมีตัวอย่างรายการคำนวณที่ละเอียดกว่า ส่วนในมาตรฐาน AREMA Manual Volume 2 - CHAPTER 8 จะเน้นภาพรวมของการออกแบบแผ่นพื้นเพียงชนิดเดียว ดังแสดงในรูปที่ 5-47 โดยแรงที่กระทำจะแนะนำให้คำนวณในหลักการเดียวกับ EN16432 แต่ไม่มีการลงรายละเอียดตัวอย่างการคำนวณ แต่ส่วนที่มาตรฐาน AREMA มีเพิ่มเติมคือเรื่องขั้นตอนการก่อสร้างเท่านั้น

ตารางที่ 5-15 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการออกแบบ

หัวข้อหลัก	STANDARD		
	EN 16432	AREMA Vol 2 Chapter 8 Part 27	KR-C 14040
Railway Traffic Loading	✓	✓	✓
Materials	✗	✓	✓
Environment	✓	✓	✓
Noise and Vibration	✓	✗	✗
Derailment	✓	✗	✗
Electrical Interface	✓	✗	✗
Track Design Geometry and Stability	✓	✗	✓
System Design	✓	✗	✓
Vertical Track Stiffness	✓	✗	✓
Load distribution and load transfer by subsystem and components	✓	✗	✓
Slab Track Design under traffic loading	✓	✓	✓
Load distribution and load transfer by subsystem and components	✓	✗	✓
Load distribution and load transfer by subsystem and components	✓	✗	✓
Slab Track Design under traffic loading	✓	✓	✓
Slab Track Design under temperature loading	✓	✓	✓
Rail Fastening Systems	✓	✓	✓
Prefabricated elements	✓	✓	✓
Concrete sleeper, bearer and blocks	✓	✗	✓
Pavement	✓	✓	✓
Construction	✗	✓	✗
Transition Areas	✓	✓	✓

5.6 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานรางเชื่อมยาว (CONTINUOUS WELDED RAIL)

5.6.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

Analysis of CWR

มาตรฐานในส่วนในเรื่องพฤติกรรมของทางรถไฟที่ใช้รางเชื่อมยาวนั้น จะเน้นไปที่การควบคุมหน่วยแรงตามแนวยาว (longitudinal stresses) ที่เกิดขึ้นในรางไม่ให้เกินจากค่าความปลอดภัย เพื่อป้องกันการดุ้ง (buckling) และการขาด (fracture) ของราง เนื่องจากรางเชื่อมยาวจะมีขนาดการยืดหดตัวโดยรวมของรางจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและแรงตามแนวยาวที่สูงกว่ารางปกติ ซึ่งโดยทั่วไปการวิเคราะห์ห้อกแบบรางเชื่อมยาวของทางรถไฟที่วางอยู่บนพื้นดินนั้น (Analysis of CWR on Earth Work) จะมีปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงดังนี้

- การยืดหดตัวของรางเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ) thermal load(
- แรงเนื่องจากการเร่งและการเบรกของรถไฟ)acceleration & braking loads(



รูปที่ 5-48 การดุ้งของทางรถไฟเนื่องจากแรงภายในรางเชื่อมยาว

นอกจากนี้หากทางรถไฟถูกรองรับด้วยโครงสร้างชนิดต่างๆ เช่น อุโมงค์ (CWR in Tunnel) สะพานหรือท่ลอด (CWR on Bridge) จะมีปัจจัยเพิ่มเติมจากพฤติกรรมของโครงสร้างดังกล่าวดังต่อไปนี้

- การยืดหดตัวของโครงสร้างเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ)Thermal Load(
- การเสียดสีและการเคลื่อนที่ของโครงสร้างเนื่องจากการเร่งและการเบรกของรถไฟ)Acceleration & Braking Loads(
- การแอ่นตัวของโครงสร้างเนื่องจากน้ำหนักกดทับของรถไฟ)Vertical Loads(
- อุณหภูมิรอบๆทางรถไฟที่แตกต่างจากจุดอื่น เช่น อุณหภูมิภายในอุโมงค์ที่มีระยะทางยาว เป็นต้น

โดยการกำหนดมาตรฐานจะมุ่งเน้นไปที่การกำหนดกรอบให้วิศวกรสามารถวิเคราะห์ ออกแบบและควบคุมหน่วยแรงในรางเชื่อมยาว ไม่ให้เกินค่าที่กำหนด ซึ่งในมาตรฐานด้านข้อกำหนดของการออกแบบ (design criteria) จะมีหัวข้อดังต่อไปนี้

ก. ข้อกำหนดพื้นฐานของทางรถไฟที่จะติดตั้งรางเชื่อมยาว (Track structural requirement to install CWR)

- ชนิดและขนาดของแรงที่กระทำ (Load Types And Loads Magnitude)
- หน่วยแรงอัดของรางที่ยอมให้ (Allowable Compressive Stress)
- หน่วยแรงดึงของรางที่ยอมให้ (Allowable Tensile Stress)
- พิกัดค่าการเสียรูปของทางรถไฟในทิศทางต่างๆ (Track Deformation Tolerances)

ในส่วนของการออกแบบสำหรับงานพฤติกรรมของทางรถไฟที่ใช้รางเชื่อมยาวนั้น จะมีรายละเอียดเพิ่มเติมเพื่อช่วยให้วิศวกรสามารถวิเคราะห์และออกแบบทางรถไฟได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยมีหัวข้อที่เกี่ยวข้องดังนี้

ข. การวิเคราะห์พฤติกรรมของทางรถไฟที่ติดตั้งรางเชื่อมยาว (Analysis of CWR)

- รูปแบบการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้าง (Track And Structural Modeling)
- ค่าความแข็งเกร็งของทางรถไฟ (track stiffness)
- รูปแบบและการรวมกันของแรงที่กระทำ (load pattern and load combination)
- ข้อเสนอแนะสำหรับการติดตั้งจุดต่อเพื่อขยายของราง (installation guideline for rail expansion joint)
- การทดสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ (verification of analysis results)

ระบบทางรถไฟโดยเฉพาะสำหรับรถไฟความเร็วสูงนั้น จะใช้รางเชื่อมยาวเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากข้อได้เปรียบที่เหนือกว่าระบบรางแบบธรรมดา เช่น ความรู้สึกลบของตู้โดยสารที่มากกว่า การใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อที่น้อยกว่า หรือ มลพิษทางเสียงที่น้อยกว่า เป็นต้น

การวิเคราะห์รางเชื่อมยาวที่วางตัวอยู่บนสะพานนั้นก็คือการศึกษาปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างรางเชื่อมยาวกับโครงสร้างสะพานที่เกิดขึ้น พฤติกรรมดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการที่รางและสะพานถูกยึดติดกันทำให้ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยเมื่อรางเชื่อมยาวถูกติดตั้งไว้บนสะพานพฤติกรรมของตัวสะพานนั้นจะได้รับผลจากการส่งถ่ายแรงและการเคลื่อนตัวของรางเชื่อมยาวและในทางกลับกันรางเชื่อมยาวก็จะได้รับผลกระทบจากพฤติกรรมการรับน้ำหนักของตัวสะพานเช่นกัน

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปฏิสัมพันธ์ระหว่างรางเชื่อมยาวและสะพาน (Track-bridge interaction) มีดังนี้

- 1) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
- 2) แรงเนื่องจากการเบรกและเร่งของขบวนรถ

3) การเสียรูปของตัวสะพานบริเวณจุดรองรับอันเนื่องมาจากน้ำหนักในแนวตั้งจาก
ขบวนรถ

การวิเคราะห์พฤติกรรมของรางเชื่อมยาวบนสะพานนั้นก่อนอื่นจะต้องเข้าใจพฤติกรรมของราง
เชื่อมยาวภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งสมการที่แสดงถึงความสัมพันธ์
ระหว่างแรงที่เกิดขึ้นในรางเชื่อมยาวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สามารถแสดงได้โดย

$$F = EA\alpha\Delta T_R$$

เมื่อ

F = is the force in the track

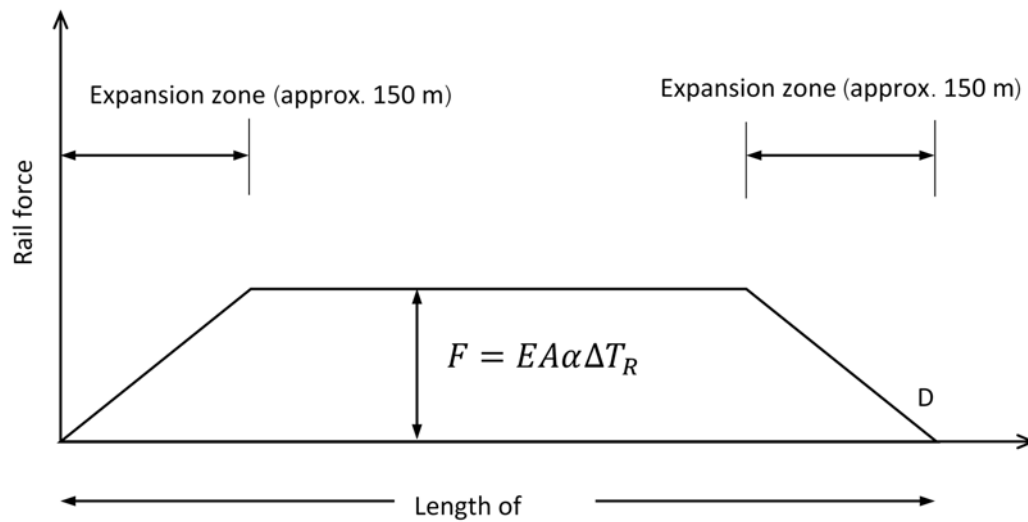
E = is Young's Modulus for steel (210,000 N/mm²)

A = is the combined cross-section of two rails

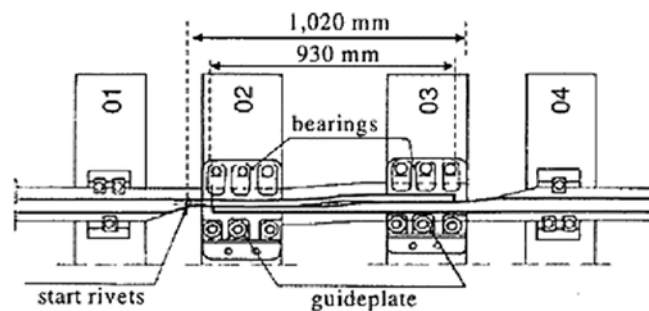
α = is the coefficient of thermal expansion

ΔT_R = is the change in rail temperature relative to the reference of
laying temperature

หากสมการข้างต้น ถูกนำมาเขียนเป็นแผนภาพแสดงแรงที่เกิดขึ้นในรางเชื่อมยาวกับความยาว
ของรางจะได้แผนภาพดังแสดงในรูปที่ 5-49 ซึ่งสามารถเห็นได้ว่ารางเชื่อมยาวนั้นถูกแบ่ง
ออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเรียกว่า “Central zone” เป็นบริเวณที่รางไม่มีการยึดหดตัว และ
บริเวณที่ยอมให้รางสามารถยึดหดตัวได้ซึ่งจะอยู่ที่บริเวณหัวและท้ายของรางซึ่งเรียกว่า
“Breather zones” ซึ่งปกติมีความยาวประมาณ 150 m. นอกจากนี้ในบางกรณี อุปกรณ์เสริม
เพื่อช่วยให้รางสามารถขยายตัว (Expansion device) จะติดตั้งอยู่ที่บริเวณปลายรางทั้งสอง
เพื่อให้มั่นใจได้ว่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในรางนั้นจะมีค่าไม่เกินค่าที่ได้ออกแบบไว้ โดยทั่วไปจะมี
ขนาดความกว้างตั้งแต่ 50 mm. ดังแสดงในรูปที่ 5-50 เป็นมาตรฐานของ Expansion devices
ตามมาตรฐาน UIC 54



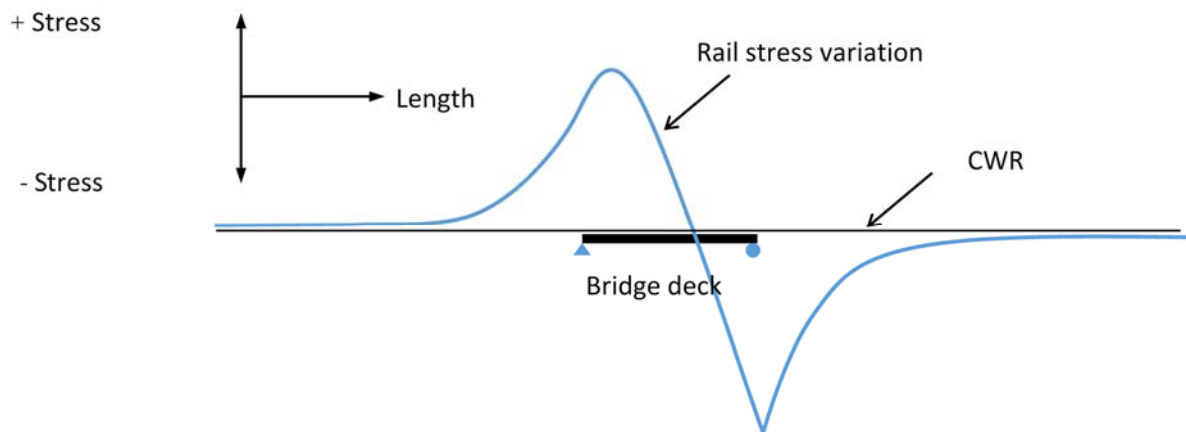
รูปที่ 5-49 แรงที่เกิดขึ้นในรางเชื่อมยาวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



รูปที่ 5-50 Expansion Devices ตามมาตรฐาน UIC 54

เมื่อรางเชื่อมยาวถูกติดตั้งอยู่บนโครงสร้างสะพาน แรงที่กระทำและค่าการเคลื่อนตัวใดๆของรางหรือสะพานจะส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของโครงสร้างทั้งสอง กล่าวคือ แรงที่เกิดในรางเชื่อมยาวจะทำให้เกิดแรงเพิ่มขึ้นในระบบทางซึ่งจะส่งต่อไปยังจุดรองรับของตัวสะพานรวมทั้งส่งผลถึงการเคลื่อนที่ของรางรถไฟและตัวสะพานเช่นกัน นอกจากนี้ การเคลื่อนที่ของตัวสะพานก็จะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของรางซึ่งเป็นสาเหตุในการเพิ่มขึ้นของแรงที่กระทำต่อรางและจุดรองรับของสะพานเองด้วย

หน่วยแรงตามแนวยาว (Longitudinal Stresses) ที่เกิดขึ้นในรางเชื่อมยาวอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวสะพานที่วางตัวอยู่บนจุดรองรับอย่างง่าย (Simply Support) ได้แสดงในรูปที่ 5-51 โดยสามารถสังเกตได้ว่า หน่วยแรงอัดมากที่สุดจะเกิดขึ้นตรงบริเวณใกล้กับจุดรองรับแบบล้อเลื่อน (Roller) ของตัวสะพาน



รูปที่ 5-51 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในรางเชื่อมยาวอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวสะพาน

ก. ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิสัมพันธ์ ในที่นี้สามารถแยกออกได้ 2 ส่วนคือ ปัจจัยจากโครงสร้างสะพาน และจากทางรถไฟ ดังนี้

- 1) ปัจจัยจากโครงสร้างสะพาน ได้แก่
 - 1.1) Expansion length
 - 1.2) Span length
 - 1.3) Support stiffness
 - 1.4) Bending stiffness
 - 1.5) Height of the desk
- 2) ปัจจัยจากทางรถไฟ ได้แก่
 - 2.1) Track resistance
 - 2.2) Cross section area of the rail

การจะศึกษาถึงพฤติกรรมอันเนื่องมาจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างสะพานและทางรถไฟนั้น จำเป็นต้องเข้าใจถึงพฤติกรรมของแต่ละโครงสร้างก่อน ดังนั้นในหัวข้อต่อไปนี้จะได้อธิบายถึงพฤติกรรมในแต่ละส่วน

ข. พฤติกรรมของทางรถไฟ

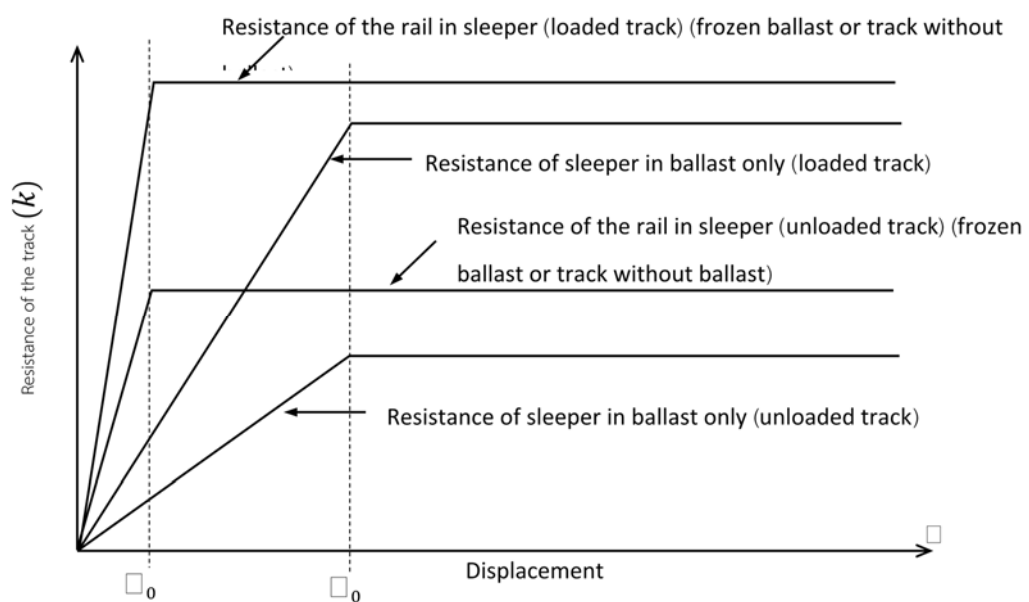
ในส่วนนี้จะได้อธิบายถึงพฤติกรรมการต้านทานการเคลื่อนตัวตามแนวยาวของทางรถไฟ (Longitudinal displacement) บนโครงสร้างทาง 2 ประเภทคือ ทางใช้หินโรยทาง (Ballasted track) และ ทางไม่ใช้หินโรยทาง (Unballasted track)

ทางใช้หินโรยทาง

ปัจจัยที่มีผลต่อการต้านทานการเคลื่อนตัวตามแนวยาวของราง มีดังต่อไปนี้

- ความแข็งแรงของการยึดระหว่างรางและหมอนรถไฟโดยเครื่องยึดเหนี่ยวราง (Rail Fastener)
- ความสามารถในการต้านทานการเคลื่อนที่ของหมอนรถไฟโดยชั้นหินโรยทาง และแรงเสียดทานระหว่างชั้นหินโรยทางและตัวสะพาน

จากการศึกษาพบว่าแรงต้านการเคลื่อนที่ตามแนวยาวของทางรถไฟนั้นเป็นฟังก์ชันของการเคลื่อนตัวของรางเมื่อเทียบกับโครงสร้างที่รองรับมัน โดยแรงต้านดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกในขณะค่าการเคลื่อนที่ของรางยังเกิดขึ้นไม่มาก และจะมีค่าคงที่ตลอดไปหลังจากค่าการเคลื่อนที่ของรางผ่านค่าจำเพาะค่าหนึ่ง (u_0) ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภาพดังแสดงในรูปที่ 5-52



รูปที่ 5-52 Resistance k of the track per unit length as a function of the longitudinal displacement u of the rail

จากรูปที่ 5-52 ค่าต่าง ๆ สำหรับทางใช้หินโรยทาง (Ballasted track) มีค่าดังนี้

$u_0 = 0.5 \text{ mm}$ for the resistance of the rail to sliding relative to the sleeper

$u_0 = 2 \text{ mm}$ for the resistance of the sleeper in the ballast

$k = 12 \text{ kN/m}$ Resistance of sleeper in ballast (unloaded track) , moderate maintenance.

$k = 20 \text{ kN/m}$ Resistance of sleeper in ballast (unloaded track), good maintenance.

$k = 60 \text{ kN/m}$ Resistance of loaded track or track with frozen ballast.

ทางไม่ใช้หินโรยทาง

แผนภาพดังแสดงในรูปที่ 5-52 สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับกรณีนี้ได้เช่นกัน โดยค่าการเคลื่อนที่ u_0 ซึ่งเป็นค่าที่เริ่มต้นของการเข้าสู่ Plastic zone มีค่า $u_0 = 0.5 \text{ mm}$ และค่าความต้านทาน k มีค่าเท่ากับ 40 kN/m และ 60 kN/m ในกรณี Unloaded track และ Loaded track ตามลำดับ

ค. พฤติกรรมของสะพาน

สำหรับการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างสะพานและทางรถไฟนั้น ในส่วนของสะพานมีประเด็นที่ต้องนำมาพิจารณา ดังนี้

Static arrangement

Static arrangement เป็นคุณสมบัติจำเพาะของสะพานซึ่งถูกกำหนดไว้โดย จำนวนของตัวสะพาน (deck), จำนวนของจตุรรองรับที่มีต่อ 1 ช่วงสะพาน, ตำแหน่งของจตุรรองรับแบบยึดแน่น และที่ยอมให้มีการเคลื่อนที่, ความยาวของช่วงสะพาน, ความยาวของ expansion length(s) และ ตำแหน่งของ expansion devices

พฤติกรรมของจตุรรองรับ

1) พฤติกรรมของแผ่นรองคอสสะพาน)Bearing (

คุณสมบัติของแผ่นรองคอสสะพานซึ่งโดยปกติจะทำจากยางนั้นมีความสำคัญมากต่อผลการต้านทานการเคลื่อนที่ของตัวสะพาน โดยค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจะอยู่ระหว่าง 0% - 5%

2) ความต้านทานการเคลื่อนตัวในแนวระนาบของจตุรรองรับ

ค่า Stiffness (K) ของจตุรรองรับซึ่งหมายถึงความรวมถึงฐานรากด้วยนั้น คือความแข็งแรงในการต้านทานการเคลื่อนที่ตามแนวยาวของสะพาน ซึ่งถูกกำหนดไว้คือ

$$K = \frac{H \text{ (kN)}}{\sum \delta_i \text{ (cm)}}$$

$$\text{เมื่อ } \sum \delta_i = \delta_p + \delta_\phi + \delta_h + \delta_a$$

โดยที่

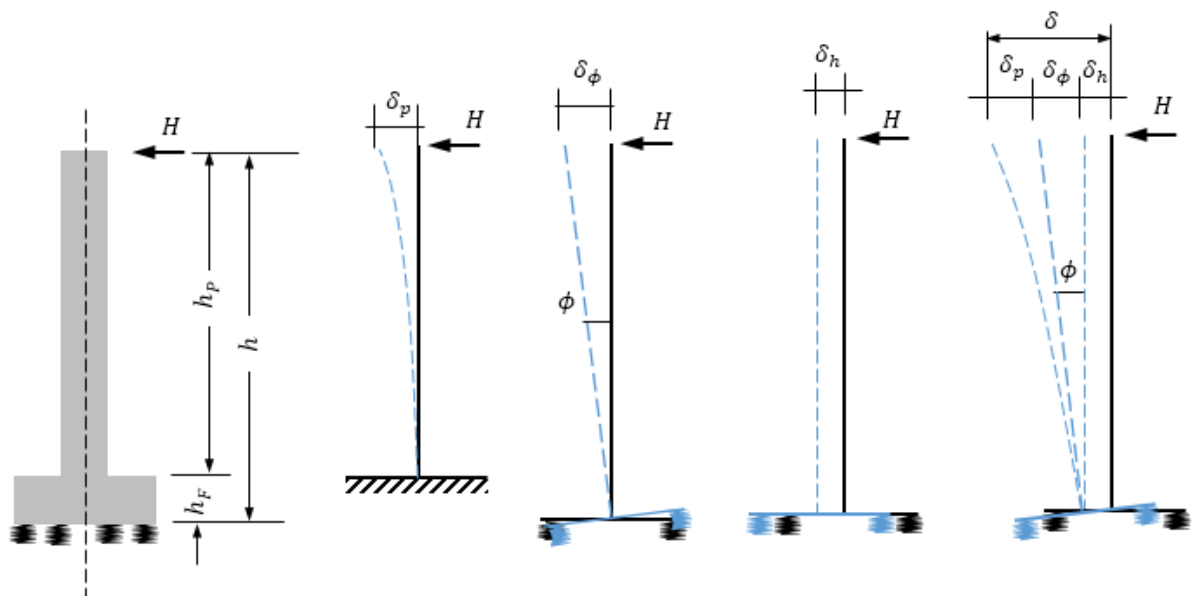
δ_p = the displacement at the head of the support due to elastic deformation

δ_ϕ = the displacement at the head of the support due to rotation of the foundation of foundation slab

δ_h = the displacement of the support due to the horizontal movement of the foundation

δ_a = the relative displacement between the upper and lower parts of the bearing

ค่าการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอข้างต้นสามารถแสดงให้เห็นเป็นแผนภาพ ดังแสดงด้านล่าง



รูปที่ 5-53 ปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณ Stiffness (K) ของจุดรองรับสะพาน

Stiffness ของฐานราก

เมื่อทำการคำนวณหาค่า Stiffness ของฐานราก จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกค่า Modulus of elasticity ที่เหมาะสมสำหรับแรงที่กระทำในแต่ละกรณี เช่น แรงกระทำเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงเนื่องจากการเบรกหรือเร่งของขบวนรถ เป็นต้น โดยคำนึงถึงลักษณะและพารามิเตอร์ทางธรณีวิทยาของแต่ละโครงการก่อสร้าง

โดยปกติ Static modulus of elasticity จะถูกใช้เมื่อคำนวณเกี่ยวกับผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และ Dynamic modulus ใช้ในการคำนวณผลที่เกิดขึ้นจากการเร่งหรือเบรกของขบวนรถ

Total support stiffness

ในกรณีทั่วไปสำหรับผลที่เกิดขึ้นจากการเบรก การคำนวณหาค่า Stiffness ของจตุรรองรับทั้งหมดนั้นต้องพิจารณาจากจตุรรองรับทั้งหมดที่ด้านการเคลื่อนที่ตามแนวยาวของสะพาน สมการทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณหาค่า Stiffness ของจตุรรองรับทั้งหมด ได้แสดงไว้ในสมการที่ 3 ดังนี้

$$K_{\text{total}} = \sum K_i + 2 \sum F_{fj}$$
$$K_{\text{total}} = \sum K_i + 2 \sum F_{fj}$$

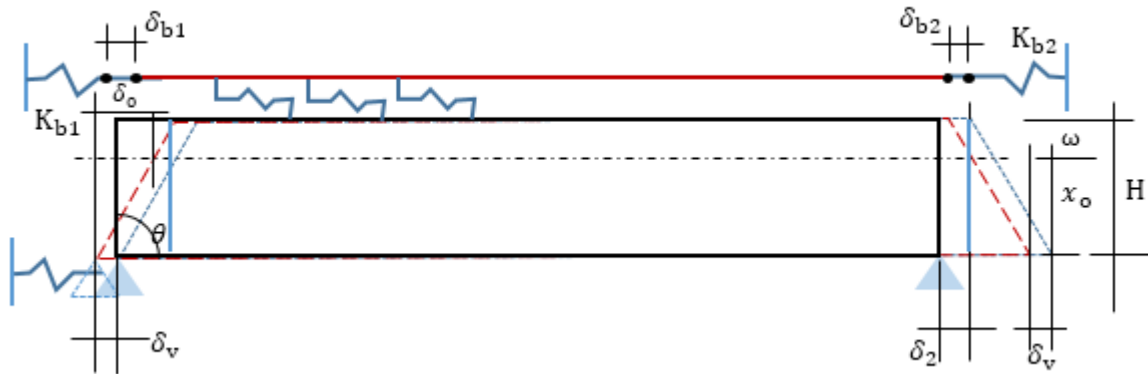
โดย K_i is the stiffness of the supports with fixed or elastomer bearings
 F_{fj} is the friction resistance of the movable bearing

ง. พฤติกรรมการดัดของตัวสะพาน

แรงในแนวดิ่งอันเกิดจากการเคลื่อนที่ของขบวนรถที่กระทำต่อสะพานนั้น ทำให้เกิดแรงปฏิกิริสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟและสะพานขึ้น แรงดังกล่าวทำให้สะพานเกิดการเสียรูปหรือมีการเคลื่อนที่ตามแนวยาวของสะพานอันเป็นผลมาจากการดัด พฤติกรรมดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการยืดหยุ่นและตำแหน่งแกนสะเทินของตัวสะพานอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม ค่า Stiffness ของจตุรรองรับชนิด Fixed Elastic Support (A Fixed Bearing On A Flexible Substructure) และความลึกของตัวสะพานก็ยังคงมีอิทธิพลต่อการดัด

ค่าการเคลื่อนที่หรือการเสียรูปของสะพานตามแนวยาวจากการกระทำของน้ำหนักบรรทุกนั้น จะมีค่าคงที่ตลอดแนวแกนสะเทินแต่จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามความลึกจากระดับผิวบนของของสะพานที่รองรับทางรถไฟ อย่างไรก็ตาม ค่าความยืดหยุ่นของ Fixed Elastic Support นั้นสามารถช่วยลดการเคลื่อนที่ดังกล่าวลงได้ในปริมาณคงที่โดยมีค่าเท่ากับการเคลื่อนที่ย้อนกลับของจตุรรองรับ ดังแสดงในรูปที่ 5-54

การเคลื่อนที่ทั้งหมดตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นผลจากการปฏิกิริสัมพันธ์ระหว่างตัวสะพานและทางรถไฟ ซึ่งสามารถทำให้เกิดแรงจำนวนมากขึ้นทั้งในทางรถไฟและจตุรรองรับได้



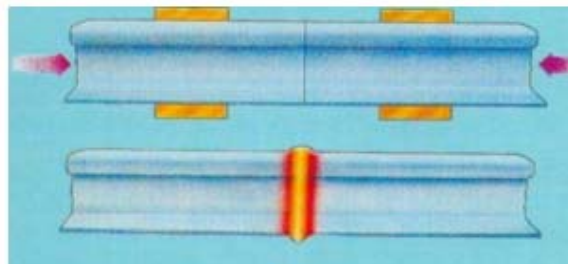
รูปที่ 5-54 การเคลื่อนที่ของตัวสะพานส่วนปลายสุดจากผลของการคัต

การเชื่อมรางยาว

ในทางวิศวกรรม รอยต่อของรางทำให้เกิดการกระแทกระหว่างรางกับล้อรถไฟ ส่งผลให้เกิดการสึกหรอของล้อรถไฟและของราง ซึ่งส่งผลต่อความปลอดภัยในที่สุด จึงมีการใช้รางแบบเชื่อมยาว (Continuous Welded Rail, CWR) เพื่อแก้ปัญหา ซึ่งรอยต่อของรางจะเรียบและเป็นเนื้อเดียวกับราง เนื่องจากเป็นเนื้อเดียวกันในเชิงโลหะวิทยา การเชื่อมราง CWR ในปัจจุบันมี 2 กรรมวิธีหลัก คือ การเชื่อมโดยประสานเนื้อเหล็ก เช่น Flash Butt Welding (FBW) และการเชื่อมอัดด้วยแก๊ส (Gas Pressed Welding) และการเชื่อมโดยการเติมเนื้อเหล็กเข้าไปในช่องว่างระหว่างราง เช่น Thermit Welding (TW) และการเชื่อม Enclosed Arc Welding โดยปกติ FBW จะเชื่อมรางสั้นก่อน เช่น ราง 25 เมตร มาให้ได้ขนาด 150 เมตร (ขึ้นอยู่กับแต่ละบริษัท) แล้วจึงขนไปเชื่อมหน้างานโดยวิธีการเชื่อม TW เพื่อให้ได้เป็น CWR

การเชื่อม Flash Butt Welding

การเชื่อมต่อชนแบบ Flash Butt Welding (รูปที่ 5-55) เป็นเทคนิคการเชื่อมรางรถไฟที่ทันสมัย มีคุณภาพสูง เพราะในการเชื่อมไม่มีสารแปลกปลอมเข้ามาเกี่ยวข้อง การเชื่อม FBW แบบอยู่กับที่จะใช้เป็นเทคนิคการต่อรางยาวที่ใช้กันอยู่ทั่วโลก



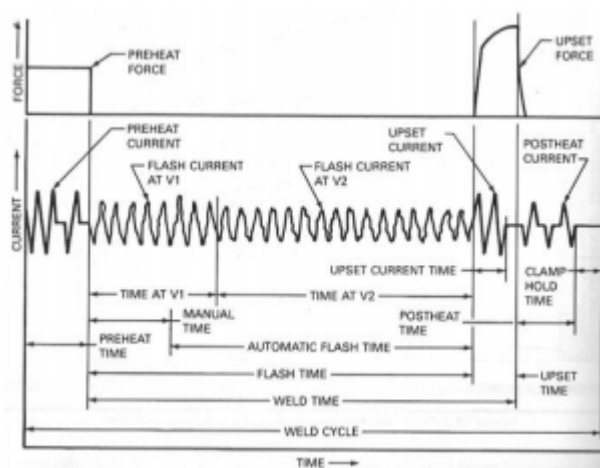
รูปที่ 5-55 หลักการเชื่อมต่อชน Flash Butt Welding

การเชื่อมต่อนสามารถใช้เครื่องเชื่อมเคลื่อนที่ไปเชื่อมรางนอกสถานที่ได้โดยได้คุณภาพงานเชื่อมเท่าๆ กัน อย่างไรก็ตามก็ต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ มากกว่าการเชื่อมเทอมิต การเชื่อมต่อนจะใช้กระแสไฟสูงในระยะสั้นๆ พลังงานไฟฟ้าจะได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล การขนส่งต้องใช้รถพิเศษที่วิ่งบนรางได้ การใช้กำลังอัดต่อนจะใช้ไฮดรอลิกและมีการควบคุมกระบวนการให้ได้การเชื่อมที่แม่นยำ ต้องมีการเคลื่อนที่รางเข้าหากันและต้องใช้เนื้อวัสดุรางทำให้รางสั้นลง (รูปที่ 5-56)



รูปที่ 5-56 เครื่องเชื่อมต่อนเคลื่อนที่บนรางรถไฟ

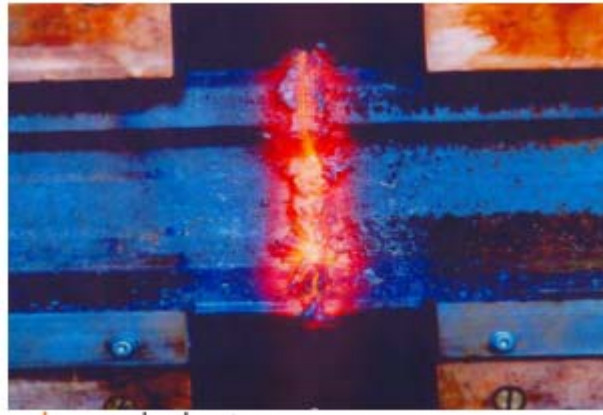
กรรมวิธีเชื่อมจะมีสามหรือสี่ขั้นตอน หลังจากจับรางเข้าในหัวจับทองแดงซึ่งเป็นตัวนำของเครื่องเชื่อม ขั้นแรกจะต้องปรับรางให้ตรงกันและให้ความร้อนขึ้นต้น โดยปลายของรางจะต้องเลื่อนเข้าเลื่อนออกจากกันได้ด้วย กระแสไฟสูงจะทำให้เกิดความร้อนที่ปลายของรางทั้งสองข้าง (รูปที่ 5-57)



รูปที่ 5-57 แผนภูมิ กระแส แรง เวลา ของการเชื่อมต่อน

ในขั้นตอนที่สองรางที่ได้ถูกทำให้ร้อนจะถูกดันเข้าหากันด้วยความเร็วคงที่อย่างสม่ำเสมอสามครั้ง โดยจะมีกระแสลัดวงจรต่อเนื่องและมีประกายน้ำโลหะพุ่งออกมาทำให้เกิดไอโลหะขณะที่อัดเข้ากัน ซึ่งจะไล่เอาไฮโดรเจนและสิ่งสกปรกออกไป

ในขั้นตอนที่สาม เมื่อผิวหน้าขอบรางที่เข้าชนกันหลอมละลายดีและส่วนปลายของรางได้ความร้อนพอดีแล้วจะทำการดึงเข้าชนกัน พร้อมกันนั้นน้ำเหล็กเหลวและส่วนของเหล็กรางที่ร้อนจนสามารถขึ้นรูปแบบพลาสติกจะถูกดันเบียดออกมาทำให้เกิดแนวเชื่อม ซึ่งจะถูกตัดออกขณะที่ยังร้อน (รูปที่ 5-58 และ รูปที่ 5-59) เพื่อได้เป็นแนวเชื่อมเรียบ



รูปที่ 5-58 แนวเชื่อมที่เสร็จใหม่



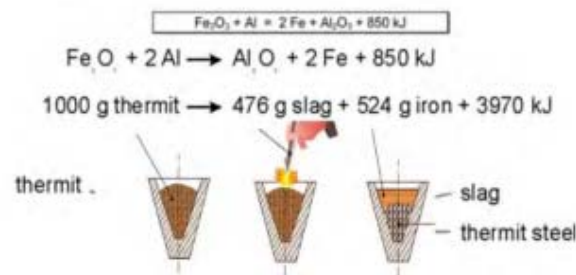
รูปที่ 5-59 แนวเชื่อมเมื่อตัดเศษออกด้วยเครื่องตัดเฉพาะ

ส่วนขั้นตอนที่สี่ คือการให้ความร้อนหลังการเชื่อม จะทำการปล่อยกระแสไฟฟ้าต่อไป ในช่วงเย็นตัวของเหล็กเพื่อให้ได้โครงสร้างจุลภาคที่ต้องการและเป็นการลดความเค้นบริเวณแนวเชื่อม

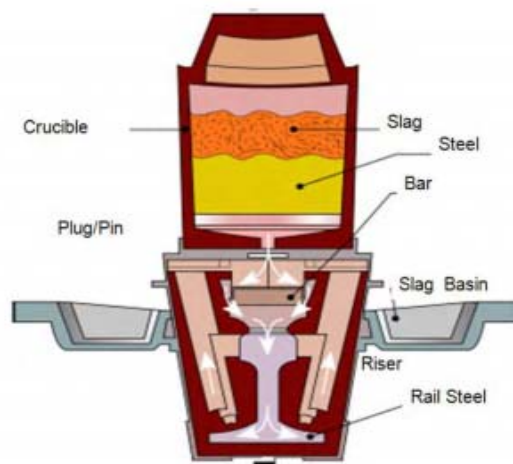
การเชื่อม *Thermit Welding*

กรรมวิธีนี้ได้ค้นพบโดยนักเคมีชาวเยอรมันชื่อ Prof. Dr. Hans Goldschmidt ค้นพบวิธีการผลิตโลหะหนักจากออกไซด์ของโลหะโดยทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอะลูมิเนียม กรรมวิธีอะลูมิเนียมเทอมิตถูกเรียกว่า กระบวนการเทอมิต (Thermit process) และได้จดลิขสิทธิ์สำหรับงานเชื่อมเมื่อปี ค.ศ.1895 การเชื่อมเทอมิตเป็นกระบวนการเชื่อมที่มีการเติมเนื้อเหล็กลงในแนวเชื่อม ความยุ่งยากก็คือการควบคุมคุณภาพให้ได้เหมือนกันของการเชื่อมแต่ละครั้ง

ในกระบวนการเทอมิตจะมีส่วนผสมของผงเหล็กออกไซด์และผงอะลูมิเนียมผสมกันอย่างทั่วถึง บรรจุไว้ในกระบอกหลอมและจุดประกายให้เกิดปฏิกิริยา (รูปที่ 5-60 และ รูปที่ 5-61) ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นจากอะลูมิเนียมบริสุทธิ์รวมตัวกับออกซิเจนในเหล็กออกไซด์ ทำให้ได้น้ำเหล็กเหลวและสแลกอะลูมิเนียมออกไซด์เหลวเบา (Korunt) ที่อุณหภูมิ 2400°C



รูปที่ 5-60 ปฏิกิริยาเทอมิต



รูปที่ 5-61 แบบหล่อเชื่อมเทอมิต

การเตรียมแนวเชื่อมจะให้มีร่องแนวเชื่อมประมาณ 25 - 30 มม. โดยตัดรางด้วยหัวตัดแก๊ส พร้อมแบบประกอบตัดหรือใช้หินเจียรพิเศษตัด



รูปที่ 5-62 การให้ความร้อนก่อนเชื่อม การจัดตำแหน่งกระบอกหลอมพร้อมการป้องกันรั่วปฏิกิริยาและการสิ้นสุดของกระบวนการเชื่อม



รูปที่ 5-63 ขั้นตอนของการเชื่อมเทอมิต

จะต้องปรับรางให้ตรงและแบบหล่อทำด้วยทรายควอร์ซและอิฐทนไฟ (ดีที่สุดควรใช้ แบบหล่ออิฐทนไฟสำเร็จรูป) อาจใช้เหล็กผสมสำหรับให้ได้เหล็กผสมที่เหมาะสมแขวนไว้ที่หัวรางในร่องแนวเชื่อม ให้ความร้อนก่อนเชื่อม (ประมาณ 5 นาที) (รูปที่ 5-62) ตามชนิดของเหล็กและปริมาณเนื้อเหล็กระหว่าง 600 ถึง 800°C โดยใช้เปลวโปรเพน/ออกซิเจน หลังจากนั้นจึงจุดประกายส่วนผสมของผงในกระบอกปฏิกิริยา (รูปที่ 5-63)

หลังจากสิ้นสุดของปฏิกิริยาฝาปิดกระบอกหลอมจะละลายทำให้ช่องน้ำโลหะเหลวเปิด กระบวนการหล่อ-เชื่อมจะเกิดขึ้นเอง สลักจะลอยขึ้นเหนือน้ำโลหะ เนื่องจากเบากว่า หลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยาและรอเวลาเป็นระยะสั้น ๆ จะทำการเจาะรูกระบอกหลอมและน้ำเหล็กจะไหลเข้าไปในแบบหล่อที่ตำแหน่งของรางที่ได้ให้ความร้อนไว้ก่อน ซึ่งรางจะถูกหลอมด้วยน้ำเหล็ก Thermit ที่ ไหลเวียนและมีความร้อนสูง สลักที่ลอยขึ้นข้างบนจะป้องกันการเชื่อมจากอากาศ และไหลผ่านรูลัน (Riser) ไปอยู่ในอ่างรับสลัก ส่วนหนึ่งของเหล็กจะแข็งตัวในปล่อง เศษสลักที่อยู่บนหัวรางและที่ร่องครีบกจะถูกตัดออกในสภาพที่ยังร้อนด้วยเครื่องตัดเฉพาะ

การเอาเศษรูลัน สะเก็ดโลหะและการทำความสะอาดของรางจะต้องทำหลังจากเย็นตัวในช่วงเวลาหนึ่งแล้ว เนื่องจากมีความจำเป็นให้แนวเชื่อมและบริเวณที่ได้รับอิทธิพลความร้อน (Heat Affected zone) เย็นตัวลงอย่างช้าๆ ด้วยความร้อนที่ ยังคงอยู่ในมวลปฏิกิริยา ห้ามใช้เครื่องมือทุบเศษออกเด็ดขาด หลังจากเย็นตัวดีแล้วจึงทำการเจียรบริเวณที่ใช้งานของรางให้เรียบ

การเชื่อมเทอมิตมีบทบาทในการใช้วางรางรถไฟใหม่และในเทคโนโลยีการซ่อมรางรถไฟอย่างมาก ในการใช้รางเหล็กคุณภาพสูงสมัยใหม่ และในการใช้รางรถไฟรับภาระสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้รางสำหรับรถไฟความเร็วสูง การเชื่อมเทอมิตจะยังคงใช้เป็นเทคนิคการเชื่อมรางที่มีคุณภาพ



รูปที่ 5-64 แนวเชื่อมเทอมิตหลังจากตัดแต่งแนวแล้ว

5.6.1 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานเชื่อม Flash Butt Welding

ตารางที่ 5-16 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานเชื่อม Flash Butt Welding

Topic			Flash Butt Welding					
Sub Topic			Description	Procedure Approval/Lab Test				
				Visual Test, MT, PT, Micro.	การดูโครงสร้างมหภาค และจุลภาคของแนวเชื่อม	การทดสอบความแข็ง (Hardness Test)	การทดสอบการดัดงอ (Bending Test)	การทดสอบความล้า (Fatigue Test)
Engineering Principal			เชื่อมต่อรางแบบ Flash Butt Welding	สำหรับใช้ทดสอบกรรมวิธีการเชื่อม (For approval and laboratory test.)	สำหรับใช้ทดสอบกรรมวิธีการเชื่อม (For approval and laboratory test.)	สำหรับใช้ทดสอบกรรมวิธีการเชื่อม (For approval and laboratory test.)	สำหรับใช้ทดสอบกรรมวิธีการเชื่อม (For approval and laboratory test.)	สำหรับใช้ทดสอบกรรมวิธีการเชื่อม (For approval and laboratory test.)
Remark	EN			✓	✓	✓	✓	✓
	USA			✓	✓	✓	✓	✓
	AUS			✓	✓	✓	✓	✓
	KOREA			✓	✓	✓	✓	✓
	TH	Metro		กำหนดตาม EN 14587-1 และ EN 14587-2				
		Intercity		กำหนดตาม EN 14587-1 และ EN 14587-2				
Conclusion				กำหนดตาม EN 14587-1 และ EN 14587-2				

ตารางที่ 5-16 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานเชื่อม Flash Butt Welding (ต่อ)

Topic			Flash Butt Welding		
Sub Topic			การรับรองหน่วยงานเชื่อม(Approval of the Welding Contractor)	การเชื่อมงานจริง	การตรวจสอบและการบันทึกเอกสาร
Engineering Principal			เป็นการรับรองหน่วยงานเชื่อม เช่น โดยที่หน่วยงานเชื่อมต้องใช้กรรมวิธีการเชื่อมที่รับรองมาแล้ว หน่วยงานเชื่อมต้องมีระบบประกันคุณภาพและตรวจสอบงานเชื่อม (For approval of contractor.)	การเตรียมชิ้นงาน การเชื่อม การควบคุมและบันทึกตัวแปร การเก็บแต่งแนวเชื่อม	การตรวจสอบแนวเชื่อมหลังเชื่อมเสร็จแล้ว เป็นการตรวจสอบด้วยสายตา MT และ UT และบางกรณีจะต้องทดสอบ Slow Bend Test อย่างน้อย 1 ครั้ง/สัปดาห์ในระหว่างการเชื่อม (For QC control.)
Remark	EN		✓	✓	✓
	USA		✓	✓	✓
	AUS		✓	✓	✓
	KOREA		✓	✓	✓
	TH	Metro	กำหนดตาม EN 14587-1 และ EN 14587-2		
		Intercity	กำหนดตาม EN 14587-1 และ EN 14587-2		
Conclusion			กำหนดตาม EN 14587-1 และ EN 14587-2		

การตรวจสอบรางเชื่อม (Inspection of Rail Welding)

การทดสอบรางเชื่อม ได้แก่ การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Examination) เช่น การตรวจสอบหาสิ่งบกพร่อง (Defects) จากการเชื่อม รวมถึงการตรวจสอบขนาด (Dimension) ส่วนการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ การทดสอบความแข็ง การทดสอบการดัดงอ (Slow Bend Test) การตรวจสอบผิวแตก (Fracture Surface Examination) การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคและจุลภาค (Macro and Micro Structure Examination)

ก. การทดสอบความแข็งแนวเชื่อมราง (Rail Weld Hardness Test)

การทดสอบความแข็งของรางเชื่อม เพื่อแสดงค่าความแข็งบริเวณเนื้อเชื่อม (Weld Metal) บริเวณกระแทกร้อน (HAZ) และบริเวณเนื้อโลหะเดิม (Base Metal) การทดสอบความแข็งบริเวณแนวเชื่อมเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดที่จะประเมินคุณภาพของแนวเชื่อมราง ค่าความแข็งจะแสดงเป็นตัวเลขของหน่วยต่างๆ เช่น บริเนลหรือวิกเกอร์ โดยค่าความแข็งจะบอกถึงลักษณะของโครงสร้างแนวเชื่อม

ข. การทดสอบการดัดงอแนวเชื่อมราง (Rail Weld Bend Test)

การทดสอบการดัดงอแนวเชื่อมรางทำเพื่อประเมินคุณภาพของรางเชื่อมในสภาวะ Static Bending โดยจะทำการดัดงอรางเชื่อมเพื่อหาแรง (Load) และระยะการดัดงอ

ค. การทดสอบการล้าแนวเชื่อมราง (Rail Weld Fatigue Test)

การทดสอบการล้าแนวเชื่อมรางโดยใช้โหลดหมุน (Rolling load test)

สำหรับการตรวจสอบของงานเชื่อมจริงหลังจากการเชื่อมราง จะเน้นการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย ได้แก่

- 1) การตรวจสอบความตรงของแนวเชื่อม (Rail weld alignment)
- 2) การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual inspection)
- 3) การตรวจสอบด้วยน้ำยาแทรกซึม (Penetration inspection)
- 4) การตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็ก (Magnetic Particle inspection)
- 5) การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิก (Ultrasonic inspection)

5.6.2 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับการเชื่อม Thermite Welding

ตารางที่ 5-17 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับการเชื่อม Thermite Welding

Topic			Thermite Welding				
Sub Topic			Description	Procedure Approval/Lab Test			
				Visual Test, MT, PT, Micro.	การดูโครงสร้างมหภาค และจุลภาคของแนวเชื่อม	การทดสอบความแข็ง (Hardness Test)	การทดสอบการดัดงอ (Bending Test)
Engineering Principal			เชื่อมต่อรางแบบ Thermite Welding	สำหรับใช้ทดสอบกรรมวิธีการเชื่อม (For approval and laboratory test.)	สำหรับใช้ทดสอบกรรมวิธีการเชื่อม (For approval and laboratory test.)	สำหรับใช้ทดสอบกรรมวิธี การเชื่อม (For approval and laboratory test.)	สำหรับใช้ทดสอบกรรมวิธี การเชื่อม (For approval and laboratory test.)
Remark	EN			✓	✓	✓	✓
	USA			✓	✓	✓	✓
	AUS			✓	✓	✓	✓
	KOREA			✓	✓	✓	✓
	TH	Metro		กำหนดตาม EN 14730-1 และ EN 14730-2			
		Intercity		กำหนดตาม EN 14730-1 และ EN 14730-2			
Conclusion				กำหนดตาม EN 14730-1 และ EN 14730-2			

ตารางที่ 5-17 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับการเชื่อม Thermite Welding ตารางที่ 5-17 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับ (ต่อ)

Topic			Thermite Welding			
Sub Topic			การรับรองหน่วยงานเชื่อม(Approval of the Welding Contractor)	การรับรองช่างเชื่อม	การเชื่อมงานจริง	การตรวจสอบและการบันทึกเอกสาร
Engineering Principal			เป็นการรับรองหน่วยงานเชื่อม เช่น โดยที่หน่วยงานเชื่อมต้องใช้กรรมวิธีการเชื่อมที่รับรองมาแล้ว หน่วยงานเชื่อมต้องมีระบบประกันคุณภาพและตรวจสอบงานเชื่อม (For approval of contractor.)	ช่างเชื่อมจะต้องมีใบประกาศนียบัตรผ่านการฝึกอบรม และมีการระบุหมายเลขช่างเชื่อม	การเตรียมชิ้นงาน การเชื่อม การควบคุมและบันทึกตัวแปร การเก็บแต่งแนวเชื่อม	การตรวจสอบแนวเชื่อมรางต้องได้รับการรับรองจากองค์กร และควรทำการตรวจสอบด้วยสายตา และการตรวจสอบไม่ทำลายอื่นๆ หลังเชื่อมเสร็จ เช่น UT เป็นต้น
Remark	EN		✓	✓	✓	✓
	USA		✓	✓	✓	✓
	AUS		✓	✓	✓	✓
	KOREA		✓	✓	✓	✓
	TH	Metro	กำหนดตาม EN 14730-1 และ EN 14730-2			
		Intercity	กำหนดตาม EN 14730-1 และ EN 14730-2			
Conclusion			กำหนดตาม EN 14730-1 และ EN 14730-2			

5.6.3 ผลการทบทวนมาตรฐานรางเชื่อมยาวของแต่ละประเทศ

มาตรฐานสำหรับกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

การศึกษอ้างอิงจาก COMMISSION REGULATION (EU) No 1299/2014 โดยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างสะพานนั้นอยู่ในหัวข้อที่ 4.3 Functional and technical specification of the interfaces ในหัวข้อนี้นี้จะกล่าวถึงข้อกำหนดของโครงสร้างต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกับระบบทางรถไฟ ทั้งนี้ในส่วนของสะพานนั้น จะเข้าไปเกี่ยวข้องในเรื่องของ Axle load และ Axle spacing ซึ่งอ้างอิงจาก 2 หัวข้อคือ

Resistance of new bridges to traffic loads

- 1) Vertical loads
- 2) Allowance for dynamic effects of vertical loads
- 3) Centrifugal forces
- 4) Nosing forces
- 5) Actions due to traction and braking)longitudinal loads(
- 6) Design track twist due to rail traffic actions

Resistance of existing bridges and earthworks to traffic loads

ทั้ง 2 หัวข้อนั้น อ้างอิงมาจากมาตรฐาน

EN 1990 Eurocode Basis of structural design (with Amendment A1:2005 and Correction AC: 2010)

EN 1991-2 Eurocode 1 — Actions on structures — Part 2: Traffic load on bridges (with Correction AC: 2010)

มาตรฐานสำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา

มาตรฐาน CFR 213.118-213.119 และ AREMA Volume 1 part 5.2-5.3 ถูกใช้ในการศึกษา มาตรฐานสำหรับรางเชื่อมยาวของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีการกล่าวถึงข้อกำหนดและวิธีการก่อสร้าง รวมไปถึงการซ่อมบำรุงทางรถไฟที่ใช้รางเชื่อมยาว โดยมีหัวข้อครอบคลุมตั้งแต่การติดตั้งราง การตรวจสอบ การซ่อมแซมรางเชื่อมยาวของทางวิ่งที่วางอยู่บนพื้นดิน (On-Ground Ballasted Track) อย่างไรก็ตาม มาตรฐานดังกล่าวไม่ได้กล่าวถึงการปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบรางและสะพานโดยตรง แต่ได้กำหนดน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบ โดยปรากฏใน Volume 2 Structures ดังแสดงด้านล่าง

- 1) Concrete Structure and Foundations
 - 1.1) Reinforced Concrete Design
 - Design Loads
- 2) Seismic Design for Railway Structures
- 3) Steel Structures

โดยน้ำหนักหรือแรงกระทำที่พิจารณาประกอบด้วย

D = Dead Load	F = Longitudinal Force due to Friction or Shear
L = Live Load	Resistance at Expansion Bearing
I = Impact	EQ = Earthquake (Seismic)
CF = Centrifugal Force	SF = Stream Flow Pressure
E = Earth Pressure	ICE = Ice Pressure
B = Buoyancy	OF = Other Force (Rib Shortening, Shrinkage,
W = Wind Load on Structure	Temperature and/or Settlement of Supports)
WL = Wind Load on Live Load	
LF = Longitudinal Force from Live Load	

มาตรฐานสำหรับประเทศญี่ปุ่น

มาตรฐานที่ใช้ในการศึกษานั้น อ้างอิงจาก Technical Regulatory Standards on Japanese Railways โดย Railway Bureau Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism เอกสารดังกล่าวแปลจากต้นฉบับภาษาญี่ปุ่น มาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของรางบนโครงสร้างสะพานนั้นไม่ได้ระบุเจาะจงว่าเป็นรางเชื่อมยาว นอกจากนั้น ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรางและสะพานก็ไม่ได้กล่าวถึง แต่ได้กำหนดหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง ซึ่งรวมถึงสะพานไว้ว่า ต้องไม่เกินค่าที่ยอมให้ (Allowable Stress) โดยระบุไว้ใน Article 24 ดังแสดงด้านล่าง

Article 24. Structures such as earthwork, bridge, and tunnel shall be able to withstand the anticipated load. They shall also be free from any impediment for the safe car operation like the deviation of structures caused by the load and impact of the train.

The design of earthworks, bridges, tunnels and other structures shall conform to the notifications in the following “Technical Standards for Railway Structures.”

Design of a structure using the allowable stress method (excluding seismic design) shall conform to “**Design of Structures Using the Allowable Stress Method**” in the attached **sheet No..6**

สำหรับหน่วยแรงที่ยอมให้ดังปรากฏในเอกสารแนบหมายเลข 6 นั้น (the attached **sheet No..6**) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสะพานจะแบ่งลักษณะของสะพานออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) ARTICLE 4: ALLOWABLE STRESS FOR BRIDGE, ETC.

(Steel bridge and steel-concrete composite girder bridge.)

2) ARTICLE 5: ALLOWABLE STRESS FOR PRESTRESSED CONCTETE BRIDGE

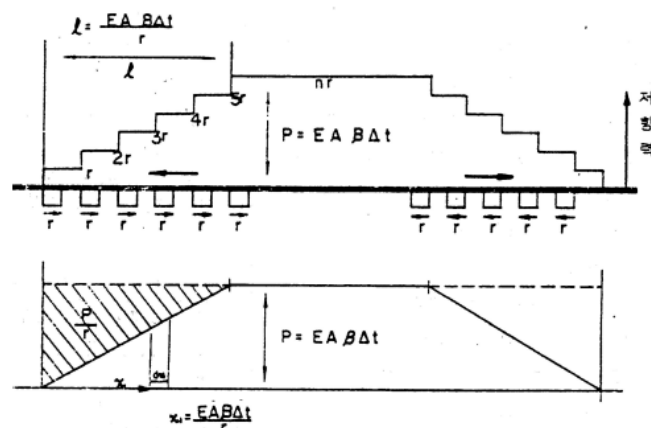
นอกจากนั้นได้มีการกำหนดค่าการทรุดตัวที่ยอมให้ของสะพานเมื่อมีแรงกระทำจากรถไฟ และ กำหนดน้ำหนักที่กระทำบนสะพานเพื่อใช้ในการออกแบบ ดังแสดงด้านล่างนี้ตามลำดับ

3) ARTICLE 9: ALLOWABLE DEFLECTION

4) ARTICLE 10: LOAD, ETC. ACTING ON BRIDGE AND CONCRETE STRUCTURE

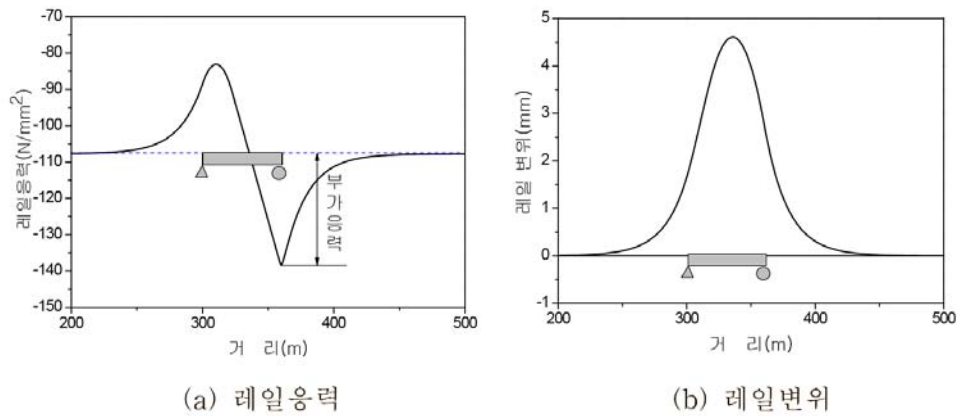
มาตรฐานสำหรับประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

มาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐเกาหลีซึ่งกล่าวถึงพฤติกรรมของรางเชื่อมยาวบนสะพานได้แก่ มาตรฐาน KR C-14050 Continuous Welded Rails (CWR) โดยได้กล่าวถึงข้อกำหนดต่าง ๆ ของรางเชื่อมยาว เป็นต้นว่า มาตรฐานการติดตั้งและมาตรฐานการเชื่อม ทั้งนี้ในส่วนของการติดตั้งนั้นได้มีการเสนอสมการสำหรับใช้ในการศึกษาพฤติกรรมของรางเชื่อมยาวภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 5-65 ซึ่งแผนภาพหรือสมการที่เสนอนั้น สอดคล้องกับข้อกำหนดของ UIC 774-3 R โดยมีการกำหนดถึงค่าหน่วยแรงในรางที่ยอมให้ทั้งทางวิ่งบนหินโรยทาง (Ballasted Track) และทางวิ่งบนพื้นคอนกรีต (Concrete Track) ซึ่งปรากฏในตารางหัวข้อที่ 5.4 นอกจากนี้ยังมีบางส่วนที่ได้ระบุถึงข้อกำหนดของรางเชื่อมยาวบนสะพาน โดยได้มีการกำหนดค่าต่างๆที่ยอมให้เมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมของรางบนสะพาน เช่น ค่าการเคลื่อนตัวหรือหน่วยแรงที่เกิดขึ้น



รูปที่ 5-65 พฤติกรรมของรางเชื่อมยาวภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

นอกจากนั้น ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางและสะพาน (Track-Bridge Interaction) มาตรฐาน KR C-14050 ได้แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงที่ยอมให้ที่เกิดขึ้นในรางเชื่อมยาว (CWR) อันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวสะพานดังแสดงในรูปที่ 5-66(a) และสำหรับรูปที่ 5-66(b) นั้นเป็นค่าการทรุดตัวของสะพานที่ยอมให้จากแผนภาพทั้งสองเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อกำหนด UIC 774-3 R พบว่า มีค่าที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ ข้อกำหนด UIC ได้กำหนดให้ค่าหน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นในรางนั้นมีค่าไม่เกิน 72 N/mm^2 และค่าการทรุดตัวของสะพานมีค่าได้ไม่เกิน 5 mm . ภายใต้แรงเบรก



รูปที่ 5-66 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางและสะพาน

จากแผนภาพหน่วยแรงและค่าการหลุดตัวที่ยอมให้ สามารถสรุปได้ว่า มาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี ได้ใช้การกำหนดหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในรางเชื่อมยาว ร่วมกับค่าการหลุดตัวของสะพาน ในการกำหนดพฤติกรรมของรางเชื่อมยาวบนสะพาน ซึ่งมีความสอดคล้องกับมาตรฐาน UIC 774-3 R ซึ่งได้กำหนดโดยอ้างอิงคุณสมบัติของรางเชื่อมยาวจากมาตรฐาน UIC 60 CWR ดังแสดงในรูปที่ 5-67 กล่าวคือ

Permissible additional stresses in CWR on the bridge

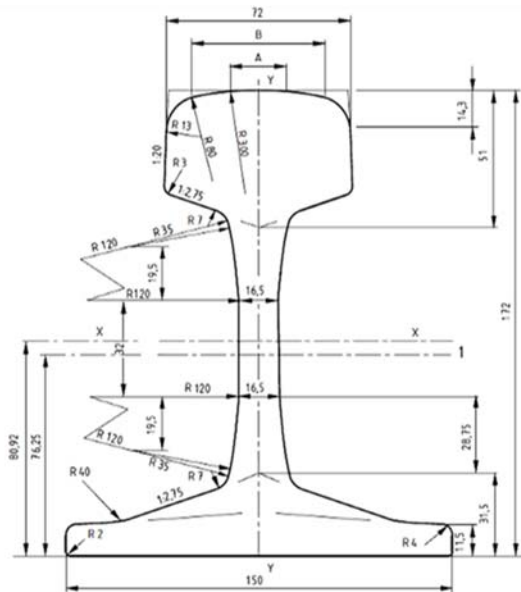
- The maximum permissible additional compressive rail stress is 72 N/mm²
- The maximum permissible addition tensile rail stress is 92 N/mm²

Absolute and relative displacement

- The maximum permissible displacement between rail and deck or embankment under braking and/or acceleration forces is 4 mm.
- For the same braking and/ or acceleration forces, the maximum absolute horizontal displacement of the desk δ_{abs} is ± 5 mm if the rail run across one or both ends of the bridge/embankment transition

ทั้งนี้ หากขนาดของรางผิดไปจาก UIC 60 CWR ค่าที่ยอมให้ดังกล่าวข้างต้นต้องพิจารณาใหม่อีก

ครั้ง



Key

1 Centre line of branding		
Cross-sectional area	: 76,70	cm ²
Mass per metre	: 60,21	kg/m
Moment of inertia x-x axis	: 3038,3	cm ⁴
Section modulus - Head	: 333,6	cm ³
Section modulus - Base	: 375,5	cm ³
Moment of inertia y-y axis	: 512,3	cm ⁴
Section modulus y-y axis	: 68,3	cm ³
Indicative dimensions :	A = 20,456 mm	
	B = 52,053 mm	

รูปที่ 5-67 รางเชื่อมยาวจากมาตรฐาน UIC 60 CWR

พร้อมกันนี้ ข้อกำหนด UIC 774-3 R ได้เสนอแนวทางในการวิเคราะห์พฤติกรรมของรางเชื่อมยาวบนสะพานไ้ 3 วิธีด้วยกันคือ

- 1) Pre-dimensioning method
- 2) Design method using Points 2 and 3
 - 2.1) Points 2 (Calculation without interaction)
 - 2.2) Points 3 (Calculation with interaction)
- 3) Calculations with a computer program

5.6.4 ผลการทบทวนมาตรฐานการเชื่อมรางยาวของแต่ละประเทศ

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐาน EN ของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC สำหรับการออกแบบรางเชื่อมยาว คือ มาตรฐาน EN 14587 “Railway applications Track – Flash butt welding of rails”

- 1) Part 1: New R220, R260, R260MN and R350HT rails in fixed plant
- 2) Part 2: New R220, R260, R260MN and R350HT rails by mobile welding machines at sites other than a fixed plant.
- 3) Part 3: Welding in association with crossing construction

มาตรฐาน EN 14730 “Railway applications Track – Aluminothermic welding of rails” -

Part 1: Approval of welding processes a approval of contractors and acceptance

ซึ่งจะเห็นได้ว่ามาตรฐานได้กำหนดถึงวิธีการในการทำงาน นอกจากนี้ยังรวมไปถึงขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานจริงอีกด้วย

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

องค์กร AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้จัดทำคู่มือ Manual for Railway Engineering ซึ่งบทที่ 4 ของคู่มือได้กล่าวถึงการเชื่อม CWR ดังนี้

- 1) Specification for the Quality Assurance of Electric Flash Butt Welding of Rail
- 2) Specification for Fabrication of CWR
- 3) Specification for the Quality Assurance of Thermit Welding of Rail

มาตรฐานที่ใช้ในงานในโครงการระบบรางของไทย

ในโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในประเทศไทยได้มีการนำมาตรฐานของต่างประเทศมาใช้ เช่น โครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงเบร็งสมุทรปราการ โดยมีการอ้างอิงถึงมาตรฐาน

- 1) EN 14587-1 Railway Applications Track – Flash butt welding of rails – Part 1: New R220, R260, R260MN and R350HT rails in fixed plant
- 2) EN 14587-2 Railway Applications Track – Flash butt welding of rails – Part 2: New R220, R260, R260MN and R350HT rails by mobile welding machines at sites other than a fixed plant.
- 3) EN 14730-1 “Railway applications Track – Flash Aluminothermic welding of rails” - Part 1: Approval of welding processes approval of contractors and acceptance

สำหรับการรถไฟแห่งประเทศไทยของรถไฟระหว่างเมือง (รางกว้าง 1 ม.) และรถไฟฟ้าแอร์พอร์ตลิงก์ จากการวิเคราะห์เบื้องต้นได้อ้างอิงถึงมาตรฐาน EN และ UIC

มาตรฐานอื่นๆ

มาตรฐานเกาหลี KR C-145050 Continuous Welded Rail

5.6.5 รายละเอียดการเปรียบเทียบเบื้องต้นการเชื่อม CWR

การเปรียบเทียบมาตรฐานการเชื่อม Flash Butt Joint (FBW)

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

- Rail (EN 13674-1) 54E1, 60E1 เช่น เกรด R260, R350HT
- (เอกสารจาก M. Sarna) ใช้เชื่อมรางยาว 25 เมตร เพื่อให้ได้ความยาว 150 เมตร
- EN 14587-1 (Fixed plant) ใช้เชื่อมรางยาวในเส้นทางสายประธานด้วยวิธี FBW

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา AREMA/AWS, AREMA section 3.11 (Chapter 4)

- Rail 115lbs, 132lbs, 136lbs เช่น เกรด Standard rail และ High strength rail

ข้อกำหนดการเชื่อม FBW)FBW specification for fabrication of CWR(

การเชื่อมรางแบบแฟลช (Flash welding of rail)

คำอธิบายโดยทั่วไป

- 1) การเชื่อมความต้านทานอัตโนมัติ ทำให้เกิดความร้อนบริเวณปลายรางในสภาพไม่มีออกซิเจน หลังจากนั้นก็อัดปลายรางเข้าหากัน
- 2) วิธีการเชื่อมและอุปกรณ์ ประกอบไปด้วย การเตรียม การให้ความร้อนก่อนเชื่อม การเชื่อม การให้ความร้อนหลังเชื่อม และการปรับผิว
- 3) ในบทที่ 4 Part 2 ของคู่มือ AREMA สำหรับแสดงค่ากำหนดต่ำสุดสำหรับการเชื่อมราง (4.2.2 Specification for Fabrication of Continuous Welded Rail)

ก. มาตรฐานที่ใช้ในงานในโครงการระบบรางของไทย

การรถไฟแห่งประเทศไทย (1 เมตร)

- Rail BS 80 A, BS 100 A SPECIFICATION UIC 860-0 Grade 900A
- FBW การเชื่อมรางยาวสายประธาน (ในโรงงาน)

โครงการรถไฟฟ้ามหานครในประเทศไทย (1.435 เมตร)

- Rail UIC 54 (54E1), UIC 60 (60E1)
- การเชื่อมรางเส้นยาวในเส้นทางสายประธานใช้วิธี FBW ตามมาตรฐาน EN 14587-1 และ หรือ/14587-2

การเปรียบเทียบมาตรฐานการเชื่อม Thermit Welding (TW)

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

EN (เอกสารจาก M. Sarna) การเชื่อมรางเส้นยาวที่ผ่านการเชื่อม FBW มาก่อน เพื่อทำให้เป็น CWR

EN 14730-1 การเชื่อมรางเส้นยาวที่ผ่านการเชื่อม FBW มาก่อน เพื่อทำให้เป็น CWR

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา AREMA/AWS, AREMA section 3.11 (Chapter 4)

ข้อแนะนำในการปฏิบัติการเชื่อมรางโดยการเชื่อมเทอมิต (TW)

การเชื่อมเทอมิตเป็นการผสมอะลูมิเนียมกับเหล็กออกไซด์ เมื่อมีการทำปฏิกิริยาระหว่างอะลูมิเนียมกับเหล็กออกไซด์ ซึ่งเรียกว่า ปฏิกิริยาเทอมิต อันทำให้เกิดความร้อนในการเชื่อม เนื้อโลหะเดิมเกิดจากเนื้อเหล็กจากปฏิกิริยาดังกล่าว

การเชื่อมเทอมิตเป็นการเชื่อมต่อรางโดยการเติมเนื้อโลหะหลอมเหลวจากปฏิกิริยาเคมีข้างต้น
รายละเอียดกรรมวิธีเชื่อมจาก AWS Vol. 2 8th Edition “Welding handbook”

การนำไปใช้งาน

การเชื่อมเทอมิตสามารถใช้เชื่อมรางเหล็กกล้าคาร์บอนและรางพิเศษ สำหรับการเชื่อมรางเกรดพิเศษต้องมีกรรมวิธีเฉพาะอย่างเพื่อป้องกันการแข็ง และการแตกเนื่องจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว

การเตรียมรอยต่อสำหรับการเชื่อม

- เรียงตัวให้ตรงและมัน ไม่มีการเคลื่อนไหวขณะทำการเชื่อม
- การเตรียมรอยต่อสามารถตัดโดยใช้วิธีการตัดด้วยแก๊ส การเลื่อย หรือใช้แผ่นจานตัด (Abrasive disc)
- ถ้าการเตรียมรอยต่อแนวเชื่อม เตรียมโดยใช้แก๊สตัด ควรจะต้องมีการให้ความร้อนแก่ราง (Preheat) ก่อนการตัดประมาณ 700°F (370°C) ก่อนการตัด เพื่อป้องกันการแตก

แนวตัดจะต้องเรียบ โดยมีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ ± 2 มม. ทั้งแนวขนานและแนวตั้ง

กรรมวิธีการเชื่อม (Welding Procedure) เช่น การให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก่อนการเชื่อม วิธีการจุดอาร์ก อัตราการเย็นตัวและการเอาโมลต์ออก จะต้องทำตามคำแนะนำของผู้ผลิต อุปกรณ์การเชื่อม และขึ้นอยู่กับขนาด ชนิด และส่วนผสมทางเคมีของรางที่เชื่อม และสภาพแวดล้อมต่างๆ และหลังเชื่อมเสร็จจะต้องมีการทดสอบ ได้แก่

- 1) การทดสอบการดัดตัวช้า (Slow bend tests) เพื่อหาค่าโหดและการโค้ง
- 2) การทดสอบความแข็ง เพื่อประเมินค่าความต้านทานต่อการสึกหรอและการเสียรูป
- 3) การทดสอบการกลิ้งของโหด (Rolling load test) เพื่อหาค่าความล้า

มาตรฐานที่ใช้ในงานในโครงการระบบรางของไทย

การรถไฟแห่งประเทศไทย (1 เมตร)

- การเชื่อมรางยาวเป็นรางเชื่อมต่อเนื่องโดยวิธี TW

โครงการรถไฟฟ้ามหานครในประเทศไทย

- การเชื่อมรางเส้นยาวเป็นรางเชื่อมต่อเนื่องโดยวิธี TW ตามมาตรฐาน 14730-1

การเปรียบเทียบมาตรฐาน การตรวจสอบรางเชื่อม (Inspection of Rail Welding)

ก. มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

การทดสอบความแข็ง FBW

รางเกรด R220, R260 และ R260Mn

- 1) ความแข็งต่ำสุดไม่ต่ำกว่า P-30 Hv₃₀ (min hardness not less than P-30 Hv₃₀)
- 2) ความแข็งสูงสุดไม่เกิน P+60 Hv₃₀ (max hardness not exceed P+60 Hv₃₀)

รางเกรด R350HT

- 1) ความแข็งต่ำสุดไม่ต่ำกว่า 325 Hv₃₀ (min hardness not less than 325 Hv₃₀)
- 2) ความแข็งสูงสุดไม่เกิน 410 Hv₃₀ (max hardness not exceed 410 Hv₃₀)

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา AREMA/AWS 15.2

ตารางที่ 5-18 Minimum Performance Specification for New Flash and Thermit Welded Rail

การทดสอบการดัดตัวซ้ำ				
วัสดุ	การเชื่อมแฟลช		การเชื่อมเทอมิต	
	Modulus of Rupture	Deflection Min.	Modulus of Rupture	Deflection Min.
เหล็กรางคาร์บอนต่ำ	100,000 psi (689 MPa)	1.5 in. (38 mm)	100,000 psi MPa)	1.0 in. (25 mm)
เหล็กรางคาร์บอนมาตรฐาน	120,000 psi (827 MPa)	1.0 in. (25 mm)	110,000 psi (758 MPa)	0.9 in. (25 mm)
เหล็กรางพิเศษ	125,000 psi (862 MPa)	0.7 in. (19 mm)	120,000 psi (827 MPa)	0.6 in. (15 mm)
Optional Rolling Load Test				
	วัสดุ	Load	Cycles	
	All rails	See Table D1	2,000,000	
Hardness Survey ⁽²⁾				
การเชื่อมแฟลช				
วัสดุ		Deviation from Parent Material, through HAZ Area		
เหล็กรางคาร์บอนมาตรฐาน		+40 HB/-60 HB to maximum 410 HB		
เหล็กรางพิเศษ		+60 HB/-80 HB to maximum 415 HB		
การเชื่อมเทอมิต				
The hardness of the weld metal shall be within ±30 HB points of the manufacture’s specified hardness for the specific welding kit being used.				

การทดสอบการตัดตัวซ้ำ				
วัสดุ	การเชื่อมแฟลช		การเชื่อมเทอมิต	
	Modulus of Rupture	Deflection Min.	Modulus of Rupture	Deflection Min.
Macroetching (Flash Welded Rail Only)				
Structure			Specification	
Flow-Line Grain turn-out angle			35°-75°	
Parallel Heat-Affected Zone			6.350 mm (0.25 in) maximum deviation	

ข. มาตรฐานที่ใช้ในงานในโครงการระบบรางของไทย

การรถไฟแห่งประเทศไทย (ราง 1 เมตร)

- 1) ทดสอบความแข็งแรงก่อนการเชื่อมจริง ค่า Hardness ต้องอยู่ระหว่าง ± 30 BHN ของค่าความแข็งแรงของรางก่อนเชื่อม สำหรับ TW
- 2) ค่าแรงค่าการแอ่นตัว- ของการทดสอบ slow bending

ชนิด	ด้านที่กด	FBW	TW
BS 80 A	หัวราง	70 – 25	55 – 10
	ฐานราง	65 - 20	55 – 13
BS 100 A	หัวราง	100 – 25	80 – 10
	ฐานราง	90 - 20	80 - 13

ค่าแรง – ค่าการแอ่นตัว

- 3) การทดสอบ UT ทุกรอยเชื่อม

5.6.6 สรุปผลการทบทวนมาตรฐานรางเชื่อมยาวของแต่ละประเทศ

การวิเคราะห์พฤติกรรมของรางเชื่อมยาว (Analysis of CWR)

จากการศึกษาพบว่ามาตรฐานส่วนใหญ่จะกล่าวถึงการติดตั้ง การตรวจสอบ การบำรุงรักษาและซ่อมแซมรางเชื่อมยาว โดยไม่ให้รายละเอียดในการวิเคราะห์หรือกำหนดค่าพิกัดความปลอดภัยไว้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ข้อกำหนดของ UIC 774-3 R และมาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐเกาหลี (KR C-14050) ได้กล่าวถึงรายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ รวมไปถึงพิกัดความปลอดภัยของหน่วยแรงตามยาวที่เกิดขึ้นสำหรับทางวิ่งชนิดต่างๆ ซึ่งรวมไปถึงทางวิ่งบนหินโรยทาง ทางวิ่งบนพื้นคอนกรีต และทางวิ่งที่วางอยู่บนสะพาน เป็นต้น

สำหรับมาตรฐาน EN ของกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปและมาตรฐาน CFR ของประเทศสหรัฐอเมริกา นั้น ไม่พบความเชื่อมโยงกันระหว่างพฤติกรรมของทางวิ่งและโครงสร้างสะพาน แต่ได้มีการกำหนดน้ำหนัก

ที่ต้องพิจารณาในการออกแบบสะพาน เช่นเดียวกับมาตรฐานประเทศญี่ปุ่นที่ได้กำหนดหน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับโครงสร้างสะพานโดยใช้การออกแบบด้วยวิธี Allowable Stress Method พร้อมทั้งมีข้อกำหนดเกี่ยวกับค่าการทรุดตัวที่ยอมให้ และมาตรฐานสำหรับประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ออสเตรเลีย และไทย นั้น ไม่พบข้อมูลปฏิสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันระหว่างรางและสะพาน

จากข้อมูลการทบทวนมาตรฐานของแต่ละประเทศ พบว่าแนวทางในการพัฒนามาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมของรางเชื่อมยาวบนสะพานสำหรับประเทศไทยนั้น สามารถพัฒนาได้จากข้อกำหนด ของ UIC 774-3 R โดยทำการเปรียบเทียบลักษณะของรางที่ใช้ในปัจจุบันกับขนาดของรางตามข้อกำหนดของ UIC 60 CWR เพื่อนำมาวิเคราะห์หาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในรางเชื่อมยาวและค่าการทรุดตัวของสะพานที่ยอมให้

ทั้งนี้โครงสร้างของมาตรฐานด้านพฤติกรรมของรางเชื่อมยาวจะประกอบไปด้วยมาตรฐานทางเทคนิคและคู่มือการออกแบบก่อสร้างดังแสดงในรูปที่ 5-68 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- การกำหนดค่าพิกัดสูงสุดที่ปลอดภัยของหน่วยแรงบนหน้าตัดราง รวมทั้งพิกัดการเคลื่อนตัวของรางและสะพาน ซึ่งค่าดังกล่าวจำเป็นต้องมีการควบคุมให้อยู่ในระดับปลอดภัยขณะใช้งานจริง เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อตรงต่อความปลอดภัยและความเสียหายของทางรถไฟ
- การกำหนดค่าแรงกระทำที่ต้องพิจารณาในการออกแบบซึ่งประกอบไปด้วย
 - แรงจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
 - แรงจากการเร่งและเบรคของรถไฟ
 - แรงจากการแอ่นตัวของสะพาน

โดยแรงกระทำดังกล่าวจะถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าการตอบสนองสูงสุดของโครงสร้างเพื่อทำการตรวจสอบถึงหน่วยแรงและการเคลื่อนที่ให้อยู่ภายใต้พิกัดปลอดภัย

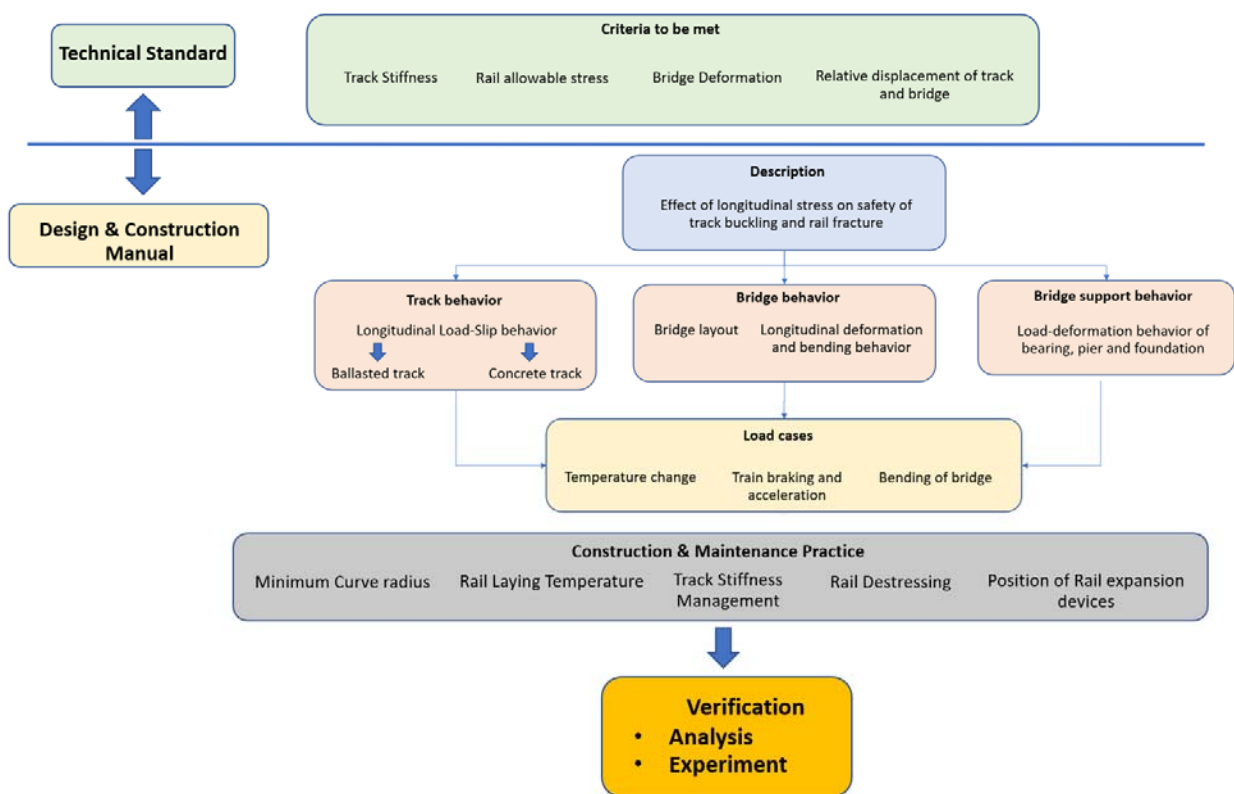
- การกำหนดคุณสมบัติของการถ่ายแรงกันระหว่างทางรถไฟและสะพาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หน่วยแรงบนหน้าตัดราง ซึ่งประกอบไปด้วย
 - พฤติกรรมของจตุรรองรับสะพาน
 - พฤติกรรมการถ่ายแรงระหว่างทางรถไฟและพื้นทางหรือผิวสะพาน (track-bridge interaction)
 - พฤติกรรมภายใต้การมีน้ำหนักกดและไม่มีน้ำหนักกด (loaded & unloaded)

โดยในการวิเคราะห์โครงสร้างนั้น ผู้วิเคราะห์จะต้องสามารถจำลองพฤติกรรมปฏิสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟและโครงสร้างให้สอดคล้องกับสภาวะจริง เป็นให้ได้ค่าการตอบสนองต่างๆที่ถูกต้อง

- การก่อสร้างรางเชื่อมยาว ซึ่งประกอบไปด้วย
 - การวางรางและอุณหภูมิกลางของการวางราง
 - การควบคุมค่าความแข็งแรงของทาง
 - การลดหน่วยแรงในราง
 - การติดตั้งจุดต่อเผื่อขยาย

โดยการก่อสร้างต้องคำนึงถึงการควบคุมอุณหภูมิในการวางรางเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดหน่วยแรงที่สูงเกินไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะใช้งาน รวมทั้งต้องก่อสร้างให้ทางมีความแข็งแรงเพียงพอเพื่อต้านทานแรงด้านข้างเนื่องจากการโก่งออกของราง นอกจากนี้ในกรณีที่พบว่ามีความเสี่ยงที่จะเกิดพิบัติภัยขึ้นบนราง จะต้องมีการลดหน่วยแรงในรางลง (destressing) หรือออกแบบติดตั้งจุดต่อเพื่อขยาย เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น

- การตรวจสอบหน่วยแรงบนหน้าตัดรางโดยการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการตรวจวัดจริง เพื่อตรวจสอบสภาวะขณะการใช้งานของทางรถไฟ



รูปที่ 5-68 โครงสร้างมาตรฐานพฤติกรรมของรางเชื่อมยาว

สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการเชื่อมราง

จากการทบทวนมาตรฐานรางเชื่อมยาวพบว่าทุกมาตรฐานจะมีส่วนที่คล้ายคลึงกัน แต่อาจมีความแตกต่างในรายละเอียดของค่าต่างๆ สำหรับการรถไฟแห่งประเทศไทยก็มีการประยุกต์มาตรฐานของต่างประเทศมาใช้ นอกจากนี้ยังพบว่าในโครงการระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนของประเทศไทยซึ่งมีทางรถไฟขนาดมาตรฐานนั้น ได้มีการนำมาตรฐานยุโรปมาใช้ด้วยเช่นกัน ซึ่งการกำหนดรายละเอียดที่จะเป็นมาตรฐานของประเทศไทยต่อไปนั้น จะต้องมีการรวบรวมข้อมูลและศึกษาเพิ่มเติมเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจต่อไป

5.6.7 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานรางเชื่อมยาว

ตารางที่ 5-19 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานรางเชื่อมยาว

Topic			Track behavior		Load cases			
Sub Topic			Ballasted	Slab	Thermal	Braking/Accel.	Vertical	Tunnel Temp. variation
Engineering Principal			การถ่ายแรงระหว่างทางรถไฟแบบหินโรยทางและโครงสร้าง	การถ่ายแรงระหว่างแผ่นพื้นทางรถไฟและโครงสร้าง	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	แรงตามยาวเนื่องจากการเคลื่อนที่ของรถไฟ	ผลจากการแอ่นตัวของสะพาน	การกระจายตัวของอุณหภูมิไปตามความยาวของอุโมงค์
Remark	EN		Bilinear with Load & Unload, Good & moderate maintenance	40 KN/m Unload, 60 KN/m Load	Bridge Deviate Temp. 35c, Rail Deviate Temp. 50c, Rail/Bridge diff 20c	Accel. 33 KN/m/track, Brake 20,35 KN/m/track	Traffic load	N/A
	USA		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	AUS							
	KOREA		EN based	EN based	-20c to 60c	EN based	EN based	100m from tunnel ends, 20c variation from laying temp.
	TH	Metro	EN based	EN based	Max air temp. 43c, Min air temp 10c	EN based	EN based	N/A
		Intercity	N/A	N/A	a	N/A	N/A	N/A
Conclusion			กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	กำหนดตามค่าที่ใช้เดิมในประเทศ	กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป

ตารางที่ 5-19 แสดงการเปรียบเทียบ (ต่อ)

Topic			Criteria				Construction & Maintenance	
Sub Topic			Rail Stress	Bridge Deformation	Track-Bridge Relative Deformation	Track stiffness	Laying Temp.	Minimum Curve Radius
Engineering Principal			พิกัดหน่วยแรงบนหน้าตัดราง	พิกัดการแอ่นตัวของสะพาน	พิกัดการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างรางและโครงสร้าง	พิกัดค่าความแข็งแรงทางด้านข้างขั้นต่ำของทางฯ	อุณหภูมิการสำหรับวางราง	รัศมีโค้งต่ำสุดในการวางราง
Remark	EN		Comp. 72MPa vary with R, Tens. 92MPa, Comp. 92 Mpa for ballastless track	Longitudinal abs 5mm, Deck end rotation	Longitudinal 4mm	As used in analysis	Vary with location	N/A
	USA		✓	N/A	N/A	✓	✓	✓
	AUS							
	KOREA		EN based	EN based	EN based	Lateral stiffness 500 kg/m	20 องศาเซลเซียส	300m min, 600m need approval, vertical curve 3000m, compound curve 1500m
	TH	Metro	EN based	EN based	EN based	EN based	✓	✓
		Intercity	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Conclusion			กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	กำหนดตามค่าที่ใช้เดิมในประเทศ	กำหนดตามค่าที่ใช้เดิมในประเทศ

ตารางที่ 5-19 แสดงการเปรียบเทียบ (ต่อ)

Topic			Construction & Maintenance			Verification & Approval	
Sub Topic			Track stiffness management	Rail destressing	Installation of rail expansion devices	Analysis	Experiment
Engineering Principal			วิธีการก่อสร้างและควบคุมการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของทางฯ	การลดหน่วยแรงบนหน้าตัดราง	การติดตั้งจุดต่อเพื่อขยาย	ตรวจสอบหน่วยแรงบนหน้าตัดรางด้วยการวิเคราะห์	ตรวจวัดค่าหน่วยแรงบนหน้าตัดราง รวมทั้งทดสอบค่าความแข็งแรงของทางฯ
Remark	EN		N/A	N/A	Max expansion length of single deck, 60m for ballasted track on steel bridge, 90m for ballasted track on concrete/concrete slab bridge	Track bridge interaction analysis, the bridge support system must be considered	N/A
	USA		✓	✓	✓	N/A	N/A
	AUS				✓		
	KOREA		✓	✓	✓	EN based	Track lateral stiffness measurement at 2mm diff of sleeper
	TH	Metro	N/A	✓	✓	EN based	N/A
		Intercity	N/A	✓	✓	N/A	N/A
Conclusion			กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	ต้องมีการทดสอบและประเมิน	ต้องมีการทดสอบและประเมิน

5.7 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานองค์ประกอบทางรถไฟ (DESIGN OF TRACK COMPONENTS)

5.7.1 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบรางและรอยต่อราง (Rail and Rail Joints)

หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

รางทำหน้าที่รับน้ำหนัก เป็นรางวิ่งและเป็นตัวประกอบการวิ่งของรถไฟ ทนทานต่อแรงกระทำในลักษณะต่าง ๆ เช่น การโก่งตัว แรงดึง แรงอัด รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของภาระ (Cyclic load) และเกิดการสึกหรอกับล้อ เป็นต้น นอกจากนี้ รางต้องทนต่อสภาวะแวดล้อมและภูมิอากาศที่รุนแรง เช่น การกัดกร่อน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ซึ่งอาจจะทำให้ นอกจากนี้รางยังต้องสามารถแมชชีน (Machine) ได้และเชื่อมได้ (Weldable) บางครั้งรางต้องมีการทำให้รางแข็ง อาจจะทำให้เฉพาะที่หัวรางหรือทั้งรางก็ได้ตามมาตรฐาน EN 13674-1 โดยทั่วไปรางจะผลิตมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน - แมงกานีส (Carbon-manganese steel) ซึ่งจะมีโครงสร้างเพอร์ไลติก (Pearlitic microstructure) กรรมวิธีในการผลิตเหล็กกล้าเพื่อผลิตราง ได้แก่ วิธีเตาออกซิเจน (Oxygen furnace) หรือในสมัยใหม่จะใช้เตาไฟฟ้า (Electric furnace) ซึ่งจะมีชุดลดแก๊สสุญญากาศ (Vacuum degassing) เพื่อลดแก๊สไฮโดรเจน ออกซิเจน และแก๊สอื่น ๆ ซึ่งแก๊สไฮโดรเจนจะเป็นสาเหตุของการแตกของราง ส่วนผสมทางเคมีของรางเกรด R 350HT แสดงดังตารางที่ 5-11

ตารางที่ 5-20 ส่วนผสมทางเคมีของรางเกรด R 350HT (Profile 60E1)

%C	%Si	%Mn	%P	%S
0.72-0.8	0.15-0.58	0.7-1.2	0.02	0.008-0.03

ส่วนผสมทางเคมี ความแข็งแรงดึงและความแข็งจะแตกต่างกันในแต่ละเกรดของราง โดยทั้งหมดจะมี 7 เกรด ในมาตรฐานยุโรป ซึ่งรวมทั้งเกรดเหล็กกล้าคาร์บอน- แมงกานีส ชนิดไม่กระทำทางความร้อน (Non heat treated C-Mn steel) เกรดอัลลอยด์ (1%Cr) ชนิดไม่กระทำทางความร้อน (Non heat treated alloy 1%Cr) เกรดเหล็กกล้าคาร์บอน- แมงกานีส ชนิดกระทำทางความร้อน (Heat treated C-Mn steel) และชนิดเหล็กกล้าผสมต่ำ (Low alloy steel)

โดยทั่วไปความเสียหาย (Failure) ของรางสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

- 1) จากกรรมวิธีการผลิต เช่นสิ่งบกพร่องต่าง ๆ (Defects)
- 2) สิ่งบกพร่องต่าง ๆ (Defects) จากการขนย้าย การติดตั้ง และการใช้งาน
- 3) สิ่งบกพร่องต่าง ๆ (Defects) เนื่องจากความล้า (Fatigue) ของราง

นอกจากนี้การเชื่อมรางรวมถึงการเชื่อมส่วนประกอบของรางมีความสำคัญมากในเรื่องความปลอดภัยและความสามารถในการใช้งานรางเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด กรรมวิธีการเชื่อมได้กล่าวไว้ในหัวข้อหลักการพื้นฐานและทฤษฎีของรางเชื่อมยาว ส่วนเรื่องมาตรฐานรางเชื่อมยาว ได้แก่การเชื่อม Flash Butt Welding และการเชื่อมเทอมิต จึงไม่ขอกล่าวรายละเอียดในหัวข้อนี้

ดังนั้นการทดสอบรางและแนวเชื่อมรางจึงมีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพ

ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบรางของแต่ละประเทศ)Rail(

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐาน EN ของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC สำหรับการออกแบบราง คือ มาตรฐาน

EN 13674 “Railway applications Track – Rail”

- 1) Part 1 :Vignol railway rails 46 กก./ม. and above
- 2) Part 2 :Switch and crossing rails used in conjunction with Vignole railway rails 46 กก./ม. and above
- 3) Part 3 :Check rail

ร่างตามมาตรฐาน EN 13674

ตารางที่ 5-21 ตัวอย่างเหล็กรางรถไฟบางชนิด (EN 13674)

R200		R260	
C: 0.40 – 0.60	P: ≤ 0.035	C: 0.62 – 0.80	P: ≤ 0.025
Si: 0.15 – 0.58	S: ≤ 0.035	Si: 0.15 – 0.58	S: ≤ 0.025
Mn: 0.70 – 1.20	Cr: ≤ 0.15	Mn: 0.70 – 1.20	Cr: ≤ 0.15
R260Mn		R320Cr	
C: 0.55 – 0.75	P: ≤ 0.025	C: 0.60 – 0.80	P: ≤ 0.020
Si: 0.15 – 0.60	S: ≤ 0.025	Si: 0.50 – 1.10	S: ≤ 0.025
Mn: 1.30 – 1.70	Cr: ≤ 0.15	Mn: 0.80 – 1.20	Cr: $\leq 0.80 – 1.20$
R350HT		R370CrHT	
C: 0.72 – 0.80	P: ≤ 0.020	C: 0.70 – 0.82	P: ≤ 0.020
Si: 0.15 – 0.58	S: ≤ 0.025	Si: 0.40 – 1.00	S: ≤ 0.020
Mn: 0.70 – 1.20	Cr: ≤ 0.15	Mn: 0.70 – 1.10	Cr: $\leq 0.40 – 0.60$
R400HT		สัญลักษณ์ที่ใช้	
C: 0.90 – 1.05	P: ≤ 0.020	C: คาร์บอน	P: ฟอสฟอรัส
Si: 0.20 – 0.60	S: ≤ 0.020	Cr: โครเมียม	S: กำมะถัน
Mn: 1.00 – 1.30	Cr: ≤ 0.30	Mn: แมงกานีส	Si: ซิลิเนียม

เหล็กที่ใช้ทำรางรถไฟกันมากที่สุดก็คือ เหล็กเหล็กรางรถไฟเกรด R260 และเหล็กรางรถไฟเกรด R350HT ซึ่งผลิตโดยผ่านกรรมวิธีทางความร้อนและใช้สำหรับรางรถไฟความเร็วสูง (ตารางที่ 5-13)

ตารางที่ 5-22 %ของธาตุต่าง ๆ ที่ผสมในน้ำเหล็กหล่อ (EN 13674)

เหล็กวางรถไฟทุกชนิดจะมีมวลของธาตุต่าง ๆ อยู่	
Al	$\leq 0.004 \%$
V	$\leq 0.030 \%$ (โดยเฉพาะเหล็กชนิด R 320 จะมี Cr 0.18%)
N	$\leq 0.009 \%$
O	$\leq 20 \times 10^{-4} \%$ (ppm)
H	$\leq 30 \times 10^{-4} \%$ (ppm) สำหรับ R 200 $\leq 2.5 \times 10^{-4} \%$ (ppm) สำหรับ R 260, R 260 Mn, R 320 Cr and R 350 HT $\leq 1.5 \times 10^{-4} \%$ (ppm) สำหรับ R 370 Cr HT and R 400

ตารางที่ 5-23 สมบัติทางกลของเหล็กวางรถไฟ

สัญลักษณ์	ความแข็งแรง [MPa]	ความแข็งบริเนล [Brinell]
R 200	680	200
R 220	780	220
R 260	880	260
R 320 Cr	1080	320
R 350 HT	1175 ที่หัวราง 880 ส่วนอื่น	350
R 350 LHT	1175	350

ตารางที่ 5-24 ค่าสมบัติทางกลของเหล็กวางรถไฟพัฒนาใหม่กับเหล็กวางรถไฟตามมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป

Steel Grade	HBW	$R_{p0.2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A [%]	Z [%]	Kv [J]	K_{u2} [J]	K_{IC} [MPa.m ^{1/2}]	K_{IC-20} [MPa.m ^{1/2}]
RB370	371-378	843-858	1197-1211	12.2-14.1	38.6-43.0	28.3-33.9	31.2-36.2	51.9-54.5	40.3-42.3
RB390	390-398	825-832	1347-1353	13.0-14.9	43.0-49.0	33.2-38.4	73.1-79.5	90.5-92.1	61.2-63.0
R260	262-270	-	880-893	10.0-10.4	-	-	-	Min 29	-
R350HT	350-390	700-712	1080-1098	10.3-11.1	-	-	23.2-25.6	Min 32	-

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

องค์กร AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้จัดทำคู่มือ Manual for Railway Engineering ซึ่งบทที่ 4 part 1 และ 2 ของคู่มือ ดังนี้

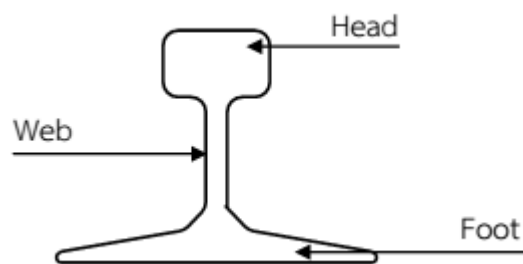
- 1) Design of Rail
- 2) Manufacture of Rail

มาตรฐานที่ใช้งานในโครงการระบบรางของไทย

ก. การรถไฟแห่งประเทศไทย

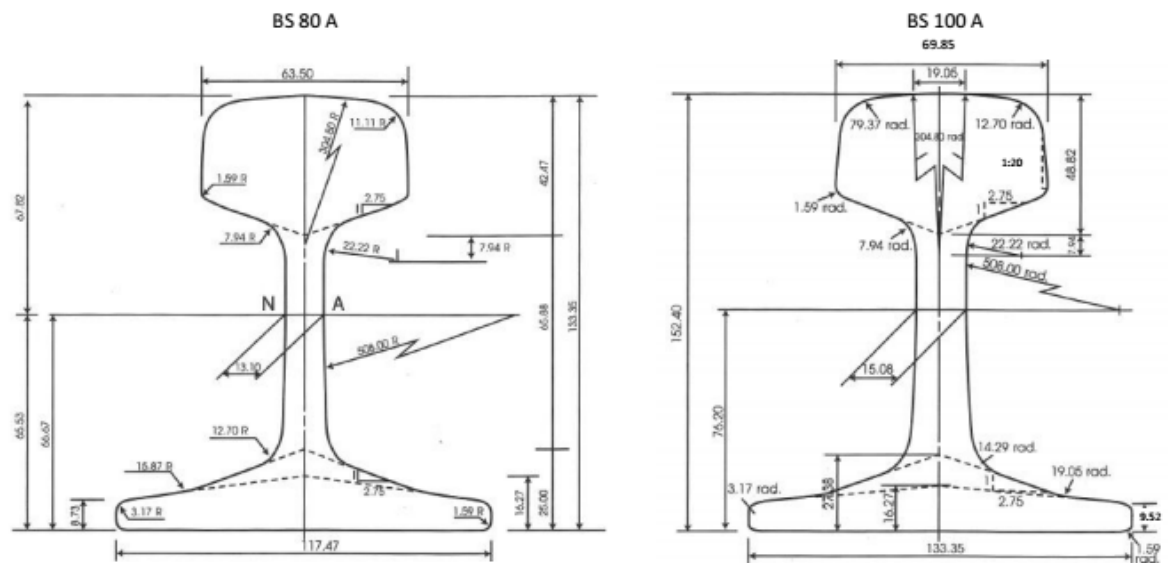
ราง

รูปร่าง (Profile) ของรางจะประกอบด้วยส่วนของหัวราง (Head) เหวราง (Web) และฐานราง (Foot)



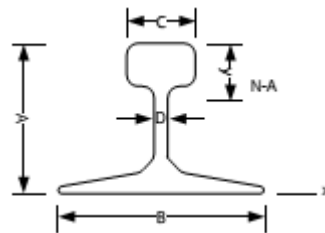
รูปที่ 5-69 ส่วนประกอบของราง

ปัจจุบันการรถไฟฯ ใช้โปรไฟล์หน้าตัดรางตามมาตรฐานของอังกฤษ (BS) เป็นหลัก สำหรับรถไฟธรรมดา และใช้โปรไฟล์หน้าตัดรางตามมาตรฐาน UIC สำหรับรถไฟฟ้ามหานครส่วนต่อขยาย ซึ่งขนาดรางที่ใช้งานจะกำหนดเป็นน้ำหนักของรางต่อความยาวราง เช่น น้ำหนักเป็นกิโลกรัมต่อเมตร หรือน้ำหนักเป็นปอนด์ต่อหลา เช่น รางขนาด 100 ปอนด์ คือ หน้าตัดรางตามมาตรฐานอังกฤษ (BS) มีน้ำหนัก 100 ปอนด์ ต่อหลา



รูปที่ 5-70 หน้าตัดราง BS 0 A และ 100 A

ตารางที่ 5-25 คุณสมบัติหน้าตัดราง BS 80 A และ BS 100 A



Standard Design Rail Section ตามแบบมาตรฐานของการรถไฟแห่งประเทศไทย			
	Unit	BS ๘๐ A	BS ๑๐๐ A
Rail Height (A)	mm	๑๓๓.๓๕	๑๕๒.๔๐
Foot Width (B)	mm	๑๑๗.๔๗	๑๓๓.๓๕
Head Width (C)	mm	๖๓.๕๐	๖๙.๘๕
Min Web Thickness (D)	mm	๑๓.๑๐	๑๕.๐๘
Head Area	mm ^๒	๒,๒๗๐.๙๖	๒,๘๕๕.๗๙
Web Area	mm ^๒	๑,๐๐๖.๔๕	๑,๓๕๐.๓๒
Foot Area	mm ^๒	๑,๗๙๓.๕๔	๒,๑๘๖.๕๐
Total Area	mm ^๒	๕,๐๗๐.๙๕	๖,๓๙๒.๖๑
Section Weight (calculated)	kg/m	๓๙.๘๐	๕๐.๑๘๒
Moment of Inertia (I _{xx})	cm ^๔	๑,๒๐๙.๑๕	๑,๙๖๑
Distance of Neutral Axis from Top of Rail	mm	๖๗.๘๒	๗๗.๖๙
Section Modulus (Z), Top	cm ^๓	๑๗๘.๒๙	๒๕๒.๔๒
Section Modulus (Z), Bottom	cm ^๓	๑๘๔.๕๒	๒๖๒.๔๘

คุณสมบัติของวัสดุราง

โดยทั่วไปคุณสมบัติ ของรางที่ ใช้งานจะมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength, UTS) ระหว่าง 7,000 – 13,000 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร

วัสดุรางจะกำหนดชั้น (Grade) ของเหล็ก เป็นชนิด A หรือ B เช่น

ราง 100 A รางชนิดนี้ค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) จะขึ้นอยู่กับค่าส่วนผสมของคาร์บอน ในเนื้อโลหะเป็นตัวแปรหลัก รางชนิด A จะมีคุณสมบัติเชื่อมต่อกันได้ง่ายเหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นรางเชื่อมยาว

ราง 100 B รางชนิดนี้ ค่าความต้านทานแรงดึงจะขึ้นอยู่กับค่าผสมของ แมงกานีสในเนื้อโลหะ เป็นตัวแปรหลัก รางชนิด B จะมีคุณสมบัติเชื่อมยากไม่เหมาะนำมาใช้กับงานเชื่อมต่อกัน แต่ให้ความแข็งแรง (Toughness) สูงกว่ารางชนิด A เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นรางเส้น ชนิดที่มีหัวต่อราง ค่าความแข็งแรง (Hardness) ของหัวรางจะสัมพันธ์กับความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ของรางโดยทั่วไปความแข็งแรงของหัวรางจะกำหนดไว้ประมาณ 250 – 300 HB

ส่วนผสมทางเคมีของราง

ส่วนผสมทางเคมี (Chemical Composition) สำหรับใช้ผลิตรางของการรถไฟแต่ละประเทศ จะกำหนดใช้มาตรฐานแตกต่างกัน เช่น มาตรฐานของอังกฤษ (BS) หรือมาตรฐานของรถไฟยุโรป (UIC) เป็นต้น สำหรับการรถไฟแห่งประเทศไทย กำหนดใช้ส่วนผสมทางเคมีตามมาตรฐาน UIC

ตารางที่ 5-26 ส่วนผสมทางเคมีของรางตามมาตรฐาน UIC 860-0

Grade	คาร์บอน (C) %	ซิลิกอน (Si) %	แมงกานีส (Mn) %	ฟอสฟอรัส (P) %	ซัลเฟอร์ (S) %	UTS N/mm ²	Elongation %
๕๐๐ A	๐.๖๐ – ๐.๘๐	๐.๑๐ – ๐.๕๐	๐.๘๐ – ๑.๓๐	≤๐.๐๔	≤๐.๐๔	๘๘๐-๑,๐๓๐	≥๑๐
๕๐๐ B	๐.๕๕ – ๐.๗๕	๐.๑๐ – ๐.๕๐	๑.๓๐ – ๑.๗๐	≤๐.๐๔	≤๐.๐๔		

ข้อกำหนดบางประการเกี่ยวกับการผลิตรางรถไฟ

กรรมวิธีการผลิต

- 1) กรรมวิธีผลิตเหล็ก มีหลายวิธี ได้แก่
 - 1.1) แบบพ่นอากาศ เป็นกรด (Openhearth, Acid)
 - 1.2) แบบพ่นอากาศ, เป็นด่าง (Openhearth, Basic)
 - 1.3) แบบเบสเซมเมอร์ เป็นกรด (Bessemer, Acid)
 - 1.4) แบบเบสเซมเมอร์ เป็นด่าง (Bessemer, Basic)
 - 1.5) แบบไฟฟ้า (Electric)
 - 1.6) แบบพ่นออกซิเจน (Oxygen Blow)

การผลิตเหล็กต้องผลิตโดยการหลอม (หล่อ) อย่างต่อเนื่อง และปริมาณไฮโดรเจนที่เหลือในขั้นตอนการผลิตรางแล้วเสร็จจะต้องไม่เกิน 1.5 ส่วนต่อล้านส่วน (PPM) ซึ่งในการผลิตจะต้องนำกรรมวิธีการกำจัดก๊าซมาใช้เพื่อลดปริมาณไฮโดรเจนตกค้าง

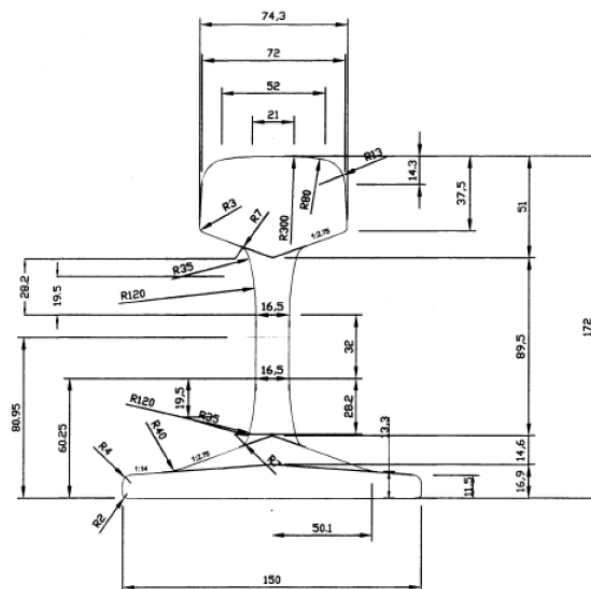
- 1) การทำเครื่องหมาย การทำเครื่องหมาย (Marking) ประกอบด้วยเครื่องหมายการรีดเหล็ก ตราประทับเหล็กขณะร้อน และตราประทับเหล็กขณะเย็น
- 2) น้ำหนักมวลสารของราง
- 3) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของราง ผู้ผลิตจะต้องวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของรางและส่งผลการวิเคราะห์ที่สมบูรณ์ให้แก่ตัวแทนของการรถไฟแห่งประเทศไทย

สำหรับการหลอม (หล่อ) แต่ครั้งหนึ่งหลังจากการรีดราง (Rolling) ส่วนประกอบของสารเคมีของเหล็กจะต้องเป็นไปตามชั้นมาตรฐาน 900 A

- 4) การทดสอบทางกล สำหรับเหล็กเกรด 900 A แรงดึงที่สูงสุดที่เหล็กขาดต้องอย่างน้อย 880 นิวตัน ต่อ ตารางมิลลิเมตร โดยไม่มีข้อจำกัดสูงสุดและมีการยืดตัวหลังจากเหล็กขาดแล้วไม่น้อยกว่า 10 %

โครงการระบบขนส่งมวลชนในประเทศไทย

โครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนกรุงเทพ ส่วนต่อขยายเบร้ง สมุทรปราการ เป็นชนิด 60E1 หรือ มีรูปร่างหน้าตาดเป็น UIC 60 ซึ่งเป็นเกรด R 260 ตามมาตรฐาน EN 1-13674 หรือเกรด 900A ตามมาตรฐาน UIC 860 ในส่วนรางรถไฟชนิดทนทานต่อการสึกหรอจะนำมาใช้กับประแจ และ ทางตัดประแจทั้งหมด ใช้เกรด R350HT ตามมาตรฐาน EN 1-13674 โดยที่การผลิตและ ทดสอบรางรถไฟได้มีการอ้างอิงมาตรฐานดังนี้



รูปที่ 5-71 หน้าตัดราง 60 E1

- 1) EN 1-13674 Railway application –Track –Rail –Part :1 Flat bottom symmetrical railway rails 46 mm and above
- 2) UIC 860 Technical specifications for supply of rails
- 3) UIC 3-861 Standard 60 mm rail profiles

ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบรอยต่อขัณฑการเชื่อม (Welding Joints)

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐาน EN ของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC สำหรับการออกแบบรางเชื่อมยาว คือ มาตรฐาน EN 14587 “Railway applications Track – Flash butt welding of rails”

- Part 1 :New R220, R260, R260MN and R350HT rails in fixed plant
- Part 2 :New R220, R260, R260MN and R350HT rails by mobile welding machines at sites other than a fixed plant .
- Part 3 :Welding in association with crossing construction

มาตรฐาน EN 14730 “ Railway applications Track – Aluminothermic welding of rails”

- Part 1 :Approval of welding processes approval of contractors and acceptance

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

องค์กร AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้จัดทำคู่มือ Manual for Railway Engineering ซึ่งบทที่ 4 ของคู่มือได้กล่าวถึงการเชื่อม CWR ดังนี้

- Specification for the Quality Assurance of Electric Flash Butt Welding of Rail
- Specification for the Quality Assurance of Thermit Welding of Rail

มาตรฐานที่ใช้งานในโครงการระบบรางของไทย

ในโครงการรถไฟฟ้ามหานครในประเทศไทยได้มีการนำมาตรฐานของต่างประเทศมาใช้ เช่น โครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงบางรีถึงสมุทรปราการ โดยมีการอ้างอิงถึงมาตรฐาน

- EN 14587-1 Railway Applications Track –Flash butt welding of rails – Part 1 :New R220, R260, R260MN and R350HT rails in fixed plant
- EN 14587-2 Railway Applications Track –Flash butt welding of rails – Part 2 :New R220, R260, R260MN and R350HT rails by mobile welding machines at sites other than a fixed plant .

EN 14730-1 “ Railway applications Track – Flash Aluminothermic welding of rails”
- Part 1: Approval of welding processes approval of contractors and acceptance

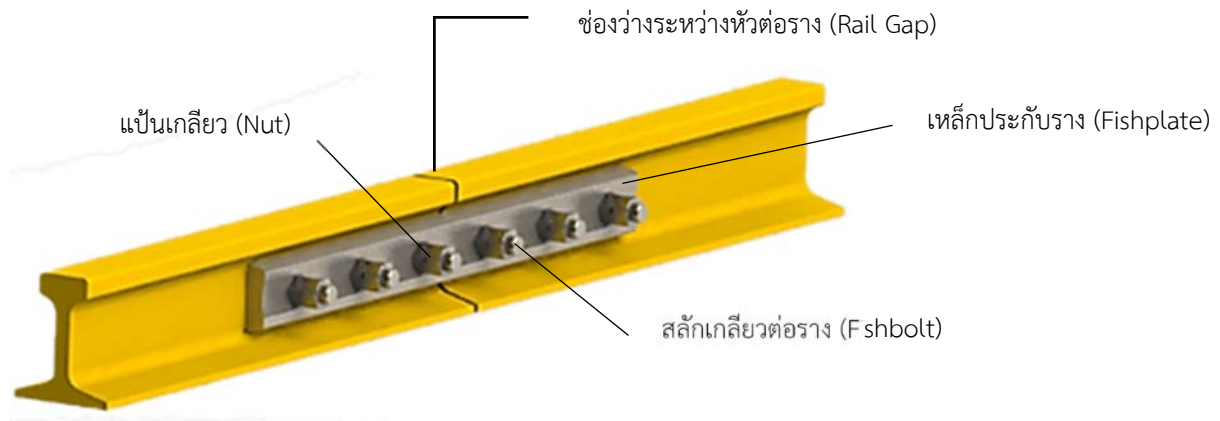
ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบรอยต่อทางกล)Mechanical Joints(

หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

ก หลักการและทฤษฎี

รอยต่อทางกลที่จะพิจารณาในหัวข้อนี้คือ เหล็กประกบราง (Fishplate, Splice Bar Or Joint Bar) โดยเหล็กประกบรางนั้นเป็นเครื่องประกอบราง (Rail Accessories) ใช้สำหรับการเชื่อมต่อ

ปลายรางทั้งสองท่อนให้มีความต่อเนื่องเป็นแนวเดียวกันโดยใช้การขันสลักเกลียว (Bolt) หากรอยต่อดังกล่าวได้รับการเชื่อมประสานที่ดีจะเป็นการช่วยลดการเคลื่อนตัวของรางทั้งในทางแนวราบและแนวตั้งอันเป็นผลมาจากการที่คุณสมบัติโมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดถูกรบกวน



รูปที่ 5-72 แสดงส่วนประกอบต่างๆของเหล็กประกบราง (www.tedrail.com)

รูปที่ 5-71 นั้นได้แสดงส่วนประกอบต่างๆของรอยต่อทางกลโดยใช้แผ่นเหล็กประกบ ส่วนภาคตัดขวางสำหรับรอยต่อทางกลชนิดไร้ฉนวนและฉนวนได้แสดงไว้ในรูปที่ 5-72 นอกจากนี้ภาพรวมของรอยต่อทางกลกับระบบรางต่าง ๆ ได้ถูกนำเสนอไว้ในตารางที่ 5-18

ตารางที่ 5-27 ภาพรวมทั่วไปของการใช้เหล็กประกบราง

Mechanical rail joint			
For jointed track			For continuous welded rail (CWR)
Non-insulated	Insulated with expansion	Insulated without expansion	Insulated

รูปที่ 5-73 ชนิดของรอยต่อทางกลโดยใช้แผ่นเหล็กประกบ

เหล็กประกัประกับรางแบบไม่มีฉนวนที่ติดนั้น เมื่อทำการขันด้วยสลักเกลียวจนแน่นแล้วจะมี 2 จุดที่แนบสนิทกับรางเหล็กคือ ส่วนบนต้องแนบกับใต้สันรางและส่วนล่างต้องแนบกับฐานราง นอกจากนั้น โดยทั่วไปบริเวณส่วนกลางจะมีระยะห่างจากเอวรางประมาณ 5-6 มม. ระยะห่างดังกล่าวมีข้อดีคือ (มงคล ศิริธนากิจ)

- ช่วยในการระบายอากาศ ซึ่งทำให้ตัวเหล็กประกัประกับและรางเหล็กไม่เกิดสนิม ผุกร่อนง่าย
- ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาการสึกกร่อน หลวมคลอนของเหล็กประกัประกับรางอันเนื่องจากการถูกใช้งานไปเป็นระยะเวลานานได้โดยง่าย เพียงแค่ขันสลักเกลียวให้แน่นคงเดิม
- คุณสมบัติโดยทั่วไปที่ต้องการสำหรับการออกแบบรอยต่อทางกล
- รอยต่อสามารถเชื่อมปลายทั้งสองข้างของรางในลักษณะที่การเชื่อมต่อนั้นต้องทำให้จุดต่อมีพฤติกรรมเสมือนคานต่อเนื่อง
- สามารถจำกัดค่าการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งและด้านข้าง แต่ยังคงสามารถยอมให้รางมีการเคลื่อนตัวตามแนวยาวจากผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
- สามารถเข้ากันได้และช่วยส่งเสริมการทำงานกับระบบอุปกรณ์ยึดรั้งของราง)Fastener(
- ง่ายและสะดวกในการประกอบ ติดตั้ง
- สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์มาก

ข. ประสิทธิภาพที่ต้องการของ Insulated rail joints

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ คุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้า

ค. คุณสมบัติเชิงกล

กำลังต้านทานแรงดึงตามแนวยาว (Longitudinal tensile strength)

ค่าน้อยสุดของกำลังต้านทานแรงดึง ($F_{s,min}$) ตามแนวยาวของเหล็กประกัประกับราง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$F_{s,min} = F_{max}\gamma_s$$

$$F_{max} = EA_{rail}\alpha\Delta T_1\gamma_s$$

เมื่อ

F_{max} แรงดึงมากที่สุดที่เกิดขึ้นในรางเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (N)

E ค่า โมดูลัสยืดหยุ่นของราง (N/m^2) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $210 \times 10^9 N/m^2$

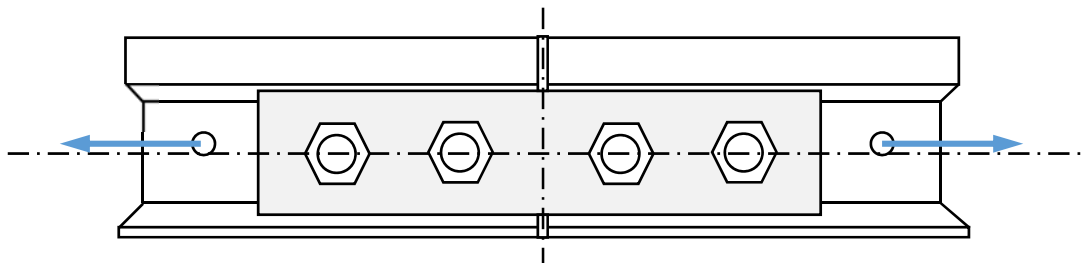
A_{rail} พื้นที่หน้าตัดของราง (m^2)

α	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิเชิงเส้น ค่าที่แนะนำคือ $1.2 \times 10^{-5} / C^{\circ}$
ΔT_1	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Natural (stress-free) and minimum rail temperature)
γ_s	อัตราส่วนความปลอดภัยของน้ำหนักที่กระทำ

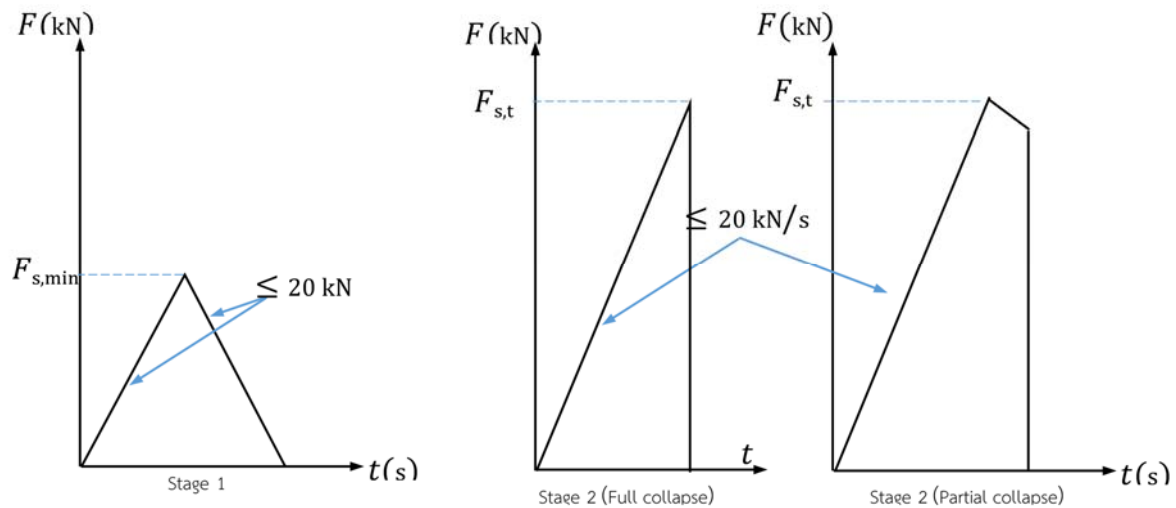
การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงตามแนวยาว สามารถทำได้โดยติดตั้งเหล็กประกบรางเข้ากับชิ้นส่วนรางรถไฟ เพื่อเป็นชิ้นส่วนตัวอย่างในการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3 ทั้งนี้ การทดสอบโดยทั่วไปจะแบ่งออกได้เป็น 2 ระยะคือ

ระยะที่ 1 แรงดึงที่กระทำต่อชิ้นส่วนทดสอบจะถูกเพิ่มค่าขึ้นเรื่อย ๆ ในอัตราส่วนที่คงที่ โดยทั่วไปจะไม่เกิน 20 kN/s จนกระทั่งถึงค่ากำลังแรงดึงน้อยสุด ($F_{s,min}$) ดังแสดงในสมการที่ (1) จากนั้นทำการลดค่าแรงดึงลงไปสู่ค่า 0 kN โดยอัตราส่วนการลดแรงมีค่าเช่นเดียวกันกับการเพิ่มแรง แล้วจึงทำการตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้น

ระยะที่ 2 การทดสอบในครั้งนี้เป็นการทดสอบเพื่อคำนวณหา กำลังต้านทานแรงดึงของรอยต่อทางกล ($F_{s,t}$) โดยในการทดสอบจะทำการเพิ่มค่าแรงดึงที่กระทำต่อตัวอย่างทดสอบในอัตราส่วนที่คงที่เช่นกันซึ่งไม่เกิน 20 kN/s จนกระทั่งรอยต่อนั้นเกิดการวิบัติหรือถึงค่าแรงดึงมากที่สุดที่รอยต่อนั้นจะรับได้ แล้วจึงทำการลดค่าแรงที่กระทำไปสู่ค่า 0 kN ในทันทีทันใด ค่าแรงดึงมากที่สุดจากค่าที่บันทึกได้คือค่ากำลังต้านทานแรงดึงของรอยต่อทางกล ($F_{s,t}$)



รูปที่ 5-74 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง



รูปที่ 5-75 ขั้นตอนการให้น้ำหนักกระทำในการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงและรูปแบบการวิบัติ

กำลังต้านทานแรงดัด (Flexural Strength)

คุณสมบัติเชิงกลสำหรับการต้านทานแรงดัดสามารถหาได้โดย การทดสอบแรงดัดแบบซ้ำ ๆ (Repeated Bending Test (Vertical)) ซึ่งวัตถุประสงค์ในการทดสอบก็เพื่อหาความสามารถของรอยต่อทางกลในการต้านทานแรงในแนวดิ่งจากขบวนรถซึ่งผ่านมายังล้อและกระทำต่อรอยต่อ แผนภาพการติดตั้งตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบได้แสดงในรูปที่ 5-75 ขนาดของโมเมนต์ที่จะกระทำต่อชิ้นส่วนตัวอย่าง (M_r) สามารถคำนวณได้จาก

$$M_r = \sqrt[3]{\frac{Q^2 E I_{\text{rail}} W_{\text{max}}}{8}} \gamma_c$$

เมื่อ

Q = Nominal wheel load (N) ปกติมีค่าเท่ากับ 125×10^3 N

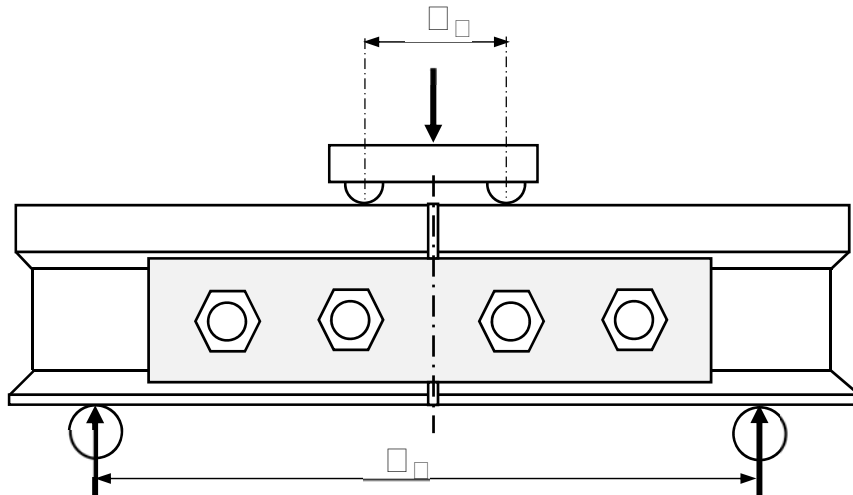
E = ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของราง (N/m²) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 210×10^9 N/m²

I_{rail} = โมเมนต์ความเฉื่อยของราง (m⁴)

W_{max} = ค่าการทรุดตัวของมากที่สุดของรางซึ่งอยู่ติดกับโครงสร้างทาง ค่าที่แนะนำคือ 1.5×10^{-3} m

γ_c = ค่าความปลอดภัย และ ค่าปรับแก้ โดย มีค่าเท่ากับ 1.5 สำหรับ a suspended mechanical

rail joint และ เท่ากับ 1.0 สำหรับ a supported mechanical rail joint



รูปที่ 5-76 การติดตั้งตัวอย่างเพื่อทดสอบการดัดแบบซ้ำ ๆ

จากสมการข้างต้น สามารถคำนวณหาแรงมากที่สุดที่กระทำได้โดย

$$F_{\max} = 4 \frac{M_r}{(L_s - L_w)}$$

การทดสอบจะทำการให้น้ำหนักกระทำกับชิ้นส่วนตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4 โดยขนาดของน้ำหนักจะอยู่ระหว่างค่าน้อยสุด ($F_{\min}$) ซึ่งโดยปกติมีค่าเท่ากับ 5 kN และค่ามากที่สุด ($F_{\max}$) 3 ความถี่ของแรงที่กระทำมีค่าระหว่าง 3 – 5 Hz และจำนวนรอบเท่ากับ 3 ล้านรอบ เมื่อการทดสอบเสร็จสิ้นลงจึงทำการตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้น หากไม่พบความเสียหายแสดงว่าชิ้นส่วนตัวอย่างผ่านการทดสอบ

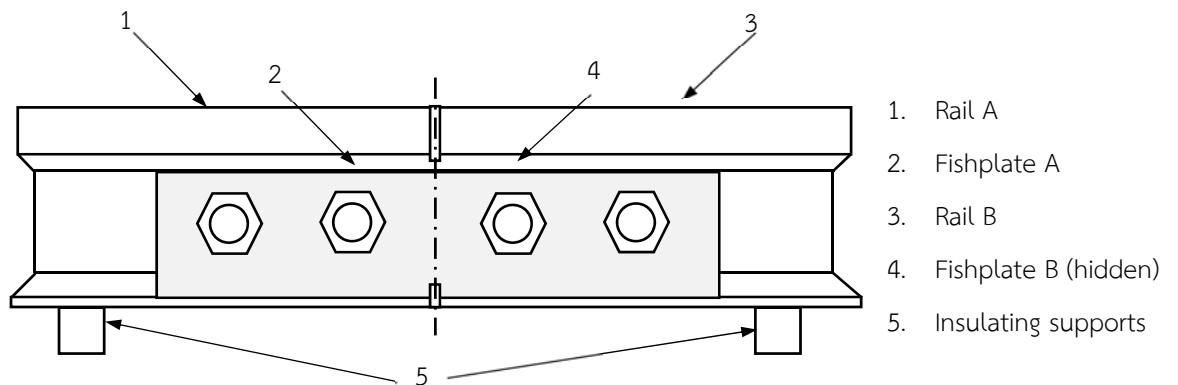
ง. คุณสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ในการทดสอบนี้ก็เพื่อจะหาความสามารถของรอยต่อรางประเภทฉนวน (Insulated Rail Joints) ในการแยกกระแสไฟฟ้าที่ปลายทั้งสองข้างของรางออกจากกัน ชิ้นส่วนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบนั้นสามารถใช้ตัวอย่างดังเช่นกรณีการทดสอบแรงดัด การทดสอบจะดำเนินการใน 2 เงื่อนไขคือสภาวะแบบเปียกและแห้ง โดยในการทดสอบแบบเปียกนั้นจะนำชิ้นส่วนตัวอย่างไปแช่น้ำซึ่งมีความเข้มข้นของ NaCl เท่ากับ 5 % เป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างมาวางบน Insulated Support โดยทิ้งให้แห้งเอง ณ อุณหภูมิห้อง ($23 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วจึงทำการตรวจวัดค่าฉนวนไฟฟ้าซึ่งในขั้นตอนนี้การทดสอบทั้งแบบเปียกและแห้งนั้นมีกระบวนการที่เหมือนกัน

นอกจากนั้น เครื่องมือดิจิทัลที่ใช้ในการวัดต้องสามารถวัดค่าการเป็นฉนวนได้จากกระแสไฟฟ้า 500 V DC และ ต้องสามารถวัดค่าได้ถูกต้องอย่างน้อยที่ความต้านทาน 50 M Ω หรือมากกว่า โดยมีค่าความละเอียดในระดับทศนิยม 2 ตำแหน่ง

รูปที่ 5-76 นั้น แสดงตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบและตำแหน่งในการวัดค่า ซึ่งข้อมูลในการวัดจะประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมด 5 ชุดด้วยกัน คือ

- 1) Rail A –Rail B
- 2) Rail A –Fishplate A
- 3) Rail A –Fishplate B
- 4) Rail B –Fishplate A
- 5) Rail B –Fishplate B



รูปที่ 5-77 การจัดวางชิ้นส่วนตัวอย่างสำหรับ Electrical insulation test และตำแหน่งการวัดค่า

ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบรอยต่อทางกลของแต่ละประเทศ

ก. มาตรฐานสำหรับกลุ่มกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐานที่ใช้ในการศึกษา คือ European standard prEN 16843 Railway application-Infrastructure-Mechanical requirements for joints in running rail โดยรอยต่อทางกลที่พิจารณาในมาตรฐานนี้เป็นรอยต่อสำหรับรางที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 45 กก./ม.ขึ้นไป มาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดถึงคุณสมบัติที่ต้องการสำหรับรอยต่อทางกลโดยการใช้เหล็กประกบราง (Fishplate) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ คุณสมบัติทางกล ได้แก่ กำลังของรอยต่อในการต้านทานแรงดึงและแรงดัด และคุณสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้า พร้อมกันนี้ได้กำหนดวิธีทดสอบเพื่อใช้ในการหาคุณสมบัติต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทั้งนี้ ตัวอย่างของค่ากำลังแรงดึงต่ำสุด ($F_{s,min}$) และโมเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบการดัดแบบซ้ำ ๆ (M_r) ของรางประเภทต่าง ๆ ตามมาตรฐาน prEN 16843 ได้แสดงในตารางที่ 5-19

ตารางที่ 5-28 กำลังแรงดึงต่ำสุดและโมเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบแรงดัดแบบซ้ำ ๆ

Rail profile	$F_{s,min}(10^3 \text{ N})$	$M_r(10^3 \text{ N} \cdot \text{m})$ (Supported)	$M_r(10^3 \text{ N} \cdot \text{m})$ (Suspended)
60E1 (UIC60)	1450	26.5	39.8
54E1 (UIC54)	1319	24.3	36.5

Rail profile	$F_{s,min}(10^3 \text{ N})$	$M_r(10^3 \text{ N} \cdot \text{m})$ (Supported)	$M_r(10^3 \text{ N} \cdot \text{m})$ (Suspended)
54E2 (UIC 54E)	1296	24.2	36.3
54E3 (S54)	1313	23.4	35.1
50E2 (EB50T)	1203	23.1	34.6
50E3 (BV50)	1204	23.3	35.0
50E6 (U50)	1225	23.1	34.7
49E1 (S49)	1189	22.3	33.5
46E2 (U33)	1114	21.6	32.4
46E3 (NP46)	1123	20.0	30.0

นอกจากนี้ ค่าการเป็นฉนวนของรอยต่อทางกลได้ถูกกำหนดไว้เช่นกัน คือ

ในการทดสอบแบบแห้ง (Dry)

- ค่าความต้านทานระหว่าง Rail –Rail ควรจะ $\geq 30 \text{ M}\Omega$
- ค่าความต้านทานระหว่าง Rail –Fishplate ควรจะ $\geq 30 \text{ M}\Omega$
- และ สำหรับการทดสอบแบบเปียก (Wet)
- ค่าความต้านทานระหว่าง Rail –Rail ควรจะ $\geq 200 \text{ M}\Omega$
- ค่าความต้านทานระหว่าง Rail –Fishplate ควรจะ $\geq 200 \text{ M}\Omega$

prEN 16843 ได้กำหนดระยะมาตรฐานต่าง ๆ ของแผ่นเหล็กประกบไว้ ได้แก่ ตำแหน่งการเจาะรูทั้งที่รางและแผ่นประกบ ขนาดของสลักเกลียวที่ใช้สำหรับรางประเภทต่าง ๆ โดยแสดงไว้ในภาคผนวก A – Design of track with mechanical rail joints ในตาราง A.1- Design variables for SNCF and CFF mechanical rail joints

ข. มาตรฐานสำหรับประเทศญี่ปุ่น

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องคือ JIS E-1102 Rail joint plate – Fishplates for rails ในมาตรฐานได้มีการจัดกลุ่มของรอยต่อทางกลออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ (I และ II) โดยใช้คุณสมบัติของการผ่านกรรมวิธีทางความร้อน (Heat treatment, H) พร้อมทั้ง ได้กำหนดคุณสมบัติการต้านทานแรงดึงและค่าการยืดตัวของรอยต่อแต่ละชนิดเอาไว้ ยกตัวอย่างเช่น

Type	Tensile strength (N/m ²)	Elongation (%)
I -1	470- 570	≥ 20
I -2	550-650	≥ 18
I -3	569	≥ 15

ค. มาตรฐานสำหรับประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

ไม่พบมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรอยต่อทางกล

ง. มาตรฐานสำหรับประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

จากการศึกษาพบว่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องคือ TB/T2345-2008 Technical specifications for the procurement of 43กก./ม.- 75กก./ม.as joint bar โดยได้ระบุถึงคุณสมบัติทางกลศาสตร์ ดังแสดงด้านล่าง

Tensile strength	≥ 785 MPa
Yield strength	≥ 520 MPa
Elongation	≥ 9 %
Reduction of Area	≥ 20 %
Cold Bend (d=3a)	30 degree, no crack

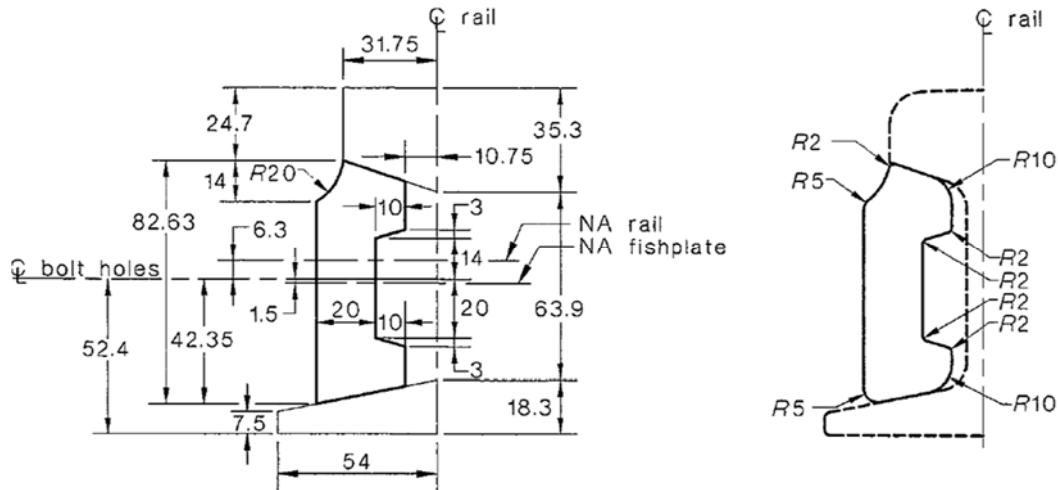
จ. มาตรฐานสำหรับประเทศออสเตรเลีย

จากการศึกษาพบว่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับรอยต่อทางกลของประเทศออสเตรเลีย คือ Australian Standard (AS) 1085.2-2002 Railway track material Part 2: Fishplates โดยใช้เป็นรอยต่อสำหรับรางรถไฟตามมาตรฐาน AS 1085.1 Part 1: Steel rails ในมาตรฐานได้มีการกำหนดคุณสมบัติกำลังต้านทานแรงดึง และ ค่าการยืดตัว ไว้ดังนี้

Property	Value
Tensile strength, MPa	550 - 740
Elongation on $5.65\sqrt{S_0^*}$, %	13 min.

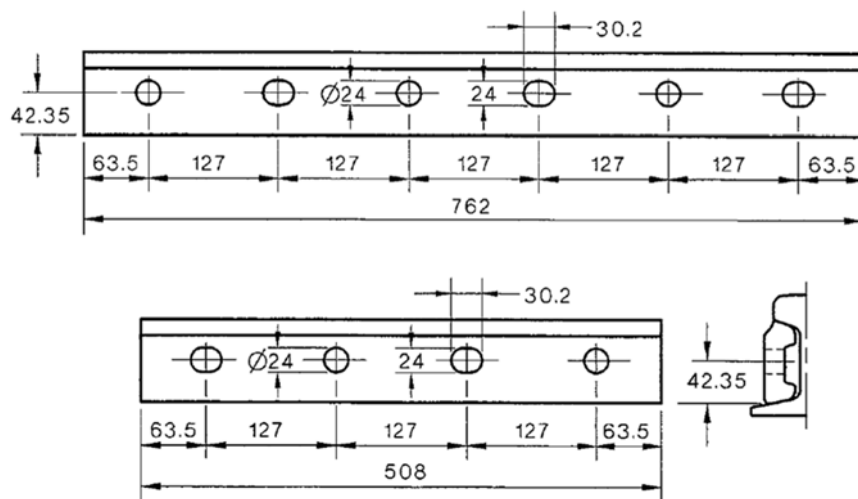
* Gauge length as defined in AS/NZS 4291.1.

โดยการทดสอบแรงดึง (Tensile test) ให้เป็นไปตามมาตรฐาน AS 1391 นอกจากนั้นได้มีการกำหนดรูปแบบมาตรฐานของรอยต่อทางกล สำหรับรางชนิดต่าง ๆ ไว้ในภาคผนวก B รูปที่ 5-77 นั้น เป็นตัวอย่างของรอยต่อทางกลสำหรับรางขนาด 31 กก./ม.



(a) Development of fishplate

(b) Section



(c) Punching details

รูปที่ 5-78 ตัวอย่างรอยต่อทางกลสำหรับราง 31 กก./ม.(AS 1085.2-2002)

ฉ. มาตรฐานสำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา

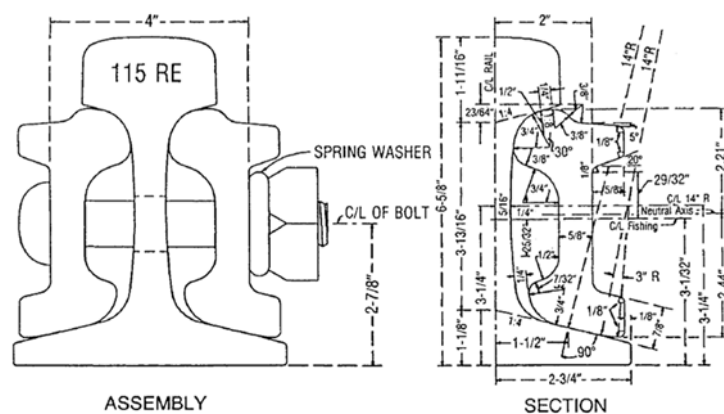
มาตรฐาน American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association หรือ AREMA ถูกใช้ในการศึกษามาตรฐาน โดยมาตรฐานสำหรับการออกแบบรอยต่อทางกลนั้นได้ถูกกล่าวถึงใน VOLUME 1 – TRACK Chapter 4 Rail **Part 3** Joining of Rail ในมาตรฐาน AREMA นั้น แผ่นเหล็กประกบจะถูกเรียกว่า “Joint bar” และได้ระบุคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์ของวัสดุในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกำลังรับแรงดึง (Tensile properties) ไว้ดังนี้

Tensile strength	100,000 psi	(minimum)
Yield Point	70,000 psi	(minimum)
Elongation in 2” gage length	12%	(minimum)
Reduction of area	25%	(minimum)

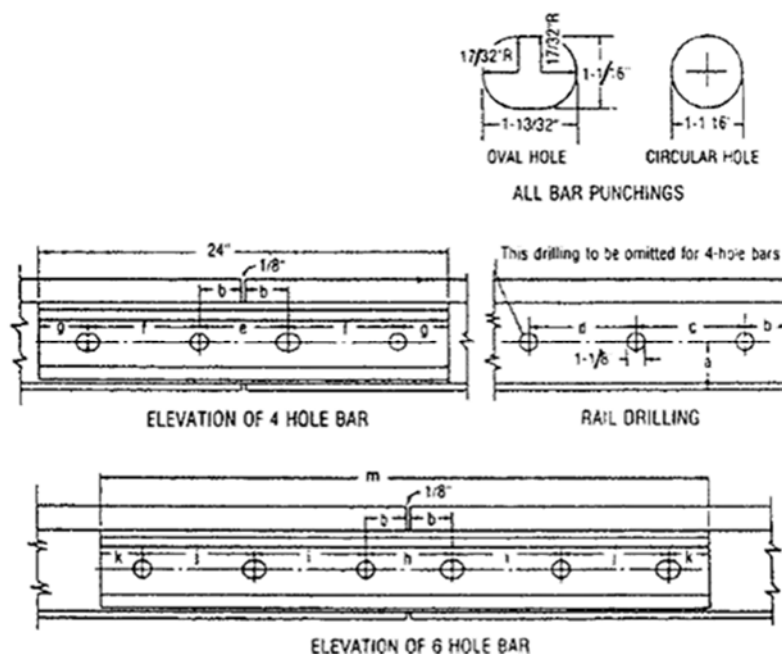
สำหรับคุณสมบัติในการต้านทานแรงดัดไม่ได้ระบุเป็นตัวเลขอย่างชัดเจน แต่ได้ให้ทำการตรวจสอบพื้นผิวของชิ้นส่วนตัวอย่างภายหลังที่ได้ทำการดัด **90°** (Small specimen bend test) หรือ **45°** (Full section bend test) ว่าต้องไม่เกิดรอยแตก (crack) ที่พื้นผิวด้านนอก

ในส่วนของการต่อทางกลแบบมีฉนวน มาตรฐาน AREMA ได้มีการกำหนดให้จุดต่อต้องมีความต้านทานอย่างน้อย **10 MΩ** ในการทดสอบ Megohmmeter Test ด้วยกระแสไฟฟ้า ขนาด 500 V D.C.

มาตรฐาน AREMA ได้แสดงรูปแบบทั่วไปของรอยต่อทางกลสำหรับรางชนิดต่าง ๆ ไว้ที่ SECTION 3.2 - Joint bars and assemblies และ คำมิติต่าง ๆ ของรูเจาะได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 5-20 แผนภาพในรูปที่ 5-78 เป็นตัวอย่างของรอยต่อสำหรับราง 115 RE



(a) Joint bar and assembly for 115 RE Rail



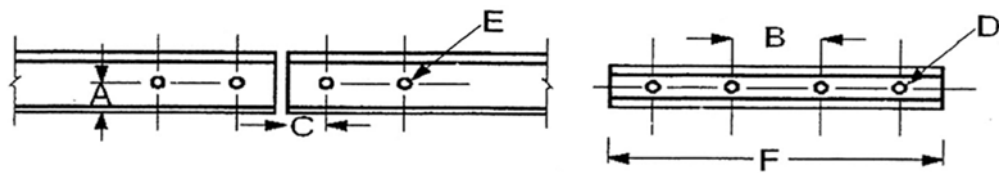
(b) Rail drilling and Bar punching

รูปที่ 5-79 ตัวอย่างรอยต่อทางกลสำหรับราง 115 RE (AREMA)

ข. มาตรฐานสำหรับประเทศไทย

จากการสืบค้นพบว่า รางเหล็กที่การรถไฟแห่งประเทศไทยได้สั่งซื้อจากต่างประเทศนั้น มีสองขนาดคือ 80 ปอนด์เอ และ 100 ปอนด์เอ ซึ่งรางทั้งสองขนาดนั้นผลิตตามมาตรฐาน UIC 900A โดยมีคุณสมบัติเชิงกลดังนี้ (มงคล ศิริธนาภิกข) Tensile strength 80 N/mm^2 PElongation 10 % อย่างไรก็ตามไม่พบการระบุคุณสมบัติในการต้านทานแรงดึงและแรงดัด หรือค่าการเป็นฉนวนสำหรับรอยต่อทางกล แต่ได้มีการแสดงรายละเอียดของเหล็กประกับริางขนาดต่าง ๆ ไว้ โดยตัวอย่างบางส่วนได้แสดงไว้ในตารางที่ 5-20

ตารางที่ 5-29 รายละเอียดของเหล็กประกับริางขนาดต่าง ๆ และสลักเกลียวต่อรางที่ใช้ในการประกอบราง



ขนาดรางเหล็ก	A ระยะจากฐานรางถึงศูนย์กลางรู	B ระยะห่างระหว่างรูเหล็กประกับริาง	C ระยะจากปลายรางถึงศูนย์กลางรู	D ขนาดรูเหล็กประกับริาง	E ขนาดรูเจาะรางเหล็ก	F ความยาวเหล็กประกับริาง	ขนาดสลักเกลียวที่ใช้ยึดเหนี่ยว
80# A	60.30	101.60	47.80	23.81	23.81	406.4	25.40
100# A (แบบโรงงาน)	60.30	101.60	47.80	26.98	23.81	406.4	25.40
100# A (ปรับปรุงทาง)	60.30	130	62	26.98	23.81	560	25.40
100# A (ทางคู่)	48.22	114.30	54.15	26.98	23.81	543	20.63

หมายเหตุ มิติ เป็น มิลลิเมตร

สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบรางและรอยต่อราง

สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบรางของแต่ละประเทศ

มาตรฐานในการออกแบบรางของกลุ่มในสหภาพยุโรป (EN13674-1) และ UIC มีความสมบูรณ์และมีรายละเอียดที่สัมพันธ์กัน โดยเฉพาะค่าทางโลหวิทยา สมบัติทางกล และการทดสอบ สำหรับมาตรฐานอเมริกา (AREMA CHAPTER 4) ก็มีความคล้ายกับมาตรฐานยุโรป แต่ก็จะมีความแตกต่างกันในส่วนรายละเอียดต่างๆ ตามมาตรฐานของอเมริกา เช่น ความแตกต่างของส่วนผสมทางเคมีของราง ความแตกต่างของสมบัติทางกลของราง รวมถึงรายละเอียดของการทดสอบ

สำหรับในส่วนของประเทศไทย โดยเฉพาะโครงการขนส่งมวลชนต่างๆ ก็จะมีการอ้างอิงมาตรฐานของยุโรป (EN 13674-1) และ UIC-860 สำหรับ รถพ. ราง 1 เมตร ก็มีการอ้างอิงมาตรฐาน BS และ UIC โดยเฉพาะค่าทางโลหะวิทยาและสมบัติทางกล

สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการเชื่อมราง (Welding Joint) ของแต่ละประเทศ

มาตรฐานในการออกแบบรอยต่อด้วยการเชื่อมของกลุ่มสหภาพยุโรป (EN 14587 และ 14730) มีความสมบูรณ์ โดยมีการกำหนดกรรมวิธี (Procedure) ในการเชื่อมและการทดสอบ (Test and Inspection) เช่น การทดสอบความแข็ง การทดสอบการดัด การทดสอบการล้า

ส่วนมาตรฐานอเมริกา ก็เช่นเดียวกัน แต่จะมีความแตกต่างในรายละเอียดของการเชื่อมและการทดสอบ เช่น ค่าการยอมรับต่างๆ

สำหรับมาตรฐานเกาหลีในการเชื่อมก็มีการกำหนดกรรมวิธีในการเชื่อมและการทดสอบเช่นกัน แต่ก็จะมีค่าการทดสอบที่แตกต่างในรายละเอียด

ในส่วนของประเทศไทย สำหรับการเชื่อมก็มีการอ้างอิงมาตรฐานของยุโรป โดยเฉพาะโครงการขนส่งมวลชนต่างๆ สำหรับ รถพ. ราง 1 เมตร ก็จะมีรายละเอียดในการเชื่อมและการทดสอบ โดยจะมีหัวข้อที่คล้ายกัน แต่จะมีความแตกต่างในรายละเอียดและค่าการทดสอบ

สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบรอยต่อทางกลของแต่ละประเทศ

จากการศึกษาพบว่ามาตรฐานในการออกแบบรอยต่อทางกลของกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรปนั้น (prEN 16843) ค่อนข้างมีความสมบูรณ์ กล่าวคือ มีการกำหนดวิธีในการทดสอบหาค่ากำลังต้านทานแรงดึงและการดัด รวมถึงการทดสอบค่าการเป็นฉนวนของรอยต่อ นอกจากนี้มีการกำหนดค่าขั้นต่ำของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองเพื่อใช้ในการพิจารณาประสิทธิภาพของรอยต่อ และในภาคผนวกได้แสดงระยะมาตรฐานในการติดตั้งรอยต่อทางกลสำหรับรางประเภทต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ เช่นเดียวกับมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา (AREMA) ได้มีการกำหนดวิธีทดสอบและค่าขั้นต่ำที่ยอมรับได้ของคุณสมบัติเชิงกลสำหรับวัสดุที่นำมาทำแผ่นเหล็กประกบราง เช่น Tensile strength, Yield point, Elongation เป็นต้น รวมทั้งค่าการเป็นฉนวนของรอยต่อ ที่ได้จากการทดสอบโดยวิธี Megohmmeter test นอกจากนี้ได้มีการกำหนดรูปแบบมาตรฐานที่ใช้ในการติดตั้ง โดยแสดงเป็นแผนภาพซึ่งต่างจากมาตรฐาน prEN 16843 ที่ได้แสดงระยะต่างๆในตาราง

มาตรฐานประเทศออสเตรเลีย (AS 1085.2-2002) มีลักษณะคล้ายคลึงกับสองมาตรฐานที่กล่าวมาข้างต้น คือ มีการกำหนดค่า Tensile strength และ Elongation ของแผ่นเหล็กประกบราง แต่ไม่พบคุณสมบัติในการต้านทานแรงดัดหรือการตรวจวัดค่าการเป็นฉนวนของรอยต่อ แต่อย่างไรก็ตามได้มีการแสดงแบบมาตรฐานในการติดตั้งรอยต่อต่าง ๆ ไว้ที่ภาคผนวก

สำหรับมาตรฐานของประเทศจีน (TB/T2345-2008) และญี่ปุ่น (JIS E-1102) นั้น สามารถค้นพบเพียงการกำหนดค่าที่ยอมรับได้ของคุณสมบัติเชิงกล โดยคุณสมบัติที่ทั้งสองมาตรฐานให้ความสำคัญเหมือนกันก็คือ ค่า Tensile strength และ Elongation และเป็นที่น่าเสียดายที่ไม่พบมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับรอยต่อทางกลสำหรับมาตรฐานประเทศเกาหลี ในส่วนของมาตรฐานสำหรับประเทศไทย

นั้น ไม่พบข้อกำหนดใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเชิงกลหรือค่าการเป็นฉนวนไฟฟ้าของรอยต่อแต่ได้พบข้อมูลที่มีการกำหนดระยะต่าง ๆ รวมถึงความยาวของแผ่นเหล็กประกบรางและขนาดสลักเกลียวที่ใช้ในการยึด

จากข้อมูลในการทบทวนมาตรฐานของแต่ละประเทศ พบว่าแนวทางในการพัฒนามาตรฐานในการออกแบบรอยต่อทางกลสำหรับประเทศไทยนั้นสามารถพัฒนาได้โดยเป็นการรวมกันของมาตรฐาน prEN 16843 และ AREMA กล่าวคือ การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงและแรงดัดสามารถประยุกต์จากมาตรฐาน prEN 16843 และในส่วนของการทดสอบค่าการเป็นฉนวนสามารถอ้างอิงถึงการทดสอบ Megohmmeter test รวมถึงค่า Elongation ที่ยอมให้จากมาตรฐาน AREMA แต่อย่างไรก็ตามมาตรฐานสำหรับประเทศออสเตรเลีย จีน และ ญี่ปุ่น ก็ยังคงมีความสำคัญสำหรับเป็นข้อมูลสนับสนุนในการพัฒนามาตรฐานสำหรับประเทศไทย

5.7.2 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการออกแบบราง

ตารางที่ 5-30 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการออกแบบราง

Topic			Rail				
Sub Topic			Description	Profile	Rail Grade	Chemical	Mechanical
Engineering Principal			รองรับน้ำหนักดเพลาและ บังคับทิศทาง	รูปร่างหน้าตัดราง	เกรดของเหล็กกล้าราง	ส่วนผสมทางเคมี	ค่าความแข็งต่ำสุด/สูงสุด HB
Remark	EN		✓	54E1, 60E1	R260	C-Mn	260/300
					R350HT		350/390
	USA		✓	115 RE	Standard Rail	C-Mn	310min
	AUS		✓	AS60		C-Mn	260min
	KOREA		✓	50N,60	Standard	C-Mn	235 min
	TH	Metro	✓	54E1, 60E1	R260,R350HT	C-Mn	260/300,350/390
		Intercity	✓	BS100A	900A	C-Mn	270-290
Conclusion				กำหนดตาม EN13674-1	กำหนดตาม EN13674-1	กำหนดตาม EN13674-1	กำหนดตาม EN13674-1

5.7.3 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบแผ่นรองราง (Rail pad)

หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

ระบบยึดเหนี่ยวรางแบ่งตามระดับความยืดหยุ่นมี 2 กลุ่ม คือ ระบบยึดเหนี่ยวรางแบบแข็งเกร็ง (Rigid Rail Fastening System) และระบบยึดเหนี่ยวรางแบบยืดหยุ่น (Elastic Rail Fastening System) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการรองรับแรงกระแทกได้ดีกว่าแบบแข็งเกร็งและเหมาะสมกับหมอนรองรางคอนกรีต ทั้งที่ใช้กับระบบที่มีและไม่มีหินโรยทาง

แผ่นรองราง (Rail Pad or Railseat Pad) เป็นส่วนประกอบหลักอันหนึ่งของระบบยึดเหนี่ยวรางแบบยืดหยุ่น และเป็นชิ้นส่วนที่ใช้ติดตั้งระหว่างรางและหมอนรองรางดังแสดงในรูปที่ 5-79 ด้วยวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อปกป้องพื้นผิวบนของหมอนรองรางจากการสึกหรอและการกระแทก ดังนั้นคุณสมบัติหลักของแผ่นรองรางจึงต้องมีสติฟเนส (Stiffness) ที่ไม่สูงและพอเหมาะเพื่อให้การยุบตัวได้ค่อนข้างมากภายใต้แรงกระแทก และแผ่นรองรางจึงมักทำจากยางธรรมชาติ (Natural Rubber) หรือยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber) เช่น Ethylene-Propylene Diene Rubber (EPDM) High Density Polyethylene (HDPE) Elastomer หรือพลาสติก (Plastic) เช่น Ethylene-vinyl acetate (EVA) เทอร์โมพลาสติก หรือวัสดุประกอบ (Composites) ของวัสดุต่าง ๆ ทั้งนี้การเลือกแผ่นรองรางจะขึ้นกับลักษณะการใช้งานโดยเฉพาะในระยะยาวและสภาพแวดล้อม รวมทั้งชนิดของรางที่ใช้

วัตถุประสงค์ของการใส่แผ่นรองราง ประกอบด้วย

- 1) ลดการสึกหรอของรางและหมอนรองราง
- 2) ทำให้น้ำหนักบรรทุกกระจายตัวได้กว้างขึ้น
- 3) ป้องกันความเค้นสูงเฉพาะจุด (Stress Concentration) อันจะทำให้เกิดความเค้นล้า (Fatigue Stresses)
- 4) ทำให้น้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายสู่หมอนรองรางไม่เยื้องศูนย์
- 5) ลดผลกระทบของพื้นผิวที่ไม่เรียบระหว่างรางและหมอนรองราง
- 6) ลดเสียงรบกวนและการสั่นสะเทือน
- 7) ลดการซึมของน้ำในพื้นที่รองรับราง

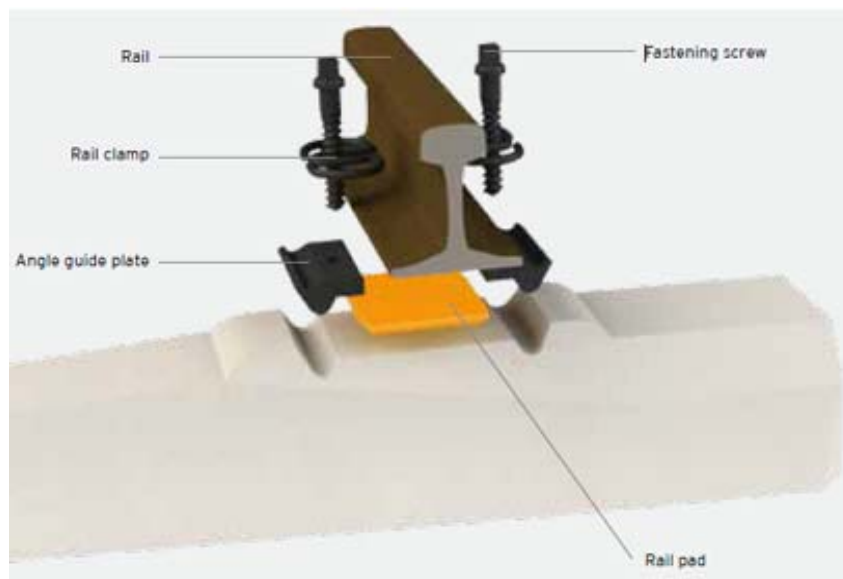
แผ่นรองรางต้องมีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพและสภาวะแวดล้อมในการใช้งาน โดยคุณสมบัติหลัก ๆ ของแผ่นรองรางที่ต้องพิจารณา อาจจะประกอบด้วย

- 1) สติฟเนส (Stiffness)
- 2) ค่าความแข็ง (Hardness)
- 3) ความสามารถคืนรูปภายใต้แรงกด (Compression Set) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ
- 4) ความต้านทานแรงดึงและการยืดตัว (Tensile Strength and Elongation) ก่อนและหลังการเสื่อมสภาพ
- 5) ความต้านทานแรงเฉือน (Shear Strength)
- 6) ความต้านทานต่อโอโซน (Ozone Resistance)

- 7) ความต้านทานต่อการสึกหรอ (Abrasion Resistance)
- 8) ความทนทานต่อของเหลวต่าง ๆ (Resistance to fluids such as water, acids, alkali, petroleum oils, and synthetic lubricants)
- 9) ความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Resistance)
- 10) สภาพต้านทานไฟฟ้า (Volume Resistivity)
- 11) อุณหภูมิของการอ่อนตัว (Vicat Softening temperature; VST)
- 12) ความหนาแน่น (Density)

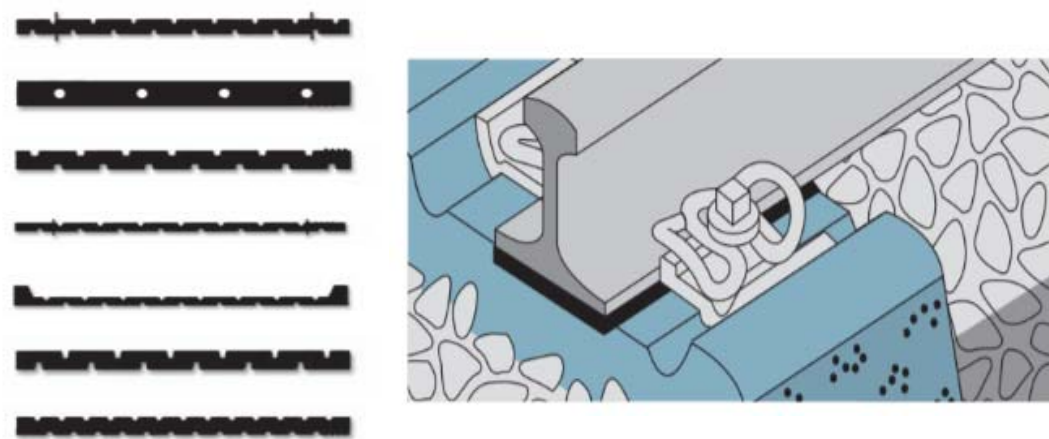
นอกจากนี้ก็ต้องทดสอบภายใต้สภาวะการใช้งานร่วมกับระบบยึดเหนี่ยวรางด้วย เช่น การทดสอบแผ่นรองราง (Tie Pad Test) และการทดสอบการลดแรงกระแทกของแผ่นรองราง (Tie Pad Attenuation Test)

หน้าตัดของแผ่นรองรางมีหลายรูปแบบขึ้นกับการออกแบบของบริษัทผู้ผลิต ตัวอย่างหน้าตัดของแผ่นรองรางและตำแหน่งการใช้งานแสดงในรูปที่ 5-80 ทั้งนี้แผ่นรองรางควรมีขนาดและทำจากวัสดุที่เหมาะสมกับระบบยึดเหนี่ยวรางและองค์ประกอบอื่น ๆ ของทางรถไฟ และรูปที่ 5-81 แสดงภาพรวมเกี่ยวกับแผ่นรองราง



รูปที่ 5-80 ตำแหน่งการใช้งานของแผ่นรองราง

ที่มา: <http://www.railway-fasteners.com/rail-rubber-plate-and-rail-pad.html>



รูปที่ 5-81 ตัวอย่างหน้าตัดของแผ่นรองราง (ผลิตภัณฑ์ของบริษัท Datwyler)



รูปที่ 5-82 ภาพรวมเกี่ยวกับแผ่นรองราง

ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบแผ่นรองรางของแต่ละประเทศ

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐาน EN ของกลุ่มประเทศยุโรปที่เกี่ยวข้องกับแผ่นรองรางจะระบุในมาตรฐานเกี่ยวกับระบบยึดเหนี่ยวรางสำหรับหมอนรองรางคอนกรีต ประกอบด้วย

EN 13481 "Railway applications – Track – Performance requirements for fastening systems - Part 2: Fastening systems for concrete sleepers "

UIC 864-5 "Technical Specification for the Supply of Rail Seat Pads"

และชุดมาตรฐาน EN 13146 คือ

- 1) มาตรฐาน EN 13146-1" Railway applications –Track –Test methods for fastening systems - Part 1 :Determination of longitudinal rail restraint"
- 2) มาตรฐาน EN 13146-2" Railway applications –Track –Test methods for fastening systems - Part 2 :Determination of torsional resistance"
- 3) มาตรฐาน EN 13146-3" Railway applications –Track –Test methods for fastening systems - Part 3 :Determination of attenuation of impact loads"
- 4) มาตรฐาน EN 13146-4" Railway applications –Track –Test methods for fastening systems - Part 4 :Effect of repeated loading"
- 5) มาตรฐาน EN 13146-5" Railway applications –Track –Test methods for fastening systems - Part 5 :Determination of electrical resistance"
- 6) มาตรฐาน EN 13146-6" Railway applications –Track –Test methods for fastening systems - Part 6 :Effect of severe environmental conditions"
- 7) มาตรฐาน EN 13146-7" Railway applications –Track – Test methods for fastening systems - Part 7 :Determination of clamping forces"
- 8) มาตรฐาน EN 13146-8" Railway applications –Track –Test methods for fastening systems - Part 8 :In service testing"
- 9) มาตรฐาน EN 13146-9" Railway applications –Track –Test methods for fastening systems - Part9 :Determination of stiffness"

มาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย

มาตรฐาน AS ของประเทศออสเตรเลียที่เกี่ยวข้องกับแผ่นรองรางระบุในมาตรฐานเกี่ยวกับระบบยึดเหนี่ยวราง คือ มาตรฐาน AS 1085.19 "Railway track material – Part 19: Resilient Fastening System" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชุดมาตรฐาน AS 1085 ที่เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับวัสดุทางรถไฟ อันประกอบด้วย 21 ส่วนดังนี้

- 1) Part 1 :Steel rails
- 2) Part 2 :Fishplates

- 3) Part 3,9,16 :Sleeper plates
- 4) Part 4,5,6 :Fishbolts and nuts
- 5) Part 7 :Spring washers
- 6) Part 8 :Dogspikes
- 7) Part 10 :Rail anchors
- 8) Part 11: Head-hardened rails
- 9) Part 12 :Insulated joint assemblies
- 10) Part 13 :Spring fastening spikes for sleeper plates
- 11) Part 14 :Prestressed concrete sleepers
- 12) Part 15 :Aluminothermic rail welding
- 13) Part 17 :Steel Sleepers
- 14) Part 18 :Screw spikes and threaded inserts
- 15) Part 19 :Resilient fastening systems
- 16) Part 20 :Welding of steel rail
- 17) Part 21 :Points and crossing structures
- 18) มาตรฐาน AS 10851.9 :2003-r2013 มีเนื้อหาหลัก ๆ ประกอบด้วย
 - 18.1) SCOPE AND GENERAL
 - 18.2) FASTENING ASSEMBLY
 - 18.3) RESILIENT CLIP
 - 18.4) INSULATORS
 - 18.5) RAIL PADS
 - 18.6) SPACERS
 - 18.7) SHOULDERS AND PINS
 - 18.8) BASE PLATES
 - 18.9) APPENDIX A - GUIDANCE ON PURCHASSING, USAGE AND EVALUATION
 - 18.10) APPENDIX B -MEANS FOR DEMONSTRATING COMPLIANCE WITH THIS STANDARD
 - 18.11) APPENDIX C -RESILIENT FASTENING ASSEMBLY AND ELECTRICAL TESTS
 - 18.12) APPENDIX D -RESILIENT FASTENING ASSEMBLY LATERAL LOAD RESTRAINT TEST
 - 18.13) APPENDIX E -RESILIENT FASTENING ASSEMBLY LONGITUDINAL RESTRAINT TEST

18.14) APPENDIX F -RESILIENT FASTENING ASSEMBLY UPLIFT TEST

18.15) APPENDIX G -RESILIENT FASTENING ASSEMBLY REPEATED LOAD TEST

18.16) APPENDIX H -CLIP SPRING RATE AND TOE LOAD TEST

18.17) APPENDIX I -CLIP FATIGUE TEST

18.18) APPENDIX J -IMPACT TEST FOR RAIL PAD ATTENUATION FOR CONCRETE

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

ประเทศสหรัฐอเมริกามีกฎหมายและมาตรฐานสำหรับระบบราง กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับระบบราง คือ Code of Federal Regulations (CFR) ประกอบด้วย 50 หมวดครอบคลุมกฎหมายในเรื่องต่าง ๆ โดยหมวดที่เกี่ยวข้องกับระบบราง คือ CFR - Title 49: Transportation - Part 213: Track Safety Standards ประกอบด้วย 7 ส่วนย่อย (Subparts A-F) โดยเนื้อหากว้าง ๆ ที่เกี่ยวกับแผ่นรองราง ระบุในส่วนย่อยที่เกี่ยวข้องกับระบบยึดเหนี่ยวรางใน Subpart D คือ “CFR - Title 49: Transportation - Part 213: Track Safety Standards - Subpart D: Track Structure: 213.127-Rail Fastening System”

ส่วนมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบรางองค์กร AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association) ได้จัดทำคู่มือ Manual for Railway Engineering ประกอบด้วย 4 เล่ม คือ

- 1) Volume 1 –Track
- 2) Volume 2 –Structures
- 3) Volume 3 –Infrastructure and Passenger
- 4) Volume 4 –Systems Management

โดยเล่มที่เกี่ยวข้องกับทางรถไฟ คือ เล่ม 1 (Volume 1 – Track) โดยบทที่เกี่ยวข้องกับแผ่นรองราง คือ บทที่ 30 (Chapter 30 – Ties) ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- 1) Part 1 :General Considerations
- 2) Part 2 :Evaluative Tests for Tie Systems
- 3) Part 3 :Solid Sawn Timber Ties
- 4) Part 4 :Concrete Ties
- 5) Part 5 :Engineered Composite Ties

โดยส่วนที่เกี่ยวข้องกับแผ่นรองราง คือ ส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 และ ส่วนที่ 4 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นรองรางระบุกว้าง ๆ ในส่วนที่ 1 และระบุรายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนที่ 4 ประกอบด้วยการทดสอบดังต่อไปนี้

- 1) Compression set at 23°C (ASTM D 395), high temp 70°C (ASTM D 395), low temp -20°C (ASTM D 1229) Method B @ 22 hours and constant deflection.
- 2) Tensile strength and elongation before and after heat aging (ASTM D 412 and ASTM D 573). Heat aging shall be two days @ 160°F (71°C).
- 3) Hardness (ASTM D 2240 - A scale).
- 4) Resistance to fluids such as water, acids, alkali, petroleum oils, and synthetic lubricants (ASTM D 471).
- 5) Vicat softening temperature (ASTM D 1525).
- 6) D-C Resistance or conductance of insulating material (ASTM D 257).
- 7) Tear resistance (ASTM D 624).
- 8) Abrasion resistance (ASTM D 2228 or D 1242).
- 9) Rubber properties in compression and shear (Mechanical oscillograph), (ASTM D 945).

และการทดสอบแผ่นรองรางพร้อมระบบยึดเหนี่ยวรางระบุในส่วนที่ 2 ประกอบด้วย

- 1) Tie pad test
- 2) Tie pad attenuation test

สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบแผ่นรองราง

จากการทบทวนมาตรฐานของแผ่นรองราง พบว่า ทุกมาตรฐานจะกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำของแผ่นรองรางไว้ในมาตรฐานที่เกี่ยวกับระบบยึดเหนี่ยวรางเนื่องจากแผ่นรองรางเป็นส่วนหนึ่งของระบบดังกล่าวในการใช้งานจริงต้องมีการทดสอบเพื่อให้เชื่อได้ว่าแผ่นรองรางจะสามารถใช้งานอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยภาพรวมของการศึกษาทบทวนมาตรฐานต่าง ๆ สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 5-11 ซึ่งเปรียบเทียบมาตรฐานในประเด็นใหญ่ ๆ อย่างไรก็ดีตามสำหรับประเทศไทยยังต้องการการพัฒนามาตรฐานต่าง ๆ และจะต้องมีการรวบรวมข้อมูลและศึกษาเพิ่มเติมเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในลำดับต่อไป

ตารางที่ 5-31 การเปรียบเทียบมาตรฐานการแผ่นรองราง

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศ ญี่ปุ่น	(5) ประเทศ ออสเตรเลีย	(6) ประเทศ สาธารณรัฐ ประชาชนจีน	SRT	MRTA
	Regulation Level							
Rail Pad								
General	N/A	-	■ CFR-Part213-Subpart D: Track Structure -Prescribes minimum requirements for ballast, crossties, track assembly fittings, and the physical conditions of rails. -Rail pad or railseat pad or tie pad is a main component of track assembly fitting (elastic rail fastening system).	-	-	N/A	-	-
Engineering Principal	N/A	-	■ CFR-Part213-Subpart D-Sec.213.127: Rail Fastening System (a) Track shall be fastened by a system of components that effectively maintains gage within the limits specified. Each component of each such system shall be evaluated to determine whether gage is effectively being maintained. (b) If rail anchors are applied to concrete crossties, the combination of the	-	-		-	-

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศ ญี่ปุ่น	(5) ประเทศ ออสเตรเลีย	(6) ประเทศ สาธารณรัฐ ประชาชนจีน	SRT	MRTA
Regulation Level								
			crossies, fasteners, and rail anchors must provide effective longitudinal restraint. (c) Where fastener placement impedes insulated joints from performing as intended, the fastener may be modified or removed, provided that the crossie supports the rail.					
Technical Standard Level								
General	N/A	- EN13146 & EN13481-2 & UIC 864-5 - The rail fastening system shall provide support, guidance, resilience and insulation between rail and sleeper. -The elastic rail fastening system shall be a direct fastening without base plate, simple to install, capable of easy visual inspection.	- AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1-Sec.1.7: Fastenings -Provides information relating to rail fasteners for railway ties of all types. “Fasteners or Elastic Fasteners” is defined here as a system of components that function together to fasten rail to tie. The fastening system works together with the tie to maintain rail gauge under load. -Rail fastening systems typically contain components, i.e., spring clip, insulator,	-	- AS 1085.19-2003_r2013: Railway Track Material Part 19-Resilient Fastening Assemblies -Provides manufacturer s and purchasers with performance requirements	N/A	-	-

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศ ญี่ปุ่น	(5) ประเทศ ออสเตรเลีย	(6) ประเทศ สาธารณรัฐ ประชาชนจีน	SRT	MRTA
Regulation Level								
		- The main components of the rail fastening system shall be as follow: • Rail pad • Screws • Tension clamps • Plastic dowels • Angled guide plates	shoulders/inserts, and railseat pads, spikes & rail anchor, and tie plates. ▪ AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.1.6: Rail Seat Abrasion (RSA) -Experience gained from revenue service and RSA experiments conducted at the Transportation Technology Center Incorporated (TTCI) in Pueblo, CO indicates that RSA can be prevented by using special pads and/or modifying the concrete tie railseat. -Rail Seat Pads: Pad designs have performed satisfactorily in mitigating RSA, depending on the service and environmental conditions. -The types of pad are recommended for some operating conditions in this section.		for resilient fastening assemblies for use with steel rails and sleepers and other support structures in railway track. -Function, performance, and materials of rail pads are described.			
Engineering Principle/	N/A	▪ EN13146 & EN13481-2 & UIC 864-5	▪ AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1-Sec.1.7-Article1.7.3.4: Railseat Pads	-	▪ AS 1085.19-2003_r2013:	N/A	-	-

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศ ญี่ปุ่น	(5) ประเทศ ออสเตรเลีย	(6) ประเทศ สาธารณรัฐ ประชาชนจีน	SRT	MRTA
	Regulation Level							
Requirements		-The rail fastening system and suitable components shall meet the requirements specified. -Elastic rail pads shall be manufactured from materials providing a high degree of low water absorption, a very high stability and resistance against aging, temperature as well as oil, grease and weather influence. - All parts which are non-metallic shall be made of hot weather resistant materials, suitable for use at temperature of up to 70°C and under high corrosion conditions. Plastic parts shall be UV protected. -The pads shall be profiled, with cleanly cut sides and smooth	-Railseat pads shall be of suitable design and material to conform to the fastener requirements. Railseat pads shall be made of a material suitable for long term service in the expected track environment. -Railseat pads, when required, shall provide suitable protection of the tie railseat from abrasive wear and wheel impact loads. ■ AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.2.5: Tie Pads -Tie pads shall be used between the rail and concrete ties to minimize water intrusion and tie abrasion of the rail seat area and to reduce impact and vibration effects on the track structure. -For curves over 2 degrees and for other severe service areas, special consideration must be given to pad selection. Three-part sandwich pads consisting of lower layer foam gasket, intermediate layer		- Railway Track Material Part 19-Resilient Fastening Assemblies -Rail pad: the bearing pad between the rail and the sleeper.			

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศ ญี่ปุ่น	(5) ประเทศ ออสเตรเลีย	(6) ประเทศ สาธารณรัฐ ประชาชนจีน	SRT	MRTA
Regulation Level								
		surfaces unless specified otherwise in the request to tender. - Rail pads with a foamed, non-profiled and closed micro-cellular structure shall be used with a stiffening factor from static to dynamic of < 1.5.	abrasion plate, and top layer of shape factored thermoplastic material have been effective for these areas. Two part sandwich pads consisting of lower layer abrasion element and top layer shape factored thermoplastic material, as well as reinforced elastomer one-piece pads, can also be effective. -Hard (>85 Shore A durometer) pads when applied directly to conventional concrete railseats may cause severe railseat abrasion and should be avoided. -Tie pads shall be of dimensions and materials that are compatible with the fastener and track structure components. Pad material shall provide the required chemical and physical properties to resist effects of environment exposure and traffic loads, and to satisfy requirements of the test specified.					

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศ ญี่ปุ่น	(5) ประเทศ ออสเตรเลีย	(6) ประเทศ สาธารณรัฐ ประชาชนจีน	SRT	MRTA
	Regulation Level							
			-Tie pad shall have minimum width equal to the base width of the Rail (+1/8 inches) (+3 mm). It shall be shaped or have indicators that will provide correct orientation during installation. The thickness of the pad shall not be less than 5 mm. -All pads shall be marked in a permanent manner to indicate manufacturer and pad identification.					
Material Tests (Product Property Tests)	N/A	■ EN13146 & EN13481-2 & UIC 864-5 -The rail seat pads shall be subjected to the tests and inspection specified in UIC 864-5. -The rail seat pads dynamic stiffness shall be measured accordance with EN13481-2 Annex B.	■ AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1-Sec.1.7-Article1.7.3.4: Railseat Pads -The following railseat pad property tests are recommended for evaluating suitable railseat pad materials or for comparing relative values between dissimilar materials: (1) Hardness, ASTM D2240, to appropriate scale.	-	■ AS 1085.19-2003_r2013: Railway Track Material Part 19-Resilient Fastening Assemblies -The rail pads shall be subjected to the tests and	N/A	-	-

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศ ญี่ปุ่น	(5) ประเทศ ออสเตรเลีย	(6) ประเทศ สาธารณรัฐ ประชาชนจีน	SRT	MRTA
Regulation Level								
		-Nominal static stiffness: ≥ 35 kN $\pm 15\%$ measured as a secant stiffness between 18 and 68 kN. -Static stiffness of rail seat pads Cstat= 60 ± 10 kN/mm. -Electrical volume resistivity: $> 108 \Omega \cdot \text{cm}$ (accord. to DIN IEC 60093). -Electrical resistance greater 5 kΩ. -The rail seat pads shall have 82-90 shore -A in accordance with EN ISO868:2003. -The rail seat pads density shall be 1.13-1.17 g/cm³ in accordance with EN ISO 1183.	(2) Compression Set, ASTM D395: (a) Room Temp, 23°C; (b) High Temp, 70°C; (c) Low Temp, -20°C (ASTM D1229), as applicable. (3) Elongation/Tensile Strength, before and after aging, ASTM D412 and ASTM D573. (4) Ozone Resistance, ASTM D518 (5) Abrasion Resistance, ASTM D2228 (6) Volume Resistivity, ASTM D257 -Due to the wide variations in service conditions, environment specific test requirements are left to the end user's discretion. ■ AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.2.5: Tie Pads - These tests have been selected for their suitability and use in laboratory test evaluations of rubber, plastics and composites or laminates of these materials for concrete tie pads. The tests		inspection specified.			

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศ ญี่ปุ่น	(5) ประเทศ ออสเตรเลีย	(6) ประเทศ สาธารณรัฐ ประชาชนจีน	SRT	MRTA
Regulation Level								
		-The rail seat pads shall have a soft dynamic stiffness < 100 MN/m. -The rail seat pads electrical volume resistivity shall be greater than 108 Ohm-cm according with IEC 60093 / IEC 60167. -The surface shall be free of cracks and damages affecting performances.	shall be applied to the individual components of laminated pads. (1) Compression set at 23°C (ASTM D 395), high temp 70 °C (ASTM D 395), low temp -20 °C (ASTM D 1229) Method B @ 22 hours and constant deflection. (2) Tensile strength and elongation before and after heat aging (ASTM D 412 and ASTM D 573). Heat aging shall be two days @ 160°F (71°C). (3) Hardness (ASTM D 2240 - A scale). (4) Resistance to fluids such as water, acids, alkali, petroleum oils, and synthetic lubricants (ASTM D 471). (5) Vicat softening temperature (ASTM D 1525). (6) D-C Resistance or conductance of insulating material (ASTM D 257). (7) Tear resistance (ASTM D 624).					

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศ ญี่ปุ่น	(5) ประเทศ ออสเตรเลีย	(6) ประเทศ สาธารณรัฐ ประชาชนจีน	SRT	MRTA
Regulation Level								
			(8) Abrasion resistance (ASTM D 2228 or D 1242). (9) Rubber properties in compression and shear (Mechanical oscillograph), (ASTM D 945).					
Tie Pad Tests (Fastener System Tests)	N/A	- EN13146 & EN13481-2 & UIC 864-5 -Attenuation of impact loads greater than 30%.	- AREMA-Vol.1-Chap.30-Part2-Sec.2.5: Tie Pads -2 types of testing: initial qualification testing (I) and routine testing (R). -2 tests are required: (1) Tie pad test (I): to determine load-deflection properties of the tie pad at temperatures of -45, 70, and 140°F (-43, 21, and 60°C) under a cyclic load varying from 4 kips to 30 kips applied continuously at a rate of 4 to 6 cycles per second for a total of 1,000 cycles and under a static load applied at a rate between 3-6 kips/min in increments of 1 kip up to a maximum of 50 kips.		- AS 1085.19-2003_r2013: Railway Track Material Part 19-Resilient Fastening Assemblies -Impact test for rail pad and attenuation for concrete.		-	-

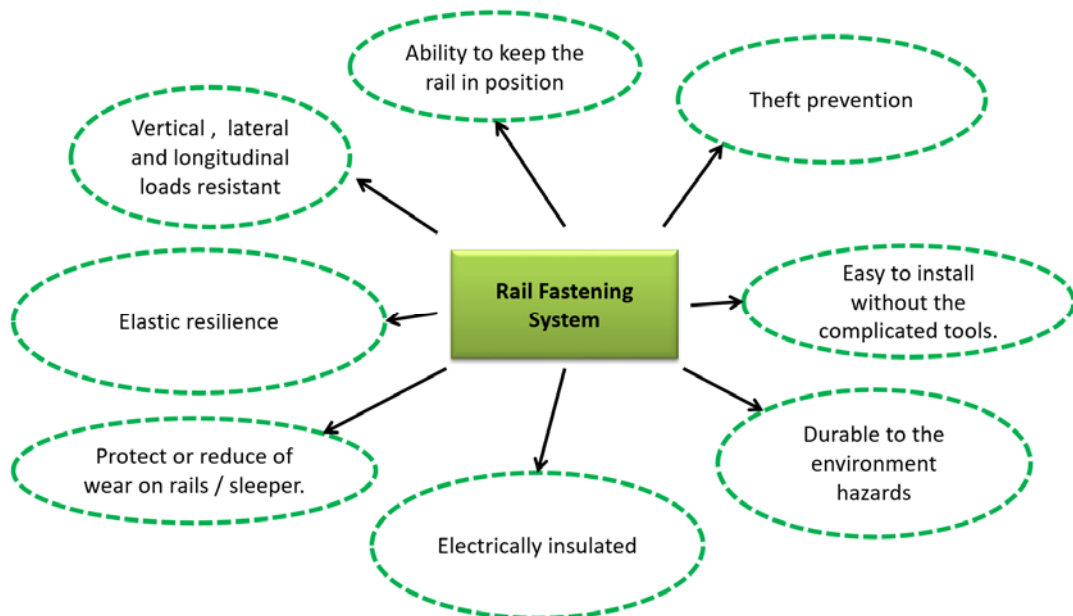
Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศ ญี่ปุ่น	(5) ประเทศ ออสเตรเลีย	(6) ประเทศ สาธารณรัฐ ประชาชนจีน	SRT	MRTA
Regulation Level								
			(2) Tie pad attenuation test (I): to determine the ability of rail seat pads to attenuate the effect of impact loads on ties to a reference 5mm Amtrak EVA flat pad manufactured with Dupont Elvax 660 (or equivalent) with a relative 7500 kip/in. pad stiffness. ■ AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.2.5: Tie Pads - From a lot not less than 10 pads produced, three pads shall be selected at random for laboratory testing. Tie pad tests shall be conducted using a tie block following the Sequence of Design Tests specified: a. Tie Pad Test b. Tie pad attenuation test					

5.7.4 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบอุปกรณ์ยึดรั้ง (Fastener)

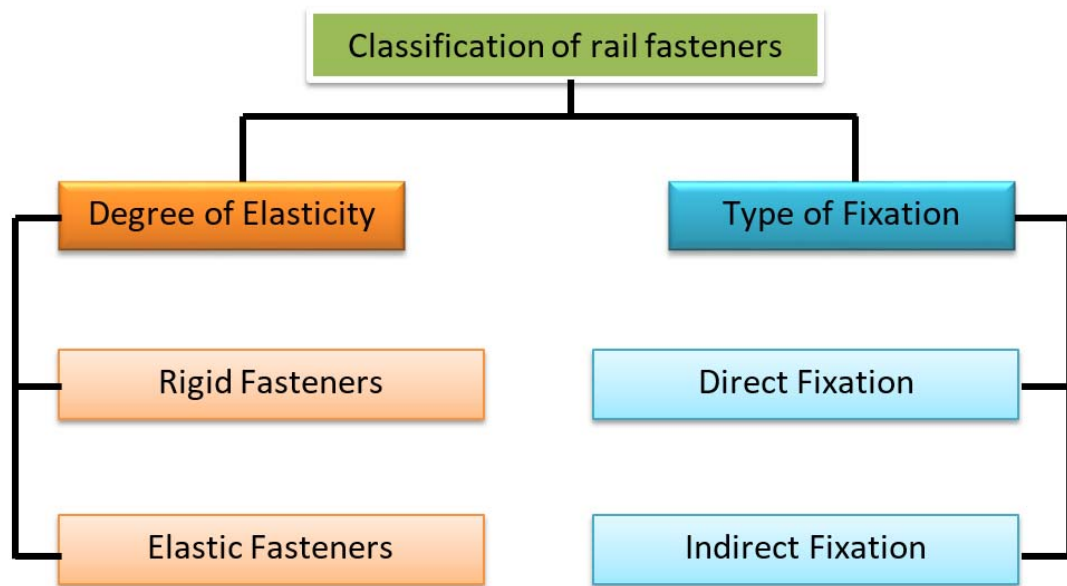
หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

เครื่องยึดเหนี่ยวราง (Rail Fastener) เป็นส่วนประกอบสำคัญของทางรถไฟที่มีหน้าที่ยึดรั้งให้รางอยู่ติดกับหมอนบนทางรถไฟแบบหินโรยทางหรือกับพื้นคอนกรีตสำหรับทางรถไฟแบบไม่ใช้หินโรยทางอย่างมั่นคง โดยตลอดอายุการใช้งานของเครื่องยึดเหนี่ยวรางนั้น จะมีแรงต่าง ๆ ที่มากระทำอยู่ตลอดเวลาเช่น แรงจากการยึดหดตัวและการโก่งตัวออกด้านข้าง รวมไปถึงการขยับขึ้นลงแนวดิ่งของราง แรงกระแทกจากล้อรถไฟทั้งในแนวดิ่ง แนวยาวและด้านข้าง ซึ่งแปรผันไปตามความเร็วของรถไฟและสภาพของทางรถไฟ เป็นต้น โดยปัจจัยดังกล่าวมีผลทำให้ในการออกแบบและเลือกใช้ระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง จำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของเครื่องยึดเหนี่ยวรางที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพโดยรวมของทางรถไฟดังนี้

- 1) สามารถคงสภาพของรางไว้ให้อยู่บนหมอนอย่างมั่นคง
- 2) สามารถต้านแรงกระทำกับตัวรางในแนวดิ่ง แนวด้านข้างและแนวยาวได้อย่างปลอดภัย
- 3) สามารถดูดซับแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากล้อรถไฟโดยให้ความยืดหยุ่นกับระบบราง/หมอนรองราง (elastic resilience)
- 4) ปกป้องหรือลดการเสียดสีบนราง/หมอนรองราง
- 5) เป็นฉนวนไฟฟ้าสำหรับวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์อาณัติสัญญาณ
- 6) มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมในพื้นที่ได้
- 7) ติดตั้งได้ง่าย โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน
- 8) มีการออกแบบที่ป้องกันการขโมยถอดรื้อออกจากทางได้โดยง่าย



รูปที่ 5-83 คุณสมบัติของระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง



รูปที่ 5-84 การแบ่งประเภทของระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง

ตารางที่ 5-32 การใช้งานของระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางกับหมอนประเภทต่าง ๆ

Purpose and type	Details of fittings and fastenings
Joining rail to wooden sleepers	Dog spikes, fang bolts, screw spikes, and bearing plates
Joining rail to steel trough sleepers	Loose jaws, keys, and liners
Joining rail to cast iron sleepers	Tie bars and cotters
Elastic fastenings to be used with concrete, steel, and wooden sleepers	Elastic or Pandrol clip, IRN 202 clip, HM fastening, MSI insert, rubber pads, and nylon liners

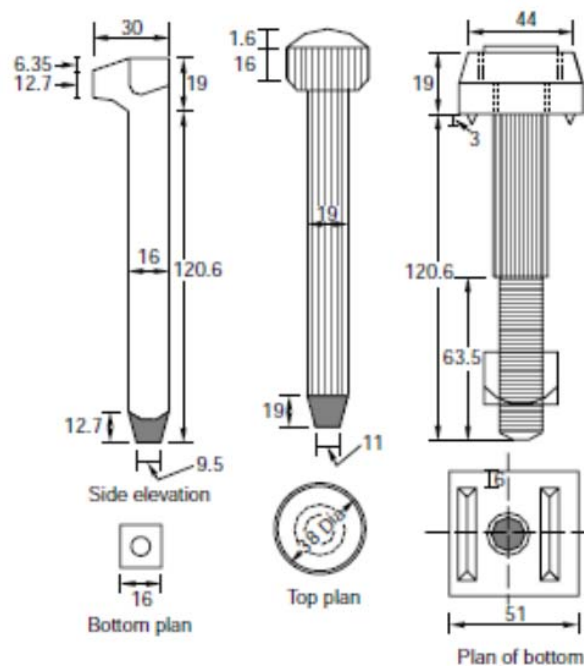
ในปัจจุบันเครื่องยึดเหนี่ยวรางมีหลายประเภทซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน โดยสามารถจัดหมวดหมู่ได้สองรูปแบบคือ แยกตามระดับความยืดหยุ่นและแยกตามรูปแบบการยึดเหนี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 5-84 โดยหากจัดกลุ่มตามระดับของความยืดหยุ่นแล้วนั้น จะสามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่มคือ ระบบที่ยึดเหนี่ยวรางแบบแข็งเกร็ง (Rigid Fastener) และระบบเครื่องยึดเหนี่ยวแบบยืดหยุ่น (Elastic Fastener) ดังตารางที่ 5-22 แสดงถึงระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางที่ใช้กับหมอนประเภทต่าง ๆ

อย่างไรก็ตาม ระบบที่ยึดเหนี่ยวรางแบบแข็งเกร็งซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้ในอดีตกับหมอนไม้และเหล็ก มีจุดเด่นคือเป็นระบบที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อน มีชิ้นส่วนน้อย ติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว แต่มีข้อด้อยคือไม่สามารถดูดซับแรงกระแทกที่ลงมาจากรางได้ดีพอ จึงอาจทำให้เกิดการเสียหายต่อหมอนด้านล่างได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

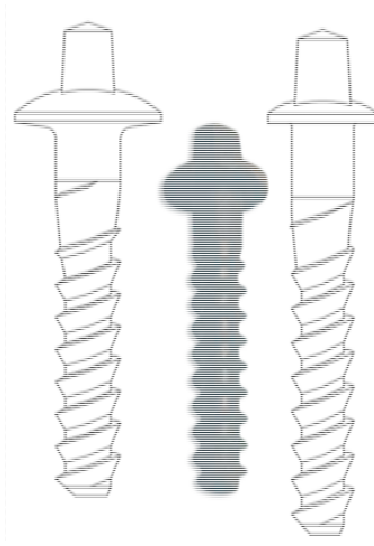
หมอนคอนกรีตที่เสี่ยงต่อการแตกร้าวเนื่องจากแรงกระแทก นอกจากนี้ระบบที่ยึดเหนี่ยวรางแบบแข็งเกร็งมีแนวโน้มที่จะเกิดการหลวมคลอนได้ง่ายอีกด้วย ในอีกด้านหนึ่ง สำหรับระบบเครื่องยึดเหนี่ยวแบบยืดหยุ่นนั้น ถึงแม้ว่ามีชิ้นส่วนมากกว่าและราคาสูงกว่า แต่มีประสิทธิภาพในการรองรับแรงกระแทกรวมไปถึงความคงทนต่อการใช้งานที่ดีกว่าระบบแรก ซึ่งระบบยึดเหนี่ยวดังกล่าวมีความเหมาะสมกับสภาวะในปัจจุบันที่มีการใช้คอนกรีตในการก่อสร้างทางรถไฟมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นหมอนคอนกรีตหรือแผ่นพื้นทางรถไฟแบบคอนกรีต

ระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางสำหรับหมอนไม้

หมอนไม้เป็นส่วนประกอบที่ถูกนิยมนำมาใช้งานในอดีต โดยการยึดรางเข้ากับหมอนไม้นั้นนิยมใช้หมุด (Spike) ร่วมกับแผ่นเพลตเหล็ก (Base Plate) เพื่อประคองรางและปรับมุมเอียงให้ได้องศาที่ต้องการ รูปที่ 5-84 และ รูปที่ 5-85 แสดงถึงหมุดแบบต่าง ๆ ที่ใช้งานกับหมอนไม้ และรูปที่ 5-86 แสดงถึงการใช้งานหมุดร่วมกับแผ่นเพลตเพื่อยึดราง



รูปที่ 5-85 แสดงหมุดแบบ Dog Spike, Round Spike และ Fung Bolt



รูปที่ 5-86 แสดงหมดแบบ Screw Spike



รูปที่ 5-87 แสดงการให้หมุดร่วมกับแผ่นแพลตเพื่อยึดราง

รูปที่ 5-87 แสดงชุดอุปกรณ์ของเครื่องยึดเหนี่ยวรางที่ใช้งานร่วมกับหมอนไม้ โดยจะสังเกตได้ว่าการติดตั้งแผ่นยางรองรางเพื่อซับแรงกระแทกด้วย นอกจากนี้ยังมีเครื่องยึดเหนี่ยวรางบนหมอนไม้ที่ใช้สำหรับบริเวณรอยต่อของราง ดังแสดงในรูปที่ 5-88



รูปที่ 5-88 ชุดอุปกรณ์เครื่องยึดเหนี่ยวรางบนหมอนไม้ชนิดมีแผ่นเพลต (1.Screw, 2.Elastomeric pad, 3.Tension washer, 4.Rail clamp, 5.Tensioning bolt, 6.Baseplate)



รูปที่ 5-89 เครื่องยึดเหนี่ยวรางบนหมอนไม้ที่ใช้สำหรับบริเวณรอยต่อของราง

ระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางสำหรับหมอนเหล็ก

ในบางบริเวณที่มีความจำเป็นในการติดตั้งหมอนเหล็ก ระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางจะมีความแตกต่างจากหมอนไม้ โดยระบบที่นิยมคือการใช้ Loose Jaws ดังแสดงในรูปที่ 5-89 และอีกระบบคือ Two Way Keys ดังรูปที่ 5-90

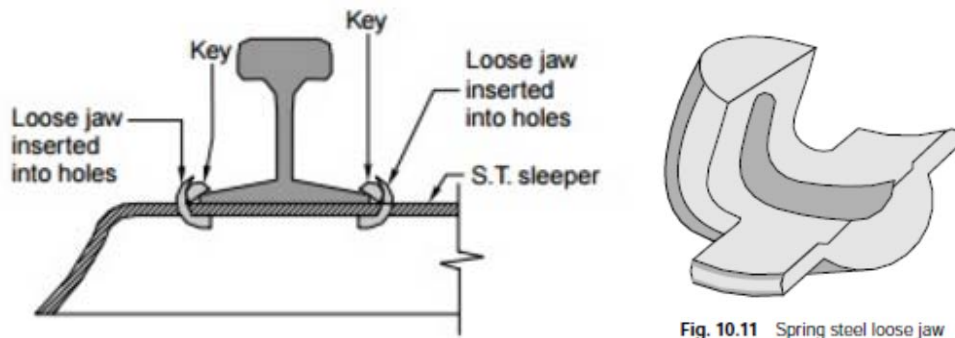
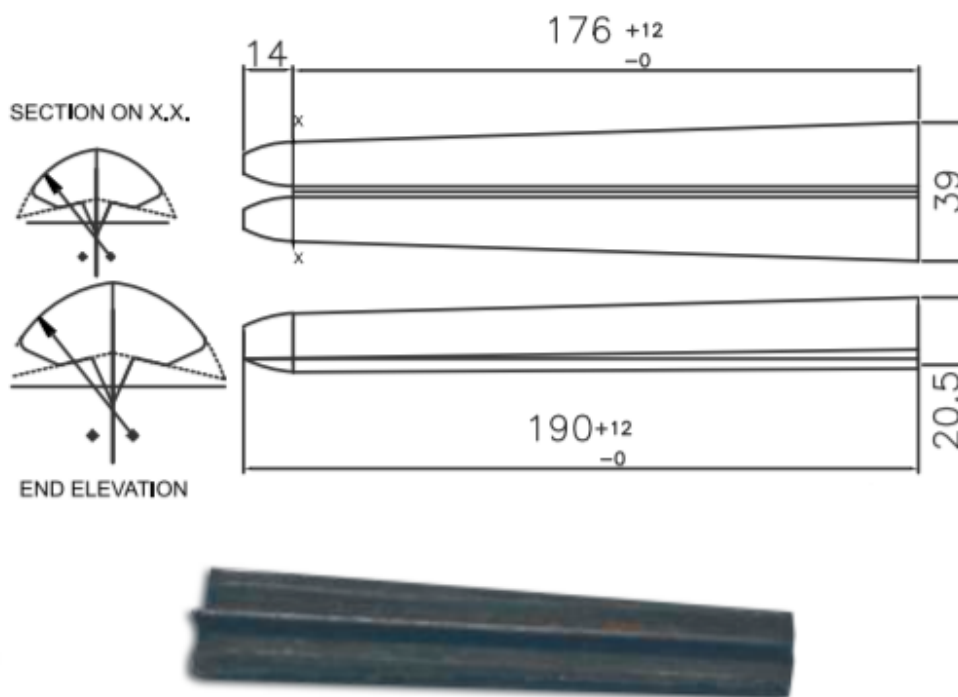


Fig. 10.11 Spring steel loose jaw

รูปที่ 5-90 ตัวอย่างระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางบนหมอนเหล็ก ชนิด Loose Jaws

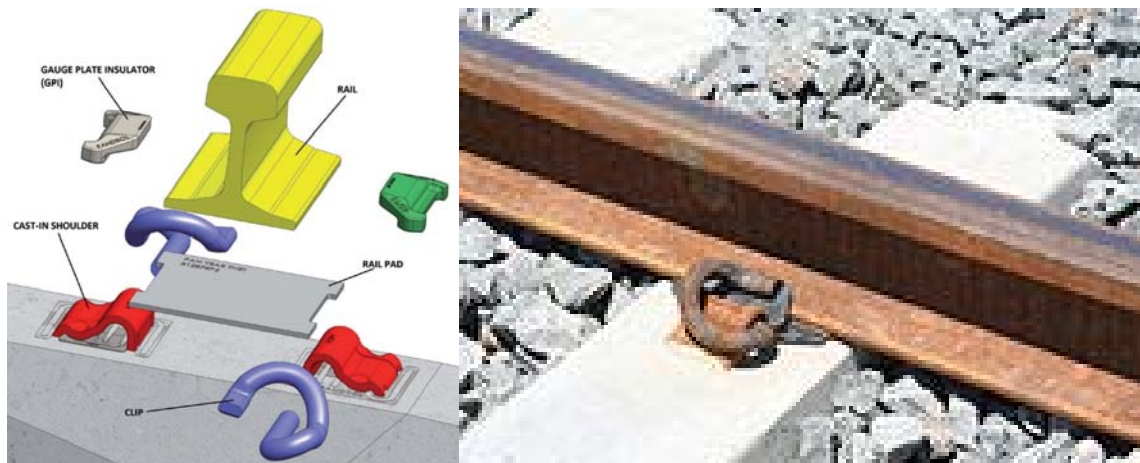


รูปที่ 5-91 ตัวอย่างระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางบนหมอนเหล็ก ชนิด Two Way Keys

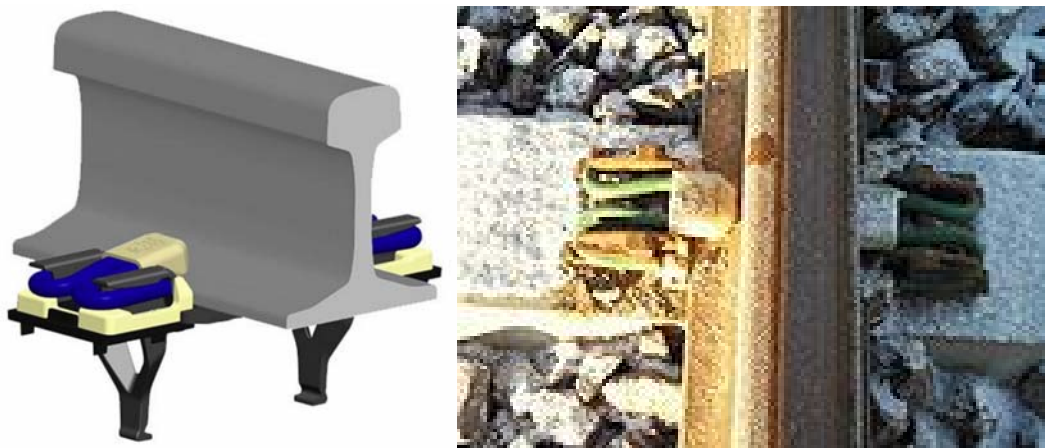
ระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางสำหรับหมอนและแผ่นพื้นคอนกรีต

ปัจจุบัน เครื่องยึดเหนี่ยวรางสำหรับคอนกรีตโดยส่วนใหญ่จะเป็นแบบยึดหยุ่น เนื่องจากคอนกรีตไม่สามารถรับแรงกระแทกได้เป็นเวลานาน จึงจำเป็นต้องใช้งานกับระบบยึดเหนี่ยวที่สามารถลดแรงกระแทกจากล้อรถไฟลงได้ โดยทั่วไประบบเครื่องยึดเหนี่ยวแบบยึดหยุ่นจะมีส่วนประกอบหลักคือ

คลิป (Clip) ประกับ (Liner) แผ่นยางรองราง (Rail Pad) และบ้ายึด (Shoulder) หรือในบางชนิดเป็นหมุดยึด (Malleable Insert) ดังแสดงในรูปที่ 5-91 และ รูปที่ 5-92 แต่อาจมีรายละเอียดของส่วนประกอบแตกต่างกันไปตามแต่ผู้ผลิต เช่น เครื่องยึดเหนี่ยวจาก Volssloh จากประเทศเยอรมัน (รูปที่ 5-93) และจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน เกาหลี ญี่ปุ่น เป็นต้น



รูปที่ 5-92 ตัวอย่างระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางแบบ Pandrol 'e-Clip'



รูปที่ 5-93 ตัวอย่างระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางแบบ Pandrol 'Fastclip'



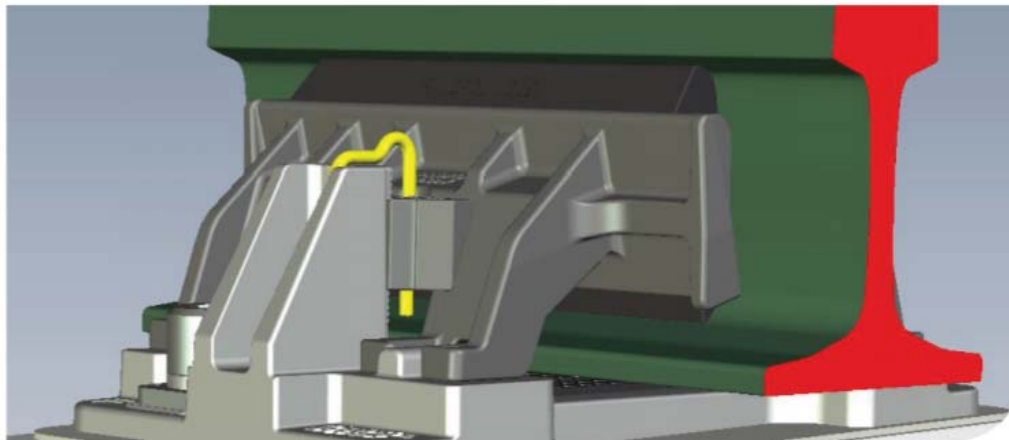
รูปที่ 5-94 ตัวอย่างระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางแบบ Vossloh



รูปที่ 5-95 ตัวอย่างระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางแบบ Bolt Clamped Fastening

ระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางประเภทอื่น ๆ

ปัจจุบัน มีการค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีในการยึดเหนี่ยวรางให้มีสมรรถนะสูงขึ้นและหลากหลายขึ้น เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานของยุคปัจจุบัน ยกตัวอย่างเช่น เครื่องยึดเหนี่ยวรางแบบใหม่ของบริษัท Pandrol ดังรูปที่ 5-95 ที่ออกแบบให้สามารถลดเสียงและการสั่นสะเทือนของรางให้น้อยลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการพัฒนาของระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางนั้นยังไม่ถึงจุดหยุดนิ่ง ดังนั้นการร่างมาตรฐานควรมุ่งเน้นไปที่การกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำ (base performance) เพื่อรองรับการพัฒนาเครื่องยึดเหนี่ยวรางแบบใหม่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้



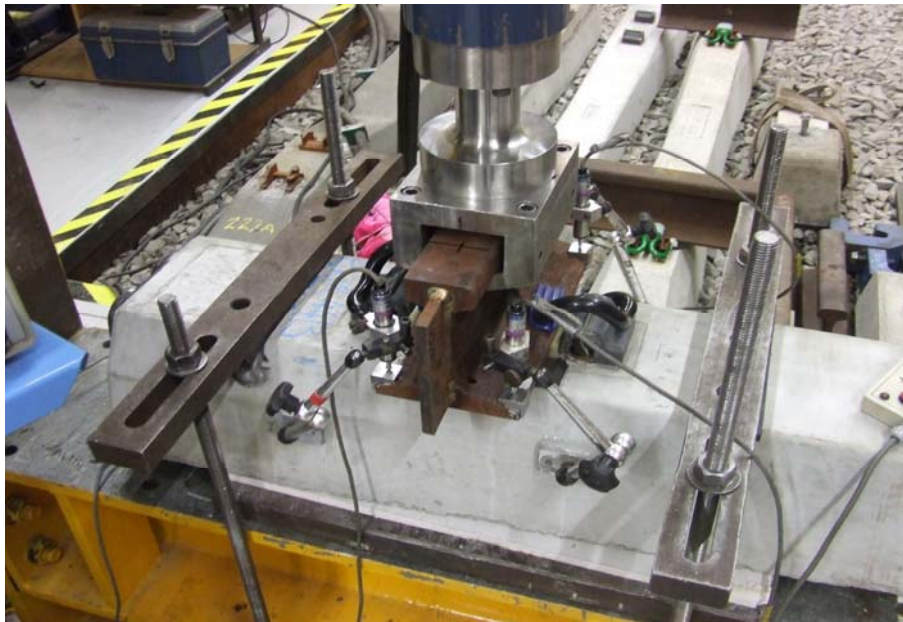
รูปที่ 5-96 ระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางแบบใหม่ของบริษัท Pandrol

องค์ประกอบของมาตรฐานของเครื่องยึดเหนี่ยวราง

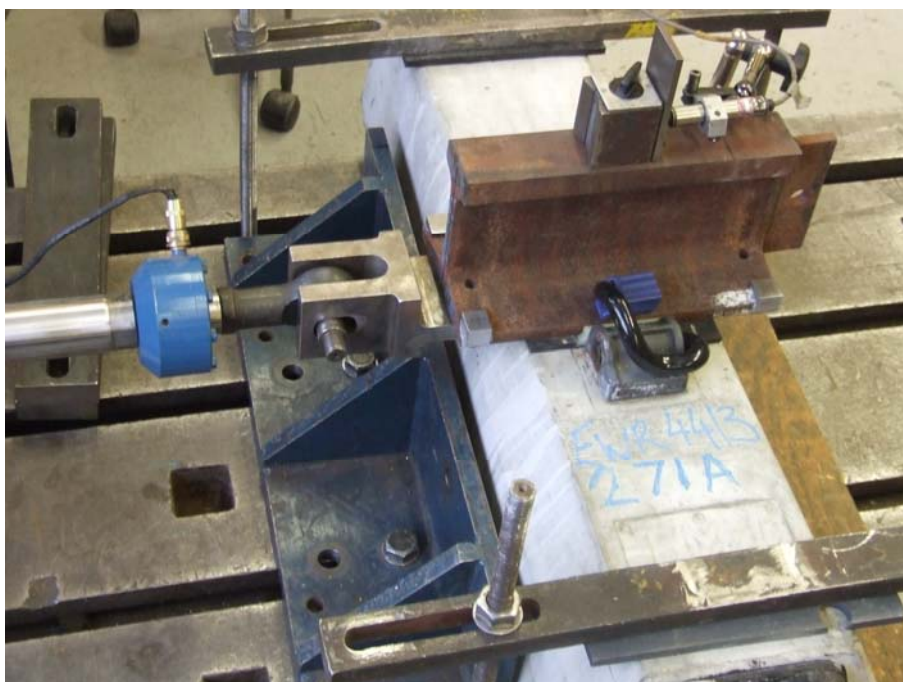
หน้าที่หลักของเครื่องยึดเหนี่ยวรางคือ ยึดรางให้อยู่กับที่ได้อย่างคงทนตลอดอายุการใช้งานรวมทั้งมีคุณสมบัติให้ความยืดหยุ่นกับระบบราง/หมอนรองราง จากเหตุผลดังกล่าวจะสามารถกำหนดมาตรฐานในด้านของสมรรถนะขั้นต่ำ (Base Performance) ของเครื่องยึดเหนี่ยวรางได้ดังนี้

- 3) กำลังและความแข็งแรงในการยึดเหนี่ยวรางและรองรับแรงกระทำ เช่น แรงกดของคลิปลำตัวของแผ่นรองราง กำลังของหมุด เป็นต้น
- 4) คุณสมบัติของวัสดุภายใต้สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น คุณสมบัติของยางรองรางภายใต้อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นต้น
- 5) อายุการใช้งานของชิ้นส่วนประกอบ เช่น อายุของคลิปลำตัวของแผ่นรองรางและหมุดภายใต้แรงกระทำซ้ำ ๆ เป็นต้น
- 6) ความเป็นฉนวน ซึ่งจำเป็นต่อฟังก์ชันการใช้งานของระบบอื่น ๆ เช่น ระบบอาณัติสัญญาณ นอกจากนี้ฉนวนไฟฟ้าอาจจะต้องจัดให้มีระหว่างชิ้นส่วนที่ฝังในคอนกรีตกับแผ่นเหล็กรองราง ซึ่งคุณสมบัติการทำงานของฉนวนไฟฟ้าจะต้องไม่มีผลลดลงเมื่อถูกกระทำโดยน้ำมันจารบีและสิ่งหล่อนอื่น ๆ
- 7) ความสามารถในการปรับแก้ตำแหน่งของรางในแนวราบและแนวตั้ง ซึ่งจำเป็นในการปรับแก้ระดับและแนวของรางให้ได้ตามที่ออกแบบไว้

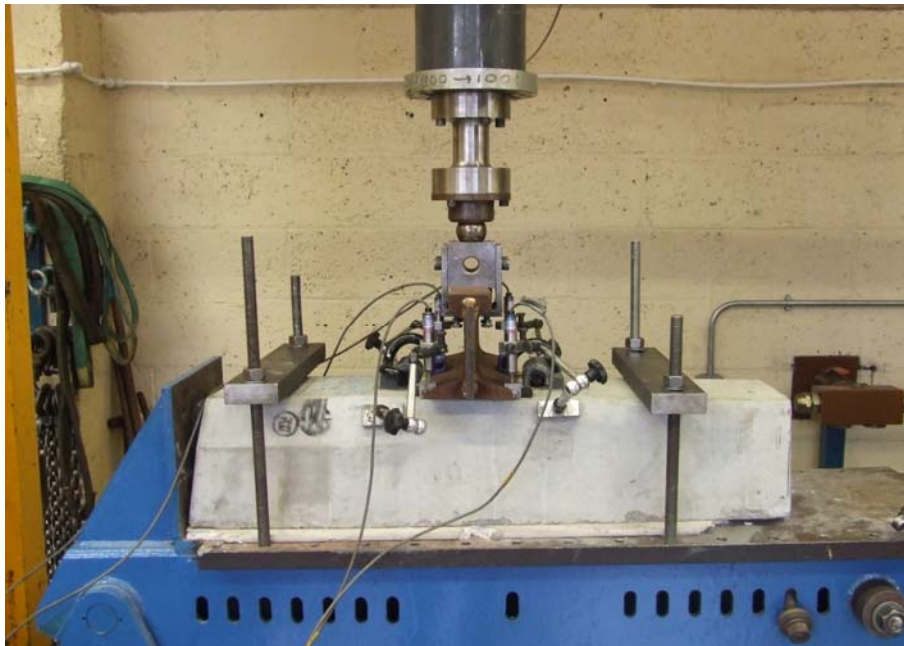
โดยจะต้องมีการทดสอบหลากหลายรูปแบบเพื่อยืนยันถึงสมรรถนะของอุปกรณ์ยึดราง ดังแสดงในรูปที่ 5-96 ถึง รูปที่ 5-101 ทั้งนี้จากข้อกำหนดของสมรรถนะขั้นต่ำข้างต้น แต่ละประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานแตกต่างกันไปตามเงื่อนไขและเทคโนโลยีของแต่ละประเทศ ซึ่งสามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้



รูปที่ 5-97 ตัวอย่างการทดสอบ clamping force test



รูปที่ 5-98 ตัวอย่างการทดสอบ longitudinal restraint test



รูปที่ 5-99 ตัวอย่างการทดสอบ vertical stiffness test



รูปที่ 5-100 ตัวอย่างการทดสอบ torsion test



รูปที่ 5-101 ตัวอย่างการทดสอบ Repeat Load Test



รูปที่ 5-102 ตัวอย่างการทดสอบ Electrical Resistant Test

ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบอุปกรณ์ยึดรั้งของแต่ละประเทศ

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐาน EN ของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC สำหรับระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางคือ มาตรฐาน EN 13146 "Railway applications - Track - Test methods for fastening systems" ซึ่งมีเนื้อหาทั้งหมด 9 หมวดคือ

- 1) Part 1 :Determination of longitudinal rail restraint
- 2) Part 2 :Determination of torsional resistance
- 3) Part 3 :Determination of attenuation of impact loads
- 4) Part 4 :Effect of repeated loading
- 5) Part 5 :Determination of electrical resistance
- 6) Part 6 :Effect of severe environmental conditions
- 7) Part 7 :Determination of clamping force
- 8) Part 8 :In service testing
- 9) Part 9 :Determination of stiffness

ซึ่งจะเห็นได้ว่ามาตรฐานได้กำหนดถึงสมรรถนะขั้นต่ำในการยึดเหนี่ยวรางและความเป็นฉนวนดังที่ได้กล่าวข้างต้น นอกจากนี้ยังรวมไปถึงขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานจริงอีกด้วย

มาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย

ประเทศออสเตรเลียได้กำหนดชุดมาตรฐาน AS 1085 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของทางรถไฟ (Railway Track Material) โดยในชุดสามารถจำแนกได้เป็น 21 หมวดดังนี้

- 1) Part 1 :Steel rails
- 2) Part 2 :Fishplates
- 3) Part 3,9,16 :Sleeper plates
- 4) Part 4,5,6 :Fishbolts and nuts
- 5) Part 7 :Spring washers
- 6) Part 8 :Dogspikes
- 7) Part 10 :Rail anchors
- 8) Part 11: Head-hardened rails
- 9) Part 12 :Insulated joint assemblies
- 10) Part 13 :Spring fastening spikes for sleeper plates
- 11) Part 14 :Prestressed concrete sleepers

- 12) Part 15 :Aluminothermic rail welding
- 13) Part 17 :Steel Sleepers
- 14) Part 18 :Screw spikes and threaded inserts
- 15) Part 19 :Resilient fastening systems
- 16) Part 20 :Welding of steel rail
- 17) Part 21 :Points and crossing structures

โดยหมวดที่ 8 10 18 และ 19 คือหมวดที่เกี่ยวกับระบบเครื่องยึดเหนี่ยว ซึ่งเนื้อหาสำคัญจะอยู่ในหมวดที่ 19 คือเรื่องเครื่องยึดเหนี่ยวแบบยืดหยุ่น (Resilient Fastening Systems) ซึ่งได้กำหนดถึงสมรรถนะขั้นต่ำในด้านต่าง ๆ ไว้ดังนี้

- 1) Appendix A –Guidance on Purchasing, Usage and Evaluation
- 2) Appendix B –Means for Demonstrating Compliance with this Standard
- 3) Appendix C –Resilient Fastening Assembly and Electrical Tests
- 4) Appendix D –Resilient Fastening Assembly Lateral Load Restraint Test
- 5) Appendix E –Resilient Fastening Assembly Longitudinal Restraint Test
- 6) Appendix F –Resilient Fastening Assembly Uplift Test
- 7) Appendix G –Resilient Fastening Assembly Repeated Load Test
- 8) Appendix H –Clip Spring Rate and Toe Load Test
- 9) Appendix I –Clip Fatigue Test
- 10) Appendix J –Impact Test for Rail Pad Attenuation for Concrete

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

องค์กร AREMA (American Railway Engineering And Maintenance-Of-Way Association) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้จัดทำคู่มือ Manual For Railway Engineering ซึ่งบทที่ 30 ของคู่มือได้กล่าวถึงสมรรถนะขั้นต่ำของระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางไว้ดังนี้

- 1) Longitudinal rail restraints
- 2) Lateral rail restraint
- 3) Rail uplift test
- 4) Static L/V, load deflection tests
- 5) Fatigue L/V tests
- 6) Spike/screw pullout test
- 7) Shoulder/Insert pullout test
- 8) Shoulder/Insert torque test

- 9) Rail to rail electric impedance
- 10) Impacts on fastening system

มาตรฐานที่ใช้ในงานในโครงการระบบรางของไทย

ในโครงการรถไฟฟ้ามหานครในประเทศไทยได้มีการนำมาตรฐานของต่างประเทศมาใช้เช่น โครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงเบรจสมุทรปราการ โดยมีการอ้างอิงถึงมาตรฐาน

- 1) EN “ 13481 Railway Applications Track –Performance requirements for fastening systems ”
- 2) EN “ 13146 Railway Applications Track –Test methods for fastening systems ”
- 3) UIC 864-5 “Technical specifications for supply of rail seat pads”

ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องยึดเหนี่ยวราง วิธีการทดสอบ และคุณสมบัติของแผ่นยางรองราง ตามลำดับ

มาตรฐานอื่น ๆ

ปัจจุบันมีความร่วมมือกันในหลายประเทศเพื่อพัฒนามาตรฐานสำหรับระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง ยกตัวอย่างเช่น ประเทศญี่ปุ่นกำลังดำเนินการจัดทำมาตรฐานระบบรางของตนเองให้สอดคล้องกับมาตรฐานนานาชาติ ISO ซึ่งได้พัฒนาเป็นมาตรฐาน ISO/TC 17/SC 15 -Railway rails, rails fasteners, wheels and wheelsets ที่เกี่ยวกับ ราง เครื่องยึดเหนี่ยวรางและชุดล้อของรถไฟ ซึ่งในส่วน of ระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางนั้น ก็มีการกำหนดถึงสมรรถนะขั้นต่ำในด้านต่าง ๆ ไว้เช่นกัน ดังรูปที่ 5-102 แสดงถึงการทดสอบการรับแรงกระทำซ้ำ ๆ ของเครื่องยึดเหนี่ยวรางในประเทศญี่ปุ่น



รูปที่ 5-103 ตัวอย่างการทดสอบ repeated load test ของประเทศญี่ปุ่น

สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบอุปกรณ์ยึดรั้ง

จากการทบทวนมาตรฐานของระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางพบว่า ทุกมาตรฐานจะกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำของส่วนประกอบต่าง ๆ ดังแสดงรูปที่ 5-103 ซึ่งในการใช้งานจริงต้องมีการทดสอบเพื่อให้เชื่อได้ว่าระบบจะสามารถใช้งานอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยภาพรวมของหัวข้อในการทดสอบถูกแสดงไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งได้เปรียบเทียบของมาตรฐานทั้งสามประเทศ (ยุโรป สหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย) โดยพบว่ามีความคล้ายคลึงกันในส่วนของการกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าในโครงการระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนของประเทศไทยซึ่งมีทางรถไฟขนาดมาตรฐานนั้น ได้มีการนำมาตรฐานยุโรปมาใช้ด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่ามาตรฐานดังกล่าวจะมีการกำหนดรูปแบบสมรรถภาพขั้นต่ำที่คล้ายคลึงกัน แต่ยังคงมีรายละเอียดปลีกย่อยที่ต่างกันออกไปเช่น ขนาดของแรงที่ใช้ในการทดสอบ ค่าต่ำสุดที่ยอมให้และจำนวนรอบของการทดสอบ เป็นต้น ซึ่งการกำหนดรายละเอียดที่จะเป็นมาตรฐานของประเทศไทยต่อไปนั้น จะต้องมีการรวบรวมข้อมูลและศึกษาเพิ่มเติมเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในลำดับต่อไป



รูปที่ 5-104 หัวข้อด้านสมรรถนะของระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง

ตารางที่ 5-33 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการทดสอบสมรรถนะขั้นต่ำของระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง

QUALIFICATION TEST	STANDARD		
	EN 13146	AREMA CH-30	AS 1085.19
Longitudinal Rail Restraint	✓	✓	✓
Torsion	✓	✓	✗
Attenuation of impact loads	✓	✓	✓
Repeated Load Test	✓	✓	✓
Electrical Resistance	✓	✓	✓
Severe (Corrosive) Environments	✓	✗	✗
Wet & Abrasive Environments	✗	✓	N/A
Clamping Force	✓	✓	✓
Insert Pullout	✓	✓	N/A
Rail Pad Dynamic Stiffness	✓	✗	N/A
Vertical Stiffness	✓	✓	✓
Lateral Restraint	✗	✓	✓
Rail Uplift	✗	✓	✓
Dimensional Assessment	✓	✗	N/A

5.7.5 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการออกแบบระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง

ตารางที่ 5-34 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการออกแบบระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง

Topic		Fastener Performance Criteria & Testing				
Sub Topic		ความต้านทานต่อแรงกระทำ แนวยาว	แรงกดของอุปกรณ์ยึด เหนี่ยวราง	ความต้านทานไฟฟ้า	แรงกระทำซ้ำ	ความแข็งแรงดึงหลังจาก ทดสอบแรงกระทำซ้ำ
Engineering Principal		เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบ กำลังของชุดอุปกรณ์ฯเพื่อรับ แรงที่กระทำในแนวยาวของ ราง โดยชุดอุปกรณ์จะต้อง สามารถต้านทานแรงดังกล่าว ได้โดยไม่มีการเลื่อนไถลของ รางมากเกินไปกว่าค่าที่กำหนด	เป็นการทดสอบกำลังของ ชุดอุปกรณ์ฯในการกดราง ให้อยู่ติดกับหมอน โดย ต้องมีแรงกดเพียงพอเพื่อ ไม่ให้รางยกตัวภายใต้แรง ที่กำหนด	เป็นการทดสอบเพื่อ ตรวจสอบความต้านทาน กระแสไฟฟ้า โดยชุด อุปกรณ์ต้องมีค่าความ ต้านทานไฟฟ้าไม่น้อยกว่าที่ กำหนดเพื่อความปลอดภัย ต่อระบบอาณัติสัญญาณ	เป็นการทดสอบเพื่อ ตรวจสอบถึงความคงทน ต่อการใช้งานในระยะยาว ของชุดอุปกรณ์ฯ	เป็นการตรวจสอบความแข็งแรง ดึงในแนวดิ่งของชุดอุปกรณ์ฯ หลังจากผ่านการใช้งานเนื่องจาก แรงกระทำซ้ำ ซึ่งต้องมีการ เปลี่ยนแปลงไม่เกินกว่าที่ กำหนด
Remark	EN / UIC	✓	✓	✓	✓	✓
	USA	✓	✓	✓	✓	✓
	AUS	✓	✓	✓	✓	N/A
	India	กำหนดตาม EN-13146	กำหนดตาม EN-13146	กำหนดตาม EN-13146	กำหนดตาม EN-13146	กำหนดตาม EN-13146
	Thai (Metro)	กำหนดตาม EN-13481, EN-13146 และ UIC-864-5				
	Thai (มอก.)	✓	✓	✓	✓	N/A
Conclusion		กำหนดตาม EN-13146 หรือ มอก.2528	กำหนดตาม EN-13146 หรือ มอก.2528	กำหนดตาม EN-13146 หรือ มอก.2528	กำหนดตาม EN-13146 หรือ มอก.2528	กำหนดตาม EN-13146

ตารางที่ 5-34 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการออกแบบระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง (ต่อ)

Topic		Fastener Performance Criteria & Testing				
Sub Topic		ความต้านทานต่อแรงกระทำ แนวยาวหลังจากทดสอบแรง กระทำซ้ำ	แรงกดของอุปกรณ์ยึด เหนี่ยวราง หลังจาก ทดสอบแรงกระทำซ้ำ	การถอนออกของวัสดุฝังยึด	การต้านทานแรงกระทำ ด้านข้างของวัสดุฝังยึด	การต้านทานต่อการคืบ
Engineering Principal		เป็นการตรวจสอบความแข็งแรงในแนวยาวของชุดอุปกรณ์หลังจากผ่านการใช้งานเนื่องจากแรงกระทำซ้ำ ซึ่งต้องมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกินกว่าที่กำหนด	เป็นการตรวจสอบแรงกดรางของชุดอุปกรณ์หลังจากผ่านการใช้งานเนื่องจากแรงกระทำซ้ำ ซึ่งต้องมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกินกว่าที่กำหนด	เป็นการทดสอบความต้านทานของวัสดุฝังยึดให้มีเพียงพอต่อการยึดรางให้ติดกับหมอน	เป็นการทดสอบความต้านทานของวัสดุฝังยึดให้มีเพียงพอต่อการต้านทานต่อแรงที่มากกระทำด้านข้างของราง	เป็นการทดสอบความต้านทานของชุดอุปกรณ์ต่อการเคลื่อนตัวแนวยาวของราง
Remark	EN / UIC	✓	✓	✓	N/A	N/A
	USA	✓	✓	✓	N/A	N/A
	AUS	N/A	N/A	✓	✓	✓
	India	กำหนดตาม EN-13146	กำหนดตาม EN-13146	N/A	N/A	N/A
	Thai (Metro)	กำหนดตาม EN-13481, EN-13146 และ UIC-864-5				
	Thai (มอก.)	✓	✓	✓	✓	✓
Conclusion		กำหนดตาม EN-13146 หรือ มอก.2528	กำหนดตาม EN-13146 หรือ มอก.2528	กำหนดตาม มอก.2528	กำหนดตาม มอก.2528	กำหนดตาม มอก.2528

ตารางที่ 5-34 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการออกแบบระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง (ต่อ)

Topic		Fastener Performance Criteria & Testing				
Sub Topic		ความแข็งแรงเชิงพลศาสตร์	ความต้านทานต่อการสึกกร่อน	การต้านทานต่อแรงกระทำด้านข้าง	การต้านทานต่อแรงบิด	การยกตัวของราง
Engineering Principal		เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบค่าความแข็งแรงของชุดอุปกรณ์ภายใต้แรงกระทำแบบพลวัต เพื่อควบคุมไม่ให้ค่าความแข็งแรงนั้นเปลี่ยนแปลงมากจนเกินไป จุดประสงค์ก็เพื่อลดแรงกระแทกและการสั่นสะเทือน รวมไปถึงควบคุมการขยับตัวของรางภายใต้สภาวะพลวัต	เป็นการทดสอบความคงทนของอุปกรณ์ภายใต้สภาวะแวดล้อมกัดกร่อนที่รุนแรง	เป็นการทดสอบความต้านทานของชุดอุปกรณ์ให้มีเพียงพอต่อการต้านทานต่อแรงที่มากระทำด้านข้างของราง เพื่อป้องกันไม่ให้ความกว้างของทางเปลี่ยนแปลงมากจนเกินไป	เป็นการทดสอบความต้านทานต่อแรงบิดของชุดอุปกรณ์ให้มีเพียงพอต่อการต้านทานต่อแรงบิดที่ถ่ายทอดมาจากราง เพื่อป้องกันรางล้มและป้องกันไม่ให้ความกว้างของทางเปลี่ยนแปลงมากจนเกินไป	เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมการยกตัวของราง โดยตรวจสอบแรงยกที่ทำให้รางกับชุดอุปกรณ์แยกออกจากกัน
Remark	EN / UIC	✓	✓	N/A	✓	N/A
	USA	✓	✓	✓	✓	✓
	AUS	N/A	N/A	✓	N/A	✓
	India	กำหนดตาม EN-13146	กำหนดตาม EN-13146	N/A	N/A	N/A
	Thai (Metro)	กำหนดตาม EN-13481, EN-13146 และ UIC-864-5				
	Thai (มอก.)	N/A	N/A	✓	✓	✓
Conclusion		กำหนดตาม EN-13146	กำหนดตาม EN-13146	กำหนดตาม มอก.2528	กำหนดตาม มอก.2528	กำหนดตาม มอก.2528

ตารางที่ 5-34 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานการออกแบบระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง (ต่อ)

Topic		Fastener Performance Criteria & Testing					
Sub Topic		การตรวจสอบมิติ	ความแข็งแรงในแนวตั้ง	การรับแรงกระแทก	การฉีกขาดของแผ่น รองราง	อุณหภูมิอ่อนตัวของแผ่น รองราง	ความหนาแน่นของแผ่น รองราง
Engineering Principal		เป็นการตรวจสอบรูปร่างและขนาดของชุดอุปกรณ์ไม่ให้คลาดเคลื่อนมากเกินไปกว่าค่าที่กำหนด	เป็นการทดสอบเพื่อควบคุมความแข็งแรงของชุดอุปกรณ์ให้เหมาะสมเพื่อลดแรงกระแทกและการสั่นสะเทือน รวมไปถึงควบคุมไม่ให้เกิดการยุบตัวของรางที่มากจนเกินไป	เป็นการทดสอบความสามารถในการลดแรงกระแทกที่ลงผ่านจากรางลงไปสู่หมอนหรือพื้นคอนกรีตใต้ราง	เป็นการทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นรองราง เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นรองรางเกิดการฉีกขาดขณะใช้งานจริง	เป็นการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของแผ่นรองรางภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพื่อป้องกันไม่ให้คุณสมบัติของแผ่นรองรางเปลี่ยนแปลงมากเกินไปขณะใช้งานจริง	เป็นการทดสอบความหนาแน่นของวัสดุแผ่นรองราง ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นของวัสดุแผ่นรองรางเป็นดัชนีชี้วัดที่ดีถึงคุณภาพของแผ่นรองราง
Remark	EN / UIC	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	USA	N/A	✓	✓	N/A	N/A	N/A
	AUS	N/A	✓	✓	N/A	N/A	N/A
	India	N/A	กำหนดตาม EN-13146	N/A	N/A	N/A	N/A
	Thai (Metro)	กำหนดตาม EN-13481, EN-13146 และ UIC-864-5					
	Thai (มอก.)	✓	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Conclusion		กำหนดตาม มอก. 2528	กำหนดตาม EN-13146	กำหนดตาม EN-13146	กำหนดตาม UIC-864-5	กำหนดตาม UIC-864-5	กำหนดตาม UIC-864-5

5.7.6 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบหมอนรองราง (Sleeper)

หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

หมอนรองราง (Sleeper) เป็นส่วนที่ใช้ในการรองรับและยึดราง ควบคุมขนาดทาง และถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากรางสู่หินโรยทางหรือส่วนอื่น ๆ ที่รองรับ เช่น พื้นคอนกรีต และสู่พื้นทาง โดยใช้ระบบยึดเหนี่ยวราง การออกแบบหมอนรองรางต้องให้สามารถต้านทานแรงกระทำซ้ำต่าง ๆ ได้ และต้องมีความทนทานต่อสภาพการใช้งาน

น้ำหนักบรรทุกมีในสามทิศทางและเกิดขึ้นซ้ำ ๆ ตลอดเวลาที่ใช้งาน คือ

- 1) น้ำหนักบรรทุกในแนวตั้ง (Vertical Loads) จากน้ำหนักเพลลา
- 2) น้ำหนักบรรทุกในแนวขวางรางหรือด้านข้าง (Transverse Loads) จากการที่ต้องบังคับทิศทาง
- 3) น้ำหนักบรรทุกตามความยาวราง (Longitudinal Loads) จากการเร่ง การเบรก และความเค้นจากความร้อนที่เกิดขึ้นในรางเชื่อมยาว เป็นต้น

ปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบหมอนรองราง ประกอบด้วย

- 1) ราง การยึดเหนี่ยว ตัวหมอนเอง หินโรยทาง และพื้นทาง
- 2) คุณภาพของแต่ละองค์ประกอบ วิธีการผลิต การติดตั้ง และการบำรุงรักษา
- 3) ความคงทนและการเสื่อมสภาพของวัสดุ
- 4) ทิศทาง ขนาด และความถี่ของน้ำหนักบรรทุก
- 5) ผลกระทบของสภาพอากาศและปัจจัยแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ แสงแดด และสภาพอากาศ
- 6) ค่าใช้จ่ายโดยรวมของการติดตั้งและการบำรุงรักษา
- 7) ความต้องการในการรองรับและการบังคับทิศทางรถไฟภายใต้แรงกระทำซ้ำต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งในแนวตั้ง ด้านข้าง และตามยาวของราง

หมอนรองรางแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ หมอนไม้ (Wood Sleeper) หมอนเหล็ก (Steel Sleeper) และหมอนคอนกรีต (Concrete Sleeper) ในที่นี้จะเน้นเฉพาะเกี่ยวกับหมอนคอนกรีตเท่านั้น ซึ่งนิยมใช้ในปัจจุบันด้วยข้อดีทั้งในเรื่องค่าใช้จ่ายและความแข็งแรงทนทาน รูปที่ 5-104 แสดงภาพรวมเกี่ยวกับหมอนรองราง

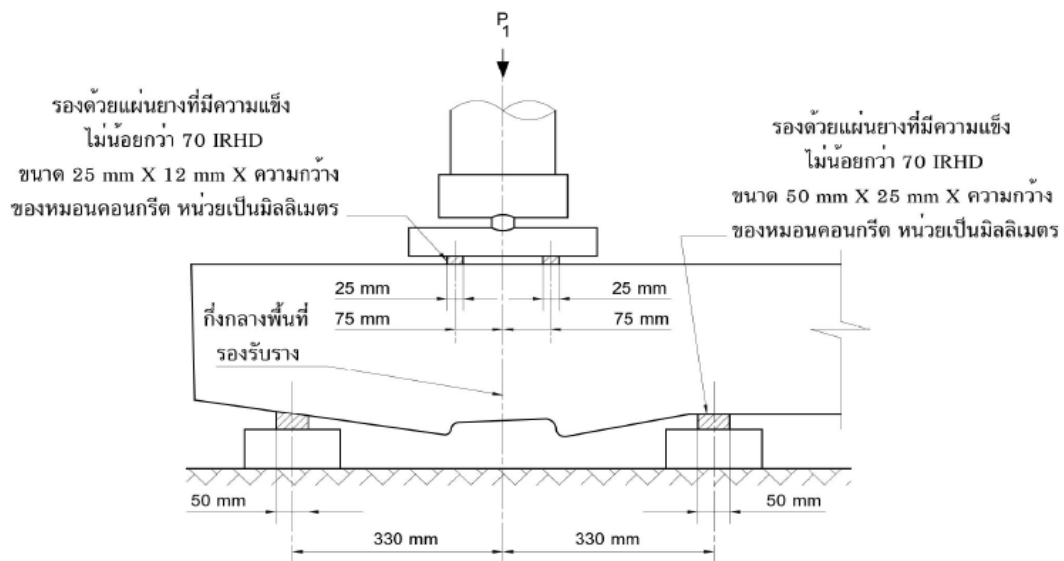
เพื่อให้มั่นใจได้ว่าหมอนรองรางจะสามารถใช้งานได้ตามที่ออกแบบ มาตรฐานต่าง ๆ ได้กำหนดให้ต้องมีการทดสอบหมอนรองราง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามวัตถุประสงค์ของการทดสอบ (รูปแสดงตัวอย่างการทดสอบหมอนคอนกรีตแสดงในรูปที่ 5-105 ถึง รูปที่ 5-108) คือ

- 1) การทดสอบเพื่อยืนยันการออกแบบ (Design Approval Tests) เช่น
 - 1.1) การรับแรงในแนวตั้งที่พื้นที่รองรับราง (Rail Seat Vertical Load Tests) ทั้งโมเมนต์ลบและโมเมนต์บวก

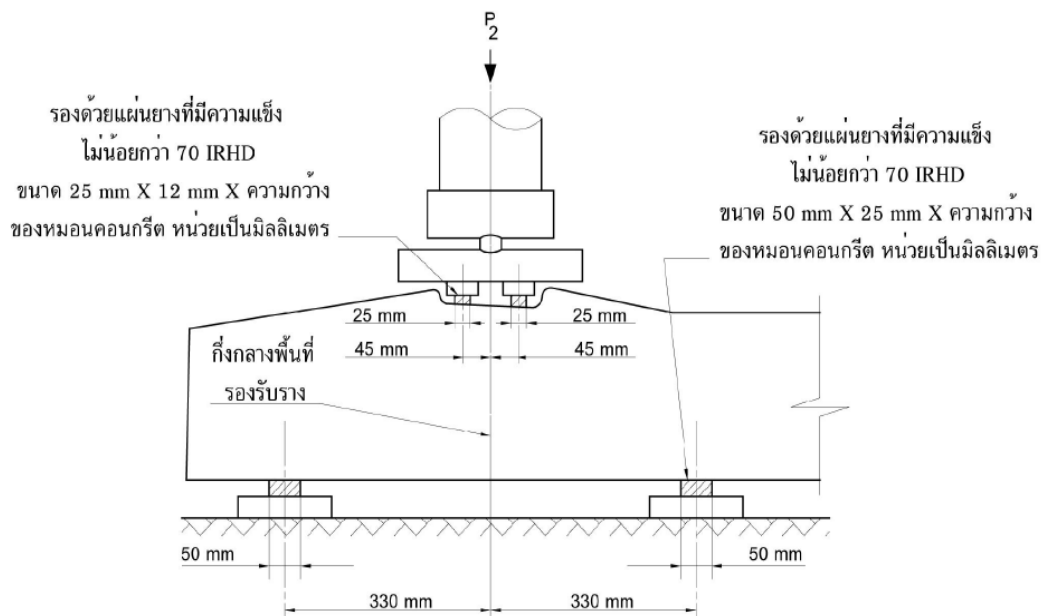
- 1.2) การรับแรงกระทำซ้ำที่พื้นที่รองรับราง (Rail Seat Repeated Load Test)
- 1.3) โมเมนต์ที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต (Center Bending Moment Tests) ทั้ง
โมเมนต์ลบและโมเมนต์บวก
- 1.4) แรงยึดเหนี่ยวของลวดอัดแรงและการรับแรงสูงสุด (Bone Development
and Ultimate Load Test)
- 2) การทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพการผลิต (Routine Tests) เช่น
 - 2.1) มิติ (Dimensional Checks)
 - 2.2) การรับแรงในแนวตั้งที่พื้นที่รองรับราง (Rail Seat Vertical Load Tests)
 - 2.3) แรงยึดเหนี่ยวของลวดอัดแรงและการรับแรงสูงสุด (Bone Development
and Ultimate Load Test)



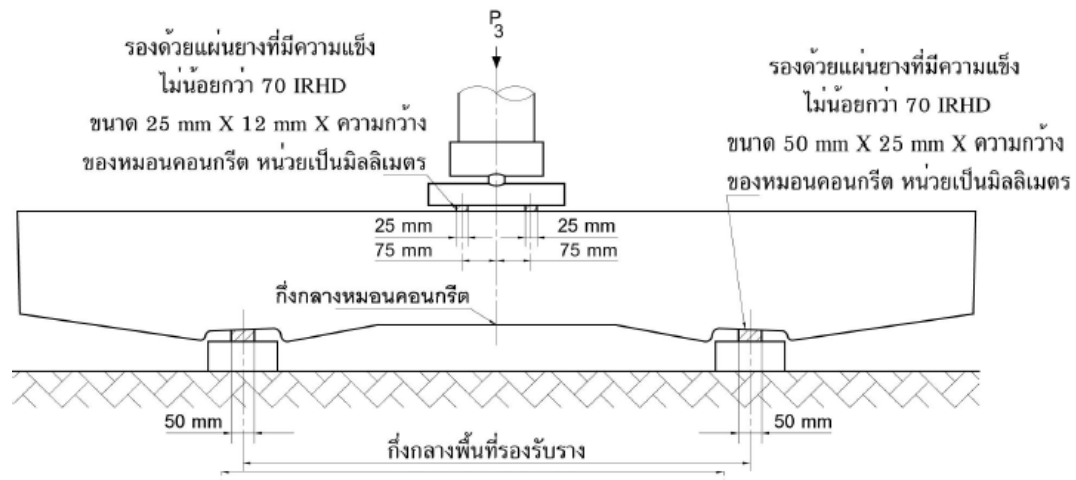
รูปที่ 5-105 ภาพรวมเกี่ยวกับหมอนรองรับราง



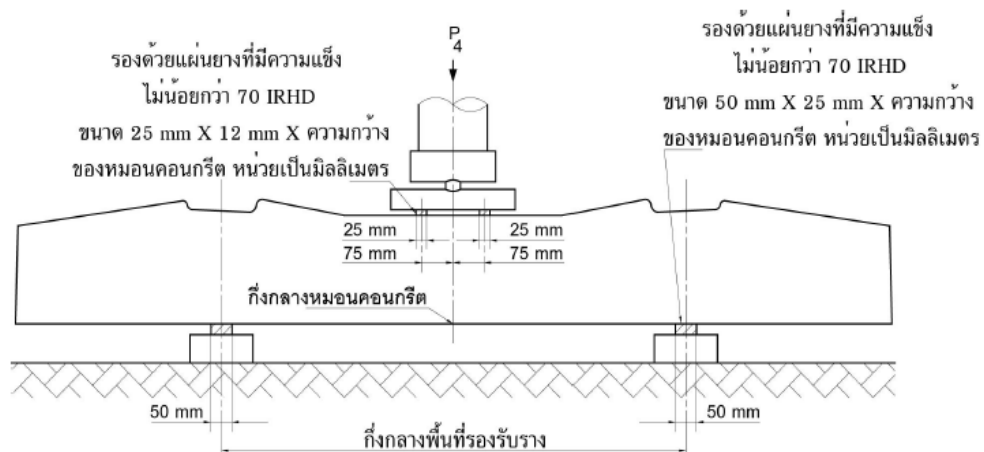
รูปที่ 5-106 ตัวอย่างการทดสอบหมอนคอนกรีต: การรับแรงในแนวตั้งโมเมนต์ลบที่พื้นที่รองรับราง (มอก. 2528 เล่ม1-2553)



รูปที่ 5-107 ตัวอย่างการทดสอบหมอนคอนกรีต: การรับแรงในแนวตั้งโมเมนต์บวกที่พื้นที่รองรับราง (มอก. 2528 เล่ม1-2553)



รูปที่ 5-108 ตัวอย่างการทดสอบหมอนคอนกรีต: การรับแรงโมเมนต์ลบที่กึ่งกลางหมอน (มอก. 2528 เล่ม1-2553)



รูปที่ 5-109 ตัวอย่างการทดสอบหมอนคอนกรีต: การรับแรงโมเมนต์บวกที่กึ่งกลางหมอน (มอก. 2528 เล่ม1-2553)

ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบหมอนรองรางของแต่ละประเทศ

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

มาตรฐาน EN ของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC ที่เกี่ยวกับหมอนรองรางคอนกรีต สำหรับระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (Ballastless Track Systems) ประกอบด้วยชุดมาตรฐาน EN 16432

(EN 16432-1 ถึง EN 16432-3) สำหรับระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (Ballasted Track Systems) ประกอบด้วยชุดมาตรฐาน EN 13230 (EN 13230-1 ถึง EN 13230-6) แต่ละมาตรฐานมีรายละเอียดคร่าว ๆ ดังนี้

มาตรฐาน EN 16432-1 (prEN 16432-1:2012) "Railway applications – Ballastless track systems – Part 1: General requirements" ซึ่งมีเนื้อหาหลัก ๆ ประกอบด้วย

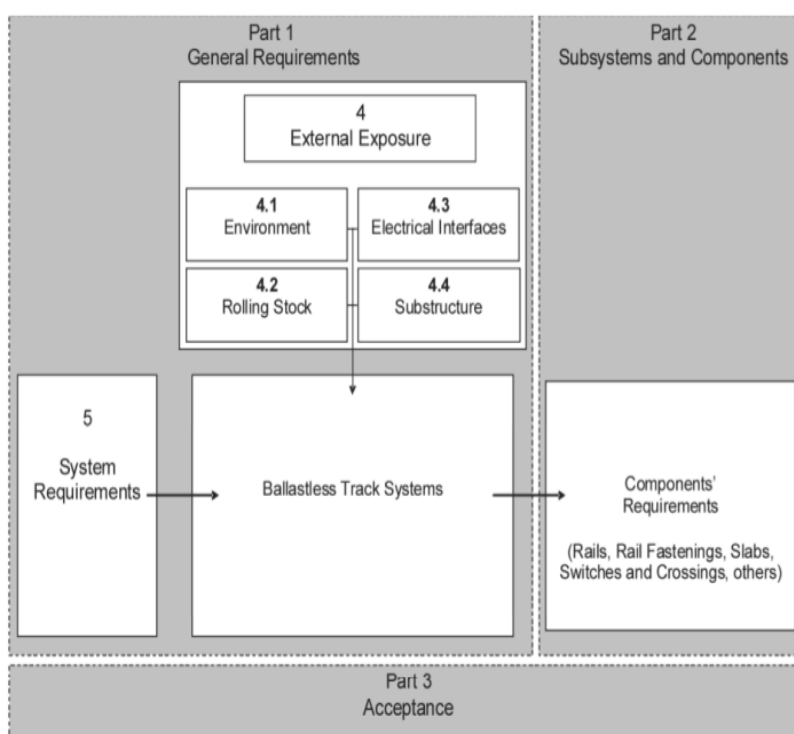
- 1) Scope
- 2) Normative references
- 3) Terms and definitions
- 4) Exposure to external influences
 - 4.1) Environment
 - 4.2) Rolling stock
 - 4.3) Electrical interfaces
 - 4.4) Substructure
- 5) System requirements
 - 5.1) Rail stress
 - 5.2) Track stiffness
 - 5.3) Track stability
 - 5.4) Geometrical requirements
 - 5.5) Fixation of equipment
 - 5.6) Design life
 - 5.7) Noise and vibration requirements
 - 5.8) Sustainability
 - 5.9) Maintainability

มาตรฐาน EN 16432-2 (prEN 16432-2:2015) "Railway applications – Ballastless track systems – Part 2: Subsystems and components" ซึ่งมีเนื้อหาหลัก ๆ ประกอบด้วย

- 1) Scope
- 2) Normative references
- 3) Terms and definitions
- 4) Symbols and abbreviations
- 5) General
- 6) System design

- 7) Rails
- 8) Rail fastening systems
- 9) Prefabricated elements (concrete sleepers, bearers and blocks are included)
- 10) Pavements
- 11) Intermediate layers

มาตรฐาน EN 16432-3 (prEN 16432-3:2015) " *Railway applications – Ballastless track systems - Part 3: Acceptance*" โดยส่วนที่ 3 นี้มีความสัมพันธ์กับส่วนที่ 1 และ 2 ดังแสดงในรูปที่ 5-109



รูปที่ 5-110 ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐาน EN 16432-1 EN 16432-2 และ EN 16432-3 (prEN 16432-1:2012)

มาตรฐาน EN 13230-1 (EN 13230-1:2016) "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 1: General requirements" ซึ่งมีเนื้อหาหลัก ๆ ประกอบด้วย

- 1) Scope
- 2) Normative references
- 3) Terms and definitions
- 4) Common characteristics

- 4.1) General
- 4.2) Loading
- 4.3) Design bending moments
- 4.4) Data to be supplied

5) Materials

- 5.1) General requirements
- 5.2) Cement
- 5.3) Aggregates
- 5.4) Mixing water
- 5.5) Admixtures
- 5.6) Concrete
- 5.7) Steel
- 5.8) Embedded components

6) General requirements

- 6.1) Design
- 6.2) Manufacturing process
- 6.3) Surface finish
- 6.4) Marking

7) Product testing

8) Quality control

Annex A Test method to determine the Taber Wear index for a fine aggregate

Annex C Test method for measuring the water absorption of concrete at atmospheric pressure

Annex E Bending moment calculation

Annex F Surface finish

Annex G Quality control during manufacturing –Routine tests and frequency of testing

มาตรฐาน EN 13230-2 (EN 13230-2:2016) "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 2: Prestressed monoblock sleepers" ซึ่งมีเนื้อหาหลัก ๆ ประกอบด้วย

- 1) Scope
- 2) Normative references
- 3) Terms, definitions and symbols

- 4) Product testing
 - 4.1) General
 - 4.2) Test arrangements
 - 4.3) Test procedures
 - 4.4) Acceptance criteria
 - 4.5) Design approval tests
 - 4.6) Routine tests
- 5) Manufacturing rules
- 6) Annex A Detailed drawings of the test arrangements

มาตรฐาน EN 13230-3 (EN 13230-3:2016) "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 3: Twin-block reinforced sleeper" ซึ่งมีเนื้อหาหลัก ๆ ประกอบด้วย

- 1) Scope
- 2) Normative references
- 3) Terms and definitions
- 4) Product testing
- 5) Steel connecting bar
- 6) Design criteria for incorporating the steel connecting bar
- 7) Manufacturing

Annex A Details of the test arrangement components

Annex B Steel connecting bar defects

มาตรฐาน EN 13230-4 (EN 13230-4:2016) "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 4: Prestressed bearers for switches and crossings" ซึ่งมีเนื้อหาหลัก ๆ ประกอบด้วย

- 1) Scope
- 2) Normative references
- 3) Terms, definitions and symbols
- 4) Special requirement
- 5) Product testing
- 6) Manufacturing
- 7) Data to be supplied

Annex A Detailed drawings of the test arrangements

มาตรฐาน EN 13230-5 (EN 13230-5:2016) "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 5: Special elements" ซึ่งมีเนื้อหาหลัก ๆ ประกอบด้วย

- 1) Scope
- 2) Normative references
- 3) Terms and definitions
- 4) Requirements
- 5) Product testing
- 6) Manufacturing
- 7) Data to be supplied

Annex A Definition of special elements –Basic examples

มาตรฐาน EN 13230-6 (prEn 13230-6:2015) "Railway applications - Track - C - Part 6: Design" ซึ่งมีเนื้อหาหลัก ๆ ประกอบด้วย

- 1) Scope
- 2) Normative references
- 3) Terms and definitions
- 4) General requirements
- 5) Design parameters
- 6) Design calculation

Annex A Design methods and factors for sleepers

Annex B Design methods and factors for turnout bearers

มาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย

มาตรฐาน AS ของประเทศออสเตรเลียที่เกี่ยวกับหมอนรองรางคอนกรีต คือ มาตรฐาน AS 1085.14 "Railway track material – Part 14: Prestressed concrete sleepers" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชุดมาตรฐาน AS 1085 ที่เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับวัสดุทางรถไฟ อันประกอบด้วย 21 ส่วนดังนี้

- 1) Part 1 :Steel rails
- 2) Part 2 :Fishplates
- 3) Part 3,9,16 :Sleeper plates
- 4) Part 4,5,6 :Fishbolts and nuts
- 5) Part 7 :Spring washers
- 6) Part 8 :Dogspikes
- 7) Part 10 :Rail anchors

- 8) Part 11: Head-hardened rails
- 9) Part 12 :Insulated joint assemblies
- 10) Part 13 :Spring fastening spikes for sleeper plates
- 11) Part 14 :Prestressed concrete sleepers
- 12) Part 15 :Aluminothemic rail welding
- 13) Part 17 :Steel Sleepers
- 14) Part 18 :Screw spikes and threaded inserts
- 15) Part 19 :Resilient fastening systems
- 16) Part 20 :Welding of steel rail
- 17) Part 21 :Points and crossing structures

มาตรฐาน AS 1085.14 มีเนื้อหาหลัก ๆ ประกอบด้วย

- 1) Scope and general
 - 2) Materials
 - 3) Manufacture of sleepers
 - 4) Design of sleepers
 - 5) Rail fastening systems
 - 6) Testing
- Annex A Special sleepers and fastenings
- Annex C Means for demonstrating compliance with this standard
- Annex G Fastening insert pull-out test
- Annex H Fastening insert torque test
- Annex I Rail seat vertical load test
- Annex J Rail seat repeated load test
- Annex K Development length and ultimate load test
- Annex L Center negative bending moment test
- Annex M Center positive bending moment test
- Annex N Electrical short test

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

ประเทศสหรัฐอเมริกามีกฎหมายและมาตรฐานสำหรับระบบราง กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับระบบราง คือ Code of Federal Regulations (CFR) ประกอบด้วย 50 หมวดครอบคลุมกฎหมายในเรื่องต่าง ๆ โดยหมวดที่เกี่ยวข้องกับระบบราง คือ CFR - Title 49: Transportation - Part 213: Track Safety Standards

ประกอบด้วย 7 ส่วนย่อย (Subparts A-F) โดยส่วนย่อยที่เกี่ยวข้องกับหมอนรองรางอยู่ใน Subpart D คือ “CFR - Title 49: Transportation - Part 213: Track Safety Standards - Subpart D: TRACK STRUCTURE: 213.109-Crossties”

ส่วนมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบรางองค์กร AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association) ได้จัดทำคู่มือ Manual for Railway Engineering ประกอบด้วย 4 เล่ม คือ

Volume 1 – Track

Volume 2 – Structures

Volume 3 – Infrastructure and Passenger

Volume 4 – Systems Management

โดยเล่มที่เกี่ยวกับทางรถไฟ คือ เล่ม 1 (Volume 1 – Track) โดยบทที่เกี่ยวข้องกับหมอนรองราง คือ บทที่ 30 (Chapter 30 – Ties) ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- 1) Part 1 :General Considerations
- 2) Part 2 :Evaluative Tests for Tie Systems
- 3) Part 3 :Solid Sawn Timber Ties
- 4) Part 4 :Concrete Ties
- 5) Part 5 :Engineered Composite Ties

โดยส่วนที่เกี่ยวข้องกับหมอนคอนกรีต คือ ส่วนที่ 4 สำหรับ “AREMA Manual for Railway Engineering: Volume 1: Track: Chapter 30: Ties - Part 4: Concrete Ties” ประกอบด้วยเนื้อหาหลัก ๆ คือ

- 1) General Considerations
- 2) Materials
- 3) Tie Dimensions, Configuration and Weight
- 4) Flexural Strength of Prestressed Monoblock Ties
- 5) Flexural Strength of Two-Block Ties
- 6) Longitudinal Rail Restraint
- 7) Lateral Rail Restraint
- 8) Electrical Properties
- 9) Testing of Monoblock Ties
- 10) Testing of Two-Block Ties
- 11) Recommended Practices for Shipping, Handling, Application and Use
- 12) Ballast
- 13) Ties for Turnouts

- 14) Ties for Grade Crossing Panels
- 15) Cast-In and Post-Installed Inserts for Concrete Ties
- 16) Concrete Tie Repair

มาตรฐานที่ใช้ในงานในโครงการระบบรางของไทย

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับหมอนคอนกรีตของไทย คือ “มอก. 2528 เล่ม 1 –2553: บทนิยามเกี่ยวกับหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ” “มอก. 2528 เล่ม 2 –2553: วิธีชักตัวอย่างหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ” และ “มอก. 2528 เล่ม 3 –2553: การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ” ซึ่งก็ใช้มาตรฐาน AS 1085.14: 2003 เป็นแนวทาง ส่วนมาตรฐานในส่วนอื่น ๆ ยังไม่มี ในปัจจุบันโครงการต่าง ๆ ได้มีการนำมาตรฐานของต่างประเทศมาเป็นแนวทางในการเสนอขออนุมัติจากหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐาน EN UIC AS AREMA เป็นต้น

มาตรฐานอื่น ๆ

นอกจากนั้นก็มีประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีกฎหมายเกี่ยวกับระบบรางซึ่งเป็นมาตรฐานด้วย คือ “Ministerial Ordinance No.151:2001 - The Technical Regulatory Standard on Japanese Railways” และประเทศสาธารณรัฐเกาหลีซึ่งมีกฎหมายเกี่ยวกับระบบราง 2 ฉบับ คือ “Railroad Construction Rule” และ “Regulation on Railroad Construction Standards” และมีมาตรฐานเกี่ยวกับหมอนคอนกรีต คือ “KR-C 14030: Ballasted track structure” “KR-C 14040: Concrete track structure” และ “KR-C 14060: Design of track components”

สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบหมอนรองราง

จากการทบทวนมาตรฐานของหมอนรองราง พบว่า ทุกมาตรฐานจะกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำของหมอนรองราง ในการใช้งานจริงต้องมีการทดสอบเพื่อให้เชื่อได้ว่าหมอนรองรางจะสามารถใช้งานอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ โดยภาพรวมของการศึกษาทบทวนมาตรฐานต่างๆ สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 5-35 สำหรับหมอนรองรางชนิดหินโรยทาง ซึ่งเปรียบเทียบมาตรฐานในประเด็นใหญ่ๆ ประกอบด้วย

- 1) Standards
 - 2.1) Engineering Principle/ Requirements
 - 2.2) Important Terms and Definitions
 - 3.1) Loads: General
 - 3.2) Loads: Load Distribution
 - 3.3) Loads: Vertical Loads
 - 3.4) Loads: Vertical Load Distribution
 - 3.5) Loads: Vertical Load Impact Factors

- 3.6) Loads: Vertical Load - Ballast Pressure
- 4.1) Tests: General
- 4.2) Tests: Bending
- 4.3) Tests: Bending – Railseat Positive
- 4.4) Tests: Bending – Railseat Negative
- 4.5) Tests: Bending – Center Negative & Positive
- 4.6) Tests: Bending – Flexural Fatigue (Rail Seat Repeated-Load Test)
- 5.1) Manufacturing Process: General Requirements
- 5.2) Manufacturing Process: Curing
- 6.1) Materials: General
- 6.2) Materials: Concrete
- 7.1) Design: General
- 7.2) Design: Geometrical Design
- 7.3) Design: Concrete Cover
- 7.4) Design: Prestressing System Design

และในตารางที่ 5-36 สำหรับหมอนรองรางชนิดไม่มีหินโรยทาง อย่างไรก็ตามสำหรับประเทศไทยยังต้องการการพัฒนามาตรฐานต่างๆ ที่จะเป็นแนวทางเดียวกันในการใช้งาน โดยเฉพาะมาตรฐานในการออกแบบ ยังไม่มี ส่วนการทดสอบมี มอก. 2528 เล่ม 1 ถึง 3-2553 ที่ใช้ AS 1085.14 เป็นแนวทาง โดยที่มาตรฐานที่ต้องการควรประกอบด้วยหัวข้อใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1) ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับหมอนรองราง

- 1.1) น้ำหนักบรรทุก ตามมาตรฐาน EN 13230-1: 2016 ซึ่งอธิบายได้ครอบคลุม และก็สอดคล้องกับมาตรฐานอื่นๆ
- 1.2) การกระจายน้ำหนักบรรทุก ตามมาตรฐาน EN 13230-1: 2016 และ prEN 16432-2: 2015 ซึ่งอธิบายได้ชัดเจน และครอบคลุมมาตรฐานอื่นๆ
- 1.3) วัสดุสำหรับคอนกรีต ตามมาตรฐาน EN 13230-1: 2016 ซึ่งกำหนดความต้านแรงอัดสูงสุดขั้นต่ำที่ครอบคลุมมาตรฐานอื่นๆ ส่วนเหล็กอัดแรงและเหล็กเสริม ควรให้เป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรือตามข้อตกลงตามสัญญา
- 1.4) การออกแบบ โดยเฉพาะการคำนวณโมเมนต์ดัดออกแบบและการคำนวณน้ำหนักออกแบบ สำหรับการคำนวณโมเมนต์ดัดออกแบบ ตามมาตรฐาน EN 13230-6: 2014 ซึ่งให้หลักการที่ครอบคลุมมาตรฐานอื่นๆ สำหรับการคำนวณน้ำหนักออกแบบซึ่งต้องทราบในการวิเคราะห์ทางทฤษฎีเพื่อนำไปคำนวณหาโมเมนต์ดัดออกแบบนั้น ตามมาตรฐาน AS 1085.14: 2003 เพราะใช้หลักการเดียวกันกับ มาตรฐาน EN 13230-6: 2014 และให้สมการในการคำนวณที่ขึ้นกับตัวแปรที่ทราบค่าได้โดยทั่วไป เช่น ความเร็ว ระยะเรียงหมอน

น้ำหนักลงเพลา เป็นต้น รวมทั้งสอดคล้องกับการคำนวณน้ำหนักบรรทุกทดสอบที่กำหนดใน มอก. 2528 เล่ม 3-2553 ที่มีการประกาศใช้แล้ว

สำหรับการออกแบบรูปร่างและระยะคอนกรีตหุ้มเหล็ก หมอนคอนกรีตอัดแรงตามเอกสารของ รฟท. หมอนคอนกรีตอื่นๆ ตามมาตรฐาน prEN 16432-2: 2015 เพราะให้พิกัดความคลาดเคลื่อนสูงสุดของหมอนคอนกรีตที่ชัดเจนกว่ามาตรฐานอื่นๆ และของหมอนคอนกรีตอัดแรงก็สอดคล้องกับเอกสารของ รฟท.

สำหรับความเค้นแบกทาน การคำนวณความเค้นแบกทานที่เกิดขึ้นตามมาตรฐาน AS 1085.14: 2003 เพราะใช้หลักการเดียวกันกับ มาตรฐาน EN 13230-6: 2014 และ AREMA และให้สมการในการคำนวณที่ขึ้นกับตัวแปรที่ทราบค่าได้โดยทั่วไป เช่น ระยะห่างระหว่างราง ความหมอน เป็นต้น รวมทั้งสอดคล้องกับการคำนวณน้ำหนักบรรทุกทดสอบที่กำหนดใน มอก. 2528 เล่ม 3-2553 ที่มีการประกาศใช้แล้ว ส่วนค่าความเค้นแบกทานที่ยอมให้ตาม AREMA เนื่องจากแนะนำค่าไว้อย่างชัดเจนและใช้โดยทั่วไปในการออกแบบในประเทศไทย/สำหรับความเค้นคอนกรีตที่ยอมให้ในคอนกรีตอัดแรง ตามมาตรฐาน AS 1085.14: 2003 เพราะใช้หลักการเดียวกันกับ มาตรฐาน EN 13230-6: 2014 และ AREMA และให้สมการในการคำนวณที่ขึ้นกับความต้านแรงอัดสูงสุด รวมทั้งสอดคล้องกับการทดสอบที่กำหนดใน มอก. 2528 เล่ม 3-2553 ที่มีการประกาศใช้แล้ว

- 1.5) การผลิต ตามมาตรฐาน EN 13230-1: 2016 และ prEN 16432-2: 2015 เนื่องจากอธิบายได้ครอบคลุม และสอดคล้องกับมาตรฐานอื่นๆ
 - 1.6) การทดสอบ ตามมาตรฐาน EN 13230-1: 2016 prEN 16432-2: 2015 และ AS 1085.14: 2003 ที่อยู่บนหลักการเดียวกัน อธิบายได้ครอบคลุม และสอดคล้องกับมาตรฐานอื่นๆ รวมทั้งสอดคล้องกับการทดสอบที่กำหนดใน มอก. 2528 เล่ม 3-2553 ที่มีการประกาศใช้แล้ว
 - 1.7) การควบคุมคุณภาพ ตามมาตรฐาน EN 13230-1: 2016 และ prEN 16432-2: 2015 เนื่องจากอธิบายได้ครอบคลุม และสอดคล้องกับมาตรฐานอื่นๆ
- 2) หมอนรองรับสำหรับทางรถไฟชนิดหินโรยทาง
 - 3) หมอนรองรับสำหรับทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
1. Standards	Regulation Level and Technical Standard Level Railroad Construction Rule & Regulation on Railroad Construction Standards -Used as a law or rule and technical standard.	Technical Standard Level -As the technical basis for transaction between corresponding parties. -A national standard when national annexes are incorporated.	Regulation Level CFR-213: -Administrative law published in the Federal Register by the executive departments and agencies of the federal government. CFR-Part213-Subpart D: Track Structure -Prescribes minimum requirements for ballast, crossties, track assembly fittings, and the physical conditions of rails.	Regulation Level Ministerial Ordinance No.151:2001 -To secure the safe and stable transport. -Used as a law or regulation and technical standard.	Regulation Level Rail Safety National Law National Regulations:2012 -A national law and regulation. -Regulates on accreditation, registration of managers of private sidings, safety management, workers, exemptions, and infringement penalty.	Regulation Level and Technical Standard Level Standards for Construction of Railway Engineering - 35 standards - The provisions printed in bold type are compulsory ones and must be enforced strictly.	Regulation Level รายการมาตรฐานสำหรับ การผลิตหมอนคอนกรีต อัดแรง สำหรับทางรถไฟ : ขนาด 1 เมตร พุทธศักราช 2546 -มีรายละเอียด มิติและ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน, วัสดุและส่วนประกอบ, การทำคอนกรีต, การทำ เครื่องหมายและฉลาก หมอน, การชักตัวอย่าง และการทดสอบ สำหรับ การทดสอบหมอน คอนกรีตประกอบเสร็จ (Assembly Test)

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	KR- C14030:2016: Ballasted track structure KR- C14060:2014: Design of Track Components	EN13230-1: Railway app. - Track – Conc. sleepers & bearers - Part1: Gen. Req. EN13230-2: Railway app. - Track – Conc. sleepers & bearers - Part2: Prestressed monoblock sleepers EN13230-3: Railway app. - Track – Conc.	-Rail pad or railseat pad or tie pad is a main component of track assembly fitting (elastic rail fastening system). Technical Standard Level AREMA:2010: -Contains principles, data, specifications, plans and economics pertaining to the engineering, design and construction of the fixed plant of railways (except signals and communications), and allied services and facilities. -Not a maintenance manual.	-The Ministerial Ordinance contains the Approved Model Specifications (the Implementation Standards must conform to) and the Public Notice (stipulating dangerous items).	-regulatory oversighted by the Office of the National Rail Safety Regulator (ONRSR) Technical Standard Level -As the technical basis. -developed by Standards Australia and/or Rail Industry Safety and Standards Board (RISSB) AS1085.14:2012:	TB10082-2005: Code for Design of Railway Track - 13 chapters: Gen. Provisions, Terms & Symbols, Basic Requirements, Track Types, Rails & Fittings, Sleepers & Rail Fastenings , Ballast Track, Unballasted Bed, Turnouts, Rail Expansion Device, Jointless Track, Jointed Track, Track Auxiliary	ได้กำหนดเป็นบท รายละเอียดเฉพาะงาน แนบท้าย Technical Standard Level Tech. Spec. Supply of Mono. Prestressed Conc. Sleepers & Rail Fastenings for Conc. Sleepers B.E.2538 -มีรายละเอียด การ ทดสอบคุณสมบัติวัสดุ, การผลิต, เครื่องยึดเหนี่ยว และคุณสมบัติ, วิธีการ ขนส่ง Tech. Spec. for Monolithic Prestressed

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		sleepers & bearers - Part 3: Twin-block rein. sleepers EN13230-4: Railway app. - Track – Conc. sleepers & bearers - Part4: Prestressed bearers for switches and crossings EN13230-5: Railway app. - Track – Conc. sleepers &			-Sets out requirements for the design, manufacture, testing and installation of prestressed concrete sleepers and their fastening components for use in main line railway systems as well as requirements for electrical performance of rail fastener and sleeper combinations. -Covers special sleepers such as turnout bearers,	Equipment and Stock Mat. - 8 Appendixes: Used Rail, Gauge Apron, CA Sand Mortar, Rail Temp., Stability of Jointless Track, Track Strength, Rail Gap, Expansion Force and Flexural Force for Jointless Track on Bridge. - to unify tech. standards for the design of railway track, and make the design to	Conc. Sleepers B.E.2525 (1982AD) -มีรายละเอียด การทดสอบคุณสมบัติวัสดุ, การผลิต, การทดสอบ, การทดสอบก่อนการผลิต, วิธีการขนส่ง, รายละเอียดเครื่องยึดเหนี่ยวและคุณสมบัติ และการทดสอบหมอนคอนกรีตประกอบเสร็จ Testing of Assembled Concrete Sleeper -มีรายละเอียด รายการทดสอบหมอนคอนกรีตประกอบเสร็จ ซึ่งจะทดสอบคุณภาพของเครื่อง

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		bearers - Part5: Special elem. EN13230-6: Railway app. - Track – Conc. sleepers & bearers - Part6: Design			sleepers with additional rails and dual gauge sleepers and their fastenings for use in special sleepered track.	content with the requirements of safety and usability, economy and rationality and advanced technology	ยึดเหนี่ยวที่ประกอบติดตั้ง กับหมอนคอนกรีต Arema Chapter 30 -มีรายละเอียด การ ออกแบบหมอน, วัสดุและ ส่วนประกอบ, การทำ คอนกรีต, การทดสอบ หมอนและหมอนประกอบ เสร็จ
2.1 Eng. Principle/ Requirem.	KR- C14060:2014: - Sleeper's requirem.: 1) The rail must be rigidly fastened, and sufficient	EN13230-1:2016- Sec.1: Scope -The main requirem. of conc. sleepers & bearers is the transmission of vertical, lateral	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1- Sec.1.1: Introduction & AREMA- Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.1.1: Introduction - In supporting and guiding railway vehicles, the track structure must restrain repeated lateral, vertical, and longitudinal forces. As	-Weight of rail, no. of sleepers for every 25m, and thickness of ballast bed are dependent on: 1) Max. design speed (4	AS1085.14:2012: -The performance of sleepers in track depends on the condition of the rail and the joints provided, and upon the rail fastening	TB10082-2005: Code for Design of Railway Track: Gen. Provisions - Track structure should adopt jointless track.	-จะต้องใช้งานได้อย่าง ปลอดภัยและเป็นไปตามที่ ออกแบบ

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	strength to support the train load. 2) The impact of trains transmitted from rails is dependent on degree of elasticity, impact resistance, buffering property, durability, etc. It should be able to buffer	and longitudinal loads from the rails to the ballast or other support and the capability to resist repetitive loading and provide suff. durability. EN13230-1:2016- Sec.4.1:Gen. -The track is an assem. of transverse sleepers or bearers secured to the rails by	elements of the track structure, individual cross ties receive loads from the rails or fastenings and in turn, transmit loads to the ballast and subgrade. Consequently, the design of a tie affects and is affected by characteristics of other components of the track structure. AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1- Sec.1.3: Vertical Loads & AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.1.2: Vertical Loads - The engineer must ensure that the design of track does not result in over-stress of ballast or subgrade.	levels: ≤ 70, 70-90, 90-110, >110km/h) Note: for ordinary railways, max. is 130km/h. 2) Design passing tonnage (4 levels: ≤ 5, 5-10, 10-20, >20 mill.t/y). -Gauge of ordinary railways shall be 0.762m, 1.067m, 1.372m or 1.435m (Shinkansen	system (which comprises elastic fastenings, rail pads and insulators). -The sleeper bending moment capacities shall not be exceeded under any combination of tolerance on cross-section and tendon centroid location.	- The selection of track components shall be of advantage to subgrade-stress lowering and meet the need of standardization, serialization, and generalization. - The design of railway track shall pay attention to environment protection and energy saving. - The design of railway track shall	

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	the impact loads. 3) It is necessary to be able to increase the resistance force in horizontal direction. 4) Suffic ient buckling resistance should be given to the track. That is, the longitudinal direction of the	means of a fastening system and supported by ballast or other support. EN13230-1:2016- Sec.4.2.1:Loads -Under all loading conditions, the track has to retain its geometry including gauge, top level and alignment.	CFR-213.3 -Applies to all standard gage tracks in the general railroad system of transportation. CFR-213.109: -Each 39-ft (11.7m) segment of track shall have a sufficient number of crossties. -Conc. crossties shall not be 1) Broken through or deteriorated to the extent that prestressing material is visible. 2) Deteriorated that the fastener assembly can move laterally > 0.375" (0.95mm) relative to the crosstie.	railways: 1.435m). -A safety check against plastic deformation shall be carried out comparing the lateral force on sleeper generated by the very high load with the resistance to lateral displacement of the sleepers in the ballast bed.		consider the need of detection, maintenance, repair and emergency repair and install necessary facilities and equipment.	

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	track and the direction perpendicular to the track. The movement resistance with respect to the direction must be large. 5) It is easy to handle and must be one year long. 6) Mater ials should be easy to		3) Deteriorated such that the base of rail either can move laterally $> 0.375"$ relative to the crosstie on curves of $\geq 2^\circ$; or more than $0.5"$ (1.27mm) on tangent track or curves of $< 2^\circ$. 4) <u>Deteriorated</u> at any point under the rail seat to a depth of <u>$\geq 0.5"$</u>.				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	purchase and economical. 7) It can reduce the costs of waste disposal and be environmentall y friendly. 8) The required electrical insulation between both rails shall be ensured.						
2.2 Important Terms	-Gauge: the shortest distance	EN13230-1:2016:	CFR-213.1	- Approved Model Spec. substantiates and	AS1085.14:2012:	-	-ขนาดทาง (Track Gauge) หมายถึง ระยะห่างภายในของขอบ

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
and Definition s	between the inner sides of both rails, and is based on 14mm below the top of rail. - General railway : a train travels at a speed ≤ 200km/h. - Long rail : rail is continuously welded to form a length ≥ 200m. - Long rail length : the	- Sleeper : transv. compo. of the track which controls the gauge and transmits loads from the rail to the ballast or other sleeper support. - Bearer : transv. compo. of switches & crossings which controls the relative geometry of two or more stretches of	-Subparts A through F apply to track Classes 1 [Freight: 10(16); Passenger: 15(24) mph(km/h)] through 5 [F: 80(129); P: 90(145)]. CFR-213.53 - Gage is measured between the heads of the rails at right-angle to the rails in a plane 5/8 inch below the top of the rail head.	quantifies the details of the Minis. Ordin. and is a guideline the Imp. Std. must conform to. -Implementation Standards: 1) A railway operator shall set a std. to imp. this Minis. Ordin. & abide by the std. 2) Railway business operators shall formulate	- Gauge point : the point on the side of the rail head 16 mm (แต่ มอก. ใช้ 14 mm) beneath the top surface of the rail at which track gauge is measured.		รางที่ระยะต่ำกว่าระดับสัน ราง 14 มิลลิเมตร (มอก.)

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	length of a rail is $\geq 25\text{m}$.	running rails and different pieces of special track work.		detailed Imp. Std. in carrying out design, maintenance & operation of facilities and rolling stock.			
3.1 Loads: <u>General</u>	KR- C14030:2016: -The force acting on the track is divided into: vertical, lateral, and longitudinal load. -The <u>longitudinal</u>	EN13230-1:2016- Sec.4.2.1: Loads - The track is subjected to repeated loads in 3 different directions, generally applied simul.:	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1- Sec.1.1.2: Load Environment - Wheel-to-rail loads are dependent on speed, passenger load, degrees of curve. - Table 30-1-1 defines the load environment expected to be encountered in North American Freight, High Speed	-Vertical loads -Lateral loads -Longitudinal loads	AS1085.14:2012: Design Forces -Vertical loads -Lateral loads -Longitudinal loads	-Vertical loads -Lateral loads -Longitudinal loads	-Vertical loads -Lateral loads -Longitudinal loads

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	load used for examining the buckling stability of the track is only the temperature load. In the case of reviewing the rail, the braking load and the starting load shall be considered.	Vert. loads from axle load & service condit.; Transverse loads from guiding forces; Longitud. loads from acc. and braking, thermal stresses in cont. welded rail, etc. - The characteristic load is calculated by applying a dynamic coefficient to the	Passenger and Transit Railroad segments of the industry. Specifically, Table 30-1-1 presents the available data in terms of vertical, horizontal and longitudinal loads that can be expected at the wheel/rail interface. - Speed categories: Normal speed: : <40; 40 to 60; >60 High speed: <90; >90 - Passenger load : Mainline Freight; Light Density Freight (< 5 million gross tons and excludes A/C Traction), High Speed Passenger.				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		static wheel load. - The dynamic coefficient takes into account the normal dynamic effects of wheel and track irregularities.	-Degree of curve categories: <2; 2 to 5; >5				
3.2 Loads: Load Distribut.	(Not detailed)	EN13230-1:2016- Sec.4.2.2: Load distribution - The assem. rail, fasten. system and conc. sleepers & bearers on ballast or other	CFR-213.103 -Ballast material shall transmit and distribute the load of the track and railroad rolling equipment to the subgrade; shall restrain the track laterally, longitudinally, and vertically under dynamic loads imposed by railroad rolling equipment and	-	AS1085.14:2012: -based on a uniform ballast support beneath each rail seat.	-	-

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		support shall be considered as a beam on a continuous resilient support. - The rail seat load applied on the conc. elem. is only a proportional of the wheel load (depend. on the moment of inertia of rail, the sleeper spacing, and the elasticity of the whole	thermal stress exerted by the rails; shall provide adequate drainage for the track, and shall maintain proper track crosslevel, surface, and alinement.				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		assembly on its supp.).					
3.3 Loads: Vertical Loads	-	-	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1- Sec.1.3: Vertical Loads - The vertical loads are dependent on, within limits, tie spacing, cross tie dimensions, ballast depth, and subgrade modulus. Tie spacing AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1- Sec.1.3: Vertical Loads - Tie spacing affects the flexural stress in the ties themselves.	-	AS1085.14:2012: Design Forces -Vertical wheel load: 1) Quasistatic load: the sum of the static load and the effect of the static load at speed; 1.4-1.6 times the static wheel load prior to the inclusion of unbalanced superelevation effects. 2) Dynamic load: the load due to high	-	- ตาม AREMA

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			- Changes in tie spacing also will have a significant influence on unit stress and track modulus as well as a corresponding impact on track surfacing cycles. - These recommended practices cover cross ties intended for track designs using center-to-center spacings of cross ties of between 18- 30 inches. However, center-to-center spacings outside of these limits will require additional analysis. AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.1.2: Vertical Loads - These specifications cover concrete ties intended for track designs using center-to-center		frequency effect of the wheel/rail load interaction and track component response; a min allowance of 150% of static wheel load. 3) Combined quasistatic and dynamic design load: the sum of the static load, the allowance for the effects of the static load at speed and for dynamic effects; not less than 2.5 times the static wheel load.		

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			spacings of cross ties of between 20-30 inches, (510 and 760 mm). Cross Tie Dimensions AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1- Sec.1.3: Vertical Loads - Use of longer, wider or stiffer ties, which increase the tie-to-ballast bearing area, has many of the same effects as reducing tie spacing. - These recommended practices cover tie designs between 7 ft. 5 inches and 9 ft. 0 inches in length and between 8 to 13 inches in width at their bottom surface. Ties with dimensions outside of				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			these limits will require additional analysis. AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.1.2: Vertical Loads - These specifications cover tie designs between 7 ft.-9 inches and 9 ft.-0 inches (236 and 274 cm) in length and between 8-13 inches (20-33 cm) in width at their bottom surface. Because of bond transfer, pretensioned concrete ties shall be at least 8 ft.-0 inches (244 cm) long unless additional provisions are made to ensure adequate bond transfer. Ballast and Subgrade				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1- Sec.1.3: Vertical Loads - Increasing ballast depth tends to spread individual tie loads over a wider area of subgrade, thereby reducing the unit subgrade load and consequent track depression. Thus, the effect of increased ballast depth can be more significant than that of reduced tie spacing. AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.1.2: Vertical Loads - Increasing ballast depth tends to spread individual tie loads over a wider area of subgrade, thereby reducing the unit subgrade load and consequent track depression.				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			Thus the effect of increased ballast depth can be similar to that of reduced tie spacing . Stiffer subgrades do not require as low a ballast pressure as more flexible subgrades. Consequently, they are better able to tolerate wider tie spacings, smaller ties, more shallow ballast depths, or all three without failure or excessive track depression.				
3.4 Loads: Vertical Load Distribut.	-	EN13230-1:2016: -The assembled rail, fastening system and concrete sleepers and bearers on	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1- Sec.1.3: Vertical Loads & AREMA- Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.1.2: Vertical Loads - Dependent on center-to-center tie spacing and tie material.	-	AS1085.14:2012: Load Distribution -define by the distribution factor (DF) dependent on sleeper spacing and rail type with weight ≥ 47 kg/m	-	-

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		ballast or other support shall be considered as a beam on a continuous resilient support. - The rail seat load applied on the concrete element is only a proportional of the wheel load (dependent on the moment of inertia of rail, the sleeper spacing, and the elasticity of the whole	-Wheel loads applied to the rail will be distributed by the rail to several ties. - The distribution of load is mainly dependent upon the tie properties, spacing, ballast and subgrade reaction, and rail fastening system (effect of rail stiffness is small compared to other factors). - Distribution Factor (DF) : Figure 30-1-1 (Figure 30-4-1: for concrete tie only) summarizes the results of beam on elastic foundation calculations for the given values of μ in lb/in/in into an estimate of the load distribution.				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		assembly on its support).					
3.5 Loads: Vertical Load Impact Factors	-	EN13230-6: Railway app. - Track – Conc. sleepers & bearers - Part6: Design -defined by factors k_p for rail pad attenuation and k_v for effect of speed.	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1- Sec.1.3: Vertical Loads - Based on calculations including an assumed impact factor. - This factor is a percentage increase over static vertical loads intended to estimate the dynamic effect of wheel and rail irregularities. AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.1.2: Vertical Loads - An impact factor of 200% has been assumed.	-	AS1085.14:2012: Design Forces -Combined vertical design load factor (j); not less than 2.5 times the static wheel load.	-	- ตาม AREMA

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
3.6 Loads: Vertical Load - Ballast Pressure	-	-	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1- Sec.1.3: Vertical Loads & AREMA- Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.1.2: Vertical Loads - While tie-to-ballast pressure is not uniformly distributed across or along the bottom of a cross tie, however an approximate calculation can be made of average pressure at the bottom of the tie. - The average pressure at the tie bottom is equal to axle load, modified by distribution and impact factors, and divided by the bearing area of the tie.	-	AS1085.14:2012: -The ballast pressure shall not exceed 750kPa for high- quality, abrasion- resistant ballast.	TB10082-2005: Code for Design of Railway Track: 3Basic Requirements - Table3.0.14: Bearing stiffness 70 (sleeper type II) & 100 (sleeper type III) kN/mm	- ตาม AREMA

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1- Sec.1.3: Vertical Loads - It should be noted here that in Chapter 16, Part 10: Construction and Maintenance Operations the bearing area of the tie is 2/3 of the footprint of the tie. In Chapter 30, Part 4: Concrete Tie the effective bearing area of the tie is the entire footprint of the tie. And for the recommended maximum allowable ballast pressure. Chapter 16, Part 10 limits the ballast pressure to 65 psi while Chapter 30, Part 4 limits the ballast pressure to 85 psi. AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.1.2: Vertical Loads				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			$\text{Average Ballast Pressure, psi (MPa)} = \frac{(2P) \left[1 + \frac{IF}{100} \right] \left(\frac{DF}{100} \right)}{A}$ - The recommended ballast pressure should <u>not exceed 85 psi (0.586 MPa) for high-quality, abrasion resistant ballast</u>. If lower quality ballast materials are used, the ballast pressure should be reduced accordingly.				
4.1 Tests: General	-Maximum design speed: <u>350 km/h</u>. -With axle loads up to <u>22 tons</u>.	EN13230-1:2016: -Two kinds of tests: 1) <u>Design approval test</u>: a test to demonstrate	CFR-213.3 <u>-Applies to all standard gage</u> tracks in the general railroad system of transportation. AREMA:2010: --With axle loads <u>up to 39 tons</u>.	-Max. design speed (4 levels: ≤70, 70-90, 90-110, >110km/h) Note: for ordinary railways, max. is 130km/h. -Design passing tonnage (4	AS1085.14:2012: -Two kinds of tests: 1) <u>Type test (design approval test)</u>: for a new design or a new manufacturing plant or process. For sleeper, the type tests are rail seat vertical	TB10082-2005: Code for Design of Railway Track: 1Gen. Provisions - applicable to the design of railway track with <u>standard gauge</u>, with the design velocity for	คู่มือการผลิต&การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรง -สำหรับทางรถไฟ -ขนาดทาง <u>1,000 mm</u> -น้ำหนักเพลา <u>20 ตัน</u> -ความเร็วสูงสุด <u>120 km/hr</u>

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		compliance with the design. 2) Routine test: a product test as part of the manufacturing quality control process (static bending, dynamic bending, and fatigue bending tests).	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part2- Sec.2.1: Tie Performance Test Descriptions - All tests will normally be conducted at ambient temperature (70°F, +/-10°F) or (21°C, +/-5°C) AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.9: Testing of Monoblock Ties - Prior to approval of concrete tie designs, monoblock concrete ties of the design under study shall be subjected to testing for compliance with the specifications.	levels: ≤5, 5-10, 10-20, >20 mill.t/y). -Gauge of ordinary railways shall be 0.762m, 1.067m, 1.372m or 1.435m (Shinkansen railways: 1.435m).	load tests, rail seat repeated load test, bending moment tests, cast-in fastening component tests, and rail seat vertical load test followed by development length and ultimate load test. 2) Proof test (routine test): on samples selected from normal daily production. For sleeper, the proof tests are dimensional checks, rail seat vertical load test	passenger trains < 160 km/h, and that for freight trains ≤ 120 km/h	-ระยะห่างระหว่าง ศูนย์กลางหมอน 600 mm -ใช้กับ Mono Block ตามแบบมาตรฐานเลขที่ 5246-24 -ใช้กับเครื่องยึดเหนี่ยวราง เช่น Pandrol, Stedef, Vossloh, D.E. Clip, Hambo และ Fist เป็นต้น

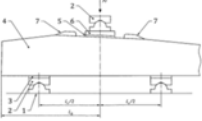
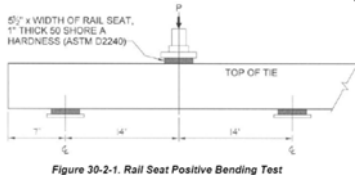
ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			- Concrete ties and rail fastening systems shall be subjected to the specified acceptance tests. - From a lot of not less than ten ties produced in accordance with the specifications, four ties will be selected at random by the engineer for laboratory testing. For design testing of fastenings, the manufacturer shall also furnish a section of tie or a concrete block with rail seat and rail fastening system identical to the concrete ties furnished for testing.		(positive moment only), development length and ultimate load test, and electrical short test. -เป็นแนวทางของ มอก. 2528 เล่ม1-3-2553		
4.2 Tests: Bending	KR- C14030:2016	EN13230-1:2016:	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.4: Flex. Strength of PC Monoblock Ties	-	AS1085.14:2012: -Test loads (P1, P2, P3, P4) shall be	-	-ตาม มอก.

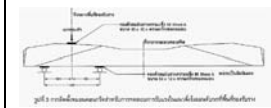
ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	-Ultimate bending moment = 2.5xDesign Moment	-Criteria of test bending moment ($1.0M_k \leq M \leq 3.0M_k$): (1) Service loads : no first crack occurs ($M = 1.0M_k$) (2) Exceptional loads : cracks shall close upon removal of loads ($M = k_1 M_k$) (3) Accidental loads or ultimate loads: element withstands the loads ($M = k_2 M_k$)	- For tie designs having a reduced bottom width at the center of the tie, the positive moment at the rail seat will increase and the negative moment at the tie center will decrease when compared with a tie with a uniform bottom width, for a given ballast pressure. - In view of this condition, the rail seat and center positive flexural requirements and the negative center flexural requirements shall be modified accordingly. Required moment calculations are to be based on the geometry of the bottom surface of the tie		calculated from the cracking moment (M^c). -เป็นแนวทางของ มอก. 2528 เล่ม1-3-2553		

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			subjected to uniform ballast pressure.				
4.3 Tests: Bending – Railseat Positive	-	EN13230-2:2016: 	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part2- Sec.2.2: Bending - Test frequency: Initial qualification and routine testing  Figure 30-2-1. Rail Seat Positive Bending Test For PC Monoblock Ties: - Loading rate: 3 – 10 kips/min - Holding time: > 3 min - For other ties, a custom-designed fixture shall be used.	-	AS1085.14:2012: -Testing Criteria: Rail seat vertical load test & center bending moment tests: no cracking . -เป็นแนวทางของ มอก. 2528 เล่ม1-3-2553	-	คู่มือการผลิตและการทดสอบ หมอนคอนกรีตอัดแรง (เกณฑ์การทดสอบหมอน คอนกรีต และการทดสอบ หมอนคอนกรีตผสมเสร็จ) 1.1 Static loading test (Rail seat: Positive moment) - หมอนคอนกรีตฯ ไม่เกิดรอยร้าวแตกหักที่ค่า test load 168 kN (แต่ มอก. ให้สูตรคำนวณ test load)

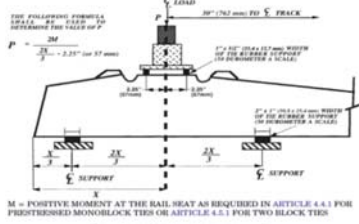
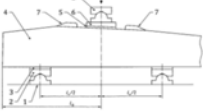
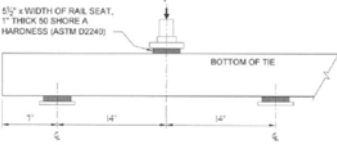
ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.4 & 4.9: Flex. Strength of PC Monoblock Ties & Testing of Monoblock Ties ??? - Test criteria: $M = BVT$ where M: Factored design positive bending moment B: Unfactored positive bending moment, from Figure 30-4-3, for a particular tie lengths (2.360, 2.440, 2.590, 2.740m) and spacing V = the speed factor obtained from Figure 30-4-4 T = the annual tonnage factor obtained from Figure 30-4-4				- ทำก่อนการทดสอบ Rail seat: Negative moment  - อัตรา <u>25 kN/min</u> จนถึง <u>168 kN</u> คงแรง <u>3</u> <u>นาที</u> ตรวจสอบด้วยแว่นขยาย ขนาด 5 เท่า แล้วคลาย แรงออก เพื่อทดสอบ <u>Rail</u> <u>seat: Negative</u> <u>moment</u> ต่อ

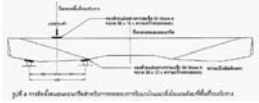
ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			- The use of tie pads has been shown to reduce positive bending moments. The M may, therefore, be reduced at the option of the engineer. - Test criteria for ties of other materials are under development. AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.9: Testing of Monoblock Ties - The tie shall be supported and loaded as shown in Figure 30-4-8 to produce the Section 4.4 required rail seat positive moment.				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			 Figure 30-4-8. Rail Seat Positive Moment Test				
4.4 Tests: Bending – Railseat Negative	-	EN13230-2:2016: 	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part2- Sec.2.2: Bending - Required for all tie materials. - Test frequency: Initial qualification testing only.  Figure 30-2-2. Rail Seat Negative Bending Test For PC Monoblock Ties: - Loading rate: 3 – 10 kips/min	-	AS1085.14:2012: -Testing Criteria: Rail seat vertical load test & center bending moment tests: no cracking. -เป็นแนวทางของ มอก. 2528 เล่ม1-3-2553	-	คู่มือการผลิตและการทดสอบ หมอนคอนกรีตอัดแรง (เกณฑ์การทดสอบหมอน คอนกรีต และการทดสอบ หมอนคอนกรีตผสมเสร็จ) 1.2 Static loading test (Rail seat: Negative moment) - หมอนคอนกรีตฯ <u>ไม่เกิด</u> <u>รอยร้าวแตกหักที่ค่า test</u> <u>load 109 kN (แต่ มอก.</u>

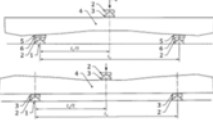
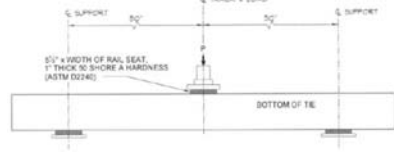
ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			- Holding time: > 3 min - For other ties, a custom-designed fixture shall be used. AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.4 & 4.9: Flex. Strength of PC Monoblock Ties & Testing of Monoblock Ties ??? - Factored design negative bending moment <u>may be calculated from the factored design positive bending moment M</u>, using the factors (dependent on tie length) found in Table 30-4-1 and interpolating if necessary. - Test criteria: M-rs = 0.72M (2.360m); 0.64M (2.440m); 0.53M (2.590m); 0.46M (2.740m)				ให้สูตรคำนวณ test load) - ทำต่อจากการทดสอบ Rail seat: Positive moment  รูปที่ 5-35 การทดสอบแรงกดของหมอนรองรางแบบคอนกรีต - พลิกกลับหมอนคอนกรีต ตัวอย่าง เพิ่มแรงอัตรา <u>25 kN/min</u> - จนถึง <u>109 kN</u> แล้วคงแรง <u>3 นาที</u> ตรวจด้วยแว่นขยายขนาด 5 เท่า แล้วคลายแรงออก เพื่อ

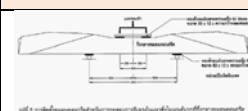
ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.9: Testing of Monoblock Ties - With the tie supported and loaded as shown in Figure 30-4-7 apply the load continuously and without shock until the load (P) required to produce the specified railseat negative moment from Section 4.4 is obtained.				ทดสอบการรับแรงใน แนวตั้งที่กึ่งกลางหมอน คอนกรีต

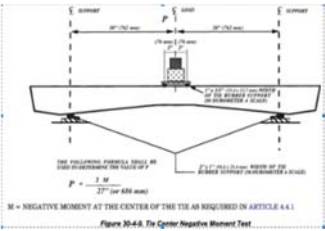
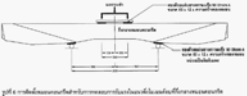
ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
4.5 Tests: Bending – Center Negative & Positive	-	EN13230-2:2016: 	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part2- Sec.2.2: Bending - Test frequency: Initial qualification and routine testing - A Center Positive Bending test based on the same test configuration will be required if there are significant differences between the properties of the top and bottom center of tie.  For PC Monoblock Ties: - Loading rate: 1 – 5 kips/min (22kN/min)	-	AS1085.14:2012: -Testing Criteria: Rail seat vertical load test & center bending moment tests: no cracking. -เป็นแนวทางของ มอก. 2528 เล่ม1-3-2553	-	คู่มือการผลิตและการทดสอบ หมอนคอนกรีตอัดแรง (เกณฑ์การทดสอบหมอน คอนกรีต และการทดสอบ หมอนคอนกรีตผสมเสร็จ) 1.3 Static loading test (Mid span: Positive moment) - หมอนคอนกรีตฯ ไม่เกิด รอยร้าวแตกหักที่ค่า test load 85 kN (แต่ มอก. ให้สูตรคำนวณ test load) - ทำต่อจากการทดสอบ Rail seat: Negative moment

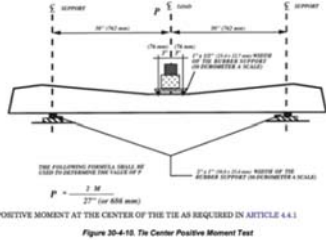
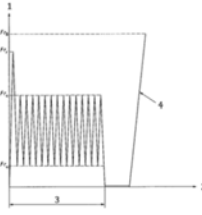
ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			- Holding time: > 3 min - For other ties, a custom-designed fixture shall be used. AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.4 & 4.9: Flex. Strength of PC Monoblock Ties & Testing of Monoblock Ties ??? - Factored design negative bending moment <u>may be calculated from the factored design positive bending moment M</u>, using the factors (dependent on tie length) found in Table 30-4-1 and interpolating if necessary. - Test criteria: M-cen = 1.13M (2.360m); 0.92M (2.440m); 0.67M (2.590m); 0.57M (2.740m)				 - อัตรา <u>25 kN/min</u> จนถึง <u>85 kN</u> คงแรง <u>3 นาที</u> ตรวจสอบด้วยแว่นขยาย ขนาด 5 เท่า แล้วคลายแรงออก เพื่อทดสอบ <u>Mid span: Negative moment</u> ต่อ 1.4 Static loading test (Mid span: Negative moment) - หมอนคอนกรีตฯ ไม่เกิดรอยร้าวแตกหักที่ค่า <u>test load 81 kN</u> (แต่ มอก.

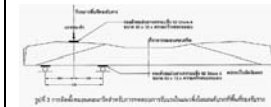
ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.9: Testing of Monoblock Ties - Center negative bending moment: supported and loaded as shown in Figure 30-4-9.  - Center positive bending moment: supported and loaded as shown in Figure 30-4-10.				ให้สูตรคำนวณ test load) - ทำต่อจากการทดสอบ Mid span: Positive moment  - พลิกกลับหมอนคอนกรีต ตัวอย่าง เพิ่มแรงอัตรา 25 kN/min จนถึง 81 kN แล้วคงแรง 3 นาที ตรวจสอบด้วยแว่น ขยายขนาด 5 เท่า

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			 Figure 30-4-15. Tie Center Positive Moment Test				
4.6 Tests: Bending – Flexural Fatigue (Rail Seat Repeated -Load Test)	-	EN13230-2:2016: 	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part2- Sec.2.2: Bending & AREMA-Vol.1- Chap.30-Part4-Sec.4.9: Testing of Monoblock Ties - Test frequency: Initial qualification testing only. For PC Monoblock Ties: - Loading rate: 5 kips/min following the vertical load test for railseat positive moment until the tie is cracked from its bottom	-	AS1085.14:2012: -Testing Criteria: Rail seat repeated load test: the sleeper shall be able to support the test load for at least 3 min. -เป็นแนวทางของ มอก. 2528 เล่ม1-3-2553	-	คู่มือการผลิต&การทดสอบ หมอนคอนกรีตอัดแรง (เกณฑ์การทดสอบหมอน คอนกรีต และการทดสอบ หมอนคอนกรีตผสมเสร็จ) 2. Repeated load test - ไม่เห็นรอยร้าวแตกหัก ของหมอนคอนกรีต เมื่อ หมอนฯ รับแรงกระทำซ้ำ ความถี่ไม่เกิน 600 รอบ/ นาที จนครบ 3 ล้านรอบ โดยแรงกระทำแต่ละรอบ

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			surface up to the level of the lower layer of reinforcement. - After removing the static rail seat load necessary to produce cracking, substitute ¼ in. thick plywood for the rubber loading pads. Subject the tie to 3 million cycles of repeated loading with each cycle varying uniformly from 4 kips to the value of 1.1P. The repeated loading shall not exceed 600 cycles per minute. - For other ties, a custom-designed fixture shall be used. - Test criteria: the tie can support the rail seat load (1.1P) after the application of 3 million cycles.				เพิ่มสมมุติฐาน 15 – 193 kN - test set-up เหมือนการทดสอบ Rail seat: Positive moment  - ให้แรงอัตรา 25 kN/min จนกระทั่งหมอนเกิดรอยร้าวจากผิวถึงลวดบันทึกค่าแรงนี้ไว้ แล้วคลายแรงออกเพื่อทดสอบต่อ

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
							- ให้แรงกระทำซ้ำ ด้วย ความถี่ไม่เกิน 600 rpm โดยใช้ไม้อัดหนา 6 mm รอง โดยเพิ่มแรงแต่ละ รอบสม่ำเสมอจาก 15 ถึง 193 kN จนครบ 3,000,000 รอบ แล้วค้ำ แรง 193 kN ไว้ 3 นาที แล้วตรวจพินิจ
5.1 Manufact uring Process: General Requirem.	-	EN13230-1:2016- Sec.6.2: Manufacturing process - The supplier shall supply to the purchaser a description of the	-	-	AS1085.14:2012: Manufacture of sleepers -shall comply with AS 3600 -permissible tolerances are specified	-	คู่มือการผลิตและการทดสอบ หมอนคอนกรีตอัดแรง (การผลิตหมอนคอนกรีต) - การตรวจสอบแบบ หล่อก่อนการเทคอนกรีต - การหล่อคอนกรีต ต้องให้หล่อพร้อมกันเป็ นแนวยาว (Long-Line System) แบบหล่อต้อง

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		manufacturing process. - The processes for curing, mould removal and handling conditions of the concrete sleepers and bearers are part of the manufacturing process. - The concrete temperature shall be monitored.					ทำจากเหล็ก มีโครงสร้างแข็งแรงป้องกันการรั่วของน้ำปูนขณะที่หล่อ เป็นแบบสำเร็จที่ออกแบบให้ส่วนพื้นที่รองรับรางอยู่ด้านล่างขณะหล่อ คอนกรีต และต้องออกแบบให้สามารถติดตั้ง Shoulder ตรงตามตำแหน่งที่ต้องการได้ - การดึงลวดอัดแรง - ใน<u>ขั้นแรกจะดึงด้วยแรงประมาณ 25%</u> แล้วให้ทำการตรวจสอบตำแหน่งของลวดที่ชุดดึง ตรวจสอบความตึง ความสะอาดของเส้นลวด เมื่อเรียบร้อยแล้ว <u>หลังจาก</u>

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
							<u>นั้นจะถึงจุดจนถึง 100% ที่ 320 kN</u> - การเทคอนกรีต - ต้องควบคุมไม่ให้เกิด การแยกตัวของมวลผสม คอนกรีต และต้องเท คอนกรีตด้วยอัตราที่ สม่ำเสมอ <u>ใช้หัว สั่นสะเทือน(เครื่องจักร คอนกรีต) ที่ทำงานโดยอัตโนมัติ</u> เพื่อให้คอนกรีตมี ความหนาแน่นสม่ำเสมอ มีผิวเรียบเรียบ - การตัดลวด - ก่อนการตัดลวด ต้อง ควบคุมตรวจสอบให้ค าความต้านทานแรงอัด

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
							ของแท่งคอนกรีตรูปทูลูกบาศก์ไม่น้อยกว่า 35 MPa
5.2 Manufact. Process: Curing	-	EN13230-1:2016- Sec.6.2.2: Nat. curing - The curing method shall be approved by the purchaser. - Curing and protection should start as soon as possible after the compaction of the concrete.	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.2-Art.4.2.2.5: Curing - During the preset period, the concrete temperature shall not exceed 90°F (32°C) during the first 3 hours and 105°F (40°C) during the first 4 hours. With accelerated heat curing, the <u>heating rate</u> shall <u>not exceed</u> <u>35°F (19.4°C) per hour</u> and the <u>curing temperature within the</u> <u>concrete shall not exceed 140°F</u> <u>(60°C)</u> , unless the supplier can demonstrate that the materials used would be satisfactory for	-	AS1085.14:2012: Manufacture of sleepers <u>-requires the</u> <u>application of water</u> <u>or steam</u> to, or the retention of water in, the concrete -shall start immediately after finishing	-	คู่มือการผลิตและการทดสอบ หมอนคอนกรีตอัดแรง (การผลิตหมอนคอนกรีต) - การบ่มคอนกรีต อาจใช้ ระบบการบ่มด้วยไอน้ำที่ ความกดดันบรรยากาศ จนกว่าจะปลดแรงดึง ลวดถ่วงแรงสู่หมอน คอนกรีต การบ่มให้ <u>เริ่ม</u> <u>หลังจากเทคอนกรีตแล้ว</u> <u>วเสร็จไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง</u> และควบคุมอุณหภูมิ <u>ไม่ให้</u> <u>เพิ่มสูงกว่า 15°C ใน</u> <u>ชั่วโมงแรกและต่อไป</u> <u>ชั่วโมงละไม่เกิน 10°C</u> จนถึง <u>สูงสุด 60°C</u> ซึ่งช่วง

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		- Curing is prevention against premature drying, particularly by solar radiation and wind. - To avoid surface cracking caused by heat generated in the concrete under normal conditions, the temperature difference between the	long-term durability, in which case temperatures up to 158°F (70°C) may be used.				เวลาอุณหภูมิขึ้นสูงสุดต้องไม่เกิน 6 ชั่วโมง - เมื่อทำการถอดแบบและตัดลวดแล้วจะต้องทำการ รบ่มหมอนคอนกรีตต่อไปอีกเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยการแช่น้ำ หรือฉีดน้ำ ณ ลานเก็บกองหมอนคอนกรีต

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		centre and the surface of the conc. shall be ±20°C. - The maximum permitted temperature shall not exceed those shown in Figure 4. EN13230-1:2016- Sec.6.2.2: Accelerated curing - The maximum permitted temperature					

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		shall not exceed those shown in Figure 4.					
6. Materials: General	KR- C14060:2014: -Criteria of Track Mater.: 1) It shall consist of materials that can withstand impact loads. 2) Broad ly distribute train loads	EN13230-1:2016- Sec.5.1: Gen. Req. - All materials shall comply with European standards or the agreement of the purchaser.	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.2: Material - Utmost consideration shall be given to concrete properties affecting durability. - Mix design, chemical reactivity, manufacturing methods, material properties, and curing practices affect concrete performance and durability. - Past experiences with alkali- aggregate reactivity, air- entrainment, other admixtures, sulfate reactions, alkali-silica	-	AS1085.14:2012: Materials -wire tendons: stress- relieved indented wires not larger than 8 mm nominal diameter -strand tendons: stress-relieved 7-wire strand not larger than 10 mm dia.	-	- ตาม มอก.

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	evenly below the platform. 3) The vehicle should be able to run smoothly. -Requirem. for Ballast: 1) It should be strong and strong against impact and friction. 2) The unit weight is large, the		reactivity (ASR), and delayed ettringite formation (DEF) have influenced the requirements given in this section.				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	rhythm is abundant, and the frictional force between particles must be large. 3) The granularity should be appropriate and easy to work. 4) The mixing ratio of clay and impurities should be low and drainage						

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	should be good. 5) It is resistant to frostbite and weathering, and weeding should be prevented. 6) Mater ial supply should be easy and economical. 4) Easy maintenance and easy						

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	replacement of the material. 5) Less trajectory error and slow degradation. 6) Ensure smooth running and safety of the vehicle.						
6.2 Materials: Concrete	-	EN13230-1:2016- Sec.5.6: Conc. - Minimum compressive strength shall be class C45/55	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.2: Material - The minimum 28-day-design compressive strength of concrete used for concrete ties shall be 7,000 psi (48 MPa) as determined by ASTM Method of Test C 39.	-	AS1085.14:2012: Materials -concrete: f_c' not less than 50 MPa; f_{ci}' not less than 30 MPa;	-	คู่มือการผลิต&การทดสอบ หมอนคอนกรีตอัดแรง (วัสดุ และการทดสอบ วัสดุ) - ปูนซีเมนต์ ให้เป็นไป ตามข้อกำหนด มอก.15 เล่ม 1-2547

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		MPa. ($f_{ck} = 55$ MPa cube) - Water/cement ratio shall be less than 0.45 in mass. - Minimum cement content shall be 300 kg/m³.	- The Test cylinders shall be made and stored as specified in ASTM Specification C 31.				- มวลผสมคอนกรีต ให้เป็นไปตามข้อกำหนด มอก. 566-2528 และกำหนดรายละเอียดขนาดคละของทราย หิน - สารผสมเพิ่ม (ปราศจากคลอไรด์) หากมีจะต้องมีปริมาณคลอไรด์ได้ไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร และทั้งนี้ปริมาณคลอไรด์ของสารผสมเพิ่มจะต้องไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัม ต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร - น้ำ จะต้องสะอาด ปริมาณสารปนเปื้อนในน้ำสำหรับผสมคอนกรีต และกำหนดเกณฑ์ปริมาณสารปนเปื้อน

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
							- ลวด (อัดแรง) ให้เป็นไปตามข้อกำหนด มอก.95-2540 โดยเป็นลวดคลายความเค้น แบบหยักสั้น เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มม. ทนแรงดึงสูงสุด 1.770 Mpa และกำหนด องค์ประกอบทางเคมี - คอนกรีต - ความต้านแรงอัด ไม่น้อยกว่า 60 MPa ทดสอบกับแท่งคอนกรีตลูกบาศก์ขนาด 150 มม. - ความต้านแรงอัด ไม่น้อยกว่า 35 MPa ทดสอบกับแท่งคอนกรีตลูกบาศก์

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
							ขนาด 150 มม. ก่อนตัด ลวด - ความต้านแรงดัด ไม่น้อยกว่า 6.2 MPa ทดสอบกับแท่งคอนกรีตรูปปรีซิมตั้งฉากยาว 750 มม. มีภาคตัดขวางสี่เหลี่ยมจัตุรัส 150 มม. - การชักตัวอย่างคอนกรีตทดสอบ - จากปริมาณคอนกรีตที่ใช้ทำหมอนคอนกรีต ทุกๆ 300 ท่อน สำหรับทดสอบความต้านแรง อัด 3 แท่งความต้านแรง ดัด 3 แท่ง และ

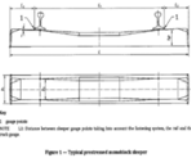
ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
							กำหนดเกณฑ์การผ่านการทดสอบ (90% 1.05เท่า)
7.1 Design: General	-Used as design guidelines and handbook which is based on KR Code 2012. -Maximum design speed: 350 km/h . -With axle loads up to 22 tons .	prEN13230-6:2015: -Two methods (both methods can be mixed) 1) Experi mental method (measuring from existing sleepers) 2) Theore tical method	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part1-Sec.1.1: Introduction & AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.1.1: Introduction - The design of cross tie track systems and components must consider: • The rail, fastenings, tie, ballast, sub-ballast, and subgrade; • The quality of each component, method of manufacture, installation, and maintenance; • Durability and material specific degradation mode evaluation;	-Max. design speed (4 levels: ≤70, 70-90, 90-110, >110km/h) Note: for ordinary railways, max. is 130km/h. -Design passing tonnage (4 levels: ≤5, 5-10, 10-20, >20 mill.t/y). -Gauge of ordinary railways shall be 0.762m , 1.067m , 1.372m	AS1085.14:2012: -Designed as fully prestressed sections where the limiting stresses are based on the fatigue resistance of the concrete. -The minimum length of the sleeper shall be determined by the bond development requirements of the prestressing tendons, and the base width shall then be determined by the	TB10082-2005: Code for Design of Railway Track: 1Gen. Provisions - applicable to the design of railway track with standard gauge , with the design velocity for passenger trains ≤ 160 km/h , and that for freight trains ≤ 120 km/h	คู่มือการผลิตและการทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรง (ข้อกำหนดการควบคุมการผลิต) - Arema Chaper 30

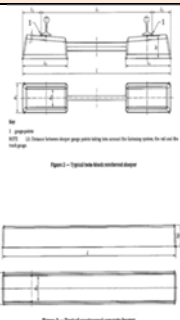
ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
	KR- C14030:2016 -Determine of design cross section according to the theory of elasticity . -Ignore the tensile strength of concrete.	-Provides design guidance in 1) Derivati on of characteristic loads and test loads; 2) Calcula tion of characteristic and test bending moments	• The direction, magnitude, and frequency of traffic-imposed loads; • The effect of climate and environmental factors such as temp., sunlight and weather; • The overall economics of installation and maintenance; and • The need to support and guide railway vehicles while restraining repeated lateral, vertical, and longitudinal forces.	or 1.435m (Shinkansen railways: 1.435m).	allowable bearing pressure. -Consideration need not to be given to checking sleeper sections for stresses other than flexural stresses.		
7.2 Design:	-	EN13230-1:2016- Sec.6.1.1:	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.3: Tie Dimensions, Configuration and Weight	-	AS1085.14:2012: Design of Sleepers	-	คู่มือการผลิต&การทดสอบ หมอนคอนกรีตอัดแรง

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
Geometrical Design		Geometrical design - Typical concrete envelopes for concrete sleepers and bearers are shown in Figures 1, 2 and 3.  Figure 1 – Typical pre-tensioned concrete sleepers	- Due to track machinery limitations: (1) Tie width = 13 inches (330 mm) (2) Tie depth = 10 inches (250 mm) (3) Tie length = 9'-0" (2.740 m) - Weight: For ease of handling, ≤ 800 lb (363 kg). - Length: Post-tensioned, ≥ 7'-9" (2.360 m); Pre-tensioned, ≥ 8'-0" (2.440 m); Tolerance: +/- 1/4 inch (6.35 mm). - Width: At top surface from rail seat area to tie end: ≥ 6 inches		-the depth and width of sleeper may vary throughout its length.		(รายละเอียด มิติ ขนาด หมอนคอนกรีตอัดแรง) - รูปร่าง ขนาดและมิติ ตามแบบเลขที่ 5246-24 - ความกว้างที่พื้นที่รับราง: บน 140 mm ล่าง 251 mm - ความกว้างที่กึ่งกลาง หมอน: บน 148 mm ล่าง 232 mm - ความกว้างที่ปลาย หมอน: บน 146 mm ล่าง 205 mm - ความสูงที่พื้นที่รับราง: 214 mm

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		 - The values of the main dimensions shall be determined by the purchaser. - The maximum tolerances specified in Table 1 apply to ballasted track and can be varied by the	(150 mm); Tolerance: $\pm 1/8$ inch (3.18 mm). - Depth: 6-10" (150-250 mm); Tolerance: $+1/4$ inch and $-1/8$ inch (+6.35 mm and -3.18 mm). - Track gauge: Concrete ties shall provide for 56.5" (1.435m) gauge +/- 0.0625" (1.587mm). Using an ideal rail section (no plus or minus tolerances) on a tie designed to provide perfect gauge will result in 56.5 inch gauge. Using the same tie with rail with maximum plus tolerances on the head (+0.025"), base (+0.040), and asymmetry (0.050) would provide tight gauge by 1/8". A rail with				- ความสูงที่กึ่งกลางหมอน: 185 mm - ความสูงที่ปลายหมอน: 205 mm - ความยาวของหมอน: 2000 mm - ความลาดที่พื้นที่รับราง: $1:45 < x < 1:35$ - ความราบเรียบของพื้นที่ผิวที่รับราง: ไม่เว้นหรือหูนค่าเป็นศูนย์

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		purchaser in the case of special requirements such as dedicated concrete elements for ballastless track, etc. - The design, dimensions and tolerances of the fastening system shall be defined by the purchaser. EN13230 -Bearers longer than 8.5m are	minimum tolerances would provide wide gauge by 1/8". In addition, two situations can contribute to tight gauge independent of tie specifications or rail tolerances. The first situation occurs with tie skewing, which can result when ties are not perpendicular to the rail. One half inch of skewing between tie ends on 8'-6" ties will reduce gauge by 0.065". The second situation is warpage in the plastic insulators can remove as much as 0.065" when the rails are not under load. Fortunately, all of these situations (except for rail tolerances) will				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		considered <u>as special elements</u> . -Applies to all gauges (<u>1435, 1668mm, metric</u>) and to all lengths.	improve with tamping and traffic. Insulator warp will usually disappear with modest amounts of traffic.				
7.3 Design: Concrete Cover	-	EN13230-1:2016- Sec.6.1.2: Concrete cover - <u>min.</u> conc. cover <u>for prestressing tendons</u> shall be <u>30mm from the bottom</u> surface and <u>20mm from the other</u>	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.3: Tie Dimensions, Configuration and Weight - <u>Covering</u> : Pre-tensioned or Post-tensioned cross ties: $\frac{3}{4}$ " (<u>19 mm</u>)	-	AS1085.14:2012: Design of Sleepers -35 mm minimum conc cover to tendon at soffit of sleeper. -25 mm minimum conc cover to elsewhere.	-	-

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		surfaces except at the ends of sleepers & bearers. - min. conc. cover for reinforcing steels shall be 25mm from the bottom surface and 15mm for the rail seat area and 20mm from the other surfaces except for the end of spacing bars.					

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
7.4 Design: Prestressing System Design	-	EN13230-1:2016- Sec.6.1.3:Prestres s. system design - The supplier shall define all data in relation with the nominal prestressing force, nominal position of each tendon, anchorage system. - The vertical position of the centroid of the prestressing shall be within ± 3mm	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.2-Art.4.2.4.1: Reinforcement Placement and Spacing - The placement and spacing of reinforcement, prestressing steel and prestressing ducts shall be in accordance with applicable requirements of the AREMA Manual, Chapter 8 , Concrete and Foundations, Part 1, Materials, Tests and Construction Requirements, Article 1.10.5. Spacing of Reinforcement, except that tolerances for placing shall meet the requirements of Article 4.3.2.12.	-	AS1085.14:2012: -Designed as fully prestressed sections where the limiting stresses are based on the fatigue resistance of the concrete.	-	-

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		of the nominal vertical position relative to the rail seat. - The vertical position of each individual prestressing tendon shall be within ± 6mm of the nominal position relative to the rail seat. - The horizontal position of each individual prestressing tendon shall be	AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4-Sec.4.3: Tie Dimensions, Configuration and Weight - Protrusion of pretensioning tendons: $\leq \frac{1}{4}$" (6.4 mm) beyond the ends of the ties. - End of posttensioning tendons: To protect against corrosion, the ends of posttensioning tendons shall not protrude beyond the ends of the ties and shall be covered to the extent specified with concrete, epoxy grout or other material approved by the engineer. - Tolerances for Placing Reinforcement: For depth of placement for conventional				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
		within $\pm 6\text{mm}$ of the nominal position relative to the sleeper axis. - The total prestressing force shall be applied within $\pm 5\%$ of the specified nominal force.	reinforcing steel: $\pm 1/8"$ ($\pm 3.18\text{ mm}$); for prestressing steel: $\pm 1/8"$ ($\pm 3.18\text{ mm}$) vertical and $\pm 1/4"$ ($\pm 6.4\text{ mm}$) horizontal; long. location of bends in reinforcing bars: $\pm 2"$ (50 mm); location of ends of reinforcing bars: $\pm 1/2"$ ($\pm 13\text{ mm}$). AREMA-Vol.1-Chap.30-Part4- Sec.4.4: Flex. Strength of PC Monoblock Ties - As well as satisfying the criteria in flexural performance, prestressed concrete monoblock ties must also comply with other criteria which accord with good				

ตารางที่ 5-35 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ไม่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศ สาธารณรัฐเกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) ประเทศจีน	(7) ประเทศไทย (SRT & MRTA)
			design practice as laid down in ACI Code 318. - Maximum pre-compression after all losses at any point in the cross ties: $\leq 2,500$ psi (17.2 MPa). - Minimum pre-compressive stress at any vertical cross section through the rail seat area of 500 psi (3.5 MPa) after all losses and without any applied load.				

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศสหภาพ ยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
Regulation Level								
General	Railroad Construction Rule & Regulation on Railroad Construction Standards -Used as a law or rule and technical standard. -Issued by Ministry of Land, Infrastructure and Transport.	-	CFR-213: -Administrative law published in the Federal Register by the executive departments and agencies of the federal government.	Ministerial Ordinance No.151:2001 -Issued by Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism: Railway Bureau. -To secure the safe and stable transport. -Used as a law or regulation and technical standard.	Rail Safety National Law National Regulations:2012 -A national law and regulation. -Regulates on accreditation, registration of managers of private sidings, safety management, workers, exemptions, and infringement penalty.	N/A	-	-

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
Regulation Level								
Important Terms and Definitions	-Gauge: the shortest distance between the inner sides of both rails, and is based on 14 mm below the top of rail.	-	- Gauge is measured between the heads of the rails at right-angle to the rails in a plane 5/8 inch below the top of the rail head (CFR-213.53).	-The Ministerial Ordinance contains the Approved Model Specifications (the Implementation Standards must conform to) and the Public Notice (stipulating dangerous items). -Approved Model Specifications substantiates and quantifies the details of the Ministerial	-regulatory oversight by the Office of the National Rail Safety Regulator (ONRSR)	N/A	-	-

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
				Ordinance and is a guideline the Implementation Standards must conform to. -Implementation Standards: 1) A railway operator (main operating or main construction) shall set a standard to implement this Ministerial ordinance and abide by that standard. 2) Railway business operators				

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
				shall formulate detailed implementation standards in carrying out design, maintenance and operation of facilities and rolling stock.				
Engineeri ng Principal	-	-	-Ballast material shall transmit and distribute the load of the track and railroad rolling equipment to the subgrade; shall restrain the track laterally, longitudinally, and	-	-		-	-

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
			vertically under dynamic loads imposed by railroad rolling equipment and thermal stress exerted by the rails; shall provide adequate drainage for the track, and shall maintain proper track crosslevel, surface, and alignment (CFR- 213.103).					
Sleeper (Concrete)	-	-	-Subparts A through F apply to track Classes 1 [Freight: 10(16); Passenger: 15(24)	-Weight of rail, number of sleepers for every 25m, and thickness of ballast	-	N/A	-	-

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
			mph(km/h)] through 5 [F: 80(129); P: 90(145)] (CFR-213.1). -Applies to all standard gage tracks in the general railroad system of transportation (CFR- 213.3). CFR-213.109: -Each 39-foot (11.7m) segment of track shall have a sufficient number of crossties. -Conc. crossties shall not be	bed are dependent on: 1) Maximum design speed (4 levels: ≤70, 70-90, 90-110, >110 km/h) Note: for ordinary railways, max. design speed is 130 km/h. 2) Design passing tonnage (4 levels: ≤5, 5-10, 10- 20, >20 million t/year). -Gauge of ordinary railways shall be 0.762m, 1.067m,				

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
			1) Broken through or deteriorated to the extent that prestressing material is visible. 2) Deteriorated that the fastener assembly can move laterally > 0.375 inch (0.95mm) relative to the crosstie. 3) Deteriorated such that the base of rail either can move laterally >	1.372m or 1.435m (Shinkansen railways: 1.435m). -A safety check against plastic deformation shall be carried out comparing the lateral force on sleeper generated by the very high load with the resistance to lateral displacement of the sleepers in the ballast bed.				

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
			0.375 inch relative to the crosstie on curves of $\geq 2^\circ$; or more than 0.5 inch (1.27mm) on tangent track or curves of $< 2^\circ$. 4) Deteriorate d at any point under the rail seat to a depth of ≥ 0.5 inch.					
	Technical Standard Level							
General	-Used as design guidelines and handbook which is	-As the technical basis for transaction between	AREMA:2010: -Contains principles, data, specifications, plans and economics	-	-As the technical basis. -developed by Standards Australia	N/A	-Type of standards and specifications: design,	-The standard generally follows widely acceptable

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
	based on KR Code 2012. -Maximum design speed: 350 km/h. -With axle loads up to 22 tons.	corresponding parties. -A national standard when national annexes are incorporated.	pertaining to the engineering, design and construction of the fixed plant of railways (except signals and communications), and allied services and facilities. -Not a maintenance manual. -With axle loads up to 39 tons.		and/or Rail Industry Safety and Standards Board (RISSB)		material, construction, and maintenance. -The standard generally follows widely acceptable international standards, e.g. AREMA, UIC, EN, AS. -Consultants usually engage in setting the design standards for a new	international standards, e.g. AREMA, UIC, EN, AS. มอก. 2528 เล่ม 3-2553 -Axle load 20 tons.

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
							construction projects. -SRT team of experts provides critical review and comments on the consultants' design proposals. - The contractor must submit the construction work procedures in	

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
							the implementatio n phase. - Follows “Track Maintenance Rule Book”, which is considered to be a good practice for conditions in Thailand. มอก. 2528 เล่ม 3-2553 -Axle load 20 tons.	

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
Important Terms and Definitions	-General railway: a train travels at a speed ≤ 200 km/h. -Long rail: rail is continuously welded to form a length ≥ 200 m. -Long rail length: the length of one rail is ≥ 25 m	-	AREMA-Chap1:2010: -Ballast: the upper stratum of the substructure upon which the superstructure is placed to a depth as defined by the individual railway company standards.	-	AS1085.14:2012: -Gauge point: the point on the side of the rail head 16mm beneath the top surface of the rail at which track gauge is measured.	N/A	มอก. 2528 เล่ม 1-2553 -ขนาดทาง (Track Gauge): ระยะห่างภายในของขอบรางที่ระยะต่ำกว่าระดับเส้นราง 14mm	มอก. 2528 เล่ม 1-2553 -ขนาดทาง (Track Gauge): ระยะห่างภายในของขอบรางที่ระยะต่ำกว่าระดับเส้นราง 14mm
Engineering Principle	KR-C14060:2014: -Criteria of Track Material: 1) It shall consist of materials	EN13230-1:2016: -The track is an assembly of transverse sleepers or bearers secured to the rails by	AREMA-Chap1:2010: -A variety of materials may be processed into railroad ballast. Detailed examination of individual materials	-	AS1085.14:2012: -The ballast pressure shall not exceed 750kPa for high-quality, abrasion-resistant ballast.	N/A	-	-

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
	that can withstand impact loads of trains. 2) Broadly distribute train loads evenly below the platform. 3) The vehicle should be able to run smoothly with less fluctuation and vibration. -Requirements for Ballast: 1) It should be strong and strong against impact and friction.	means of a fastening system and supported by ballast or other support. Under all loading conditions, the track has to retain its geometry including gauge, top level and alignment.	should be made to determine the specific mineralogical composition. AREMA-Chap30:2010: -In supporting and guiding railway vehicles, the track structure must restrain repeated lateral, vertical, and longitudinal forces. As elements of the track structure, individual cross ties receive loads from the rails or fastenings and in turn, transmit					

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
	2) The unit weight is large, the rhythm is abundant, and the frictional force between particles must be large. 3) The granularity should be appropriate and easy to work on the road. 4) The mixing ratio of clay and impurities should be low and drainage should be good. 5) It is resistant to frostbite		loads to the ballast and subgrade.					

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
	and weathering, and weeding should be prevented. 6) Material supply should be easy and economical. 4) Easy maintenance and easy replacement of the material. 5) Less trajectory error and slow degradation. 6) Ensure smooth running and safety of the vehicle and be economical.							

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
Loads and Loads Distributi on	KR-C14030:2016: -The force acting on the track is divided into: vertical load, lateral load, and longitudinal load. -The longitudinal load used for examining the buckling stability of the track is only the temperature load. In the case of reviewing the rail, the braking load and the starting load shall be considered.	EN13230-1:2016: - The track is subjected to repeated loads in three different directions (vertical, transverse, and longitudinal loads). -The assembled rail, fastening system and concrete sleepers and bearers on ballast or other support shall be considered as a	AREMA-Chap30:2010: -The track structure must restrain repeated lateral, vertical, and longitudinal forces. -Vertical, horizontal and longitudinal loads that can be expected at the wheel/rail interface are tabulated. -The distribution of the load is dependent on the tie properties, spacing, ballast and subgrade reaction, rail fastening	-	AS1085.14:2012: -based on a uniform ballast support beneath each rail seat.	N/A	-	-

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
		beam on a continuous resilient support. - The rail seat load applied on the concrete element is only a proportional of the wheel load (dependent on the moment of inertia of rail, the sleeper spacing, and the elasticity of the whole assembly on its support).	system and rail stiffness and estimated based the results of beam on elastic foundation calculations.					

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
Sleeper (Concrete)								
General	-	EN13230 -Defines technical criteria, control procedures, and mechanical tests. -6 parts: 1:Gen. req., 2:Prestressed monoblock sleepers, 3:Twin-block reinforced sleepers, 4:Prestressed bearers for switches & crossings,	AREMA-Chap30:2010: -Provides necessary guidance in the design, manufacture, and use of cross ties and their components for standard gage ballasted main line freight and passenger railway track systems.	-	AS1085.14:2012: -Sets out requirements for the design, manufacture, testing and installation of prestressed concrete sleepers and their fastening components for use in main line railway systems as well as requirements for electrical performance of rail	N/A	มอก. 2528 - ใช้ AS1085.14:2003 เป็นแนวทาง - มี 3 เล่ม: เล่ม1: บทนิยาม, เล่ม 2: วิธีชักตัวอย่าง, เล่ม 3: การทดสอบ	มอก. 2528 - ใช้ AS1085.14:2003 เป็นแนวทาง - มี 3 เล่ม: เล่ม1: บทนิยาม, เล่ม 2: วิธีชักตัวอย่าง, เล่ม 3: การทดสอบ

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
		5:Special elements, 6:Design. -Bearers longer than 8.5m are considered as special elements. -Applies to all gauges (1435, 1668mm, metric) and to all lengths.			fastener and sleeper combinations. -Covers special sleepers such as turnout bearers, sleepers with additional rails and dual gauge sleepers and their fastenings for use in special sleepered track.			
Important Terms and Definitions	KR-C14030:2016 -Sleeper or tie: the sleeper fixes and supports the rail in place, and distributes the load transmitted	EN13230-1:2016: -Sleeper: transverse component of the track which controls the	-	-	-	N/A	-	-

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
	through the rail widely to the road surface.	gauge and transmits loads from the rail to the ballast or other sleeper support. -Bearer: transverse component of switches and crossings which controls the relative geometry of two or more stretches of running rails and different pieces of special track						

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
		work, and transmits loads from the rails to the ballast or other bearer support.						
Engineeri ng Principle	KR-C14060:2014: - Sleeper's requirements: 1) The rail must be rigidly fastened, and sufficient strength to support the train load. 2) The impact of trains transmitted	EN13230-1:2016: -The main requirement of concrete sleepers and bearers is the transmission of vertical, lateral and longitudinal loads from the rails to the ballast or other support and the capability	AREMA-Chap30:2010: -The design of cross tie track systems and components must consider: 1) The rail, fastenings, tie, ballast, sub- ballast, and subgrades. 2) The quality of each component,	-	AS1085.14:2012: -The performance of sleepers in track depends on the condition of the rail and the joints provided, ant upon the rail fastening system (which comprises elastic fastenings, rail pads and insulators).	N/A	มอก. 2528 เล่ม 1-2553 -หมอนคอนกรีต อัดแรงใช้รองราง รถไฟ ควบคุม ขนาดทาง และ ถ่ายน้ำหนัก บรรทุกจากราง รถไฟสู่หินโรยทาง	มอก. 2528 เล่ม1- 2553 -หมอนคอนกรีตอัด แรงใช้รองรางรถไฟ ควบคุมขนาดทาง และถ่ายน้ำหนัก บรรทุกจากรางรถไฟ สู่หินโรยทาง

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
	from rails is dependent on degree of elasticity, impact resistance, buffering property, durability, etc. It should be able to buffer the impact loads. 3) It is necessary to be able to increase the resistance force in horizontal direction. 4) Sufficient buckling resistance should be given to the track. That is, the	to resist repetitive loading and provide sufficient durability.	method of manufacture, installation, and maintenance. 3) Durability and material specific degradation mode evaluation. 4) The direction, magnitude, and frequency of traffic-imposed loads. 5) The effect of climate and environmental factors such as		-The sleeper bending moment capacities shall not be exceeded under any combination of tolerance on cross-section and tendon centroid location.			

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
	longitudinal direction of the track and the direction perpendicular to the track. The movement resistance with respect to the direction must be large. 5) It is easy to handle and must be one year long. 6) Materials should be easy to purchase and economical. 7) It can reduce the costs of		temperature, sunlight and weather. 6) The overall economics of installation and maintenance. 7) The need to support and guide railway vehicles while restraining repeated lateral, vertical, and longitudinal forces.					

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
	waste disposal and be environmentally friendly. 8) The required electrical insulation between both rails shall be ensured.							
Product Testing	KR-C14030:2016 -Ultimate bending moment = 2.5xDesign Moment	EN13230-1:2016: -Two kinds of tests are used: 1) design approval test: a test to demonstrate compliance with the design.	AREMA-Chap30:2010: -The design approval tests of tie & tests for tie systems must be performed. -Tests for approving the design of tie: 1) Bending (railseat positive, railseat negative, center	-	AS1085.14:2012: -Test methods include sleeper bending, electrical short and repeated load tests. -Two kinds of tests: 1) Type test (design approval test): for a new design or a new	N/A	มอก. 2528 เล่ม 3-2553 -17 การทดสอบ: 1.มิติ, 2.การรับ แรงในแนวดิ่งที่ พื้นที่รองรับราง (โมเมนต์ลบลและ บวก), 3.การรับ แรงกระทำซ้ำที่ พื้นที่รองรับราง, 4.แรงยึดเหนี่ยว	มอก. 2528 เล่ม3- 2553 -17 การทดสอบ: 1. มิติ, 2.การรับแรงใน แนวดิ่งที่พื้นที่รองรับ ราง (โมเมนต์ลบลและ บวก), 3.การรับแรง กระทำซ้ำที่พื้นที่ รองรับราง, 4.แรงยึด เหนี่ยว (Bond Development)

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
		2) routine test: a product test as part of the manufacturing quality control process (static bending, dynamic bending, and fatigue bending tests). -Criteria of test bending moment ($1.0M_k \leq M \leq 3.0M_k$): (1) Service loads: no first crack occurs ($M = 1.0M_k$) (2) Exceptional loads: cracks shall	negative, center positive). 2) Rail seat repeated-load test. 3) Bond development or tendon anchorage test. -Evaluative tests for tie systems (Two kinds of tests: initial qualification (I) and routine (R) tests): 1) Bending (railseat positive (I&R), railseat negative (I), center negative (I&R)).		manufacturing plant or process. For sleeper, the type tests are rail seat vertical load tests, rail seat repeated load test, bending moment tests, cast-in fastening component tests, and rail seat vertical load test followed by development length and ultimate load test. 2) Proof test (routine test): on samples selected from		(Bond Development) ของลวดอัดแรง และการรับแรงสูงสุด, 5.โมเมนต์ลบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต, 6.โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต, 7.แรงกดเครื่องยึดเหนี่ยวที่ฐานราง (Clamping Force Test), 8.ความต้านทานการคืบ (Creep Resistance Test), 9.แรงถอนวัสดุฝังยึด	การรับแรงสูงสุด, 5.โมเมนต์ลบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต, 6.โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต, 7.แรงกดเครื่องยึดเหนี่ยวที่ฐานราง (Clamping Force Test), 8.ความต้านทานการคืบ (Creep Resistance Test), 9.แรงถอนวัสดุฝังยึด

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
		close upon removal of loads (M = k1Mk) (3) Accidental loads or ultimate loads: element withstands the loads (M=k2Mk)	2) Flexural fatigue (I). 3) Ultimate load test (I). 4) Rail/plate area compression (I). 5) Embedded insert pullout (I). 6) Spike lateral restraint (I). 7) Tie pad test (I). 8) Fastener (uplift (I), longitudinal restraint (I), repeated load (I), lateral load restraint (I), assembly rotation (I)).		normal daily production. For sleeper, the proof tests are dimensional checks, rail seat vertical load test (positive moment only), development length and ultimate load test, and electrical short test. -Testing Criteria: 1) Rail seat vertical load test & center bending moment tests: no cracking.		(Fastening Insert Pull-Out Test), 10.ความ ต้านแรงบิดวัสดุ ฝังยึด (Fastening Insert Torque Test), 11.ความ ต้านแรงยกขึ้น ของเครื่องยึด เหนี่ยวราง (Fastening Uplift Test), 12. ความต้านการล้า ของเครื่องยึด เหนี่ยวราง (Fastening Uplift Test), 12. ความต้านการล้า ของเครื่องยึด เหนี่ยวราง (Fastening Repeated Load Test), 13.ความ ต้านแรงด้านข้าง, ความต้านการล้า ของเครื่องยึด เหนี่ยวราง (Fastening Repeated Load Test), 13.ความ ต้านแรงด้านข้าง,	Torque Test), 11. ความต้านแรงยกขึ้น ของเครื่องยึดเหนี่ยว ราง (Fastening Uplift Test), 12. ความต้านการล้าของ เครื่องยึดเหนี่ยวราง (Fastening Repeated Load Test), 13.ความต้าน แรงด้านข้าง, 14. ความต้านการ เคลื่อนที่ตามแนวราง ของเครื่องยึดเหนี่ยว ราง, 15.ความต้าน แรงกระทำซ้ำ ด้านข้างวัสดุฝังยึด (สำหรับวัสดุฝังยึดที่ มีลักษณะเป็น

ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
			9) Wear/abrasion (I). 10) Electrical Impedance (I&R). 11) Single tie lateral push (for research).		2) Rail seat repeated load test: the sleeper shall be able to support the test load for at least 3 min. 3) Development length and ultimate load test: the slippage of the tendon shall not exceed 0.025 mm. -Test loads (P1, P2, P3, P4) shall be calculated from the cracking moment (Mcr).		14.ความต้านการ เคลื่อนที่ตามแนว รางของเครื่องยึด เหนี่ยวราง, 15. ความต้านแรง กระทำซ้ำด้านข้าง วัสดุฝังยึด (สำหรับวัสดุฝังยึด ที่มีลักษณะเป็น เกลียว), 16.ขนาด ทาง, 17.ความ ต้านทานไฟฟ้า และความ ต้านทานลัดวงจร	เกลียว), 16.ขนาด ทาง, 17.ความ ต้านทานไฟฟ้า และ ความต้านทาน ลัดวงจร

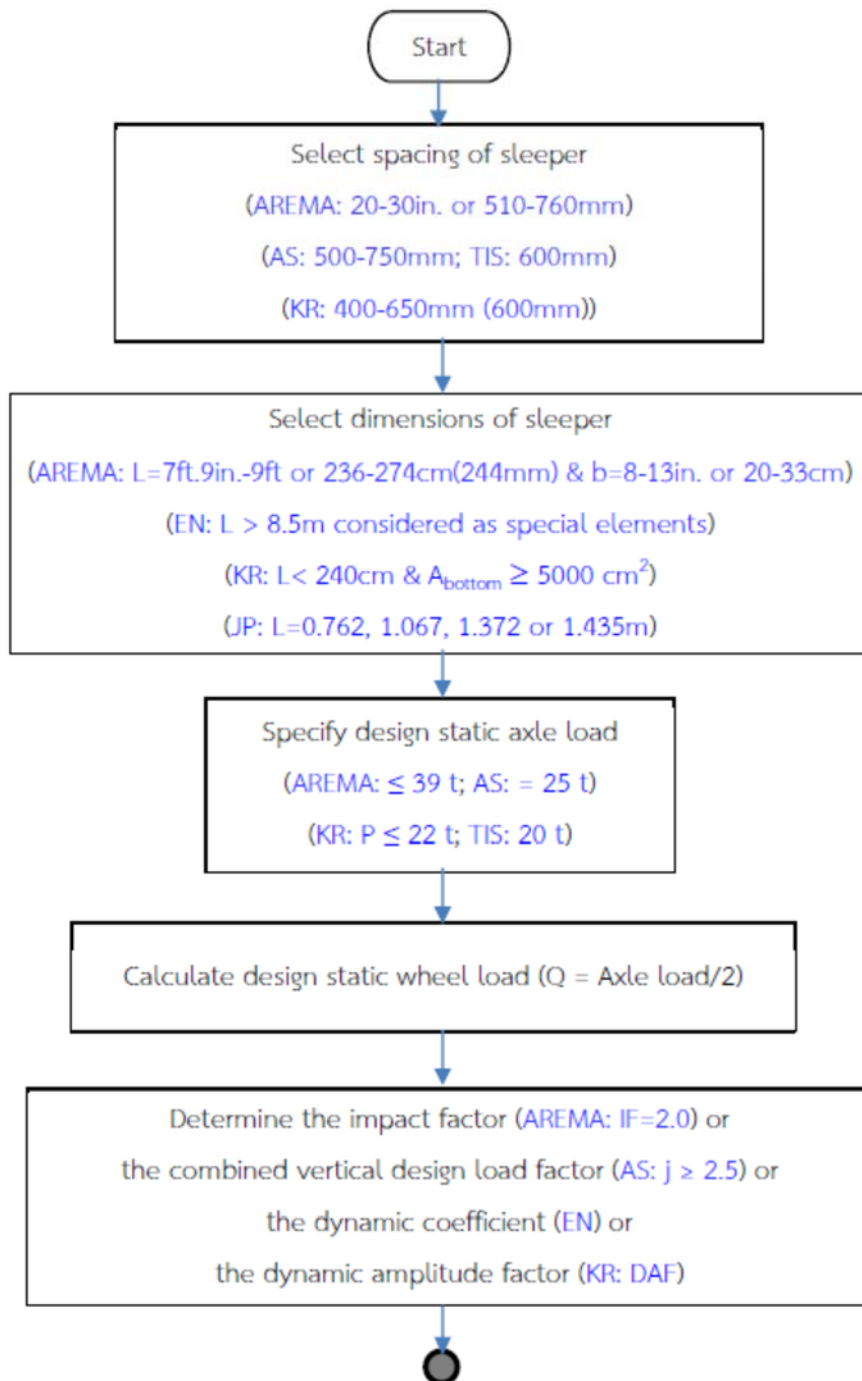
ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
Design	KR-C14030:2016 -Determine of design cross section according to the theory of elasticity. -Strain is linearly proportional to the distance from the neutral axis. - Ignore the tensile strength of concrete.	prEN13230-6:2015: -Two methods (both methods can be mixed) 1) Experim ental method (measuring from existing sleepers) 2) Theoret ical method -Provides design guidance in 1) Derivati	-	-	AS1085.14:2012: -Designed as fully prestressed sections where the limiting stresses are based on the fatigue resistance of the concrete. -The minimum length of the sleeper shall be determined by the bond development requirements of the prestressing tendons, and the base width shall then be determined	N/A	-	-

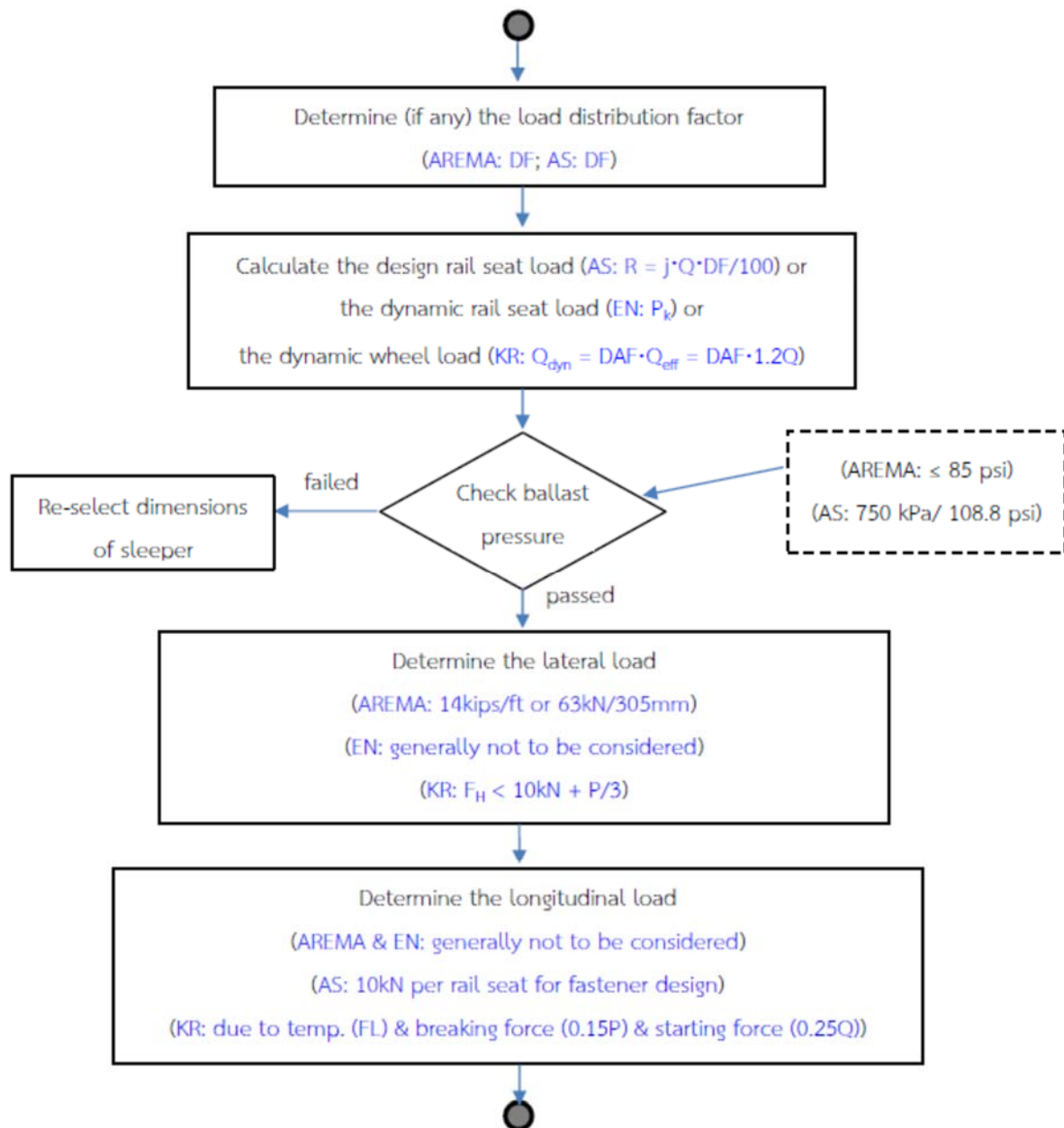
ตารางที่ 5-36 การเปรียบเทียบมาตรฐานการหมอนรองราง: ระบบรางที่ใช้หินโรยทาง (ต่อ)

Topic/ Subtopic	(1) ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลี	(2) กลุ่มประเทศ สหภาพยุโรป	(3) ประเทศสหรัฐอเมริกา	(4) ประเทศญี่ปุ่น	(5) ประเทศออสเตรเลีย	(6) CHINA	SRT	MRTA
		on of characteristic loads and test loads; 2) Calculat ion of characteristic and test bending moments			by the allowable bearing pressure. -Consideration need not to be given to checking sleeper sections for stresses other than flexural stresses.			

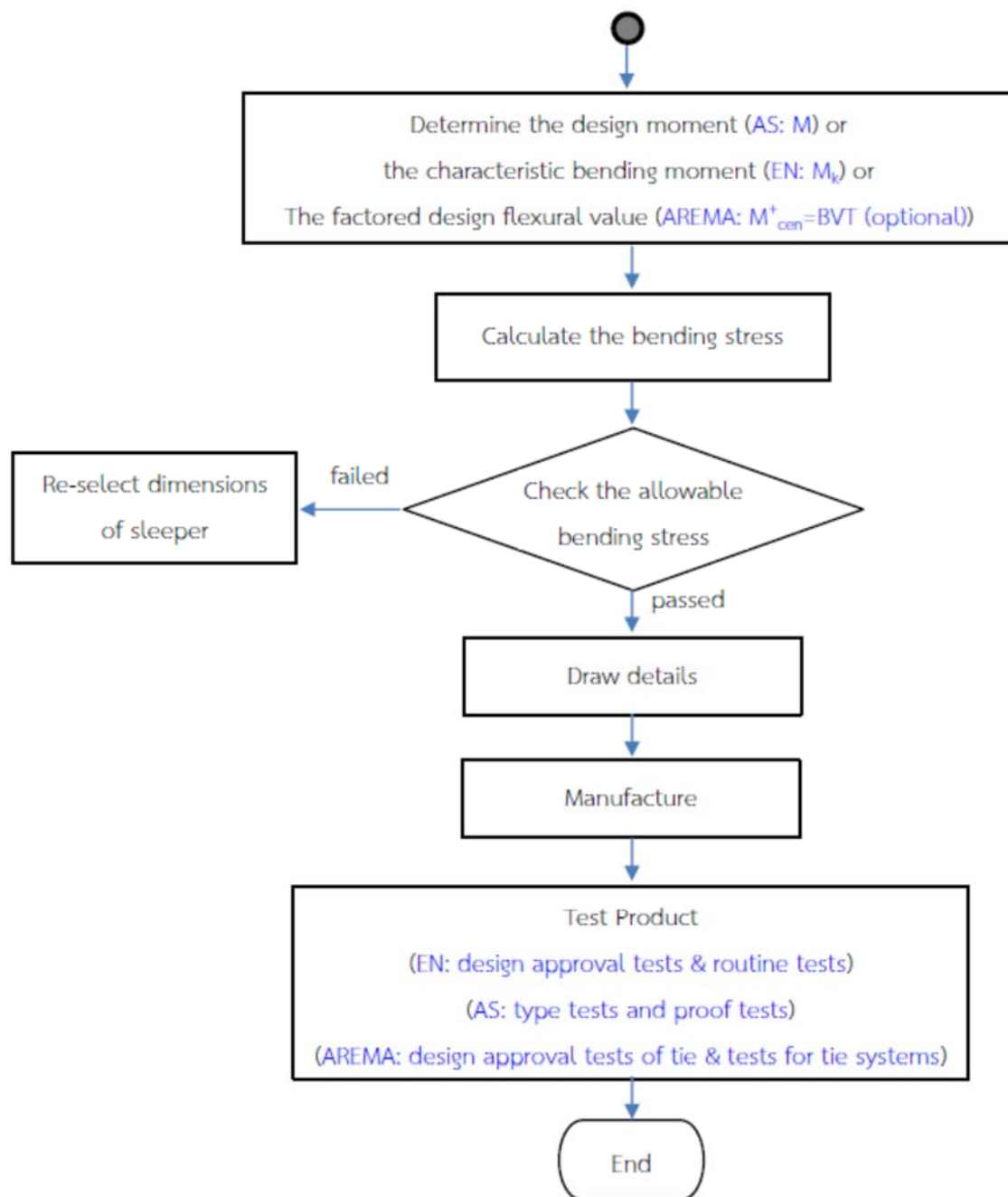
Procedure of a Concrete Sleeper Design



รูปที่ 5-111 ภาพรวมขั้นตอนการออกแบบหมอนคอนกรีต



รูปที่ 5-110 ภาพรวมขั้นตอนการออกแบบหมอนคอนกรีต (ต่อ)

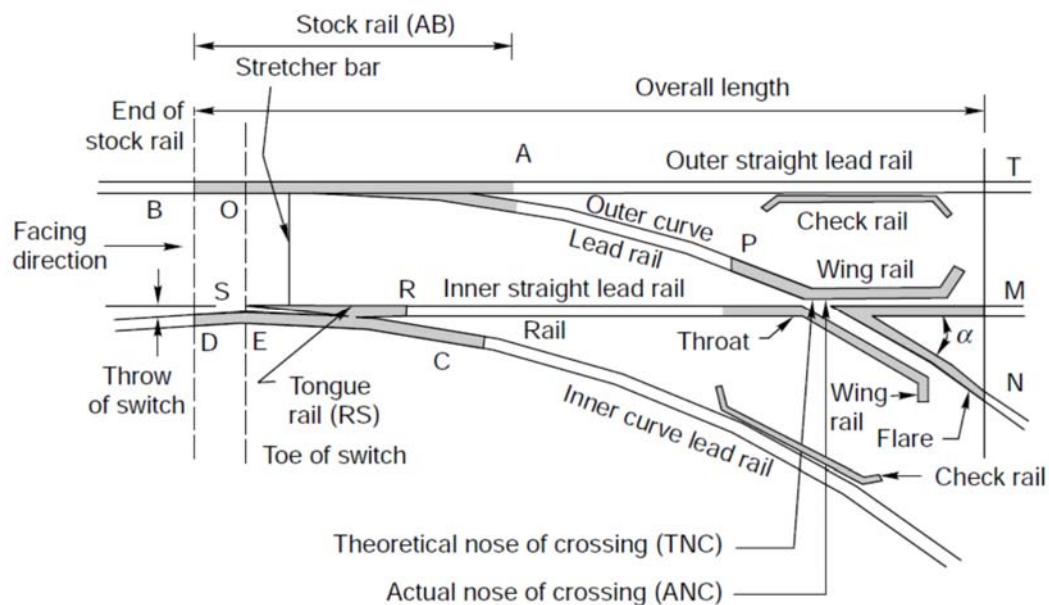


รูปที่ 5-110 ภาพรวมขั้นตอนการออกแบบหมอนคอนกรีต (ต่อ)

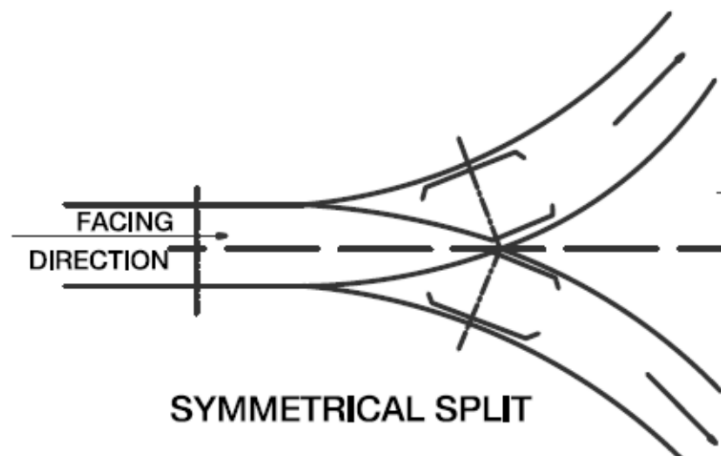
5.7.7 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการประแจ และ จุดตัด (Turnout and Crossing)

หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

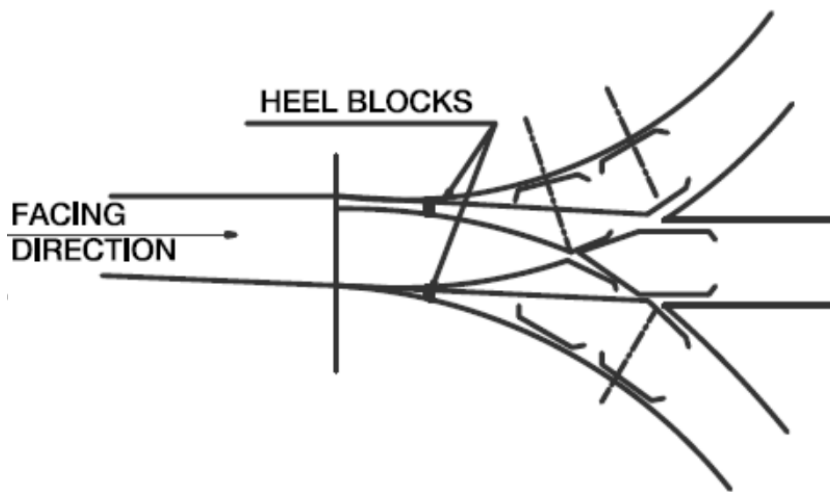
ประแจ (Turnout) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้สำหรับให้รถไฟเดินเบี่ยงจากทางเดิมได้ในทิศทางที่ต้องการ โดยประแจจะมีกลไกที่สามารถควบคุมได้ด้วยคันกลับที่ตัวประแจ สายลวดดึงรอก หรือในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเป็นระบบมอเตอร์ไฟฟ้า รูปแบบของประแจมีหลากหลาย ขึ้นอยู่กับรูปแบบการเบี่ยงหรือตัดกันของเส้นทาง โดยมีทั้งประแจเบี่ยงเลี้ยว ประแจเบี่ยงรูปสองง่าม หรือประแจทางตัด เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 5-111 ถึง รูปที่ 5-118 ในขณะเดียวกันเมื่อแนวเส้นทางมากกว่าหนึ่งเส้นทางมีการมาบรรจบกันหรือตัดกันก็จะเกิดจุดตัดขึ้น (Crossing) ซึ่งบริเวณจุดตัดก็จะต้องมีการออกแบบส่วนประกอบเป็นพิเศษเพื่อความปลอดภัยของรถไฟ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างทางรถไฟซึ่งจะทำให้เกิดการกระทบต่อล้อรถไฟ



รูปที่ 5-112 ประแจแบบ Right-Hand Turnout

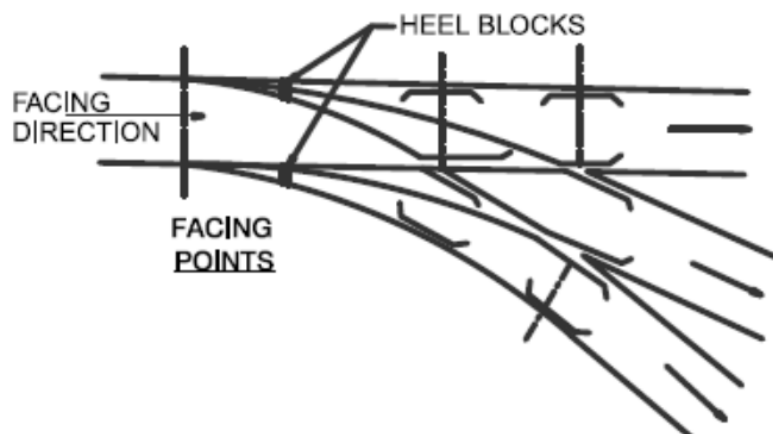


รูปที่ 5-113 ประแจแบบ Symmetrical Split Turnout



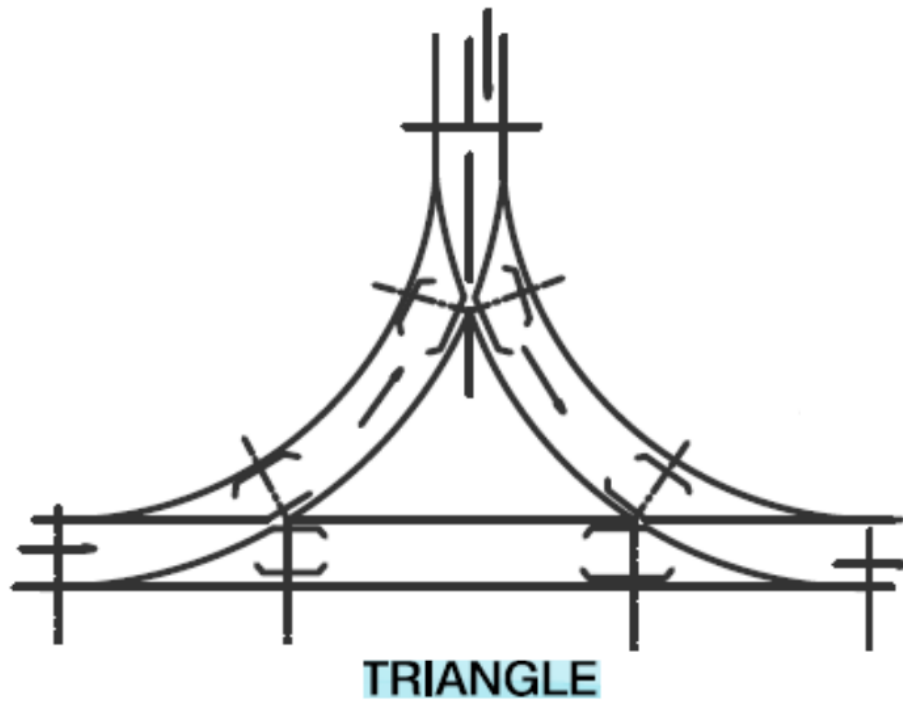
THREE THROW SWITCH (CONTRARY FLEXURE)

รูปที่ 5-114 ประแจแบบ Three Throw Switch Turnout (Contrary Flexure)

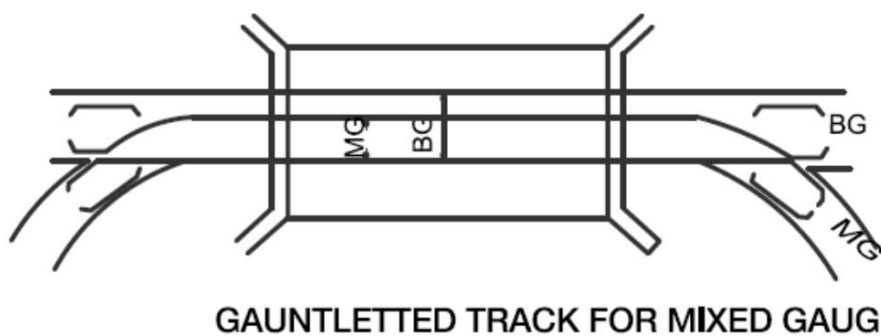


THREE THROW SWITCH (SIMILAR FLEXURE)

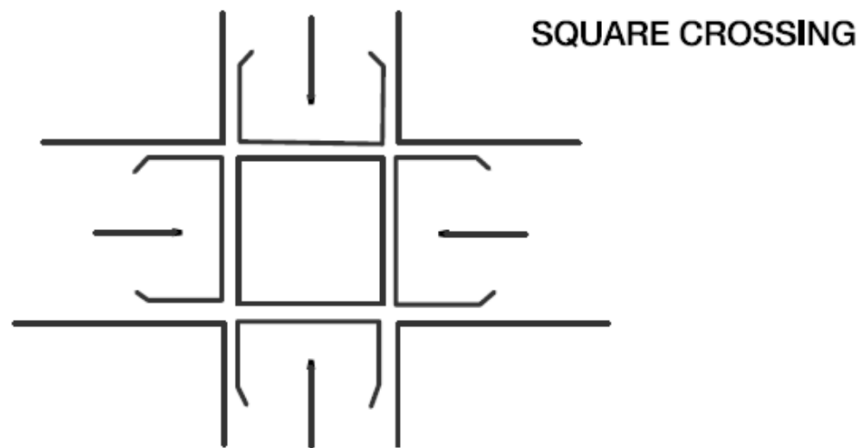
รูปที่ 5-115 ประแจแบบ Three Throw Switch Turnout (Similar Flexure)



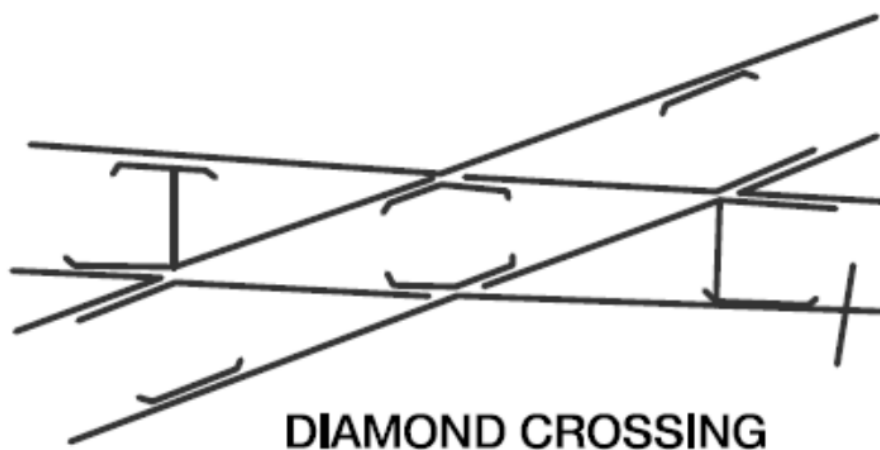
รูปที่ 5-116 ประแจแบบ Triangle



รูปที่ 5-117 ประแจแบบ Gauntleted



รูปที่ 5-118 จุดตัดทางรถไฟแบบ Square Crossing



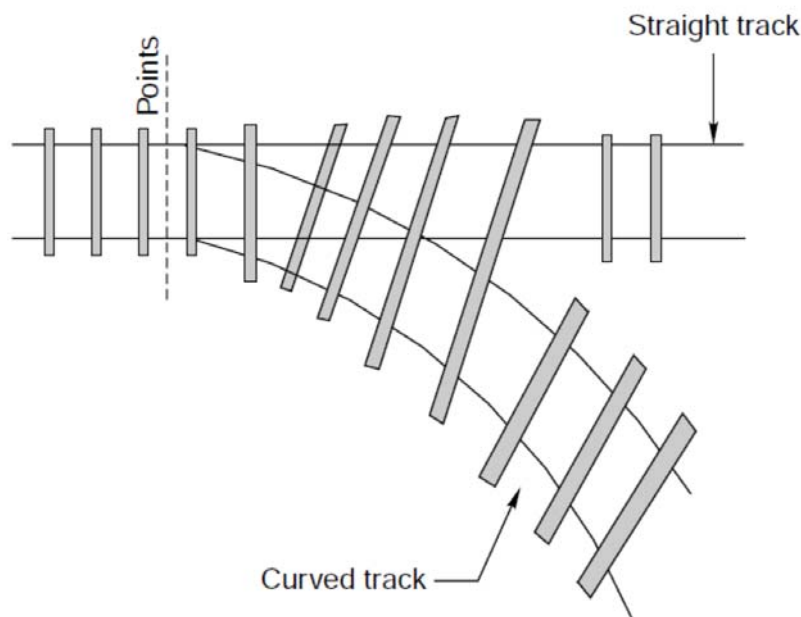
รูปที่ 5-119 จุดตัดแบบ Diamond Crossing

ประแจโดยทั่วไปจะเป็นประแจเบี่ยง โดยมีทั้งประแจเบี่ยงซ้าย (Left Hand Turnout) และประแจเบี่ยงขวา (Right Hand Turnout) ดังรูปที่ 5-111 โดยขณะขบวนรถไฟผ่านประแจแล้วเดินตรงไปหรือเบี่ยงทิศทางก็ได้ (เช่นในรูปที่ 5-111 รถไฟวิ่งจากซ้ายไปขวา) เรียกลักษณะประแจนี้ว่าประแจสวน (Facing-Point Movement) ในทางกลับกัน ถ้าขบวนรถเดินจากทางรถไฟสองทาง ผ่านประแจเข้าสู่ทางเดียว ก็จะเรียกประแจลักษณะนี้ว่าประแจตาม (Trailing-Point Movement) หากประแจมีได้อยู่ในทางที่ถูกต้อง ล้อก็จะฝืนกับประแจจนทำให้ประแจเสียหายได้ เรียกว่าประแจถูกรีด (Trailed)

องค์ประกอบโดยทั่วไปของประแจมีดังนี้

- 1) Stock Rail เป็นรางปกติที่พาดผ่านประแจ
- 2) Switch Rail, Tongue Rail รางสั้น มีหน้าที่บังคับล้อรถไฟให้ไปในทิศทางที่ต้องการ
- 3) Switch มีหน้าที่ขยับรางสั้นไปในทางที่ต้องการ
- 4) Stretcher Bar มีหน้าที่ยึดรางสั้นให้เคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กัน

- 5) Check Rail – Wing Rail รากกัน มีหน้าที่ประคองล้อรถไฟให้ผ่านจุดตัดในทิศทางที่ต้องการ
- 6) Crossing, Nose, Frog ตะเฆ่ จุดตัดระหว่างสองเส้นทาง เป็นส่วนที่ต้องทำให้แข็งแรงเป็นพิเศษ เพราะต้องรับแรงสะท้อนจากขบวนรถ ซึ่งในปัจจุบันนิยมให้ตะเฆ่ที่มีความแข็งแรงกว่ารางปกติและหล่อสำเร็จรูปจากโรงงาน เพื่อความคงทนและความรวดเร็วในการซ่อมบำรุงประแจ นอกจากนี้ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาตะเฆ่ที่ขยับได้ (Moveable Nose Crossing) เพื่อลดแรงกระแทกและยอมให้รถไฟแล่นผ่านด้วยความเร็วที่สูงขึ้นได้อีกด้วย
- 7) Turnout Sleeper หมอนรองประแจ มีหน้าที่รองรับแรงกระทำจากประแจ ซึ่งอาจมีขนาดต่างจากหมอนบนทางปกติ ดังแสดงในรูปที่ 5-119

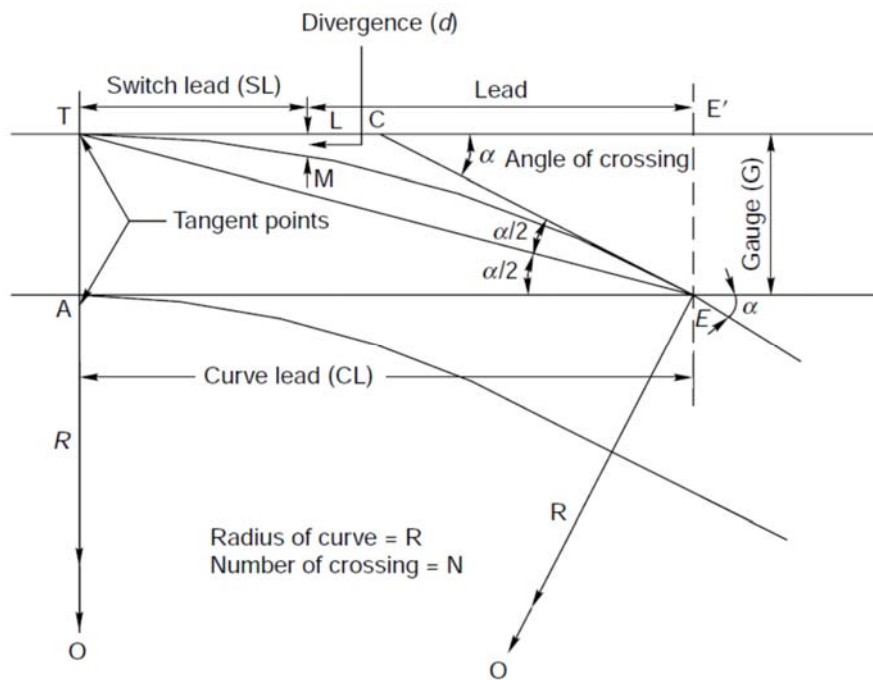


รูปที่ 5-120 ตัวอย่างรูปแบบของหมอนรองรับประแจ

หลักการทำงานของประแจคือใช้กลไกบังคับรางรางลื่นให้อยู่ในท่าที่ต้องการ เพื่อบังคับทิศทางของล้อรถไฟให้ไปในทิศทางที่ต้องการ ยกตัวอย่างกรณีวงสวนประแจเบี่ยงขวา โดยรถไฟจะวิ่งมาจากทางตรงปกติ เมื่อต้องการทำทางเลี้ยวไปด้านขวา รางลื่นก็จะขยับไปแนบกับรางของล้อด้านซ้าย ซึ่งรางลื่นก็จะบังคับล้อรถไฟให้โค้งออกไปตามแนวเบี่ยงขวา เมื่อล้อด้านซ้ายของรถไฟวิ่งมาถึงจุดตัด (Crossing) ล้อทั้งสองข้างก็จะเข้าสู่ทางเบี่ยงอย่างเต็มตัว ซึ่งกลไกดังกล่าวจะเกิดขึ้นกับทุก ๆ ชุดล้อของรถไฟและทำให้รถไฟสามารถแล่นไปทางขวาได้ ในทางกลับกันถ้ากลับประแจให้รางลื่นชิดกับรางของล้อด้านขวา ก็จะทำให้รถไฟเดินตรงไปตามปกติ

ด้วยลักษณะทางกายภาพของประแจจะมีลักษณะเป็นการบังคับให้รถไฟเลี้ยวไปตามรัศมีโค้ง โดยความกว้างของรัศมีโค้ง (R) นั้นแปรผันไปกับมุมของประแจ (α) และความกว้างของทางรถไฟ (Gauge) ดังแสดงในรูปที่ 5-120 ซึ่งการเลี้ยวโค้งบนประแจมีลักษณะพิเศษจากการเลี้ยวโค้งทั่วไปคือ ไม่มีการยกโค้ง (Super Elevation) ดังนั้นเมื่อรถไฟเปลี่ยนทิศทางโดยประแจก็จะเกิดแรงสู่ศูนย์กลางที่แปรผันกับรัศมี

โค้งและความเร็วของรถไฟ โดยจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนต่อตัวรถรวมทั้งตัวผู้โดยสารด้วยเช่นกัน จากเหตุผลดังกล่าวทำให้การออกแบบจะต้องคำนึงถึงความเร็วของรถไฟที่วิ่งผ่านประแจ เพื่อนำมาใช้ในการเลือกมุมของประแจและองค์ประกอบต่าง ๆ ให้เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการใช้งาน นอกจากนี้ ในการใช้งานจริงนิยมเรียกมุมประแจอยู่ในรูปของอัตราส่วนต่อความยาว 1:N (N = number of crossing)



รูปที่ 5-121 ความสัมพันธ์ของมุมประแจและรัศมีโค้ง

ผลการทบทวนมาตรฐานสำหรับประแจและจุดตัด

หน้าที่การทำงานหลักของประแจคือ ต้องสามารถเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของรถไฟให้วิ่งผ่านไปด้วยความเร็วที่กำหนดได้อย่างปลอดภัย ซึ่งพฤติกรรมของโครงสร้างของประแจขณะที่รถไฟวิ่งผ่านนั้นจะมีแรงกระแทกเนื่องจากการเปลี่ยนทิศทางของล้อรถไฟรวมทั้งความไม่สม่ำเสมอบนหน้าสัมผัสของล้อและรางบริเวณประแจ นอกจากนี้ยังมีแรงสู่ศูนย์กลางที่ถ่ายทอดมาจากรถไฟขณะเลี้ยวโค้งด้วยความเร็ว จากเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นต้องกำหนดมาตรฐานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ในประแจ รวมทั้งรูปทรงของประแจให้สอดคล้องกับความเร็วที่ใช้ออกแบบ โดยสามารถแบ่งหมวดหมู่ตามส่วนประกอบหลักได้ดังนี้

- 1) รูปทรงของประแจและทางตัดประแจ (Turnout and Crossing Geometry) รูปทรงของประแจต่าง ๆ รวมทั้งมุมประแจ จะเป็นไปตามความต้องการของระบบการเดินรถ ซึ่งจะเกี่ยวกับความเร็วผ่านในเส้นทางเปลี่ยนทางรถไฟของทางรถไฟ
- 2) ทางตัดรางรถไฟ, ตะเฆ่ (Crossing, Frog) ทางตัดรางรถไฟจะต้องทนทานต่อการสึกหรอและติดตั้งง่าย โดยปัจจุบันนิยมใช้แบบหล่อสำเร็จเป็นชิ้นเดียวมาจากโรงงาน

- 3) รางประคองลิ้น และรางเสริม (Stock and Closure Rails) รางของประแจทั้งหมด ยกเว้นรางลิ้น (switch rail) และรางกัน (Check Rail) ส่วนใหญ่จะใช้หน้าตัดรูปทรงเดิมที่มีคุณสมบัติเหมือนกับ รางบนทางรถไฟปกติ
 - 4) รางลิ้น (Switch Rail) จะต้องมียูปร่างที่เหมาะสมกับล้อรถไฟใหม่ และล้อรถไฟที่มีความสึก รวมทั้งต้องมีค่าความแข็งที่เพียงพอ
 - 5) ระบบเครื่องยึดเหนี่ยวราง (Fastening System) ระบบเครื่องยึดเหนี่ยวรางในประแจจะต้องมี คุณสมบัติทางไฟฟ้าตามที่ต้องการและชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ในเครื่องยึดเหนี่ยวรางในประแจควร จะมีชิ้นส่วนที่ใช้ร่วมกันได้ในทางรถไฟทั่วไป
 - 6) แผ่นเหล็กรองรับรางเลื่อน (Sliding Base Plates) แผ่นเหล็กรองรับรางเลื่อนควรสามารถรองรับการใ้ งานได้โดยไม่ต้องมีการการบำรุงรักษาโดยใช้วัสดุหล่อลื่น ลูกล้อของแผ่นเหล็กรองรับรางเลื่อนอาจมี ระบบการปรับของลูกล้อที่สามารถปรับได้ทั้งทิศทางแนวราบและแนวตั้ง
 - 7) หมอนคอนกรีต ประแจจะถูกยึดติดเข้ากันหมอนคอนกรีต โดยต้องสามารถรองรับแรงต่าง ๆ ที่ส่ง ลงมาจากประแจได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย
- อย่างไรก็ตาม มาตรฐานโดยส่วนใหญ่จะแบ่งหัวข้อซึ่งครอบคลุมถึงคุณสมบัติของชิ้นส่วนข้างต้นไว้ เป็นหมวดหมู่ดังนี้
- 1) General Design ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับหลักการในการเลือกรูปทรงของประแจและจุดตัดที่เหมาะสม กับความเร็วต่าง ๆ
 - 2) Main Constructional Design ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการออกแบบรายละเอียดวัสดุ รูปร่างและ ขนาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้สามารถรองรับการใช้งานได้ โดยมีการคำนึงถึงพฤติกรรมต่าง ๆ เช่น พฤติกรรมการสัมผัสกันของล้อและราง (Wheel-Rail Interaction) พฤติกรรมของเครื่องยึด เหนี่ยวราง เป็นต้น
 - 3) Detailed Component Design ซึ่งเกี่ยวกับรายละเอียดของระบบกลไกบังคับและการออก รายละเอียดของชิ้นส่วนขั้นสุดท้ายก่อนนำไปผลิต
 - 4) Acceptance เป็นส่วนของการทดสอบและประเมินคุณภาพของชิ้นส่วนประแจ

มาตรฐานของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

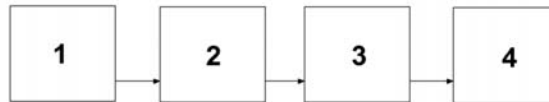
มาตรฐาน EN ของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC ที่เกี่ยวกับประแจและจุดตัดคือ

- 1) EN 13232 Railway applications -Track -Switches and crossings
- 2) EN 13674-2 Railway Applications -Track – Rail part 2 – Switch and crossing rails used in conjunction with Vignole rails 46 กก./ม. and above
- 3) EN 13674-3 Railway Applications -Track – Rail part 3 – Check rails

โดยมีขั้นตอนที่สำคัญสี่ขั้นตอนคือ (รูปที่ 5-121)

- 1) GENERAL DESIGN ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการหลักการในการเลือกรูปทรงของประแจและ จุดตัดที่เหมาะสมกับความเร็วต่าง ๆ

- 2) MAIN CONSTRUCTIONAL DESIGN ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการออกแบบรายละเอียดวัสดุ รูปร่างและขนาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้สามารถรองรับการใช้งานได้ โดยมีการคำนึงถึงพฤติกรรมต่าง ๆ เช่น พฤติกรรมการสัมผัสกันของล้อและราง)wheel-rail interaction พฤติกรรมของเครื่องยึดเหนี่ยวราง เป็นต้น (
- 3) DETAILED COMPONENT DESIGN ซึ่งเกี่ยวกับรายละเอียดของระบบกลไกบังคับและการออกรายละเอียดของชิ้นส่วนขั้นสุดท้ายก่อนนำไปผลิต
- 4) ACCEPTANCE เป็นส่วนของการทดสอบและประเมินคุณภาพของชิ้นส่วนประจ

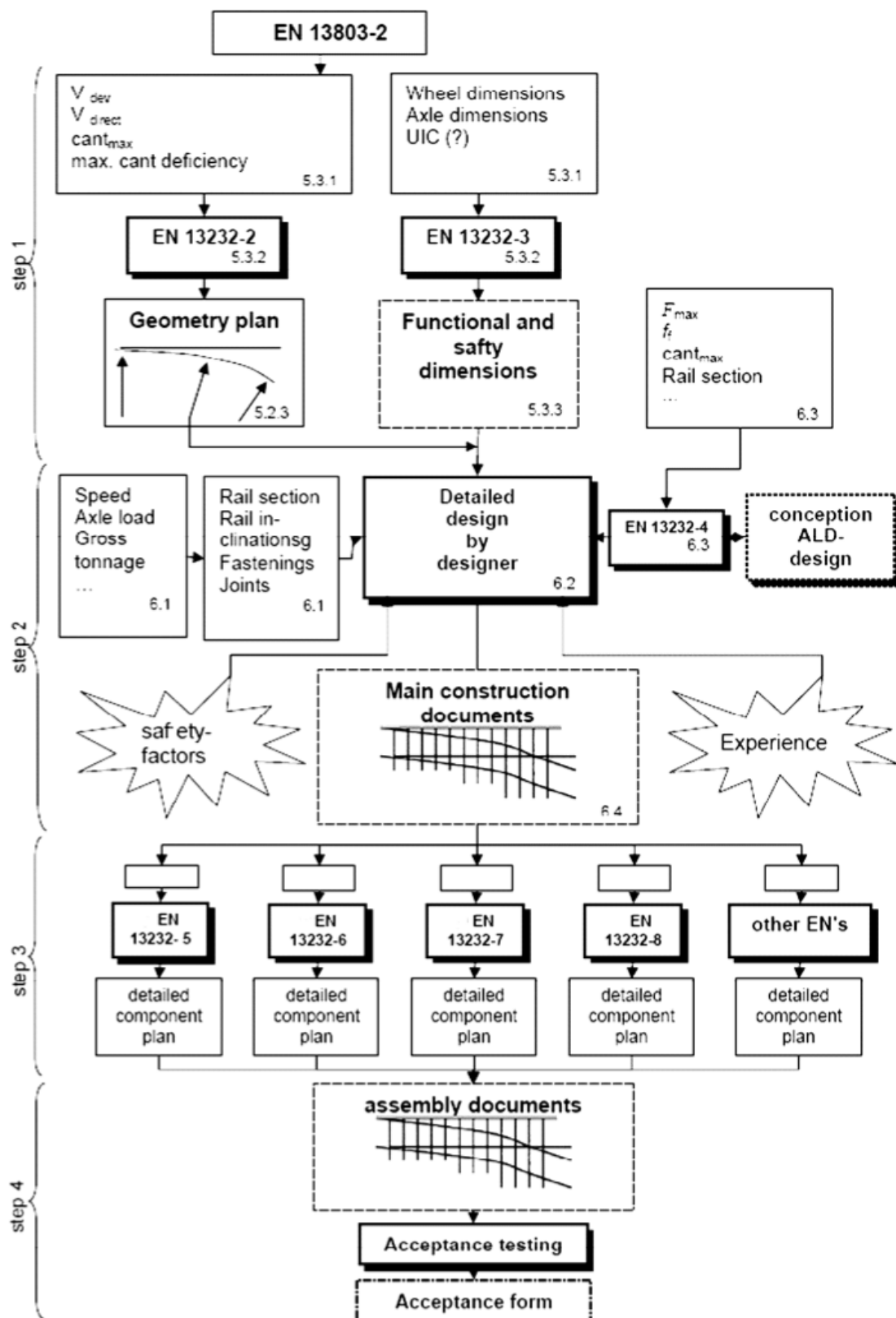


Key

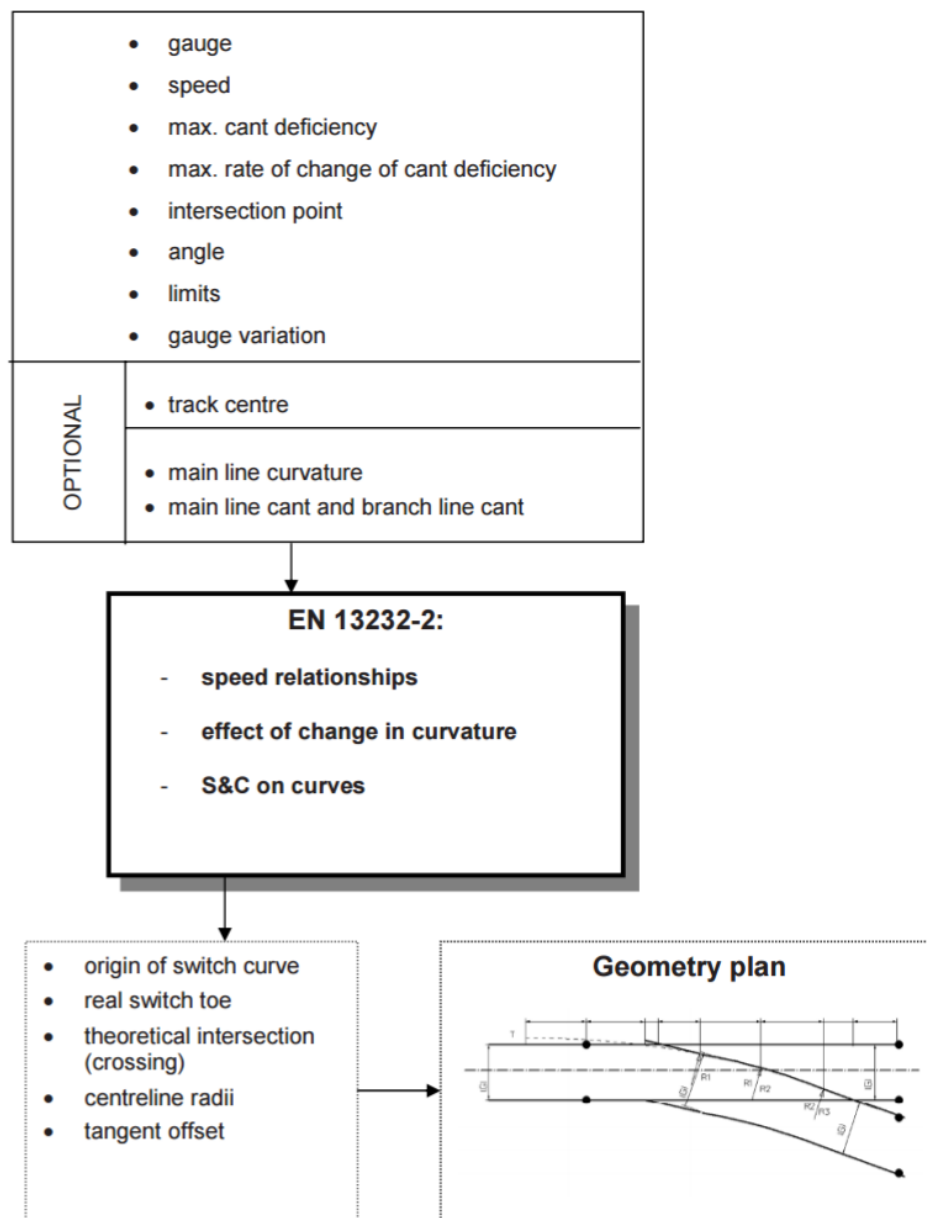
- 1 step 1: General design
- 2 step 2: Main constructional design
- 3 step 3: Detailed component design
- 4 step 4: Acceptance

รูปที่ 5-122 สี่ขั้นตอนหลักของการออกแบบประจและจุดตัดตามมาตรฐานยุโรป

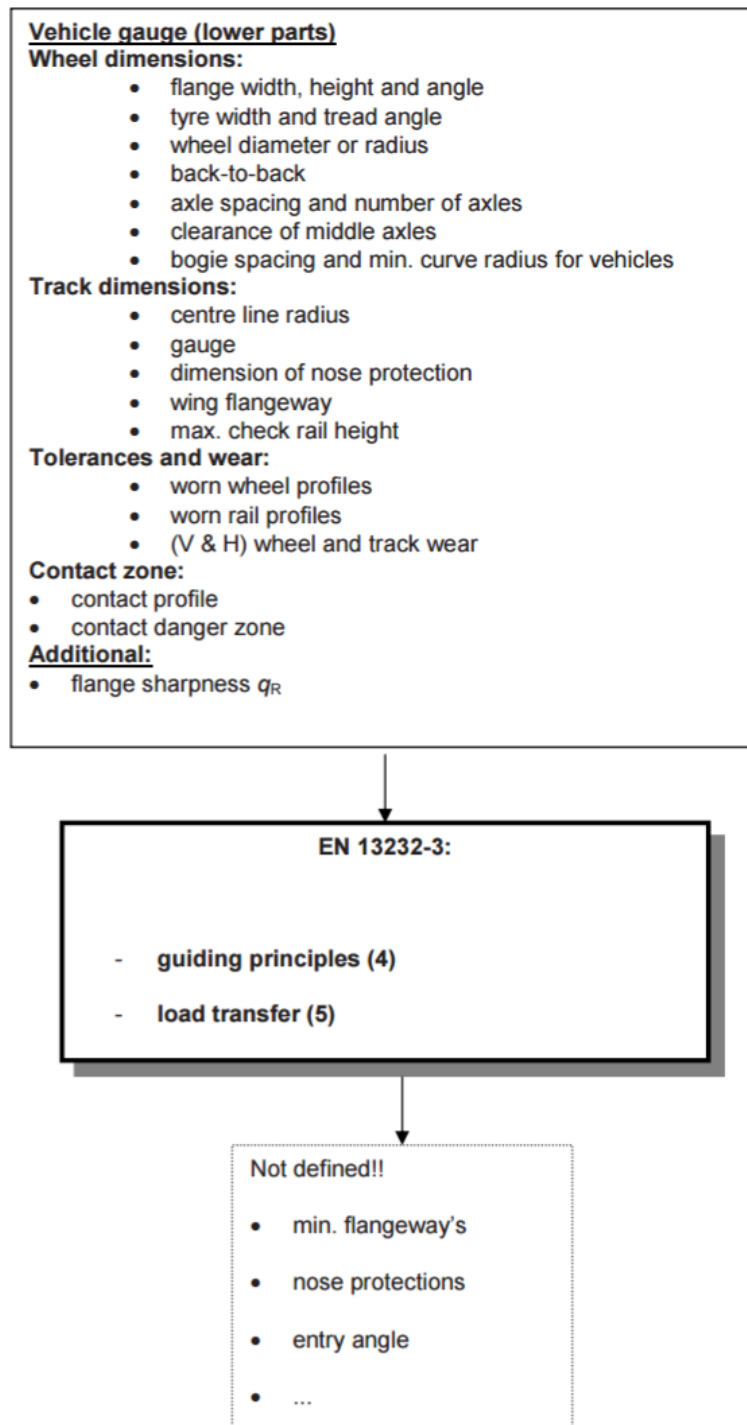
นอกจากนี้ มาตรฐาน EN ยังได้กล่าวถึงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 5-122 ถึง รูปที่ 5-128



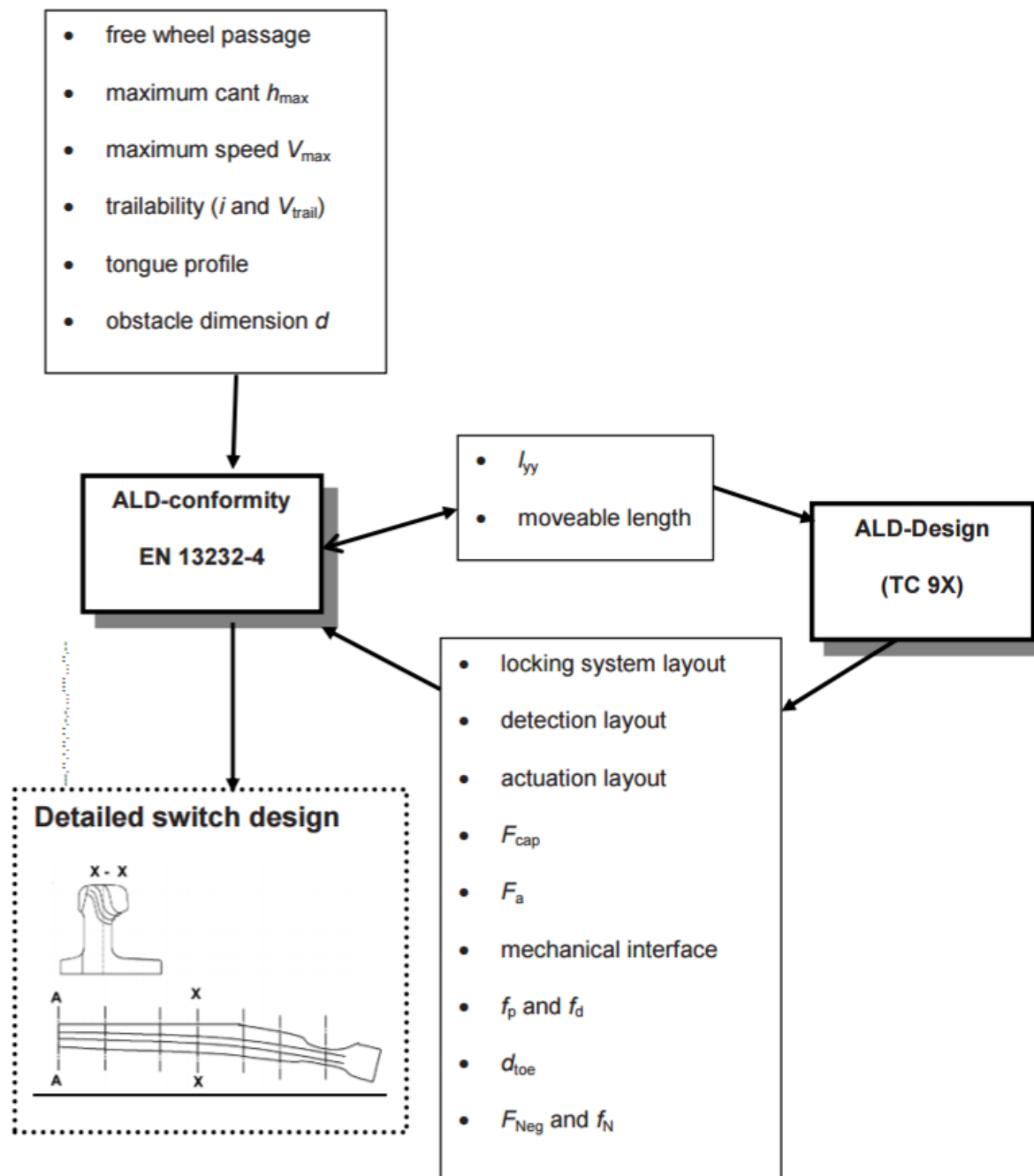
รูปที่ 5-123 แผนภูมิแสดงภาพรวมของขั้นตอนการออกแบบประแจและจุดตัดตามมาตรฐานยุโรป



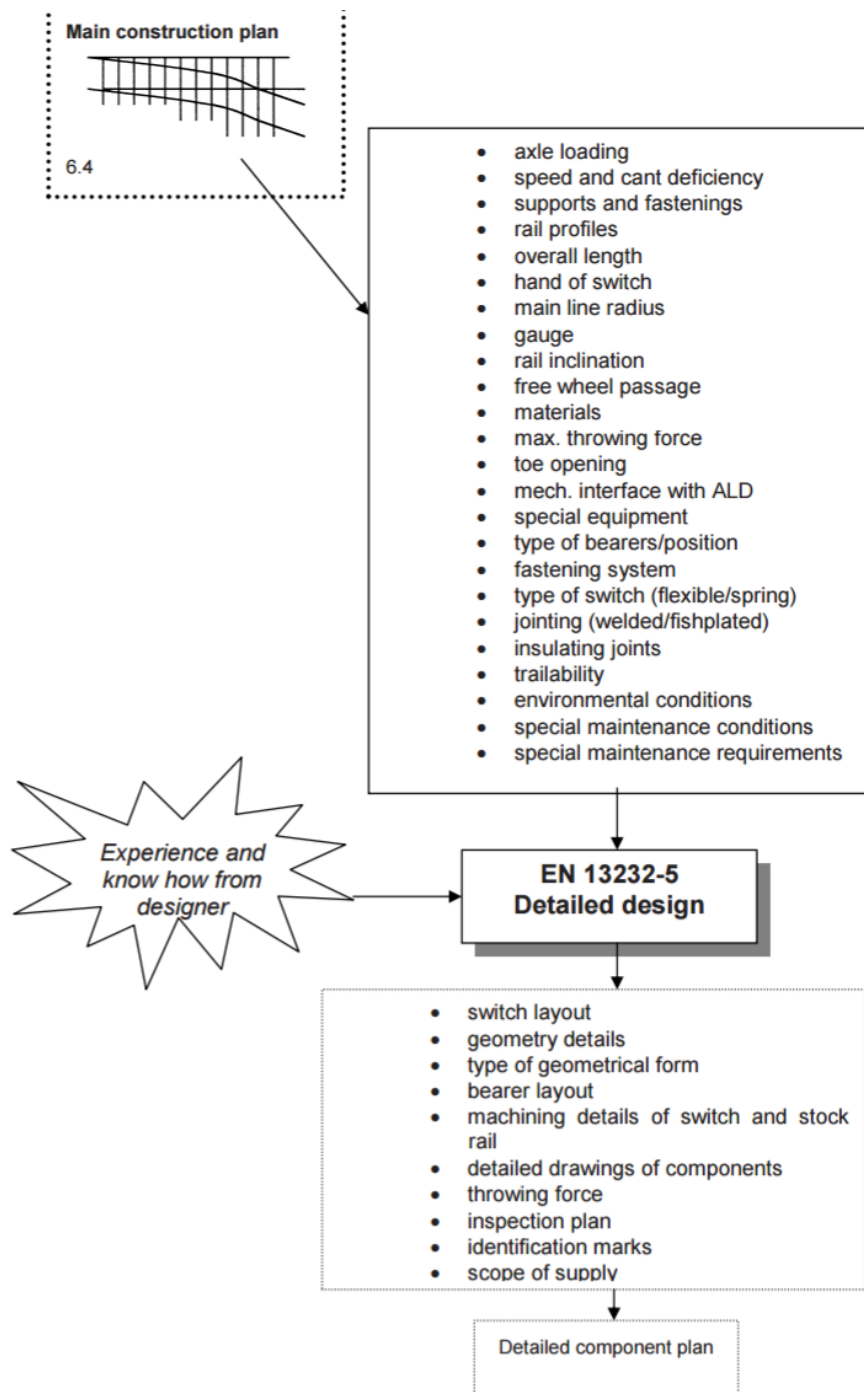
รูปที่ 5-124 การออกแบบประแจและจุดตัดตามมาตรฐานยุโรปสำหรับรูปร่างโดยรวม



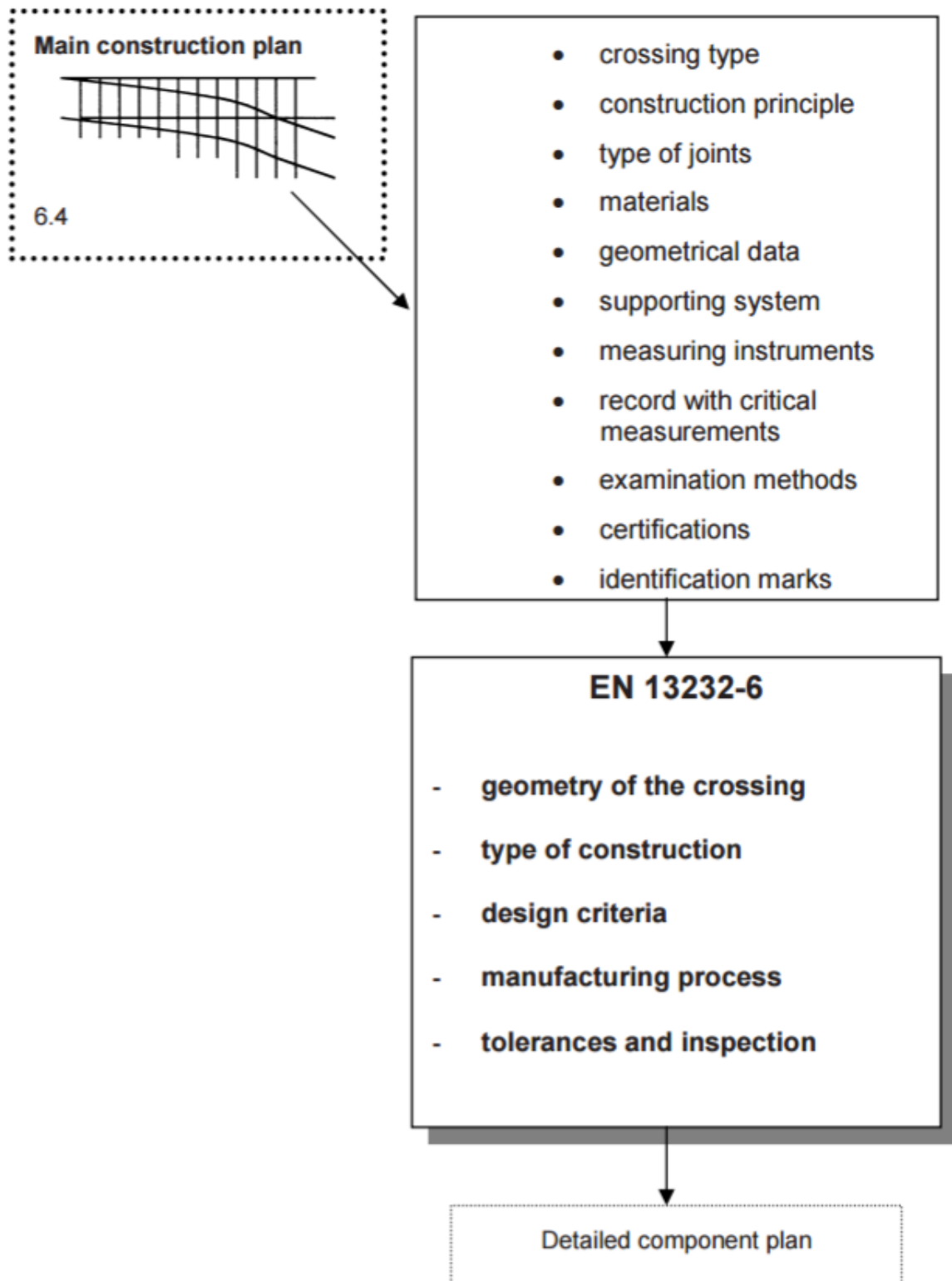
รูปที่ 5-125 การออกแบบประแจและจุดตัดตามมาตรฐานยุโรปเพื่อรองรับพฤติกรรมการสัมผัสกันของล้อและราง (Wheel-Rail Interaction)



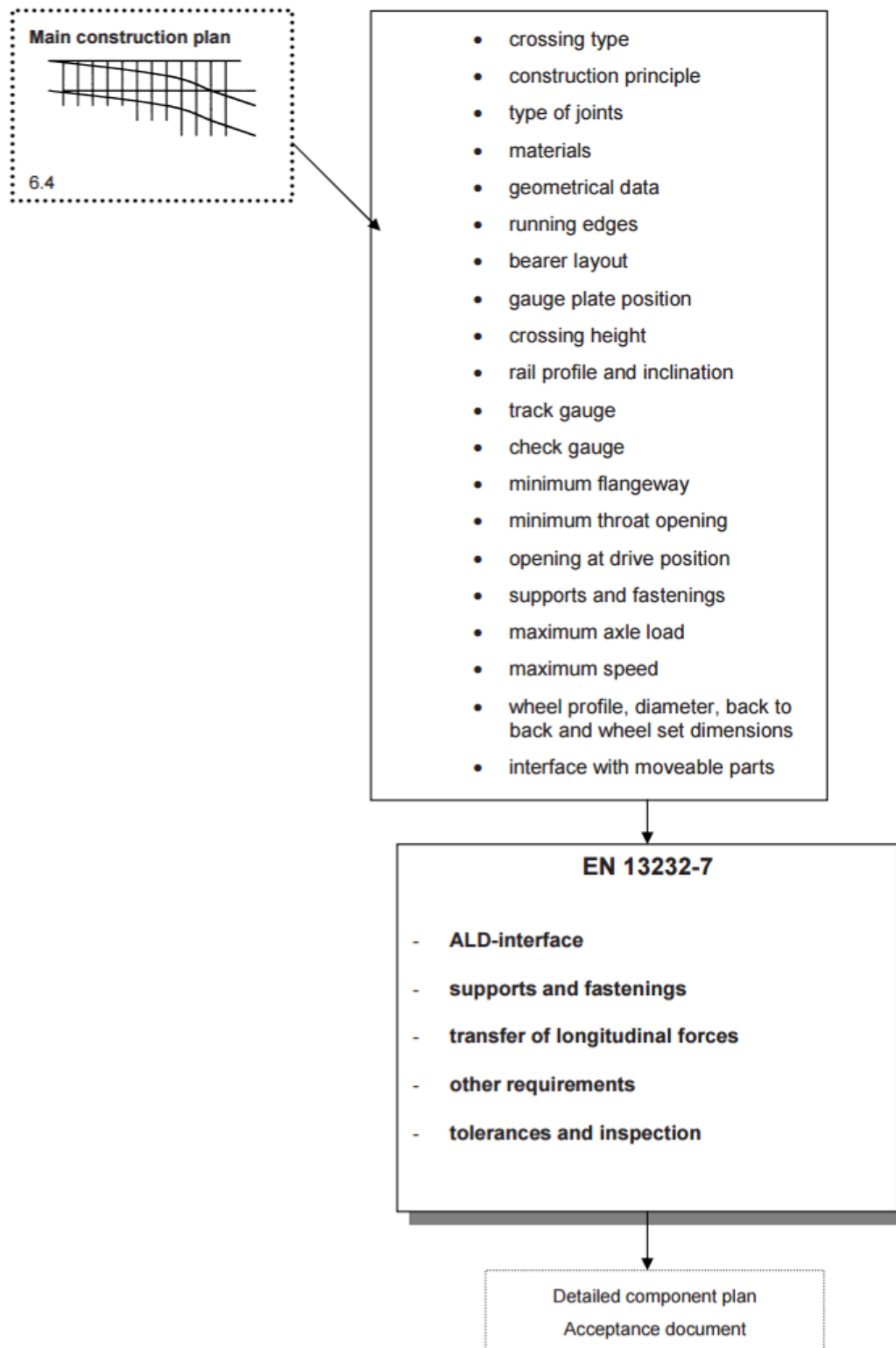
รูปที่ 5-126 การออกแบบประแจและจุดตัดตามมาตรฐานยุโรปสำหรับกลไกการสับราง



รูปที่ 5-127 การออกแบบประแจและจุดตัดตามมาตรฐานยุโรปสำหรับรายละเอียดบริเวณ Switch



รูปที่ 5-128 การออกแบบประแจและจุดตัดตามมาตรฐานยุโรปสำหรับรายละเอียดบริเวณจุดตัดแบบตายตัว (Fixed Crossing)



รูปที่ 5-129 การออกแบบประแจและจุดตัดตามมาตรฐานยุโรปสำหรับรายละเอียดบริเวณจุดตัดแบบเคลื่อนตัวได้
(Moveable Crossing)

มาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย

มาตรฐาน AS 1085 Railway track material Part 21 : “Turnouts, switches and crossings”

ได้แบ่งขั้นตอนการออกแบบประแจไว้ดังนี้

- 1) Turnout Design ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับหลักการในการเลือกรูปทรงของประแจและจุดตัดที่เหมาะสมกับความเร็วต่าง ๆ
- 2) Manufacture ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพของวัสดุ ขั้นตอนการผลิต รูปร่างและขนาดของชิ้นส่วน
- 3) Interfaces ซึ่งเกี่ยวกับจุดเชื่อมต่อระหว่างประแจและทางรถไฟเดิม โดยอาจประกอบด้วยเรื่องการนำไฟฟ้า การเชื่อมชุดประแจเข้ากับรางเดิมและพฤติกรรมระหว่างทางรถไฟและโครงสร้าง)Track-Structure Interface(
- 4) Product Acceptance เป็นส่วนของการทดสอบและประเมินคุณภาพของชิ้นส่วนประแจ

ตารางที่ 5-37 มาตรฐานของประแจและจุดตัดของประเทศออสเตรเลีย

Turnout Design
● General
● Design Parameters
● Tangential
● Secant
Manufacture
● Materials, Tests And Standards
● Rails, Fishplates And Sleeper Plates
● Castings
● Manganese Steel Castings
● Fastening
● Flame Cutting
● Welding
● Hardening
● Rail Drilling
● Sawing And Machining
● Riveting

ตารางที่ 5-37 มาตรฐานของประแจและจุดตัดของประเทศออสเตรเลีย (ต่อ)

Manufacture
● Fitting
● Forgings
● Cast Iron Blocks
● Cast Steel Blocks
● Special Heel Bolt Ferrules
● Nylon Bushes
● Epoxy Gluing Of Crossings
● Switch Assembly
● Crossing Assembly
● Tolerances
● Stamping
● Match Marking
● Painting And Coating
● Final Assembly And Inspection
● Preparation For Dispatch
Interfaces
● General
● Operating Equipment
● Insulation
● Installation
● Track And Structure Interfaces
Product Acceptance
● General
● Type Approval
● Certificate Of Compliance
● Trial Assembly
● Assembly Maintenance Manuals And Drawings

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

องค์กร AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้จัดทำคู่มือ Manual for Railway Engineering โดยคู่มือดังกล่าวได้กล่าวถึงประแจและจุดตัดในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- 1) SECTION 3.4 SPEEDS OF TRAINS THROUGH LEVEL TURNOUTS ซึ่งกล่าวถึงการเลือกรูปทรงของทางรถไฟที่สอดคล้องกับความเร็วรถไฟในระดับต่าง ๆ
- 2) SECTION 4.2 PROPER USAGE OF THE VARIOUS TYPES OF FROGS ซึ่งกล่าวถึงการเลือกใช้ชนิดของตะเฒ่าสำหรับทางรถไฟแบบต่าง ๆ
- 3) SECTION 5.11 RECOMMENDED PRACTICES FOR SWITCH POINT AND STOCK RAIL CHANGEOUT ซึ่งกล่าวถึงการตรวจสอบและซ่อมบำรุงประแจ

มาตรฐานที่ใช้งานในโครงการระบบรางของไทย

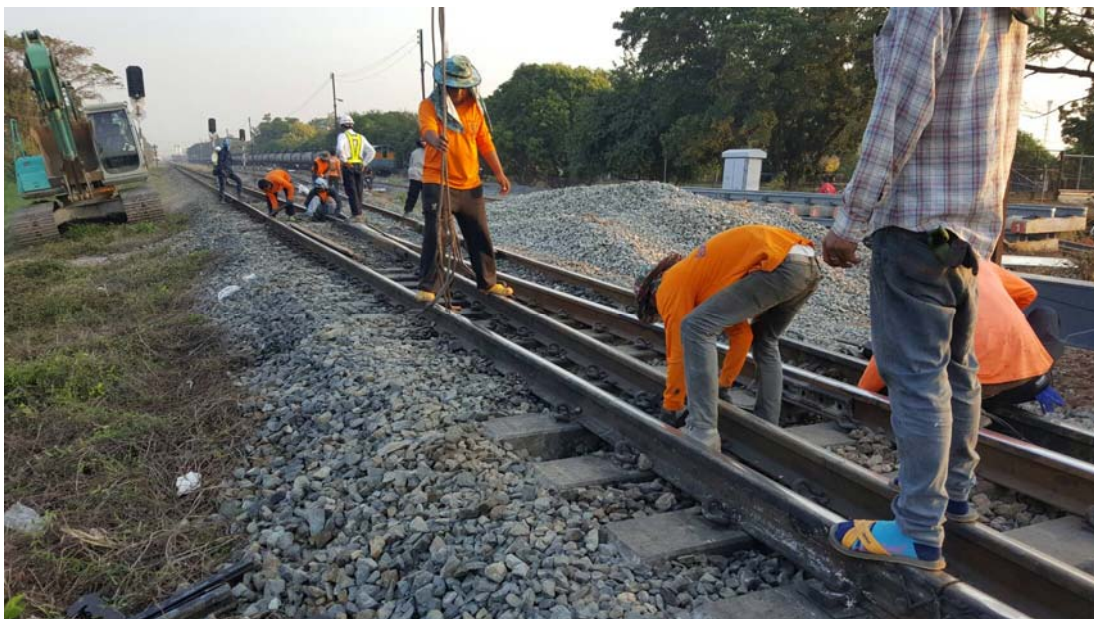
ในโครงการรถไฟฟ้ามหานครในประเทศไทยได้มีการนำมาตรฐานของต่างประเทศมาใช้เช่น โครงการระบบขนส่งกรุงเทพมหานคร ช่วงบางรี-สมุทรปราการ โดยมีการอ้างอิงถึงมาตรฐาน

- 1) EN 13674-2 Railway Applications -Track – Rail part 2 – Switch and crossing rails used in conjunction with Vignole rails 46 กก./ม. and above
- 2) EN 13674-3 Railway Applications -Track – Rail part 3 – Check rails
- 3) EN 13230-1 “ :Railway Applications – Track – Concrete sleepers and bearers Part .1“ :General Requirements.”
- 4) EN 13230-4 “ :Railway Applications – Track Concrete sleepers and bearers Part .4“ :Pre-stressed bearers for turnouts and crossings.”
- 5) UIC 866 “Technical Specification for the supply of cast manganese steel crossings for turnout and crossing work”

ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับประแจและจุดตัดในด้านการออกแบบ ติดตั้งและทดสอบ นอกจากนี้ ในส่วนของการรถไฟแห่งประเทศไทยก็มีคู่มือในการออกแบบ ติดตั้งและซ่อมบำรุงประแจด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 5-129 ถึง รูปที่ 5-134 แสดงการติดตั้งประแจใหม่ที่สถานีบึงพระ จังหวัดพิษณุโลก



รูปที่ 5-130 การเตรียมการถอดประแจเดิมออกจากทางรถไฟ



รูปที่ 5-131 การถอดประแจเดิมออกจากทางรถไฟ



รูปที่ 5-132 ประแจใหม่ที่รอการติดตั้ง



รูปที่ 5-133 การבודัดหินใต้ประแจใหม่



รูปที่ 5-134 การปรับรางสำหรับประแจใหม่



รูปที่ 5-135 การเชื่อมประแจใหม่เข้ากับรางเดิม

สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานสำหรับประแจและจุดตัด

จากการทบทวนมาตรฐานของประแจและพบว่า มาตรฐานยุโรปและออสเตรเลียจะกำหนดขั้นตอนการออกแบบประแจให้เหมาะสมกับความเร็วของรถไฟที่จะแล่นผ่าน รวมไปถึงกำหนดรายละเอียดการตรวจสอบคุณภาพของประแจ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันประแจโดยส่วนใหญ่จะถูกผลิตมาเป็นแบบสำเร็จรูปพร้อมติดตั้ง ซึ่งผู้ผลิตสามารถผลิตให้มีคุณสมบัติได้ตามที่ผู้ต้องการเช่น ความเร็วที่ยอมให้รถไฟแล่นผ่าน น้ำหนักลงเพลลา ความกว้างของทางรถไฟ เป็นต้น นอกจากนี้โครงการระบบรางในประเทศไทยส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะนำเข้าประแจสำเร็จรูปมาติดตั้งเป็นหลัก ที่ปรึกษาจึงเห็นว่าการกำหนดมาตรฐานประแจของประเทศไทยนั้น ควรเน้นไปที่การทดสอบคุณภาพและสมรรถนะของประแจ รวมทั้งพัฒนาฝีมือในการซ่อมบำรุงให้การใช้งานประแจเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5.7.8 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานประแจและจุดตัด

ตารางที่ 5-38 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานประแจและจุดตัด

Topic		Geometry & Component			
Sub Topic		Running Speed	Layout	Switch	Crossing
Engineering Principal		ความเร็วในการเข้าประแจ ซึ่งกำหนดได้จากรัศมีโค้งของประแจ โดยจะเกี่ยวข้องกับมุมประแจและค่าการยกโค้งส่วนขาตที่ย่อมให้	รูปร่างโดยความของประแจ ซึ่งเกี่ยวข้องกับข้อกำหนดในการวางตำแหน่งประแจบนทางวิ่ง การเลือกชนิดของจุดตัด ตำแหน่งและความยาวของรางประคอง เป็นต้น	ข้อกำหนดของลิ้นประแจซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนทิศทางของรถไฟ รูปร่าง ความแข็งแรง การบังคับลิ้น กลไกการทำงาน เป็นต้น	ข้อกำหนดของจุดตัด ซึ่งมีรายละเอียดของรูปร่าง ระยะเผื่อของล้อ ความแข็งแรง การประกอบ จุดตัดแบบขยับได้ เป็นต้น
Remark	EN		มีการให้รายละเอียดของแนวทางการออกแบบทางกายภาพ ทั้งการออกแบบลิ้นประแจ จุดตัด รวมไปถึงหมอนรองประแจ โดยต้องกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำที่ต้องการก่อน เช่น ความเร็วรถไฟ น้ำหนักงล้อ เป็นต้น ทั้งนี้ มาตรฐานยังกล่าวถึงแนวทางในการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถไฟขณะแล่นผ่านประแจ เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยด้วยเช่นกัน		
	USA		มีการให้รายละเอียดของแนวทางการออกแบบทางกายภาพ ทั้งการออกแบบลิ้นประแจ จุดตัด รวมไปถึงหมอนรองประแจ โดยต้องกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำที่ต้องการก่อน เช่น ความเร็วรถไฟ น้ำหนักงล้อ เป็นต้น ทั้งนี้ มาตรฐานยังกล่าวถึงแนวทางในการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถไฟขณะแล่นผ่านประแจ เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยด้วยเช่นกัน		
	AUS		คล้ายคลึงกับมาตรฐานยุโรป โดยมีการให้รายละเอียดของแนวทางการออกแบบทางกายภาพ ทั้งการออกแบบลิ้นประแจ จุดตัด รวมไปถึงหมอนรองประแจ โดยต้องกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำที่ต้องการก่อน เช่น ความเร็วรถไฟ น้ำหนักงล้อ เป็นต้น ทั้งนี้ มาตรฐานยังกล่าวถึงแนวทางในคำนวณค่าพิกัดบนโค้งประแจในรูปแบบต่างด้วยเช่นกัน		
	China		คล้ายคลึงกับมาตรฐานยุโรป โดยมีการให้รายละเอียดของแนวทางการออกแบบทางกายภาพ ทั้งการออกแบบลิ้นประแจ จุดตัด รวมไปถึงหมอนรองประแจ โดยต้องกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำที่ต้องการก่อน เช่น ความเร็วรถไฟ น้ำหนักงล้อ เป็นต้น ทั้งนี้ มาตรฐานยังกล่าวถึงแนวทางในการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถไฟขณะแล่นผ่านประแจ เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยด้วยเช่นกัน		
	TH	Metro	อ้างอิงมาตรฐานยุโรป		
		Intercity	รฟท มีการกำหนดรายละเอียดของแนวทางการออกแบบทางกายภาพ ทั้งการออกแบบลิ้นประแจ จุดตัด รวมไปถึงหมอนรองประแจ โดยต้องกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำที่ต้องการก่อน เช่น ความเร็วรถไฟ น้ำหนักงล้อ เป็นต้น		
Conclusion		กำหนดตามมาตรฐานยุโรป	ให้เป็นไปตามมาตรฐานของผู้ผลิต (product standard)		

ตารางที่ 5-38 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานประแจและจุดตัด (ต่อ)

Topic			Geometry & Component		
Sub Topic			Bearer	Other component / Fastener, Check rail	Wheel-rail interaction
Engineering Principal			หมอนรองประแจ ซึ่งมีรายละเอียดของลักษณะการวาง และการถ่ายแรงจากรถไฟ เป็นต้น	รายละเอียดและคุณสมบัติขององค์ประกอบอื่นๆเช่น อุปกรณ์ยึดเหนี่ยว รางประคอง เป็นต้น	การตรวจสอบของพฤติกรรมการสัมผัสกันของล้อและรางบริเวณลิ้นประแจและจุดตัด ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความไม่ต่อเนื่องของผิวทาง และจะทำให้เกิดการกระแทกขึ้น
Remark	EN				มีการคำนึงถึงการกำหนดรูปร่างของชิ้นส่วนต่างๆ โดยเฉพาะลิ้นประแจและจุดตัด ซึ่งเป็นจุดที่ล้อและรางมีการเปลี่ยนแปลงจุดสัมผัสขณะแล่นผ่าน รวมทั้งคำนึงถึงการสึกหรอที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน
	USA				N/A
	AUS		มีการกำหนดแนวทางต่างๆของการเรียงหมอน รวมไปถึงการติดตั้งแผ่นรองเลื่อน (sliding plate) บริเวณประแจ	มีการกำหนดคุณสมบัติตามมาตรฐานของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวปกติ	มีการกล่าวถึงการสัมผัสกันของล้อและรางในบริเวณประแจ โดยเน้นที่การควบคุมรูปร่างของการสัมผัสกันให้เป็นไปตามที่ออกแบบ รวมทั้งการดูแลระยะเพื่อของช่องว่างเพื่อให้ล้อวิ่งผ่านได้อย่างปลอดภัย
	China				มีการคำนึงถึงการกำหนดรูปร่างของชิ้นส่วนต่างๆ โดยเฉพาะลิ้นประแจและจุดตัด ซึ่งเป็นจุดที่ล้อและรางมีการเปลี่ยนแปลงจุดสัมผัสขณะแล่นผ่าน รวมทั้งคำนึงถึงการสึกหรอที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน
	TH	Metro			
		Intercity			N/A
Conclusion					

ตารางที่ 5-38 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานประแจและจุดตัด (ต่อ)

Topic			Construction & Maintenance	
Sub Topic			Geometry Tolerances	Maintenance procedure
Engineering Principal			ข้อกำหนดของความผิดพลาดของรูปร่างที่ยอมให้	วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาประแจ
Remark	EN		มีการกำหนดถึงค่าความผิดพลาดทางกายภาพที่ยอมให้ ทั้งในการก่อสร้างและขณะใช้งาน	มีการกำหนดแนวทางการซ่อมบำรุงประแจ โดยต้องควบคุมให้ค่าความผิดพลาดทางกายภาพเกิดขึ้นน้อยกว่าค่าที่ยอมให้
	USA		มีการกำหนดถึงค่าความผิดพลาดทางกายภาพที่ยอมให้ ทั้งในการก่อสร้างและขณะใช้งาน	มีการกำหนดแนวทางการตรวจสอบ และรอบการซ่อมบำรุงประแจ โดยต้องควบคุมให้ค่าความผิดพลาดทางกายภาพเกิดขึ้นน้อยกว่าค่าที่ยอมให้
	AUS		มีการกำหนดถึงค่าความผิดพลาดทางกายภาพที่ยอมให้ ทั้งในการก่อสร้างและขณะใช้งาน	มีการกำหนดแนวทางการซ่อมบำรุงประแจ โดยต้องควบคุมให้ค่าความผิดพลาดทางกายภาพเกิดขึ้นน้อยกว่าค่าที่ยอมให้
	China		มีการกำหนดถึงค่าความผิดพลาดทางกายภาพที่ยอมให้ ทั้งในการก่อสร้างและขณะใช้งาน	มีการกำหนดแนวทางการซ่อมบำรุงประแจ โดยต้องควบคุมให้ค่าความผิดพลาดทางกายภาพเกิดขึ้นน้อยกว่าค่าที่ยอมให้
	TH	Metro	อ้างอิงมาตรฐานยุโรป โดยมีการปรับค่า tolerance บางค่าให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง	มีการกำหนดแนวทางการตรวจสอบ และรอบการซ่อมบำรุงประแจ โดยต้องควบคุมให้ค่าความผิดพลาดทางกายภาพเกิดขึ้นน้อยกว่าค่าที่ยอมให้
		Intercity	รฟท มีการกำหนดถึงค่าความผิดพลาดทางกายภาพที่ยอมให้ ทั้งในการก่อสร้างและขณะใช้งาน	มีการกำหนดแนวทางการตรวจสอบ และรอบการซ่อมบำรุงประแจ โดยต้องควบคุมให้ค่าความผิดพลาดทางกายภาพเกิดขึ้นน้อยกว่าค่าที่ยอมให้
Conclusion			กำหนดตามมาตรฐานของไทย โดยในส่วนที่ขาดหายไปจะใช้ตามมาตรฐานยุโรป	ใช้หลักปฏิบัติเดิมของประเทศไทย

5.8 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (INTERFACE BETWEEN TRACK AND OTHER SYSTEMS)

5.8.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

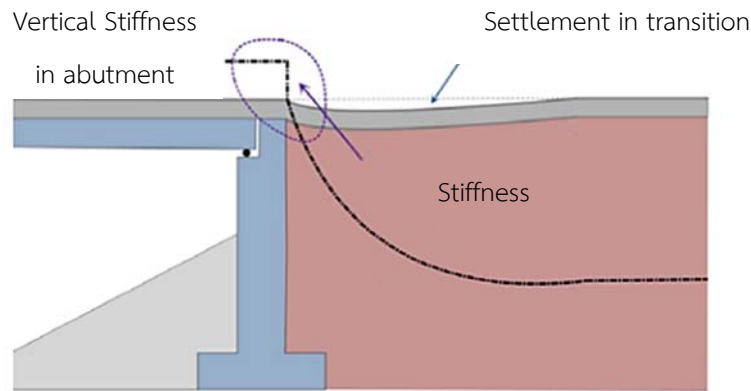
ในการออกแบบระบบทางรถไฟของรถไฟนั้น มีหลักการสำคัญคือต้องสามารถให้รถไฟวิ่งผ่านลักษณะภูมิประเทศต่างๆได้อย่างราบเรียบและมั่นคง (smooth and stable) ซึ่งในสภาพความเป็นจริงทางรถไฟจะมีการตัดผ่านบริเวณที่ลักษณะของโครงสร้างรองรับทางรถไฟมีคุณสมบัติต่างกัน เช่น ทางรถไฟที่วางบนพื้นดินไปสู่สะพานหรืออุโมงค์ (interface between track and bridge, tunnel) หรือทางรถไฟบนแผ่นพื้นคอนกรีตต่างชนิดกัน (interface between different concrete track) เป็นต้น โดยบริเวณดังกล่าวเรียกว่าจุดเปลี่ยนผ่าน (connection zone, transition zone) ซึ่งลักษณะพิเศษของบริเวณดังกล่าวคือเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรง (stiffness) ของทางรถไฟอย่างฉับพลันในระยะทางสั้นๆ และจะทำให้เกิดการกระแทกต่อล้อรถไฟขณะแล่นผ่าน

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้บริเวณดังกล่าวจะครอบคลุมพื้นที่ไม่มาก แต่นับได้ว่าเป็นสาเหตุอันดับต้นๆที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบทางรถไฟ รวมทั้งยังส่งผลต่อความรู้สึกสบายของผู้โดยสาร ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากการเพิ่มขึ้นของแรงพลศาสตร์ (dynamic force) หรือการกระแทก (impact) ที่เกิดขึ้นจากการที่ล้อรถไฟวิ่งผ่านบริเวณที่มีค่าความแข็งแรงต่างกัน โดยพฤติกรรมดังกล่าวยังมีความเกี่ยวข้องกับความเร็วของรถไฟ คุณสมบัติทางด้านพลศาสตร์ของราง ตลอดจนความยาวของจุดเปลี่ยนผ่านอีกด้วย นอกจากนี้การกระแทกของล้อรถไฟและทางรถไฟอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานก็จะส่งผลให้เกิดการหลุดตัวที่ต่างกันระหว่างบริเวณทั้งสองร่วมด้วยเช่นกัน

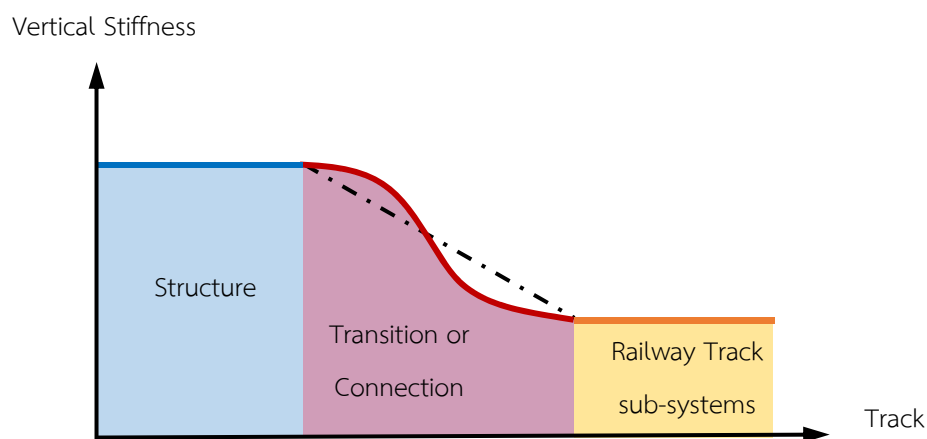
จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของทางรถไฟในบริเวณจุดเปลี่ยนผ่าน ได้แก่

- 1) ผลของสิ่งแวดล้อมภายนอกต่อทางรถไฟ เช่น Axle load สภาพอากาศ ความเร็วขบวนรถ และ การสั่นสะเทือน
- 2) คุณสมบัติทางธรณีวิทยา
- 3) คุณสมบัติของโครงสร้าง เช่น ลักษณะทางสถิติศาสตร์ Bending stiffness การเคลื่อนที่ทางด้านข้าง และการปฏิสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟกับสะพาน

รูปที่ 6.7-1 แสดงถึงการหลุดตัวของดินบริเวณคอสะพานเนื่องจากการรับแรงกระแทกของรถไฟที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในบริเวณดังกล่าว ดังนั้นหลักการสำคัญในการออกแบบก็ต้องลดแรงกระแทกที่เกิดขึ้นจากรถไฟให้น้อยที่สุดเพื่อให้รถไฟแล่นผ่านไปอย่างราบเรียบ ซึ่งวิธีการหนึ่งที่สามารถทำได้คือปรับปรุงค่าความแข็งแรงในบริเวณจุดดังกล่าว ให้แปรเปลี่ยนจากค่ามากที่บริเวณสะพานไปยังค่าที่น้อยกว่าบริเวณงานดินอย่างค่อยเป็นค่อยไป (gradual variation of stiffness) ดังแสดงในรูปที่ 5-136 โดยในปัจจุบันมีการเสนอหลายวิธีในการปรับปรุงบริเวณจุดเปลี่ยนผ่าน เช่น การติดตั้งรางเสริม การปรับปรุงคุณสมบัติของชั้นดิน การติดตั้งแผ่นพื้นใต้ทางรถไฟ (approaching slab) การปรับปรุงค่าความแข็งแรงของแผ่นยางรองราง การปรับปรุงการยึดเหนี่ยวของหินโรยทางด้วยการใช้วัสดุประสาน การปรับปรุงรูปร่างและขนาดของไม้หมอน เป็นต้น ซึ่งข้อแนะนำของมาตรฐานในประเทศต่างๆส่วนใหญ่จะไม่เน้นถึงวิธีการเฉพาะเจาะจงในการปรับปรุงค่าความแข็งแรง แต่จะกล่าวถึงหลักการในการปรับปรุงค่าความแข็งแรงให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป อย่างไรก็ตาม หลักการต่าง ๆ นั้นตั้งอยู่บนพื้นฐานทางวิศวกรรมซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 5-136 ปัญหาการทรุดตัวของดินบริเวณคอสะพาน



รูปที่ 5-137 การแก้ปัญหาโดยใช้คุณสมบัติทางด้านธรณีวิทยา (Vertical stiffness) ณ บริเวณเชื่อมต่อ
(ปรับปรุงจาก Miguel Gouveia Coelho)

ผลของโครงสร้างที่มีต่อบริเวณเชื่อมต่อ

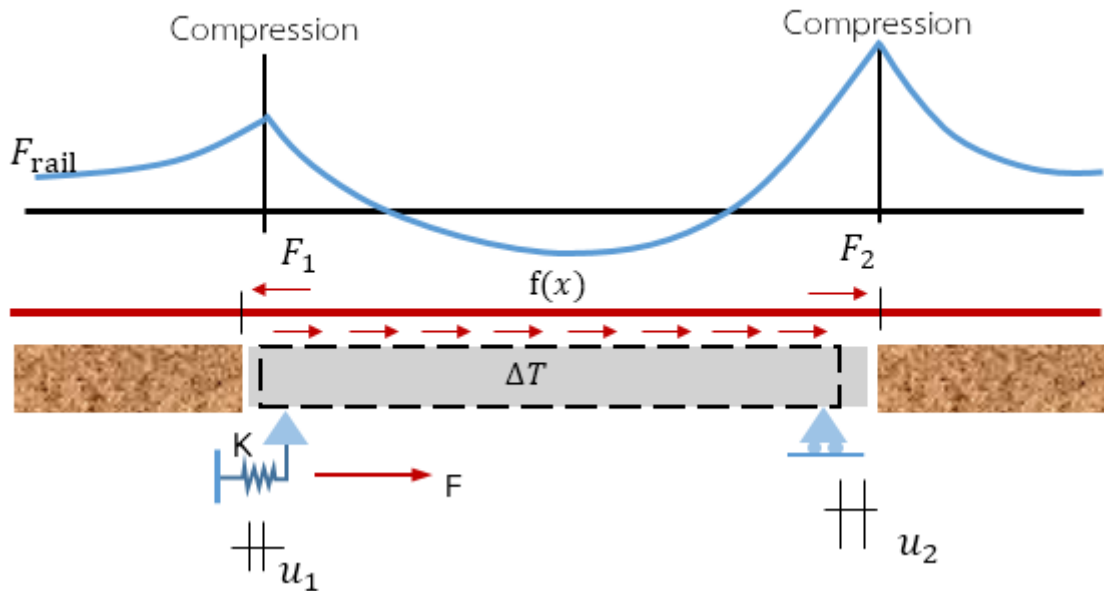
ผลของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟและสะพาน (Track-bridge interaction) มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของบริเวณเชื่อมต่อซึ่งกำลังต้านทานแรงเฉือนมีความสำคัญมาก โดยมีประเด็นที่ต้องพิจารณา 3 ประการคือ

- 1) ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
- 2) แรงเนื่องจากการเบรก
- 3) น้ำหนักจากขบวนรถในแนวตั้ง

ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ในส่วนนี้จะพิจารณากรณีที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีความสม่ำเสมอ และสะพานมีจุดรองรับอย่างง่าย ดังแสดงในรูปที่ 3(a) เมื่อตัวสะพานมีการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิจะพบว่าทำให้เกิดแรงอัดขึ้นในราง (F_{rail}) โดยจะมีค่ามากที่สุดที่จุดรองรับชนิดล้อเลื่อน และในทางตรงกันข้ามเมื่อตัวสะพานมี

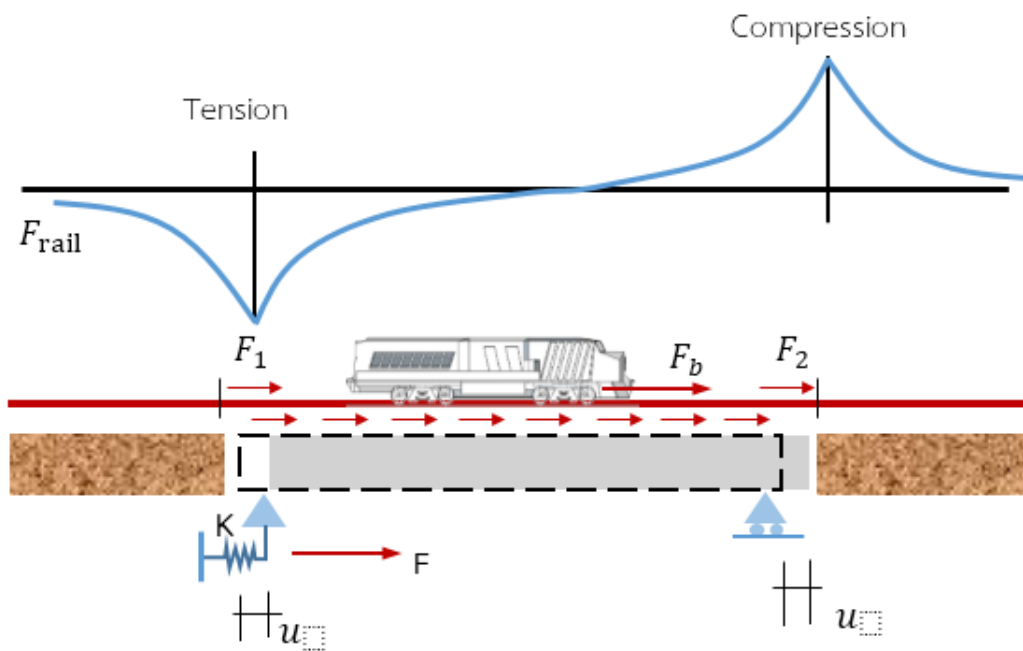
การหดตัวจะทำให้เกิดแรงดึงขึ้นในราง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ตามแนวแกนของตัว สะพานที่ค่าไม่เท่ากัน ($u_2 > u_1$) ผลจากพฤติกรรมดังกล่าวจะทำให้เกิดหน่วยแรงเฉือนขึ้นตรง บริเวณจุดเชื่อมต่อ (Connection zone) ดังแสดงในรูปที่ 5-137



รูปที่ 5-138 การกระจายของหน่วยแรงระหว่างบริเวณเชื่อมต่อกับสะพานที่มีจุดรองรับอย่างง่าย
(ปรับปรุงจาก Miguel Gouveia Coelho)

แรงเนื่องจากการเบรก

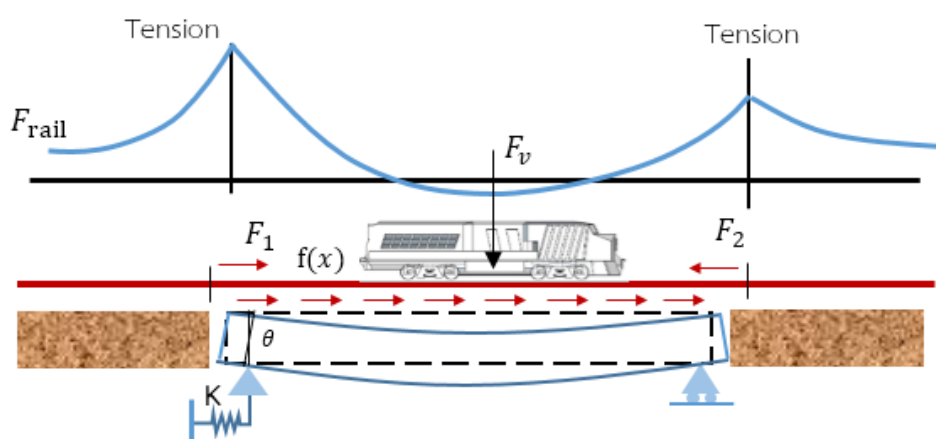
การพิจารณาจะตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าตัวสะพานไม่มีการเคลื่อนที่ตามแนวแกนยาว ดังนั้นค่าการ เสียรูปที่เกิดขึ้น (u) จึงมีค่าเท่ากัน ณ จุดรองรับทั้งสองข้างของตัวสะพาน กรณีนี้จะทำให้เกิดหน่วย แรงอัดขึ้นในส่วนของรางที่อยู่บนบริเวณจุดเชื่อมต่อในทิศทางที่ขบวนรถกำลังมุ่งหน้าไป และ ทำให้ เกิดหน่วยแรงดึงในทิศทางด้านหลังของขบวน ดังแสดงในรูปที่ 5-138



รูปที่ 5-139 การกระจายของหน่วยแรงระหว่างบริเวณเชื่อมต่อกับสะพานที่มีจุดรองรับอย่างง่าย
(ปรับปรุงจาก Miguel Gouveia Coelho)

น้ำหนักจากขบวนรถในแนวตั้ง

ผลของน้ำหนักในแนวตั้งจะทำให้ตัวสะพานเกิดการแอ่นตัว โดยที่จุดรองรับแบบบานพับนั้นจะเกิดการเสียรูปเฉพาะการหมุน แต่สำหรับจุดรองรับแบบล้อเลื่อนนั้นจะมีทั้งการหมุนและการเคลื่อนที่ตามแนวยาวของสะพาน ส่งผลให้หน่วยแรงดึงตรงบริเวณเชื่อมต่อที่ใกล้กับจุดรองรับแบบบานพับนั้นมีค่ามากกว่าบริเวณจุดต่อที่อยู่ใกล้กับจุดรองรับแบบล้อเลื่อน ดังแสดงในรูปที่ รูปที่ 5-139

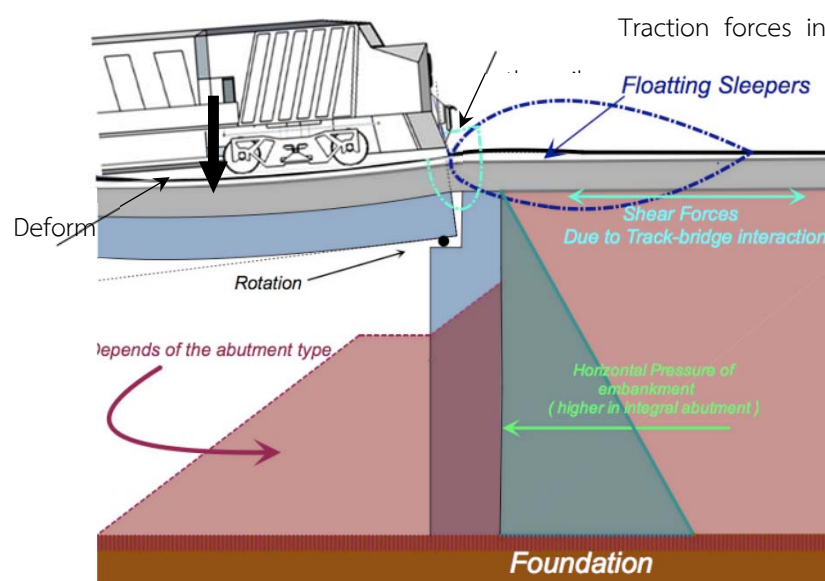


รูปที่ 5-140 การกระจายของหน่วยแรงระหว่างบริเวณเชื่อมต่อกับสะพานที่มีจุดรองรับอย่างง่าย
(ปรับปรุงจาก Miguel Gouveia Coelho)

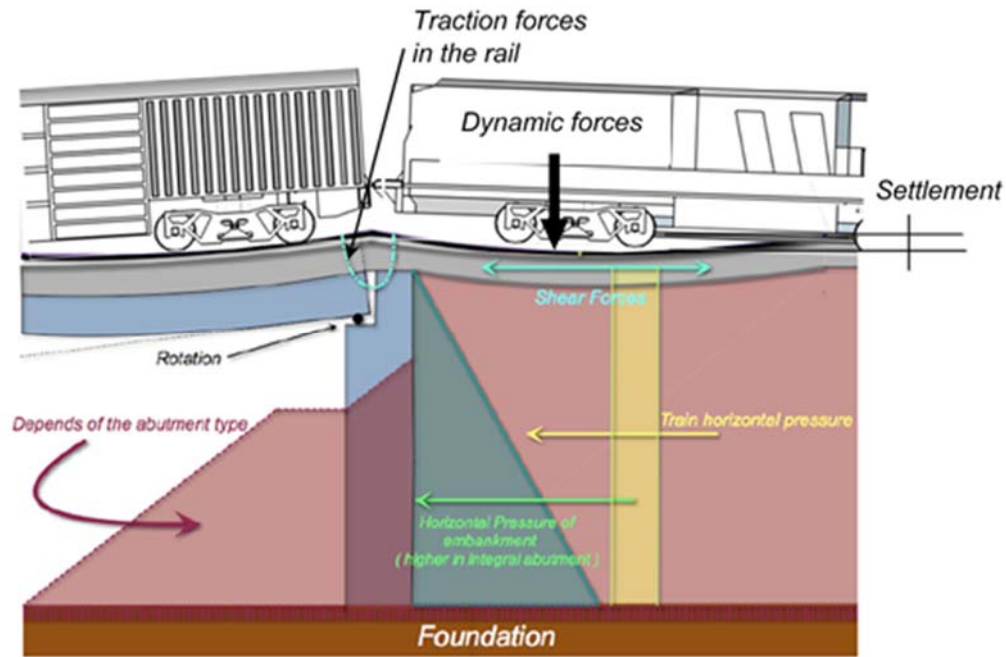
ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟกับสะพาน

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟกับสะพานมีผลทำให้เกิดหน่วยแรงเฉือนขึ้นที่บริเวณผิวบนของบริเวณจุดเชื่อมต่อ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วถึงแม้ไม่มีขบวนรถวิ่งผ่าน บริเวณดังกล่าวก็สามารถเกิดหน่วยแรงเฉือนขึ้นได้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การคืบและการหดตัวของวัสดุ

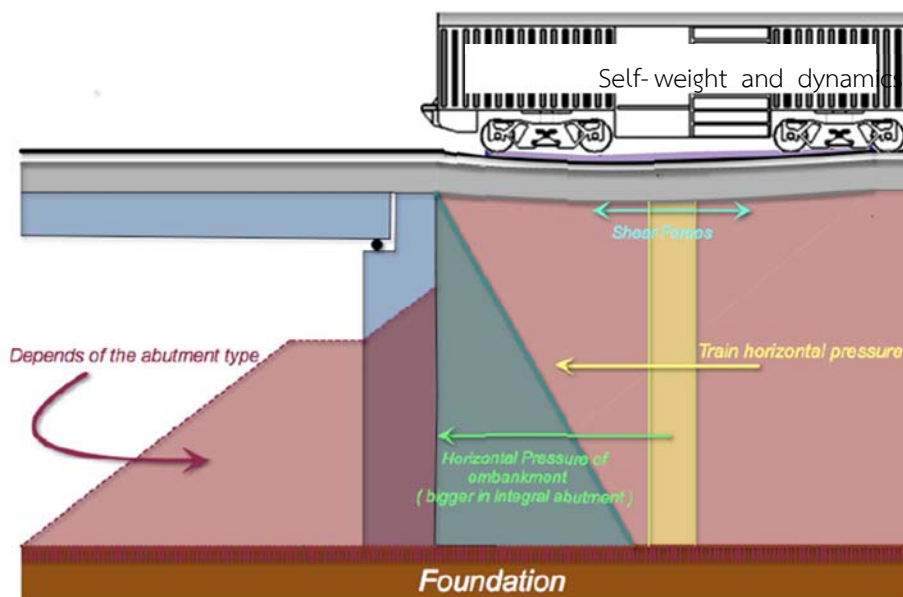
ในกรณีที่มีขบวนรถวิ่งผ่านสะพานนั้น ตัวสะพานจะเกิดการเสียรูปซึ่งส่งผลโดยตรงต่อรางที่วางตัวอยู่บนสะพานโดยทำให้เกิดการเสียรูปตามเช่นกัน นอกจากนั้น น้ำหนักของขบวนรถที่กระทำบนตัวสะพานในแนวดิ่งจะส่งผลไปยังไม่หมอนรถไฟที่วางตัวอยู่ในบริเวณเชื่อมต่อให้เกิดการเคลื่อนที่แบบยกตัวขึ้นจากตำแหน่งเดิม (เสมือนว่าลอยขึ้น) ในขณะเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของหน่วยแรงเฉือนบริเวณส่วนบนของบริเวณเชื่อมต่อ ดังแสดงในรูป รูปที่ 5-140 จากนั้นเมื่อขบวนรถเข้ามาอยู่ในทั้งสองบริเวณ (บริเวณสะพานและบริเวณเชื่อมต่อ) หมอนรถไฟที่ยกตัวขึ้นจะถูกกดลงไปด้วยน้ำหนักจากขบวนรถในขณะเดียวกันน้ำหนักที่กระทำในแนวดิ่งก็จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นด้วยผลทางด้านพลศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 5-141 และท้ายสุดเมื่อขบวนรถวิ่งผ่านสะพานไปยังบริเวณเชื่อมต่อ น้ำหนักของขบวนรถก็จะกระทำต่อบริเวณเชื่อมต่อโดยลำพัง ดังแสดงในรูปที่ 5-142



รูปที่ 5-141 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟกับสะพานในบริเวณเชื่อมต่อ (ปรับปรุงจาก Miguel Gouveia Coelho)



รูปที่ 5-142 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟกับสะพานในบริเวณเชื่อมต่อ (ปรับปรุงจาก Miguel Gouveia Coelho)



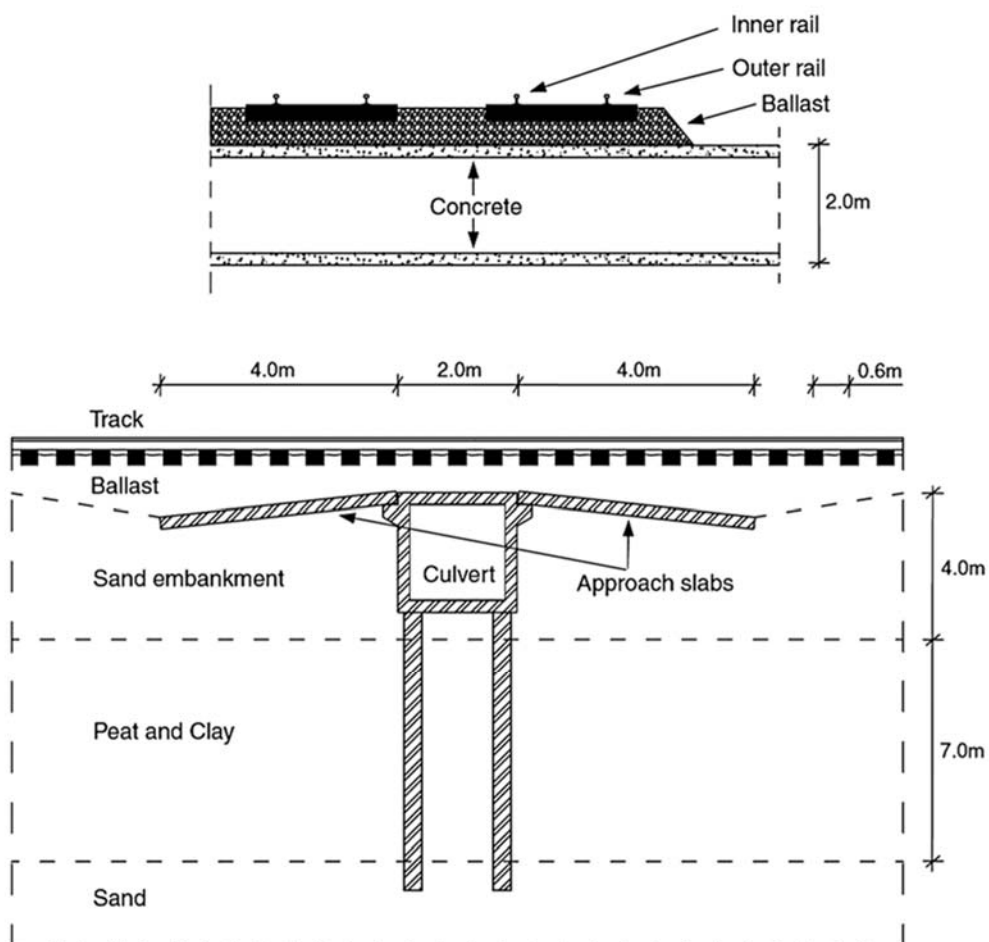
รูปที่ 5-143 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟกับสะพานในบริเวณเชื่อมต่อ (ปรับปรุงจาก Miguel Gouveia Coelho)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟและท่อลอด

หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

บริเวณที่ทางรถไฟตัดผ่านกับท่อลอดนั้นถือว่าเป็นอีกหนึ่งบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า Stiffness อย่างฉับพลันจึงเป็นอีกหนึ่งบริเวณเชื่อมต่อที่ต้องดูแลเป็นพิเศษเช่นเดียวกับบริเวณเชื่อมต่อระหว่างสะพานและทางรถไฟดังที่กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

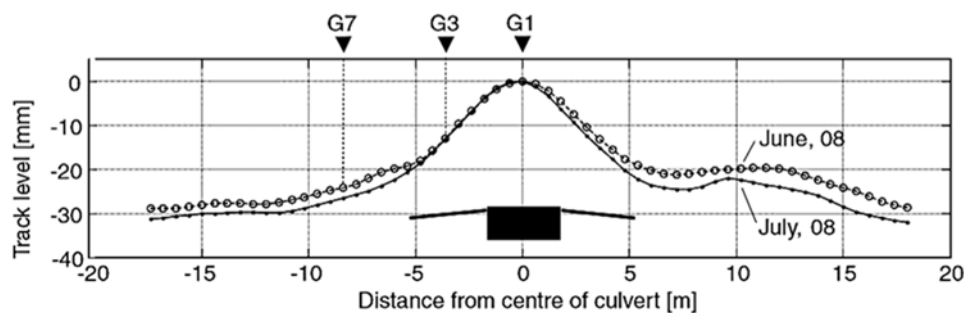
ได้มีการศึกษาค่าการทรุดตัวและผลตอบสนองทางด้านพลศาสตร์เมื่อขบวนรถวิ่งผ่านบริเวณท่อลอด (Varandas, Hölscher, & Silva, 2011: 1468-1479.) โดยรูปที่ 5-143 แสดงภาคตัดขวางและภาคตัดตามแนวยาวของทางรถไฟของกรณีศึกษาตามลำดับ จากรูปจะสามารถสังเกตได้ว่าท่อลอดนั้นนั่งอยู่บนเสาเข็มดังนั้นการทรุดตัวของท่อลอดจึงไม่เกิดขึ้น นอกจากนั้นสามารถเห็น Approach slabs ได้ทั้งสองข้างของท่อลอด



รูปที่ 5-144 ตัวอย่างภาคตัดขวาง (a) และภาคตัดตามแนวยาว (b) ของทางรถไฟในกรณีที่ผ่านมาท่อลอด

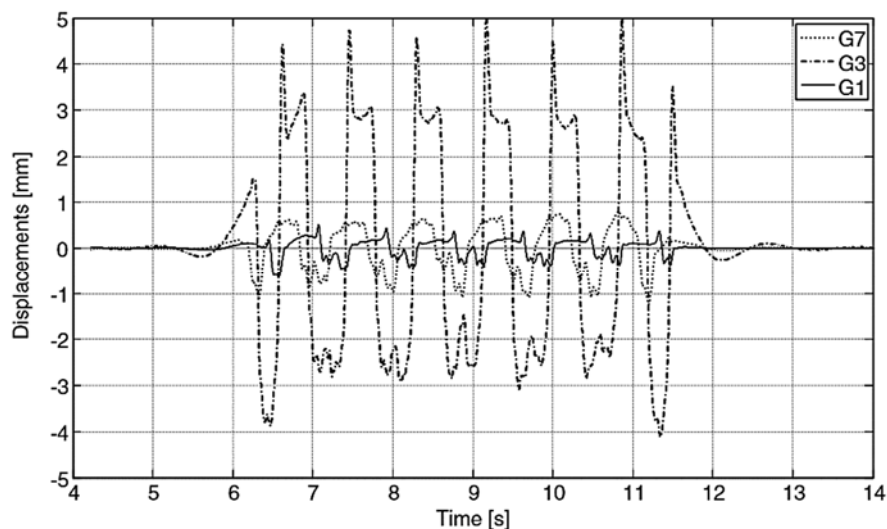
ค่าระดับของราง (Track level) ได้ทำการตรวจวัดโดยทั้งระยะห่างประมาณ 1 เดือน และได้ทำการตรวจวัด 3 จุดคือ

- ก่อนเข้า Transition zone (G7)
- บน Approach slab (G3)
- บนท้อลอด (G1)



รูปที่ 5-145 ผลการตรวจวัดค่าระดับของรางบริเวณท้อลอด

ผลจากการตรวจวัดจะเห็นได้ว่าค่า Stiffness ของทางรถไฟ ณ ตำแหน่งบนท้อลอดจะมีค่ามากที่สุด โดยมากกว่าตำแหน่งก่อนที่จะเข้าสู่ Transition zone โดยประมาณ 2 เท่า และในส่วนของบริเวณ Approach slabs นั้น ค่า Stiffness จะค่อยๆเปลี่ยนแปลงระหว่างค่าทั้งสอง



รูปที่ 5-146 ผลการตรวจวัดค่าการเคลื่อนที่เมื่อมีขบวนรถวิ่งผ่าน

รูปที่ 5-145 เป็นผลจากการตรวจวัดทางด้านพลศาสตร์ขณะที่รถไฟเคลื่อนที่ผ่านบริเวณท้อลอด จากกราฟจะเห็นว่า ที่ตำแหน่ง G3 นั้นจะมีการเคลื่อนที่มากกว่าบริเวณ G1 และ G7 ค่อนข้างมาก ซึ่งแสดงถึงการสูญเสียค่า Stiffness ของระบบทางรถไฟอย่างทันทีทันใด ซึ่งบริเวณดังกล่าวก็คือ Transition zone นั้นเอง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของการก่อสร้างท้อลอดจะเห็นว่า การที่บริเวณ Approach slabs มีค่าการเสียรูปที่มากนั้น มีสาเหตุ

จากพฤติกรรมของ Approach slabs ซึ่งมีลักษณะเหมือนคานยื่นที่มีน้ำหนักแผ่กระจายตลอดความยาวของ slabs โดยคานนั้นมีจุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่งของท่อดูด เมื่อมีขบวนรถวิ่งเข้ามาใน Transition zone จึงเปรียบเสมือนการที่จับไม้บรรทัดด้วยมืออีกข้างแล้วใช้มืออีกข้างกดปลายอิสระของไม้บรรทัดลงแล้วปล่อยมือ เราจะสังเกตเห็นการสั่นขึ้นลงของไม้บรรทัด ซึ่งเช่นเดียวกันกับกรณีของ Approach slabs

5.8.2 ผลการทบทวนมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟของแต่ละประเทศ

Design on Interface between Track and Other Systems

มาตรฐานสำหรับกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

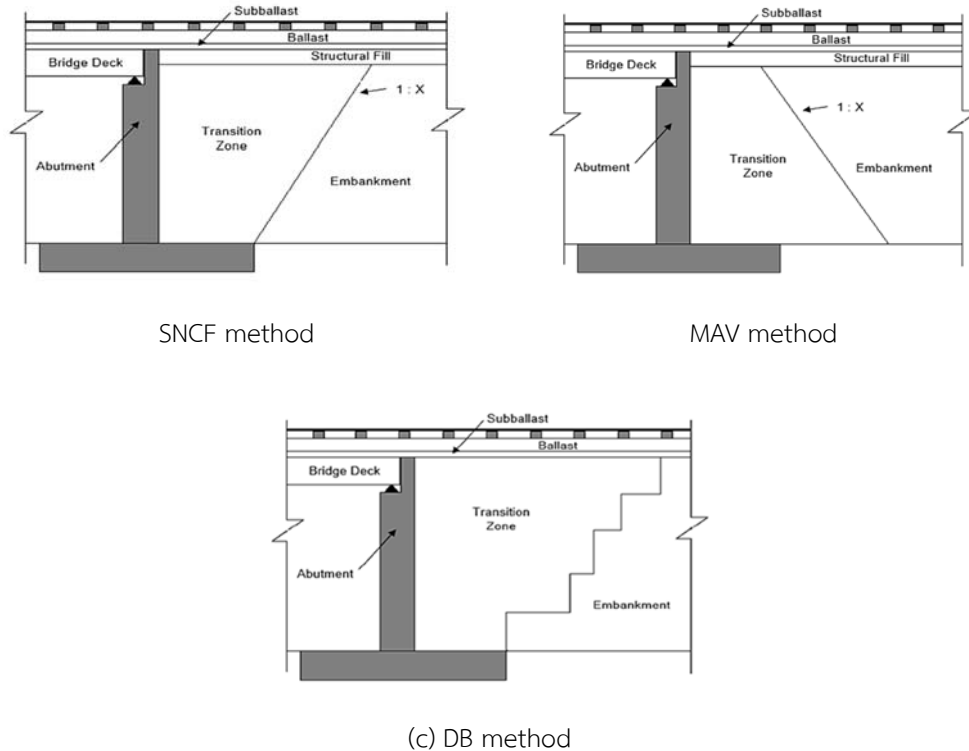
ข้อมูลจาก COMMISSION REGULATION (EU) No 1299/2014 ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานดิน (Earthwork) มีปรากฏอยู่ 2 หัวข้อ กล่าวคือ

- 4.2.7.2 Equivalent vertical loading for new earthworks and earth pressure effects
- 4.2.7.4 Resistance of existing bridges and earthworks to traffic loads

เป็นที่สังเกตว่า ข้อกำหนดทั้งสองนั้นไม่ได้กล่าวถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างงานดินและสะพาน แต่ได้กำหนดน้ำหนักเพื่อใช้สำหรับการออกแบบโครงสร้างของงานดิน

อย่างไรก็ตาม พบว่า ข้อกำหนด UIC 719R ได้เสนอแนวทางในการออกแบบบริเวณเชื่อมต่อระหว่างงานดินกับสะพานไว้ โดยในการศึกษานี้จะได้นำเสนอ 3 วิธี คือ

- 1) SNCF method)France's national state-owned railway company, ประเทศฝรั่งเศส(
- 2) MAV method)Hungarian railway, ประเทศฮังการี(
- 3) DB method)German national railway, ประเทศเยอรมัน(



รูปที่ 5-147 แบบจำลองสำหรับการออกแบบบริเวณเชื่อมต่อตาม ข้อกำหนด UIC 719R (Biyarvilage, Manicka, & Chaminda, 2014: 649-657)

จากรูปที่ 5-142 จะเห็นว่า ทั้ง 3 วิธี มีการออกแบบบริเวณเชื่อมต่อ (Transition zone) ระหว่างสะพานและงานดินที่แตกต่างกัน แต่ตั้งอยู่ในหลักการเดียวกันคือปรับค่า Stiffness ของบริเวณเชื่อมต่ออย่างค่อยเป็นค่อยไป ทั้งนี้ อาจร่วมด้วยการปรับปรุงคุณภาพดิน หรือ ใช้มวลรวมที่มีคุณสมบัติในการรับแรงบากทานที่สูงในบริเวณดังกล่าว โดยวิธี SNCF (ประเทศฝรั่งเศส) และ MAV (ประเทศฮังการี) นั้น ใช้ Slope 1 : X ในการค่อยๆปรับค่า Stiffness แต่มีทิศทางการที่แตกต่างกัน สำหรับวิธี DB (ประเทศเยอรมัน) นั้น เลือกใช้วิธีการทำเป็นขั้นบันไดในการปรับค่า Stiffness

มาตรฐานสำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา

มาตรฐาน AREMA ถูกใช้ในการศึกษามาตรฐานสำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบว่า ได้มีการกล่าวถึง track stiffness บริเวณ transition zone ในบทที่ 30 หัวข้อ 1.8 Influence Of Cross Ties On Track Stiffness And Track Transitions โดยได้กล่าวถึงหลักการจัดการค่า stiffness บริเวณ transition zone ให้มีการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไปไว้ว่า

- Gradually stiffening the approaches entering and leaving a high stiffness zone
- Reducing the stiffness on the hard side (e.g. grade crossing) of the track

ในส่วนของงานดินนั้น ได้กำหนดเป็นขั้นตอนการก่อสร้าง โดยปรากฏใน Volume 2 Structures ดังแสดงด้านล่าง

Chapter 8 Concrete Structure and Foundations

Mechanically Stabilized Embankment

โดยขั้นตอนการก่อสร้างให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ใน AASHTO STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES, DIVISION II – CONSTRUCTION

นอกจากนี้พบว่า California High-Speed Train Project (CHSTP) ได้อ้างถึง UIC 719 R. Earthworks and track-bed layers for railway lines แต่ในส่วน Transition between Earthworks and Under Bridges กำลังอยู่ในขั้นตอนพัฒนา

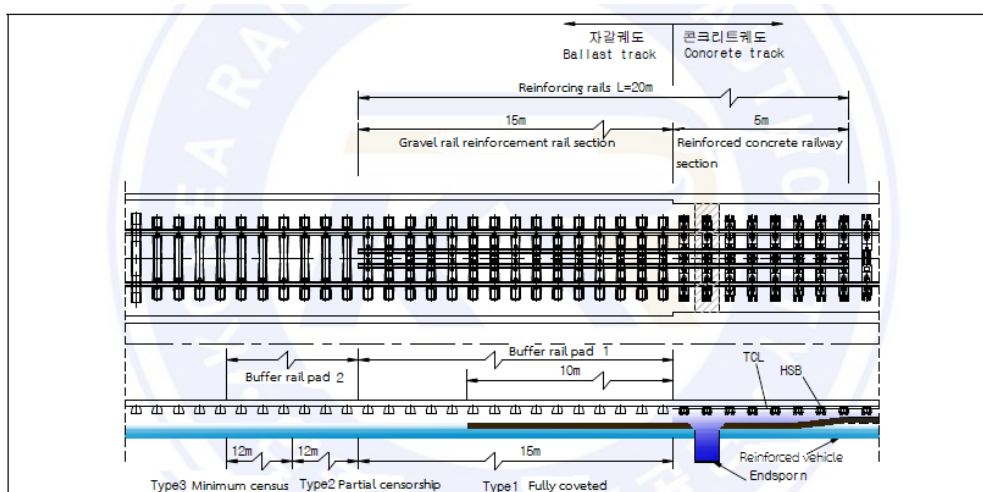
มาตรฐานสำหรับประเทศญี่ปุ่น

มาตรฐานที่ใช้ในการศึกษานั้น อ้างอิงจาก Technical Regulatory Standards on Japanese Railways โดย Railway Bureau Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism ได้กำหนดไว้ว่า โครงสร้างจำพวกงานดินนั้นต้องสามารถต้านทานน้ำหนักต่าง ๆ ได้ และไม่ทำให้ขบวนรถเกิดความเสียหายอันเกิดจากการเคลื่อนตัวของโครงสร้างเนื่องจากผลของน้ำหนักและแรงกระแทกจากขบวนรถ โดยระบุไว้ใน Article 24 ดังแสดงด้านล่าง

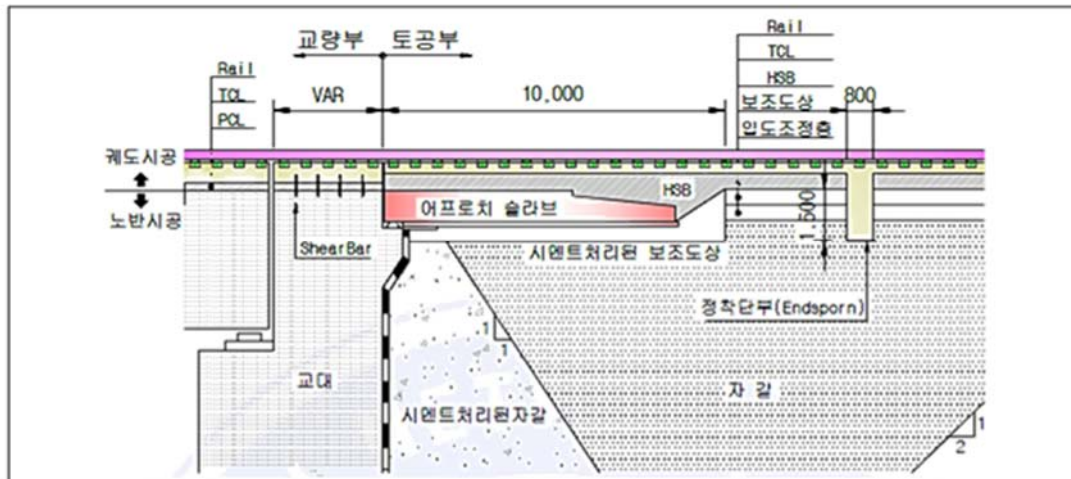
Article 24. Structures such as earthwork, bridge, and tunnel shall be able to withstand the anticipated load. They shall also be free from any impediment for the safe car operation like the deviation of structures caused by the load and impact of the train. The design of earthworks, bridges, tunnels and other structures shall conform to the notifications in the following “Technical Standards for Railway Structures.”

มาตรฐานสำหรับประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

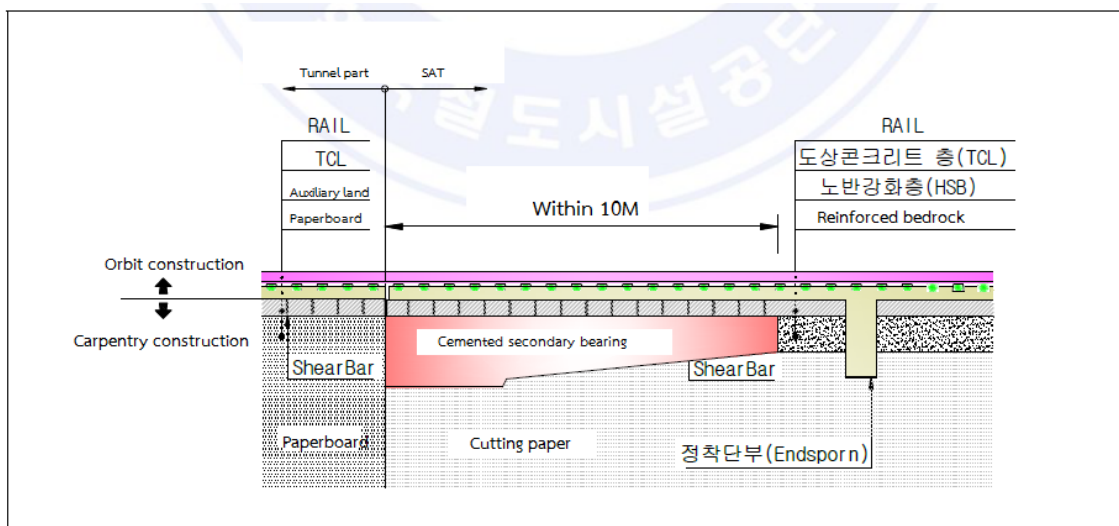
มาตรฐาน KR C-14080 Track / vehicle / structure / electrical / signal Interaction ของประเทศสาธารณรัฐเกาหลีได้กล่าวถึงบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างทางวิ่งบนพื้นคอนกรีตต่างชนิด ทางวิ่งบริเวณปากทางอุโมงค์ และทางวิ่งบนงานดินกับสะพาน โดยได้กำหนดเป็นรูปแบบมาตรฐานสำหรับการก่อสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 5-147 ถึง รูปที่ 5-149



รูปที่ 5-148 ข้อกำหนดทั่วไปใน KR C-14080 บริเวณ Different concrete track connection



รูปที่ 5-149 ข้อกำหนดทั่วไปใน KR C-14080 บริเวณ Bridge-earth connection



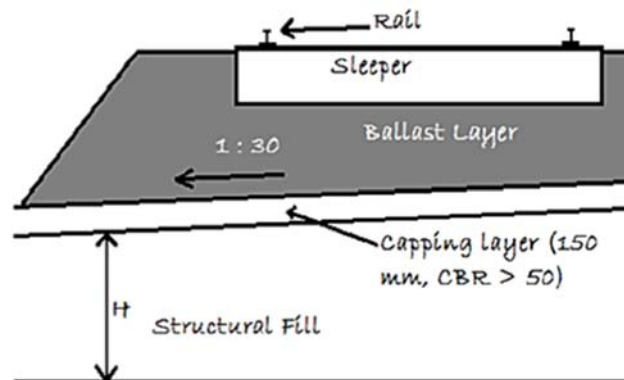
รูปที่ 5-150 ข้อกำหนดทั่วไปใน KR C-14080 บริเวณ Track to Tunnel connection

มาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย

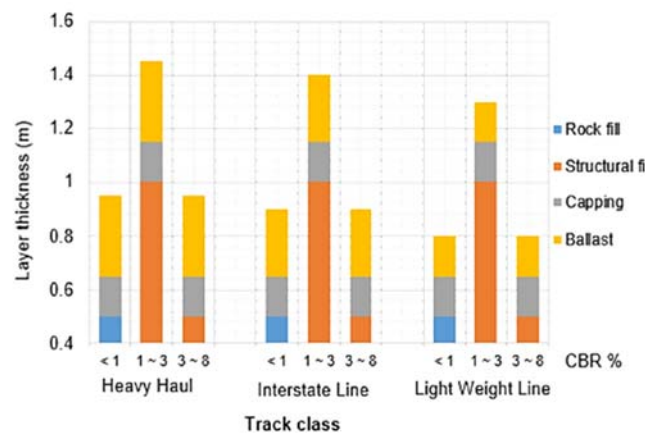
สำหรับมาตรฐานที่ใช้ในการศึกษาเป็นของ Australian Rail Track Corporation LTD (ARTC) โดยมาตรฐานที่เกี่ยวข้องได้แก่

- 1) Engineering)Track & Civil (Code of Practice .Section 0 .Track & civil management system
- 2) Engineering)Track & Civil (Code of Practice .Section 4 .Ballast
- 3) Engineering)Track & Civil (Code of Practice .Section 8 .Earthworks
- 4) Engineering Practices Manual Civil Engineering . RTS 3430 . Track reconditioning guidelines.

แผนภาพซึ่งแสดงข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบของชั้นต่าง ๆ ในงานดินได้แสดงในรูปที่ 5-150 ทั้งนี้ ความหนาของชั้นต่าง ๆ นั้น สามารถหาได้โดยใช้แผนภาพ ในรูปที่ 5-151



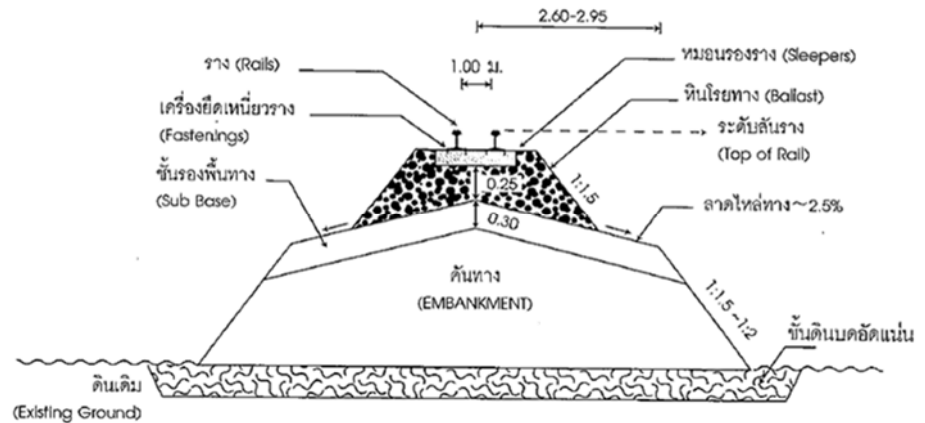
รูปที่ 5-151 แบบแสดงรายละเอียดทั่วไปของทางรถไฟ ตามมาตรฐาน ARTC



รูปที่ 5-152 แผนภาพในการหาความหนาของชั้นต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ARTC

มาตรฐานสำหรับประเทศไทย

ไม่พบมาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษา ได้พบรูปแบบของข้อกำหนดทั่วไปสำหรับโครงสร้างทางรถไฟ ขนาดทาง 1.00 ม. ดังแสดงในรูปที่ 5-152 นอกจากนั้นพบว่าขนาดมวลรวมคละของหินโรยทาง (Ballast) มีขนาด 50 มม. และ 25 มม. ลงไป และต้องปราศจากมวลรวมขนาดเล็กหรือฝุ่น โดยตัวอย่างของมวลรวมคละของหินโรยทาง ได้แสดงในรูปที่ 5-153



รูปที่ 5-153 โครงสร้างทางรถไฟ ขนาดทาง 1.00 ม.

Sieve Size (mm)	76	60	50	40	25	20
% Passing by weight	100	80 -100	25 -70	0 - 20	0 - 55	0 - 5

รูปที่ 5-154 Gradation หินโรยทาง

5.8.3 สรุปผลการทบทวนมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟของแต่ละประเทศ

จากการศึกษาพบว่า มาตรฐาน KR C-14080 ของประเทศสาธารณรัฐเกาหลีได้มีการกำหนดแบบมาตรฐาน ในการก่อสร้างบริเวณจุดเชื่อมต่อ (Connection or Transition Zone) ระหว่างทางวิ่งบนพื้นคอนกรีตต่างชนิด ทางวิ่งบริเวณปากทางอุโมงค์ และทางวิ่งบนงานดินกับสะพาน สำหรับมาตรฐานกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรป อ้างถึง EU No. 1299/2014 นั้น ไม่ได้กล่าวถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างงานดินและสะพาน แต่ได้กำหนดน้ำหนักเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างของงานดิน อย่างไรก็ตาม เมื่อศึกษาถึงข้อกำหนด UIC 719R ได้มีการเสนอแบบจำลองที่ใช้ในการเสริมเสถียรภาพของบริเวณเชื่อมต่อ ซึ่งสามารถสืบค้นได้ 3 วิธี คือ SNCF method (ประเทศฝรั่งเศส), MAV method (ประเทศฮังการี) และ DB method (ประเทศเยอรมัน)

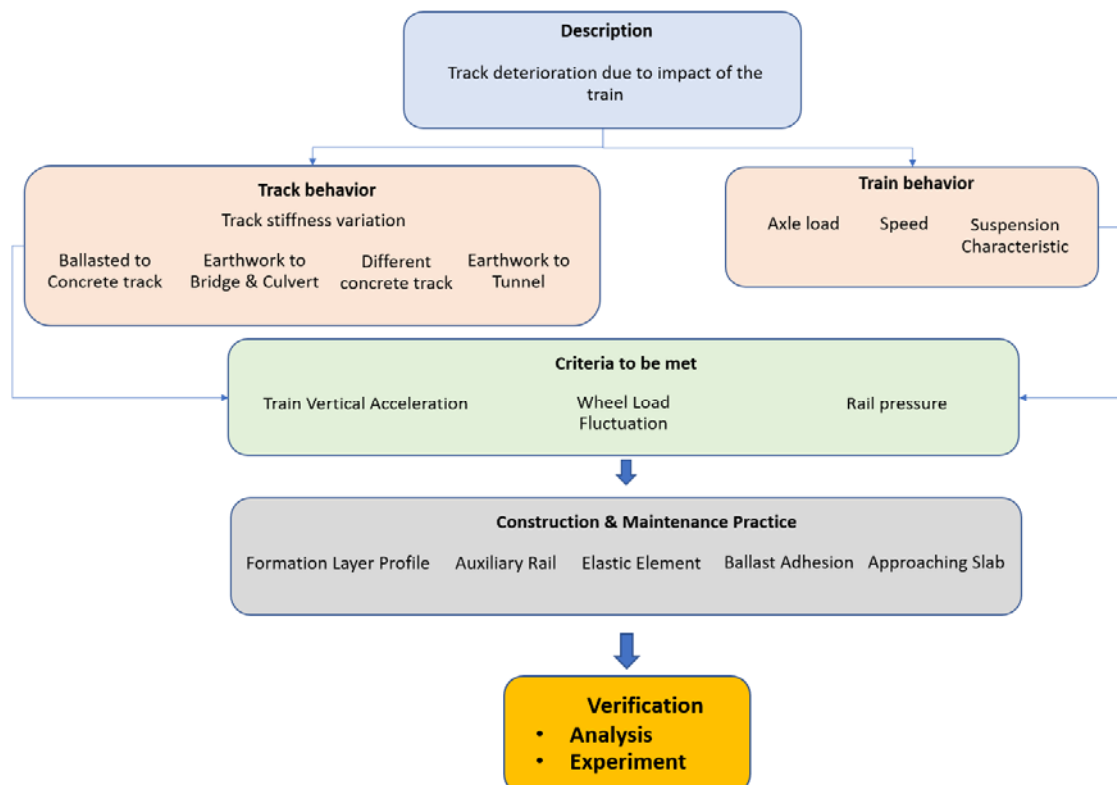
สำหรับมาตรฐานประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน และ ออสเตรเลีย มีลักษณะที่คล้ายกันโดยใช้แผนภาพในการหาความหนาของชั้นต่าง ๆ โดยแบ่งลักษณะของทางรถไฟออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามสภาพการรับน้ำหนักบรรทุก ความเร็ว หรือ ความแข็งแรงของวัสดุที่ใช้ ซึ่งทั้งสองมาตรฐานนั้นไม่ได้กล่าวถึงความเชื่อมโยงกันระหว่างพฤติกรรมของระบบรางในบริเวณเชื่อมต่อระหว่างงานดินและสะพาน

5.8.4 สำหรับการจัดทำมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟของประเทศไทยนั้น ที่ปรึกษาได้รวบรวมข้อมูลและทำการศึกษเปรียบเทียบโดยได้ผลลัพธ์ดังผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ

โดยผลสรุปได้นำแนวทางการกำหนดมาตรฐานของประเทศเกาหลีมาเป็นหลัก เนื่องจากมีความครอบคลุมกับสภาพปัญหาของตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ โดยโครงสร้างของมาตรฐานดังแสดงในรูปที่ 6-155 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของทางฯที่ส่งผลต่อการสั่นสะเทือนบนรถไฟ
- พฤติกรรมของรถไฟที่ตอบสนองต่อการยุบตัวของทางที่ต่างกันบริเวณจุดเปลี่ยนผ่าน
- ค่าพิกัดของการสั่นสะเทือนที่ยอมให้เกิดบริเวณตำแหน่งเปลี่ยนผ่านโดยมีประเด็นสำคัญคือ
 - จำกัดการสั่นสะเทือนบนตัวรถ โดยอ้างอิงมาตรฐานของประเทศเกาหลี KR C-14080
 - จำกัดแรงกระทำของล้อรถไฟ โดยอ้างอิงมาตรฐานยุโรป
 - จำกัดการเปลี่ยนแปลงของแรงกดได้ราง โดยอ้างอิงมาตรฐานของประเทศเกาหลี KR C-14080
- แนวทางการปรับปรุงทางรถไฟบริเวณตำแหน่งเปลี่ยนผ่านเพื่อลดการสั่นสะเทือนโดยแนะนำวิธีต่างๆ ดังนี้
 - การปรับปรุงชั้นดินพื้นทาง การติดตั้งวัสดุ geotextile
 - การติดตั้งรางเสริม
 - การใช้วัสดุยึดหยุ่นเช่น แผ่นรองราง แผ่นรองหมอน แผ่นรองพื้นคอนกรีต หมอนสังเคราะห์ เป็นต้น
 - การเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างหินโรยทางเช่น การใช้วัสดุประสาน เป็นต้น
 - การออกแบบติดตั้งแผ่นพื้นคอนกรีตรองใต้พื้นทาง
- การวิเคราะห์และทดสอบการสั่นสะเทือนบริเวณตำแหน่งเปลี่ยนผ่าน

ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า มาตรฐานมีการกำหนดให้จำกัดความรุนแรงของการสั่นสะเทือนเพื่อลดความเสียหายต่อทางรถไฟ โดยมีหลักการของการก่อสร้างคือควบคุมให้ค่าความแข็งแรงให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยจะไม่เน้นถึงวิธีการเฉพาะเจาะจงเนื่องจากในปัจจุบันได้มีการคิดค้นเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาดังกล่าวอยู่อย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 6-156 โครงสร้างมาตรฐานของตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ

5.8.5 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ

ตารางที่ 5-39 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ

Topic			Track Configuration			
Sub Topic			Ballast to Concrete	Earthwork to Bridge	Earthwork to Tunnel	Different concrete track
Engineering Principal			การเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดของค่าความแข็งเกร็ง (stiffness) บนทางวิ่ง จะทำให้เกิดแรงกระแทกที่เพิ่มขึ้นระหว่างล้อรถไฟและราง เป็นผลให้เกิดความเสียหายในระยะยาวและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่เพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของโครงสร้างที่รองรับทางเป็นจุดสำคัญที่ทำให้ค่าความแข็งเกร็งเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน			
Remark	EN		✓	✓	N/A	N/A
	USA		✓	✓	✓	N/A
	Japan		N/A	✓	✓	N/A
	China		N/A	N/A	N/A	N/A
	AUS		N/A	N/A	N/A	N/A
	KOREA		✓	✓	✓	✓
	TH	Metro	N/A	N/A	N/A	N/A
		Intercity	N/A	N/A	N/A	N/A
Conclusion			กำหนดตามมาตรฐานของประเทศเกาหลี	กำหนดตามมาตรฐานของประเทศเกาหลี	กำหนดตามมาตรฐานของประเทศเกาหลี	กำหนดตามมาตรฐานของประเทศเกาหลี

ตารางที่ 5-39 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (ต่อ)

Topic			Criteria			
Sub Topic			Train vertical acceleration	Wheel load fluctuation	Rail pressure	
Engineering Principal			พิกัดการสั่นสะเทือนบนตัวรถไฟ	พิกัดการเปลี่ยนแปลงของแรงกระทำที่ล้อ	พิกัดแรงกระทำใต้ราง	
Remark	EN		N/A	60% (บนทางวิ่งทุกชนิดทุกตำแหน่ง)	N/A	
	USA		N/A	N/A	N/A	
	Japan		ไม่มีการกำหนดไว้โดยตรง มีเพียงข้อกำหนดกว้างๆในการออกแบบโครงสร้างให้ปลอดภัยสำหรับรถไฟ			
	China		N/A	N/A	N/A	
	AUS		N/A	N/A	N/A	
	KOREA		1.3 m/s^2	✓	70% ของแรงกดใต้รางในสภาวะปกติ	
	TH	Metro	N/A	N/A	N/A	
		Intercity	N/A	N/A	N/A	
Conclusion			กำหนดตามมาตรฐานของประเทศเกาหลี	กำหนดตามมาตรฐานของยุโรป	กำหนดตามมาตรฐานของประเทศเกาหลี	

ตารางที่ 5-39 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (ต่อ)

Topic			Construction & Maintenance					
Sub Topic			Formation layer profile	Auxiliary rail	Elastic element	Ballasted adhesion	Approaching slab	
Engineering Principal			ปรับปรุงชั้นดินคันทาง รวมไปถึงการประยุกต์ใช้ geotextile	ติดตั้งรางเสริม	ใช้วัสดุยืดหยุ่นเช่น แผ่นรองราง แผ่นรองหมอน แผ่นรองใต้แผ่นพื้น หมอนสังเคราะห์ เป็นต้น	เพิ่มการยึดเกาะระหว่างหินโรยทางด้วยวัสดุประสาน	ออกแบบติดตั้งแผ่นพื้นคอนกรีตรองรับได้ทางวิ่งบริเวณจุดเปลี่ยนผ่าน	
Remark	EN		มีการแนะนำให้คำนึงถึงการจัดการค่าความแข็งเกร็ง (track stiffness) ให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป แต่ไม่มีการกำหนดวิธีเฉพาะเจาะจง อย่างไรก็ตาม มีการแนะนำให้ใช้แผ่น polyuretene บริเวณคอสพานของทางวิ่งแผ่นพื้นคอนกรีต					
	USA		N/A	✓	✓	N/A	✓	
	Japan		ไม่มีการกำหนดไว้โดยตรง มีเพียงข้อกำหนดกว้างๆในการก่อสร้างโครงสร้างทางให้สามารถรองรับแรงกระทำที่เกิดจากรถไฟได้					N/A
	China		✓	N/A	N/A	N/A	N/A	
	AUS		✓	N/A	N/A	N/A	N/A	
	KOREA		มีการแนะนำวิธีการปรับปรุงบริเวณจุดเปลี่ยนผ่านโดยใช้หลายวิธีร่วมกัน ซึ่งจุดเปลี่ยนผ่านแต่ละชนิดจะมีการกำหนดรูปแบบเฉพาะของการปรับปรุงให้สำเร็จรูปเลย					
	TH	Metro	ไม่มีการกำหนดวิธีที่ชัดเจน มีเพียงข้อกำหนดให้คำนึงถึงการลดการสั่นสะเทอนที่เกิดขึ้นจากการวิ่งผ่านของรถไฟบริเวณจุดเปลี่ยนผ่าน					
		Intercity	มีการติดตั้งรางเสริมบริเวณปลายสะพาน แต่ไม่มีแนวทางการติดตั้งที่ชัดเจน มีการกำหนดให้ต้องคำนึงถึงการจัดการค่า track stiffness ให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป แต่ก็ยังไม่มีการกำหนดวิธีที่เฉพาะเจาะจง					
Conclusion			ต้องมีการปรับปรุงทางวิ่งบริเวณจุดเปลี่ยนผ่าน อย่างไรก็ตาม สามารถใช้วิธีการใดก็ได้ที่ทำให้การเปลี่ยนแปลงความแข็งเกร็งของทางวิ่งมีลักษณะแบบค่อยเป็นค่อยไป รวมทั้งต้องมีความคงทนต่อการใช้งาน					

ตารางที่ 5-39 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (ต่อ)

Topic			Verification & Approval	
Sub Topic			Analysis	Experiement
Engineering Principal			ตรวจสอบการสั่นสะท้อนโดยการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์	ตรวจสอบการสั่นสะท้อนด้วยการตรวจวัดจริง
Remark	EN		มีการวิจัยอย่างแพร่หลาย ในวิเคราะห์และตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์กับการทดสอบจริง	
	USA		N/A	N/A
	Japan		N/A	N/A
	China		N/A	N/A
	AUS		N/A	N/A
	KOREA		มีการวิเคราะห์และตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์กับการทดสอบจริง	
	TH	Metro	N/A	N/A
		Intercity	N/A	N/A
Conclusion			ต้องมีการทดสอบและประเมิน	ต้องมีการทดสอบและประเมิน

5.9 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ (TRACK SAFETY FACILITIES)

การทบทวนมาตรฐานและคู่มือระบบความปลอดภัยบนทางรถไฟจะประกอบไปด้วย หลักการและทฤษฎี โครงสร้างและเนื้อหา รวมถึงสรุปประเด็นและเปรียบเทียบมาตรฐานที่มีการกำหนดใช้ในแต่ละประเทศ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.9.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

การกำหนดประเภทชั้นทางรถไฟ

ข้อกำหนดในส่วนนี้จะประยุกต์เพื่อใช้กับสภาพรางแต่ละแบบที่แตกต่างกัน โดยจะใช้กับข้อกำหนดทางเทคนิคของมาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟของประเทศสหรัฐอเมริกาทางรถไฟ คลาส 1 ถึง 5 ในตารางที่ 5-27 จะมีความเร็วจำกัดสูงสุดระหว่างรถไฟขนส่งสินค้าและรถไฟขนส่งผู้โดยสาร ส่วนตารางที่ 5-28 จะใช้กับรางที่มีรถไฟวิ่งด้วยความเร็วที่สูงกว่า โดยไม่แบ่งแยกความเร็วจำกัดสูงสุดระหว่างรถไฟทั้งสองประเภท โดยการประยุกต์ใช้กับมาตรฐานความปลอดภัยจะใช้กับรางมาตรฐานทุกชนิด รวมทั้งใช้กับการเดินรถไฟขนส่งในเมืองที่เชื่อมต่อกับรางมาตรฐาน โดยการแบ่งคลาสทางรถไฟที่ขึ้นกับจำกัดความเร็วสูงสุดได้ในการเดินรถไฟจะแสดงใน หน่วย (ไมล์ต่อชั่วโมง) ได้ดังนี้

ตารางที่ 5-40 การกำหนดคลาสทางรถไฟตามความเร็วจำกัดสูงสุดของรถไฟขนส่งสินค้าและรถไฟขนส่งผู้โดยสาร

ประเภทชั้นของทางรถไฟ	ความเร็วจำกัดสูงสุดของรถไฟขนส่งสินค้า ไมล์ต่อชั่วโมง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ความเร็วจำกัดสูงสุดของรถไฟขนส่ง ผู้โดยสาร ไมล์ต่อชั่วโมง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
ชั้นทาง 1	10 (16.8)	15 (25.2)
ชั้นทาง 2	25 (42)	30 (50.4)
ชั้นทาง 3	40 (67.2)	60 (100.8)
ชั้นทาง 4	60 (100.8)	80 (134.4)
ชั้นทาง 5	80 (134.4)	90 (151.2)

ตารางที่ 5-41 การกำหนดคลาสทางรถไฟตามความเร็วจำกัดสูงสุดที่สูงกว่า

ประเภทชั้นของทางรถไฟ	ความเร็วจำกัดสูงสุดของรถไฟ ไมล์ต่อชั่วโมง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
ชั้นทาง 6	110 (184.8)
ชั้นทาง 7	125 (210)
ชั้นทาง 8	160 (268.8)
ชั้นทาง 9	200 (336)

ความเสี่ยงเฉพาะด้านการทำงานบนทางรถไฟ

จะถูกจำแนกออกเป็น 5 ความเสี่ยงซึ่งจะใช้กับมาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC ดังนี้

ความเสี่ยงที่ 1 พนักงานถูกรถไฟชน หรือ ถูกลมกระแทกบนทางรถไฟที่ทำการซ่อมแซม

ความเสี่ยงที่ 2 พนักงานถูกรถไฟชน หรือ เครื่องจักรกระแทก บนทางรถไฟติดกัน

ความเสี่ยงที่ 3 พนักงานถูกรถไฟชน หรือ เครื่องจักรทำงาน บนทางรถไฟที่ถูกกั้น

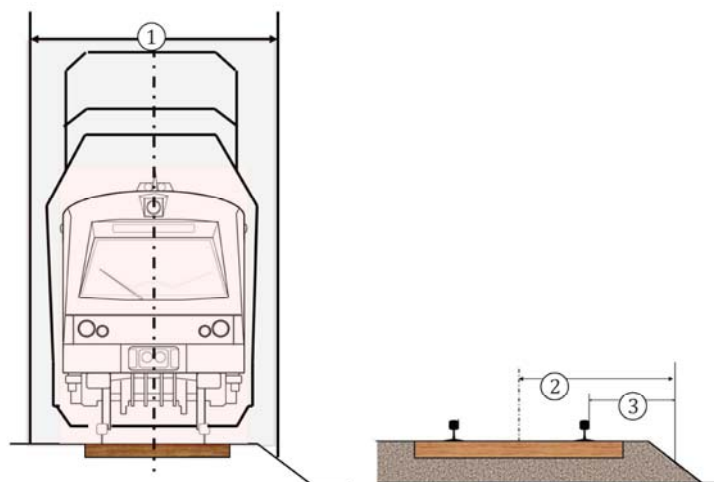
ความเสี่ยงที่ 4 เครื่องจักร วัตถุ หรือเครื่องมือ ถูกรถไฟชนบนทางรถไฟติดกัน

ความเสี่ยงที่ 5 พนักงานถูกไฟดูดหรือไฟช็อตโดยเครื่องมือทางไฟฟ้า

โดยการจำแนกความเสี่ยงต่อพนักงาน ในข้อที่ 1 2 3 และ 5 จะถูกจัดให้อยู่ในระดับความเสียหายรุนแรงจากอันตราย (hazard severity level) ในระดับวิกฤต (critical) หรือ ระดับภัยพิบัติ (catastrophic) และมีความถี่ของโอกาสในการเกิดเหตุการณ์อยู่ในระดับมีความน่าจะเป็นในการเกิดบ้าง (probable) ถึง เกิดขึ้นถี่บ่อยครั้ง (frequent) โดยผลลัพธ์การเกิดความเสี่ยงจะอยู่ในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ (intolerable) ส่วนความเสี่ยงในการจราจรเดินรถไฟข้อที่ 4 มีระดับความรุนแรงจากอันตราย (hazard severity level) ในระดับภัยพิบัติ (catastrophic) โดยมีความน่าจะเป็นในการเกิดได้ไม่บ่อยครั้ง (Occasional) จนถึง บ่อยครั้ง (frequent) โดยผลลัพธ์จากความเสี่ยงจะอยู่ในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ (intolerable)

การกำหนดเขตอันตราย

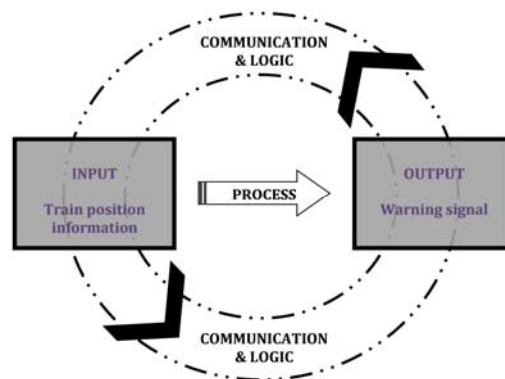
การกำหนดเขตอันตราย (Danger Zone) ซึ่งเป็นพื้นที่เปิดที่บุคคล วัตถุ หรือเครื่องมือ สามารถถูกรถไฟชน หรือ ก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บ หรือสูญเสียชีวิตจากลมกระแทก ซึ่งรวมถึงทางรถไฟที่มีการซ่อมบำรุง และมีระยะขยายออกไปทั้งสองข้างวัดจากจุดศูนย์กลางของทางรถไฟหรือวัดจากขอบนอกของรางรถไฟออกไป ซึ่งระยะนี้จะกำหนดโดยแต่ละประเทศขึ้นอยู่กับ ความเร็วของรถไฟที่แล่นผ่าน และ คุณลักษณะของตัวรถไฟ เช่น น้ำหนักกลและรูปทรง ดังแสดงได้ในรูปที่ 5-154



รูปที่ 5-157 แสดงตัวแปรในเขตอันตรายบนทางรถไฟโดย (1) คือเขตอันตราย (2) คือเขตอันตรายวัดจาก ศูนย์กลางของทางรถไฟ (3) วัดจากขอบนอกของรางรถไฟ

การทำงานของระบบเตือนบนทางรถไฟ หรือ Track Warning Systems (TWS)

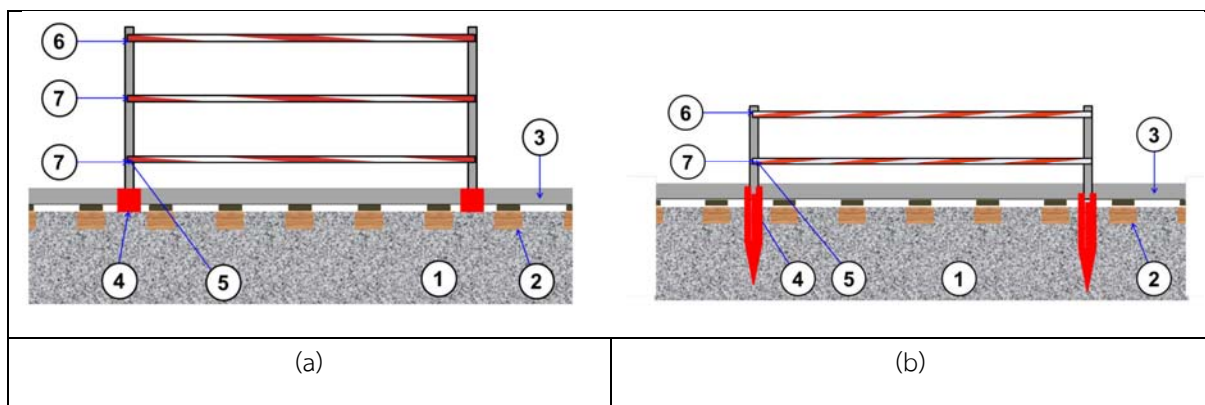
ในการทำงานของระบบ TWS นั้นควรจะเตือนบุคคลที่อยู่บนทางรถไฟหรือบริเวณใกล้เคียงเกี่ยวกับรถไฟที่กำลังแล่นผ่านมา และเตือนรถไฟเองด้วย ซึ่งระบบจะประกอบไปด้วย ส่วนป้อนเข้า (input) ส่วนตรรกะ (logic) ส่วนสื่อสาร (communication) และ ส่วนป้อนออก (output) ดังแสดงได้ในรูปที่ 5-155 รวมทั้งส่วนสื่อสารระหว่างพนักงาน กับระบบ TWS โดยระบบเชื่อมต่ออินเตอร์เฟส Human Machine Interface (HMI)



รูปที่ 5-158 แสดงกระบวนการทำงานและการสื่อสารของระบบเตือนทางรถไฟ

ลักษณะเครื่องกั้น)barriers (

เครื่องกั้นควรประกอบไปด้วยอย่างน้อย รั้วขึ้นบน และ รั้วชี้ล่าง อุปกรณ์กั้นเช่น ตาข่าย แผ่นกั้น เป็นต้น โดยมีส่วนประกอบแสดงในรูปที่ 5-156 ซึ่งมี (1) พื้นรอยทาง (2) แผ่นรองรางและข้อต่ออีตราง (3) รางรถไฟ (4) ข้อยึดรั้วกันราง (5) เสารั้ว (6) รั้วขึ้นบน (7) รั้วชี้ล่าง



รูปที่ 5-159 รั้วกันรางแบบ (a) ติดตั้งบนราง และ (b) ติดตั้งแบบฝังพื้น

ตารางความสามารถในการทำงานอย่างปลอดภัยของพนักงาน

ความสามารถในการทำงานอย่างปลอดภัยควรจะมีการตรวจสอบตามหมวดหมู่ข้อกำหนด สามารถแบ่งความสามารถจำแนกตามกิจกรรมสามารถแสดงได้ในตารางที่ 5-29 โดยมีการจัดเรียงกิจกรรมและระบุความสามารถของแต่ละกิจกรรมนั้น

ตารางที่ 5-42 แสดงตารางความสามารถด้านความจำเป็นกตามกิจกรรมการทำงานบนทางรถไฟ

กิจกรรม	ความสามารถ																
	การมองเห็นทั่วไป	การมองเห็นสี่	การได้ยิน	ความพร้อมของร่างกาย	การมีสติ	ระดับบังคับ การอ่าน/เขียน	ระดับบังคับ การสื่อสารด้วย	การมีสมาธิ	ความจำ	การรับรู้	การมีเหตุผล	ความเร็วในการตอบสนอง	การแสดงออก	การควบคุมทางอารมณ์	ความมั่นคงทางพฤติกรรม	การควบคุมตนเอง	ระดับบังคับทักษะมืออาชีพ
การทำงานบนทางรถไฟภายใต้การควบคุมดูแล	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
การทำงานด้วยตนเอง	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X
การสังเกตรถไฟ การให้สัญญาณรถไฟ การเตือนผู้ร่วมงาน	X	X	X	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
การสื่อสารการเตือนผ่านวิทยุหรือโดยตรง	-	-	X	X	X	X	-	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X
การตรวจตราผู้คนออกจากเขตอันตราย	X	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
การป้องกันการเข้าเขตอันตรายโดยมิได้เจตนา	X	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
การควบคุมเครื่องจักรบนทางรถไฟ	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
การเดินเครื่องจักรในเขตทำงานบนทางรถไฟ	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X

ตารางที่ 5-42 แสดงตารางความสามารถด้านความจำเป็นกตามกิจกรรมการทำงานบนทางรถไฟ (ต่อ)

กิจกรรม	ความสามารถ																	
	การมองเห็นทั่วไป	การมองเห็นสี่	การได้ยิน	ความพร้อมของร่างกาย	การมีสติ	ระดับบังคับ การอ่าน/เขียน	ระดับบังคับ การสื่อสารด้วย	การมีสมาธิ	ความจำ	การรับรู้	การมีเหตุผล	ความเร็วในการตอบสนอง	การแสดงออก	การควบคุมทางอารมณ์	ความมั่นคงทางพฤติกรรม	การควบคุมตนเอง	ระดับบังคับทักษะมืออาชีพ	ข้อกำหนดเฉพาะ
การใช้ระบบเตือน	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
การสื่อสารกับศูนย์ควบคุม	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
การใช้แผนความปลอดภัย	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
การสอนบุคลากร	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
การตรวจสอบความเสี่ยงและการวางแผนความปลอดภัยในที่ทำงาน	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X
การเข้าทำงานบนทางรถไฟพร้อมกันตลอดเวลา	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X
อธิบายเครื่องหมาย	X: กำหนดให้ต้องมีความสามารถ -: ไม่จำเป็นต้องมีความสามารถ																	

5.9.2 ผลการทบทวนมาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟของแต่ละประเทศ

การศึกษาทบทวนมาตรฐานและคู่มือระบบความปลอดภัยบนทางรถไฟจะแบ่งออกเป็นการศึกษาทบทวนเอกสารมาตรฐานความปลอดภัยที่มีการใช้งานของ 4 ประเทศหลักได้แก่ เอกสาร “49 CFR Part 213-Track Safety Standard” ของประเทศสหรัฐอเมริกา (US) เอกสาร “EN 16704 Railway applications - Track – Safety protection on the track during work” ส่วนที่ 1,2-1,2-2 และ 3 ของมาตรฐานกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC (EU) เอกสาร “Technical Regulatory Standards on Japanese Railways, chapter 7 operation safety facilities” ของประเทศญี่ปุ่น และเอกสารมาตรฐาน “KR C-14090 Track safety facilities” ของประเทศสาธารณรัฐเกาหลีใต้ (South Korea) โดยทำการศึกษาทบทวนรายละเอียดในส่วนโครงสร้างและเนื้อหา จากนั้นทำการสรุปประเด็นสาระสำคัญและเปรียบเทียบข้อแตกต่างของมาตรฐานด้านความปลอดภัย โดยมีรายละเอียดจากข้อ 1 ถึง 5 แบ่งตามการศึกษามาตรฐานความปลอดภัยในแต่ละประเทศ ดังนี้

การทบทวนมาตรฐานและคู่มือ ความปลอดภัยทางราง (Track Safety) ประเทศสหรัฐอเมริกา

โดยทบทวนจากเอกสาร 49 CFR Part 213-Track Safety Standards. สามารถแบ่งตามโครงสร้างหลักออกได้เป็นหัวข้อย่อย (Subpart) A ถึง G ซึ่งแสดงได้ดังนี้

Subpart A: ข้อมูลทั่วไป (General)

Subpart B: ฐานรากทางรถไฟ (Roadbed)

Subpart C: รูปแบบทางรถไฟ (Track Geometry)

Subpart D: โครงสร้างรางรถไฟ (Track structure)

Subpart E: เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในรางรถไฟ (Track Appliances and Track Related Devices)

Subpart F: การตรวจสอบ (Inspection)

Subpart G: การเดินรถไฟบนรางคลาส 6 ขึ้นไป (Train Operations at Track Classes 6 and Higher)

Subpart A: ข้อมูลทั่วไป (General)

ในส่วนของ Subpart A จะมีการระบุถึงข้อปฏิบัติตามของเจ้าของทางรถไฟ และหาผู้ควบคุมงานบำรุงรักษาทางรถไฟโดยกำหนดคุณสมบัติและประสบการณ์ในการบำรุงรักษาทางเพื่อใช้ในการเดินรถไฟ รวมถึงการแบ่งคลาสทางรถไฟ ตามจำกัดความเร็วสูงสุด และทางรถไฟที่ได้รับการยกเว้น รวมถึงบทลงโทษผู้ฝ่าฝืนและการผ่อนผัน

Subpart B: ฐานรากทางรถไฟ (Roadbed)

ส่วนหัวข้อย่อย B จะอธิบายถึงข้อกำหนดอย่างต่ำสำหรับพื้นทางและพื้นที่รอบ ๆ พื้นทาง รวมถึงทางระบายน้ำที่ควรมีการบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้ ไม่มีสิ่งกีดขวาง และพืชพันธุ์ที่ควรมีการดูแลไม่ให้เกิดการสะสมเสี่ยงต่ออันตรายในการปฏิบัติงานของพนักงานบำรุงรักษาทาง และกิจกรรมใน

การเดินรถไฟ โดยต้องไม่เสี่ยงต่อการเป็นเชื้อเพลิงก่ออัคคีภัย และไม่บดบังการมองเห็นบนทางรถไฟ
รวมทั้งก่อความเสียหายต่ออุปกรณ์บนทางรถไฟ

Subpart C: รูปแบบทางรถไฟ (Track Geometry)

ในส่วนย่อยนี้อภิปรายถึงข้อกำหนดสำหรับ ระยะเกจ เส้นแนวราง พื้นผิวราง และการยกกระด้างราง
นอกและการจำกัดความเร็วในการเข้าโค้งทางรถไฟ โดยแบ่งตามคลาสรถไฟ 1 ถึง 5

Subpart D: Track Structure (โครงสร้างทางรถไฟ)

ในส่วนหัวข้อย่อยนี้อภิปรายถึงข้อกำหนดสำหรับ หินโรยทาง หมอนรองราง ข้อต่อยึดราง และสภาพ
ทางกายภาพของราง โดยแบ่งตามคลาสรถไฟ 1 ถึง 5

Subpart E: เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในรางรถไฟ (Track Appliances and Track Related Devices)

โดยในส่วนย่อยนี้อภิปรายถึงข้อกำหนดสำหรับ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและบำรุงรักษาทาง รวมถึง
เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเครื่องมือทำให้ตกราง (derails) ทุกชิ้นต้องทำให้มองเห็นได้ง่าย ต้องอยู่
ในสภาพล็อกเมื่อใช้งาน ไม่โยกหลวม

Subpart F: การตรวจสอบ (Inspection)

ในส่วนย่อยนี้อภิปรายถึงข้อกำหนดสำหรับ ความถี่และข้อควรปฏิบัติในการตรวจสอบทางรถไฟเพื่อ
ตรวจสอบหาจุดบกพร่องชำรุด

Subpart G: การเดินรถไฟบนรางคลาส 6 ขึ้นไป (Train Operations at Track Classes 6 and Higher)

ในส่วนย่อยนี้อภิปรายถึงข้อกำหนดของทางรถไฟทุกชนิด สำหรับ การเดินรถไฟที่ความเร็วมากกว่า 90
ไมล์ต่อชั่วโมง (151.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) สำหรับรถไฟขนส่งผู้โดยสาร และมากกว่า 80 ไมล์ต่อ
ชั่วโมง (134.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) สำหรับรถไฟขนส่งสินค้า

การทบทวนมาตรฐานและคู่มือความปลอดภัยทางราง)Track Safety (กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และ UIC

จากการทบทวนเอกสาร “EN 16704 Railway applications - Track – Safety protection on
the track during work” หรือ การใช้ทางรถไฟ-ความปลอดภัยบนทางรถไฟ-การป้องกันความปลอดภัย
บนทางรถไฟระหว่างทำงาน ซึ่งจุดประสงค์ของมาตรฐานก็เพื่อกำหนดแนวทางปฏิบัติสำหรับความปลอดภัย
ของผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงทางรางในการทำงานหรือบริเวณใกล้เคียง โดยแบ่งออกเป็น 4
ส่วนด้วยกันได้แก่

ส่วนที่ 1: ความเสี่ยงบนทางรถไฟ และหลักการทั่วไปสำหรับการป้องกันของทั้งสถานก่อสร้างที่อยู่กับที่และเคลื่อนที่ได้ (Part 1: Railway risks and common principles for protection of fixed and mobile work sites)

ส่วนที่ 2-1: ทางแก้ปัญหาร่วมและเทคโนโลยี: ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับระบบเตือนบนทางรถไฟ (TWS) (Part 2-1: Common solutions and technology – Technical requirements for Track Warning Systems (TWS))

ส่วนที่ 2-2: ทางแก้ปัญหาร่วมและเทคโนโลยี: ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับเครื่องกั้น (Part 2-2: Common solutions and technology – Technical requirements for barriers)

ส่วนที่ 3 ความสามารถของบุคลากรที่ทำงานบนทางรถไฟหรือบริเวณใกล้เคียง (Part 3: Competences of personnel related to work on or near the railway track)

ส่วนที่ 1: ความเสี่ยงบนรางรถไฟ และหลักการทั่วไปสำหรับการป้องกันของทั้งสถานก่อสร้างที่อยู่กับที่และเคลื่อนที่ได้ (Part 1: Railway risks and common principles for protection of fixed and mobile work sites)

มาตรฐานนี้กล่าวถึง ข้อกำหนดและมาตรการในการจัดการกับความเสี่ยงเฉพาะที่เกิดขึ้นได้ระหว่างการทำงานอยู่บริเวณทางรถไฟด้วยหลักการสำหรับการป้องกันสถานที่ทำงานตามทั้งที่อยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ได้โดยมีรถไฟหรือเครื่องจักรอยู่ในบริเวณใกล้เคียง ความเสี่ยงและมาตรการป้องกันสำหรับการเข้าออกสถานที่ทำงานก็เป็นประเด็นที่ถูกพิจารณาเช่นกัน โดยมาตรฐานนี้จะใช้ได้กับการทำงานในสถานที่เกี่ยวข้องกับระบบรางทุกประเภทยกเว้น งานก่อสร้างเกี่ยวกับรถไฟรางเบา

มาตรฐานนี้ยังระบุถึงข้อกำหนดและนำกระบวนการมาตรการป้องกันมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนโครงการใหม่ หรือนำมาใช้ในมาตรการแก้ไขเมื่อมีการปรับปรุงโครงสร้างเดิม ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับบุคคลที่ 3 เมื่อมีความเสี่ยงตามที่ระบุข้างต้นเกิดขึ้นในการทำงานบนทางรถไฟ

ส่วนที่ 2-1: ทางแก้ปัญหาร่วมและเทคโนโลยี: ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับระบบเตือนบนทางรถไฟ (TWS) (Part 2-1: Common solutions and technology – Technical requirements for Track Warning Systems (TWS))

จุดประสงค์ของมาตรฐานนี้ก็เพื่อยืนยันข้อกำหนดสำหรับระบบเตือนบนทางรถไฟ หรือ Track Warning Systems (TWS) ที่ใช้สำหรับเตือนพนักงานว่ามีรถไฟกำลังจะแล่นผ่านมาและเตือนพนักงานขับที่กำลังเข้าใกล้เขตซ่อมบำรุงทางรถไฟ โดย ระบบเตือนบนทางรถไฟ TWS สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

- 1) ระบบการเตือนให้ระวังบนทางรถไฟ หรือ Lookout Operated Warning Systems (LOWS)
- 2) ระบบเตือนอัตโนมัติบนทางรถไฟ หรือ Automatic Track Warning Systems
- 3) (ATWS)

4) ระบบควบคุมสัญญาณเตือนบนทางรถไฟ หรือ Signal Controlled Warning Systems

โดยแต่ละประเภทสามารถใช้แบบแยกเดี่ยว หรือใช้ร่วมกันได้เพื่อสามารถทำการแจ้งเตือนได้อย่างเหมาะสม

มาตรฐานส่วนนี้นิยามข้อกำหนดขั้นต่ำสุดการทำงานและส่วนอื่น ๆ ของระบบเตือนบนทางรถไฟ (TWS) โดยที่ระบบนี้สามารถยังมีส่วนการทำงานที่มีอิทธิพลต่อการเตือนว่ามีรถไฟที่แล่นผ่านมา หรือ การเตือนบนรถไฟเอง ซึ่งสามารถสั่งการให้มีการ หยุด ผ่านไป หรือ การทำงานอื่น ๆ โดยมาตรฐานส่วนนี้มีขอบเขตการประยุกต์ใช้กับ ระบบ หรือ ส่วนย่อยของระบบ และส่วนประกอบของ ระบบ TWS ที่เป็นทั้ง ระบบใหม่ทั้งระบบ การติดตั้งส่วนประกอบเสริม และการติดตั้งปรับปรุงระบบเพิ่มเติม โดยมาตรฐานนี้จะไม่กล่าวถึงอันตรายที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน ติดตั้ง หรือถอด ระบบ TWS ที่ไม่เหมาะสม

ส่วนที่ 2-2: ทางแก้ปัญหาและเทคโนโลยี: ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับเครื่องกั้น (Part 2-2: Common solutions and technology – Technical requirements for barriers)

จุดประสงค์ของมาตรฐานนี้คือการนิยามข้อกำหนดสำหรับเครื่องกั้นเพื่อแยกพื้นที่ส่วนทำงานและพื้นที่ส่วนอันตราย รวมถึงการป้องกันพนักงานจากการเข้าเขตอันตรายโดยมิได้ตั้งใจโดยจุดประสงค์ของมาตรฐานยกเว้นข้อกำหนดสำหรับการแยกโครงสร้างเพื่อความปลอดภัยสำหรับการเดินรถไฟ

มาตรฐานส่วนนี้ระบุข้อกำหนดเครื่องกั้นเพื่อป้องกันพนักงานที่พื้นที่จากเขตอันตรายโดยมิได้ตั้งใจโดยการแสดงข้อกำหนดขั้นต่ำสุดและกระบวนการทดสอบเครื่องกั้นในด้านขนาด สถียรภาพ และคุณสมบัติทางไฟฟ้า และให้ข้อเสนอแนะสำหรับการทำเครื่องหมายแสดงเขตอันตราย เครื่องกั้นไม่ควรจะมีส่วนแหลมคมหรือขอบหยักแบบฟันปลา ควรใช้กันบริเวณทางแยกหรือจุดตัดทางรถไฟ และเครื่องกั้นไม่ควรจะรบกวนระบบไฟฟ้าบนทางรถไฟหรือก่อให้เกิดอันตรายจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร นอกจากนั้นส่วนประกอบของเครื่องกั้นควรจะประกอบติดตั้ง และถอดออกเก็บได้ง่ายและรวดเร็ว โดยไม่กระทบต่อส่วนประกอบ หรือโครงสร้างของรางรถไฟ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ โดยควรติดตั้งได้จากภายนอกทางรถไฟ โดยควรจะถอดแยกออกเป็นโมดูลเดี่ยว ๆ ชั่วคราวได้ รวมถึงสามารถปรับระยะห่างจากทางรถไฟได้ และถอดออกด้วยมือได้ในกรณีฉุกเฉิน

ส่วนที่ 3 ความสามารถของบุคลากรที่ทำงานบนทางรถไฟหรือบริเวณใกล้เคียง (Part 3: Competences of personnel related to work on or near the railway track)

การทำงานบนทางรถไฟหรือบริเวณใกล้เคียงถ้าไม่มีมาตรการความปลอดภัยที่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและการสูญเสียได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีอย่างหนึ่งที่บุคลากรที่เกี่ยวข้องควรมีความสามารถในการทำตามข้อปฏิบัติที่กำหนดสำหรับความปลอดภัยได้ในแต่ละกิจกรรมที่ทำได้ โดยในแต่ละประเทศสามารถกำหนดเป็นข้อบังคับได้ โดยไม่เกิดความเสี่ยงในการทำงานบนทางรถไฟที่ระบุในส่วนที่ 1 โดยควรมีการออกใบรับรองความปลอดภัย (track safety card) แก่ผู้ผ่านการตรวจ

รับ โดยต้องมีการตรวจสอบสภาพร่างกายประจำปีทุก ๆ 5 ปี หรือในกรณีที่เกิดความสงสัย รวมถึงการตรวจสอบสภาพจิตใจ การอ่านเขียนและสื่อสารทางวาจา และระดับทักษะในการทำงาน

การทบทวนมาตรฐานและคู่มือ ความปลอดภัยทางราง (Track Safety) ประเทศญี่ปุ่น

โดยทำการทบทวนเอกสารมาตรฐานข้อบังคับทางเทคนิคของการรถไฟประเทศญี่ปุ่น ในบทที่ 7 เรื่อง สิ่งก่อสร้างเพื่อความปลอดภัยในการดำเนินงาน (Technical Regulatory Standards on Japanese Railways, Chapter7 Operation Safety Facilities) โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักดังนี้

ส่วนที่ 1 สถานที่ให้อาณัติสัญญาณทางรถไฟ (Section 1 Railway Signaling Facilities)

ส่วนที่ 2 สถานที่เพื่อความปลอดภัยในการสื่อสาร (Section 2 Safety Communication Facilities)

ส่วนที่ 3 สถานที่ป้องกันจุดตัดทางรถไฟ (Section 3 Level Crossing Protection Facilities)

ส่วนที่ 4 ข้อกำหนดอื่น ๆ (Section 4 Miscellaneous Provision)

โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนสามารถบรรยายได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 สถานที่ให้อาณัติสัญญาณทางรถไฟ (Section 1 Railway Signaling Facilities)

ก. ในส่วนนี้จะอภิปรายถึงอุปกรณ์บล็อก (Devices to Ensure Block, etc.) ให้ทางสะดวกควรจะ
สามารถส่งสัญญาณที่ขึ้นอยู่กับสภาพของส่วนต่างบนเส้นทางหรือทำงานได้ตามที่กำหนด

อุปกรณ์ที่กำหนดช่วงระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟควรมีความสามารถในการหน่วงหรือหยุด
ความเร็วของรถไฟที่เกี่ยวข้อง โดยการควบคุมได้อย่างต่อเนื่องและทันทั่วทั้งตามระยะห่างและ
สภาพของเส้นทาง

อุปกรณ์ดังกล่าวที่ใช้อยู่บนเส้นทางเดี่ยว ควรจะสามารถป้องกันมิให้รถไฟสองขบวนที่เคลื่อนที่
สวนทางกัน อยู่บนเส้นทางนั้นในเวลาเดียวกัน

โดยข้อกำหนดจำเพาะที่ผ่านการรับรอง (Approved Model Specifications)

อุปกรณ์บล็อกให้ทางสะดวก โดยระบบบล็อกอัตโนมัติที่ใช้การตรวจจับรถไฟ ควรมี
ความสามารถในการควบคุมสัญญาณอัตโนมัติในกรณีดังต่อไปนี้

- เมื่อมีรถไฟ ในระยะเขตบล็อก หรืออยู่ในส่วนคาบเกี่ยว
- เมื่อเครื่องมือให้อาณัติสัญญาณเกิดความขัดข้องในระยะเขตบล็อก
- เมื่อรถไฟบนทางอื่นเกิดการกีดขวางที่จุดแยก
- เมื่อเกิดความผิดพลาดที่อุปกรณ์บล็อก

ข. ระบบส่งสัญญาณบล็อกคู่ขบวนควรเป็นชนิดที่สามารถจัดการข้อมูลการควบคุมของแต่ละส่วนได้
อย่างอัตโนมัติ โดยสามารถระบุข้อมูลเพื่อใช้สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณรถไฟและระบุ
สัญญาณหยุดคู่ขบวน โดยใช้ในกรณีดังต่อไปนี้

- ระบุเขตทางสะดวกเมื่อมีรถไฟในเส้นทาง
- ระบุเขตทางสะดวกในกรณีรถไฟวิ่งคาบเกี่ยวระยะบล็อก

- ระบบเขตทางสะดวกเมื่อเครื่องมือให้อาณัติสัญญาณขัดข้อง
- เมื่อรถไฟบนทางอื่นเกิดการกีดขวางที่จุดแยก

ค. สัญญาณหยุดรถไฟควรจะต้องให้ทันต่อการเบรกของรถไฟที่เหมาะสมภายในระยะบล็อกสัญญาณ

ง. ระบบบล็อกกิ้งอัตโนมัติควรเป็นชนิดที่ใช้การตรวจจับตำแหน่งรถไฟ และมีการป้องกันสัญญาณระหว่างการตรวจจับรถไฟเข้าโดยติดตั้งที่จุดหัวและท้ายระยะบล็อก ในกรณีดังต่อไปนี้

- เมื่อมีสัญญาณเริ่ม แฉ่งวาร์รถไฟเข้ามาแต่ไม่มีรถไฟอยู่ในระยะบล็อก
- เมื่ออาณัติสัญญาณขัดข้อง
- เมื่อมีรถไฟในเส้นทางอื่น ๆ กีดขวางที่จุดแยก
- เมื่ออุปกรณ์บล็อกขัดข้อง

จ. เมื่อมีสัญญาณแจ้งเข้ามาที่ระบบต้องมีการส่งสัญญาณตอบสนองที่เหมาะสม

ฉ. การจัดการส่งสัญญาณบล็อกโดยเจ้าหน้าที่ควรมีการติดตั้งระบบบล็อกคู่ที่เชื่อมโยงกัน และควรติดตั้งโทรศัพท์หรือเครื่องมือสื่อสารระหว่างที่รถไฟเข้าและออกจากระยะบล็อก

ช. อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดระยะห่างระหว่างรถไฟสองขบวนอธิบายได้ดังนี้

ระบบควบคุมรถไฟอัตโนมัติ (Automatic train controllers) ควรมีลักษณะดังนี้

- โครงสร้างภาคพื้นควรมีการสื่อสารโดยควรแสดงข้อมูลการควบคุมรถไฟเช่น ความเร็วในการเดินรถไฟเทียบกับระยะห่างกับอีกขบวนบนเส้นทางเดียวกันและสภาพเส้นทางราง
- บนรถไฟควรมีการสื่อสารกับระบบภาคพื้นและสามารถปรับลดความเร็วรถไฟตามการควบคุม หรือหยุดรถไฟในกรณีที่มีสัญญาณแสดงการสั่งให้หยุดรถไฟ
- ระยะในการแจ้งการลดความเร็วหรือหยุดรถไฟควรมีความเหมาะสม

ระบบควบคุมรถไฟอัตโนมัติ (Automatic train controllers) ควรมีลักษณะดังนี้ระบบบล็อกควรมีลักษณะสัญญาณที่เกี่ยวข้องกันแบบเชื่อมโยงอินเตอร์ล็อก (Interlocking) เพื่อความปลอดภัย

ซ. อุปกรณ์ให้อาณัติสัญญาณบนทางรถไฟควรมีลักษณะดังนี้

- โครงสร้างและการติดตั้งอาณัติสัญญาณทางรถไฟไม่ควรจะมีความสับสนหรือขัดข้องในการใช้งาน
- อุปกรณ์ให้สัญญาณควรมีความเหมาะสมในการติดตั้งที่จะให้ขบวนรถไฟสามารถชะลอหรือหยุดตามการควบคุม
- เพื่อสร้างความปลอดภัยในการเดินรถไฟ อุปกรณ์ให้สัญญาณควรถูกติดตั้งที่จุดตัดหรือจุดแยกหรือบริเวณที่เสี่ยงต่อการเกิดการชนกันของรถไฟหรือการตกราง

ณ. ที่จุดตัดหรือจุดแยกหรือตำแหน่งที่เสี่ยงต่อการชนกันหรือการตกราง เครื่องมือสลักอินเตอร์ล็อกควรมีการติดตั้งที่ทำงานสัมพันธ์กับสัญญาณที่จุดทางแยกหรือจุดอื่น ๆ ที่ติดตั้งระบบชนิดนี้เพื่อความปลอดภัยในการเดินรถไฟ อุปกรณ์ควบคุมระยะไกลที่ใช้กับเครื่องมือสลักอินเตอร์ล็อกควรแสดงข้อมูลที่จำเป็นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการดำเนินการ โดยแสดงตำแหน่งของรถไฟและสถานะของเส้นทางว่าเปิดหรือปิดอยู่

ญ. ในกรณีที่รถไฟใช้ระบบล็อก ควรติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ชะลอความเร็วหรือหยุดรถไฟอัตโนมัติที่ใช้ลักษณะสัญญาณควบคุมและสามารถระบุสภาพเส้นทาง แต่ต้องไม่ทำให้เกิดปัญหาต่อการเดินรถและสภาพเส้นทาง

ฎ. เครื่องมือสำหรับการเดินรถไฟอัตโนมัติสำหรับรถไฟที่ไม่มีพนักงานขับควรมีความสอดคล้องกับมาตรฐานดังต่อไปนี้

- รถไฟไม่ควรจะออกตัวได้ถ้าไม่ได้มีการยืนยันความปลอดภัยของผู้โดยสารขึ้นหรือออกจากรถไฟ
- ความเร็วที่ใช้ควรจะอยู่ภายใต้ความเร็วการเดินรถไฟเพื่อให้สามารถควบคุมระยะห่างและความเร็วของรถไฟได้อย่างราบรื่น
- รถไฟควรจะหยุดได้อย่างราบรื่นที่จุดหมายโดยไม่ก่อปัญหาต่อการขึ้นหรือลงของผู้โดยสาร

ฏ. เครื่องมือที่ใช้ตรวจจับรถไฟ (สำหรับความปลอดภัย) ควรจะสามารถตรวจจับรถไฟโดยไม่เกิดขัดข้อง โดยการป้องกันไม่ให้เกิดการรบกวนสัญญาณ ถ้ามีการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ในการตรวจจับรถไฟ พื้นที่นั้นต้องไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากการชนกันของรถไฟ

สถานที่เพื่อความปลอดภัยในการสื่อสาร (Section 2 Safety Communication Facilities)

ก. เพื่อการสื่อสารหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลได้อย่างรวดเร็วระหว่างกันสถานที่สื่อสารด้านความปลอดภัยควรมีการก่อสร้างและติดตั้งที่สถานี ลานจอด สถานีจ่ายกำลังไฟฟ้าย่อย ศูนย์ควบคุมการจราจร ศูนย์ติดต่อควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้า และสถานที่อื่น ๆ ที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัยและการเดินรถไฟเป็นหลัก

ข. สายส่งโทรคมนาคมบนเหนือศีรษะควรมีการติดตั้งอยู่ในระดับความสูงที่เหมาะสม เพื่อมิให้เกิดขวางการคมนาคมขนส่งอื่น ๆ

ค. สายส่งโทรคมนาคมบนเหนือศีรษะควรมีการติดตั้งโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้คน และเครื่องมือประเภทอื่น และมีการป้องกันการเกิดการรบกวนโดยการลัดวงจรไฟฟ้าและอันตรายจากฟ้าผ่า

ส่วนที่ 3 สถานที่ป้องกันจุดตัดทางรถไฟ (Section 3 Level Crossing Protection Facilities)

- ก. เครื่องกั้นป้องกันจุดตัดทางรถไฟ ควรจะสามารถเตือนผู้คนที่จุดตัดทางรถไฟว่ามีรถไฟกำลังจะผ่านมา และควรกั้นการจราจรบนถนนตัดผ่านเพื่อความปลอดภัย แต่ถ้าเป็นกรณีจุดตัดที่มีการจราจรที่น้อยมาก หรือไม่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกั้น ก็สามารถใช้ในการติดตั้งเพียงสัญญาณเตือนรถไฟที่กำลังจะผ่านมาทดแทนได้
- ข. เครื่องป้องกันจุดตัดทางรถไฟควรพิจารณาถึงความเร็วของรถไฟ ความหนาแน่นของการจราจรบนถนนและราง และชนิดลักษณะยานพาหนะที่แล่นผ่านจุดตัดทางรถไฟ ถ้าจำเป็นระบบเครื่องกั้นจุดตัดทางรถไฟควรจะสามารถแจ้งรถไฟที่กำลังแล่นผ่านในกรณีมีรถยนต์กีดขวางที่จุดตัดทางรถไฟ

ส่วนที่ 4 ข้อกำหนดอื่น ๆ (Section 4 Miscellaneous Provision)

- ก. สถานที่รองรับความปลอดภัยในการเดินรถไฟควรมีการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือทางไฟฟ้าและวงจรที่ไม่รบกวนการเดินรถไฟแม้ในกรณีที่เกิดเหตุขัดข้องกับอุปกรณ์เครื่องมืออื่น ๆ ก็ตาม

การทบทวนมาตรฐานและคู่มือ ความปลอดภัยทางราง)Track Safety (ประเทศสาธารณรัฐเกาหลีใต้

ในส่วนของเอกสารมาตรฐานทางด้านความปลอดภัยบนทางรถไฟจะทบทวนมาตรฐาน KR C-14090 Track safety facilities ที่กล่าวถึงมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ด้านความปลอดภัยบนทางรถไฟ โดยมีเนื้อหาจำแนกออกเป็น 6 หัวข้อหลักด้วยกัน ได้แก่

- 1) กันชนรถไฟ (The curtain (Buffer Stop))
- 2) รางกั้นตก (Safety rails)
- 3) ข้อมูลทางรางรถไฟ (Line Statement)
- 4) จุดตัดทางรถไฟ (Crossing)
- 5) การป้องกันการกระเด็นของกรวด (Anti-shattering of gravel road surface)
- 6) การติดตั้งของสิ่งก่อสร้างเพื่อป้องกันภัยพิบัติ (Installation of disaster prevention measures facilities)

กันชนรถไฟ (The curtain (Buffer Stop))

ที่สุดทางรถไฟ ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์กันชนเพื่อป้องกันการชนของรถไฟกับส่วนอื่น ๆ และหยุดรถไฟ และใช้แยกกันอาณาเขตระหว่างส่วนนอกและส่วนในของโรงซ่อม โดยกันชนรถไฟสามารถแบ่งออกได้เป็นสามชนิดหลัก ๆ ได้แก่ แบบยึดบนราง แบบคลื่น และแบบไฮดรอลิกส์ โดยจะติดตั้งระหว่างรถไฟสองคัน เพื่อป้องกันการอุบัติเหตุการชนกันและควรติดตั้งแนวเส้นปลอดภัย และแนวเส้นเพื่ออพยพในพื้นที่โรงจอดด้วย

รางกันตก (Safety rails) โดยมีเนื้อหาจะกล่าวถึง

- รางกันตกราง (Derailment guard rail)
- เกณฑ์การติดตั้งรางกันที่จุดตัด (Crossing Guardrail Installation Criteria)
- รางกันขอบทางรถไฟ (Safety guard rail)
- เกณฑ์การวางรางกันตกของปลายประแจ (Point guard rail laying criteria)

โดยรางกันตกราง (Derailment guard rail) ใช้ติดตั้งกับรางที่มีรัศมีความโค้งน้อยกว่า 300 เมตร หรือรางที่มีการเปลี่ยนความชัน หรือตำแหน่งทางรางที่เสี่ยงต่อการตกราง โดยจะติดตั้งก่อนทางรถไฟข้ามสะพาน โดยเฉพาะ สะพานคอนกรีต และสะพานที่มีความยาวเกิน 18 เมตร สะพานโค้งที่มีความชันเกินร้อยละ 20 และสะพานที่มีรัศมีความโค้งน้อยกว่า 600 เมตร หรือสะพานอื่น ๆ ที่มีความจำเป็น โดยส่วนใหญ่จะใช้ความกว้างของร่องประมาณ 80 ถึง 100 มิลลิเมตร และมีความยาวของกันตกรางอย่างน้อย 2 เมตร และส่วนหัวควรมีระยะห่างจากรางหลักประมาณ 200 มิลลิเมตร นอกจากกันตกรางที่ตำแหน่งปลายประแจ (Point Guard Rail) จะใช้ในกรณีทางโค้งแยกในกรณีที่มีรางชำรุดเพื่อป้องกันตกราง

ข้อมูลทางราง (Line Statement)

มาตรฐานติดตั้งสำหรับทางรถไฟจะให้ข้อมูลแก่พนักงานทำหน้าที่บำรุงรักษาทางรถไฟ โดยระบุถึงสภาพของทางรถไฟ และข้อกำหนดที่จำเป็นสำหรับการเดินรถไฟ หรือเป็นสัญลักษณ์แสดงขอบเขตหรือเขตจุดตัดเพื่อให้ข้อมูลแก่ผู้สัญจร อาจจะเป็นการวาดบนพื้น หรือบนผนัง โดยอาจจะแบ่งออกเป็นประเภท ป้ายถาวร ป้ายติดตั้ง และป้ายที่เก็บข้อมูล ซึ่งแสดงข้อมูลจำพวก ระยะทาง ระยะโค้ง ความเร็วสูงสุด ป้ายสัญลักษณ์แสดงสถานี สะพาน อุโมงค์ เป็นต้น

จุดตัดทางรถไฟ (Crossing)

โดยในส่วนนี้จะกล่าวถึงหัวข้อประเด็นของจุดตัดทางรถไฟดังนี้

- ชนิดของจุดตัดทางรถไฟ (Types Of Crossings)
- ตำแหน่งของจุดตัดทางรถไฟ (Location Of Crossings)
- ความกว้างและความยาวของจุดตัดทางรถไฟ (Crossing Width And Length)
- การติดตั้งอุปกรณ์ที่จุดตัดทางรถไฟ (Packing Materials At Crossing)
- มาตรฐานของเครื่องมือสำหรับจุดตัดทางรถไฟ (Standards Of Equipment At Crossing)

โดย จุดตัดทางรถไฟ แบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ

แบบที่ 1 ติดตั้ง สัญญาณเครื่องกั้น สัญญาณเตือน และป้ายสัญลักษณ์จุดตัด

แบบที่ 2 ติดตั้งสัญญาณเตือน และป้ายสัญลักษณ์จุดตัด

แบบที่ 3 ติดตั้งเพียงป้ายสัญลักษณ์

ส่วนการพิจารณาตำแหน่งจุดตัดโดยการพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์ที่จุดตัดจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดที่พิจารณาจาก สภาพภูมิประเทศ ความถี่ของรถไฟวิ่งผ่าน ความเร็วของรถไฟ และ ปริมาณการจราจร

โดยแต่ละจุดตัดควรอยู่ห่างกันอย่างน้อย 1 กิโลเมตร โดยความกว้างของจุดตัดไม่ควรมีระยะน้อยกว่า 3 เมตร ถนนและรางควรทำมุมอย่างน้อย 45 องศา โดยถนนที่ตัดผ่านควรมีความชันไม่เกินร้อยละ 3

การป้องกันการกระเด็นของกรวด (Anti-Shattering Of Gravel Road Surface)

เพื่อป้องกันถนน บ้านเรือนประชาชนที่ปลูกอาศัยอยู่ข้างทางรถไฟ ซึ่งเกิดจากลมพัด และอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ โดยจะติดตั้งบริเวณที่มีการร้องเรียน หรือบริเวณที่ถูกพิจารณาว่า สุ่มเสี่ยงได้แก่บนรางรถไฟที่มีถนนลอดใต้ และจุดก่อนหรือหลังจุดตัดทางรถไฟ โดยสามารถติดตั้งตาข่ายป้องกันหิน หรือใช้ตะแกรงยางปิดคลุมกรวดไว้ การพ่นสเปรย์เรซิน การติดตั้งฝาปิดครอบ การติดตั้งรั้วป้องกันกรวด และควรมีการตรวจสอบบำรุงรักษา

การติดตั้งของสิ่งก่อสร้างเพื่อป้องกันภัยพิบัติ (Installation Of Disaster Prevention Measures Facilities)

มาตรการการป้องกันสาธารณภัยรวมถึงมาตรการการป้องกันการชำรุดของไหล่ทางซึ่งพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของหินไหลทางตกลงมาและดินทรุดตัวเนื่องจากการติดตั้งเครื่องกั้น ต้องสามารถป้องกันมิให้หินหล่นลงมาจนถึงรางได้ และควรมีระบบตรวจจับและหยุดรถไฟฉุกเฉินเมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวเพื่อความปลอดภัย

5.9.3 สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ

จากการศึกษาทบทวนมาตรฐานด้านความปลอดภัยบนทางรถไฟ (track safety) ที่มีการใช้งาน ณ ปัจจุบัน ของประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศกลุ่มยุโรป ประเทศญี่ปุ่น และประเทศสาธารณรัฐเกาหลีใต้ จะสามารถสรุปเป็นตารางเพื่อใช้เปรียบเทียบความเหมือนหรือแตกต่างกันในแต่ละประเด็นดังนี้

ประเด็นการศึกษา ทบทวน	สหรัฐอเมริกา	ประเทศกลุ่มยุโรป	ประเทศญี่ปุ่น	ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลีใต้
1. จุดเด่นทั่วไป	- กำหนดคลาสด้านความปลอดภัยทางรถไฟแบ่งตามความเร็วในการเดินรถไฟ - มีกระบวนการตรวจสอบ	- เน้นความปลอดภัยพนักงานทำงานบนทางรถไฟ - Worker risk and safety - Worker competencies	- เน้นแนวทางการปลอดภัยในการเดินรถไฟ เช่น ระบบควบคุม และอาณัติสัญญาณ - safety best practice in operation on railway	- เน้นการกำหนดสถานที่ความปลอดภัยบนทางรถไฟ - Orbit safety facilities

ประเด็นการศึกษา ทบทวน	สหรัฐอเมริกา	ประเทศกลุ่มยุโรป	ประเทศญี่ปุ่น	ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลีใต้
	- safety design และ preventive maintenance			
2. โครงสร้าง มาตรฐาน	- 49 CFR Part 213 -Track Safety Standards. - แบ่งเป็น subpart A ถึง G และ หัวข้อย่อยเรียงตามเลข 213.XX	- EN 16704 Railway applications - Track – Safety protection on the track during work - แบ่งเป็น 4 ส่วนหลัก 1,2-1,2-2, และ 3	- Chapter 7 operation safety facilities , เอกสาร Technical Regulatory Standards on Japanese Railways - แบ่งเป็น Ministerial Ordinance (คำสั่งรัฐมนตรี) Approved Model Specifications (ข้อกำหนดจำเพาะที่ผ่านการรับรอง)	- KR C-14090 Track safety facilities - Orbits track safety แบ่งเป็น 7 ส่วนหลัก - มี Review Chart กับ Record History สำหรับการปรับปรุง อัปเดต Version
3. เนื้อหาทางด้าน เทคนิค	- คลอบคลุมเนื้อหาส่วนประกอบบนถนนทางรถไฟ - ตัวแปรการออกแบบตามคลาสทางรถไฟ - มีตารางใช้ในการตรวจสอบทางรถไฟ	- อธิบายรายละเอียดตัวแปรไว้อย่างชัดเจนและมีแผนและตารางใช้ในการตรวจสอบ	- กำหนดแนวทางด้านความปลอดภัย - ไม่ระบุจำกัดเทคโนโลยี	- กำหนดแนวทางด้านความปลอดภัย - กำหนดตัวแปรเชิงเทคนิค รวมถึงแนวปฏิบัติ
4. องค์ประกอบด้าน ความปลอดภัยบน ทางรถไฟ	สหรัฐอเมริกา	ประเทศกลุ่มยุโรป	ประเทศญี่ปุ่น	ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลีใต้

ประเด็นการศึกษา ทบทวน	สหรัฐอเมริกา	ประเทศกลุ่มยุโรป	ประเทศญี่ปุ่น	ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลีใต้
4.1 การตรวจสอบ ความเสี่ยงและความ ปลอดภัย	- มีระบุถึงในส่วน การ ตรวจสอบ	- มีแต่จำกัดเฉพาะ เรื่อง	- ไม่ระบุ	- ไม่ระบุ
4.2 เครื่องหมาย สัญญาณเตือน	- ไม่ระบุ	- มีระบุรายละเอียด การออกแบบติดตั้ง	- มีระบุถึง	- มีระบุถึง
4.3 เครื่องกั้น	- มีระบุถึง	- มีระบุรายละเอียด การออกแบบติดตั้ง	- มีระบุถึง	- มีระบุถึง
4.4 ความปลอดภัย ระหว่างปฏิบัติงาน ซ่อมบำรุงบนทาง รถไฟ	- มีระบุถึง รายละเอียดถึง คุณสมบัติ ใน subpart A	- มีระบุถึง รายละเอียดในส่วนที่ 3	- มีระบุถึง	- มีระบุถึง
4.5 ความปลอดภัย ระหว่างการเดินทางรถไฟ	- มีระบุถึง	- มีระบุถึง รายละเอียดในส่วนที่ 1,2-1,2-2,3	- มีระบุถึง	- มีระบุถึง
4.6 ความปลอดภัย บริเวณรอบทางรถไฟ หรือ จุดตัดทางรถไฟ	- มีระบุถึง	- มีระบุถึง	- มีระบุถึง	- มีระบุถึง
4.7 ความพร้อมและ ความสามารถของ พนักงานบนทางรถไฟ	- มีระบุถึงใน subpart A, F	- มีระบุถึง รายละเอียดในส่วนที่ 3	- ไม่ระบุ	- ไม่ระบุ
4.8 คุณสมบัติผู้ ควบคุมการซ่อมบำรุง ทางรถไฟ	มีระบุถึงรายละเอียด ถึงคุณสมบัติ ใน subpart A, F	- มีระบุถึง รายละเอียดในส่วนที่ 3	- ไม่ระบุ	- ไม่ระบุ
4.9 การบริหาร จัดการความปลอดภัย บนทางรถไฟ	- มีระบุในการ ตรวจสอบทางรถไฟ subpart F	- มีรายละเอียดใน ส่วนที่ 1	- มีระบุถึง	- มีระบุถึง
5. ระดับการบังคับใช้	- มาตรฐานข้อบังคับ	- มาตรฐานระดับ นานาชาติ	- กฎกระทรวง	- มาตรฐานการ ออกแบบ

ประเด็นการศึกษา ทบทวน	สหรัฐอเมริกา	ประเทศกลุ่มยุโรป	ประเทศญี่ปุ่น	ประเทศสาธารณรัฐ เกาหลีใต้
	- มีบทลงโทษ	- แนวปฏิบัติและคู่มือ	- เป็นแนวทางการ ออกแบบ	- แนวปฏิบัติและคู่มือ

จากการศึกษาทบทวนพบว่ามาตรฐานด้านความปลอดภัยบนทางรางไฟจะมีรายละเอียดเนื้อหาทางเทคนิคและมีจุดเด่นที่ค่อนข้างจะต่างกันอย่างชัดเจนซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างมาตรฐานและแนวคิดหรือปรัชญาองค์รวมการจัดการความปลอดภัยทางระบบรางโดยรวมด้วย เช่นประเทศสหรัฐอเมริกาจะมีมาตรฐานในส่วนการออกแบบและก่อสร้าง การตรวจสอบ และการบังคับใช้ทางเทคนิค ส่วนประเทศกลุ่มยุโรปจะเน้นแนวปฏิบัติและคู่มือในส่วนความปลอดภัยของพนักงานและผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำงานบนทางรถไฟ ส่วนประเทศญี่ปุ่นจะเน้นการเดินรถที่ปลอดภัยบนทางรถไฟและระบบควบคุมอาณัติสัญญาณ ส่วนมาตรฐานประเทศสาธารณรัฐเกาหลีใต้จะเน้นสถานที่และอุปกรณ์ความปลอดภัยที่นอกเหนือจากองค์ประกอบของทางรถไฟเอง อีกทั้งมีองค์ประกอบด้านความปลอดภัยและระดับการบังคับใช้ที่ต่างกัน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบ เปรียบเรียงและวิเคราะห์หามาตรฐานและคู่มือที่เหมาะสมด้านความปลอดภัยบนทางรถไฟสำหรับประเทศไทยต่อไป โดยมีกระบวนการศึกษาวิเคราะห์ช่องว่าง การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และการจัดสัมมนาระดมความคิดเห็น สำหรับจัดทำเป็นเล่มมาตรฐานและคู่มือส่วนความปลอดภัยบนทางรถไฟต่อไป

5.10 ผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ (TRACK DRAINAGE)

5.10.1 หลักการพื้นฐานและทฤษฎี

การระบายน้ำทางรถไฟสามารถนิยามได้ว่าเป็นการดัก (Interception) การรวบรวม (Collection) แล้วท้ายที่สุดเป็นการระบายน้ำ (Drainage หรือ Disposal of Water) ออกจากทางรถไฟไม่ว่าจะทางพื้นผิวหรือใต้ดิน โดยอาจเป็นการไหลในรางเปิด (Open Channel) หรือเป็นการไหลในท่อปิด (Closed Conduit) ทั้งที่เป็นการไหลภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกหรือเป็นการไหลที่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำร่วมในระบบ ระบบรางรถไฟที่ดีที่สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพมีอายุการใช้งานได้ยาวนานจึงต้องมีระบบระบายน้ำที่เหมาะสม เพราะน้ำถือเป็นปัจจัยหรืออุปสรรคสำหรับทางรถไฟ นอกจากนั้นน้ำยังเป็นตัวทำให้โครงสร้างทางรถไฟเกิดความเสียหายได้อย่างมาก การบำรุงรักษาระบบรางรถไฟก็ทำได้ยากลำบากหากไม่มีระบบระบายน้ำที่ดี

ระบบระบายน้ำทางรถไฟมี 2 หน้าที่หลัก หน้าที่หลักแรกเป็นการลดปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่โครงสร้างส่วนฐานของทางรถไฟ (Track Substructure) และหน้าที่หลักสุดท้ายเป็นการนำน้ำออกจากโครงสร้างส่วนล่างของทางรถไฟ ระบบระบายน้ำนั้นเกี่ยวข้องกับหลากหลายรูปแบบการไหลของน้ำ ได้แก่ ก. การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน (Surface Runoff) ข. การไหลของน้ำในทางน้ำเปิด (Open-channel Flow) เช่น คูระบายน้ำ (Ditch) ค. การไหลของน้ำในท่อ (Water Flow in Conduits) ง. การไหลของน้ำผ่านวัสดุที่มีความพรุน (Water Flow through Porous Materials) เช่น หินโรยทาง (Ballast) ชั้นรองหินโรยทาง (Sub-ballast) และ ดินเดิม (Subgrade Soils) และ จ. การไหลของน้ำโดยอาศัยปั๊ม (Water Flow Induced by Pumps) หลักการพื้นฐานของการไหลของน้ำที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับระบบการระบายน้ำทางรถไฟ สามารถแบ่งออก

ได้ทั้งหมดเป็น 3 หลักการใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้ (1) การไหลของน้ำจากพื้นที่สูงลงพื้นที่ต่ำ (2) เมื่อความชันมากขึ้น หรือ เมื่อการเปลี่ยนแปลงของระดับพื้นที่มีมากขึ้น จะทำให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มมากขึ้น และ (3) การไหลของน้ำขึ้นกับความหยาบของพื้นผิว (Surface Roughness)

ในกรณีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินสามารถจัดลำดับความสามารถการไหลของน้ำจากมากไปน้อย คือ พื้นดินที่มีการปูพื้น > พื้นดินเปล่า > พื้นดินที่มีพืชปกคลุม ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาความสามารถการไหลของน้ำในกรณีการไหลในทางน้ำเปิดมีลำดับจากมากไปน้อย คือ พื้นทางน้ำเปิดที่ลาดด้วยคอนกรีต > พื้นทางน้ำเปิดที่เป็นดินเปล่า > พื้นทางน้ำเปิดที่มีพืชปกคลุมดิน สำหรับการไหลในท่อนั้นความต้านทานการไหลขึ้นอยู่กับพื้นผิวภายในของท่อเอง พื้นผิวภายในของท่อที่เป็นพลาสติกเรียบจะมีความต้านทานการไหลน้อยกว่าคอนกรีตเรียบ พื้นผิวที่เรียบจะมีความต้านทานการไหลน้อยกว่าพื้นผิวที่ขรุขระและมีรอยย่น ความสามารถในการไหลของน้ำผ่านตัวกลางขึ้นกับขนาดของอนุภาคและช่องว่างระหว่างอนุภาค ความต้านทานการไหลจึงขึ้นกับคุณสมบัติความซึมน้ำได้ (Permeability) หรือ สภาพการนำน้ำ (Hydraulic Conductivity) หินโรยทางมักจะมีความพรุนมากกว่าเพราะมีช่องว่างระหว่างตัวหินที่มีขนาดใหญ่กว่า ชั้นรองหินโรยทางประกอบไปด้วยทราย (Sand) และกรวด (Gravel) รวมถึงบางส่วนเป็นดินทรายแป้ง (Silt) ซึ่งมีช่องว่างที่มีขนาดน้อยกว่าทำให้ชั้นรองหินโรยทางมีความพรุนน้อยกว่าส่วนชั้นบนที่เป็นหินโรยทาง ดินเหนียว (Clay Soils) จะมีช่องว่างระหว่างอนุภาคที่น้อยมากทำให้การซึมของน้ำเกิดขึ้นได้น้อย ดังนั้นวัสดุที่มีความพรุนสูงจะทำให้น้ำไหลผ่านได้ง่ายกว่า

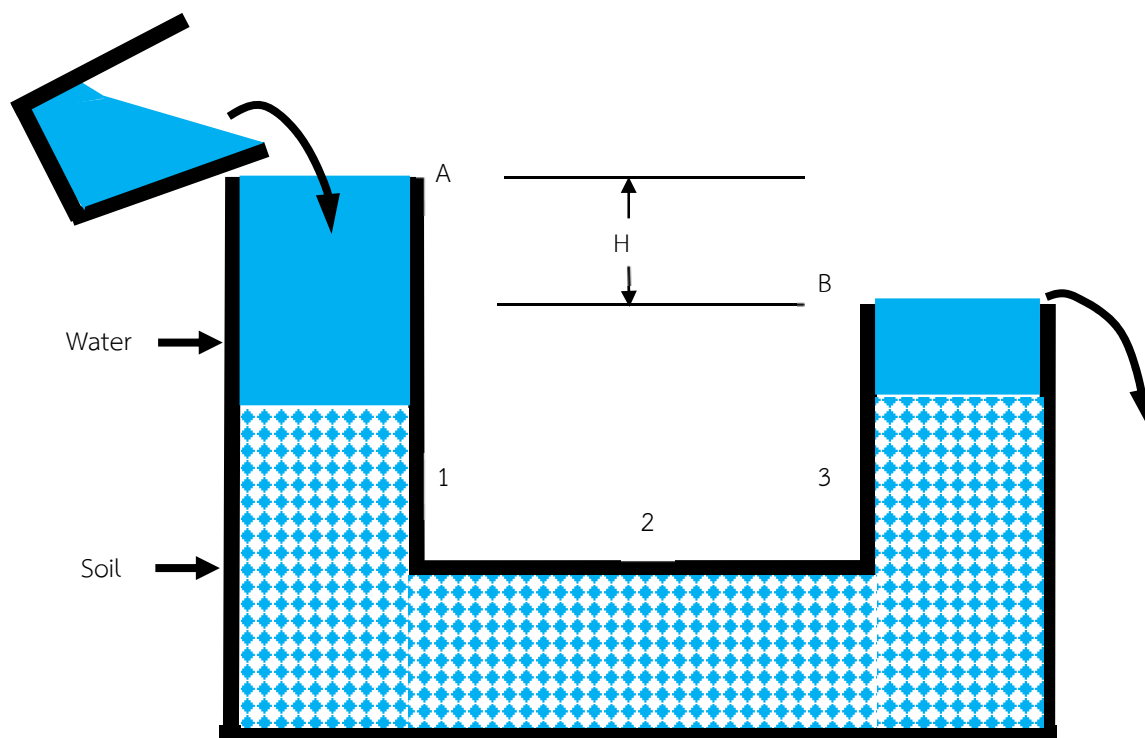
การที่น้ำไหลบ่าบนพื้นดินเปล่า และถึงแม้ว่าจะไหลบ่าบนพื้นดินที่มีพืชปกคลุมอยู่บ้าง สามารถก่อให้เกิดการชะล้างของดิน (Soil Erosion) จากการชะล้างอนุภาคของดิน ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินนั้น ขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยหลักดังต่อไปนี้

- 1) ความเร็วของน้ำที่ไหลซึ่งแปรผันโดยตรงกับขนาดของความลาดชัน
- 2) สภาพของดิน เช่น กรวดจะถูกชะล้างพังทลายได้ยากกว่าทรายหรือดินทรายแป้ง และดินเหนียวอาจจะถูกชะล้างพังทลายได้ง่าย หรืออาจจะช่วยป้องกันการชะล้างพังทลาย ส่วนหินนั้นยากมากที่จะถูกชะล้างพังทลายได้
- 3) การชะล้างพังทลายของดินเกี่ยวพันโดยตรงกับการปกป้องพื้นผิวดิน พืชปกคลุมดินจะช่วยยึดอนุภาคดินเข้าด้วยกัน รวมถึงพื้นดินที่มีการปูพื้น

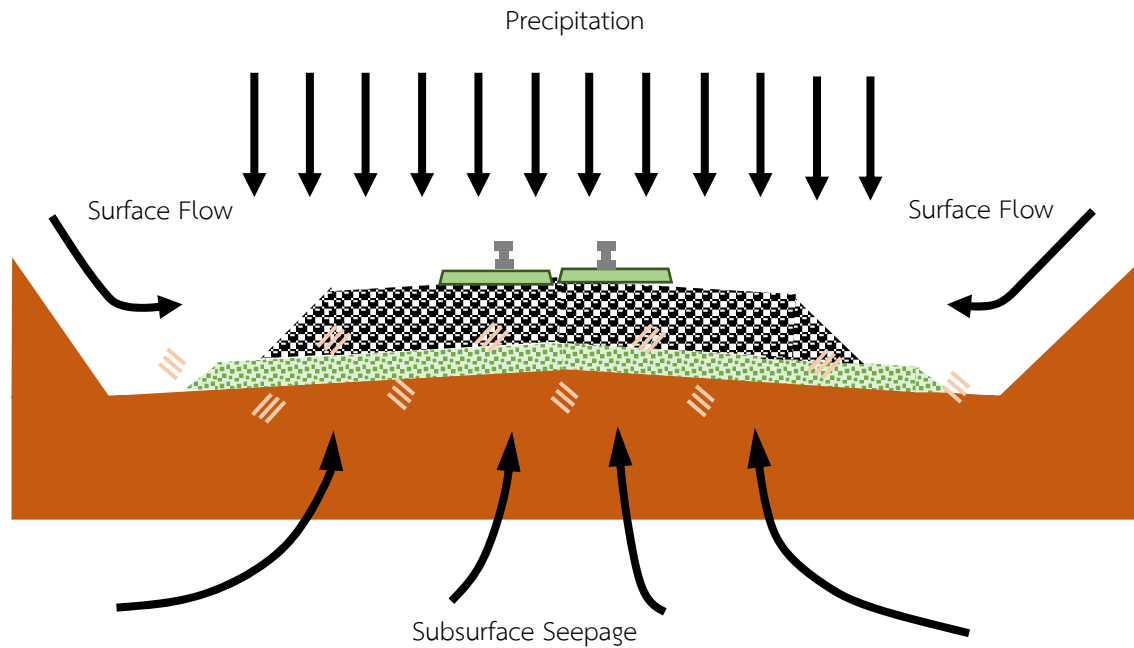
หลักการของการไหลของน้ำผ่านวัสดุที่มีความพรุนสามารถแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนโดยอาศัยการทดลองการไหลของน้ำผ่านช่องทางน้ำที่เป็นรูปตัวยู (รูปที่ 5-157) ซึ่งทางด้านขวา B จะมีความยาวสั้นกว่าทางด้านซ้าย A ดินถูกเติมลงไปในระดับที่เท่ากันทั้งสองขา เมื่อเติมน้ำลงในขาทางด้านซ้ายจนสามารถรักษาระดับที่ตำแหน่ง A ได้ จากนั้นน้ำจะไหลลงมาถึงระดับส่วนล่างของตัวยูแล้วไหลขึ้นขาทางด้านขวาจจนกระทั่งเอ่อล้นที่ตำแหน่ง B ซึ่งอยู่ต่ำกว่าตำแหน่ง A ขณะนี้น้ำได้ไหลผ่านดินลงมาในแนวตั้งในส่วนที่ 1 ในส่วนที่ 2 น้ำจะไหลผ่านดินในแนวนอน และน้ำจะไหลผ่านดินขึ้นไปในแนวตั้งในส่วนที่ 3 การทดลองนี้แสดงให้เห็นความจริงที่ว่าน้ำสามารถไหลผ่านดินได้ในทุกทิศทาง การไหลขึ้นมาในแนวตั้งของส่วนที่ 3 เปรียบได้เหมือนสภาพการไหลของน้ำพุ (Artesian Condition) การทดลองนี้ยังไม่เกิดการขัดแย้งกับหลักการที่ว่าน้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำเนื่องจากระดับของตำแหน่ง A อยู่สูงกว่าระดับของตำแหน่ง B ความแตกต่างของระดับตำแหน่ง A และ B ถูกเรียกว่า ความสูงขับหรือเฮด (Head) ซึ่งถือว่าเป็นตัวการที่ทำให้น้ำไหล เฮดที่มากขึ้นจะส่งผลให้น้ำไหลมากขึ้น ปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อความเร็วในการไหลของน้ำผ่านดินที่มีความพรุน ได้แก่ ความยาวของการไหล และคุณสมบัติการซึมน้ำได้ของดิน เมื่อใดระดับต่ำสุดของพื้นดินหรือระบบระบายน้ำไม่สามารถให้น้ำระบายออกได้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง เมื่อนั้นจำเป็นต้องใช้ปั๊ม

น้ำช่วยในการระบายน้ำออก แม้ว่าการระบายน้ำโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงจะประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าแต่ก็ไม่อาจกระทำได้ในทุกกรณี

โครงสร้างส่วนฐานของทางรถไฟประกอบด้วยหินโรยทาง ชั้นรองหินโรยทาง และดินเดิม น้ำที่ไหลเข้ากำเนิดจาก 3 แหล่งพื้นฐาน (รูปที่ 5-158) คือ (1) น้ำฝนตกลงบนรางรถไฟโดยตรงแล้วไหลลงสู่โครงสร้างส่วนฐานของทางรถไฟ ในกรณีนี้สามารถป้องกันหรือลดทอนปริมาณลงได้ (2) น้ำฝนที่ตกลงบนพื้นดินที่มีระดับสูงกว่าบริเวณใกล้เคียงกับรางรถไฟแล้วไหลเข้าสู่โครงสร้างส่วนฐานของทางรถไฟทางด้านข้าง น้ำที่ไหลจากกรณีนี้สามารถถูกสกัดเพื่อป้องกันการไหลเข้าสู่โครงสร้างส่วนฐานของทางรถไฟ และ (3) น้ำที่ไหลดันขึ้นมาจากพื้นดินแล้วไหลเข้าสู่โครงสร้างส่วนฐานของทางรถไฟ ในกรณีนี้เป็นการยากที่จะควบคุมและป้องกัน เป้าประสงค์แรกของระบบระบายน้ำทางรถไฟก็คือเพื่อการควบคุมปริมาณที่ไหลเข้าสู่โครงสร้างส่วนฐานของทางรถไฟ และเป้าประสงค์ที่สองเพื่อการระบายน้ำที่มีอยู่ภายในโครงสร้างส่วนฐานของทางรถไฟออกไป



รูปที่ 5-160 การทดลองการไหลของน้ำในวัสดุที่มีความพรุน



รูปที่ 5-161 แหล่งกำเนิดของน้ำที่ไหลเข้าสู่โครงสร้างส่วนฐานของทางรถไฟ

โครงการศึกษาในครั้งนี้มีขั้นตอนหลักของการจัดทำคู่มือระบบระบายน้ำทางรถไฟ (รูปที่ 5-159) ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ช่องว่าง (Gap Analysis) ที่เกี่ยวข้องกับกฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ (Laws/Rules/Regulations) มาตรฐาน (Standards) และคู่มือ (Manuals) ระบบระบายน้ำทางรถไฟ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- 1) การทบทวน (Review) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ
 - 1.1) ระบบระบายน้ำทางรถไฟของต่างประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร และประเทศออสเตรเลีย
 - 1.2) ระบบระบายน้ำทางรถไฟภายในประเทศ เช่น ทางรถไฟของการรถไฟแห่งประเทศไทย
- 2) การเปรียบเทียบ (Comparison) ระบบระบายน้ำทางรถไฟ
- 3) การพัฒนาข้อจำเป็นที่ต้องการ (Requirements Development) ของระบบระบายน้ำทางรถไฟ
- 4) การร่างมาตรฐาน (Standards) และคู่มือ (Manuals) ระบบระบายน้ำทางรถไฟ โดยพิจารณาจากข้อจำเป็นที่ต้องการ เพื่อเป็นใช้เป็นข้อสรุปเบื้องต้น

การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholder Analysis)

- 1) บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องกับกฎระเบียบ (Regulations) มาตรฐาน (Standards) และคู่มือ (Manuals) ระบบระบายน้ำทางรถไฟ

- 2) ข้อเสนอแนะจากการรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปเบื้องต้นของร่างมาตรฐาน (Standards) และคู่มือ (Manuals) ระบบระบายน้ำทางรถไฟ

การจัดทำคู่มือระบบระบายน้ำทางรถไฟ

โดยตัวอย่างโครงสร้างเบื้องต้นของคู่มือระบบระบายน้ำทางรถไฟจะมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

ก. การออกแบบและก่อสร้าง (Design and Construction) ระบบระบายน้ำทางรถไฟ

- 1) การออกแบบระบบระบายน้ำทางรถไฟ (Design of Railway Drainage Systems)
 - 1.1) ข้อกำหนดการออกแบบ (Design Criteria)
 - 1.2) การตรวจสอบเพื่อการออกแบบ (Design Investigation)
 - ขอบเขตของการตรวจสอบ (Scope of Investigation)
 - การกำหนดประเภทของระบบระบายน้ำที่ต้องการ (Determination of the Required Type of Drainage System)
 - 1.3) การประมาณการศักยภาพที่ต้องการของระบบระบายน้ำ (Estimation of the Required Drainage System Capacity)
 - 1.4) การออกแบบทางระบายน้ำผิวดิน (Design of Surface Drain)
 - การประเมินหาศักยภาพที่ต้องการของทางน้ำเปิด (Determining the Required Open Channel Capacity)
 - การเลือกค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท้องน้ำในสมการแมนนิง (Selecting a Manning's Roughness Coefficient)
 - การกำหนดความลาดชันของทางระบายน้ำผิวดิน (Determining the Slope of the Surface Drain)
 - การทดลองเลือกขนาดของทางน้ำเปิด (Select a Trial Size of Open Channel)
 - การตรวจสอบศักยภาพของทางน้ำเปิด (Checking Capacities of Open Channel)
 - การคำนวณหาความเร็วของน้ำ (Calculating Water Velocities)
 - การตรวจสอบรูปแบบการลาดของทางน้ำเปิด (Checking Open Channel Lining)
 - การปรับปรุงค่าจนได้ผลสมบูรณ์ (Completion)
 - ตัวอย่างการคำนวณที่ครบถ้วนสมบูรณ์ (Complete Example)
 - 1.5) การออกแบบทางระบายน้ำใต้ผิวดิน (Design of Subsurface Drain)
 - การระบายน้ำโดยใช้ท่อ (Pipe Drains)

- การประเมินหาค่าศักยภาพที่ต้องการของท่อ (Determining the Required Pipe Capacity)
- การเลือกประเภทของท่อ (Selecting the Pipe Type)
- การนำค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท้องน้ำในสมการแมนนิงมาใช้งาน (Adopting a Manning's Roughness Coefficient)
- การกำหนดความลาดชันของท่อ (Determine the Slope of the Pipe)
- การเลือกขนาดของท่อ (Selecting a Pipe Size)
- การตรวจสอบอัตราการไหลในท่อ (Checking the Flow Rates within the Pipe)
- การประเมินความแข็งแรงของท่อ (Determining the Strength of the Pipe)
- ตัวอย่างการคำนวณที่ครบถ้วนสมบูรณ์ (Complete Example)

1.6) การระบายน้ำในวัสดุมวลรวม (Aggregate Drains)

2) การก่อสร้างระบบระบายน้ำทางรถไฟ (Construction of Railway Drainage Systems)

2.1) การวางแผนและระดับ (Line and Grade)

2.2) การเตรียมพื้นที่ (Site Preparation)

2.3) การขุดดิน (Excavation)

2.4) การก่อสร้างทางระบายน้ำผิวดิน (Surface Drain Construction)

2.5) การก่อสร้างทางระบายน้ำใต้ดิน (Subsurface Drain Construction)

2.6) การป้องกันทางน้ำเข้าและทางน้ำออก (Inlet and Outlet Protection)

ข. การตรวจสอบและบำรุงรักษา (Inspection and Maintenance) ระบบระบายน้ำทางรถไฟ

1) หลักการการระบายน้ำ (Drainage Principles)

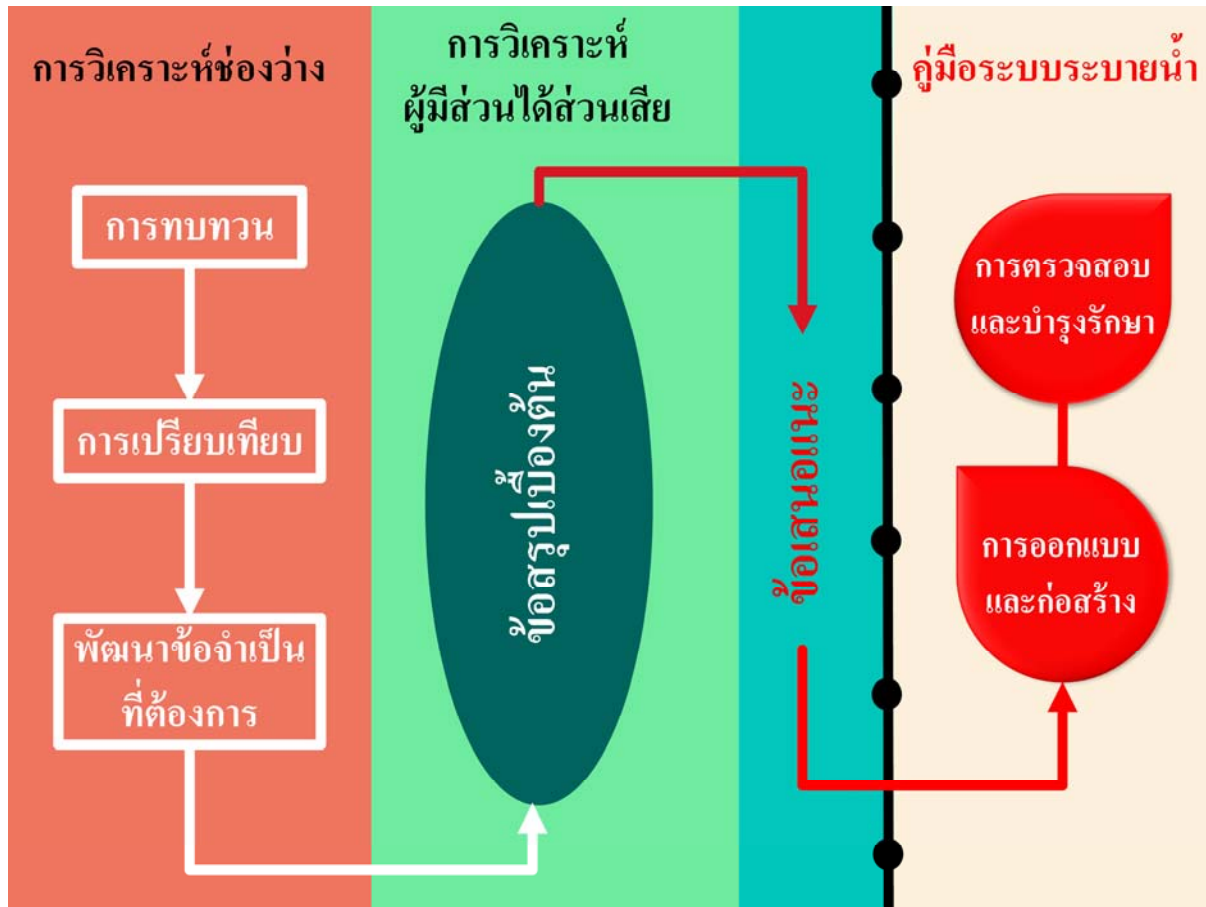
2) ตัวชี้วัดการระบายน้ำอันไม่มีประสิทธิภาพ (Indications of Ineffective Drainage)

3) สาเหตุความเป็นไปได้ของการระบายน้ำอันไม่มีประสิทธิภาพ (Possible Causes of Ineffective Drainage)

4) การระบายน้ำผิวดิน (Surface Drainage)

5) การระบายน้ำใต้ผิวดิน (Subsurface Drainage)

- 6) ปัญหาทั่วไปและการแก้ไขปัญหา (Typical Problems and Solutions)
- 7) การเตรียมพร้อมในกรณีเกิดอุทกภัย (Preparation for Flooding)



รูปที่ 5-162 ภาพรวมแนวทางการศึกษาจัดทำคู่มือระบบระบายน้ำของทางรถไฟ

5.10.2 ผลการทบทวนมาตรฐานการออกแบบระบบระบายน้ำบนทางรถไฟของแต่ละประเทศ

การรวบรวมกฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ (Laws/Rules/Regulations) มาตรฐาน (Standards) และคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ

การรวบรวมข้อมูลกฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ (Laws/Rules/Regulations) มาตรฐาน (Standards) และคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ ในประเทศสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ประเทศออสเตรเลีย และประเทศไทย สามารถแสดงรายละเอียดได้โดยสรุปดังตารางที่ 5-30

ตารางที่ 5-43 กฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ (Laws/Rules/Regulations) มาตรฐาน (Standards) คู่มือ (Manuals) และแนวทาง (Guidelines) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ ของประเทศสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ประเทศออสเตรเลีย และประเทศไทย

แหล่งที่มา	รายละเอียดองค์ประกอบ	ประเภท
ประเทศสหรัฐอเมริกา		
Code of Federal Regulations (CFRs)	+ 49 CFR Part 213 • Subpart B Roadbed — § 213.33 Drainage • Subpart G Train Operations at Track Classes 6 and Higher — § 213.319 Drainage “Each drainage or other water carrying facility under or immediately adjacent to the roadbed shall be maintained and kept free of obstruction, to accommodate expected water flow for the area concerned”	+ Regulation
Federal Railroad Administration (FRA)	+ Track Safety Standards • § 213.33 Drainage • § 213.319 Drainage	+ Standard
American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA)	+ AREMA Manual for Railway Engineering (Volume 1) • Chapter 1 Roadway and Ballast • Chapter 4 Rail • Chapter 5 Track + AREMA Practice Guide • Chapter 5 Drainage	+ Manual + Practice Guide
สหราชอาณาจักร		
British Railways Act 1994	+ PART II WORKS, ETC.: 13. Use of sewers, etc., for removing water	+ Law
Rail Safety and Standards Board (RSSB)	+ GC/RT5014 Trackbed and Track Drainage	+ Standard
NetworkRail (NU)	+ NR/L3/CIV/005/2 (Railway Drainage Systems Manual): • The management of Drainage Systems (Part 1) • The design and installation of Drainage Systems (Part 2) • The Inspection and Maintenance of Drainage Systems (Part 3) • Recording information on Drainage Systems (Part 4) • Drainage Management Plans (Part 5)	+ Manual

แหล่งที่มา	รายละเอียดองค์ประกอบ	ประเภท
ประเทศออสเตรเลีย		
Rail Safety National Law Act	“...track support earthworks and drainage works...”	+ Law
Australian Standards (AS)	+ AS 3500.3 Stormwater Drainage + AS 3725 Design for Installation of Buried Concrete Pipes + AS 7637 Hydrology and Hydraulics	+ National Standard
Australian Guidelines	+ Australian Rainfall & Runoff (ARR)	+ National Guidelines
New South Wales Government	+ T HR CI 12130 ST (Track Drainage) • Introduction • Purpose • Reference documents • Terms and definitions • Design requirements • Surface drainage design • Subsurface drainage design • Documentation Requirements • Product approval specification — Plastic drainage products	+ State Standard
	+ T HR CI 12130 MA (Track Drainage) • Introduction • Purpose • Reference documents • Terms and definitions • Types of track drainage • Design of track drainage • Construction of track drainage • Maintenance of track drainage • Documentation guide	+ State Manual
Australian Rail Track Corporation, LTD. (ARTC)	+ RTS 3432 (Track Drainage—Inspection and Maintenance) + RTS 3433 (Track Drainage—Design and Construction)	+ Institutional Manual
ประเทศไทย		
กรมทางหลวงชนบท	+ มาตรฐานงานทางหลวงท้องถิ่น (มถ.) 501-2550 มาตรฐานงานท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก	+ มาตรฐาน

แหล่งที่มา	รายละเอียดองค์ประกอบ	ประเภท
	+ มาตรฐานงานทางหลวงท้องถิ่น (มถ.) 502-2550 มาตรฐานงานระบายน้ำและโครงสร้างประกอบอื่น ๆ	
กรมโยธาธิการและผังเมือง	+ มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.) 1914-52 มาตรฐานการระบายน้ำสำหรับงานถมดิน	+ มาตรฐาน
กรมทางหลวง	+ คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำบนสะพานและในทางลอด + คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างสะพานและอาคารระบายน้ำ + คู่มือการออกแบบงานระบายน้ำและป้องกันการกัดเซาะในงานทางหลวง	+ คู่มือ
กรมชลประทาน	+ คู่มือการใช้แบบมาตรฐานท่อลอดถนน + คู่มือการประเมินค่าปริมาณการไหลของน้ำด้วยวิธี Manning's formula	+ คู่มือ
กรมทางหลวงชนบท	+ แนวทางการก่อสร้างและความคุมงานโครงสร้างระบายน้ำ	+ แนวทาง
กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น	+ มาตรฐานทางระบายน้ำ + ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบทางระบายน้ำ	+ มาตรฐาน + แนวทาง
กรมโยธาธิการและผังเมือง	+ เกณฑ์การออกแบบระบบระบายน้ำภายใน	+ แนวทาง

การทบทวนและเปรียบเทียบกฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ (Laws/Rules/Regulations) มาตรฐาน (Standards) และคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ

การทบทวนและเปรียบเทียบกฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ (Laws/Rules/Regulations) มาตรฐาน (Standards) คู่มือ (Manuals) และแนวทาง (Guidelines) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ ในประเทศสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ประเทศออสเตรเลีย และประเทศไทย มีรายละเอียดโดยสรุปแสดงได้ดังตารางที่ 5-31 ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดด้านการระบายน้ำทางรถไฟ มาตรฐานการระบายน้ำทางรถไฟ และคู่มือระบบระบายน้ำทางรถไฟ ถึงแม้จะยังไม่มีคู่มือการระบายน้ำทางรถไฟโดยตรง แต่ก็มีคู่มือที่มีความเกี่ยวข้องกับการระบายน้ำจากหลากหลายหน่วยงาน รวมถึงข้อกำหนดและหลักเกณฑ์การออกแบบระบบระบายน้ำ อีกทั้งยังมีแนวทางการออกแบบระบบระบายน้ำที่ใช้กันอยู่แล้วในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งทางราง กระบวนการพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทโครงการคมนาคมทางบกโดยเฉพาะประเภทระบบขนส่งมวลชนที่ใช้รางโดยคณะกรรมการผู้ชำนาญการพิจารณารายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม (คชก.) และคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (กก.วล.) นับได้ว่าระบบการระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วมเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญอันก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ด้านสาธารณสุขโรคและสาธารณสุขการ

ตารางที่ 5-44 การเปรียบเทียบกฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ (Laws/Rules/Regulations) มาตรฐาน (Standards) คู่มือ (Manuals) และแนวทาง (Guidelines) ที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำทางรถไฟ

ประเทศ	สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร		ออสเตรเลีย	ประเทศไทย	การวิเคราะห์ผลกระทบ สิ่งแวดล้อมของประเทศไทย
ประเภท						
กฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ (Laws/Rules/Regulations)	Code of Federal Regulations (CFRs)	British Railways Act 1994	High Speed Rail (London – West Midlands) Act 2017	Rail Safety National Law		ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
	+ 49 CFR Part 213 Subpart B Roadbed — § 213.33 Drainage + 49 CFR Part 213 Subpart G Train Operations at Track Classes 6 and Higher — § 213.319 Drainage “Each drainage or other water carrying facility under or immediately adjacent to the roadbed shall be maintained and kept free of obstruction, to accommodate expected water flow for the area concerned”	+ PART II WORKS, ETC.: 13. Use of sewers, etc., for removing water	+ Schedule 33 — Protective provisions: Part 5 — Land drainage, flood defence, water resources and fisheries	“...track support earthworks and drainage works...”		กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติ และแนวทางการจัดทำรายงาน การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมและที่แก้ไขเพิ่มเติม
มาตรฐาน (Standards)	Federal Railroad Administration (FRA)	Rail Safety and Standards Board (RSSB)		Australian Standards	State of New South Wales	กรมทางหลวงชนบท และกรมโยธาธิการและผังเมือง
	Track Safety Standards + § 213.33 Drainage + § 213.319 Drainage	GC/RT5014 Trackbed and Track Drainage		+ AS 3500.3 Stormwater Drainage + AS 3725 Design for Installation of Buried Concrete Pipes + AS 7637 Hydrology and Hydraulics	T HR CI 12130 ST Track Drainage	+ มาตรฐานงานทางหลวงท้องถิ่น (มถ.) 501-2550 มาตรฐานงานท่อระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก + มาตรฐานงานทางหลวงท้องถิ่น (มถ.) 502-2550 มาตรฐานงานระบายน้ำและโครงสร้างประกอบอื่น ๆ + มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.) 1914-52 มาตรฐานการระบายน้ำสำหรับงานถมดิน
คู่มือ (Manuals)	American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA)	NetworkRail (NR)		State of New South Wales	Australian Rail Track Corporation, LTD. (ARTC)	กรมทางหลวง และกรมชลประทาน
	Manual for Railway Engineering 2010 (Volume 1) + Chapter 1 Roadway and Ballast + Chapter 4 Rail	NR/L3/CIV/005/2 Railway Drainage Systems Manual		T HR CI 12130 MA Track Drainage	+ RTS 3432 (Track Drainage—Inspection and Maintenance)	+ คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำบนสะพานและในทางลอด

ประเทศ	สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร		ออสเตรเลีย		ประเทศไทย	การวิเคราะห์ผลกระทบ สิ่งแวดล้อมของประเทศไทย
ประเภท							
	+ Chapter 5 Track				+ RTS 3433 (Track Drainage—Design and Construction)	+ คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างสะพานและอาคารระบายน้ำ + คู่มือการใช้แบบมาตรฐานท่อลอดถนน + คู่มือการประเมินค่าปริมาณการไหลของน้ำด้วยวิธี Manning’s formula + คู่มือการออกแบบงานระบายน้ำและป้องกันการกัดเซาะในงานทางหลวง	
แนวทาง (Guidelines)	American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA)			Australian Guidelines		การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.) การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) กรุงเทพมหานคร ในนามบริษัท กรุงเทพธนาคม จำกัด กรมทางหลวงชนบท กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กรมโยธาธิการและผังเมือง	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.)
	Piratical Guide Chapter 5 Drainage			Australian Rainfall & Runoff (ARR) 2016		+ แนวทางการออกแบบระบบระบายน้ำทางรถไฟขององค์กร + แนวทางการก่อสร้างและความคุมงานโครงสร้างระบายน้ำ + ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบทางระบายน้ำ + เกณฑ์การออกแบบระบบระบายน้ำภายใน	แนวทางการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทโครงการคมนาคมทางบก + คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ + ระบบการระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วม การระบายน้ำตามธรรมชาติ ระบบที่สร้างขึ้น สภาพน้ำท่วม การป้องกันและแผนการดำเนินงานในอนาคต

5.10.3 ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ

ตารางที่ 5-45 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ

ประเทศ	หน่วยงาน	รอบปีการเกิดซ้ำที่ออกแบบ (ปี)		การประเมิน อัตราการไหลสูงสุด	การประเมิน ความเร็วการไหล (ม./วิ)
		ทางหลัก	ทางหลีก		
ไทย	รฟท	N/A	N/A	- Rational Method - Hydrograph - Regional Flood Frequency Analysis	- Manning
	รฟม	50	N/A	- Rational Method	- Manning - Hazen-William
	กรมทางหลวง	50	25	- Rational Method - Hydrograph - Regional Flood Frequency Analysis	- Manning - Darcy-Weisbach
	กรมโยธาฯ	75-100	-	- Rational Method	- Manning
ออสเตรเลีย	New South Wales Government	50	25	- Rational Method - Hydrograph	- Manning
สหรัฐอเมริกา	Metrolink	FEMA	10	- Appropriate Methods e.g., HEC Program	- Appropriate Methods e.g., Hydrograph and HEC Program
สหราชอาณาจักร	NetworkRail	N/A	N/A	- Rational Method- Hydrograph- Regional Flood Frequency Analysis	- Manning
มขร S-T- 010 (ร่าง)	สนข	100	50	- Rational Method - Hydrograph - Regional Flood Frequency Analysis	- Manning

ตารางที่ 5-45 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบสำหรับมาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ (ต่อ)

ประเทศ	หน่วยงาน	ความเร็วการไหลที่ยอมรับได้ (ม./วิ)		ความลาดชันตามยาวไม่น้อยกว่า		ขนาดต่ำสุด (มม.)	
		ต่ำสุด	สูงสุด	ผิวดิน (รางระบายน้ำ)	ใต้ดิน (ท่อ)	รางระบายน้ำ (ความกว้าง)	ท่อ (เส้นผ่านศูนย์กลาง)
ไทย	รฟท	-	-	-	-	400	-
	รฟม	0.6	3.0	N/A	N/A	N/A	N/A
	กรมทางหลวง	0.7	4.0	N/A	1:400	300	400
	กรมโยธาฯ	0.6	3.0	1:500	1:400	300	400
ออสเตรเลีย	New South Wales Government	N/A	ขึ้นอยู่กับ วัสดุ	1:200	1:200	300	225
สหรัฐอเมริกา	Metrolink	ไม่ตก ตะกอน	ไม่เกิดการ กัดเซาะ	N/A	N/A	N/A	304.8 (12 นิ้ว)
สหราชอาณาจักร	NetworkRail	N/A	ขึ้นอยู่กับ วัสดุ	N/A	N/A	300	225
มขร S-T- 010 (ร่าง)	สนข	ไม่ตก ตะกอน	ขึ้นอยู่กับ วัสดุ	1:200	1:200	300	225

กฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ (Laws/Rules/Regulations) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ

ประเทศสหรัฐอเมริกามีข้อบังคับของรัฐบาลกลาง (Code of Federal Regulations, CFRs) ที่ได้กล่าวถึงหลักการการระบายน้ำในส่วนที่ 213 มาตรฐานความปลอดภัยทางรถไฟ (Track Safety Standards) ของหมวดที่ 49 การขนส่ง (Transportation) ตามข้อบังคับที่ 213.33 การระบายน้ำ (Drainage) ในส่วนย่อยที่ B ดินคันทาง (Roadbed) และข้อบังคับที่ 213.319 การระบายน้ำ (Drainage) ในส่วนย่อยที่ G การเดินรถ (Train Operations) ของทางรถไฟระดับที่ 6 (Track Classes 6) จนถึงทางรถไฟระดับที่ 9 (Track Classes 9) ส่วนที่ 213 ของหมวดที่ 49 การขนส่ง (Transportation) ซึ่งระบุขีดจำกัดความเร็วสูงสุดที่ยอมให้ได้ (Maximum Allowable Operating Speed) ตั้งแต่ 110 ไมล์ต่อชั่วโมง (177 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ขึ้นไป จนถึง 220 ไมล์ต่อชั่วโมง (354 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ตามเกณฑ์ที่ได้ถูกกำหนดขึ้นโดยสำนักบริหารกิจการรถไฟของรัฐบาลกลาง (Federal Railroad Administration, FRA) และยังเป็นที่น่าสังเกตว่าทั้งสองส่วนย่อยได้กล่าวถึงหลักการการระบายน้ำเอาไว้อย่างตรงกันว่า “โครงสร้างระบายน้ำหรือโครงสร้างอื่น ๆ ที่มีไว้รับน้ำทั้งที่อยู่ข้างใต้หรืออยู่ติดติดกันกับโครงสร้างที่รองรับทางรถไฟ จะต้องได้รับการดูแลรักษาและให้ปลอดภัยจากสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ เพื่อให้สามารถรองรับปริมาณการไหลของน้ำที่ได้คาดหวังไว้สำหรับบริเวณพื้นที่ที่ถูกพิจารณา” จะเห็นได้ชัดว่าถึงแม้จะเป็นหลักการที่กว้างแต่ก็มีความครอบคลุม ตรงประเด็น และสามารถเข้าใจได้ง่าย

สหราชอาณาจักรมีพระราชบัญญัติรถไฟอังกฤษ พ.ศ. 2537 (British Railways Act 1994) ที่กล่าวถึงการใช้ท่อระบายน้ำและอื่น ๆ เพื่อระบายน้ำออก ในมาตราที่ 13 ของหมวดที่ 2 งานและอื่น ๆ เป็นการเน้นอำนาจหน้าที่ขององค์กรที่เกี่ยวข้องเป็นหลัก ประเทศออสเตรเลียมีพระราชบัญญัติความปลอดภัยทางรถไฟแห่งชาติ (Rail Safety National Law Act) ที่ออกโดยแต่ละรัฐ/เขตการปกครอง ซึ่งเกือบทุกรัฐ/เขตการปกครอง (รัฐนิวเซาท์เวลส์ รัฐวิกตอเรีย เซาท์ออสเตรเลีย เวสเทิร์นออสเตรเลีย รัฐแทสมาเนีย เซนต์นอร์เทิร์นเทร์ริทอรี และออสเตรเลียแคปิตอลเทร์ริทอรี) ยกเว้นรัฐควีนส์แลนด์ที่ยังคงใช้พระราชบัญญัติการขนส่งด้านความปลอดภัยทางรางรถไฟ (Transport Rail Safety Act 2010) กำหนดให้มีหน่วยงานกลางเพียงหนึ่งเดียวทำหน้าที่กำกับดูแลความปลอดภัยทางรถไฟ คือ สำนักงานกำกับดูแลความปลอดภัยทางรถไฟแห่งชาติ (Office of the National Rail Safety Regulator, ONRSR) และยังพบว่าพระราชบัญญัติทุกฉบับข้างต้นกล่าวถึงแต่หัวข้องานที่เกี่ยวข้องของโครงสร้างทางรถไฟที่มีงานด้านการระบายน้ำรวมอยู่ด้วย

ในขณะที่ปัจจุบันกฎหมายแม่บทด้านการขนส่งทางรางของประเทศไทยอยู่ระหว่างขั้นตอนการตรากฎหมาย โดยที่มติคณะรัฐมนตรี วันที่ 27 ธันวาคม 2559 ได้ให้ความเห็นชอบการจัดตั้งกรมการขนส่งทางรางและอนุมัติหลักการร่างพระราชบัญญัติการขนส่งทางราง พ.ศ. จึงเป็นการสมควรที่จะกล่าวถึงหลักการการระบายน้ำทางรถไฟที่มีความสอดคล้องกับบริบทของประเทศไว้ในกฎหมายลำดับรอง และยังสามารถออกกฎหมายลำดับรองได้ทันทีหลังร่างพระราชบัญญัติการขนส่งทางราง พ.ศ. มีผลใช้บังคับแล้ว อย่างไรก็ตามเนื้อหาของหลักการการระบายน้ำทางรถไฟที่จะปรากฏในกฎหมายลำดับรองจำเป็นต้องกระชับ ตรงประเด็น ครอบคลุม และสามารถเข้าใจได้ง่าย อาทิ “ระบบระบายน้ำที่มีความปลอดภัย ความยั่งยืน และความยืดหยุ่น สามารถทำให้น้ำไหลผ่านโครงสร้างพื้นฐานทางราง โดยแต่ละองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานทางรางยังสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม” “Safe, sustainable, and resilient drainage

systems shall allow water to flow thru the railway infrastructure while its components can still provide the optimal performance”

มาตรฐาน (Standards) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ

ในประเทศสหรัฐอเมริกา มาตรฐานความปลอดภัยทางรถไฟ (Track Safety Standards) ของสำนักบริหารกิจการรถไฟของรัฐบาลกลาง (Federal Railroad Administration, FRA) จะถือเป็นข้อบังคับของรัฐบาลกลาง (Code of Federal Regulations, CFRs) ส่วนที่ 213 โดยไม่แยกส่วนออกจากกัน สหราชอาณาจักรมีมาตรฐาน GC/RT5014 ดินคันทางและการระบายน้ำทางรถไฟ (Trackbed and Track Drainage) ของคณะกรรมการมาตรฐานและความปลอดภัยทางรถไฟ (Rail Safety and Standards Board, RSSB) ที่เน้นการตรวจสอบและบำรุงรักษา ในขณะที่สามารถพบมาตรฐานการระบายน้ำในระดับทุกรัฐ/เขตการปกครองของประเทศออสเตรเลีย รัฐนิวเซาท์เวลส์มีมาตรฐาน T HR CI 12130 ST การระบายน้ำทางรถไฟ (Track Drainage) ที่ถือว่ามีความละเอียดที่ชัดเจน เป็นขั้นตอน และครอบคลุมมากที่สุด ทั้งมาตรฐานการออกแบบระบบระบายน้ำผิวดินและใต้ผิวดิน ในเบื้องต้นโครงร่างมาตรฐานการระบายน้ำทางรถไฟของประเทศไทยควรมีองค์ประกอบหลักแสดงได้ดังตารางที่ 5-32 และท้ายที่สุดมาตรฐานการระบายน้ำทางรถไฟได้รับความเห็นชอบจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องสามารถปรากฏอยู่ในกฎหมายลำดับรองที่ออกได้ภายหลังร่างพระราชบัญญัติการขนส่งทางราง พ.ศ. มีผลใช้บังคับแล้ว

ตารางที่ 5-46 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในมาตรฐาน (Standards) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ

สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย	ประเทศไทย
Federal Railroad Administration (FRA)	Rail Safety and Standards Board (RSSB)	State of New South Wales	กรมการขนส่งทางราง
Track Safety Standards + § 213.33 Drainage + § 213.319 Drainage	GC/RT5014 Trackbed and Track Drainage	T HR CI 12130 ST Track Drainage	มติคณะรัฐมนตรี วันที่ 27 ธันวาคม 2559 เห็นชอบ การจัดตั้งกรมการขนส่งทาง ราง และอนุมัติหลักการร่าง พระราชบัญญัติการขนส่ง ทางราง พ.ศ.

ตารางที่ 5-46 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในมาตรฐาน (Standards) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ (ต่อ)

สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย	ประเทศไทย
			โครงสร้างของมาตรฐานการระบายน้ำทางรถไฟ
“Each drainage or other water carrying facility under or immediately adjacent to the roadbed shall be maintained and kept free of obstruction, to accommodate expected water flow for the area concerned”	Part A A1. Issue record A2. Implementation of this document A3. Scope of Railway Group Standards A4. Responsibilities A5. Health and safety responsibilities A6. Technical content A7. Supply Part B B1. Purpose B2. Application of this document B3. Definitions B4. Principles B5. Introduction Part C Requirements for the trackbed and track drainage C1. Trackbed investigation C2. Performance requirements for trackbed C3. Track drains C4. Modification of cutting and embankment slopes C5. Quality control at renewal	1. Introduction 2. Purpose 2.1 Scope 2.2 Application 3. Reference documents 4. Terms and definitions 5. Design requirements 5.1 Drainage system type 5.2 Drainage design life 5.3 Design average recurrence interval 5.4 Peak flow rate 5.5 General design considerations 5.6 Prohibited configurations 6. Surface drainage design 6.1 Cess drains 6.2 Catch drains 6.3 Mitre drains 7. Subsurface drainage design 7.1 Pipes 7.2 Trenching 7.3 Pipe bedding type 7.4 Inlets and outlets 7.5 Sumps 7.6 Flushing points 7.7 Aggregate drains 7.8 Geotextiles	1. บทนำ 2. วัตถุประสงค์ 3. ขอบเขต 4. ศัพท์และคำจำกัดความ 5. ข้อกำหนดการออกแบบระบายน้ำ 5.1 ประเภทของระบบระบายน้ำ 5.2 ช่วงชีวิตของระบบระบายน้ำที่ออกแบบ 5.3 รอบปีการเกิดซ้ำเฉลี่ยที่ใช้ออกแบบ 5.4 อัตราการไหลหลากสูงสุดของน้ำ 5.5 ข้อพิจารณาทั่วไปในการออกแบบ 6. การออกแบบระบบระบายน้ำผิวดิน 6.1 รังดักน้ำ 6.2 รางระบายน้ำด้านข้าง 6.3 รางระบายน้ำรวมออกนอกพื้นที่ 7. การออกแบบระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน 7.1 การระบายน้ำโดยใช้ท่อ 7.2 การระบายน้ำในวัสดุมวลรวม 7.3 ทางน้ำเข้าและทางน้ำออก 7.4 บ่อรวมน้ำ

ตารางที่ 5-46 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในมาตรฐาน (Standards) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ (ต่อ)

สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย	ประเทศไทย
			โครงสร้างของมาตรฐานการระบายน้ำทางรถไฟ
	C6. Acceptance of trackbed materials C7. Design records C8. Competence requirements for design Part D Requirements for inspection and assessment D1. Inspection and assessment of trackbed D2. Increasing the speed, axle weight or tonnage of trains D3. Inspection of track drainage D4. Records of inspections and assessments Part E Requirements for maintenance and corrective action E1. Maintenance of trackbed E2. Maintenance of drainage	8. Documentation Requirements 8.1 Drawings 8.2 Hydrology / hydraulic reports 9. Product approval specification – Plastic drainage products	7.5 แผ่นใยสังเคราะห์ 8. การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบระบายน้ำ

คู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำทางรถไฟ

คู่มือสำหรับวิศวกรมรฟท (Manual for Railway Engineering) พ.ศ. 2553 ที่จัดทำโดยสมาคมวิศวกรมรฟทและการบำรุงรักษาทางรถไฟแห่งประเทศไทย (American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association, AREMA) ได้กล่าวถึงการระบายน้ำในส่วนดินคันทาง (Roadbed) และหินโรยทาง (Ballast) รางรถไฟ (Rail) และทางรถไฟ (Track) เป็นที่น่าสังเกตว่าเป็นการอธิบายหัวข้อการระบายน้ำแบบแตกกระจายเนื้อหาไปในแต่ละองค์ประกอบของทางรถไฟตามความจำเป็นและเหมาะสม คู่มือ NR/L3/CIV/005/2 ระบบระบายน้ำทางรถไฟ (Railway Drainage Systems Manual) ของหน่วยงาน NetworkRail (NR) ในสหราชอาณาจักร ได้อธิบายเป็นรูปแบบภาพรวมแบ่งเป็น 5 ส่วน ได้แก่ การจัดการระบบระบายน้ำ การออกแบบและติดตั้งระบบระบายน้ำ การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบระบายน้ำ การบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับระบบระบายน้ำ และแผนการจัดการการระบายน้ำ ในขณะที่ประเทศออสเตรเลียมีทั้งคู่มือ T HR CI 12130 MA การระบายน้ำทางรถไฟ (Track Drainage) ของรัฐนิวเซาท์เวลส์ รวมถึงคู่มือ RTS 3432 การระบายน้ำทางรถไฟ—การตรวจสอบและบำรุงรักษา (Track Drainage—Inspection and Maintenance) และคู่มือ RTS 3433 การระบายน้ำทางรถไฟ—การออกแบบและก่อสร้าง (Track Drainage—Design and Construction) ของบริษัท Australian Rail Track Corporation (ARTC) ซึ่งเป็นบริษัทที่รัฐบาลออสเตรเลียเป็นเจ้าของ ได้อธิบายการระบายน้ำทางรถไฟไปในแนวทางเดียวกัน เพียงแต่คู่มือของบริษัท ARTC แสดงขั้นตอนที่ชัดเจนและมีรายละเอียดมากกว่า ทั้งการตรวจสอบและการบำรุงรักษา (Inspection and Maintenance) และการออกแบบและการก่อสร้าง (Design and Construction) ตลอดจนผังงานแสดงขั้นตอนการออกแบบระบบระบายน้ำผิวดินและใต้ผิวดิน ในขณะที่คู่มือของรัฐนิวเซาท์เวลส์ได้ถูกประกาศใช้ภายหลังเป็นระยะเวลาประมาณ 2 ปี คู่มือระบบระบายน้ำทางรถไฟของประเทศไทยควรที่จะแสดงขั้นตอนและรายละเอียดอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงควรมีองค์ประกอบหลักแสดงได้ดังตารางที่ 5-33

ตารางที่ 5-47 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำทางรถไฟ

สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย		ประเทศไทย
American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA)	NetworkRail (NR)	State of New South Wales	Australian Rail Track Corporation, LTD. (ARTC)	กรมการขนส่งทางราง
Manual for Railway Engineering 2010 (Volume 1)	NR/L3/CIV/005/2 Railway Drainage Systems Manual	T HR CI 12130 MA Track Drainage	+ RTS 3432 (Track Drainage—Inspection and Maintenance) + RTS 3433 (Track Drainage—Design and Construction)	มติคณะรัฐมนตรี วันที่ 27 ธันวาคม 2559 เห็นชอบการจัดตั้งกรมการขนส่งทางราง และอนุมัติหลักการร่างพระราชบัญญัติการขนส่งทางราง พ.ศ.

ตารางที่ 5-47 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ (ต่อ)

สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย		ประเทศไทย
American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA)	NetworkRail (NR)	State of New South Wales	Australian Rail Track Corporation, LTD. (ARTC)	กรมการขนส่งทางราง
โครงสร้างของคู่มือระบบระบายน้ำทางรถไฟ				
Chapter 1 Roadway and Ballast	Part 1 The management of Drainage Systems	1. Introduction 2. Purpose 2.1 Scope 2.2 Application	Inspection and Maintenance 1. Scope 2. Reason and nature of change 3. Introduction 4. Types of Drainage 4.1 Surface Drainage 4.1.1 Cess Drains 4.1.2 Catch Drains 4.1.3 Mitre Drains 4.2 Subsurface Drainage 4.2.1 Function of Subsurface Drains 4.2.2 Types of Subsurface Drainage 4.3 Typical Applications of Subsurface Drainage	1. บทนำ 2. วัตถุประสงค์ 3. ขอบเขต 4. ศัพท์และคำจำกัดความ 5. ข้อกำหนดการออกแบบ 5.1 ประเภทของระบบระบายน้ำทางรถไฟ 5.2 ช่วงชีวิตของระบบระบายน้ำที่ออกแบบ 5.3 ข้อพิจารณาทั่วไปในการออกแบบ 6. การออกแบบระบบระบายน้ำ 6.1 การสำรวจการระบายน้ำของพื้นที่เพื่อการออกแบบ 6.1.1 กรอบงานของการสำรวจการระบายน้ำของพื้นที่ 6.1.2 การกำหนดประเภทของระบบระบายน้ำที่ต้องการ 6.2 การประเมินหาศักยภาพของระบบระบายน้ำที่ต้องการ
Part 1 Roadbed	1A. Purpose, Scope and General Management Requirements	3. Reference documents		
Part 2 Ballast	Part 2 The design and installation of Drainage Systems	4. Terms and definitions		
Part 3 Natural Waterways	2A. General Design Requirements	5. Types of track drainage		
Part 4 Culverts	2B. Hydraulic Design of New Drainage Systems	5.1 Surface drainage		
Part 5 Pipelines	2C. Design of Drainage System Components	5.2 Subsurface drainage		
Part 8 Tunnels	2D. Remediation	6. Design of track drainage		
Part 9 Vegetation Control	2E. Installation	6.1 Design criteria		
Part 10 Geosynthetics	Part 3 The Inspection and Maintenance of Drainage Systems	6.2 Design investigation		
Chapter 4 Rail	3A. Inspection	6.3 Estimation of the required drainage system capacity		
Part 4	3B. Maintenance	6.4 Surface drain design		
Maintenance of Rail				
Chapter 5 Track				
Part 4 Track Construction				
Part 5 Track Maintenance				
Part 8 Highway/Railway Grade Crossings				

ตารางที่ 5-47 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ (ต่อ)

สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย		ประเทศไทย
American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA)	NetworkRail (NR)	State of New South Wales	Australian Rail Track Corporation, LTD. (ARTC)	กรมการขนส่งทางราง
	Part 4 Recording information on Drainage Systems 4A. Initial Survey and Condition Assessment 4B. Records Part 5 Drainage Management Plans	6.5 Subsurface drain design 6.6 Other design considerations 7. Construction of track drainage 7.1 Line and grade 7.2 Site preparation 7.3 Excavation 7.4 Surface drain construction 7.5 Subsurface drain construction 7.6 Other types of construction 7.7 Inlets and outlets 8. Maintenance of track drainage 8.1 General 8.2 Surface drainage 8.3 Subsurface drainage	5. Inspection of Drainage Systems 5.1 Introduction 5.2 Inspections 5.2.1 Drainage Inspection Procedure 5.2.2 Setting Priorities for Drainage Maintenance 6. Maintenance of Drainage Systems 6.1 Surface Drainage 6.1.1 Maintenance Considerations 6.2 Subsurface Drainage 6.2.1 Outlets 6.2.2 Pipes and Sumps 6.3 Typical Problems and Solutions 6.3.1 Cuttings 6.3.2 Embankments 6.3.3 Platforms 6.3.4 Turnouts 6.3.5 Yard Drainage	6.2.1 การประมาณค่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำ 6.2.2 รอบปีการเกิดซ้ำเฉลี่ยที่ใช้ออกแบบ 6.2.3 การประมาณค่าอัตราการไหลต่ำสูงสุดของน้ำ โดยวิธี Rational Method 6.2.4 การประมาณค่าอัตราการไหลต่ำสูงสุดของน้ำ โดยวิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า 6.2.5 การประมาณค่าอัตราการไหลต่ำสูงสุดของน้ำ โดยวิธีการวิเคราะห์ความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค 6.3 การออกแบบระบบระบายน้ำผิวดิน 6.3.1 การระบายน้ำโดยทางน้ำเปิด 6.3.2 การประเมินหาศักยภาพการระบายน้ำที่ต้องการของทางน้ำเปิด 6.3.3 การเลือกค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท้องน้ำในสมการแมนนิ่ง

ตารางที่ 5-47 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ (ต่อ)

สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย		ประเทศไทย
American Railway Engineering and Maintenance-of- Way Association (AREMA)	NetworkRail (NR)	State of New South Wales	Australian Rail Track Corporation, LTD. (ARTC)	กรมการขนส่งทางราง
		8.4 Typical problems and solutions 8.5 Preparation for flooding 9. Documentation guide 9.1 Drawing guide 9.2 External party development discharging onto or through the rail corridor Appendix A Flow charts A1. Overall design process A2. Surface drainage design A3. Subsurface drainage design Appendix B Drainage design checklist Appendix C Design investigation form	6.3.6 Bridge Abutments and Retaining Walls	6.3.4 การกำหนดความลาด ชันของทางน้ำเปิด 6.3.5 การทดลองเลือก ขนาดและประเมินหา ศักยภาพการระบายน้ำของ ทางน้ำเปิด 6.3.6 การตรวจสอบ เปรียบเทียบศักยภาพการ ระบายน้ำกับศักยภาพการ ระบายน้ำที่ต้องการของทาง น้ำเปิด 6.3.7 การคำนวณหาค่า ความเร็วการไหลของน้ำ ในทางน้ำเปิด 6.3.8 การตรวจสอบชนิด ของการตาดในทางน้ำเปิด 6.3.9 การดำเนินการ ปรับปรุงค่าตอนจนได้ผล สำเร็จ 6.3.10 ตัวอย่างการคำนวณ 6.4 การออกแบบระบบ ระบายน้ำใต้ผิวดิน 6.4.1 การระบายน้ำโดยใช้ ท่อ 6.4.2 การระบายน้ำในวัสดุ มวลรวม

ตารางที่ 5-47 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ (ต่อ)

สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย		ประเทศไทย
American Railway Engineering and Maintenance-of- Way Association (AREMA)	NetworkRail (NR)	State of New South Wales	Australian Rail Track Corporation, LTD. (ARTC)	กรมการขนส่งทางราง
				6.4.3 ทางน้ำเข้าและทางน้ำ ออก 6.4.4 บ่อรวมน้ำ 6.4.5 แผ่นใยสังเคราะห์ 7. การก่อสร้างระบบระบาย น้ำ 7.1 การวางแผนและระดับ 7.2 การเตรียมพื้นที่ 7.3 การขุดดิน 7.4 การก่อสร้างทางระบาย น้ำผิวดิน 7.5 การก่อสร้างทางระบาย น้ำใต้ดิน 7.6 การป้องกันทางน้ำเข้า และทางน้ำออก 8. การตรวจสอบและ บำรุงรักษาระบบระบายน้ำ 8.1 หลักการการระบายน้ำ 8.2 ตัวชี้วัดการระบายน้ำ อันไม่มีประสิทธิภาพ 8.3 สาเหตุความเป็นไปได้ ของการระบายน้ำอันไม่มี ประสิทธิภาพ 8.4 การระบายน้ำผิวดิน 8.5 การระบายน้ำใต้ผิวดิน 8.6 ปัญหาทั่วไปและการ แก้ไขปัญหา

ตารางที่ 5-47 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ (ต่อ)

สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย		ประเทศไทย
American Railway Engineering and Maintenance-of- Way Association (AREMA)	NetworkRail (NR)	State of New South Wales	Australian Rail Track Corporation, LTD. (ARTC)	กรมการขนส่งทางราง
				8.7 การเตรียมพร้อมใน กรณีเกิดอุทกภัย 9. ผังงานการออกแบบ ระบบระบายน้ำ 9.1 ผังงานการออกแบบ ภาพรวม 9.2 ผังงานการออกแบบ ระบบระบายน้ำผิวดิน 9.3 ผังงานการออกแบบ ระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน 10. แบบฟอร์มรายการ ตรวจสอบการออกแบบ ระบบระบายน้ำ 11. แบบฟอร์มการสำรวจ การระบายน้ำของพื้นที่เพื่อ ใช้ออกแบบ 12. แบบฟอร์มรายการการ คำนวณศักยภาพการระบาย น้ำที่ต้องการ
			Design and Construction 1. Purpose 2. Reason and Nature of Change 3. Drainage Design 3.1 Introduction	

ตารางที่ 5-47 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ (ต่อ)

สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย		ประเทศไทย
American Railway Engineering and Maintenance-of- Way Association (AREMA)	NetworkRail (NR)	State of New South Wales	Australian Rail Track Corporation, LTD. (ARTC)	กรมการขนส่งทางราง
			3.2 The Design Process 3.3 Preliminary Investigation 3.4 Determination of the type of drainage system required 3.5 Estimation of the Capacity Required 3.5.1 The Rational Method 3.6 Sizing Drainage System Components 3.6.1 Sizing Surface Drains 3.6.2 Sizing Subsurface Drainage Systems 3.7 Selection of Subsurface Drainage Components 3.7.1 Pipes 3.7.2 Geotextiles (Geofabric) 3.7.3 Aggregate Filters 3.7.4 Sumps. Sump Cages and Covers	

ตารางที่ 5-47 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ (ต่อ)

สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย		ประเทศไทย
American Railway Engineering and Maintenance-of- Way Association (AREMA)	NetworkRail (NR)	State of New South Wales	Australian Rail Track Corporation, LTD. (ARTC)	กรมการขนส่งทางราง
			3.7.5 Inlets and outlets 4. Drainage Construction 4.1 Introduction 4.2 Line and Grade 4.3 Site Preparation 4.4 Excavation 4.5 Surface Drain Construction 4.5.1 Requirements 4.5.2 Construction Steps 4.6 Subsurface Drain Construction 4.6.1 Longitudinal Drain Construction 4.6.2 Lateral Subsurface Drain Construction 4.6.3 Blanket Drain Construction 4.6.4 Other Types 4.6.5 Construction of an Unslotted Pipe Drain	

ตารางที่ 5-47 การเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักในคู่มือ (Manuals) ที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ (ต่อ)

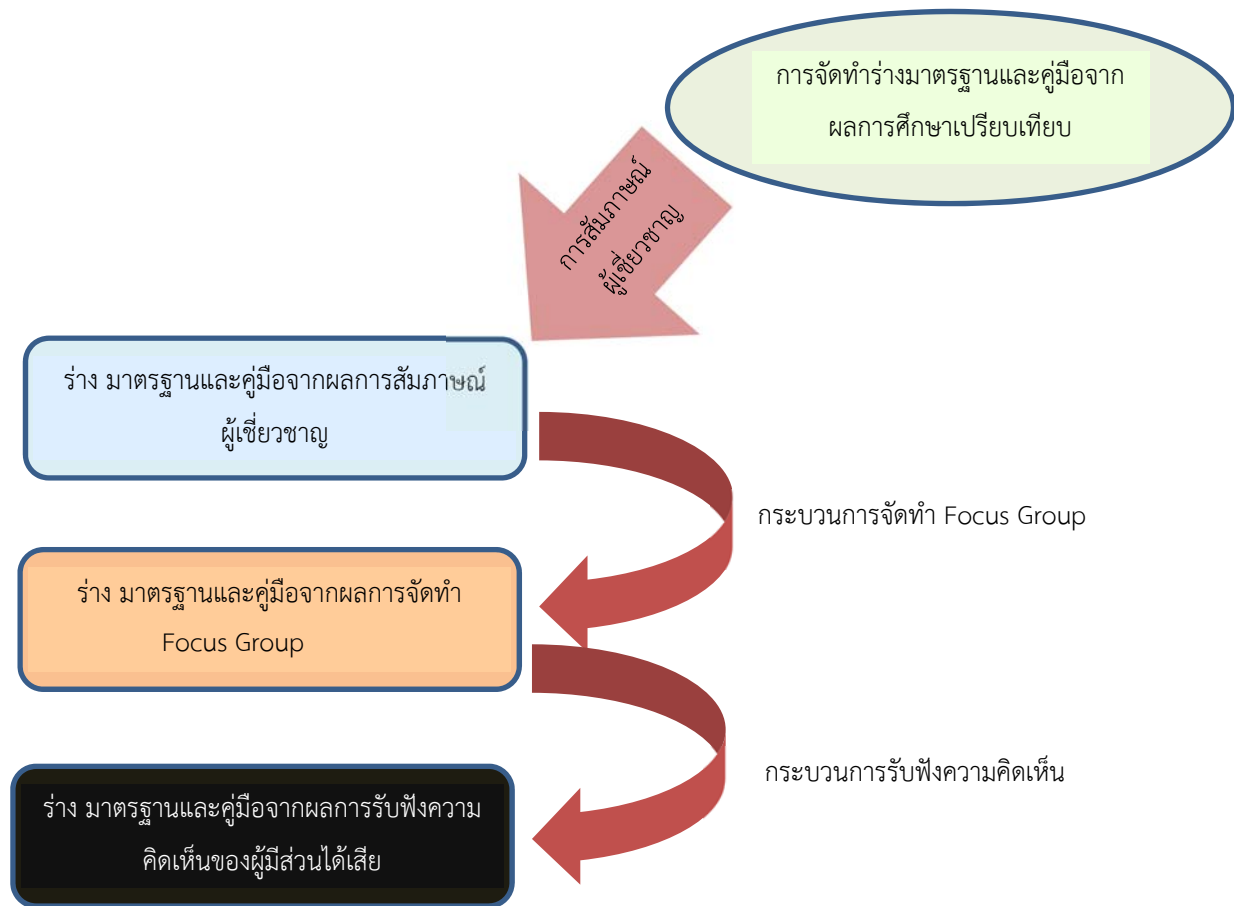
สหรัฐอเมริกา	สหราชอาณาจักร	ออสเตรเลีย		ประเทศไทย
American Railway Engineering and Maintenance-of- Way Association (AREMA)	NetworkRail (NR)	State of New South Wales	Australian Rail Track Corporation, LTD. (ARTC)	กรมการขนส่งทางราง
			4.6.6 Sump Installation 4.7 Other Types of Construction 4.8 Inlets and Outlets Appendix 1 Form 1— Preliminary Investigation Appendix 2 Form 2— Calculation of Capacity Required Appendix 3 Flow Chart 1—Flow chart of the overall design process Flow Chart 2—Flow chart for surface drainage design Flow Chart 3— Flow chart for subsurface drainage design	

5.10.4 สรุปผลการศึกษาทบทวนมาตรฐานการออกแบบระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ

การพัฒนาข้อจำกัดที่ต้องการจากผลการรวบรวม ทบทวน และเปรียบเทียบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำทางรถไฟ ทั้งกฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ (Laws/Rules/Regulations) มาตรฐาน (Standards) และคู่มือ (Manuals) โดยภาพรวมแสดงถึงประเภทของระบบระบายน้ำทางรถไฟ คือ ระบบระบายน้ำผิวดิน (Surface Drainage Systems) ได้แก่ รางระบายน้ำ และระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน (Subsurface Drainage Systems) ได้แก่ ท่อ และวัสดุมวลรวม ขณะเดียวกันในขั้นตอนการออกแบบมีหลักสำคัญ คือ การตรวจสอบเปรียบเทียบศักยภาพการระบายน้ำที่ต้องการกับศักยภาพการระบายน้ำ การประเมินศักยภาพการระบายน้ำที่ต้องการจะเป็นการประมาณค่าอัตราการไหลสูงสุดของน้ำโดยใช้วิธี ก) Rational Method ข) วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) หรือ ค) วิธีการวิเคราะห์ความถี่น้ำท่วมเชิงภูมิภาค (Regional Flood Frequency Analysis) วิธีใดวิธีหนึ่งจาก 3 วิธีข้างต้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะเงื่อนไขและข้อจำกัดด้านอุทกวิทยา ส่วนการประเมินศักยภาพการระบายน้ำของประเภทระบบที่ใช้ออกแบบเป็นการประมาณค่าอัตราการไหลของน้ำในประเภทระบบที่ใช้ออกแบบโดยใช้สมการแมนนิง (Manning's Equation) การออกแบบจะถือว่าเป็นที่น่าพอใจเมื่อผลการเปรียบเทียบแสดงว่าศักยภาพการระบายน้ำของประเภทระบบที่ใช้ออกแบบมีค่ามากกว่าศักยภาพการระบายน้ำที่ต้องการ เมื่อได้ข้อจำกัดที่ต้องการแล้วจะถูกนำมารวมเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปเบื้องต้นของร่างมาตรฐานและคู่มือระบบระบายน้ำทางรถไฟของประเทศไทย ต่อมาเมื่อได้ผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholder Analysis) และท้ายที่สุดเมื่อดำเนินการถึงขั้นตอนการจัดทำมาตรฐานและคู่มือระบบระบายน้ำของประเทศจำเป็นต้องนำผลจากการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียร่วมกับข้อสรุปเบื้องต้นมาพิจารณาต่อไป

5.11 บทสรุปและแนวทางการยกร่างมาตรฐานของประเทศไทย

จากผลการทบทวน กฎหมาย ข้อกำหนดและมาตรฐานในประเทศต่างๆ ที่เกี่ยวข้องรวมถึงประเทศไทย พบว่ามาตรฐานโครงสร้างพื้นฐานระบบรางส่วนใหญ่ มีรากฐานมาจากมาตรฐานระบบรางของกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป (European Norm, EN) ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมแทบจะทุกองค์ประกอบของงานทางรถไฟ อาทิ งานด้าน การออกแบบวางแนวเส้นทาง (Track Alignment) ทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง (ballastless track) หมอนคอนกรีต (Sleeper) และเครื่องยึดเหนี่ยวราง (Fastener) เป็นต้น เนื่องจากมีกระบวนการยกร่างที่ชัดเจน มีขั้นตอนการยกร่างตรวจสอบร่างและทดสอบและปรับแก้ตามผลการทดสอบจนกว่าจะไม่มีข้อโต้แย้งแล้ว จึงประกาศใช้งาน มีการตรวจสอบและสอบทวนจากหลายหน่วยงานในหลายประเทศในเครือข่าย ทำให้มีความน่าเชื่อถือสูง อย่างไรก็ตาม ยังมีมาตรฐานที่ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศเฉพาะที่ไม่มีปรากฏอยู่ในมาตรฐาน EN เช่น มาตรฐานการออกแบบคันทางรถไฟ และมาตรฐานการระบายน้ำมักมีการออกแบบโดยการใช้อนุสมการของแต่ละประเทศเป็นหลักดังเช่นมาตรฐานการออกแบบระบบระบายน้ำของประเทศออสเตรเลีย เป็นต้น ขั้นตอนต่อไปคือกระบวนการเปรียบเทียบในทางเทคนิคเพื่อให้ได้แนวทางการยกร่างมาตรฐาน กระบวนการยกร่างมาตรฐานและการเขียนร่างมาตรฐานให้กับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อพิจารณา ร่าง มาตรฐานที่ได้จัดทำขึ้นจากนั้นจึงจะดำเนินการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐาน ในขณะเดียวกันก็ต้องดำเนินการยกร่าง คู่มือการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟ และคู่มือการบำรุงรักษาทางรถไฟไปควบคู่กัน เมื่อได้ร่างมาตรฐานและคู่มือที่ดำเนินการปรับปรุงแล้วจึงจะนำร่างมาตรฐานและคู่มือดังกล่าวมาดำเนินการจัดสัมมนาแบบเข้มข้นกับผู้เชี่ยวชาญในการประชุมสัมมนาแบบเจาะจง (Focus Group) เพื่อให้ได้ ร่าง มาตรฐานและคู่มือฉบับสุดท้ายต่อไป ทั้งนี้กระบวนการที่จะต้องดำเนินการเพื่อให้ได้ ร่าง มาตรฐานและคู่มือดังแสดงในรูปที่ 5-160



รูปที่ 5-163 แสดงขั้นตอนดำเนินการเพื่อยกร่างมาตรฐานและคู่มือที่จะดำเนินการต่อไป

บทที่ 6

ผลการทบทวนข้อกำหนด และ มาตรฐานการออกแบบรถไฟ ความเร็วสูงและระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง

- ❖ ระบบรถไฟความเร็วสูง (High Speed Railway System)
- ❖ ระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง

6.1 ระบบรถไฟความเร็วสูง (High Speed Railway System)

รถไฟความเร็วสูงนับเป็นระบบขนส่งที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและทันสมัย ซึ่งประเทศผู้ผลิตระบบดังกล่าวต่างทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนเองรวมทั้งพยายามเพิ่มความเร็วในการให้บริการอย่างต่อเนื่อง โดยตารางที่ 6-1 แสดงถึงข้อมูลและความแตกต่างของระบบรถไฟความเร็วสูงที่ใช้งานอยู่ในแต่ละประเทศ นอกจากนี้ ประเทศต่าง ๆ ในโลกก็เริ่มต้นตัวในการนำระบบดังกล่าวไปใช้งาน โดยจะเห็นว่าเส้นทางรถไฟความเร็วสูงที่กำลังก่อสร้างและกำลังวางแผนอย่างมากมายังข้อมูลแสดงในตารางที่ 6-2 ทั้งนี้ มาตรฐานยุโรปได้กำหนดว่ารถไฟที่วิ่งด้วยความเร็ว 200 กิโลเมตรต่อชั่วโมงขึ้นไปสำหรับทางเดิม และรถไฟที่วิ่งด้วยความเร็ว 250 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับทางที่สร้างขึ้นใหม่โดยเฉพาะนั้น ให้จำแนกว่าเป็นระบบรถไฟความเร็วสูง ดังแสดงในรูปที่ 6-1 ถึงรูปที่ 6-3 แสดงถึงแนวเส้นทางของระบบรถไฟความเร็วสูงของแต่ละทวีป โดยในแต่ละเส้นทางก็มีความเร็วที่ให้บริการแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ การให้บริการด้วยความเร็วในขนาดดังกล่าวจำเป็นต้องมีการควบคุมดูแลอย่างเข้มข้น รวมทั้งมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อช่วยให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งในภาพรวมพื้นฐานมีสิ่งที่ต้องคำนึงในการออกแบบคือ ความปลอดภัย (Safety) ความสะดวกสบายของผู้โดยสาร (Ride Comfort) รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงระบบตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost) โดยประเทศผู้ผลิตและส่งออกกระบวนรถไฟความเร็วสูงเช่น ฝรั่งเศส เยอรมัน สเปน ญี่ปุ่น เกาหลีและจีนนั้น จะมีการใช้มาตรฐานควบคุมอยู่ในทุก ๆ ส่วนตั้งแต่ งานโครงสร้าง งานทางรถไฟ ตัวรถไฟ รวมไปถึงงานระบบต่าง ๆ

ตารางที่ 6-1 ข้อมูลของรถไฟไฟฟ้าความเร็วสูงในแต่ละประเทศ

Name	Image	Maximum speed	Passenger capacity	Entered service	Weight	Train length	Manufacturer	Countries
<u>L0 Series</u>		313.79 mph (505 km/h)	728	2013	N/A	980.97 ft (299 m)	Mitsubishi Heavy Industries, Nippon Sharyo	Japan
<u>SNCF TGV Duplex</u>		198.83 mph (320 km/h)	512	1995 Jun 21	380 t	656.16 ft (200 m)	ALSTOM (GEC-Alsthom)	France
KTX-Sancheon		190.0 mph (305 km/h)	363/410	2010	403 t	659 ft (201 m)	Hyundai Rotem	South Korea
<u>SNCF TGV Atlantique</u>		186.41 mph (300 km/h)	485	1989	444 t	779.19 ft (237.5 m)	GEC-Alsthom	France
<u>China Railways CRH380A</u>		236.12 mph (380 km/h)	494	2010	N/A	666.01 ft (203 m)	China South Locomotive & Rolling Stock Corporation Limited	China

ตารางที่ 6-1 (ต่อ) ข้อมูลของรถไฟไฟฟ้าความเร็วสูงในแต่ละประเทศ

Name	Image	Maximum speed	Passenger capacity	Entered service	Weight	Train length	Manufacturer	Countries
<u>China Railways</u> <u>CRH2C</u>		217.47 mph (350 km/h)	610	2007	N/A	660.76 ft (201.4 m)	Kawasaki Heavy Industries, Sifang Locomotive and Rolling Stock	China
<u>SNCF TGV Sud-Est</u>		186.41 mph (300 km/h) (270 km/h originally)	350	1981	385 t	656.16 ft (200 m)	GEC-Alsthom	France
<u>ICE 3</u>		205.05 mph (330 km/h)	460	2000	409 t	656.16 ft (200 m)	Siemens	Germany
<u>Talgo 350</u>		205.05 mph (330 km/h)	318	2005 Feb 26	322 t	656.16 ft (200 m)	Talgo, Bombardier	Spain
<u>ETR 500</u>		186.41 mph (300 km/h)	671	1992	640 t	1,162.50 ft (354.33 m)	TREVI SpA	Italy

ตารางที่ 6-1 (ต่อ) ข้อมูลของรถไฟไฟฟ้าความเร็วสูงในแต่ละประเทศ

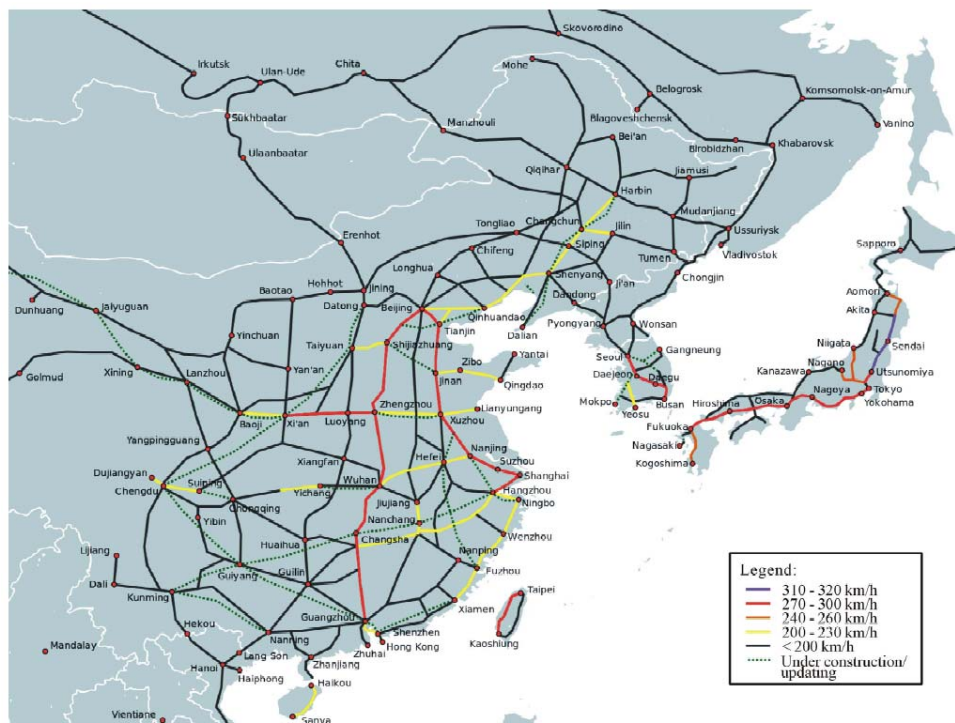
Name	Image	Maximum speed	Passenger capacity	Entered service	Weight	Train length	Manufacturer	Countries
<u>Shinkansen E5</u>		198.83 mph (320 km/h)	731	2011	453.5 t	830.05 ft (253 m)	Hitachi, Kawasaki Heavy Industries	Japan
<u>THSR 700T</u>		186.41 mph (300 km/h)	989	2007	503 t	997.37 ft (304 m)	Kawasaki Heavy Industries, Rolling Stock Company, Hitachi Rail, Nippon Sharyo	Taiwan
<u>Sapsan</u>		155.34 mph (250 km/h)	604	2009	667 t	820.209975 ft (250 m)	Siemens	Russia

ตารางที่ 6-2 แสดงจำนวนเส้นทางของระบบรถไฟความเร็วสูงในแต่ละประเทศ (อ้างอิงจากข้อมูลของ UIC)

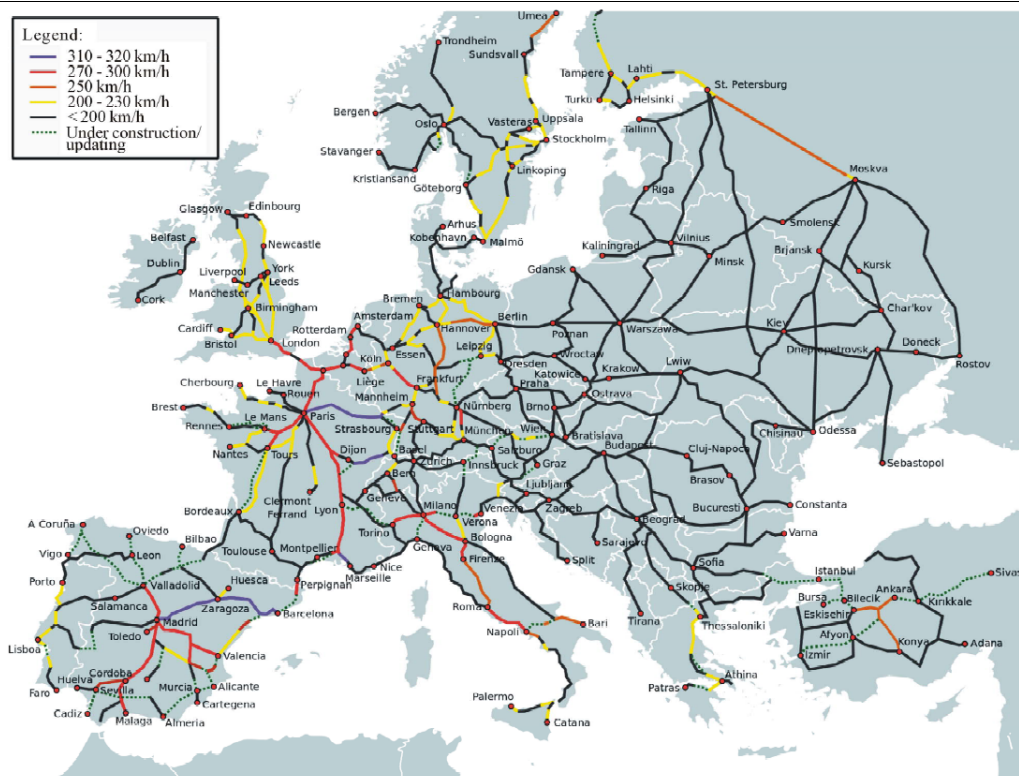
High-speed lines by country (Km)				
Country	In operation	Under construction	Planned	Total country
Belgium	209	0	0	209
France	1896	210	2616	4722
Germany	1285	378	670	2333
Italy	923	0	395	1318
The Netherlands	120	0	0	120
Poland	0	0	712	712
Portugal	0	0	1006	1006
Russia	0	0	650	650
Spain	2056	1767	1702	5525
Sweden	0	0	750	750
Switzerland	35	72	0	107
United Kingdom	113	0	204	317
China	6299	4339	2901	13539
Taiwan-China	345	0	0	345
India	0	0	495	495
Iran	0	0	475	475
Japan	2664	378	583	3625
Saudi Arabia	0	550	0	550
South Korea	412	186	49	647
Turkey	447	758	1219	2424
Morocco	0	200	480	680

ตารางที่ 6-2 (ต่อ) แสดงจำนวนเส้นทางของระบบรถไฟความเร็วสูงในแต่ละประเทศ (อ้างอิงจากข้อมูลของ UIC)

High-speed lines by country (Km)				
Country	In operation	Under construction	Planned	Total country
Brazil	0	0	511	511
USA	362	0	900	1262
Total World	17166	8838	16318	42322



รูปที่ 6-1 แนวเส้นทางของระบบรถไฟความเร็วสูงในทวีปเอเชีย



รูปที่ 6-2 แนวเส้นทางของระบบรถไฟความเร็วสูงในทวีปยุโรป

VISION for HIGH-SPEED RAIL in AMERICA



รูปที่ 6-3 ร่างแนวเส้นทางของระบบรถไฟความเร็วสูงในทวีปอเมริกา

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่ากลุ่มประเทศแถบยุโรปมีการพัฒนาและใช้มาตรฐานที่สามารถใช้งานร่วมกันได้ (interoperability) แต่ด้วยระดับของเทคโนโลยีและแนวคิดการออกแบบที่ต่างกันของแต่ละประเทศ ทำให้มาตรฐานเกี่ยวกับทางรถไฟของระบบรถไฟไฟฟ้าความเร็วสูงของแต่ละประเทศก็ยังคงมีความแตกต่างกันไปในรายละเอียดปลีกย่อย เช่น

- รูปร่างแนวเส้นทาง (Track geometry)
- น้ำหนักรถไฟ (Track loads)
- ระยะเพื่อสำหรับรถไฟ (Loading gauges)
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรถไฟและสะพาน (Vehicle-bridge interaction)
- จุดเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (Transition zone)
- ประแจและจุดตัด (Turnout and crossing)
- แผ่นพื้นทางรถไฟ (Slab track)
- ไม้หมอนและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยว (Sleeper and fastener)
- ข้อกำหนดด้านคุณภาพของทางรถไฟ (Track quality criteria)

โดยสามารถยกตัวอย่างรายละเอียดความแตกต่างของมาตรฐานได้ดังนี้

6.1.1 รูปร่างของแนวเส้นทาง (Track geometry)

รูปร่างของแนวเส้นทางนั้นจะขึ้นอยู่กับ รัศมีโค้ง (curve radius) ช่วงเปลี่ยนโค้ง (transition curve) และการยกโค้ง (cant & cant variations) โดยตัวแปรดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับค่าความเร่งด้านข้างที่ยอมให้ (allowable lateral acceleration) ค่าการยกโค้งส่วนขาด (cant deficiency) ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนโค้ง (attenuation time) และอื่น ๆ ซึ่งประเทศผู้ผลิตรถไฟความเร็วสูงก็มีการกำหนดค่าดังกล่าวที่ต่างกันออกไป ตามแต่ข้อมูลการวิจัยที่แต่ละประเทศมีอยู่ ยกตัวอย่างเช่นค่ารัศมีโค้งที่ความเร็วต่าง ๆ ดังตารางที่ 6-3 ถึงตารางที่ 6-5 และค่าการยกโค้งส่วนขาด (cant deficiency) ที่แตกต่างกันระหว่างประเทศสหรัฐอเมริกา ยุโรปและญี่ปุ่นดังแสดงในตารางที่ 6-6

ตารางที่ 6-3 ค่ารัศมีโค้งที่ใช้ในการออกแบบของประเทศสหรัฐอเมริกาสำหรับรถไฟความเร็วสูง

Design Speed		Minimum Radii Based on Superelevation Limits					
		Desirable		Minimum		Exceptional	
Miles per hour	Km/h.	Feet	Meters (rounded)	Feet	Meters (rounded)	Feet	Meters (rounded)
250	400	45000	13700	28000	8500	25000	7600
220	355	35000	10700	22000	6700	19500	6000
200	320	30000	9200	18000	5500	16000	4900
186	300	25000	7600	16600	4700	14000	4250
<186	<300	25000	7600	16600	4700	12600	3850
175	280	22000	6700	14000	4200	11200	3400
150	240	16000	4900	10000	3100	8200	2500
125	200	10500	3200	7000	2100	5700	1750

ตารางที่ 6-4 ค่ารัศมีโค้งที่ใช้ในการออกแบบของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนสำหรับรถไฟความเร็วสูง

Track Type/Design Speed			350/250 km/h (217/155 mph)	300/200 km/h (186/124 mph)	350/200 km/h (155/124 mph)	250/160 km/h (155/99 mph)
Ballasted Track	Recommend	Radius (m)	8000-10000 m	6000-8000 m	4500-7000 m	4500-7000 m
		Radius (ft.)	26247-32808 ft.	19685-26247 ft.	14764-22966 ft.	14764-22966 ft.
		Degrees	0.22-017 deg.	0.29-0.22 deg.	0.39-0.25 deg.	0.39-0.25 deg.
	Min. Gen.	Radius (m)	7000 m	5000 m	3500 m	4000 m
		Radius (ft.)	22966 ft.	16404 ft.	11483 ft.	13123 ft.
		Degrees	0.25 deg.	0.35 deg.	0.50 deg.	0.44 deg.
	Min. Spec.	Radius (m)	6000 m	4500 m	3000 m	3500 m.
		Radius (ft.)	19685 ft.	14764 ft.	9842 ft.	11483 ft.
		Degrees	0.29 deg.	0.39 deg.	0.58 deg.	0.50 deg.
Ballastless Track	Recommend	Radius (m)	8000-10000 m	6000-8000m	4500-7000 m	4500-7000 m
		Radius (ft.)	26247-32808 ft.	19685-26247 ft.	14764-22966 ft.	14764-22966 ft.
		Degrees	0.22-0.14 deg.	0.29-0.22 deg.	0.39-0.25 deg.	0.39-0.25 deg.
	Min. Gen.	Radius (m)	7000 m	5000 m	3200 m	4000 m
		Radius (ft.)	22966 ft.	16404 ft.	10499 ft.	13123 ft.
		Degrees	0.25 deg.	0.35 deg.	0.55 deg.	0.44 deg.
	Min. Spec.	Radius (m)	5500 m	4000 m.	2800 m	3500 m.
		Radius (ft.)	18045 ft.	13123 ft.	9186 ft.	11483 ft.
		Degrees	0.32 deg.	0.44 deg.	0.62 deg.	0.50 ft.
Maximum Radius		Radius (m)	12000 m	12000 m	12000 m	12000 m
		Radius (ft.)	39370 ft.	39370 ft.	39370 ft.	39370 ft.
		Degrees	0.15 deg.	0.15 deg.	0.15 deg.	0.15 deg.

ตารางที่ 6-5 ค่ารัศมีโค้งที่ใช้ในการออกแบบตามมาตรฐานยุโรปสำหรับรถไฟความเร็วสูง

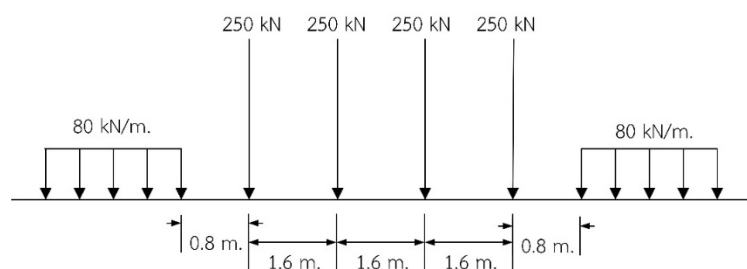
Curve Radius	200 km/h	250 km/h	280 km/h	300 km/h	330 km/h	350 km/h
Recommended radius (m)	3200	5000	6300	7200	8700	9800
Minimum radius (m)	1888	2950	3700	4248	5140	5782

ตารางที่ 6-6 ค่า Cant deficiency ที่ใช้ในการออกแบบของประเทศต่าง ๆ

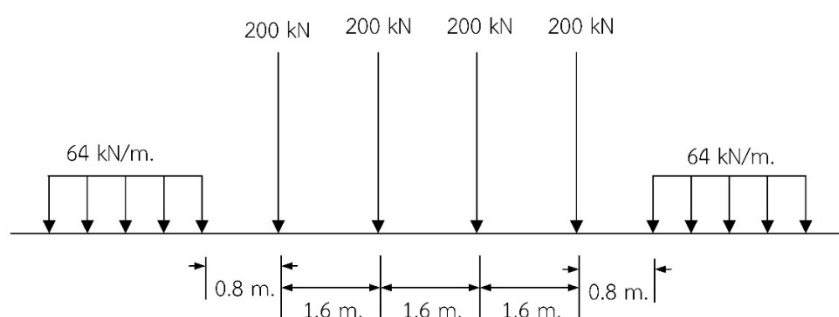
Maximum Cant Deficiency (mm)		
FRA (USA)	TSI (Europe)	Japan
75 (>300kph) to 100 (<300kph)	130-180 (<300 kph)	110

6.1.2 น้ำหนักออกแบบ (Track loads)

น้ำหนักออกแบบ (design load) ที่กำหนดขึ้นในการออกแบบทางรถไฟสำหรับรถไฟความเร็วสูงนั้นมีความแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ ยกตัวอย่างเช่นมาตรฐานยุโรปมีการกำหนดน้ำหนักออกแบบ LM71 ดังแสดงในรูปที่ 6-4 ซึ่งในมาตรฐานได้กำหนดตัวคูณ α ที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของรูปแบบน้ำหนักออกแบบในแต่ละประเทศ ซึ่งในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนและเกาหลีก็มีการใช้ค่าดังกล่าวที่แตกต่างกันออกไป



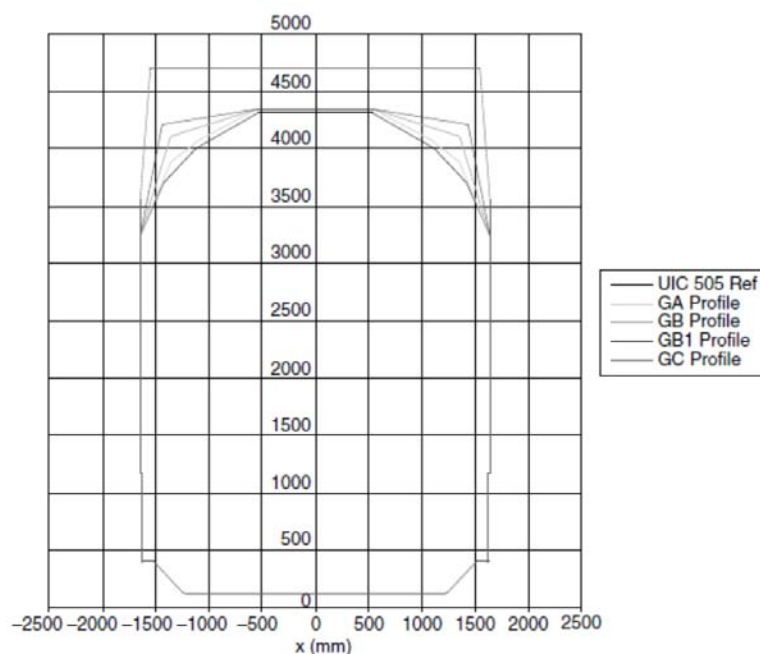
รูปที่ 6-4 ตัวอย่างน้ำหนักออกแบบทางรถไฟ LM-71 ตามมาตรฐานยุโรป



รูปที่ 6-5 ตัวอย่างน้ำหนักออกแบบทางรถไฟ HSR ZK ตามมาตรฐานของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

6.1.3 ระยะเผื่อสำหรับรถไฟ (Loading gauge)

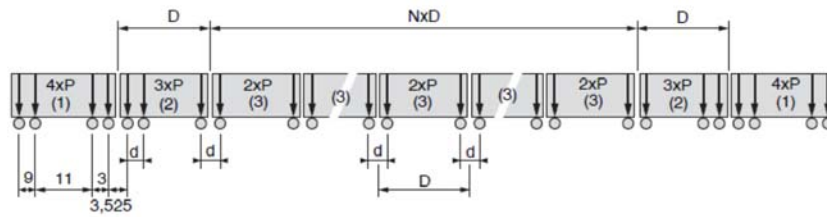
ขนาดของระยะเผื่อในการออกแบบของประเทศผู้ผลิตรถไฟความเร็วสูงก็มีความแตกต่างกันออกไปซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับขนาดของตัวรถไฟ (train dimensions) ระยะการขยับตัวของรถ (kinematic and dynamic envelopes) รวมไปถึงผลจากอากาศพลศาสตร์ (aerodynamic effects) เป็นต้น



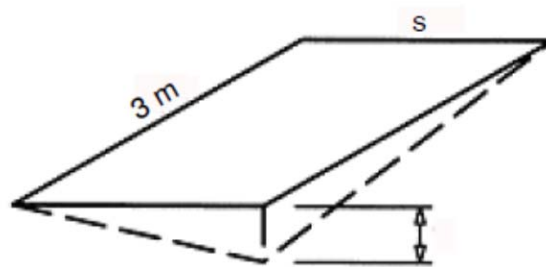
รูปที่ 6-6 ตัวอย่าง loading gauge ตามมาตรฐาน UIC

6.1.4 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรถไฟและสะพาน (Vehicle-Bridge Interaction)

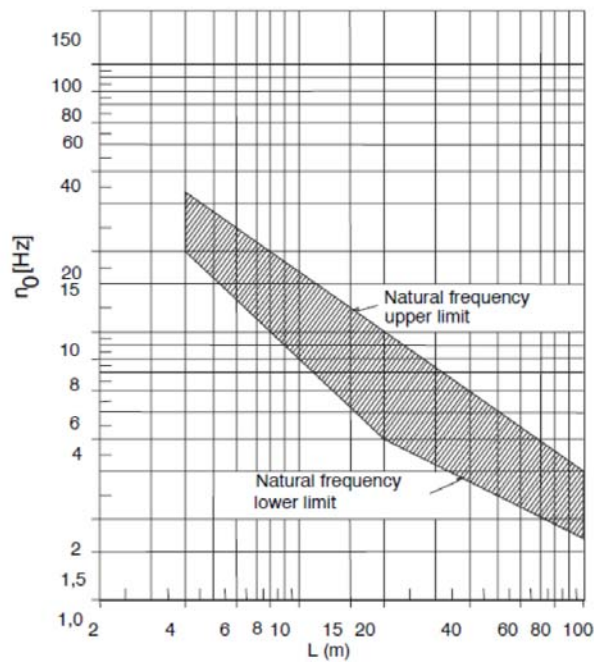
การออกแบบสะพานเพื่อรองรับรถไฟความเร็วสูงนับเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากพฤติกรรมสั่นพ้องของสะพานที่ตอบสนองต่อรถไฟที่แล่นผ่านด้วยความเร็วสูงนั้นสามารถทำให้เกิดการสั่นสะเทือนที่รุนแรง และอาจส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพและความปลอดภัยของรถไฟได้ ซึ่งมาตรฐานจะมีการกำหนดให้คำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น น้ำหนักที่ใช้วิเคราะห์และออกแบบสะพาน (loads to be considered) การควบคุมพฤติกรรมทางพลศาสตร์จากการสั่นพ้อง (resonant behavior) ค่าการเสียรูปของสะพานที่ยอมให้ (bridge deformation limits) ค่าความเร่งบนสะพานที่ยอมให้ (bridge acceleration limits) ค่าความถี่ของสะพานที่ยอมให้ (bridge vibration frequency band) ช่วงความเร็วที่ต้องคำนึงถึงผลจากพฤติกรรมทางพลศาสตร์ (speed range to be considered) แบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตในแต่ละประเทศก็มีการกำหนดมาตรฐานในเรื่องดังกล่าวที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนได้มีการวิจัยและได้ปรับเปลี่ยนค่าลิมิตของความถี่ของสะพานในการออกแบบรถไฟความเร็วสูงให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีของตนเอง เป็นต้น



รูปที่ 6-7 ตัวอย่างน้ำหนักที่ใช้วิเคราะห์และออกแบบสะพานรถไฟความเร็วสูง ตามมาตรฐาน UIC

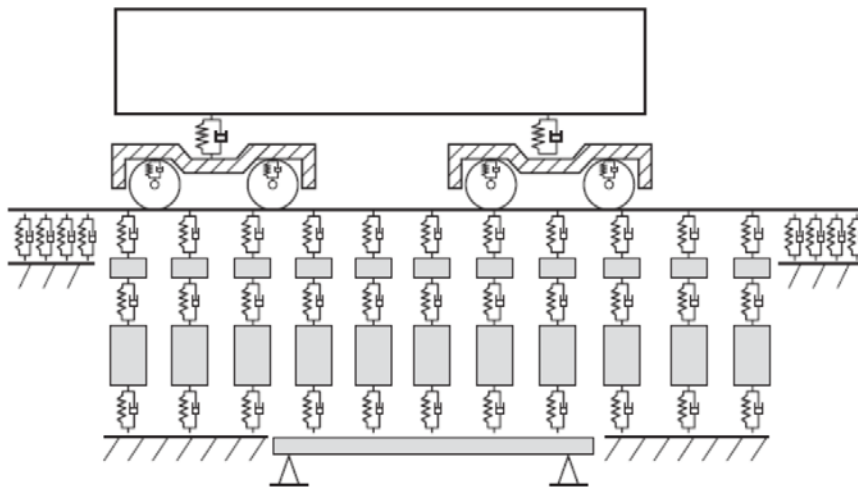


รูปที่ 6-8 ตัวอย่างการเสียรูปของสะพานที่ย่อมให้ ตามมาตรฐาน UIC



n_0 is the first natural frequency of an unloaded bridge
L is the span for an isostatic bridge or L_ϕ for other types of bridge

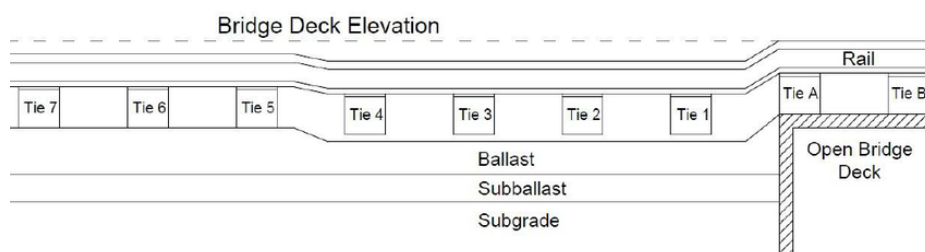
รูปที่ 6-9 ตัวอย่างช่วงความถี่การสั่นของสะพานที่ย่อมให้ ตามมาตรฐาน UIC



รูปที่ 6-10 ตัวอย่างแบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์และออกแบบสะพานรถไฟความเร็วสูง ที่แนะนำโดยมาตรฐาน UIC

6.1.5 จุดเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (Transition zone)

การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นบริเวณจุดเปลี่ยนผ่านเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษสำหรับรถไฟที่แล่นด้วยความเร็วสูง การลดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าวทำได้โดยการจัดการความแข็งแรงของทางรถไฟบริเวณจุดเปลี่ยนผ่าน ซึ่งวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการปรับปรุงจุดดังกล่าวสำหรับระบบรถไฟความเร็วสูงนั้น แต่ละประเทศก็ยังคงทำการพัฒนาวิธีของตนเองให้ดียิ่งขึ้นอยู่เช่นกัน



รูปที่ 6-11 ตัวอย่างจุดเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (transition zone)

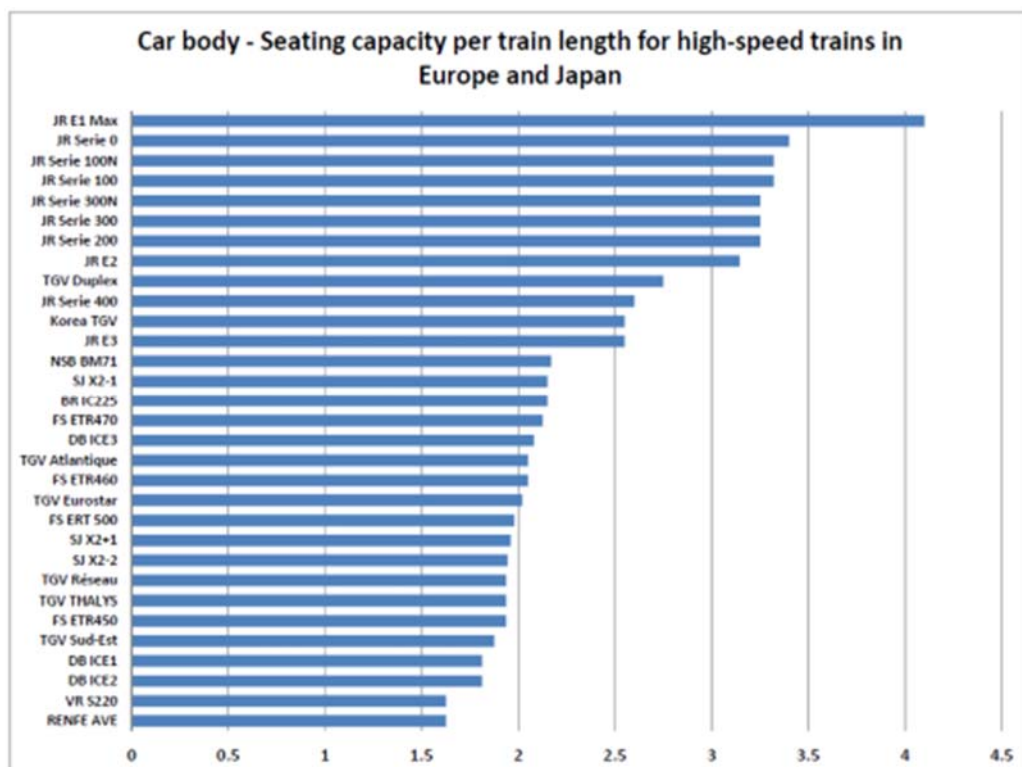
6.1.6 สรุปสาระสำคัญของข้อกำหนดการออกแบบระบบรถไฟความเร็วสูงในปัจจุบัน

ทางรถไฟของระบบรถไฟความเร็วสูงมีความแตกต่างจากทางรถไฟปกติ ทั้งในด้านรูปร่าง คุณลักษณะทางกล เสถียรภาพ และคุณภาพของทางรถไฟ เนื่องจากต้องรองรับแรงกระทำจากรถไฟด้วยความเร็วที่สูงขึ้นได้อย่างปลอดภัย ซึ่งมาตรฐานที่ใช้ออกแบบในแต่ละประเทศก็มีความแตกต่างกันในประเด็นต่าง ๆ โดยสามารถจำแนกตัวอย่างได้ดังนี้

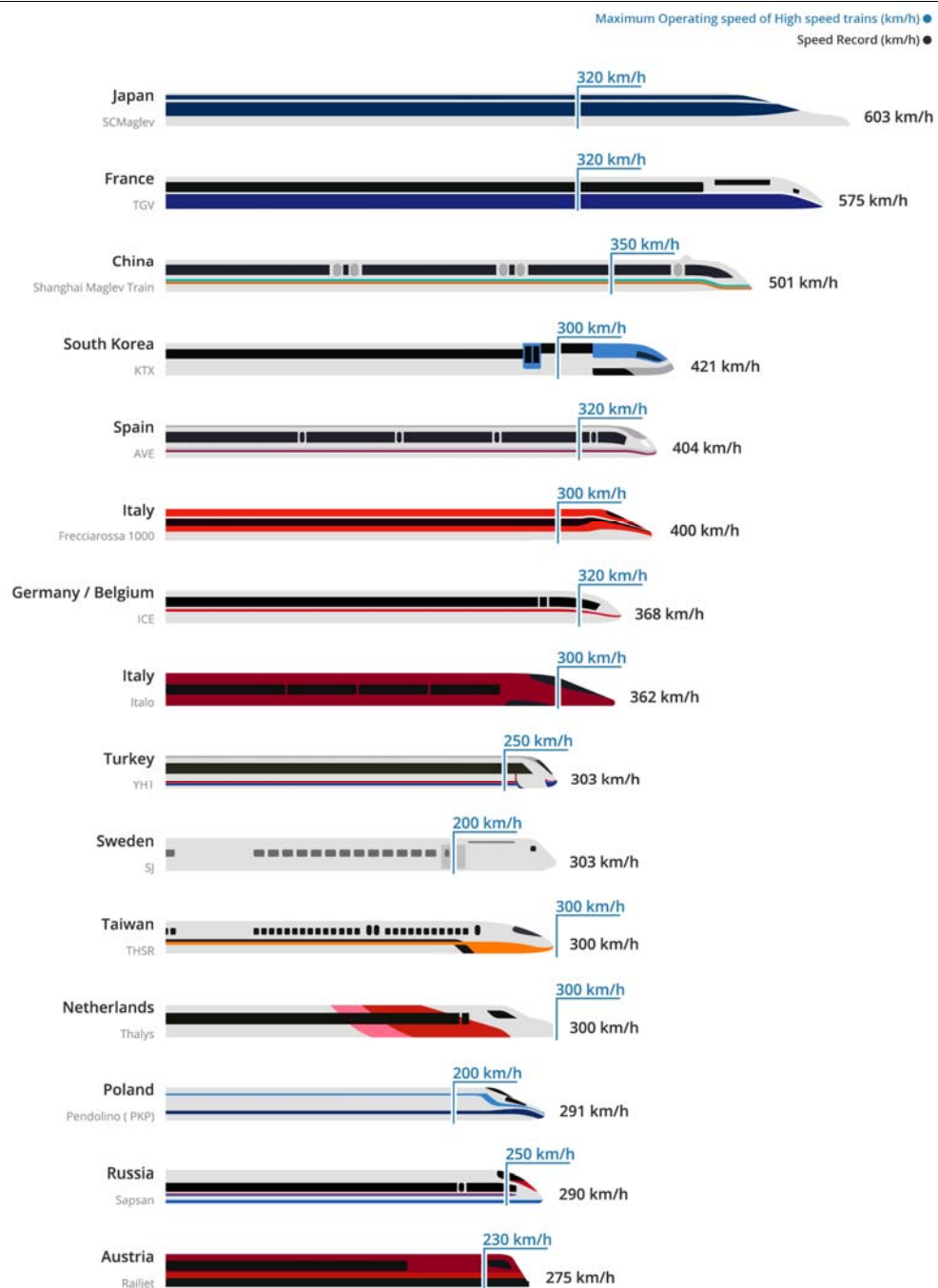
- รูปร่างแนวเส้นทาง (Track geometry)
- น้ำหนักรถไฟ (Track loads)
- ระยะเผื่อสำหรับรถไฟ (Loading gauges)
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรถไฟและสะพาน (Vehicle-bridge interaction)

- จุดเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (Transition zone)
- ประแจและจุดตัด (Turnout and crossing)
- แผ่นพื้นทางรถไฟ (Slab track)
- ไม้หมอนและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยว (Sleeper and fastener)
- ข้อกำหนดด้านคุณภาพของทางรถไฟ (Track quality criteria)

ปัจจุบัน ประเทศผู้ผลิตระบบรถไฟความเร็วสูงแต่ละประเทศได้มีการปรับปรุงมาตรฐานของตนเองอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งมีความพยายามสร้างเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มความจุผู้โดยสารและเพิ่มความเร็วให้แก่รถไฟของตนเอง ดังแสดงรูปที่ 6-12 และรูปที่ 6-13 ทำให้ ณ ปัจจุบันมาตรฐานดังกล่าวยังคงมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละประเทศที่ผลิต ยกตัวอย่างเช่นประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนและเกาหลี ซึ่งมีการนำมาตรฐานของประเทศยุโรปไปดัดแปลงและพัฒนาต่อยอดจนเป็นมาตรฐานของตนเอง เป็นต้น



รูปที่ 6-12 ความจุผู้โดยสารต่อความยาวของรถไฟในรถไฟความเร็วสูงของแต่ละประเทศ [<http://www.goeuro.com>]



รูปที่ 6-13 ความเร็วสูงสุดและความเร็วในการให้บริการของรถไฟความเร็วสูงในแต่ละประเทศ

[<http://www.goeuro.com>]

6.1.7 แนวทางการพัฒนามาตรฐานทางรถไฟสำหรับระบบรถไฟความเร็วสูงของประเทศไทย

เทคโนโลยีของระบบรถไฟความเร็วสูงในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากการแข่งขันเพื่อเป็นผู้นำในด้านเทคโนโลยีของประเทศผู้ผลิต จึงทำให้มีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้อยู่เสมอ จากเหตุผลดังกล่าว ส่งผลให้ชิ้นส่วน อุปกรณ์ และการซ่อมบำรุงล้วนมีลักษณะเฉพาะตามประเภทของรถ รวมไปถึงรายละเอียดและคุณสมบัติต่าง ๆ ของทางรถไฟที่อาจทำให้เกิดอุปสรรคในการนำรถไฟความเร็วสูงต่างประเภทมาให้บริการในสายทางเดียวกันหากมีการใช้มาตรฐานการออกแบบที่ต่างกัน ซึ่งปัจจัยข้างต้นมีความแตกต่างจากการออกแบบระบบรางโดยทั่วไป (Conventional Railway) หรือ Heavy Rail ที่สามารถใช้มาตรฐานในระดับชาติ ระดับภูมิภาคและระดับสากล มาเป็นข้อกำหนดในการออกแบบได้ โดยในกลุ่มประเทศยุโรปได้แก้ปัญหาโดยมีการกำหนดมาตรฐาน TSI เพื่อให้ระบบรถไฟสามารถใช้งานร่วมกันได้ (interoperability) อย่างไรก็ตาม สำหรับระบบที่ผลิตโดยกลุ่มประเทศนอกสหภาพยุโรป เช่น จีน เกาหลีและญี่ปุ่น ยังไม่ปรากฏว่ามีการนำไปใช้งานร่วมกันกับระบบอื่นแต่อย่างใด ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่ามาตรฐานและข้อกำหนดทางเทคนิคในการออกแบบทางรถไฟสำหรับรถไฟความเร็วสูงโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของมาตรฐานเฉพาะผลิตภัณฑ์หรือมาตรฐานสำหรับท้องถิ่น ทั้งนี้เนื่องจากประเทศผู้ผลิตสามารถผลิตเทคโนโลยีขึ้นมาเองจึงเป็นประโยชน์กับประเทศในด้านการสนับสนุนพัฒนาอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังพบว่าทุกประเทศที่มีการใช้งานระบบรถไฟความเร็วสูงนั้น มีการออกข้อกำหนด (Regulation) เพื่อกำกับดูแลในการตรวจสอบคุณภาพของระบบและความควบคุมความปลอดภัยในการใช้งาน

อย่างไรก็ตาม สอดคล้องกับระบบรถไฟขนาดรอง หากประเทศไทยมีการจัดทำมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับระบบรถไฟความเร็วสูงขึ้นมาโดยการกำหนดเป็นข้อกำหนดหรือมาตรฐานทางเทคนิค อาจส่งผลทำให้เกิดการเอื้อประโยชน์กับบางผลิตภัณฑ์ หรืออาจทำให้ได้เทคโนโลยีที่ล้าสมัยเนื่องจากระบบรถไฟชนิดนี้ยังอยู่ในช่วงที่พัฒนาเทคโนโลยีให้ทันสมัยตลอดเวลา อีกทั้งประเทศไทยไม่ได้เป็นเจ้าของเทคโนโลยีสำหรับการผลิตชิ้นส่วนหรือประกอบรถไฟชนิดดังกล่าว รวมถึงโครงการที่กำลังจะเกิดขึ้นอยู่ในกระบวนการคัดเลือกเทคโนโลยีซึ่งหากมีการประกาศใช้ข้อกำหนดหรือมาตรฐานทางเทคนิคย่อมจะส่งผลกระทบต่อโครงการดังกล่าวในอนาคต ดังนั้นแนวทางการพัฒนามาตรฐานของระบบรถไฟความเร็วสูงสำหรับงานโครงสร้างทางรถไฟจึงไม่ควรกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคและคู่มือสำหรับเทคโนโลยีดังกล่าว โดยให้เป็นไปตามเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ควรมีการกำหนดเป็นข้อกำหนด (Regulation) โดยเน้นถึงการประเมินและรับรองตัวรถไฟในด้านความปลอดภัยรวมทั้งความสะดวกสบายของผู้โดยสาร ในส่วนของทางรถไฟจะเป็นการตรวจสอบและประเมินถึงระดับคุณภาพและเสถียรภาพของทางรถไฟ โดยอาจกำหนดเป็นค่าสมรรถนะขั้นต่ำ (Performance Based) ที่เหมาะสมและปลอดภัยเพียงพอ โดยจะไม่ลงรายละเอียดทางเทคนิคอันอาจจะส่งผลต่อการเอื้อให้กับบางผลิตภัณฑ์

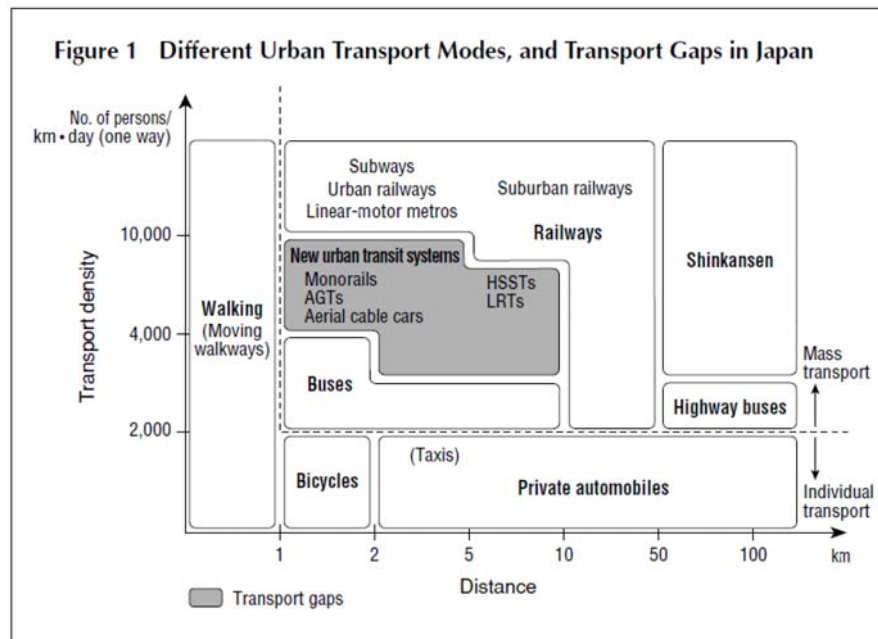
6.2 ระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง

ระบบขนส่งทางรางในปัจจุบันมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความจุ ระยะทางที่ให้บริการและลักษณะทางเทคนิค สำหรับระบบที่ใช้โครงสร้างทางที่แยกออกจากระบบอื่น (Dedicated Track) หรือระบบรถไฟรางหนัก (Heavy Rail) มักใช้เป็นระบบขนส่งหลัก มีความจุผู้โดยสารต่อเที่ยวได้จำนวนมาก สามารถออกแบบตามมาตรฐานระดับสากลหรือภูมิภาคได้ตามที่ มาตรฐาน TSI, UIC, EN และ ISO เป็นต้น ในระบบรถไฟขนส่งมวลชนยังมีรถไฟอีกประเภทที่มีขนาดความจุต่ำกว่าเพื่อใช้เป็นระบบขนส่งขนาดรองในการเคลื่อนย้ายผู้โดยสารเข้าสู่ระบบหลักต่อไป ระบบขนส่งมวลชนขนาดรองเป็นเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมีข้อดีคือสามารถใช้งานร่วมกับระบบขนส่งอื่น ๆ ได้ สำหรับระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่นิยมใช้งานในปัจจุบันได้แก่ ระบบรถไฟฟ้ามหานคร (Light Rail Transit, LRT), ระบบรถไฟฟ้ามหานครเดี่ยว (Monorail) และระบบขนส่งมวลชนแบบนำทางอัตโนมัติ (Automated Guided Transit, AGT) ซึ่งในแต่ละระบบมีความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีการขนส่ง ความจุ และความเร็ว ทั้งนี้ในการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับ การคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารและข้อจำกัดของสภาพทางกายภาพและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามมาตรฐานของเทคโนโลยีระบบขนส่งมวลชนขนาดรองมักเป็นมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดโดยผู้ออกแบบเนื่องจากเทคโนโลยีของระบบขนส่งมวลชนประเภทนี้ยังอยู่ในระยะที่สามารถพัฒนาได้อีกหลากหลายรูปแบบ ดังจะเห็นได้จากเทคโนโลยี Urban Maglev และ Near Surface Transit System ของประเทศสาธารณรัฐเกาหลีใต้ และแนวคิดระบบ Micro Rail® ที่หลายขีดจำกัดของระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเทคโนโลยีระบบขนส่งต่อ ปริมาณผู้โดยสารและระยะทางของประเทศญี่ปุ่นและประเทศสาธารณรัฐเกาหลีใต้ ดังแสดงในรูปที่ 6-15 และ รูปที่ 6-16 ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นว่าเทคโนโลยีขนส่งมวลชนขนาดรองเป็นเทคโนโลยีที่จำเป็นต้องมีการเลือกให้เหมาะสมก่อนเริ่มโครงการและเทคโนโลยีที่ถูกเลือกมาแล้วมักจะเอื้อต่อผลิตภัณฑ์บางผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเท่านั้น โดยปัจจัยสำคัญในการเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองมีดังต่อไปนี้

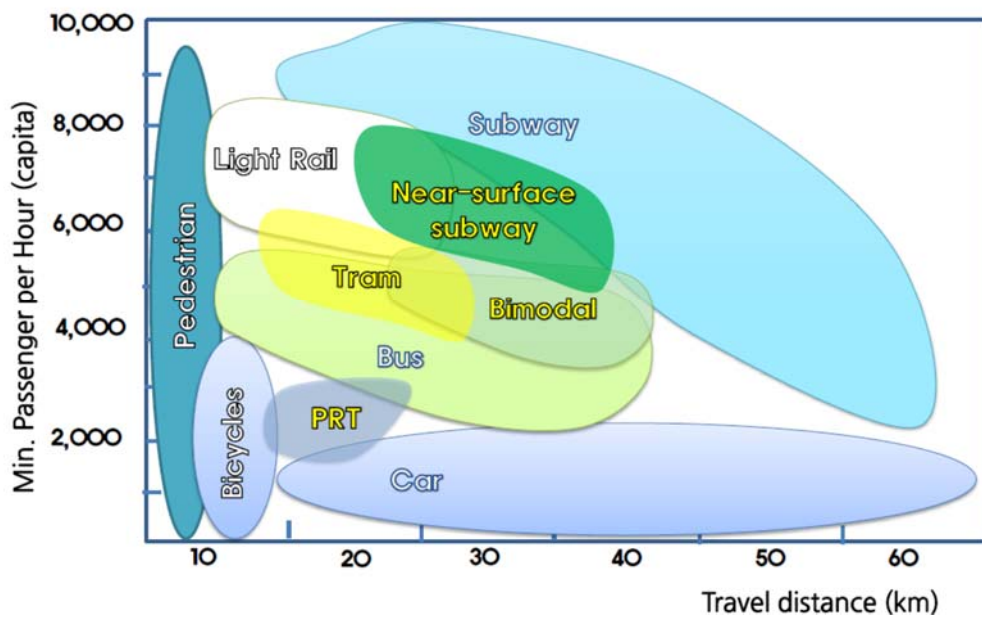
1. ความจุและความเร็ว (Capacity and Speed)
2. ความปลอดภัยและการอพยพ (Safety and Evacuation)
3. ความน่าเชื่อถือ ความพร้อมใช้งาน และการบำรุงรักษา (Reliability, Availability, Maintainability)
4. ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการเดินรถและซ่อมบำรุง (Operations and Maintenance Cost)
5. เทคโนโลยีที่เป็นระบบ “เปิด” (Openness of System Technology)
6. ความสบายและคุณภาพการให้บริการ (Comfort and Service Quality)
7. สุนทรียภาพและการออกแบบ (Esthetics and Design)
8. แนวเส้นทางและข้อจำกัดทางกายภาพ (Alignment and Route)
9. ข้อพิจารณาในด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Considerations)



รูปที่ 6-14 แสดงเทคโนโลยี Near Surface Subway และ Micro Rail®



รูปที่ 6-15 แสดงความแตกต่างของระบบขนส่งมวลชนแต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อระยะทางและปริมาณผู้โดยสารในประเทศญี่ปุ่น



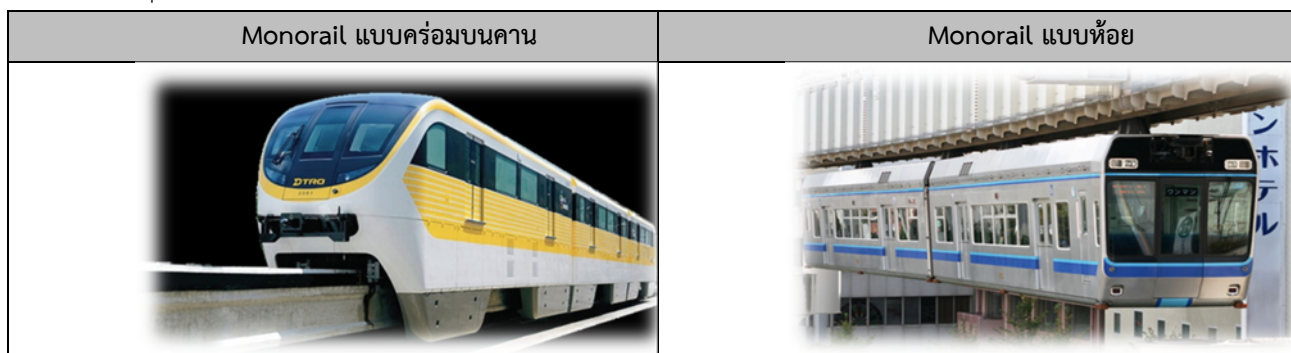
รูปที่ 6-16 แสดงความแตกต่างของระบบขนส่งมวลชนแต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อระยะทางและปริมาณผู้โดยสารในประเทศสาธารณรัฐเกาหลีใต้

ข้อกำหนดสำคัญในการออกแบบระบบขนส่งมวลชนขนาดรองไว้สามประเภทคือ ระบบรถไฟฟ้ารางเดี่ยว (Monorail) ระบบขนส่งมวลชนนำทางอัตโนมัติ (Automatic Guide Transit System, AGT) และระบบรถไฟฟ้ารางเบา (Light Rail Transit, LRT) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.2.1 เทคโนโลยีรถไฟฟ้างานเดี่ยว (Monorail)

รถไฟฟ้างานเดี่ยว (Monorail) เป็นระบบการขนส่งมวลชนขนาดเบาที่มีความเร็วต่ำ ประกอบด้วยทางรถไฟซึ่งเป็นรางเดี่ยว ซึ่งโดยปกติจะยกระดับที่มีรถไฟแขวนค้ำยันยังถูกนำมาใช้ในการอธิบายคานวิ่งของระบบหรือยานพาหนะที่วิ่งอยู่บนคานดังกล่าว เดิมทีศัพท์คำนี้มาจากการนำคำว่า “mono” ซึ่งแปลว่า “หนึ่ง” รวมกับคำว่า “rail” ซึ่งแปลว่า “ราง”

รถไฟฟ้างานเดี่ยว (Monorail) มีหลายรูปแบบ แต่ที่นิยมกันมีสามชนิดคือ แบบห้อย (suspended) หรือแบบคร่อม (straddled) และแบบยึดด้านข้าง (laterally suspended) แต่ที่สร้างใช้งานจริงมีเพียงสองชนิดคือ แบบห้อย มีที่สร้างและใช้อยู่ไม่มากนัก และที่นิยมกันมากคือแบบคร่อม ทั้งสองชนิดนี้อาจสร้างบนพื้นดิน ยกกระดาน หรือใต้ดินก็ได้ แต่ที่นิยมก่อสร้างกันมากเป็นแบบยกกระดานให้สูงเหนือจากพื้นดินประมาณ 7 เมตรขึ้นไป ปล่องพื้นที่บนถนนไว้สำหรับยวดยาน และการจราจร รถไฟฟ้างานเดี่ยวชนิดนี้เหมาะสำหรับชุมชนเมืองที่แออัด



รูปที่ 6-17 แสดงรูปแบบของ Monorail แบบคร่อมและแบบห้อย

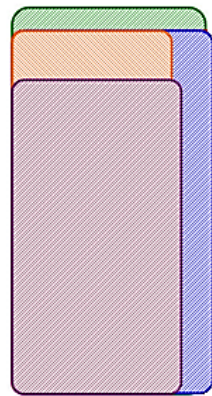
ระบบขับเคลื่อนและระบบเบรก (Propulsion and Braking System)

โดยทั่วไปโครงสร้างทางรถไฟ (Track Beam) ของระบบ Monorail จะเป็นคานคอนกรีตรูปตัวไอ วางบนเสาตอม่อ โดยมีระยะห่างช่วงเสา (Span Length) ประมาณ 20-30 เมตร เสาตั้งบนฐานราก (Pile Cap) โดยมีเสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-1.8 เมตร หรือเสาเข็มเหล็กลิ่ม (Barrette Pile) โดยระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของทางรถไฟ สำหรับบริเวณทางตรง ควรมีระยะที่ 4.70 เมตร เพื่อสำหรับ Emergency Walkway ในขณะที่บริเวณทางโค้ง ระยะห่างของ Track Beam ควรเพิ่มขึ้นตามรัศมีความโค้ง

ระบบเบรกอาจเป็นได้ทั้งระบบแบบผ้าเบรกหรือระบบเบรกไฟฟ้าโดยต้องมีการพิจารณาในรายละเอียดในช่วงการออกแบบถึงอัตราการสึกหรอที่เหมาะสม ส่วนอัตราการเบรกและอัตราการเร่งจะถูกควบคุมโดยระบบอัตโนมัติสัญญาณโดยมิให้ผู้โดยสารรู้สึกไม่มีความสบายในระหว่างการเร่งและการเบรก

คานนำทาง

มีข้อสังเกตว่าถึงแม้ผู้ผลิตรถไฟฟ้างานเดี่ยวประเภทใดประเภทหนึ่งโดยเฉพาะ เช่นประเภท ALWEG ได้มีการใช้คานนำหลายขนาด รูปด้านล่างแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบขนาดของคานที่ใช้กับรถไฟฟ้างานเดี่ยวที่ได้รับความนิยม

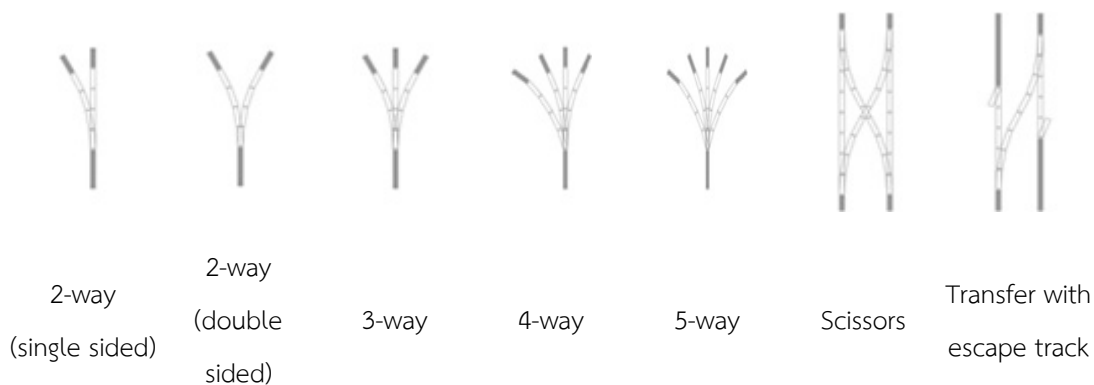


Monorail Type	Beam Width (m)	Beam Height (m)
Hitachi Sm.	0.7	1.3
Bombardier	0.66	1.5 - 2.1
Hitachi Lg.	0.8 / 0.85	1.4 / 1.5
SCOMI	0.8	1.6 - 2.2

รูปที่ 6-18 แสดงข้อกำหนดของขนาดคานำทางที่แตกต่างกันของแต่ละผลิตภัณฑ์

ประแจสับราง

ผู้ผลิตรถไฟฟ้างานส่วนใหญ่มีประแจสับรางให้เลือกใช้หลายชนิด ซึ่งมีครอบคลุมตั้งแต่ประแจสองทางตลอดจนถึงประแจห้าทาง ประแจเหล่านี้มีขนาดใหญ่ มีความหลากหลายและทางเลือกต่าง ๆ ตามความต้องการของผู้ผลิตแต่ละราย ตัวอย่างของรูปแบบการสับรางได้แสดงไว้ในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 6-19 แสดงความแตกต่างของระบบประแจสับรางที่แตกต่างกันของแต่ละผลิตภัณฑ์

6.2.2 ระบบขนส่งมวลชนนำทางอัตโนมัติ (AGT)

ระบบขนส่งมวลชนนำทางอัตโนมัติ (AGT) เป็นระบบขนส่งมวลชนแบบนำทางอัตโนมัติเป็นระบบขนส่งมวลชนขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ไม่มีคนขับมีเส้นทางรถไฟเฉพาะแยกจากการจราจรบนผิวถนน ขบวนรถที่ใช้สำหรับระบบนี้จะมีการนำทางโดยอัตโนมัติบนทางรถไฟที่กำหนดขบวนรถส่วนใหญ่จะใช้ล้อราง แต่ก็ยังมีระบบอื่น ๆ ซึ่งรวมถึงล้อเหล็ก เบาะลมและระบบสนามแม่เหล็ก (Magnetic Levitation หรือ Maglev) ซึ่งส่วนใหญ่ยังอยู่ในขั้นการทดลอง เส้นทางนำ (Guideway) โดยปกติจะใช้ในการรับน้ำหนักเช่นเดียวกับถนน และการควบคุมทิศทางของรถในกรณีเป็นระบบที่มีเส้นทางแน่นอน เส้นทางนำก็จะมีลักษณะเดียวกับรางที่รองรับและนำทางให้กับ

รถไฟ สำหรับระบบที่มีหลายเส้นทาง AGT ส่วนใหญ่จะใช้ล้อที่มีขนาดเล็กลง ขับขึ้นเส้นทางนำ การเลือกใช้รูปแบบการจัดแบบธรรมดา คล้ายกับพวงมาลัยรถ

รถ AGT จะแตกต่างค่อนข้างมากจาก Monorail ผู้ผลิตรถ AGT ส่วนใหญ่มีแบบรถมาตรฐานที่มีการส่งมอบทั้งในแบบตัวขับ Driving หรือ Intelligent Car และ Motor หรือ “Non-Intelligent” Car

ขบวนรถ AGT ที่มีตัวรถแบบ Intelligent Car บ่อยครั้งจะมาพร้อมกับข้อต่อแบบอัตโนมัติ ลักษณะรถไฟ AGT เป็นรถ เล็กกว่ารถใต้ดินและบีทีเอสของไทย โดยเป็นรถไฟไฟฟ้าขนาดกลาง เรียกได้ว่าเป็นคู่แข่งกับรถไฟรางเดี่ยว รถไฟฟ้า AGT 1 ตู้ มีความ ยาว 12 เมตร กว้าง 2.8 เมตร สูง 3.8 เมตรบรรทุกผู้โดยสารได้ประมาณ 120 คนต่อคัน อัตราความเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไม่ต้อง มีคนขับ ใช้ระบบอัตโนมัติควบคุม การใช้งานสามารถวิ่งทั้งรถตู้เดียว รถแบบ 2 ตู้ติดกัน หรือพ่วงหลาย ๆ ตู้ติดกันก็ได้

ระบบขับเคลื่อน (Propulsion System)

รถไฟไฟฟ้า AGT แบ่งออกเป็น รถที่ลากด้วยเคเบิล (Cable Hauled) หมายถึงระบบรถที่ไม่มีตัวขับเคลื่อนอยู่ บนรถ โดยการเคลื่อนที่ของรถจะทำการที่ตัวรถยึดจับกับเคเบิลซึ่งมีการเคลื่อนที่ และ รถที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self-Propelled) หมายถึงรถที่มีมอเตอร์ขับเคลื่อนอยู่บนตัวรถ ซึ่งจะเคลื่อนที่ได้โดยตัวรถจะรับไฟฟ้าขับเคลื่อน จากรางที่สาม หรือ รางส่งกระแสไฟฟ้า (Conductor rail) โดยรถแบบที่ลากด้วยเคเบิล (Cable Hauled) และรถที่ ขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเองบนเส้นทางบังคับ (Self-Propelled) จะเป็นลักษณะล้อวางอยู่บนพื้นคอนกรีตซึ่งสร้างเป็น แนวให้รถวิ่งไปตามทาง

รถระบบเคเบิล	รถระบบมอเตอร์วิ่งบนแนวบังคับ
	

รูปที่ 6-20 แสดงระบบขับเคลื่อนรูปแบบเคเบิลและแบบคานบังคับของระบบขนส่งมวลชนชนิด AGT

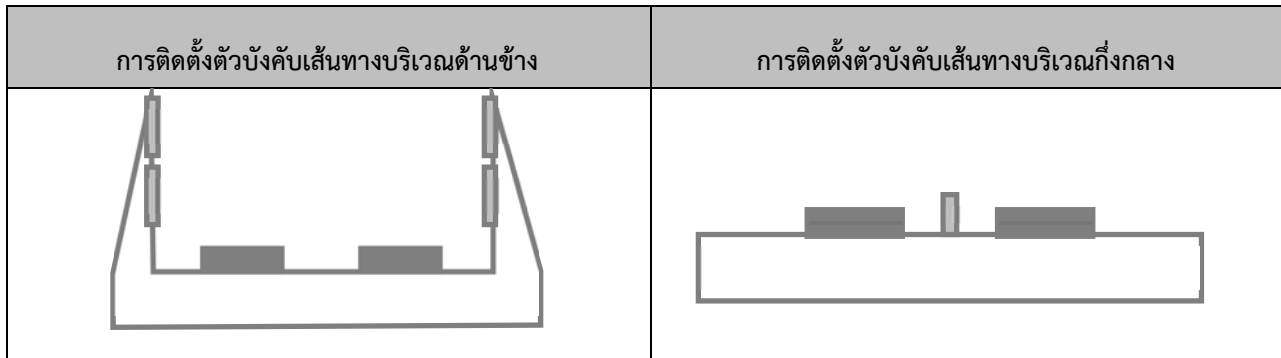
พื้นทางรถไฟ (Running Surface)

พื้นทางรถไฟจะแบ่งเป็นสองส่วนคือด้านซ้ายและด้านขวาโดยมีความกว้างเหมาะสมกับล้อรถ ในส่วนพื้นทาง รถไฟมักจะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือ อาจเป็นส่วนผสมอื่น ๆ ที่ผู้ผลิตแนะนำ การออกแบบจะต้องคำนึงถึง ส่วนผสมของพื้นทางรถไฟที่เหมาะสม รวมถึงชนิดของล้อที่จะนำมาใช้ การออกแบบจะต้องคำนึงถึงอายุการใช้งาน การลดความสึกหรอ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง

ตัวบังคับเส้นทาง (Guide-Way)

ตัวบังคับเส้นทางมีไว้เพื่อบังคับให้รถวิ่งไปบนพื้นทางรถไฟตามแนวที่กำหนด มีการติดตั้งรางบังคับทิศทาง 2 รูปแบบ คือสามารถติดตั้งในด้านซ้ายหรือด้านขวาของตัวรถ เรียกว่า Side Guide Rail (ex. Mitsubishi) โดยติดตั้ง

รางบังคับทิศทางและรางจ่ายไฟบริเวณด้านข้างของทางรถไฟ และมีความกว้างเฉพาะส่วนของทางรถไฟประมาณ 1.85 เมตร ลแพกความกว้างของทางรถไฟรวมรางจ่ายไฟและรางนำประมาณ 3.2 เมตร หรือ อาจติดตั้งอยู่บริเวณกึ่งกลางของตัวรถ เรียกว่า Central Guide Rail (ex. Bombardier) โดยติดตั้งรางบังคับทิศทางและรางจ่ายไฟบริเวณกึ่งกลางทางรถไฟ และมีความกว้างของทางรถไฟประมาณ 3.2 เมตร ดังตัวอย่างในรูปที่ 6-21



รูปที่ 6-21 แสดงลักษณะของตัวบังคับเส้นทางแบบด้านข้างและแบบกึ่งกลาง

6.2.3 รถไฟฟ้ารางเบา (LRT/TRAM)

รถไฟฟ้ารางเบา (Light Rail Transit) เป็นระบบขนส่งมวลชนที่ให้บริการแถบชานเมือง ขับเคลื่อนโดยใช้ล้อเหล็ก ซึ่งจะวิ่งในรางฝังขนา และคูโดยสารที่ใช้จะเท่ากับหรือมากกว่า 1 คูก็ได้ รถไฟฟ้ารางเบาเป็นรูปแบบการขนส่งที่ปรับปรุงมาจากการขนส่งแบบรางบนถนนขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าที่ส่งมายังตัวรถผ่านทางอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้บนหลังคา ตัวพาหนะมีลักษณะคล้ายกับรถ Streetcars แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่ามาก

รถไฟฟ้ารางเบาเป็นพาหนะที่วิ่งบนรางชนิดหนึ่ง มีลักษณะคล้ายรถไฟแต่จะสั้นกว่าและมีน้ำหนักที่เบากว่า รางบางส่วนอาจใช้ไฟฟ้าจากสายไฟด้านบน แต่ก็ยังมีส่วนใช้ดีเซลอยู่ สามารถให้บริการได้ทั้งแบบหน่วยบรรทุกเดี่ยว และแบบต่อพ่วงเป็นขบวนสั้น ๆ ให้บริการในเส้นทางที่กำหนดเป็นเขตเฉพาะทาง ซึ่งมีทั้งเขตทางที่เป็นระดับเดียวกับพื้นดิน แบบยกระดับ แบบเส้นทางรถไฟใต้ดินหรือบนถนนก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 6-22 ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการขนส่งเร่งด่วนแบบรางความจุต่ำ (Light rail rapid transit, LRRT) เป็นรูปแบบการขนส่งที่ผสมผสานระบบขนส่ง RRT และ LRT เข้าด้วยกัน ซึ่งการควบคุมพาหนะสามารถทำได้ทั้งแบบใช้พนักงานควบคุม และควบคุมโดยใช้สัญญาณ



รูปที่ 6-22 แสดงรูปแบบของทางรถไฟของระบบรถไฟฟ้ารางเบา

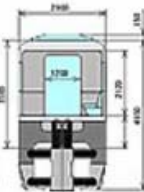
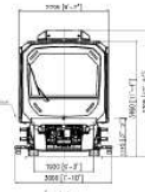
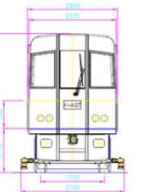
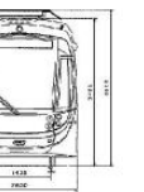
ระบบขับเคลื่อน (Propulsion System)

โดยทั่วไปโครงสร้างทางรถไฟของระบบรางรถไฟร่วมสมัยใช้รางประเภทที่ คือ โครงสร้างทางรถไฟ “แคบ” ขนาด 39.37 นิ้ว [1000 มม.] หรือ “มาตรฐาน” ขนาด 56.50 นิ้ว [1435 มม.] ซึ่งขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า 750 Vdc และจ่ายกระแสไฟฟ้าจาก Pantograph Power Connection ในการเดินรถทั้งทางตรงและทางโค้ง ในทางทฤษฎีและแล้วการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟนี้จะไม่มีการเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างรางเพื่อความสมบูรณ์ของสภาวะการวิ่ง แต่ในกรณีที่รถไฟวิ่งในโค้งแคบหรือสภาวะไม่ปกติ ผู้ออกแบบสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างทางรถไฟในทางโค้งจะมีขนาดกว้างกว่าทางตรง

สรุปสาระสำคัญของข้อกำหนดการออกแบบระบบขนส่งมวลชนขนาดรองตามผลิตภัณฑ์ที่มีในปัจจุบัน

เพื่อให้เห็นถึงข้อแตกต่างตลอดจนข้อเด่นข้อด้อยของแต่ละระบบและผลิตภัณฑ์ ที่ปรึกษาได้จัดทำรายละเอียดข้อแตกต่างทางเทคโนโลยีของระบบขนส่งมวลชนขนาดรองจากผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังตารางที่ 6-7 ข้อกำหนดสำคัญสำหรับการออกแบบ ดังตารางที่ 6-8 และ ข้อจำกัดของแต่ละเทคโนโลยีดังตารางตารางที่ 6-9

ตารางที่ 6-7 แสดงข้อกำหนดการออกแบบ (Design Criteria)

ผู้ผลิต	Scomi Rail BHD	Hitachi	MHI	Hyundai-Rotem	Toyama
ระบบ	MONORAIL	MONORAIL	AGT	AGT	LRT/Tram
ประเทศต้นกำเนิด	Malaysia	Japan	Japan	Korea	Japan
ประเภท	Straddle Beam	Straddle Beam	Side-Guided Beam	Side-Guided Beam	Rail
การขับเคลื่อน	Rubber Wheel	Rubber Wheel	Self-Propelled	Self-Propelled	Steel Wheels
ราง	Concrete Beam	Concrete Beam Steel Beam	Perm. Concrete Way	Perm. Concrete Way	Narrow Gauge Track
หน้าที่การทำงาน	Medium Capacity High Capacity	Medium Capacity High Capacity	Medium Capacity High Capacity	Medium Capacity High Capacity	Medium Capacity High Capacity
ลักษณะระบบ					
ภายนอกขบวนรถ					
ผลงานการติดตั้ง	KL, Malaysia Contracts awarded for Mumbai, India Sao Paulo, Brazil	Tokyo, Japan Sentosa, Singapore Chongqing, China Etc.	Singapore, Singapore Kobe, Japan Miami, USA Etc.	Test Track, Korea	Tri-County Metropolitan District of Oregon

ตารางที่ 6-8 แสดงข้อกำหนดสำคัญสำหรับออกแบบ

ผู้ผลิต	Scomi Rail BHD	Hitachi	MHI	Hyundai-Rotem	Toyama
ระบบ	MONORAIL	MONORAIL	AGT	AGT	LRT/Tram
ความเร็วสูงสุด	90km/h	80km/h	75km/h	70km/h	65km/h
ความโค้งต่ำสุด	50m	65m	30	50	17.25
ความชันสูงสุด	6%	6%	8%	7%	5%
Vehicle Gauge (กว้าง x สูง)	3.0m x 4.5m	3.0m x 5.0m	2.8x3.8	2.5x3.5	2.78x4.0
ความยาวของตู้รถ	~A10.2 m	~A14.3 m	12 m	9.64 m	8.17 m
จำนวนผู้โดยสารต่อตู้	96	92-103	~100	94	120

ตารางที่ 6-9 แสดงข้อจำกัดของแต่ละเทคโนโลยี

รายการ	LRT (At Grade)	LRT (Elevated)	MONORAIL	AGT
ความจุของระบบ (คน/ชั่วโมง/ทิศทาง)	10,000-15,000	15,000-30,000	15,000-25,000	4,000-12,000
ต้นทุนค่าดำเนินการ	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง-สูง	ปานกลาง-สูง
ต้นทุนทางอ้อมและผลกระทบสิ่งแวดล้อม	สูง	ปานกลาง-ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
ความยากง่ายในการก่อสร้าง	ง่าย	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
ความยุ่งยากในการย้ายสาธารณูปโภค	ง่าย	ปานกลาง	ปานกลาง-ง่าย	ปานกลาง
ความสามารถในการเชื่อมต่อระบบ	สูง	สูง	ต่ำ	ต่ำ
ความสามารถทดแทนชิ้นส่วนระหว่างผู้ผลิต	ปานกลาง	ปานกลาง	ค่อนข้างยาก	ปานกลาง-ยาก
ความเป็นเอกสิทธิ์ของระบบ	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สูง
การอพยพผู้โดยสารเมื่อเกิดเพลิงไหม้	ง่าย	ปานกลาง-ยาก	ยาก	ปานกลาง-ยาก
ผลกระทบทางทัศนียภาพและเสียง	ต่ำ	ปานกลาง-สูง	ปานกลาง	ปานกลาง
ผลกระทบต่อวิถีชีวิตเดิมของมนุษย์	ปานกลาง	ปานกลาง-ต่ำ	ปานกลาง-ต่ำ	ปานกลาง-ต่ำ

แนวทางการพัฒนามาตรฐานสำหรับประเทศไทย

เทคโนโลยีของระบบรถไฟฟ้าขนาดรองในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ขึ้นส่วน อุปกรณ์ และการซ่อมบำรุงล้วนมีลักษณะเฉพาะตามประเภทของรถ ซึ่งแตกต่างจากการออกแบบระบบรางโดยทั่วไป (Conventional Railway) หรือ Heavy Rail ที่สามารถใช้มาตรฐานในระดับชาติ ระดับภูมิภาคและระดับสากล มาเป็นข้อกำหนดในการออกแบบได้ แต่ในระบบรถไฟฟ้าขนาดรองการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟจะออกแบบโดยยึดคุณสมบัติทางเทคนิคของตัวรถเป็นหลัก ดังนั้นมาตรฐานและข้อกำหนดทางเทคนิคในการออกแบบทางรถไฟสำหรับรถไฟประเภทนี้จึงเป็นเพียงมาตรฐานเฉพาะผลิตภัณฑ์หรือมาตรฐานสำหรับท้องถิ่นเท่านั้น อย่างไรก็ตามในบางประเทศพบว่ามีกฎการออกข้อกำหนด (Regulations) สำหรับการใช้งานและความปลอดภัยในการใช้งานเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากประเทศดังกล่าวสามารถผลิตเทคโนโลยีขึ้นมาเองจึงเป็นประโยชน์กับประเทศในด้านการสนับสนุนพัฒนาอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามสำหรับประเทศไทยหากมีการจัดทำมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับระบบขนส่งมวลชนขนาดรองขึ้นมาโดยการกำหนดเป็นข้อกำหนดหรือมาตรฐานทางเทคนิค อาจส่งผลทำให้เกิดการเอื้อประโยชน์กับบางผลิตภัณฑ์ หรืออาจทำให้ได้เทคโนโลยีที่ล้าสมัยเนื่องจากระบบรถไฟชนิดนี้ยังอยู่ในช่วงที่พัฒนาเทคโนโลยีให้ทันสมัยตลอดเวลา อีกทั้งประเทศไทยไม่ได้เป็นเจ้าของเทคโนโลยีสำหรับการผลิตชิ้นส่วนหรือประกอบรถไฟชนิดดังกล่าว รวมถึงโครงการที่กำลังจะเกิดขึ้นอยู่ในกระบวนการคัดเลือกเทคโนโลยีซึ่งหากมีการประกาศใช้ข้อกำหนดหรือมาตรฐานทางเทคนิคย่อมจะส่งผลกระทบต่อโครงการดังกล่าวในอนาคต ดังนั้นแนวทางการพัฒนามาตรฐานของระบบรถไฟฟ้าขนาดรองสำหรับงานโครงสร้างทางรถไฟจึงไม่ควรกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคและคู่มือสำหรับเทคโนโลยีดังกล่าว โดยให้เป็นไปตามเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ควรกำหนดเป็นข้อกำหนดขั้นต่ำ (Regulations) โดยเน้นเฉพาะความปลอดภัยและความสะดวกสบายของผู้โดยสาร โดยกำหนดเป็นค่าสมรรถนะขั้นต่ำ (Performance Based) ที่ไม่น้อยกว่าระบบรถไฟชนิดรางหนัก (Heavy Rail) เท่านั้นโดยจะไม่ลงรายละเอียดทางเทคนิคอันอาจจะส่งผลการเอื้อให้กับบางผลิตภัณฑ์

บทที่ 7

งานจัดทำแผนการปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้าน งานโครงสร้างทางรถไฟที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในงานกำกับดูแลและ ประเมินผลการให้บริการขนส่งทางรางให้มีระดับคุณภาพและ ความปลอดภัย

- ❖ บทนำ
- ❖ แนวทางและแผนการปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้านงานโครงสร้างทางรถไฟไปใช้ประโยชน์
- ❖ การประเมินผลการให้บริการขนส่งทางรางให้มีระดับคุณภาพและความปลอดภัย

7.1 บทนำ

ในช่วงที่ผ่านมาสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคมได้เล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนามาตรฐานระบบขนส่งทางรางของประเทศ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการยกระดับความปลอดภัยต่อการให้บริการระบบรางของประเทศที่ลงทุนไปอย่างมหาศาลให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเทียบเท่าระดับสากล จึงได้ทำการจัดทำโครงการการศึกษาแผนพัฒนามาตรฐานระบบรางของประเทศ ซึ่งได้ดำเนินการแล้วเสร็จในปีที่ผ่านมาซึ่งประกอบไปด้วย วิสัยทัศน์ เป้าประสงค์ แผนยุทธศาสตร์ และแผนปฏิบัติการด้านการพัฒนามาตรฐานระบบรางของประเทศไทยในปี 2560-2570 โดยมีรายละเอียดการพัฒนามาตรฐานครอบคลุมทุกด้านของระบบราง ดังแสดงในรูปที่ 7-1



รูปที่ 7-1 แผนภาพวิสัยทัศน์สู่แผนปฏิบัติการของโครงการจัดทำแผนพัฒนามาตรฐานระบบรางของประเทศไทย

ภายใต้เป้าหมายระยะเร่งด่วน เนื่องจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางราง ที่เกิดขึ้นตามแผนยุทธศาสตร์ของกระทรวงคมนาคม จะประกอบไปด้วยการออกแบบ และก่อสร้าง ซึ่งจะมุ่งเน้นไปที่งานโยธาและโครงสร้างทางรถไฟเป็นหลัก โดยในส่วนของแผนการปฏิบัติงานด้านด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ (Track and Civil Works) จากโครงการพัฒนามาตรฐานระบบรางของประเทศไทย มีข้อมูลรายละเอียดดังนี้

สำหรับมาตรฐานทางด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟสำหรับระบบรางจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆคือมาตรฐานการออกแบบ การควบคุมการก่อสร้าง การตรวจสอบและการซ่อมบำรุง แนวคิดของการวางแผนพัฒนามาตรฐานทางด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟได้ใช้แนวคิดในการรองรับการลงทุนและใช้ระบบรถไฟที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต โดยให้ทุกภาคส่วนอันได้แก่ ผู้ออกแบบ ผู้ควบคุม การก่อสร้าง ผู้ให้บริการ และผู้ใช้บริการได้รับประโยชน์จากการจัดทำมาตรฐาน รวมทั้งสามารถพัฒนาและยกระดับคุณภาพของการออกแบบและการก่อสร้างให้สูงขึ้น เพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันของประเทศไทย ส่งเสริมให้เกิดการสร้างงานใหม่และเพิ่มการขยายตัวทางเศรษฐกิจ รวมถึงเตรียมความพร้อมและพัฒนาบุคลากรทางด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟที่ใช้สำหรับระบบรางเพื่อให้ประเทศไทยสามารถพึ่งพาตัวเองได้อย่างยั่งยืน ทั้งนี้กรอบของแผนงานที่วางไว้ถูกกำหนดไว้เป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเร่งด่วน ระยะปานกลาง และระยะยาว

สถานการณ์ปัจจุบัน

ปัจจัยภายใน

ประเทศไทยมีปัจจัยภายในที่ส่งผลต่อจุดแข็งและจุดอ่อนในด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ ดังนี้

จุดแข็ง

- มีภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานด้านวิศวกรรมโยธาที่มีประสิทธิภาพ
- มีบุคลากรที่มีความสามารถและความเชี่ยวชาญในงานด้านวิศวกรรมโยธาปริมาณมาก
- มีความสนใจในการลงทุนหรือสนับสนุนการลงทุนจากภาครัฐในด้านระบบราง

จุดอ่อน

- ขาดกรอบโครงสร้างด้านมาตรฐานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ
- ขาดหน่วยงานที่กำกับดูแลการออกกฎระเบียบข้อบังคับด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟที่ชัดเจน และคณะกรรมการทางด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ
- ขาดองค์กรหรือสถาบันวิจัยทางด้านระบบรางเฉพาะทาง

ปัจจัยภายนอก

- มีคู่มือและมาตรฐานที่ได้มาตรฐานสากลหลายประเทศ
- ต่างประเทศให้ความสนใจในการลงทุนหรือสนับสนุนการลงทุนจากภาครัฐในด้านระบบราง
- บุคลากรในต่างประเทศมีความพร้อมในการอบรมและการเป็นผู้ให้ความรู้ในงานด้านวิศวกรรมโยธา
- มีองค์กรหรือสถาบันวิจัยทางด้านระบบรางเฉพาะทางในประเทศที่เป็นผู้นำด้านระบบราง

เป้าหมาย

เพื่อตอบสนองต่อการขยายตัวของระบบขนส่งทางราง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพัฒนามาตรฐานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟสำหรับระบบขนส่งทางรางขึ้น เพื่อความปลอดภัยและความเชื่อมั่นของผู้ใช้บริการ โดยได้กำหนดเป้าหมายที่สำคัญไว้ ดังนี้

- ประเทศไทยมีคู่มือระเบียบข้อบังคับ ข้อกำหนดและคุณลักษณะเฉพาะของงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ
- ประเทศไทยมีการพัฒนาบุคลากรทางด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟให้เพียงพอต่อการขยายตัวของระบบขนส่งทางรางเพื่อให้เกิดการส่งเสริมและการกำกับดูแล ติดตามการใช้งานคู่มือระเบียบข้อบังคับ ข้อกำหนดและคุณลักษณะเฉพาะที่เกี่ยวข้องให้เป็นไปอย่างเหมาะสม

- เพื่อสร้างองค์ความรู้และดำเนินการส่งเสริมงานวิจัยในสถาบันวิจัยต่าง ๆ ให้เทียบเท่ามาตรฐานสากลยกระดับและเชื่อมโยง ระเบียบข้อบังคับ ข้อกำหนด คุณลักษณะเฉพาะ มาตรฐานทางเทคนิคและคู่มือเข้าสู่ระดับสากล

แผนงาน

เพื่อให้ทันต่อการใช้งานมาตรฐานงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟสำหรับระบบราง รวมถึงการพัฒนาและวิจัยเพื่อต่อยอดในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟใช้สำหรับระบบราง และการพัฒนาบุคลากรทางด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟสำหรับระบบราง แผนงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟสำหรับระบบราง จึงถูกกำหนดไว้เป็น 3 ช่วงระยะเวลา ได้แก่

- ระยะเร่งด่วน (พ.ศ. 2560 – 2562)
- ระยะกลาง (พ.ศ. 2563 – 2567)
- ระยะยาว (พ.ศ. 2565 – 2570)

โดยรายละเอียดของแผนงานและกิจกรรมที่สำคัญของแต่ละช่วงเวลาสามารถสรุปได้ ดังนี้

แผนงานระยะเร่งด่วน (พ.ศ. 2560 – 2562)

แผนงานในระยะเร่งด่วนนี้จะมุ่งเน้นกิจกรรมเพื่อจัดทำข้อกำหนด (Regulations) และคุณลักษณะเฉพาะ (Specification) มาตรฐานทางด้านเทคนิค (Technical Standard) และคู่มือ (Manual) ด้านการออกแบบ (Design Stage) และการก่อสร้าง (Construction Stage) สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ ของประเทศไทย รวมทั้งจัดเตรียมความพร้อมบุคลากรและหน่วยงานรับผิดชอบรองรับและมีการกำหนดบทบาทหน้าที่ไว้อย่างชัดเจนเพื่อกำกับดูแลและพัฒนามาตรฐาน โดยกำหนดแผนงานหลักของกิจกรรมดังนี้

- แผนจัดทำข้อกำหนด (Regulations) และคุณลักษณะเฉพาะ (Specification) สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ
- แผนจัดทำมาตรฐานทางด้านเทคนิค (Technical Standard) และคู่มือ (Manual) สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ ด้านการออกแบบ (Design Stage) และการก่อสร้าง (Construction Stage)
- แผนจัดเตรียมความพร้อมบุคลากร สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ
- แผนจัดตั้งคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญมาตรฐานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ
- แผนส่งเสริมการวิจัยเพื่อรองรับการพัฒนามาตรฐานงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ

แผนงานระยะกลาง (พ.ศ. 2563 – 2567)

แผนงานในระยะกลางจะมุ่งเน้นการปรับปรุงข้อกำหนด (Regulations) และคุณลักษณะเฉพาะ (Specification) และจัดทำมาตรฐานทางด้านเทคนิค (Technical Standard) และคู่มือ (Manual) ด้านการใช้งานและการซ่อมบำรุง (Service and Maintenance Stage) สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟของประเทศไทย รวมทั้งสนับสนุนการใช้มาตรฐานที่ได้จัดทำขึ้น โดยกำหนดแผนงานหลักของกิจกรรมดังนี้

- แผนปรับปรุงข้อกำหนด (Regulations) และคุณลักษณะเฉพาะ (Specification) สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ
- แผนจัดทำมาตรฐานทางด้านเทคนิค (Technical Standard) และคู่มือ (Manual) สำหรับงานวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ ด้านการใช้งานและการซ่อมบำรุง (Service and Maintenance Stage)
- แผนปรับปรุงมาตรฐานทางด้านเทคนิค (Technical Standard) และคู่มือ (Manual) สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ
- แผนการสนับสนุนการใช้มาตรฐานที่ได้จัดทำขึ้น
- แผนส่งเสริมการวิจัยและพัฒนามาตรฐานงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ

แผนงานระยะยาว (พ.ศ. 2565 – 2570)

แผนงานในระยะกลางนี้จะมุ่งเน้นการยกระดับมาตรฐานงานด้านวิศวกรรมโยธาในระบบขนส่งทางรางของประเทศไทยให้มีความเทียบเท่าในระดับสากลและผลักดันให้มีการพัฒนาระบบการขนส่งเพื่อรองรับการเป็นศูนย์กลางระบบการคมนาคมที่เชื่อมโยงระบบขนส่งในระดับภูมิภาคและระดับสากล โดยกำหนดแผนงานหลักของกิจกรรมไว้ดังนี้

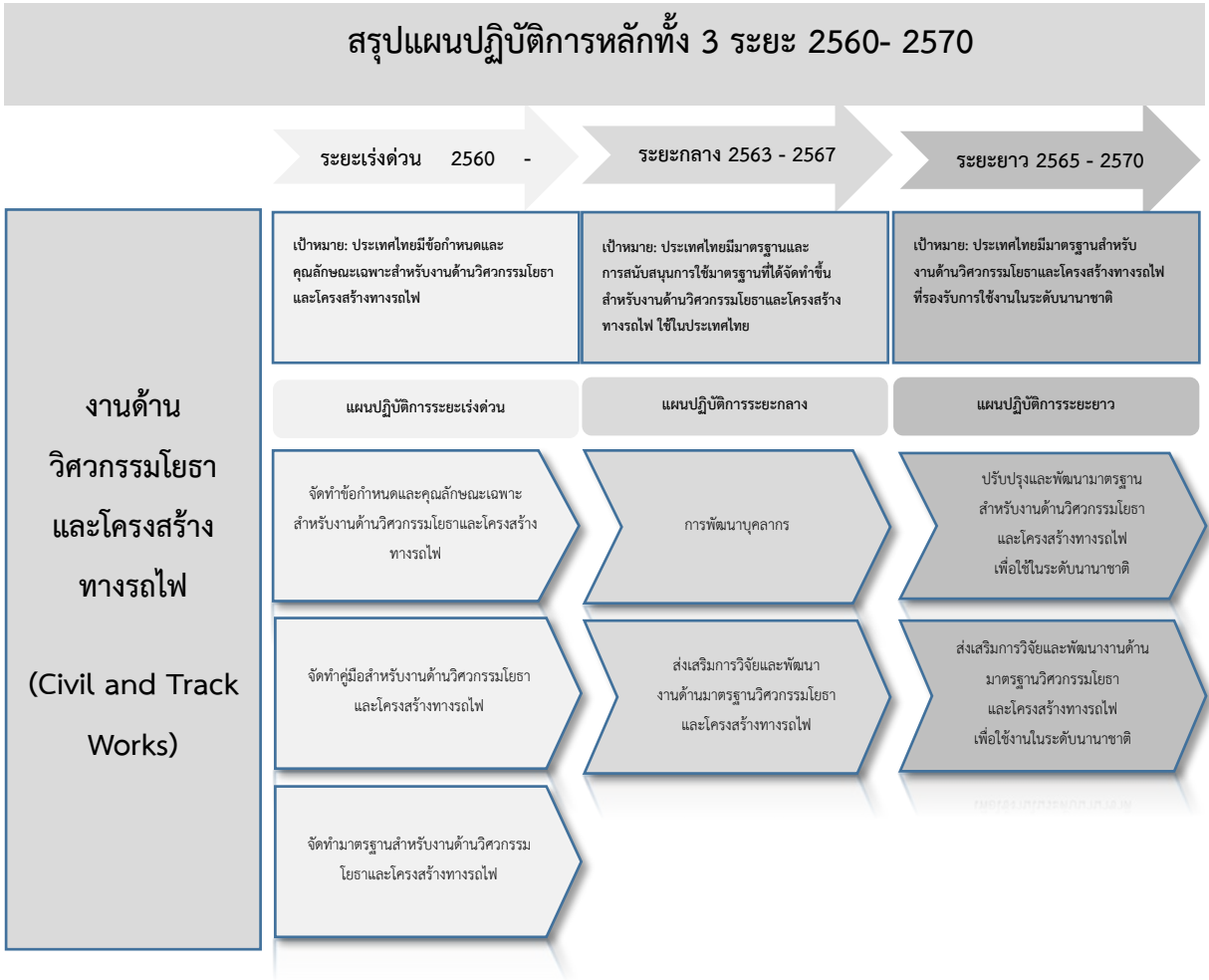
- แผนปรับปรุงและพัฒนามาตรฐานทางด้านเทคนิค (Technical Standard) และคู่มือ (Manual) สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟให้เทียบเท่ามาตรฐานระดับสากล
- แผนส่งเสริมการวิจัยและพัฒนามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟให้เทียบเท่ามาตรฐานระดับสากล

จากตารางแผนปฏิบัติการพัฒนามาตรฐานระบบรางนั้นโดยกิจกรรมที่ควรให้ความสำคัญที่สุดในส่วนของการพัฒนามาตรฐานงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ ได้แก่

- จัดทำข้อกำหนด (Regulations) และคุณลักษณะเฉพาะ (Specification) สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ
- จัดทำมาตรฐานทางด้านเทคนิค (Technical Standard) และคู่มือ (Manual) ด้านการออกแบบ (Design Stage) การก่อสร้าง (Construction Stage) และด้านการใช้งานและการซ่อมบำรุง (Service and Maintenance Stage) สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ

- พัฒนามาตรฐานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟเพื่อรองรับการเป็นศูนย์กลางระบบการคมนาคมที่เชื่อมโยงระบบขนส่งในระดับภูมิภาคและระดับสากล

แผนปฏิบัติการด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ



จากแผนการระยะเร่งด่วนของงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟเพื่อให้ประเทศไทยมีข้อกำหนดและคุณลักษณะเฉพาะสำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างทางรถไฟ ภายในปี 2560 ถึง 2562 ดังนั้นเพื่อให้บรรลุเป้าหมายและวิสัยทัศน์ที่ได้วางไว้ตาม Roadmap ของแผนพัฒนามาตรฐานระบบขนส่งทางราง ขั้นตอนต่อไปที่จะต้องดำเนินการ คือการจัดทำโครงการศึกษาและจัดทำคู่มือออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟ และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ โดยในส่วนของรายละเอียดของทั้งมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ รวมถึงคู่มือการออกแบบก่อสร้างและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟมีดังต่อไปนี้

มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ ฉบับ พ.ศ. 256x จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาทางรถไฟในประเทศไทย ประกอบด้วยมาตรฐานย่อยจำนวน 10 ฉบับคือ 1) มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ (Track Classification) 2) มาตรฐานเขตโครงสร้างทางรถไฟ (Structural Gauge) 3) มาตรฐานการออกแบบและวางแผนเส้นทาง (Track Alignment Design) 4) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง (Ballasted Track Design) 5)

มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง (Ballastless Track Design) 6) มาตรฐานรางเชื่อมยาว (Continuous Welded Rail) 7) มาตรฐานองค์ประกอบทางรถไฟ (Track Components) 8) มาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ (Railway Track Transition Zone) 9) มาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ (Track Safety) 10) มาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ (Track Drainage System)

คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ ฉบับ พ.ศ. 256x จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือให้ผู้ปฏิบัติงานในการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟ โดยมีการระดมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญสายงานต่าง ๆ ทั้งในระดับแผนและปฏิบัติงาน จุดประสงค์ก็เพื่อให้การออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟในประเทศไทยมีประสิทธิภาพและคุณภาพภายใต้ความปลอดภัย ทั้งนี้ คู่มืออาจจะประกอบไปด้วยเนื้อหาสำคัญต่าง ๆ เช่น การออกแบบและวางแนวเส้นทาง การออกแบบทางรถไฟแบบมีหินโรยทาง และไม่มีหินโรยทาง การออกแบบราง การเชื่อมราง อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง หมอนและประแจ ความปลอดภัยในการก่อสร้าง รวมไปถึงการออกแบบและก่อสร้างทางระบายน้ำ เป็นต้น

คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟทางรถไฟ ฉบับ พ.ศ. 256x มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจประเมินและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟในประเทศไทย มีขอบเขตในการใช้งานสำหรับทางรถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมืองและรถไฟฟ้ามหานครในเขตเมือง โดยคู่มือฉบับนี้เน้นไปที่หลักการและแนวทางในการดำเนินการตรวจประเมินและบำรุงรักษา ประกอบไปด้วยเนื้อหาสำคัญๆ คือ งานวางแผนการบำรุงรักษาโครงสร้าง ทางรถไฟ การตรวจประเมินสภาพโครงสร้างทางรถไฟ การบำรุงรักษาและซ่อมแซมความปลอดภัยในการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม และแผนเผชิญเหตุต่อภัยพิบัติ

7.2 แนวทางและแผนปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้านงานโครงสร้างทางรถไฟไปใช้ประโยชน์

7.2.1 แนวทางการดำเนินการนำมาตรฐานและคู่มือไปใช้ประโยชน์

สืบเนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีกรอบกฎหมาย พระราชบัญญัติการขนส่งทางรางและการจัดตั้งหน่วยงานกำกับดูแล ซึ่งจะเป็นเจ้าภาพหลักในการดำเนินงานด้านข้อบังคับ มาตรฐานและคู่มือตามที่ได้วางแผนไว้ในแผนที่นำทางฯ ที่ปรึกษาจึงได้พิจารณาแนวทางการนำมาตรฐานและคู่มือไปใช้ประโยชน์ซึ่งจะประกอบไปด้วยสองรูปแบบตามสถานการณ์ดังนี้

ภายหลังการดำเนินการจัดตั้งหน่วยงานกำกับดูแล

เนื่องด้วยกระทรวงคมนาคมได้เล็งเห็นถึงปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจึงได้ดำเนินการเตรียมการจัดตั้ง หน่วยงานกำกับดูแลขึ้นภายใต้กระทรวงคมนาคมโดยมีพันธกิจหลักคือ 1) ยกระดับมาตรฐานและกำกับดูแลด้านการขนส่งทางรางของประเทศ 2) พัฒนาศักยภาพการขนส่งทางรางให้เป็นที่ยอมรับและตอบสนองต่อความต้องการผู้ใช้บริการ 3) พัฒนาระบบบริหารจัดการองค์กรและองค์ความรู้ระบบราง ให้มีประสิทธิภาพตอบสนองต่อพลวัตของการเปลี่ยนแปลงในเชิงบูรณาการทั้งด้านเทคโนโลยี นวัตกรรม การบริหารจัดการระดับสากล ในขณะเดียวกันเพื่อให้การกำกับดูแลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพจึงได้ดำเนินการยก (ร่าง) พระราชบัญญัติการขนส่งทางรางขึ้นเพื่อเป็นบทบัญญัติการกำกับดูแลมาตรฐานและความปลอดภัย การกำกับ

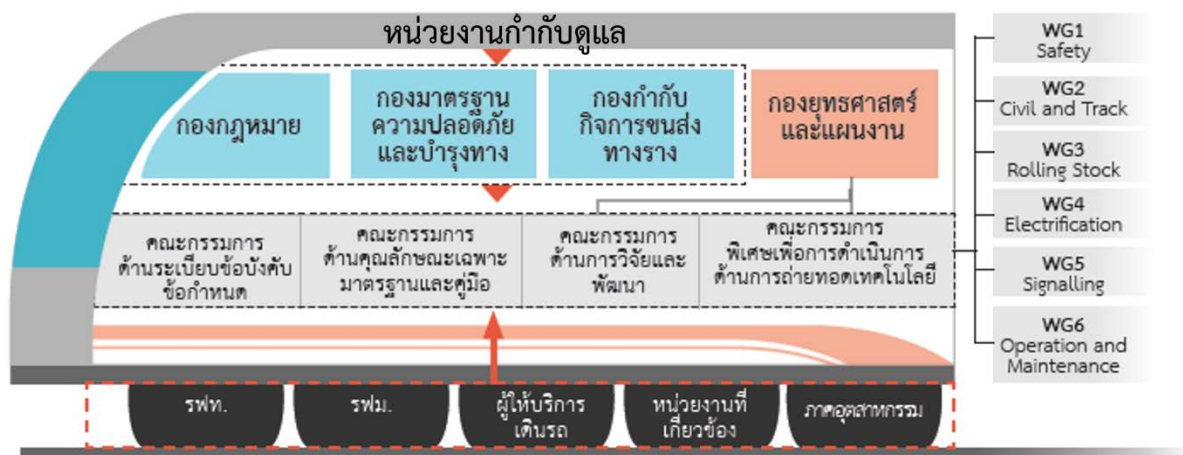
ประกอบกิจการขนส่งทางราง การวิจัยและพัฒนาเพื่อให้เกิดนวัตกรรมขึ้นในระดับประเทศและระดับภูมิภาค ตลอดจนการส่งเสริมกิจการขนส่งทางรางให้สามารถสนับสนุนและสอดคล้องการพัฒนาการขนส่งรูปแบบอื่น ๆ

ดังนั้นการพัฒนาหน่วยงานหน่วยงานกำกับดูแลของประเทศขึ้นเป็นหน่วยงานกำกับดูแล ตลอดจนมีการตราพระราชบัญญัติการขนส่งทางรางสำหรับประเทศไทย ทำให้โครงสร้างกรอบมาตรฐานของประเทศไทยเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 7-2 กล่าวคือกฎหมายสูงสุดของการกำกับดูแลคือ พระราชบัญญัติการขนส่งทางราง พ.ศ. และภายใต้พระราชบัญญัตินี้กำหนดหน่วยงานที่ทำหน้าที่กำกับดูแลคือหน่วยงานกำกับดูแลและเป็นหน่วยงานหลักในการดำเนินการ จัดทำกฎกระทรวง (Decree) ระเบียบข้อบังคับและข้อกำหนด (Regulations) ตลอดจนมาตรฐานทางเทคนิคและคู่มือประกอบการดำเนินการที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามในกระบวนการดำเนินการ ที่ปรึกษาได้จัดทำโครงสร้างของการดำเนินการภายใต้กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบขนส่งทางรางของประเทศไทยขึ้น โดยมุ่งเน้นให้หน่วยงานภายในหน่วยงานกำกับดูแลสามหน่วยงานหลักคือ กองกฎหมาย กองมาตรฐานและบำรุงทาง และกองกำกับกิจการขนส่งทางราง ดำเนินการยกร่างกฎระเบียบข้อบังคับ ข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ และมาตรฐานทางเทคนิคตลอดจนคู่มือ โดยบูรณาการร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ หน่วยงานเจ้าของโครงสร้างพื้นฐาน หน่วยงานผู้ให้บริการเดินรถ องค์กรวิชาชีพ ผู้เชี่ยวชาญ ตลอดจนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ภายใต้คณะกรรมการหลักสามคณะคือ คณะกรรมการพัฒนาระเบียงข้อบังคับ คณะกรรมการพัฒนาข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ มาตรฐานและคู่มือ และคณะกรรมการด้านการวิจัยและพัฒนา จัดตั้งคณะอนุกรรมการที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านขึ้นมาอีก 6 ชุด เพื่อสนับสนุนคณะกรรมการหลักทั้งสามคณะดังกล่าวในการพัฒนากฎระเบียบ ข้อบังคับ ข้อกำหนดคุณลักษณะและมาตรฐานคู่มือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ตลอดจนมีความทันสมัยทันสถานการณ์ตรงต่อความต้องการของผู้นำไปใช้โดยยึดผลประโยชน์ส่วนรวมของประชาชนด้านความปลอดภัยและความสะดวกในการให้บริการเป็นหลักในการดำเนินการ คณะอนุกรรมการทั้ง 6 คณะประกอบด้วย คณะอนุกรรมการด้านความปลอดภัย (Railway Safety Working Group) คณะอนุกรรมการด้านโยธาและงานโครงสร้างทางรถไฟ (Civil and Track Works Working Group) คณะอนุกรรมการด้านรถขนส่งทางราง (Rolling Stock Working Group) คณะอนุกรรมการด้านระบบไฟฟ้า (Electrification Working Group) คณะอนุกรรมการด้านระบบอาณัติสัญญาณ (Signalling and Communication Working Group) คณะอนุกรรมการด้านการให้บริการเดินรถและการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Working Group) โดยโครงสร้างของการดำเนินการในการพัฒนามาตรฐานดังแสดงในรูปที่ 7-3

สำหรับขั้นตอนการจัดทำมาตรฐานประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนหลักดังแสดงในรูปที่ 7-4 กล่าวคือ 1) การจัดทำ (ร่าง) ระเบียบ ข้อบังคับ ข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ โดยหน่วยงานกำกับดูแล 2) เวียนแจ้งไปยังคณะอนุกรรมการฯตามความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านและประชุมคณะอนุกรรมการฯเพื่อจัดทำข้อคิดเห็น 3) ประชุมคณะกรรมการเพื่อพิจารณาความเห็นคณะอนุกรรมการฯ เพื่อพิจารณาให้ความเห็นชอบหรือไม่เห็นชอบ 4) หากเห็นชอบให้ดำเนินการส่งความเห็นกลับไปยังหน่วยงานกำกับดูแลเพื่อดำเนินการตามขั้นตอนของกฎหมายต่อไป และขั้นตอนที่ 5) การประกาศใช้ระเบียบข้อบังคับ ข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ มาตรฐานและคู่มือ



รูปที่ 7-2 กรอบโครงสร้างมาตรฐานระบบรางของไทยภายหลังประกาศ พระราชบัญญัติการขนส่งทางราง

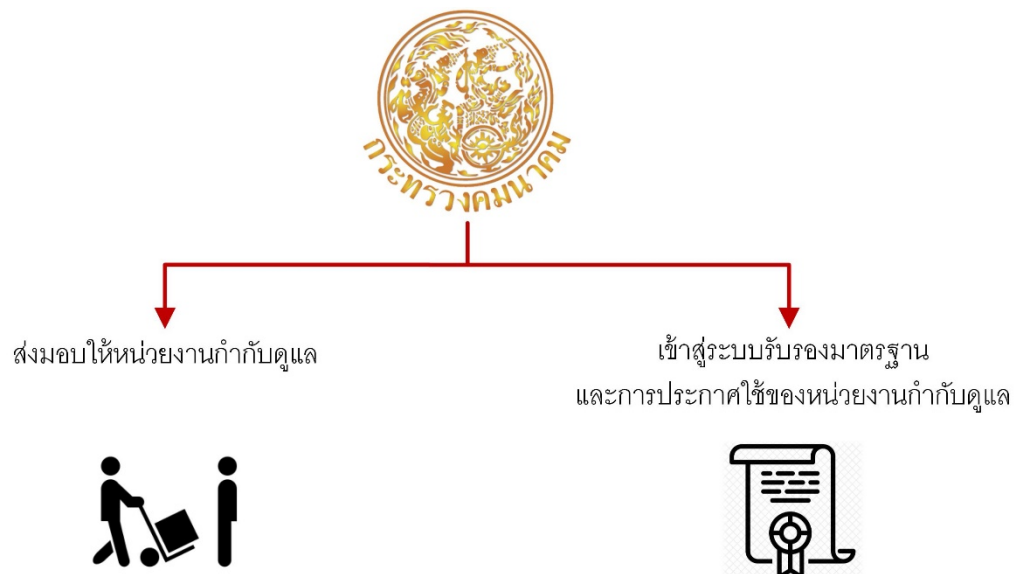


รูปที่ 7-3 โครงสร้างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการพัฒนา ระเบียบข้อบังคับข้อกำหนดคุณลักษณะ มาตรฐานและคู่มือ



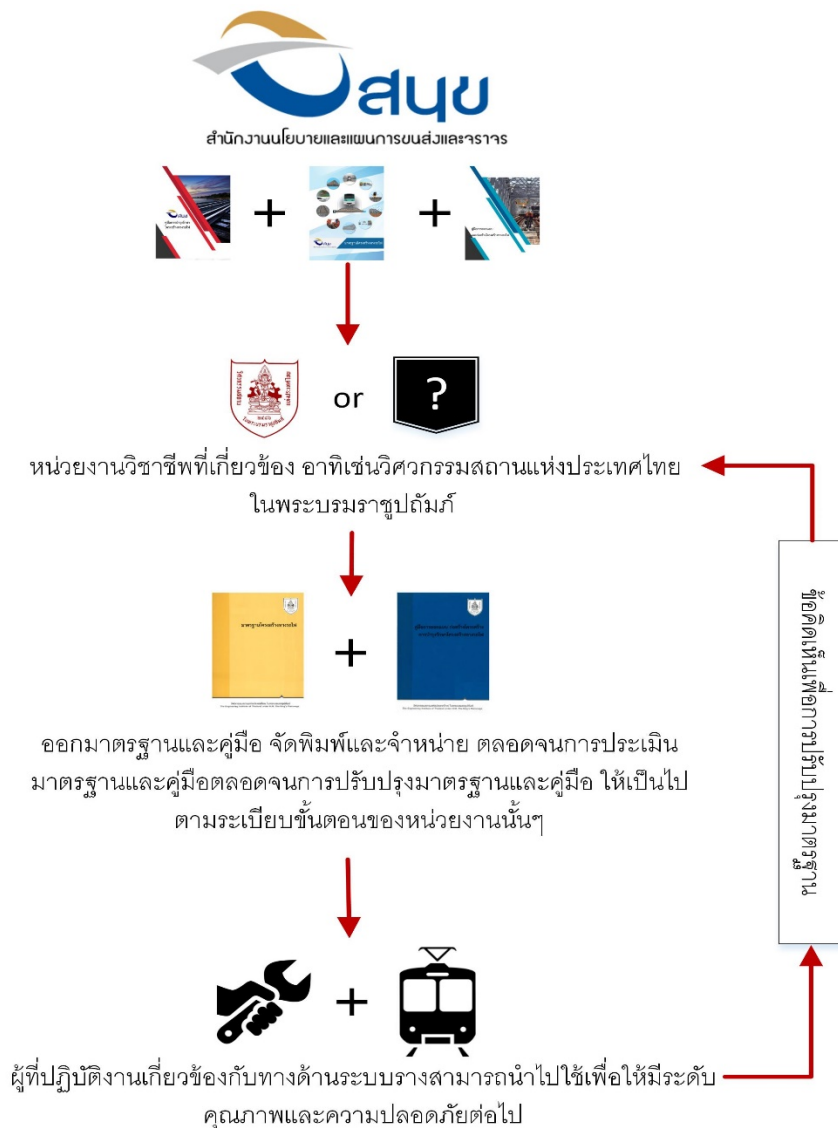
รูปที่ 7-4 แสดงขั้นตอนการดำเนินการจัดทำระเบียบ ข้อบังคับ คุณลักษณะเฉพาะมาตรฐานและคู่มือ

การจัดตั้งหน่วยงานกำกับดูแลขึ้นมาเพื่อกำกับดูแลมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟโดยตรง จะทำให้การกำกับดูแล
การนำทั้งมาตรฐานและคู่มือที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางรถไฟไปใช้ให้มีระดับคุณภาพและความปลอดภัยต่อระบบโครงสร้าง
ทางรถไฟ ดังนั้นที่ปรึกษาจะส่งมอบข้อมูลของการจัดทำมาตรฐาน และคู่มือให้กับหน่วยงานที่มีการกำกับดูแล และผลักดันให้
มีการเข้าสู่ระบบการรับรองมาตรฐาน และการประกาศใช้ของหน่วยงานกำกับดูแลต่อไป



ระหว่างดำเนินการจัดตั้งหน่วยงานกำกับดูแล

เนื่องจากยังขาดเจ้าภาพหลักที่จะรับผิดชอบและผลักดันให้เกิดการนำมาตรฐานไปใช้ประโยชน์ และเพื่อให้เกิดการนำมาตรฐานไปใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรมรวมถึงประเมินผล ปรับปรุงมาตรฐานให้ดียิ่งขึ้น จึงเห็นควรส่งมอบให้หน่วยงานวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่นวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ หรือหน่วยงานอื่นที่เห็นสมควรเพียงหน่วยงานเดียวเพื่อลดความซ้ำซ้อน ในการนี้ทาง สนข. อาจส่งมอบลิขสิทธิ์ในการจัดพิมพ์และจำหน่ายให้กับองค์กรดังกล่าวในการดำเนินการเพื่อให้เกิดนำมาตรฐานไปใช้งาน การดำเนินการขั้นตอนออกมาตราฐานและคู่มือ จัดพิมพ์และจำหน่าย ตลอดจนการประเมินมาตรฐานและคู่มือ ตลอดจนการปรับปรุงมาตรฐานและคู่มือ ให้เป็นไปตามระเบียบขั้นตอนของหน่วยงานนั้นๆ ทั้งนี้รายละเอียดการดำเนินการสามารถตกลงกันระหว่างสองหน่วยงาน สำหรับรายละเอียดบุคลากรที่จะใช้ในการดำเนินการอาจให้หน่วยงานดังกล่าวจัดตั้งคณะทำงานร่วมกับ สนข. ซึ่งถือว่าเป็นเป็นผู้ยกร่าง ร่วมกันในการพิจารณากลั่นกรองมาตรฐานและคู่มือ ตลอดจนการทบทวนและประเมินผลการนำไปใช้งาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการดำเนินการ



7.2.2 แผนปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือไปใช้ประโยชน์

กรณีระหว่างรอการประกาศใช้พระราชบัญญัติการขนส่งทางราง และจัดตั้งหน่วยงานกำกับดูแลซึ่งได้กำหนดเป็น
แนวทางให้หน่วยงานวิชาชีพ เป็นผู้นำมาตรฐานและคู่มือที่ยกร่างขึ้นไปดำเนินการเผยแพร่ตามขั้นตอนเพื่อประกาศใช้ตาม
กระบวนการของหน่วยงานนั้น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการปฏิบัติงานในช่วงเวลาดังกล่าวที่ปรึกษาจึงได้จัดทำแผนปฏิบัติ
งานออกเป็นสามระยะคือระยะเร่งด่วน ระยะกลาง และ ระยะยาวดังมีรายละเอียดตามตารางที่ 7-1 ดังนี้

ตารางที่ 7-1 แผนปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือไปใช้ประโยชน์

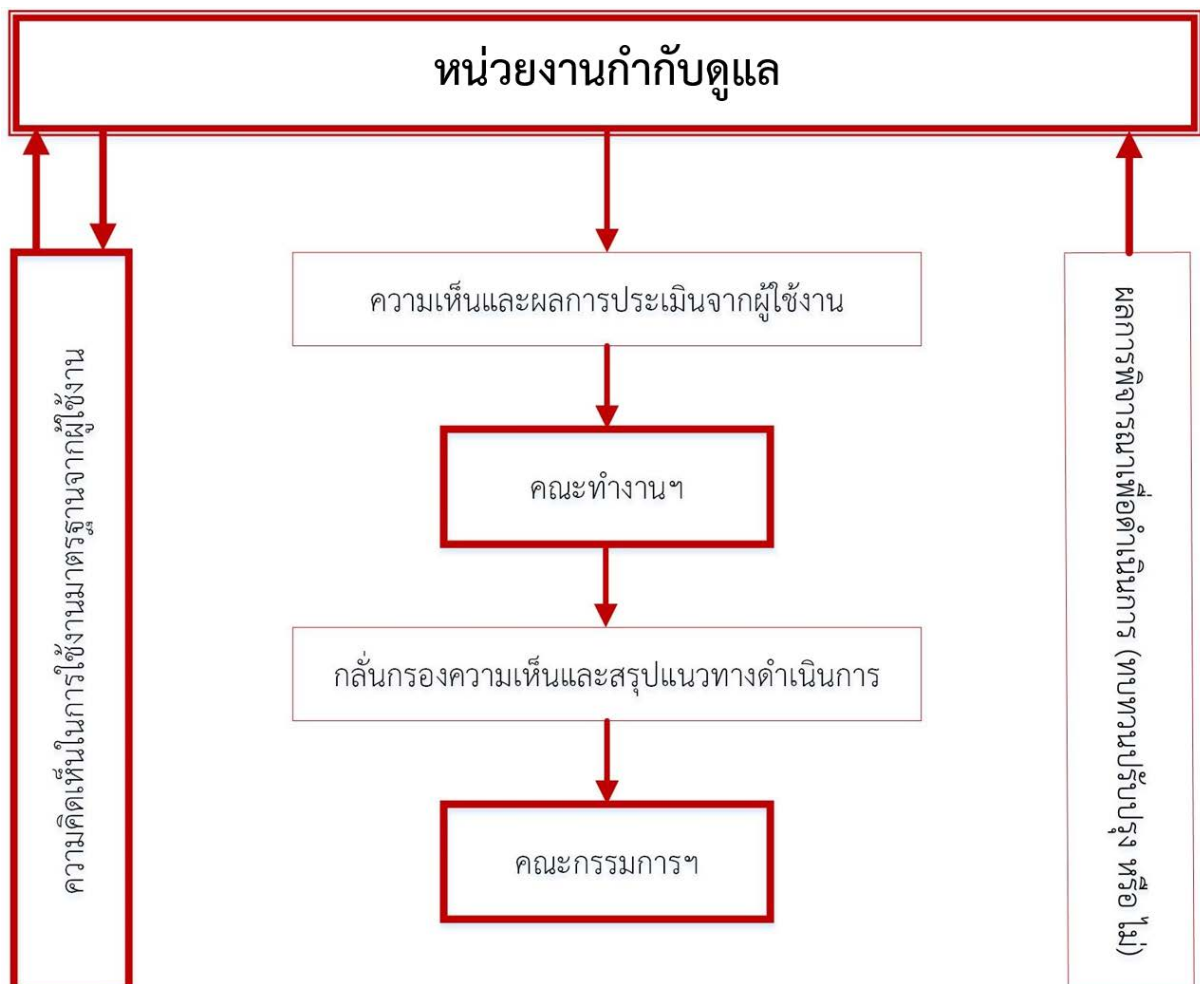
แผนปฏิบัติงาน	กิจกรรม	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
แผนระยะเร่งด่วน (ภายในปี พ.ศ. 2561)	- พิจารณาคัดเลือกหน่วยงานที่จะรับมาตรฐานและคู่มือไปดำเนินการ โดยพิจารณาคุณสมบัติสำคัญคือ 1) ความน่าเชื่อถือ 2) ประสบการณ์ในการดำเนินการด้านมาตรฐานและคู่มือ 3) จำนวนสมาชิก - เสร็จส่งมอบลิขสิทธิ์ของการเผยแพร่ให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยจัดทำเป็นบันทึกข้อตกลงระหว่างหน่วยงาน - จัดตั้งคณะทำงานร่วมกันเพื่อดำเนินการในกระบวนการรับรองและเผยแพร่มาตรฐาน	- สนข. - วสท. หรือ องค์กรวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง - ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโครงสร้างทางรถไฟ
แผนระยะกลาง (พ.ศ. 2561-พ.ศ. 2562)	- ดำเนินการตามกระบวนการจัดทำและเผยแพร่มาตรฐานและคู่มือ ตามขั้นตอนของหน่วยงานหรือองค์กรวิชาชีพ - สนับสนุนส่งเสริมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำมาตรฐานไปใช้งาน - กระบวนการรับฟังความคิดเห็น เพื่อปรับปรุงมาตรฐาน - กระบวนการปรับปรุงมาตรฐาน	- สนข. - วสท. หรือ องค์กรวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง - ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโครงสร้างทางรถไฟ - ผู้ใช้งานมาตรฐาน - ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ที่เกี่ยวข้อง

แผนปฏิบัติงาน	กิจกรรม	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
แผนระยะยาว (พ.ศ. 2562 – พ.ศ. 25xx หรือ ภายหลังการจัดตั้ง หน่วยงานกำกับดูแล)	- ติดตามการปรับปรุงมาตรฐานและสนับสนุนการดำเนินการปรับปรุงมาตรฐาน รวมถึงการเผยแพร่มาตรฐานฉบับปรับปรุง - ทำบันทึกข้อตกลงระหว่างหน่วยงานกำกับดูแลที่จัดตั้งขึ้นกับองค์กรวิชาชีพที่รับไปดำเนินการ - หน่วยงานกำกับดูแล จัดตั้งคณะกรรมการและคณะอนุกรรมการตามแผนที่ได้วางไว้เพื่อพิจารณา ข้อบังคับมาตรฐานและคู่มืออย่างเต็มรูปแบบ โดยความร่วมมือกับองค์กรวิชาชีพดังกล่าว อาจใช้คณะทำงานจากองค์กรวิชาชีพเป็นแกนหลักในการดำเนินการร่วมกับการแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติมจากหน่วยงานกำกับดูแล - หน่วยงานกำกับดูแลพิจารณามาตรฐานที่ผ่านการปรับปรุงเพื่อไปประกาศใช้เป็นข้อบังคับหรือกฎกระทรวงฯ เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยผ่านคณะกรรมการและคณะทำงานที่ได้แต่งตั้งขึ้น - หน่วยงานกำกับดูแลรับเป็นเจ้าภาพหลัก ในการยกร่าง ปรับปรุง ประกาศและเผยแพร่มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบขนส่งทางราง ในความร่วมมือกับองค์กรวิชาชีพ	- สนข. - หน่วยงานกำกับดูแล - วสท. หรือ องค์กรวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง - ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโครงสร้างทางรถไฟ - ผู้ใช้งานมาตรฐาน - ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ที่เกี่ยวข้อง

7.3 การประเมินผลและการปรับปรุงมาตรฐานและคู่มือให้มีระดับคุณภาพและความปลอดภัยต่อระบบโครงสร้างทางรถไฟ

7.3.1 ภายหลังการดำเนินการจัดตั้งหน่วยงานกำกับดูแล

การยกร่าง ประเมินผล ตลอดจนการทบทวนปรับปรุงมาตรฐานให้เป็นไปตามขั้นตอนที่ได้จัดทำไว้ในแผนการพัฒนามาตรฐานระบบรางของไทย โดยการพิจารณาจะประกอบไปด้วย การรวบรวมความเห็นจากการใช้งานมาตรฐานของผู้ที่เกี่ยวข้องส่งมายังหน่วยงานกำกับดูแล จากนั้นจึงทำการประเมินผลขั้นต้นจากผู้เชี่ยวชาญที่จัดตั้งขึ้น ภายใต้คณะทำงานด้านงานโยธาและโครงสร้างทางรถไฟที่ประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องนั้นๆ ทำการกลั่นกรองและให้ความเห็น จากนั้นจึงส่งความเห็นไปให้คณะกรรมการพิจารณามาตรฐานและคู่มือที่หน่วยงานกำกับดูแลได้จัดตั้งขึ้นเพื่อดำเนินการพิจารณาดำเนินการต่อไป ทั้งนี้รายละเอียดขั้นตอนดังแสดงในแผนภูมิตามรูปที่ 7-5



รูปที่ 7-5 แสดงขั้นตอนการพิจารณาประเมินผลเพื่อทบทวนปรับปรุงมาตรฐานกรณีภายหลังการจัดตั้ง
หน่วยงานกำกับดูแล

7.3.2 ระหว่างการดำเนินการจัดตั้งหน่วยงานกำกับดูแล

ระหว่างการดำเนินการจัดตั้งหน่วยงานกำกับดูแล การยกร่าง ประเมินผล ตลอดจนการทบทวนปรับปรุงมาตรฐานให้เป็นไปตามขั้นตอนของหน่วยงานที่ สนข. ได้มอบสิทธิการใช้ประโยชน์ในร่างมาตรฐานและคู่มือที่ได้จัดทำไว้ให้กับหน่วยงานวิชาชีพที่เกี่ยวข้องเพื่อให้มีการควบคุมและกำกับดูแลอันจะส่งผลต่อระดับคุณภาพและความปลอดภัยต่อระบบโครงสร้างทางรถไฟ ดังนั้นขั้นตอนต่าง ๆ จะเป็นไปตามกระบวนการภายในของหน่วยงานนั้นๆ ตั้งแต่กระบวนการรวบรวมความเห็นจากการใช้งานมาตรฐานของผู้ที่เกี่ยวข้อง ไปจนถึงการพิจารณาประเมินผลเพื่อทำการทบทวนและประกาศใช้มาตรฐานฉบับปรับปรุง

บทที่ 8

การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย

- ❖ วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
- ❖ การดำเนินงานด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
- ❖ ผลการดำเนินงานการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย

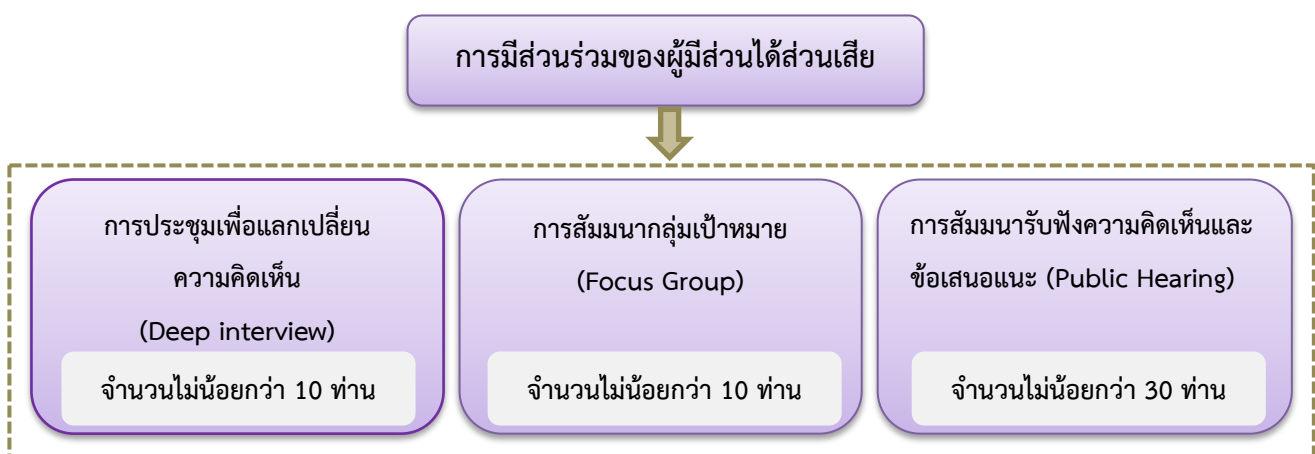
การดำเนินงานด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย ภายใต้โครงการ “การศึกษาและจัดทำคู่มือการออกแบบ ก่อสร้าง และบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟ และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ” มีวัตถุประสงค์เพื่อให้หน่วยงานหรือผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบ ข้อมูลผลการดำเนินงานและรับฟังความคิดเห็นต่อมาตรฐานและคู่มือที่ได้จัดทำขึ้น ที่ปรึกษาจึงได้ดำเนินการจัดประชุมการมีส่วนร่วม ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการรับฟังความคิดเห็นของประชาชน พ.ศ. 2548 เพื่อให้เกิดประโยชน์ สูงสุดต่อการศึกษาครั้งนี้ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

8.1 วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

เพื่อรับฟังความคิดเห็น ข้อเสนอแนะต่อ มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และคู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ เพื่อนำข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะมาปรับปรุงมาตรฐานและคู่มือฯ ให้เกิดประสิทธิภาพ สูงสุดในการนำไปใช้งาน

8.2 การดำเนินงานด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

การดำเนินงานการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ในการศึกษาและจัดทำคู่มือการออกแบบ ก่อสร้าง และบำรุงรักษางาน โครงสร้างทางรถไฟ และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ ประกอบด้วยกิจกรรมหลัก 3 ส่วน ได้แก่ 1) การประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความ คิดเห็น (Deep interview) 2) การสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย (Focus Group) และ 3) การสัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ (Public Hearing) รายละเอียดกิจกรรมดังรูปที่ 8-1



รูปที่ 8-1 กิจกรรมการดำเนินงานการมีส่วนร่วมได้ ส่วนเสีย

8.3 ผลการดำเนินการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย

ผลการดำเนินการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ในการศึกษาและจัดทำคู่มือการออกแบบ ก่อสร้าง และบำรุงรักษา
งานโครงสร้างทางรถไฟ และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ ทั้ง 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ 1) การประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น
(Deep interview) 2) การสนทนากลุ่มเป้าหมาย (Focus Group) และ 3) การสนทนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ (Public
Hearing) เพื่อรับฟังความคิดเห็น ข้อเสนอแนะต่อ มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ
และคู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ จากผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย และจากประชาชนที่สนใจเข้าร่วม เพื่อนำข้อคิดเห็นและ
ข้อเสนอแนะมาปรับปรุงมาตรฐานและคู่มือฯ ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการนำไปใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

8.3.1 การประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Deep interview)

การดำเนินการเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Deep interview) จัดขึ้นเมื่อวันที่ 14 เดือนกรกฎาคม พ.ศ.
2560 ณ ชั้น 19 อาคารสาโรจน์ บัวศรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เวลา 09.00–16.00 น. มุ่งเน้น
การสัมภาษณ์พูดคุยเชิงลึกภายหลังการส่งเอกสารให้พิจารณาและมีการประชุมแบบเข้มข้น โดยมุ่งเน้นผู้เชี่ยวชาญที่
เกี่ยวข้องในการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความ
คิดเห็นรวมทั้งสิ้น 17 ท่าน โดยสามารถสรุปการประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นดังนี้

(1) กำหนดการประชุม

กำหนดการประชุม

เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟ

วันที่ 14 กรกฎาคม 2560 เวลา 09.00 น. – 16.00 น.

ณ ห้องประชุม ชั้น 19 อาคารสาโรจน์ บัวศรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

09.00 น. – 09.30 น.	ลงทะเบียน
09.30 น. – 09.45 น.	พิธีเปิดและแนะนำโครงการ
09.45 น. – 10.00 น.	ชี้แจงแนวคิดในการจัดทำมาตรฐาน
10.00 น. – 12.30 น.	อธิบายรายละเอียดในมาตรฐาน มขร S-T001- มขร S-T010
12.30 น. – 13.30 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.30 น. – 15.00 น.	ผู้เชี่ยวชาญพบทีมนักวิจัยเพื่อปรึกษาหารือ
15.00 น. – 16.00 น.	สรุปประเด็นในการปรับปรุงมาตรฐาน

(2) สรุปผลแบบประเมินผู้เข้าร่วมประชุม

(2.1) เข้าร่วมประชุม

มีผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมดจำนวน 17 ท่าน

(2.2) หน่วยงาน

การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)	3 ท่าน
การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย (รฟม.)	1 ท่าน
บริษัท เออีซี คอนซัลแตนท์ จำกัด	1 ท่าน
บริษัท เอพซิลอน คอนซัลแตนท์ จำกัด	1 ท่าน
บริษัท เอ็ม เอ คอนซัลแตนท์ จำกัด	1 ท่าน
ทีมที่ปรึกษาโครงการ	12 ท่าน
รวม	19 ท่าน

(2.3) ระดับความคิดเห็นด้านความเหมาะสมต่อ (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟ

จากการตอบแบบสอบถามระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุม มีผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด 17 ท่าน โดยสามารถสรุปข้อมูลจากแบบสอบถาม ดังนี้ ผู้เข้าร่วมประชุมส่วนใหญ่มีระดับความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทางมากที่สุดร้อยละ 100.0 รองลงมา คือ (ร่าง) มาตรฐานเขตโครงสร้างทางรถไฟ, (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบและวางแนวเส้นทาง, มาตรฐานองค์ประกอบทางรถไฟ และ (ร่าง) มาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ ร้อยละ 66.0 โดยสามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 8-1

ตารางที่ 8-1 ผลสรุประดับความคิดเห็นด้านความเหมาะสมต่อ (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟ

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)					รวม
	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	
1. มขร S-T-001-256x มีความเหมาะสมในระดับใด	-	33.6	66.4	-	-	100.0
2. มขร S-T-002-256x มีความเหมาะสมในระดับใด	-	66.4	33.6	-	-	100.0
3. มขร S-T-003-256x มีความเหมาะสมในระดับใด	-	66.4	33.6	-	-	100.0
4. มขร S-T-004-256x มีความเหมาะสมในระดับใด	-	100.0	-	-	-	100.0
5. มขร S-T-005-256x มีความเหมาะสมในระดับใด	-	33.6	66.4	-	-	100.0

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)					รวม
	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	
6. มขร S-T-006-256x มีความเหมาะสมในระดับใด	-	33.6	66.4	-	-	100.0
7. มขร S-T-007-256x มีความเหมาะสมในระดับใด	-	66.4	33.6	-	-	100.0
8. มขร S-T-008-256x มีความเหมาะสมในระดับใด	-	33.6	66.4	-	-	100.0
9. มขร S-T-009-256x มีความเหมาะสมในระดับใด	-	66.4	33.6	-	-	100.0
10. มขร S-T-010-256x มีความเหมาะสมในระดับใด	-	33.6	66.4	-	-	100.0

จากตารางข้างต้น สามารถจำแนกระดับความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-001-256x (ร่าง) มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ

- ☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด ร้อยละ 0
- ☐ มีความเหมาะสมมาก ร้อยละ 33.6 อันดับ 2
- ☐ มีความเหมาะสมปานกลาง ร้อยละ 66.4 อันดับ 1
- ☐ มีความเหมาะสมน้อย ร้อยละ 0
- ☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด ร้อยละ 0

- 2) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-002-256x (ร่าง) มาตรฐานเขตโครงสร้างทางรถไฟ

- ☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด ร้อยละ 0
- ☐ มีความเหมาะสมมาก ร้อยละ 66.4 อันดับ 1
- ☐ มีความเหมาะสมปานกลาง ร้อยละ 33.6 อันดับ 2
- ☐ มีความเหมาะสมน้อย ร้อยละ 0
- ☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด ร้อยละ 0

3) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-003-256x (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบและวาง
แนวเส้นทาง

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 66.4	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 33.6	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

4) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-004-256x (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟ
ชนิดมีหินโรยทาง

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 100.0	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

5) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-005-256x (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟ
ชนิดไม่มีหินโรยทาง

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 33.6	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 66.4	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

6) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-006-256x (ร่าง) มาตรฐานรางเชื่อมยาว

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 33.6	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 66.4	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

- 7) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-007-256x (ร่าง) มาตรฐานองค์ประกอบทางรถไฟ
- | | | |
|--|-------------|----------|
| ☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด | ร้อยละ 0 | |
| ☐ มีความเหมาะสมมาก | ร้อยละ 66.4 | อันดับ 1 |
| ☐ มีความเหมาะสมปานกลาง | ร้อยละ 33.6 | อันดับ 2 |
| ☐ มีความเหมาะสมน้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |
- 8) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-008-256x (ร่าง) มาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ
- | | | |
|--|-------------|----------|
| ☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด | ร้อยละ 0 | |
| ☐ มีความเหมาะสมมาก | ร้อยละ 33.6 | อันดับ 2 |
| ☐ มีความเหมาะสมปานกลาง | ร้อยละ 66.4 | อันดับ 1 |
| ☐ มีความเหมาะสมน้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |
- 9) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-009-256x (ร่าง) มาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ
- | | | |
|--|-------------|----------|
| ☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด | ร้อยละ 0 | |
| ☐ มีความเหมาะสมมาก | ร้อยละ 66.4 | อันดับ 1 |
| ☐ มีความเหมาะสมปานกลาง | ร้อยละ 33.6 | อันดับ 2 |
| ☐ มีความเหมาะสมน้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |
- 10) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-010-256x (ร่าง) มาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ
- | | | |
|--|-------------|----------|
| ☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด | ร้อยละ 0 | |
| ☐ มีความเหมาะสมมาก | ร้อยละ 33.6 | อันดับ 2 |
| ☐ มีความเหมาะสมปานกลาง | ร้อยละ 66.4 | อันดับ 1 |
| ☐ มีความเหมาะสมน้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(3) สรุปข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมประชุม ต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ
ดังตารางที่ 8-2

ตารางที่ 8-2 สรุปข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ

ข้อคิดเห็น	การดำเนินการของที่ปรึกษา
ควรพิจารณาเรื่อง การแบ่งประเภทของระบบขนส่งทางราง อาจจะต้องอ้างอิงจากความเป็นจริง เช่น ไม่น่า Defined น้ำหนักกกดเพลลา และความเร็ว เป็นเกณฑ์ในการแบ่งแยกประเภท	ดำเนินการพิจารณาปรับเปลี่ยน (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ
ควรพิจารณาเรื่อง Feeder System ของ Monorail + Light rail ไม่น่าจะใช้ เช่นสายสีเหลือง และสายสีชมพู เป็นต้น	ดำเนินการตรวจสอบใน (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ แล้ว
ควรพิจารณาเรื่อง การตรวจสอบค่า Gauge Widening + ขนาดทางที่คลาดเคลื่อนได้ โดยดูของ รฟม. ซึ่งเป็น Standard Gauge ด้วย	ดำเนินการตรวจสอบ และปรับเปลี่ยน (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ แล้ว
ควรพิจารณาเรื่อง การตรวจสอบค่า T ราง ให้สอดคล้องกับพื้นที่	ดำเนินการตรวจสอบ และปรับเปลี่ยน (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ แล้ว
ควรพิจารณาเรื่อง ควรนำข้อมูลของ รฟท. เช่น ข้อกำหนดมาตรฐาน มาเป็นข้อมูลต่อไป เช่น EN UIC รวมถึงข้อกำหนดของการรถไฟฯ	ดำเนินการปรับเปลี่ยน (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ แล้ว

ทั้งนี้ ข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมประชุม ต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ ผู้เชี่ยวชาญ ได้นำไปพิจารณาเพิ่มเติม แก้ไข ตามข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมสัมมนา ให้มีความเหมาะสม ถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยการพิจารณา เพิ่มเติม แก้ไข ตามข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมสัมมนา ในข้างต้น เพื่อนำไปใช้สำหรับการจัดประชุมสัมมนากลุ่มเป้าหมาย (Focus Group) ต่อไป

(4) ภาพกิจกรรมการประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Deep interview)



รูปที่ 8-2 บรรยากาศในการประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่อ

(ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ

8.3.2 การสัมมนากลุ่มเป้าหมาย (Focus Group)

การสัมมนากลุ่มเป้าหมาย เพื่อรับฟังความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ ตามแผนการประชาสัมพันธ์โครงการ และการดำเนินการตามกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชน โดยระบุให้ที่ปรึกษาโครงการ จัดสัมมนากลุ่มเป้าหมาย (Focus Group) โดยมีกลุ่มเป้าหมายจากภาครัฐ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จำนวนไม่น้อยกว่า 10 ท่าน จำนวน 1 ครั้ง

ทั้งนี้ การจัดสัมมนากลุ่มเป้าหมาย เพื่อฟังความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ ได้จัดขึ้นในระหว่างวันที่ 11-12 เดือนตุลาคม พ.ศ.2560 ณ โรงแรมไมด้า แกรนด์ ทวารวดี นครปฐม จังหวัดนครปฐม โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) กำหนดการสัมมนากลุ่มเป้าหมาย

กำหนดการสัมมนากลุ่มเป้าหมาย (Focus Group)

เพื่อรับฟังความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง)
คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

วันที่ 11 - 12 ตุลาคม พ.ศ.2560

ณ โรงแรมไมด้า แกรนด์ ทวารวดี นครปฐม จังหวัดนครปฐม

วันพุธ ที่ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2560

09:30 – 10:00 น. ลงทะเบียน

10:00 – 10:15 น. พิธีเปิด

- กล่าวรายงาน โดย นายศุภฤกษ์ สุตยอตประเสริฐ
- กล่าวเปิดการสัมมนา โดย ดร.พิเชฐ คุณาธรรมรักษ์
ผู้อำนวยการสำนักงานโครงการพัฒนาระบบราง สนข.

10:10 – 10:30 น. ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว (รองหัวหน้าโครงการ) กล่าวแนะนำคณะทำงานและรายละเอียด
โครงการ

10:30 – 10:45 น. พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม

10:45 – 12:00 น. สรุปรวบรวมต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ

12:00 – 13:00 น. พักรับประทานอาหารกลางวัน

13:00 – 14:30 น. สรุปรวบรวมต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ต่อ)

14:30 – 14:45 น. พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม

14:45 – 17:00 น. Workshop: 1 รับฟังความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ

17:00 – 18:00 น. ศึกษาดูงาน ณ สถานีรถไฟนครปฐม จังหวัดนครปฐม

18:00 – 21:00 น. รับประทานอาหารค่ำ

วันพฤหัสบดี ที่ 12 ตุลาคม พ.ศ. 2560

09:00 – 10:30 น. สรุปรวบรวมต่อ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ

10:30 – 10:45 น. พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม

10:45 – 12:00 น. Workshop: 2 เพื่อรับฟังความคิดเห็นต่อ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทาง
รถไฟ

12:00 – 13:00 น. พักรับประทานอาหารกลางวัน

- 13:00 – 15.30 น.
- สรุปรวบรวมต่อ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ
 - Workshop: 3 เพื่อรับฟังความคิดเห็นต่อ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทาง
รถไฟ

15:30 – 16:00 น. สรุปรวบรวมความคิดเห็นต่อร่างฯทั้งหมด และพิธีปิดการประชุม

16:00 น. เดินทางกลับ สนข.

(2) สรุปรูปแบบประเมินผู้เข้าร่วมสัมมนา

(2.1) ผู้เข้าร่วมสัมมนา

มีผู้เข้าร่วมสัมมนาทั้งหมด จำนวน 29 ท่าน

(2.2) หน่วยงานผู้เข้าร่วมสัมมนา

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร	6 ท่าน
สำนักการจราจรและขนส่ง	1 ท่าน
สมาคมวิศวกรรมระบบขนส่งทางรางไทย	2 ท่าน
การรถไฟขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย	2 ท่าน
การรถไฟแห่งประเทศไทย	1 ท่าน
บริษัท รถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด	2 ท่าน
บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	1 ท่าน
บริษัท เอ็ม เอ คอนซัลแตนท์ จำกัด	1 ท่าน
บริษัท อิตาเลียนไทยดีเวลล็อปเมนต์ จำกัด (มหาชน)	1 ท่าน
บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริง แอนด์ แมเนจเม้นท์	1 ท่าน
ทีมที่ปรึกษา	11 ท่าน

รวม 29 ท่าน

(2.3) ระดับความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้าง
โครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

จากการตอบแบบสอบถามระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุม มีผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด 29 ท่าน มีผู้ตอบแบบสอบถาม 12 ท่าน และอีก 17 ท่าน สังกัดการณประชุมสัมมนาฯ โดยสามารถสรุปข้อมูลจากแบบสอบถาม ดังนี้

ผู้เข้าร่วมประชุมส่วนใหญ่มีระดับความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานรางเชื่อมยาว และ (ร่าง) มาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ มากที่สุดร้อยละ 58.3 รองลงมา คือ (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง, (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง และ (ร่าง) มาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ ร้อยละ 50.0

และสำหรับระดับความคิดเห็นต่อ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ พบว่า ผู้เข้าร่วมประชุมส่วนใหญ่มีระดับความคิดเห็นต่อ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ ร้อยละ 50.0 และ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ ร้อยละ 41.7 ตามลำดับ โดยสามารถแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 8-3

ตารางที่ 8-3 ผลสรุประดับความคิดเห็นด้านความเหมาะสมต่อ (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและ
ก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และ(ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

(ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือฯ	(ร้อยละ) ของจำนวนผู้เข้าร่วมประชุมที่แสดง ระดับความคิดเห็น					รวม
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
มขร S-T-001-256x (ร่าง) มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ	41.7	58.3	-	-	-	100.0
	5	7	-	-	-	12
มขร S-T-002-256x (ร่าง) มาตรฐานเขตโครงสร้างทางรถไฟ	41.7	50.0	8.3	-	-	100.0
	5	6	1	-	-	12
มขร S-T-003-256x (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบและวางแนวเส้นทาง	41.7	41.7	16.6	-	-	100.0
	5	5	2	-	-	12
มขร S-T-004-256x (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง	50.0	33.3	16.7	-	-	100.0
	6	4	2	-	-	12
มขร S-T-005-256x (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง	50.0	16.7	33.3	-	-	100.0
	6	2	4	-	-	12
มขร S-T-006-256x (ร่าง) มาตรฐานรางเชื่อมยาว	58.3	33.3	8.4	-	-	100.0
	7	4	1	-	-	12
มขร S-T-007-256x (ร่าง) มาตรฐานองค์ประกอบทางรถไฟ	33.3	25.0	41.7	-	-	100.0
	4	3	5	-	-	12
มขร S-T-008-256x (ร่าง) มาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ	41.7	58.3	-	-	-	100.0
	5	7	-	-	-	12
มขร S-T-009-256x (ร่าง) มาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ	50.0	50.0	-	-	-	100.0
	6	6	-	-	-	12
มขร S-T-010-256x (ร่าง) มาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ	58.3	25.0	16.7	-	-	100.0
	7	3	2	-	-	12
(ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ	41.7	50.0	8.3	-	-	100.0
	5	6	1	-	-	12
(ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ	50.0	41.7	8.3	-	-	100.0
	6	5	1	-	-	12

จากตารางข้างต้น สามารถจำแนกระดับความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือ
การออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ โดยมี
รายละเอียดดังนี้

- 1) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-001-256x (ร่าง) มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 47.7	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 58.3	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

- 2) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-002-256x (ร่าง) มาตรฐานเขตโครงสร้างทางรถไฟ

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 41.7	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 50.0	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 8.3	อันดับ 3
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

- 3) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-003-256x (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบและวางแผนเส้นทาง

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 41.7	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 41.7	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 16.6	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

- 4) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-004-256x (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 50.0	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 33.3	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 16.7	อันดับ 3
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

5) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-005-256x (ร่าง) มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟ
ชนิดไม่มีหินโรยทาง

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 50.0	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 16.7	อันดับ 3
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 33.3	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

6) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-006-256x (ร่าง) มาตรฐานรางเชื่อมยาว

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 58.3	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 33.3	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 8.4	อันดับ 3
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

7) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-007-256x (ร่าง) มาตรฐานองค์ประกอบทางรถไฟ

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 33.3	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 25.0	อันดับ 3
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 41.7	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

8) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-008-256x (ร่าง) มาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบน
ทางรถไฟ

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 41.7	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 58.3	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

9) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-009-256x (ร่าง) มาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 50.0	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 50.0	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

10) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ มขร S-T-010-256x (ร่าง) มาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 58.3	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 25.0	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 16.7	อันดับ 3
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

11) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 41.7	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 50.0	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 8.3	อันดับ 3
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

12) ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมต่อ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

☐ มีความเหมาะสมมากที่สุด	ร้อยละ 50.0	อันดับ 1
☐ มีความเหมาะสมมาก	ร้อยละ 41.7	อันดับ 2
☐ มีความเหมาะสมปานกลาง	ร้อยละ 8.3	อันดับ 3
☐ มีความเหมาะสมน้อย	ร้อยละ 0	
☐ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

(3) สรุปข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมสัมมนา

จากการรับฟังความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ จากการทำ Workshop ของผู้เข้าร่วมสัมมนากลุ่มเป้าหมาย (Focus Group) ทั้งหน่วยงานภาครัฐ และเอกชนที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ดังนี้

(3.1) สรุปข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมสัมมนาฯ ต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ แสดงดัง
ตารางที่ 8-4

ตารางที่ 8-4 สรุปข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ

ข้อคิดเห็น	การดำเนินการของที่ปรึกษา
ควรพิจารณาเรื่อง หน่วยของน้ำหนักลงเพลาคควรใช้ค่าที่เหมือนกันใน (ร่าง) มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ	ดำเนินการปรับแก้เป็น “ตัน”
ควรพิจารณาเรื่อง นิยามของระบบขนส่งมวลชนหลักของจังหวัด นิยามควรเขียนให้ครอบคลุมถึงนิยามระบบขนส่งมวลชนหลักของจังหวัดด้วยใน (ร่าง) มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ	การนิยามของ มขร S-T-001 ใช้เพื่อการแบ่งชนิดของทางรถไฟเท่านั้นตามวัตถุประสงค์เพื่อให้ครอบคลุมชนิดของรถไฟที่มีแล้วและกำลังจะมีในประเทศ โดยครอบคลุมชนิดของรถทุกชนิดแล้ว ในต่างจังหวัดการขนส่งในเมืองก็จะเข้าข่าย Metro Heavy Rail หรือ Feeder Passenger Line ขึ้นกับเทคโนโลยีที่เลือกใช้
ควรพิจารณาเรื่อง มาตรฐานเขตโครงสร้างของทางรถไฟภายในอุโมงค์และสะพานใน (ร่าง) มาตรฐานเขตโครงสร้างทาง	ดำเนินการปรับแก้ไขใน มขร S-T-002 แล้ว
ควรพิจารณาเรื่อง อุโมงค์รถไฟต้องมีมาตรฐานค้ำึงถึงการอพยพ และต้องมีระยะห่างทุก ๆ กี่เมตรใน (ร่าง) มาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ	สำหรับใน มขร S-T-002 ได้มีการกำหนดวิธีการระยะ เขตโครงสร้างไว้อย่างสมบูรณ์ภายใต้มาตรฐาน EN แล้ว ในเรื่องความปลอดภัยเน้นไปที่การก่อสร้างและบำรุงรักษาทางรถไฟ
ควรพิจารณาเรื่อง มาตรฐานการระบายน้ำบนโครงสร้างทางยกระดับใน (ร่าง) มาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ	ใช้หลักการออกแบบเพื่อหาขนาดทางระบายน้ำด้วยหลักการเดียวกัน รายละเอียดดังแสดงใน มขร S-T-010

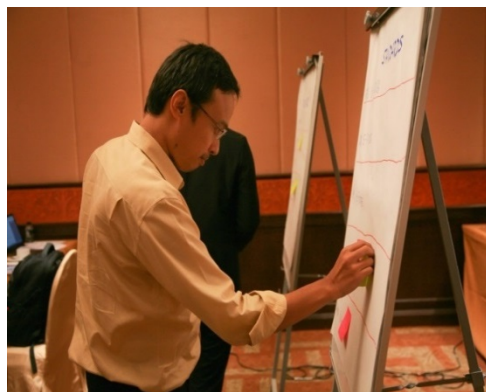
(3.2) สรุปข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมสัมมนาฯ ต่อ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้าง
โครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ แสดงตารางที่ 8-5

ตารางที่ 8-5 สรุปข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่อ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟและ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

ข้อคิดเห็น	การดำเนินการของที่ปรึกษา
ควรพิจารณาเรื่อง ข้อดีและข้อเสีย และข้อจำกัดในการเลือกใช้ การเชื่อมไฟฟ้า (Flash Butt) กับการเชื่อมเทอร์มิตใน (ร่าง) การออกแบบรางเชื่อมยาว	ดำเนินการปรับเพิ่ม (ร่าง) การออกแบบรางเชื่อมยาว แล้ว
ควรพิจารณาเรื่อง ความคุ้มค่าของการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง กับไม่มีหินโรยทาง (คอนกรีต) ใน (ร่าง) การออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง	ดำเนินการพิจารณาความคุ้มค่าของการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง กับไม่มีหินโรยทาง (คอนกรีต) ใน (ร่าง) การออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทางแล้ว
ควรพิจารณาเรื่อง การออกแบบในกรณีการระบายน้ำในชั้นรองหินโรยทาง มีรูปแบบอย่างไรใน (ร่าง) การออกแบบระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ	ดำเนินการปรับเพิ่ม (ร่าง) การออกแบบระบบระบายน้ำบนทางรถไฟแล้ว

ทั้งนี้ ข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมสัมมนา ต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ ผู้เชี่ยวชาญได้นำไปพิจารณา เพิ่มเติม แก้ไข ตามข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมสัมมนา ให้มีความเหมาะสม ถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยการพิจารณา เพิ่มเติม แก้ไข ตามข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมสัมมนา ใน ข้างต้น จะแสดงไว้ใน มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และคู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ (ฉบับสมบูรณ์) และเพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการจัด สัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ (Public Hearing) ต่อไป

(4) ภาพกิจกรรมการประชุมสัมมนากลุ่มเป้าหมาย (Focus Group)



รูปที่ 8-3 บรรยากาศในงานสัมมนากลุ่มเป้าหมาย และบรรยากาศ ช่วงการ Workshop

8.3.3 การสัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ (Public Hearing)

การสัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ เพื่อรับฟังความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ ตามแผนการประชาสัมพันธ์โครงการ และการดำเนินการตามกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชน โดยระบุให้ที่ปรึกษาโครงการ จัดสัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ (Public Hearing) โดยมีกลุ่มเป้าหมายจากภาครัฐ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จำนวนไม่น้อยกว่า 30 ท่าน จำนวน 1 ครั้ง โดยจัดขึ้นในวันที่ 9 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ณ โรงแรมแกรนด์ เมอร์เคียว กรุงเทพฯ พอร์จูน โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) กำหนดการสัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

กำหนดการสัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ โครงการศึกษาและจัดทำคู่มือการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟ และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ วันพฤหัสบดี ที่ 9 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 ณ โรงแรมแกรนด์ เมอร์เคียว กรุงเทพฯ พอร์จูน	
08:00 – 08:30 น.	ลงทะเบียน
08:30 – 09:00 น.	พิธีเปิด
	● กล่าวรายงาน โดย ผู้อำนวยการสำนักงานโครงการพัฒนาระบบราง สนข.
	● กล่าวเปิดการประชุม โดย ผู้อำนวยการสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร
09:00 – 09:20 น.	แนะนำคณะทำงาน และรายละเอียดโครงการ
09:20 – 10:00 น.	โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ หัวหน้าโครงการ
10:00 – 10:20 น.	นำเสนอสาระสำคัญของ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ
10:20 – 10:30 น.	ระดมความคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ พัก
10:30 – 11:30 น.	รับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม
	นำเสนอสาระสำคัญของ
	● (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ ● (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ
11:30 – 12:30 น.	ระดมความคิดเห็น และข้อเสนอแนะต่อ
	● (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ ● (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ
12:30 น.	ปิดการประชุม และร่วมรับประทานอาหารกลางวัน

(2) สรุปผลแบบประเมินผู้เข้าร่วมสัมมนา

(2.1) ผู้เข้าร่วมสัมมนา

มีผู้เข้าร่วมสัมมนาทั้งหมด จำนวน 60 ท่าน

(2.2) หน่วยงานผู้เข้าร่วมสัมมนา

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร	10 ท่าน
สำนักการจราจรและขนส่งกรุงเทพมหานคร	1 ท่าน
สมาคมวิศวกรรมระบบขนส่งทางรางไทย	1 ท่าน
การรถไฟขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย	5 ท่าน
การรถไฟแห่งประเทศไทย	4 ท่าน
บริษัท รถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด	4 ท่าน
บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	2 ท่าน
บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	3 ท่าน
สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ	1 ท่าน
สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ	1 ท่าน
สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ	1 ท่าน
สภาวิศวกร	1 ท่าน
โครงการจัดตั้งสถาบันพัฒนาเทคโนโลยีระบบขนส่งทางรางแห่งชาติ	2 ท่าน
สำนักงานคณะกรรมการนโยบายรัฐวิสาหกิจ	1 ท่าน
สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง	1 ท่าน
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	2 ท่าน
สมาคมวิศวกรที่ปรึกษาแห่งประเทศไทย	1 ท่าน
บริษัท เอ็ม เอ เอ คอนซัลแตนท์ จำกัด	1 ท่าน
บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด	1 ท่าน
บริษัท บริษัท ออเรคอน จำกัด	1 ท่าน
บริษัท เอ.เอส. แอสโซซิเอท เอนจิเนียริ่ง (1964) จำกัด	1 ท่าน
บริษัท เสริมสงวนก่อสร้าง จำกัด	1 ท่าน
บริษัท ไทยทีคอนและอุตสาหกรรม จำกัด	1 ท่าน
ทีมที่ปรึกษา	13 ท่าน
รวม	60 ท่าน

(3) สรุปข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมสัมมนา

จากการรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ จากแบบสอบถามของผู้เข้าร่วมสัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ทั้งหน่วยงานภาครัฐ และเอกชนที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8-6

ตารางที่ 8-6 สรุปข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่อ (ร่าง) มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (ร่าง) คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ และ (ร่าง) คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

ข้อคิดเห็น	การดำเนินการของทีปรีกษา
ควรพิจารณาเรื่อง การขนส่งแบบรางเดี่ยวประเภท Mono Rail ซึ่งเริ่มมีการนำเข้ามาใช้งานในประเทศไทย จึงเห็นว่าควรรวบรวมไว้ให้ครบทุกประเภทการใช้งาน	มีการการพิจารณาไว้ใน มขร S-T-001 แล้ว โดยจัดเป็นประเภทขนส่งมวลชนขนาดเล็ก (Feeder Passenger Rail) รวมถึงระบบรถไฟฟ้ารางเบา (Light Rail Transit System) กำหนดความเร็วสูงสุดในการให้บริการไม่เกิน 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและน้ำหนักลงเพลาคือไปตามเทคโนโลยีของผู้ผลิต
ควรพิจารณาเรื่อง การแบ่งประเภทของทางรถไฟจึงไม่ได้นำข้อมูล น้ำหนักผ่านทางและความถี่ของขบวนรถบนทางมาใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้นของทางรถไฟ	วัตถุประสงค์ของ มขร S-T-001 จัดทำขึ้นเพื่อใช้แบ่งประเภททางรถไฟสำหรับการออกแบบและก่อสร้างซึ่งคำนึงถึงปัจจัยหลักสองส่วนคือ น้ำหนักลงเพลาคือ (Axle Load) และ ความเร็วสูงสุดในการให้บริการ ซึ่งมีแนวทางจากมาตรฐาน AS 7630-2010 และ UIC 700 ในส่วนของการพิจารณาเงื่อนไขการแบ่งประเภทน้ำหนักผ่านทาง ความถี่ ตลอดจนการคำนวณน้ำหนักผ่านทาง มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดรอบการซ่อมบำรุงและการกำหนดข้อจำกัดเส้นทางเดินรถซึ่งอาจเป็นทางรถไฟประเภทเดียวกันก็ได้ อาทิ ทางรถไฟระหว่างเมืองของการรถไฟแห่งประเทศไทย ทั้งนี้ มขร S-T-001 ยังสามารถจำแนกย่อยได้จากค่าน้ำหนักลงเพลาคือ ประเภทและความเร็ว ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างที่ มขร S-T-001 สามารถจำแนกเข้ากับข้อกำหนดของ รฟท FRA และ UIC เป็นต้น อย่างไรก็ตามการคำนวณน้ำหนักผ่านทางตลอดจนอายุการใช้งานขององค์ประกอบบนทางรถไฟเพื่อเป็นแนวทางในการซ่อมบำรุงได้จัดทำไว้แล้วในคู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ
ควรพิจารณาเรื่อง Fastening ที่ รฟท. ใช้ในโครงการรถไฟทางคู่ -Clamping Force 17-19 KN -Rail Creep Restraint 9-11 KN -Electrical resistance มากกว่า 20 K Ohms	มาตรฐานที่จัดทำขึ้นกำหนดให้แรง clamping force ไม่น้อยกว่า 20KN ใกล้เคียงกับ 19KN ที่สอบถาม โดยแรงในส่วนนี้มีความสำคัญมากที่สุดในการยึดตรึงรางให้อยู่กับที่ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยจึงกำหนดไว้ 20KN และมาตรฐานกำหนดให้ creep resistant กำหนดให้ไม่ต่ำกว่า 7KN ซึ่งสามารถเพิ่มเป็น 9-11KN ได้ ตามความต้องการของโครงการหนึ่งๆ โดยจะไม่เป็นการปิดกั้นการแข่งขันด้านผลิตภัณฑ์จนเกินไป รวมถึงมาตรฐานกำหนดให้ electrical resistant ขั้นต่ำคือ 5 K-ohms ซึ่งในหมายเหตุกำหนดให้สามารถเพิ่มให้มากกว่านี้ได้ ถ้ามีความจำเป็นในโครงการหนึ่งๆ
ควรพิจารณาเรื่อง Load Condition ที่แสดงเป็น Load Condition UIC 71 คือ P=25t ในประเทศไทย รฟม. ใช้ P=16t รฟท. ใช้ P=20t ซึ่ง UIC 71 ใช้กับรถไฟความเร็วสูงไม่น่าจะถูกต้อง	โดยในมาตรฐานกำหนดให้ใช้น้ำหนักบรรทุกทุกออกแบบ LM-71 ตามมาตรฐานยุโรปซึ่งมาตรฐานดังกล่าวกำหนดให้ใช้ตัวคูณ α ที่แตกต่างกันไปตามแต่ละโครงการ โดยน้ำหนักบรรทุกทุกออกแบบที่ใช้ในประเทศไทยตอนนี้คือ U20 ซึ่งก็คือ LM-71 คูณด้วย $\alpha = 0.784$ จะได้ น้ำหนักลงเพลาคือ 20 ตัน อย่างไรก็ตาม ในมาตรฐานทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง มขร S-T-005 นั้น ที่ปรีกษาได้กำหนดน้ำหนักลงเพลาคือสูงสุดไว้ 25 ตัน (LM-71) ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน มขร S-T-001 ทั้งนี้ หากโครงการใดที่สามารถกำหนดชนิดรถไฟที่แน่นอนได้ ก็สามารถใช้ตัวคูณ α ที่ต่างออกไปจากนี้ได้เช่นกัน
ควรพิจารณาเรื่อง หมอนขอให้ศึกษามาตรฐาน ในส่วนหมอนชนิดอื่น ๆ นอกจาก	มาตรฐาน มขร S-T-007 ได้เน้นถึงมาตรฐานของหมอนคอนกรีตเนื่องจากปัจจัยดังนี้

ข้อคิดเห็น	การดำเนินการของที่ปรึกษา
คอนกรีต เช่น หมอนไม้ หมอนเหล็ก หมอนพลาสติกหรือยาง ฯลฯ ทั้งนี้ในมาตรฐานยกตัวอย่าง EN ก็จะแบ่งแยกหมอนชนิดอื่นๆ ไว้ด้วย	● หมอนไม้ ในอนาคตการใช้งานหมอนไม้มีแนวโน้มที่จะลดลงหรือยกเลิกการใช้งาน เนื่องจากปริมาณวัตถุดิบที่ลดลง รวมทั้งการควบคุมคุณภาพวัสดุยังทำได้ไม่ดีเท่ากับการสร้างหมอนคอนกรีตในปัจจุบัน ● หมอนเหล็ก โดยปกติจะถูกใช้ในตำแหน่งที่ต้องการแก้ปัญหาเป็นกรณีพิเศษ เช่นการลดน้ำหนักของหมอนบนสะพาน รวมทั้งความง่ายในการติดตั้งเข้ากับสะพาน การติดตั้งบริเวณที่ความสูงจำกัด ซึ่งต้องใช้หมอนที่เตี้ยกว่าปกติ อย่างไรก็ตาม การใช้งานหมอนเหล็กยังไม่มีปริมาณมากดังเช่นหมอนคอนกรีต รวมทั้งในปัจจุบันเริ่มมีการออกแบบหมอนชนิดอื่นในการใช้งานในลักษณะดังกล่าว เช่น หมอนสังเคราะห์ เป็นต้น ซึ่งการกำหนดมาตรฐานหมอนเหล็กโดยเฉพาะเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ อาจเป็นการปิดกั้นเทคโนโลยีใหม่ๆ ในอนาคตได้
ควรพิจารณาเรื่อง เครื่องยึดเหนี่ยวที่ทำหน้าที่ลดแรงตามแนวยาว คือ ทำให้สะพานเคลื่อนตัวได้โดยไม่กระทบกับทาง ควรศึกษามาตรฐานสำหรับเครื่องยึดเหนี่ยวนี้ด้วย ซึ่งจะสามารถช่วยลด Expansion joint ลงได้ในการออกแบบ	หลักการในการออกแบบ Continuous Welded Rail (CWR) คือการควบคุมหน่วยแรงบนหน้าตัดรางให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ซึ่งวิศวกรสามารถเลือกวิธีการลดขนาดแรงดังกล่าวได้หลายวิธีเช่น การจัดรูปแบบของสะพาน การเพิ่มความแข็งแรงของพื้นทาง การติดตั้งรอยต่อเผื่อขยาย หรือในบางกรณีอาจใช้อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ขยับในแนวยาวเพื่อลดแรงกระทำตามแนวยาว อย่างไรก็ตาม ยังไม่ปรากฏผลการวิจัยที่ชัดเจนว่าอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวที่ทำหน้าที่ลดแรงตามแนวยาวนั้นสามารถลดแรงในแนวยาวของรางได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งในการปรับปรุงระบบโครงสร้างทางนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทั้งต้นทุนในการก่อสร้างและซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งาน ทั้งนี้มาตรฐานอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวที่ทำหน้าที่ลดแรงตามแนวยาวนั้นอาจใช้ร่วมกันกับมาตรฐานอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางตาม มขร S-T-007 โดยตัดหัวข้อด้าน longitudinal creep resistant ออก ซึ่งจะยอมให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวยาวของรางได้ แต่ความสามารถในการยึดรางแนวแนวดิ่งและด้านข้าง รวมทั้งคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ยังต้องได้มาตรฐานตามปกติ
ควรพิจารณาเรื่อง ความลึกของระดับการวางท่อควรเป็นเท่าไร	ใน มขร S-T-010มีการพิจารณาความลึกของท่อระบายน้ำที่ฝังใต้ระบบรางไม่ควรน้อยกว่า 1,600 มิลลิเมตร โดยวัดจากส่วนบนสุดของรางรถไฟถึงส่วนบนสุดของท่อ ในกรณีที่วางท่อนานกับแนวรางรถไฟได้ทางเดินความลึกของท่อไม่ควรน้อยกว่า 600 มิลลิเมตร (วัดจากผิวดินถึงโค้งหลังท่อ)

(4) ภาพกิจกรรมการประชุมสัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ (Public Hearing)



รูปที่ 8-4 บรรยากาศในงานสัมมนารับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ (Public Hearing)



รูปที่ 8-5 บรรยากาศการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเสนอแนะ
ระหว่างผู้เชี่ยวชาญและผู้เข้าร่วมสัมมนา

8.4 การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้

การการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ทางด้านการออกแบบ ก่อสร้างและการบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟ และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการนำไปใช้ประโยชน์ ตามแผนการประชาสัมพันธ์โครงการ และการดำเนินการตามกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชน โดยระบุให้ที่ปรึกษาโครงการ จัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ จำนวน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ และครั้งที่ 2 เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ทางด้านการออกแบบ ก่อสร้างและการบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟ โดยมีกลุ่มเป้าหมายจากภาครัฐ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จำนวนไม่น้อยกว่า 30 ท่าน โดยมีรายละเอียดดังนี้

8.4.1 การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1

โดยจัดขึ้นในวันที่ 23 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ณ โรงแรม วินเซอร์ สวีทส์ กรุงเทพฯ โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) กำหนดการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1

การฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1	
ภายใต้โครงการ	
การศึกษาและจัดทำคู่มือการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟ	
และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ	
วันที่ 23 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ณ ห้องประชุมบุษราคัม	
ชั้น 32 โรงแรมวินเซอร์ สวีทส์ กรุงเทพฯ	
08:00 – 08:45 น.	ลงทะเบียน
08:45 – 09:00 น.	พิธีเปิด - กล่าวเปิดการประชุม โดย ดร.พิเชฐ คุณาธรรมรักษ์ - ผู้อำนวยการสำนักงานโครงการพัฒนาระบบราง สนข.
09:00 – 09:20 น.	แนะนำคณะทำงาน และรายละเอียดโครงการ
09:20 – 10:30 น.	โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมัทศน์ จิระเดชะ หัวหน้าโครงการ
10:30 – 10:45 น.	Fundamental of Railway Track Engineering
10:45 – 12:00 น.	รับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม
12:00 – 13:00 น.	Railway Track Upgrade and Performance Investigation
13:00 – 14:45 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
14:45 – 15:00 น.	มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศไทย (ช่วงที่ 1) ขั้นตอนการยก
15:00 – 16:30 น.	ร่าง ขอบเขตของมาตรฐาน หลักการในการใช้งาน มาตรฐาน และ รายละเอียดมาตรฐาน
16:30 น.	มขร S-T 001, 002, 003, 006, 007, และ 008
	โดย ผู้เชี่ยวชาญและนักวิจัยในโครงการ
	รับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม
	มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างทางรถไฟของประเทศไทย (ช่วงที่ 2)
	ขอบเขตของมาตรฐาน หลักการในการใช้งานมาตรฐาน และ รายละเอียดมาตรฐาน มขร
	S-T 004, 005, 009, และ 010
	โดย ผู้เชี่ยวชาญและนักวิจัยในโครงการ
	ปิดการประชุม

(2) สรุปแบบประเมินผู้เข้าร่วมการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1

สนช. ได้เชิญหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1 โครงการศึกษาและจัดทำคู่มือ การออกแบบ
ก่อสร้าง และบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ โดยมีผู้เข้า ฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1 ดังนี้

(2.1) ผู้เข้าร่วมอบรม ทั้งหมด จำนวน 47 ท่าน

(2.2) หน่วยงาน

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร	11 ท่าน
สำนักงานการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร	1 ท่าน
การรถไฟขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย	4 ท่าน
การรถไฟแห่งประเทศไทย	4 ท่าน
บริษัท รถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด	4 ท่าน
บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	3 ท่าน
บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	2 ท่าน
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	3 ท่าน
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	2 ท่าน
สมาคมวิศวกรสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	1 ท่าน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	1 ท่าน
ทีมที่ปรึกษา	11 ท่าน
รวม	47 ท่าน

(2.3) ระดับความคิดเห็นต่อการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1

จากการตอบแบบสอบถามระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมอบรม มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งหมด 47 ท่าน มีผู้ตอบ
แบบสอบถาม 36 ท่าน และอีก 11 ท่าน สังกัดการณ โดยสามารถสรุปข้อมูลจากแบบสอบถามระดับความคิดเห็นต่อการจัดฝึกอบรม
ดังนี้ จากการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมอบรม พบว่า ผู้เข้าร่วมอบรมส่วนใหญ่มีความพึงพอใจด้านกิจกรรมมากที่สุด ใน
ส่วนของเนื้อหาสาระในการการนำเสนอร้อยละ 41.7 มีความพึงพอใจในด้านวิทยากร ในส่วนของเทคนิคการนำเสนอของวิทยากรมาก
ที่สุดร้อยละ 41.7 มีความพึงพอใจในด้านบริการในส่วนของสถานที่จัดประชุมมากที่สุดร้อยละ 50.0 และมีความพึงพอใจในส่วนของ
ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดฝึกอบรมมากที่สุดร้อยละ 44.4 โดยสามารถแสดงรายละเอียดดังตาราง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8-7

ตารางที่ 8-7 ระดับความคิดเห็นต่อการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1

หัวข้อที่ประเมิน	(ร้อยละ) ของจำนวนผู้เข้าร่วมประชุมที่แสดงระดับความคิดเห็น					รวม
	ระดับความคิดเห็น					
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
1. ความพึงพอใจในกิจกรรม						
1.1 หัวข้อบรรยายสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้	38.9	52.8	8.3	-	-	100.0
	14	19	3	-	-	36
1.2 ปริมาณเวลาทั้งหมดของการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้	30.6	47.2	19.4	2.8	-	100.0
	11	17	7	1	-	36
1.3 เนื้อหาสาระในการการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ตรงกับความต้องการ	41.7	50.0	5.5	2.8	-	100.0
	15	18	2	1	-	36
2. ความพึงพอใจในวิทยากร						
2.1 เทคนิคการนำเสนอของวิทยากร	41.7	41.7	16.6	-	-	100.0
	15	15	6	-	-	36
2.2 วิทยากรนำเสนอเนื้อหาสาระครบถ้วนและมีความน่าสนใจ	38.9	50.0	11.1	-	-	100.0
	14	18	4	-	-	36
2.3 เอกสารประกอบการนำเสนอของวิทยากร	38.9	44.4	11.1	5.6	-	100.0
	14	16	4	2	-	36
2.4 การบริหารเวลาของวิทยากร	33.3	38.9	25.0	2.8	-	100.0
	12	14	9	1	-	36
2.5 ความพึงพอใจในวิทยากรโดยภาพรวม	38.9	50.0	8.3	2.8	-	100.0
	14	18	3	1	-	36
3. ความพึงพอใจในบริการ						
3.1 ห้องประชุม	50.0	41.7	8.3	-	-	100.0
	18	15	3	-	-	36
3.2 โซตทัศน์อุปกรณ์	44.4	41.7	8.3	5.6	-	100.0
	16	15	3	2	-	36
3.3 อาหารและเครื่องดื่ม	38.9	41.0	8.3	8.3	2.8	100.0
	14	15	3	3	1	36
3.4 การบริการ/อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ของเจ้าหน้าที่	41.7	36.1	11.1	8.3	2.8	100.0
	15	13	4	3	1	36
3.5 ความพึงพอใจในการบริการโดยภาพรวม	41.7	36.1	11.1	11.1	-	100.0
	15	13	4	4	-	36
4. ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้						
4.1 ท่านได้รับประโยชน์จากการประชุม/สัมมนา	44.4	30.6	16.7	8.3	-	100.0
	16	11	6	3	-	36
4.2 ท่านคาดว่าจะนำความรู้ความเข้าใจ ทักษะที่ได้รับในครั้งนี้นำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้	38.9	33.3	16.7	11.1	-	100.0
	14	12	6	4	-	36
4.3 ท่านมีความพึงพอใจที่ได้เข้าร่วมกิจกรรม	33.3	38.9	19.4	5.6	2.8	100.0
	12	14	7	2	1	36

จากตารางข้างต้น สามารถจำแนกระดับความคิดเห็นต่อการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมด้านกิจกรรม

(1) เทคนิคการนำเสนอของวิทยากร

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 38.9 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 52.8 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 8.3 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(2) ปริมาณเวลาทั้งหมดของการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 30.6 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 47.2 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 19.4 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 2.8 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(3) เนื้อหาสาระในการการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ตรงกับความต้องการ

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 41.7 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 50.0 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 5.5 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 2.8 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

2. ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมด้านวิทยากร

(1) เทคนิคการนำเสนอของวิทยากร

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 41.7 | อันดับ 1 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 41.7 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 16.6 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(2) วิทยากรนำเสนอเนื้อหาสาระครบถ้วนและมีความน่าสนใจ

- | | | |
|------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 38.9 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 50.0 | อันดับ 1 |

- ☐ ปานกลาง ร้อยละ 11.1
- ☐ น้อย ร้อยละ 0
- ☐ น้อยที่สุด ร้อยละ 0

(3) เอกสารประกอบการนำเสนอของวิทยากร

- ☐ มากที่สุด ร้อยละ 38.9 อันดับ 2
- ☐ มาก ร้อยละ 44.4 อันดับ 1
- ☐ ปานกลาง ร้อยละ 11.1
- ☐ น้อย ร้อยละ 5.6
- ☐ น้อยที่สุด ร้อยละ 0

(4) การบริหารเวลาของวิทยากร

- ☐ มากที่สุด ร้อยละ 33.3 อันดับ 2
- ☐ มาก ร้อยละ 38.9 อันดับ 1
- ☐ ปานกลาง ร้อยละ 25.0
- ☐ น้อย ร้อยละ 2.8
- ☐ น้อยที่สุด ร้อยละ 0

(5) ความพึงพอใจในวิทยากรโดยภาพรวม

- ☐ มากที่สุด ร้อยละ 38.9 อันดับ 2
- ☐ มาก ร้อยละ 50.0 อันดับ 1
- ☐ ปานกลาง ร้อยละ 8.3
- ☐ น้อย ร้อยละ 2.8
- ☐ น้อยที่สุด ร้อยละ 0

3 ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมด้านบริการ

(1) ห้องประชุม

- ☐ มากที่สุด ร้อยละ 50.0 อันดับ 1
- ☐ มาก ร้อยละ 41.7 อันดับ 2
- ☐ ปานกลาง ร้อยละ 8.3
- ☐ น้อย ร้อยละ 0
- ☐ น้อยที่สุด ร้อยละ 0

(2) โสตทัศนูปกรณ์

- ☐ มากที่สุด ร้อยละ 44.4 อันดับ 1
- ☐ มาก ร้อยละ 41.7 อันดับ 2
- ☐ ปานกลาง ร้อยละ 8.3
- ☐ น้อย ร้อยละ 5.6
- ☐ น้อยที่สุด ร้อยละ 0

(3) อาหารและเครื่องดื่ม

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 38.9 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 41.7 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 8.3 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 8.3 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 2.8 | |

(4) การบริการ/อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ของเจ้าหน้าที่

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 41.7 | อันดับ 1 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 36.1 | อันดับ 2 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 11.1 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 8.3 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 2.8 | |

(5) ความพึงพอใจในการบริการโดยภาพรวม

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 41.7 | อันดับ 1 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 36.1 | อันดับ 2 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 11.1 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 11.1 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

4 ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้

(1) ท่านได้รับประโยชน์จากการประชุม/สัมมนา

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 44.4 | อันดับ 1 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 30.6 | อันดับ 2 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 16.7 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 8.3 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(2) ท่านคาดว่าจะนำความรู้ความเข้าใจ ทักษะที่ได้รับในครั้งนี้นำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 38.9 | อันดับ 1 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 33.3 | อันดับ 2 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 16.7 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 11.1 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(3) ท่านมีความพึงพอใจที่ได้เข้าร่วมกิจกรรม

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 38.9 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 33.3 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 16.7 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 11.1 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(3) ภาพกิจกรรมการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1



รูปที่ 8-6 ผู้เข้าร่วมการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1



รูปที่ 8-7 บรรยากาศการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 1

8.4.2 การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2

สำหรับการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2 จัดขึ้น ณ โรงแรมแกรนด์ เมอร์เคียว กรุงเทพฯ พอร์จูน โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) กำหนดการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2

การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2	
ภายใต้โครงการ	
การศึกษาและจัดทำคู่มือการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟ	
และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ	
ณ ห้องประชุม Fortune 1a1b	
ชั้น 3 โรงแรมแกรนด์ เมอร์เคียว กรุงเทพฯ พอร์จูน	
08:30 – 09:00 น.	ลงทะเบียน
09:00 – 09:20 น.	พิธีเปิด
	- กล่าวรายงานการประชุม โดย นายศุภฤกษ์ สูดยอตประเสริฐ - กล่าวเปิดการประชุม โดย นายชยธรรม์ พรหมศร
	รองผู้อำนวยการสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร
09:20 – 10:15 น.	Novel Technologies and Innovation for Rail Transit System
	By Dr. Tae-Wook Kim, Korea Railroad Research Institute (KRRI)
10:15 – 10:30 น.	รับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม
10:30 – 12:00 น.	Recent Developments in Railway Track Monitoring System
	By Dr. Zili Li, Representative from TU Delft, The Netherlands
12:00 – 13:00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
13:00 – 13:50 น.	Railway Noise and Vibration Control
	By Dr. Seonkeun Hwang, Representative from Korea
	Railroad Research Institute (KRRI)
13:50 – 14:10 น.	รับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม
14:10 – 15:00 น.	Railway Market Trends and the Issues
	By Dr. Tae-Wook Kim, Korea Railroad Research Institute (KRRI)
15:00 – 15:50 น.	Dynamic Analysis and Verification of High Speed Railway Bridges: A case study of Thailand Northern Line
	Representative from Excellent Center for Road and
	Railway Innovation, Naresuan University (NU-RRi)
15:50 น.	ปิดการประชุม

(2) สรุปแบบประเมินผู้เข้าร่วมการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2

สนช. ได้เชิญหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้โครงการศึกษาและจัดทำคู่มือการออกแบบ ก่อสร้าง และบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ โดยมีผู้เข้า ฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2 ดังนี้

(2.1) ผู้เข้าร่วมอบรม ทั้งหมด จำนวน 63 ท่าน

(2.2) หน่วยงาน

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร	15 ท่าน
สำนักงานการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร	2 ท่าน
การรถไฟแห่งประเทศไทย	5 ท่าน
การรถไฟขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย	3 ท่าน
บริษัท รถไฟฟ้า ร.ฟ.ท. จำกัด	5 ท่าน
บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	3 ท่าน
บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	3 ท่าน
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	1 ท่าน
สมาคมวิศวกรสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	2 ท่าน
สภาวิศวกร	1 คน
สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ	4 คน
หน่วยปฏิบัติการวิจัยการจัดการโครงสร้างพื้นฐาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	3 คน
โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า	1 ท่าน
วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต	1 ท่าน
มหาวิทยาลัยมหิดล	1 ท่าน
สมาคมคอนกรีต	1 ท่าน
ผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศ	3 ท่าน
บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด	1 ท่าน
ทีมที่ปรึกษา	8 ท่าน
รวม	63 ท่าน

(2.3) ระดับความคิดเห็นต่อการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2

จากการตอบแบบสอบถามระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมอบรม มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งหมด 63 ท่าน มีผู้ตอบแบบสอบถาม 41 ท่าน และอีก 22 ท่าน สังกัดการณ โดยสามารถสรุปข้อมูลจากแบบสอบถามระดับความคิดเห็นต่อการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ครั้งที่ 2 ดังนี้

จากการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมอบรม พบว่า ผู้เข้าร่วมอบรมส่วนใหญ่มีความพึงพอใจด้านการจัดกิจกรรมในระดับมากที่สุด ในส่วนหัวข้อบรรยายมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ และเวลาที่ใช้ใน

การฝึกอบรมร้อยละ 51.2, ด้านวิทยากรมีระดับความพึงพอใจในมากที่สุด ในส่วนเนื้อหาสาระ เอกสารประกอบการนำเสนอ และการบริหารเวลาของวิทยากรร้อยละ 31.7, ด้านการบริการมีระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ในส่วนอาหารและเครื่องดื่ม รวมถึงการบริการ/อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ของเจ้าหน้าที่ร้อยละ 56.1 และผู้เข้าร่วมอบรมมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดที่คาดว่าจะสามารถนำความรู้ความเข้าใจ ทักษะที่ได้รับในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้ร้อยละ 41.5 โดยสามารถแสดงรายละเอียดดังตารางสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8-8

ตารางที่ 8-8 ระดับความคิดเห็นต่อการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2

หัวข้อที่ประเมิน	(ร้อยละ) ของจำนวนผู้เข้าร่วมประชุมที่แสดงระดับความคิดเห็น					รวม
	ระดับความคิดเห็น					
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
1. ความพึงพอใจในกิจกรรม						
1.1 หัวข้อบรรยายสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้	51.2	41.5	7.3	-	-	100.0
	21	17	3	-	-	41
1.2 ปริมาณเวลาทั้งหมดของการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้	51.2	46.4	2.4	-	-	100.0
	21	19	1	-	-	41
1.3 เนื้อหาสาระในการการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ตรงกับความต้องการ	34.1	51.3	14.6	-	-	100.0
	14	21	6	-	-	41
2. ความพึงพอใจในวิทยากร						
2.1 เทคนิคการนำเสนอของวิทยากร	48.8	39.0	12.2	-	-	100.0
	20	16	5	-	-	41
2.2 วิทยากรนำเสนอเนื้อหาสาระครบถ้วนและมีความน่าสนใจ	31.7	58.4	4.9	4.9	-	100.0
	13	24	2	2	-	41
2.3 เอกสารประกอบการนำเสนอของวิทยากร	31.7	58.4	4.9	4.9	-	100.0
	18	19	2	2	-	41
2.4 การบริหารเวลาของวิทยากร	31.7	53.7	9.7	4.9	-	100.0
	13	22	4	2	-	41
2.5 ความพึงพอใจในวิทยากรโดยภาพรวม	19.5	65.9	14.6	-	-	100.0
	8	27	6	-	-	41
3. ความพึงพอใจในบริการ						
3.1 ห้องประชุม	48.8	46.3	4.9	-	-	100.0
	20	19	2	-	-	41
3.2 โสตทัศนูปกรณ์	41.5	43.9	14.6	-	-	100.0
	17	18	6	-	-	41
3.3 อาหารและเครื่องดื่ม	56.1	39.0	4.9	-	-	100.0
	23	16	2	-	-	41
3.4 การบริการ/อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ของเจ้าหน้าที่	56.1	39.0	4.9	-	-	100.0
	23	16	2	-	-	41
4. ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้						
4.1 ท่านได้รับประโยชน์จากการประชุม/สัมมนา	39.0	51.2	9.8	-	-	100.0

หัวข้อที่ประเมิน	(ร้อยละ) ของจำนวนผู้เข้าร่วมประชุมที่แสดง ระดับความคิดเห็น					รวม
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
	16	21	4	-	-	41
4.2 ท่านคาดว่าจะนำความรู้ความเข้าใจ ทักษะที่ได้รับใน ครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้	41.5	46.3	12.2	-	-	100.0
	17	19	5	-	-	41
4.3 ท่านมีความพึงพอใจที่ได้เข้าร่วมกิจกรรม	39.0	46.4	14.6	-	-	100.0
	16	19	6	-	-	41

จากตารางข้างต้น สามารถจำแนกระดับความคิดเห็นต่อการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2 โดยมี
รายละเอียดดังนี้

1. ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมด้านกิจกรรม

(1) เทคนิคการนำเสนอของวิทยากร

- ☐ มากที่สุด ร้อยละ 51.2 อันดับ 1
- ☐ มาก ร้อยละ 41.5 อันดับ 2
- ☐ ปานกลาง ร้อยละ 7.3
- ☐ น้อย ร้อยละ 0
- ☐ น้อยที่สุด ร้อยละ 0

(2) ปริมาณเวลาทั้งหมดของการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้

- ☐ มากที่สุด ร้อยละ 51.2 อันดับ 1
- ☐ มาก ร้อยละ 46.4 อันดับ 2
- ☐ ปานกลาง ร้อยละ 2.4
- ☐ น้อย ร้อยละ 0
- ☐ น้อยที่สุด ร้อยละ 0

(3) เนื้อหาสาระในการการฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ตรงกับความต้องการ

- ☐ มากที่สุด ร้อยละ 34.1 อันดับ 2
- ☐ มาก ร้อยละ 51.3 อันดับ 1
- ☐ ปานกลาง ร้อยละ 14.6
- ☐ น้อย ร้อยละ 0
- ☐ น้อยที่สุด ร้อยละ 0

2 ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมด้านวิทยากร

(1) เทคนิคการนำเสนอของวิทยากร

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 48.8 | อันดับ 1 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 39.0 | อันดับ 2 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 12.2 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(2) วิทยากรนำเสนอเนื้อหาสาระครบถ้วนและมีความน่าสนใจ

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 31.7 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 58.4 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 4.9 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 4.9 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(3) เอกสารประกอบการนำเสนอของวิทยากร

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 31.7 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 58.4 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 4.9 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 4.9 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(4) การบริหารเวลาของวิทยากร

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 31.7 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 53.7 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 9.7 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 4.9 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(5) ความพึงพอใจในวิทยากรโดยภาพรวม

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 19.5 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 65.9 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 14.6 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

3 ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมด้านบริการ

(1) ห้องประชุม

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 49.8 | อันดับ 1 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 46.3 | อันดับ 2 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 4.9 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(2) โสตทัศนูปกรณ์

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 41.5 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 43.9 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 14.6 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(3) อาหารและเครื่องดื่ม

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 56.1 | อันดับ 1 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 39.0 | อันดับ 2 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 4.9 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(4) การบริการ/อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ของเจ้าหน้าที่

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 56.1 | อันดับ 1 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 39.0 | อันดับ 2 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 4.9 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

4 ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้

(1) ท่านได้รับประโยชน์จากการประชุม/สัมมนา

- | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| ☐ มากที่สุด | ร้อยละ 39.0 | อันดับ 2 |
| ☐ มาก | ร้อยละ 51.2 | อันดับ 1 |
| ☐ ปานกลาง | ร้อยละ 9.8 | |
| ☐ น้อย | ร้อยละ 0 | |
| ☐ น้อยที่สุด | ร้อยละ 0 | |

(2) ท่านคาดว่าจะนำความรู้ความเข้าใจ ทักษะที่ได้รับในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้

☐ มากที่สุด	ร้อยละ 41.5	อันดับ 2
☐ มาก	ร้อยละ 46.3	อันดับ 1
☐ ปานกลาง	ร้อยละ 12.2	
☐ น้อย	ร้อยละ 0	
☐ น้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

(3) ท่านมีความพึงพอใจที่ได้เข้าร่วมกิจกรรม

☐ มากที่สุด	ร้อยละ 39.0	อันดับ 2
☐ มาก	ร้อยละ 46.4	อันดับ 1
☐ ปานกลาง	ร้อยละ 14.6	
☐ น้อย	ร้อยละ 0	
☐ น้อยที่สุด	ร้อยละ 0	

(3) ภาพกิจกรรมการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2



รูปที่ 8-8 ผู้เข้าร่วมการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2



รูปที่ 8-9 บรรยายภาพการจัดฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ ครั้งที่ 2

บทที่ 9

บทสรุป

- ❖ การจัดทำมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ
- ❖ การจัดทำคู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ
- ❖ การจัดทำคู่มือบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ
- ❖ งานจัดทำแผนการปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้านงานโครงสร้างทางรถไฟที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในงานกำกับดูแลการให้บริการขนส่งทางรางให้มีระดับคุณภาพและความปลอดภัย

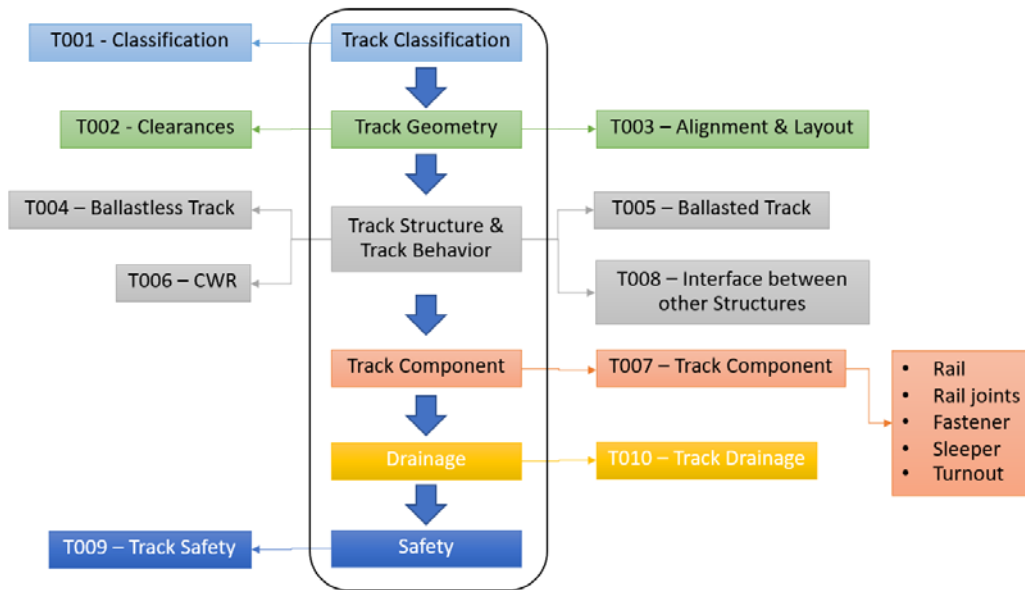
9.1 การจัดทำมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ

ในการจัดทำมาตรฐานและคู่มือสำหรับทางรถไฟของประเทศไทยนั้น ที่ปรึกษาได้มีการวางโครงสร้างของมาตรฐานให้มีความครอบคลุมเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นผลจากการศึกษาเปรียบเทียบและวิเคราะห์กำหนดมาตรฐานของประเทศที่มีความก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรมระบบราง อาทิเช่น กลุ่มประเทศยุโรป ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศออสเตรเลีย ประเทศเกาหลีใต้ ประเทศจีน เป็นต้น ซึ่งมาตรฐานของแต่ละประเทศต่างก็มีความแตกต่างและลักษณะเฉพาะของตนเองขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมและการใช้งานระบบรางของประเทศนั้น ๆ โดยในการศึกษาได้นำมาตรฐานดังกล่าวมาพิจารณาร่วมกับมาตรฐานที่ถูกใช้อยู่เดิมในประเทศ ทั้งทางรถไฟที่อยู่ภายใต้การดูแลของการรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.) รวมไปถึงทางรถไฟในเมืองที่อยู่ภายใต้การดูแลของการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย (รฟม.) โดยผลลัพธ์การศึกษาเปรียบเทียบในบทที่ 5 ได้นำไปสู่ข้อสรุปในการกำหนดรายละเอียดของเนื้อหาในมาตรฐานฯ ซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างสามส่วนหลักดังนี้

- มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (Railway track standard) มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับข้อกำหนดต่าง ๆ พิกัดความปลอดภัย และสมรรถนะขั้นต่ำที่ต้องการ รวมไปถึงการทดสอบคุณสมบัติ เป็นต้น
- คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ (Railway track design and construction manual) มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี หลักการ รวมไปถึงขั้นตอนต่าง ๆ ในการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟ ซึ่งเนื้อหาในคู่มือฯจะมีความสอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ข้างต้น กล่าวคือ เมื่อดำเนินการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟตามคู่มือฯแล้วจะต้องมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยตามมาตรฐานทางเทคนิคที่กำหนดไว้
- คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ (Railway track maintenance manual) มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบสภาพ การซ่อมบำรุงทางรถไฟ โดยจะมีรายละเอียดของวิธีการตรวจสอบและประเมินถึงสภาพและความผิดปกติรวมถึงพิกัดขั้นต่ำในการดำเนินการซ่อมบำรุงเพื่อให้ทางรถไฟมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยตามมาตรฐานทางเทคนิคที่กำหนดไว้

มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ (Railway track standard)

มาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟมีเนื้อหาสำคัญเกี่ยวกับข้อกำหนดและสมรรถนะขั้นต่ำต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการเดินรถ ซึ่งหลักการในการกำหนดมาตรฐานนี้ได้ยึดแนวทางเพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด รวมทั้งคำนึงถึงการควบคุมอายุการใช้งานและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงให้เป็นไปตามที่ออกแบบ โดยมาตรฐานทางเทคนิคถูกแบ่งออกเป็นสิบส่วนหลักซึ่งมีความสอดคล้องกับขั้นตอนในการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟ ดังแสดงในรูปที่ 9-1



รูปที่ 9-1 การเชื่อมโยงของมาตรฐานกับการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟ

ทั้งนี้ ความเชื่อมโยงระหว่างการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟกับมาตรฐานฯ ทั้งสิบส่วนจะสามารถสรุปได้ดังนี้

- การแบ่งประเภทของทางรถไฟ (Track classification) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดขนาดทาง (Track gauge) น้ำหนักลงเพลา (Axle loads) ความเร็วในการให้บริการ (Operating speed) รวมไปถึงรูปแบบการเดินทางเช่น รถไฟระหว่างเมือง (Intercity line) และรถไฟในเมือง (Urban line) เป็นต้น ในหัวข้อนี้จะมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องคือ มขร S-T-001

- กายภาพของทางรถไฟ (Track geometry) เป็นขั้นตอนในการออกแบบและก่อสร้างเพื่อวางแผนเส้นทางของทางรถไฟไปตามพื้นที่ที่ต้องการ โดยมีการกำหนดรูปร่างของเส้นทางไปตามภูมิประเทศในแนวราบและแนวดิ่ง รวมไปถึงการกำหนดระยะขอบเขตของโครงสร้างเพื่อให้รถไฟสามารถแล่นผ่านเส้นทางได้โดยปราศจากอุปสรรค ในหัวข้อนี้จะมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องคือ มขร S-T-002 มขร S-T-003

- พฤติกรรมของโครงสร้างทางรถไฟ (Track structure & Track behavior) เป็นการควบคุมพฤติกรรมการรับน้ำหนักและแรงที่เกิดขึ้นต่อของทางรถไฟ จุดประสงค์ก็เพื่อให้ทางรถไฟมีความปลอดภัยและไม่เกิดความผิดปกติขณะให้บริการ โดยมีการกำหนดรายละเอียดในการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทาง เช่น โครงสร้างทางรถไฟแบบใช้หินโรยทาง (Ballasted track) โครงสร้างทางรถไฟแบบไม่ใช้หินโรยทาง (Ballastless track) การควบคุมพฤติกรรมของรางเชื่อมยาว (Continuous welded rail - CWR) การควบคุมการสั่นสะเทือนบริเวณตำแหน่งเปลี่ยนผ่านระหว่างโครงสร้างทางต่างชนิดกัน (Transition zone) เป็นต้น ในหัวข้อนี้จะมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องคือ มขร S-T-004 มขร S-T-005 มขร S-T-006 มขร S-T-008

- ส่วนประกอบของทางรถไฟ (Track component) เป็นการกำหนดรายละเอียดส่วนประกอบของทางรถไฟให้มีคุณสมบัติเพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งประกอบไปด้วย ราง (Rail) จุดต่อราง (Rail joint) อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง (Fastener) หมอนรองราง (Sleeper & bearer) และประแจ (Turnout) โดยในหัวข้อนี้จะมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องคือ มขร S-T-007

- การออกแบบระบบระบายน้ำของทางรถไฟ (Drainage) เป็นการกำหนดรายละเอียดในการออกแบบและก่อสร้างระบบระบายน้ำของทางรถไฟ เพื่อให้การระบายน้ำออกจากทางนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและไม่เกิดอันตรายต่อโครงสร้างทาง ในหัวข้อนี้จะมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องคือ มขร S-T-010

- ความปลอดภัยในการทำงานบนทางรถไฟ (Safety) เป็นการกำหนดรายละเอียดของความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับทางรถไฟที่ต้องคำนึงถึง อาทิเช่น การทำงานบนทางรถไฟ เป็นต้น ในหัวข้อนี้จะมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องคือ มขร S-T-009

จากรายละเอียดความเชื่อมโยงของมาตรฐานฯกับการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟข้างต้น ที่ปรึกษาได้กำหนดรายละเอียดที่สำคัญของแต่ละมาตรฐานดังนี้

● มขร S-T-001 มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ มีเนื้อหาในการจำแนกรูปแบบของทางรถไฟ ซึ่งแบ่งไปตามชนิดของการให้บริการเช่น รถไฟระหว่างเมือง รถไฟในเมือง รถไฟขนส่งสินค้า เป็นต้น โดยเนื้อหาหลักของมาตรฐานมีดังนี้

- ประเภทของระบบขนส่งทางรางในประเทศไทย

● มขร S-T-002 มาตรฐานเขตโครงสร้างทางรถไฟ มีเนื้อหาในการกำหนดพิกัดขอบเขตโครงสร้างของทางรถไฟ ซึ่งมาตรฐานฉบับนี้มีเนื้อหาหลักสอดคล้องกับมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรปและมาตรฐานที่ใช้อยู่ในประเทศไทย โดยมีการกำหนดถึงรายละเอียดของขนาดตัวรถไฟ การคำนวณพิกัดแบบสถิติ รวมไปถึงการคำนวณพิกัดเชิงจลน์และพิกัดเชิงพลวัต เป็นต้น โดยเนื้อหาหลักของมาตรฐานมีดังนี้

- พิกัดเขตโครงสร้าง (Structure Gauge)

- การยกระดับและการลดลงตั้งฉากกับผิวทางวิ่ง

- ประเภทของพิกัด

- ตัวเลือกพิกัด

- ข้อกำหนดในการหาพิกัดสถิติศาสตร์

- ข้อบังคับในการหาพิกัดเชิงจลน์

- ข้อบังคับในการหาพิกัดเชิงพลวัต

- ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางรถไฟ

- องค์ประกอบของผังแปรปรวน (Variable layout)

- จุดตัดของประแจสับหลัก

- การหาพิกัดทางผ่านอิสระของ pantograph

- การหาพิกัดเชิงกลของทางผ่านอิสระของ pantograph (ในกรณีของพิกัดเชิงจลน์)

- พิกัดเชิงไฟฟ้าของ Pantograph (ในกรณีของพิกัดเชิงจลน์)

- การหาพิกัด Pantograph (ในกรณีของพิกัดเชิงพลวัต)

- ข้อบังคับการติดตั้งขอบชานชาลา

- Tilting trains

- ส่วนประกอบเพิ่มเติมของราง

- การทวนสอบและซ่อมบำรุงพิกัด

● มขร S-T-003 มาตรฐานการออกแบบและวางแนวเส้นทาง มีเนื้อหาในการกำหนดรูปร่างทางกายภาพของทางรถไฟ ซึ่งมาตรฐานฉบับนี้มีเนื้อหาหลักสอดคล้องกับมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรป ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศจีน รวมไปถึงมาตรฐานที่ใช้อยู่ในประเทศไทย โดยมีการกำหนดถึงรายละเอียดของทางช่วงทางตรง โค้งราบและโค้งดิ่ง เป็นต้น โดยเนื้อหาหลักของมาตรฐานมีดังนี้

- การออกแบบและวางแนวเส้นทาง

- หลักการออกแบบทางเรขาคณิต (Geometric Design Concept)

- ตัวแปรที่ใช้ออกแบบแนวเส้นทาง (Track Alignment Design Parameters)

- ตัวแปรในการวัดปริมาณ (Parameter Quantification)

- การออกแบบทางราบ (Horizontal Profile)

- โค้งเปลี่ยนผ่าน (Transition Curves)
- การขยายแนวราง (Widening of Track)
- ประแจหลัก (Turnout Profile)
- การออกแบบทางตั้ง (Vertical Profile)

● มขร S-T-004 มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง มีเนื้อหาของการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรยทาง ซึ่งมาตรฐานฉบับนี้มีเนื้อหาหลักสอดคล้องกับมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาและกลุ่มประเทศยุโรปรวมถึงมาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย โดยมีการกำหนดถึงรายละเอียดของการวิเคราะห์พฤติกรรมของชั้นทางฯ รวมไปถึงคุณสมบัติของหินโรยทาง เป็นต้น โดยเนื้อหาหลักของมาตรฐานมีดังนี้

- การออกแบบโครงสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรยทาง
- หินโรยทางรถไฟ
- ดินพื้นทางสำหรับโครงสร้างทางรถไฟ
- ชั้นรองหินโรยทางรถไฟ

● มขร S-T-005 มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง มีเนื้อหาของการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง ซึ่งมาตรฐานฉบับนี้มีเนื้อหาหลักสอดคล้องกับมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรปเป็นหลัก โดยมีการกำหนดถึงรายละเอียดของแรงที่ใช้ในการออกแบบ การวิเคราะห์พฤติกรรมของพื้นทางและการออกแบบ เป็นต้น โดยเนื้อหาหลักของมาตรฐานมีดังนี้

- แรงกระทำที่พิจารณา (Load Condition)
- วัสดุสำหรับโครงสร้างทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง
- การออกแบบโครงสร้างทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง
- ข้อควรพิจารณาพิเศษสำหรับการออกแบบทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง

● มขร S-T-006 มาตรฐานรางเชื่อมยาว มีเนื้อหาในการกำหนดคุณสมบัติและประสิทธิภาพของทางที่จำเป็นในการติดตั้งรางเชื่อมยาว ซึ่งมาตรฐานฉบับนี้มีเนื้อหาหลักสอดคล้องกับมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรป ประเทศเกาหลีและสหรัฐอเมริกา รวมถึงมาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย โดยมีการกำหนดถึงรายละเอียดของการวิเคราะห์พฤติกรรมของรางเชื่อมยาว พิกัดหน่วยแรงสูงสุดที่ยอมให้ในรางเชื่อมยาว เป็นต้น โดยเนื้อหาหลักของมาตรฐานมีดังนี้

- หลักการพื้นฐานของการออกแบบทางรถไฟที่ติดตั้งรางเชื่อมยาว
- แนวทางปฏิบัติในการก่อสร้างทางรถไฟที่ติดตั้งรางเชื่อมยาว
- คุณสมบัติของทางรถไฟที่ติดตั้งรางเชื่อมยาว
- การวิเคราะห์พฤติกรรมของทางรถไฟที่ติดตั้งรางเชื่อมยาว
- ข้อกำหนดในการออกแบบทางรถไฟที่ติดตั้งรางเชื่อมยาว

● มขร S-T-007 มาตรฐานองค์ประกอบทางรถไฟ มีเนื้อหาในการกำหนดคุณสมบัติของส่วนประกอบของทางรถไฟ ซึ่งประกอบไปด้วย ราง (Rail) จุดต่อราง (Rail joint) อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง (Fastener) หมอนรองราง (Sleeper & bearer) และประแจ (Turnout) โดยมาตรฐานฉบับนี้มีเนื้อหาหลักสอดคล้องกับมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรป ประเทศออสเตรเลีย ประเทศสหรัฐอเมริกา รวมถึงมาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย เนื้อหาของมาตรฐานมีการกำหนดถึงรายละเอียดทั้งในด้านการผลิต วัสดุ ประสิทธิภาพและการทดสอบ เป็นต้น โดยเนื้อหาหลักของมาตรฐานมีดังนี้

- ราง (Rail)
 - ชนิดเหล็กกล้า

- มาตรฐานหน้าตัดราง
- การผลิตราง
- การทดสอบคุณภาพราง
- การออกแบบเพื่อเลือกขนาดราง
- การเชื่อมต่อราง (Rail joint)
 - การเชื่อมราง (Rail welding)
 - รอยต่อทางกล (Mechanical Rail Joints)
 - จุดต่อเพื่อขยาย (Expansion Joints)
- อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง (Fastener)
 - คุณสมบัติของส่วนประกอบในชุดอุปกรณ์ยึดเหนี่ยว
 - คุณภาพการผลิต (Manufacture Qualities)
 - การทดสอบและการรับรอง
- หมอนรองราง (Sleeper & bearer)
 - หมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดียว
 - การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดียว
 - หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแท่งคู่
 - หมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับประแจ
 - หมอนคอนกรีตอัดแรงฝังในแผ่นพื้นคอนกรีต
 - หมอนบนทางคอนกรีต-แอสฟัลต์
 - หมอนคอนกรีตสำหรับรองรับประแจ
- ประแจ (Turnout)
 - ข้อกำหนดในการออกแบบประแจ
 - การผลิตประแจ
 - การตรวจรับประแจ

● มขร S-T-008 มาตรฐานตำแหน่งเปลี่ยนผ่านบนทางรถไฟ มีเนื้อหาเกี่ยวกับการควบคุมการสันสเทือนของรถไฟ บริเวณตำแหน่งเปลี่ยนผ่านเช่น บริเวณที่โครงสร้างรองรับทางมีการเปลี่ยนแปลง บริเวณคอสะพานหรือบริเวณปากอุโมงค์ เป็นต้น ซึ่งมาตรฐานฉบับนี้มีเนื้อหาหลักสอดคล้องกับมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรปและเกาหลีใต้ โดยมีการกำหนดถึงรายละเอียดของพิสัยการสันสเทือนที่ยอมให้และแนวทางการปรับปรุงชั้นทางบริเวณตำแหน่งเปลี่ยนผ่าน เป็นต้น โดยเนื้อหาหลักของมาตรฐานมีดังนี้

- ปฏิสัมพันธ์ของรถไฟและทางรถไฟ
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและทางรถไฟ
- จุดเปลี่ยนผ่านระหว่างทางรถไฟบนหินโรยทางและทางรถไฟบนพื้นคอนกรีต
- จุดเปลี่ยนผ่านระหว่างทางรถไฟบนพื้นคอนกรีตต่างชนิดกัน
- จุดเปลี่ยนผ่านระหว่างทางรถไฟบนคันดินและทางรถไฟบนสะพาน

● มขร S-T-009 มาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ มีเนื้อหาในการกำหนดแนวทางการควบคุมความปลอดภัยบนทางรถไฟ ซึ่งมาตรฐานฉบับนี้มีเนื้อหาหลักสอดคล้องกับมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรปและสหรัฐอเมริกา รวมถึงมาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย โดยมีการกำหนดถึงรายละเอียดของหลักปฏิบัติในการทำงานบนทางรถไฟ เป็นต้น โดยเนื้อหาหลักของมาตรฐานมีดังนี้

- ระบบความปลอดภัยบนทางรถไฟ
- หลักการและข้อกำหนด
- ข้อเสนอแนะด้านความปลอดภัย

● มขร S-T-010 มาตรฐานระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ มีเนื้อหาเกี่ยวกับข้อกำหนดในการออกแบบและก่อสร้างระบบระบายน้ำของทางรถไฟ โดยเน้นการระบายน้ำให้ออกจากเขตทางเป็นหลัก ซึ่งมาตรฐานฉบับนี้มีเนื้อหาหลักสอดคล้องกับมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรป ประเทศออสเตรเลียและสหรัฐอเมริกา รวมถึงมาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย โดยมีการกำหนดถึงรายละเอียดในการประมาณค่าปริมาณน้ำ การติดตั้งท่อและอุปกรณ์ช่วยระบายน้ำต่าง ๆ เป็นต้น โดยเนื้อหาหลักของมาตรฐานมีดังนี้

- ข้อกำหนดของการออกแบบระบบระบายน้ำ
- การออกแบบระบบระบายน้ำผิวดิน
- การออกแบบระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน
- การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบระบายน้ำ

9.2 การจัดทำคู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ

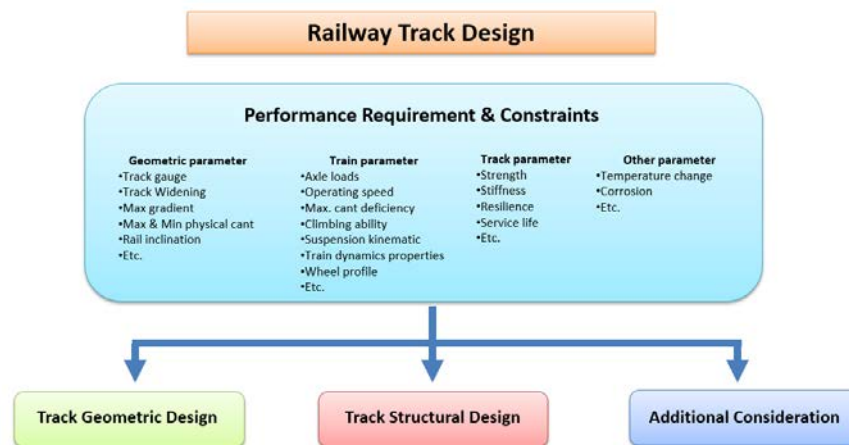
คู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี หลักการ รวมไปถึงขั้นตอนต่าง ๆ ในการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟ ซึ่งเนื้อหาในคู่มือจะมีความสอดคล้องกับมาตรฐานทางเทคนิคที่กำหนดไว้ข้างต้น กล่าวคือ เมื่อดำเนินการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟตามคู่มือแล้วจะต้องมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยตามที่มาตรฐานทางเทคนิคที่กำหนดไว้ โดยรายละเอียดของคู่มือการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟสามารถแบ่งได้เป็นสามส่วนหลักซึ่งสอดคล้องกับหลักปฏิบัติของการก่อสร้างทางรถไฟคือ

- 1) รายละเอียดในส่วนของการออกแบบ (Design Stage) เป็นการกำหนดคุณสมบัติขององค์ประกอบต่าง ๆ บนทางรถไฟเพื่อให้ทางรถไฟมีประสิทธิภาพในการให้บริการที่เพียงพอต่อความต้องการ
- 2) รายละเอียดในส่วนของการก่อสร้าง (Construction Stage) เป็นการกำหนดวิธีการและขั้นตอนในการก่อสร้างเพื่อให้ทางรถไฟที่แล้วเสร็จนั้นมีคุณสมบัติเป็นไปตามที่ออกแบบไว้
- 3) รายละเอียดในส่วนของการตรวจสอบและรับรอง (Test And Approval) เป็นการกำหนดรายละเอียดของการทำการทดสอบเพื่อประเมินคุณสมบัติและสมรรถนะของทางรถไฟให้เป็นไปตามที่ออกแบบ โดยจะมีรายละเอียดของค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ (Tolerances) ในกรณีต่าง ๆ

การออกแบบทางรถไฟ

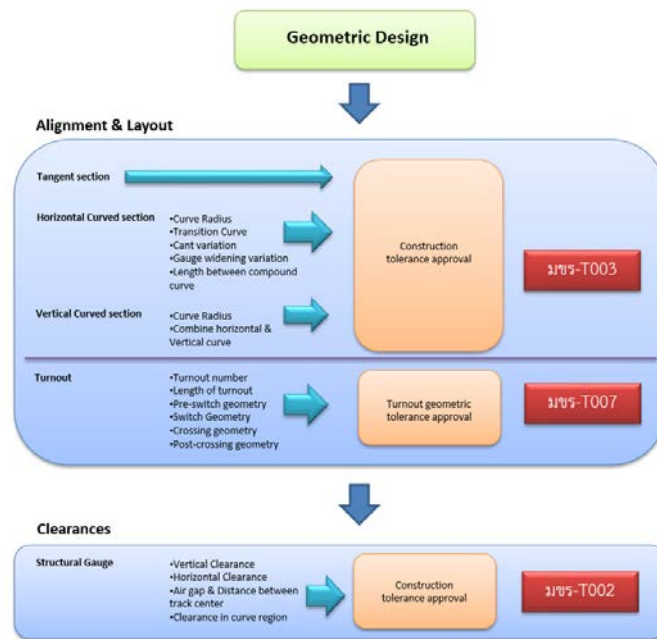
เนื้อหาของคู่มือด้านการออกแบบทางรถไฟนั้นจะประกอบไปด้วยการกำหนดสมรรถนะที่ต้องการและข้อจำกัดต่าง ๆ ของระบบ ซึ่งวิศวกรจะต้องออกแบบทางรถไฟให้สามารถรองรับความต้องการเหล่านั้นได้ โดยการออกแบบจะประกอบไปด้วยการออกแบบ

ทางกายภาพ การออกแบบองค์ประกอบของโครงสร้างและพฤติกรรมการรับน้ำหนักของทางฯ การออกแบบเพิ่มเติมเพื่อรองรับปัจจัยในด้านอื่น ๆ เช่น การระบายน้ำ เป็นต้น โดยรูปที่ 9-2 แสดงถึงขั้นตอนการออกแบบทางรถไฟดังที่ได้กล่าวมา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 9-2 ขั้นตอนโดยรวมของการออกแบบทางรถไฟ

- กำหนดสมรรถนะที่ต้องการและข้อจำกัดของระบบ โดยประกอบไปด้วย
 - ปัจจัยทางกายภาพ เช่น ความกว้างของทาง สภาพของภูมิประเทศ ชิดจำกัดการยกโค้ง การเอียงของราง เป็นต้น
 - ปัจจัยจากตัวรถไฟ ประกอบไปด้วย น้ำหนักลงเพลลา ความเร็วในการให้บริการ ความสามารถในการไต่ทางชัน ชิดจำกัดการยกโค้งส่วนขาด พฤติกรรมของช่วงล่างและปฏิสัมพันธ์ระหว่างล้อและราง เป็นต้น
 - ปัจจัยจากทางรถไฟ ประกอบไปด้วย กำลังและความแข็งแรงของทางรถไฟ ความสามารถในการรับแรงกระแทก ความคงทนและอายุการใช้งานขององค์ประกอบ เป็นต้น
 - ปัจจัยอื่นๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การกัดกร่อนตามธรรมชาติ น้ำขังหรือน้ำหลาก แผ่นดินไหว เป็นต้น
- การออกแบบทางกายภาพ (Geometric design) ซึ่งมีเนื้อหาประกอบไปด้วยการออกแบบแนวเส้นทาง (Alignment and layout) และการออกแบบระยะเผื่อต่างๆ (Clearances) โดยในการออกแบบแนวเส้นทางจะประกอบด้วยการวางโค้งราบ โค้งเปลี่ยนผ่าน โค้งต่อเนื่อง การกำหนดรัศมีโค้งและการยกโค้งที่เหมาะสมกับความเร็ว โค้งดิ่ง รูปร่างและลักษณะทางกายภาพของประแจ เป็นต้น สำหรับการออกแบบระยะเผื่อนั้น จะเป็นการกำหนดค่าระยะเผื่อของโครงสร้าง (Structural gauge) ซึ่งคำนึงถึงระยะเผื่อในแนวราบและแนวดิ่ง (horizontal & vertical clearances) ขนาดและการเคลื่อนตัวของรถ (Static, kinematic & dynamic gauge) ระยะเผื่อบริเวณทางโค้ง (Thrown in the curve) ช่องว่างอากาศ (Air gap) รวมไปถึงระยะเผื่อสำหรับการก่อสร้าง (Construction clearances) เป็นต้น โดยในการก่อสร้างก็จะมีการสำรวจ การวางแผนแนวเส้นทางไปตามภูมิประเทศ การตรวจวัดระดับและความเที่ยงตรงของแนวเส้นทาง โดยเมื่อก่อสร้างเสร็จแล้วจะมีการตรวจสอบความผิดพลาดของแนวเส้นทางไม่ให้เกินค่าที่ยอมให้ (Construction tolerances)



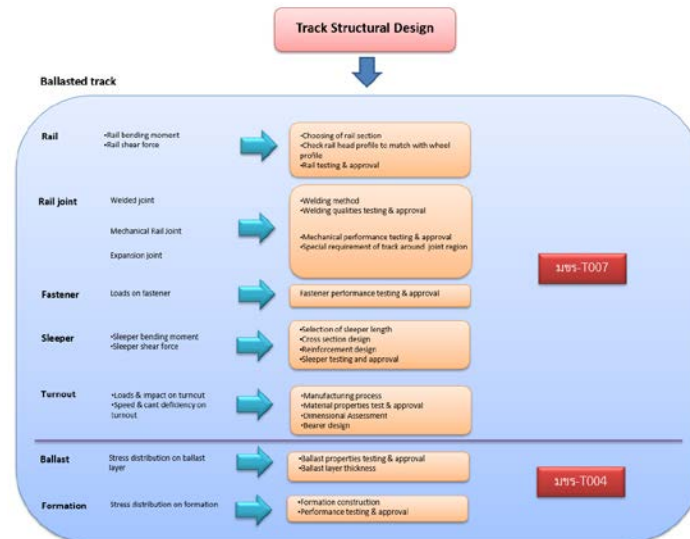
รูปที่ 9-3 การออกแบบทางกายภาพของทางรถไฟ

● การออกแบบองค์ประกอบของโครงสร้างและพฤติกรรมการรับน้ำหนักของทางฯ (Track structural design) โดยมีเนื้อหาประกอบไปด้วยการออกแบบของโครงสร้างทางฯสองชนิดคือ โครงสร้างทางแบบใช้หินโรยทาง (Ballasted track) และโครงสร้างทางแบบไม่ใช้หินโรยทาง (Ballastless track) ซึ่งการออกแบบโครงสร้างทางฯทั้งสองแบบจะมีการพิจารณาถึงคุณสมบัติขององค์ประกอบต่างๆ (Track component) รวมไปถึงพฤติกรรมการรับน้ำหนักของโครงสร้างโดยรวม (Overall behavior) เพื่อให้ทางรถไฟที่จะก่อสร้างนั้นมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพตามต้องการ โดยจะมีลำดับของการออกแบบดังนี้

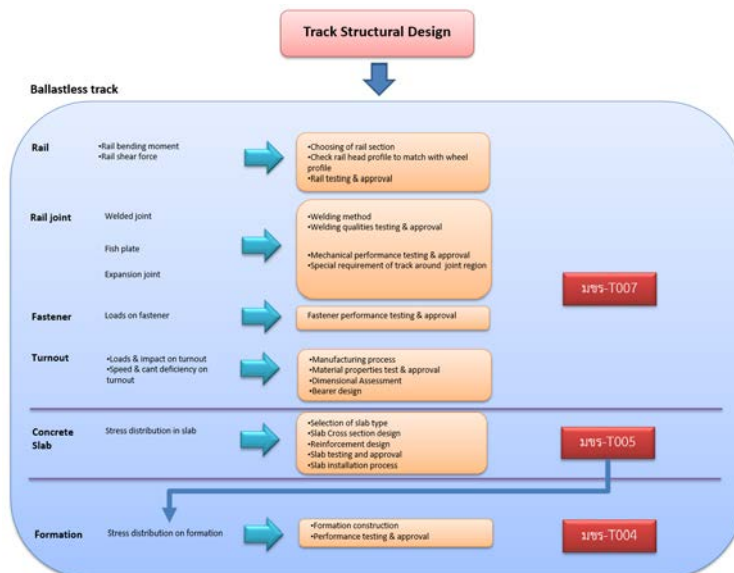
- การออกแบบหน้าตัดราง ให้สามารถต้านทานหน่วยแรงขณะใช้งานได้อย่างปลอดภัย
- การออกแบบจุดต่อของราง โดยจุดต่อรางจะสามารถแบ่งเป็นสามชนิดคือ จุดต่อแบบเชื่อม (Welded joint) จุดต่อเชิงกล (Mechanical joint) และจุดต่อเผื่อขยาย (Rail expansion joint)
- การออกแบบอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง จะเน้นถึงกำลังต้านทานและอายุการใช้งานของรอยต่อที่จะต้องมียังพอในการต้านทานต่อแรงกระทำต่างๆที่ถ่ายทอดมาจากรางได้
- การออกแบบหมอนรองรางและหมอนรองประแจ จะเน้นถึงการคำนวณแรงสูงสุดที่กระทำต่อหน้าตัดหมอน จากนั้นจึงทำการออกแบบขนาดหน้าตัดของหมอนรวมถึงลวดอัดแรง นอกจากนี้ในการผลิตจะมีการตรวจสอบถึงความเที่ยงตรงของหน้าตัดหมอนตลอดความยาว ปริมาณและแรงดึงของลวดอัดแรง
- การออกแบบประแจ จะเน้นในส่วนการออกแบบทางกายภาพเพื่อรองรับความเร็วของรถไฟในการเข้าประแจได้อย่างปลอดภัย ซึ่งรายละเอียดจะประกอบไปด้วยการกำหนดมุมประแจ รูปร่างของลิ้นประแจและตะเฒ่ เป็นต้น
- การออกแบบชั้นหินโรยทางสำหรับทางรถไฟแบบมีหินโรยทาง จะเน้นถึงการกำหนดถึงคุณสมบัติของหินโรยทางทั้งในด้านรูปร่างขนาดคละ ความแข็งแรงและความทนทานต่อการสึกกร่อน การกระจายของหน่วยแรงจากหมอนลงไปสู่ชั้นดินรองทาง
- การออกแบบแผ่นพื้นสำหรับทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง จะเน้นถึงการวิเคราะห์การกระจายตัวของแรงที่ส่งผ่านจากรางเข้าสู่แผ่นพื้นผนวกไปถึงพฤติกรรมการรับน้ำหนักของชั้นรองใต้แผ่นพื้น โดยผลการวิเคราะห์จะ

เพื่อให้ได้หน่วยแรงที่กระทำบนหน้าตัดของแผ่นพื้นในแต่ละตำแหน่งและจะทำให้สามารถออกแบบรายละเอียดหน้าตัดและเหล็กเสริมบนแผ่นพื้นได้

- การออกแบบชั้นดินรองทาง จะเน้นถึงการเตรียมพื้นดินให้มีค่ากำลังแบกทาน (Bearing capacity) ที่เพียงพอต่อการรับน้ำหนักจากชั้นทางด้านบน โดยในการก่อสร้างจะมีการทดสอบเพื่อตรวจสอบถึงกำลังและคุณภาพของชั้นดิน



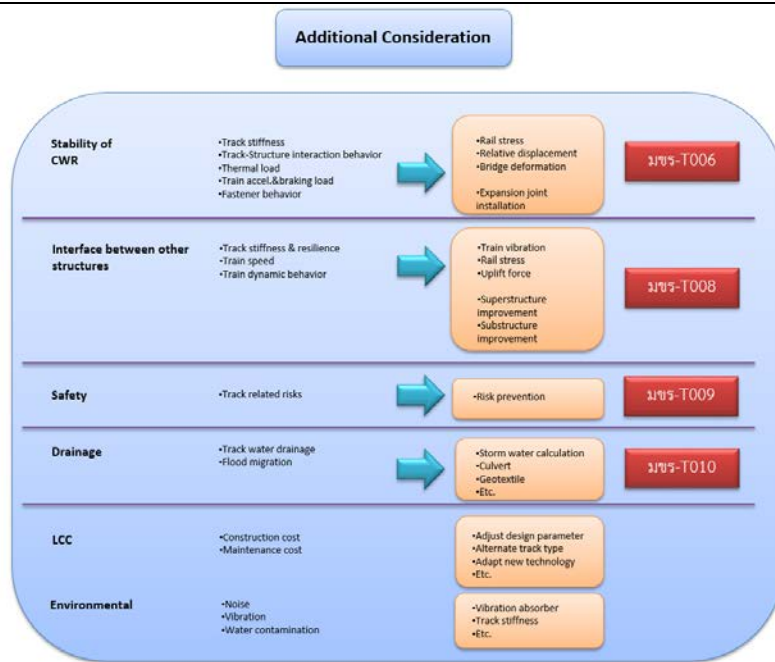
รูปที่ 9-4 การออกแบบองค์ประกอบของทางรถไฟแบบใช้หินโรยทาง



รูปที่ 9-5 การออกแบบองค์ประกอบของทางรถไฟแบบไม่ใช้หินโรยทาง

- การออกแบบเพิ่มเติมเพื่อรองรับปัจจัยในด้านอื่นๆ (Additional consideration) โดยมีเนื้อหาของการออกแบบเพิ่มเติมเพื่อให้ทางรถไฟมีความสมบูรณ์และสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- การออกแบบเพื่อควบคุมพฤติกรรมของรางเชื่อมยาว เป็นการออกแบบเพื่อป้องกันความเสียหายของทางรถไฟเนื่องจากหน่วยแรงที่เกิดขึ้นไปบนแนวยาวของราง ซึ่งต้องมีการวิเคราะห์ถึงหน่วยแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นภายใต้สภาวะต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การเร่งและเบรคของรถไฟ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟและสะพาน เป็นต้น ทั้งนี้ในการก่อสร้างจะต้องมีการควบคุมหน่วยแรงบนรางให้อยู่ในช่วงที่กำหนดโดยตรวจสอบอุณหภูมิในการวางรางหรือมีการคลายความเค้นในราง เป็นต้น
- การออกแบบทางรถไฟบริเวณตำแหน่งเปลี่ยนผ่าน เนื่องจากความแตกต่างของความแข็งเกร็งบนโครงสร้างทางต่างชนิดกันจะส่งผลให้เกิดการกระแทกขึ้นระหว่างล้อและราง เช่นบริเวณทางรถไฟบนพื้นดินบริเวณคอสะพาน ซึ่งการกระแทกดังกล่าวจะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วในบริเวณดังกล่าว ดังนั้นในการออกแบบจะต้องมีการควบคุมการกระแทกที่เกิดขึ้น รวมไปถึงปรับปรุงการก่อสร้างทางบริเวณดังกล่าวให้มีการเปลี่ยนแปลงความแข็งเกร็งอย่างค่อยเป็นค่อยไป
- การออกแบบระบบระบายน้ำ เป็นหัวใจสำคัญในการรักษาสภาพของทางวิ่งให้คงทน ซึ่งจะมีการกำหนดรายละเอียดในการประมาณค่าปริมาณน้ำที่เข้ามาสู่ระบบและการจัดการให้น้ำไหลออกไปโดยไม่มีการท่วมขังและการกัดเซาะ
- ความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับทางรถไฟ เป็นการควบคุมเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นขณะทำงานบนทางรถไฟ
- การคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและบำรุงรักษา โดยอาจจะต้องพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุน เทคโนโลยีในการก่อสร้างและตรวจวัด อัตราการเสื่อมสภาพของส่วนประกอบทางฯ จำนวนรอบและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการปิดเส้นทางเพื่อทำงานบนสายทาง เป็นต้น
- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลกระทบที่สำคัญของระบบขนส่งทางรางที่มีต่อชุมชนคือ เสียงและการสั่นสะเทือน ซึ่งการออกแบบโดยใช้อุปกรณ์พิเศษติดตั้งไปบนทางฯ เช่น แผ่นรองราง แผ่นรองใต้หมอน ประกับยางติดข้างรางเพื่อดูดซับการสั่น แผ่นกันเสียง เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้จะสามารถลดความรุนแรงของเสียงและการสั่นสะเทือนได้ อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการติดตั้งรวมถึงการซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งาน



รูปที่ 9-6 การออกแบบทางรถไฟเพื่อรองรับปัจจัยอื่นๆ

การก่อสร้างและการตรวจสอบรับรองทางรถไฟ

เนื้อหาของคู่มือฯ ในการก่อสร้างทางรถไฟนั้น จะแบ่งประเภทของการก่อสร้างไปตามรูปแบบของทางฯ ซึ่งสามารถแบ่งได้สองประเภทหลักคือ การก่อสร้างทางฯ แบบใช้หินโรยทางและการก่อสร้างทางฯ แบบไม่ใช้หินโรยทาง โดยการก่อสร้างทางรถไฟแบบใช้หินโรยทางนั้นมีขั้นตอนหลักในการดำเนินการดังนี้

- การสำรวจ เป็นการสำรวจวางตำแหน่งแนวเส้นทางไปตามภูมิประเทศตามที่ได้ออกแบบไว้เพื่อทำการประเมินปริมาณงานในการขุดและถมดิน หรือในบางกรณีจะเป็นการก่อสร้างสะพานหรือขุดอุโมงค์ เป็นต้น
- การจัดเตรียมพื้นที่ เป็นการจัดการพื้นที่บริเวณทางรถไฟเพื่อเตรียมการก่อสร้างโครงสร้างพื้นทาง โดยขั้นตอนนี้จะมีการเคลียร์หน้าดิน ขุด เจาะ ถม เพื่อให้สามารถก่อสร้างทางรถไฟในบริเวณที่ต้องการได้ นอกจากนี้งานด้านการระบายน้ำอาจมีการดำเนินการได้ในขั้นตอนนี้ด้วย
- การจัดเตรียมชั้นดินรองทาง ในขั้นตอนนี้เป็นการก่อสร้างชั้นดินเพื่อรองรับทางฯ โดยจะมีการถมและบดอัดดินเป็นชั้นๆ เพื่อให้ได้คุณสมบัติของดินที่มีกำลังแบกทานตามต้องการ โดยหลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้แล้วจะมีการทดสอบคุณสมบัติของดินพื้นทางรวมทั้งตรวจสอบระดับและแนวเส้นทางให้อยู่ในเกณฑ์ก่อนที่จะทำการก่อสร้างขั้นต่อไป
- การลงหินชั้นแรก โดยให้มีความหนาตามที่ได้กำหนดไว้ในแบบจากการใช้รถลงหินโรยทาง (Ballast Paver) และการหินโรยทางชั้นแรกนั้นจะต้องทำบนพื้นที่เตรียมการเรียบร้อยแล้วได้รับการตรวจสอบว่าได้ระดับตามแบบแล้ว ในการเกลี่ยหินควรระมัดระวังระดับด้านบนของหินโรยทางเพื่อไม่ให้เกิดสภาพการรับน้ำหนักเฉพาะบริเวณช่วงส่วนกลางของหมอนคอนกรีต (Center Binding Condition) นอกจากนี้ก่อนการลงหินอาจมีการนำหมอนมาวางกระจายไว้ข้างทางเพื่อจะได้นำไปจัดวางได้ในขั้นตอนที่ต่อไป
- การวางหมอนรองราง จะดำเนินการโดยจัดเรียงหมอนบนหินโรยทางชั้นแรกให้มีระยะห่างตามที่ได้กำหนดไว้ในแบบ โดยควบคุมตำแหน่งการวางตัวของหมอนให้ได้ฉากกับทางฯ รวมทั้งจัดวางให้หมอนถูกรองรับด้วยหินโรยทางอย่างสม่ำเสมอไปตลอดความยาว

- การวางราง ในขั้นตอนนี้จะเป็นการวางรางเข้าสู่ตำแหน่งบนหมอน โดยใช้เครื่องมือเพื่อลากรางลงบนลูกกลิ้งรับน้ำหนักที่ติดตั้งอยู่สูงเหนือหมอนรองรางซึ่งสามารถเลื่อนรางไปจนสุดความยาว นอกจากนี้รางอาจถูกเชื่อมต่อกันก่อนโดยการเชื่อมหรือใช้เหล็กประกับราง

- การประกอบชุดอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง ซึ่งประกอบด้วย แผ่นรองราง คลิปสปริง และฉนวน โดยหลังการยึดรางแล้วเสร็จ จำเป็นต้องตรวจสอบระยะห่างของรางรวมทั้งความสมบูรณ์ของชุดอุปกรณ์อีกครั้งหนึ่ง

- การลงหินชั้นที่สอง เป็นการลงหินเพื่อให้คลุมหัวหมอนรวมทั้งเติมช่องว่างระหว่างหมอนให้เต็มเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของหมอนในแนวระนาบ

- การยกรางและอัดหิน ดำเนินการโดยใช้รถอัดหิน (Tamping Machine) ในการอัดหินโรยทางใต้หมอนรองรางหรือประแจ พร้อมการปรับแนวรางและยกระดับรางไปคราวเดียวกัน ซึ่งอาจจำเป็นต้องวิ่งรถอัดหินซ้ำกันหลายรอบเพื่อให้ได้แนวรางและระดับรางตามที่ได้กำหนดไว้ในแบบ

- การสันทางรถไฟ โดยใช้รถสันหิน (Track Stabilizer) ทำให้หินโรยทางมีการจัดเรียงตัวที่ดีและมีค่าความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น

- การยกรางและอัดหินโรยทางขั้นสุดท้าย หลังการสันทางรถไฟโดยใช้รถสันหิน (Track Stabilizer) แล้วทางรถไฟจะยุบตัวลงประมาณ 15–20 มิลลิเมตร จึงจำเป็นต้องใช้รถอัดหิน (Tamping Machine) เข้าทำการปรับแนวราง ยกระดับราง และอัดหินโรยทางขั้นสุดท้าย เพื่อให้เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ในแบบ

- การตรวจสอบและรับรอง หลังจากทำการก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์แล้วจะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของทางรถไฟซึ่งจะประกอบไปด้วยการตรวจสอบตำแหน่งของแนวเส้นทางว่าเบี่ยงเบนจากการออกแบบไปมากน้อยเพียงใด ค่าระยะเผื่อรอบทางฯ รูปร่างของผิวทางฯ ทั้งในด้านแนวราบ แนวตั้ง ความกว้างทางและความต่างระดับกันของราง นอกจากนี้ยังต้องมีการตรวจสอบถึงความสมบูรณ์ในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ประแจและอุปกรณ์ควบคุม จุดต่อราง อุปกรณ์ยึดเหนี่ยว ความหนาแน่นของหมอนรวมไปถึงความสมบูรณ์ในการวางรางเชื่อมยาวให้อยู่ในสถานะไม่มีความเค้น เป็นต้น โดยการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บตัวอย่างให้เพียงพอเพื่อเป็นตัวแทนของสายทางทั้งหมด

สำหรับทางรถไฟแบบไม่ใช้หินโรยทางจะมีขั้นตอนการเตรียมพื้นดินชั้นรองทางคล้ายคลึงกับทางรถไฟแบบใช้หินโรยทาง โดยจะมีความแตกต่างกันสำหรับการก่อสร้างโครงสร้างส่วนบน ดังนี้

- การเตรียมชั้นรองพื้นคอนกรีต เป็นการเทพื้นทับหน้าชั้นดินเพื่อปรับระดับให้เที่ยงตรงและเตรียมที่สร้างแผ่นพื้นรองรางในขั้นต่อไป

- การก่อสร้างพื้นคอนกรีต ในขั้นตอนนี้จะมีวิธีการก่อสร้างแตกต่างกันออกไปตามวิธีการออกแบบแผ่นพื้น โดยสามารถแบ่งเป็นสองกลุ่มหลักคือ แผ่นพื้นคอนกรีตแบบหล่อในที่ซึ่งจะมีการวางเหล็กเสริมและเทคอนกรีตทับลงไป กลุ่มที่สองคือแผ่นพื้นคอนกรีตแบบหล่อสำเร็จซึ่งจะผลิตสำเร็จมาจากโรงงานและนำมาติดตั้งลงสู่พื้นที่ได้เตรียมไว้

- การวางรางและการประกอบชุดอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง เมื่อแผ่นพื้นถูกติดตั้งเรียบร้อยแล้ว รางจะถูกวางไปตลอดความยาวและชุดอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวจะถูกติดตั้งเพื่อยึดรางให้เข้าที่ โดยในกระบวนการนี้อาจมีการปรับระดับของรางรวมไปถึงความกว้างของทางให้เป็นไปตามที่ออกแบบ

- การตรวจสอบและรับรอง เช่นเดียวกับทางรถไฟแบบใช้หินโรยทาง หลังจากทำการก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์แล้วจะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของทางรถไฟ โดยการตรวจสอบจะต้องทำการเก็บตัวอย่างให้เพียงพอเพื่อเป็นตัวแทนของสายทางทั้งหมด

- จากขั้นตอนการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟดังที่กล่าวข้างต้น ที่ปรึกษาได้กำหนดรายละเอียดที่สำคัญของคู่มือซึ่งมีความสอดคล้องกับมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟดังนี้

- การออกแบบและก่อสร้างเขตโครงสร้างทางรถไฟ

- ลักษณะทั่วไปและองค์ประกอบของเขตโครงสร้างทางรถไฟ
- พิกัดเขตโครงสร้าง
- เหตุการณ์ทางขวางแบบสุ่ม (Random transverse phenomena)
- การคำนวณเขตโครงสร้างทางรถไฟ
- ข้อกำหนดในการหาพิกัดสถิตศาสตร์ (Static Gauge)
- การหาผลรวมของค่าที่ย่อมให้
- ข้อบังคับในการหาพิกัดเชิงจลน์ (Kinematic Gauge)
- ข้อบังคับในการหาพิกัดเชิงพลวัต (Dynamic Gauge)
- การออกแบบและวางแนวเส้นทางรถไฟ
 - การออกแบบเส้นทางรถไฟในทางราบ (Horizontal Profile)
 - รัศมีของโค้งทางราบ
 - การยกโค้ง
 - การยกโค้งส่วนขาด
 - การยกโค้งส่วนเกิน
 - ความลาดชันของค้ายกโค้ง
 - อัตราการเปลี่ยนแปลงค้ายกโค้ง
 - อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าการยกโค้งส่วนขาด
 - โค้งเปลี่ยนผ่าน
 - โค้งประแจ
 - การขยายแนวรางบริเวณโค้ง
 - การออกแบบเส้นทางรถไฟทางตั้ง (Vertical Profile)
 - โค้งตั้ง (Vertical Curve)
 - ความชันของทาง (Gradient)
 - เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของแนวเส้นทางรถไฟ
- ทางรถไฟแบบมีหินโรยทาง
 - การออกแบบโครงสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรยทาง (ชั้นหินอนุภาค)
 - ตัวแปรสำหรับการออกแบบ
 - ขนาด และ มิติ ของหน้าตัดโครงสร้างทางส่วนล่าง
 - การวิเคราะห์สำหรับการออกแบบชั้นหินอนุภาค
 - การออกแบบและก่อสร้างชั้นดินพื้นทางและคันทางสำหรับทางรถไฟแบบมีหินโรย
 - การสำรวจและการทดสอบวัสดุฐานราก
 - การออกแบบ
 - การก่อสร้าง
 - การลอกหน้าดินและนำวัสดุที่ไม่แข็งแรงออก
 - การออกแบบและก่อสร้างชั้นรองหินโรยทางรถไฟ

- การออกแบบ
- วัสดุสำหรับก่อสร้างชั้นรองหินโรยทาง
- การก่อสร้างชั้นรองหินโรยทาง
- ทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง
 - องค์ประกอบและชนิดของทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง
 - แรงกระทำที่พิจารณา (Load Condition)
 - องค์ประกอบของน้ำหนักบรรทุกที่ต้องพิจารณา
 - แรงกระทำในแนวตั้ง (Vertical Load)
 - แรงกระทำในแนวราบ (Horizontal Forces)
 - ชนิดของแรงกระทำ
 - การออกแบบโครงสร้างทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง
 - การคำนวณหน่วยแรงที่เกิดขึ้นกับแผ่นพื้น
 - ขั้นตอนในการออกแบบ
- รางเชื่อมยาว
 - การวิเคราะห์และตรวจสอบรางเชื่อมยาว
 - หน่วยแรงบนรางเชื่อมยาว
 - ปฏิสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟที่วางรางเชื่อมยาวและสะพาน
 - ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมปฏิสัมพันธ์ของทางรถไฟและสะพาน
 - การตรวจสอบและประเมินความปลอดภัย
 - หน่วยแรงในแนวยาวที่ยอมให้บนหน้าตัดราง
 - การใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์โครงสร้างรางเชื่อมยาว
 - การก่อสร้างรางเชื่อมยาว
 - การบำรุงรักษารางเชื่อมยาว
- องค์ประกอบโครงสร้างทางรถไฟ
 - ราง
 - หน้าตัดรางและวัสดุ
 - การออกแบบเพื่อเลือกหน้าตัดราง
 - การทดสอบและตรวจสอบคุณภาพราง
 - การเชื่อมราง
 - การเชื่อมไฟฟ้า
 - การเชื่อมเทอร์มิต
 - การเชื่อมประแจ
 - การทดสอบและตรวจสอบคุณภาพการเชื่อมราง
 - ประกับราง
 - คุณสมบัติทางกลและการทดสอบประกับราง

- คุณสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้าและการทดสอบ
- จุดต่อเพื่อขยาย
 - องค์ประกอบและวัสดุของจุดต่อเพื่อขยาย
 - คุณสมบัติและการทดสอบจุดต่อเพื่อขยาย
- อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง
 - องค์ประกอบและวัสดุของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง
 - คุณสมบัติและการทดสอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง
- หมอนคอนกรีตของรางรถไฟ
 - การออกแบบหมอนคอนกรีตของรางรถไฟ
 - การทดสอบหมอนคอนกรีต
- ประแจ
 - รูปแบบและองค์ประกอบของประแจ
 - การออกแบบลักษณะทางกายภาพของประแจ
 - การติดตั้งประแจ
 - การตรวจสอบและความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของประแจ
- การออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟบริเวณจุดเปลี่ยนผ่าน (Transition Zone)
 - ความสัมพันธ์ระหว่างทางรถไฟและโครงสร้างอื่น ๆ
 - หลักการวิเคราะห์และออกแบบ
 - แบบจำลองทางพลศาสตร์ของรถไฟ (Railway vehicle dynamic model)
 - แบบจำลองทางพลศาสตร์ของทางรถไฟ (Track dynamic model)
 - ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรถไฟและทางวิ่ง (Vehicle-Track interaction)
 - ความขรุขระของทางรถไฟ (Track irregularities)
 - การวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ (Dynamic analysis procedure)
 - การทดสอบด้วยการตรวจวัดจริง (Field experiment)
 - การก่อสร้างทางวิ่งบริเวณจุดเปลี่ยนผ่าน
 - ตัวอย่างการก่อสร้างเพื่อแก้ปัญหาในบริเวณจุดเปลี่ยนผ่าน
- ความปลอดภัยในการทำงานบนทางรถไฟ
 - ขั้นตอนการใช้คู่มือระบบความปลอดภัยในการทำงานบนทางรถไฟ
 - มาตรการรักษาความปลอดภัยบนทางรถไฟ
 - มาตรการออกแบบระบบความปลอดภัยตามความเสี่ยงที่ 1
 - มาตรการรักษาความปลอดภัยตาม ความเสี่ยงที่ 2
 - มาตรการรักษาความปลอดภัยตาม ความเสี่ยงที่ 3
 - มาตรการรักษาความปลอดภัยตาม ความเสี่ยงที่ 4
 - มาตรการรักษาความปลอดภัยตาม ความเสี่ยงที่ 5

- ข้อปฏิบัติในการทำงานบนทางรถไฟ
- สารสำคัญของการทำงานบำรุงทาง
- การปกป้องลดความเร็วในการซ่อมทางธรรมดา
- งานบำรุงทางนอกเขตสถานีทางสะดวกซึ่งต้องปิดทาง
- งานบำรุงทางนอกเขตสถานีทางสะดวกซึ่งต้องปิดทางและต้องทำโดยฉุกเฉิน
- งานบำรุงทางในเขตสถานีทางสะดวกซึ่งต้องปิดทาง
- การออกแบบและก่อสร้างทางระบายน้ำ
 - ประเภทของระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ
 - ระบบระบายน้ำผิวดิน
 - รางระบายน้ำด้านข้าง
 - รางดักน้ำ
 - รางระบายน้ำรวมออกนอกพื้นที่
 - ระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน
 - หน้าที่ของระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน
 - ประเภทของระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน
 - ประเภทของวัสดุในงานระบายน้ำใต้ผิวดิน
 - การออกแบบระบบระบายบนทางรถไฟ (Design of Track Drainage)
 - ข้อกำหนดของการออกแบบ (Design Criteria)
 - การระบายน้ำผิวดิน
 - การระบายน้ำใต้ผิวดิน
 - การตรวจสอบการออกแบบ (Design investigation)
 - ขอบเขตของการตรวจสอบ
 - การกำหนดรูปแบบระบบระบายน้ำ
 - การคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องระบายในระบบระบายน้ำ
 - รอบปีการเกิดซ้ำเฉลี่ย
 - วิธี Rational Method
 - การออกแบบการระบายน้ำผิวดิน (Surface Drainage Design)
 - การประมาณค่าอัตราการไหลสูงสุด
 - สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิง (Manning's Roughness Coefficient)
 - การกำหนดความลาดเอียงของรางระบายน้ำ
 - การคำนวณเพื่อเลือกขนาดหน้าตัดของรางระบายน้ำ
 - ตรวจสอบศักยภาพของหน้าตัดระบายน้ำที่กำหนด
 - ตรวจสอบความเร็วเฉลี่ยของการไหลในหน้าตัดที่กำหนด
 - ตรวจสอบการตาดำรงระบายน้ำ
 - การออกแบบการระบายน้ำใต้ผิวดิน (Subsurface Drainage Design)

- การระบายน้ำด้วยท่อ
- การระบายน้ำด้วยวัสดุมวลรวม
- สรุปลขั้นตอนของการออกแบบการระบายน้ำบนทางรถไฟ
- การก่อสร้างระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ
- การวางแผนและความลาดชันของระบบระบายน้ำ
- การเตรียมหน้างานก่อสร้าง
- งานชุด
- การก่อสร้างระบบระบายน้ำผิวดิน
- การก่อสร้างระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน

9.3 การจัดทำคู่มือบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจประเมินและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟในประเทศไทย โดยอ้างอิงมาจากข้อกำหนด มาตรฐานและคู่มือทั้งในประเทศและต่างประเทศ มีขอบเขตในการใช้งานสำหรับทางรถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมืองและรถไฟฟ้ามหานครในเมือง รายละเอียดข้อกำหนดในมาตรฐานฉบับนี้เน้นไปที่หลักการและแนวทางในการดำเนินการตรวจประเมินและบำรุงรักษา โดยเป้าหมายเพื่อควบคุมให้โครงสร้างทางรถไฟมีความปลอดภัย มีความสะดวกสบายในการให้บริการ มีความพร้อมต่อการใช้งานและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ตลอดอายุการใช้งานตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีหลักการสำคัญดังตารางที่ 9-1

ตารางที่ 9-1 ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง นิยาม และเป้าหมายของงานบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

ปัจจัยสำคัญ	นิยาม	เป้าหมาย
ความปลอดภัย (Safety)	โอกาสและความน่าจะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุ	ต้องทำให้มีค่าต่ำที่สุด
ความสะดวกสบาย (Comfort)	หมายความว่ารวมถึงรถไฟโดยสารและขนส่งสินค้า ต่อผลกระทบจากเสียงและการสั่นสะเทือน (Noise and Vibration) ในการให้บริการ	มีค่าความสะดวกสบาย ทั้งรถไฟโดยสารและสินค้าสูงสุด มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำสุด
ความพร้อมใช้งาน (Availability)	ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดความเสียหายและความเร็วในการใช้งานทางรถไฟ	มีความพร้อมในการให้บริการสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้
ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Economy)	ทางรถไฟที่คุณภาพไม่ดีจะส่งผลถึงค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง สภาพทางที่ไม่ดีทำให้เร่งการเสื่อมสภาพของทางรถไฟและตัวรถไฟ ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาสูงขึ้นตามไปด้วย	ประสิทธิภาพของทางต่อค่าใช้จ่ายที่คุ้มค่าที่สุด

- เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของงานบำรุงรักษาดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ที่ปรึกษาจึงได้จัดทำคู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟซึ่งประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้

● การวางแผนบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการกำหนดเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะ การซ่อมบำรุง การเปลี่ยนและปรับปรุง ตลอดจนการดำเนินการดำเนินการสร้างชิ้นใหม่ โดยคำนึงถึงกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นตลอดวงจรการใช้งานของทางรถไฟ ซึ่งค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจะเกิดขึ้นตลอดช่วงอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost) ทั้งนี้ เพื่อการดำเนินการเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟต่ำสุด ในขณะที่ยังคงสมรรถนะการใช้งานให้มีความเหมาะสม โดยในหัวข้อนี้จะประกอบไปด้วย

- การคำนวณน้ำหนักผ่านทางต่อวันและการแบ่งชั้นทาง
- คุณภาพของโครงสร้างทางรถไฟ
- การตรวจประเมินสภาพโครงสร้างทางรถไฟ
- เกณฑ์กำหนดเพื่อดำเนินการบำรุงทาง
- วงรอบของการตรวจประเมินสภาพโครงสร้างทางรถไฟและการบำรุงรักษา

● การตรวจประเมินสภาพทางรถไฟ มีเนื้อหาของแนวทางและวิธีการตรวจสอบ ทดสอบ ประเมินถึงสภาพและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นบนส่วนประกอบต่างๆของทางรถไฟ ซึ่งช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถทำการประเมินถึงสาเหตุ รวมไปถึงวางแผนการซ่อมแซมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบต่อความปลอดภัยในการเดินรถ ซึ่งมีหัวข้อดังนี้

- การตรวจประเมินรางและรอยเชื่อมต่อ
- การตรวจประเมิน Track Geometry
- การตรวจประเมินเครื่องยึดเหนี่ยวราง
- การตรวจประเมินประแจ
- การตรวจประเมินหมอนรองราง
- การตรวจประเมินชั้นหินโรยทาง
- การตรวจประเมินชั้นดินพื้นทาง
- การตรวจประเมินแผ่นพื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟ
- การตรวจประเมินระบบระบายน้ำ

● งานบำรุงรักษาและซ่อมแซม มีเนื้อหาของแนวทางปฏิบัติเพื่อทำการซ่อมแซมทางรถไฟให้กลับมาอยู่ในปกติที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ ซึ่งลักษณะงานจะมีความแตกต่างกันไปตามส่วนประกอบของทางฯ โดยมีหัวข้อดังนี้

- งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมรางและรอยเชื่อมต่อ
- งานบำรุงรักษาและซ่อมแซม Track Geometry
- งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมเครื่องยึดเหนี่ยวราง
- งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมประแจ
- งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมหมอนรองราง
- งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมชั้นหินโรยทาง
- งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมชั้นดินพื้นทาง
- งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมแผ่นพื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟ
- งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมระบบระบายน้ำ

● ความปลอดภัยในงานบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ เป็นแนวทางปฏิบัติในการทำงานบนทางรถไฟ เพื่อความปลอดภัยและลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ รวมไปถึงหลักปฏิบัติหากเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินต่างๆ

- การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม มีเนื้อหาของแนวทางและมาตรการในการควบคุมมลภาวะที่อาจเกิดจากการใช้ทางรถไฟ เช่น เสียง การสั่นสะเทือน ฝุ่นละออง รวมไปถึงการขนส่งวัตถุอันตราย เป็นต้น โดยมีหัวข้อสำคัญดังนี้
 - การควบคุมเสียงดังและการสั่นสะเทือน (Noise and Vibration Control)
 - มลพิษ (Pollution)
 - สุขภาพ (Health)
 - การขนส่งวัตถุอันตราย (Transportation of Hazardous Materials)
- แผนเผชิญเหตุต่อภัยพิบัติ มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับแนวทางและมาตรการเมื่อเผชิญเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายและความเสียหายต่อการเดินทาง โดยอาจมีมาตรการในการลดความเร็ว การเปิดทางให้ขบวนรถผ่าน รวมไปถึงการปิดเส้นทาง เป็นต้น

9.4 งานจัดทำแผนการปฏิบัติงานการนำมาตรฐานและคู่มือด้านงานโครงสร้างทางรถไฟที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในงานกำกับดูแลการให้บริการขนส่งทางรางให้มีระดับคุณภาพและความปลอดภัย

สืบเนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีกรอบ กฎหมาย พระราชบัญญัติการขนส่งทางรางและการจัดตั้งกรมการขนส่งทางรางซึ่งเป็นเจ้าภาพหลักในการดำเนินงานด้านข้อบังคับ มาตรฐานและคู่มือตามที่ได้วางแผนไว้ในแผนที่นำทางฯ ที่ปรึกษาจึงได้พิจารณาแนวทางการนำมาตรฐานและคู่มือไปใช้ประโยชน์ซึ่งจะประกอบไปด้วยสองรูปแบบตามสถานการณ์ดังนี้ 1.ภายหลังการจัดตั้งกรมการขนส่งทางราง เนื่องด้วยกระทรวงคมนาคมได้เล็งเห็นถึงปัญหาต่างๆที่จะเกิดขึ้นจึงได้ดำเนินการเตรียมการจัดตั้ง กรมการขนส่งทางรางขึ้นภายใต้กระทรวงคมนาคม เพื่อกำกับดูแลมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟโดยตรง ดังนั้นที่ปรึกษาจะส่งมอบข้อมูลของการจัดทำ มาตรฐาน และคู่มือให้กับหน่วยงานที่มีการกำกับดูแล และผลักดันให้มีการเข้าสู่ระบบการรับรองมาตรฐาน และการประกาศใช้ของ หน่วยงานกำกับดูแลต่อไป 2.ระหว่างการดำเนินการจัดตั้งกรมการขนส่งทางราง เพื่อให้เกิดการนำมาตรฐานไปใช้ประโยชน์อย่างเป็น รูปธรรมรวมถึงประเมินผล ปรับปรุงมาตรฐานให้ดียิ่งขึ้น จึงเห็นควรส่งมอบให้หน่วยงานวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง ในการนี้ทาง สนข. อาจจะ ส่งมอบลิขสิทธิ์ในการจัดพิมพ์และจำหน่ายให้กับองค์กรดังกล่าวในการดำเนินการเพื่อให้เกิดนำมาตรฐานไปใช้งาน การดำเนินการ ขึ้นตอนออกมาตราฐานและคู่มือ จัดพิมพ์และจำหน่าย ตลอดจนการประเมินมาตรฐานและคู่มือจนถึงการปรับปรุงมาตรฐานและคู่มือ ให้เป็นไปตามระเบียบขั้นตอนของหน่วยงานนั้นๆ ต่อไป

ภาคผนวก

ก. การเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ข้อมูลโครงการในวิศวกรรมสาร

การเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ข้อมูลโครงการในรูปแบบของวารสาร ที่ปรึกษาได้จัดทำและเผยแพร่ข้อมูลในวิศวกรรมสารขนาด ½ หน้า A4 ฉบับที่ 1/2560 หน้าที่ 6 ภายใต้หัวข้อมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ ดังแสดงในรูปที่ ก-1 และ ฉบับที่ 2/2560 หน้าที่ 7 ภายใต้หัวข้อการศึกษาและจัดทำคู่มือการออกแบบ ก่อสร้างและบำรุงรักษางานโครงสร้างทางรถไฟ และมาตรฐานโครงสร้างทางรถไฟ ดังแสดงในรูปที่ ก-2



รูปที่ ก-1 การเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ข้อมูลโครงการในวิศวกรรมสารฉบับที่ 1/2560



รูปที่ ก-2 การเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ข้อมูลโครงการในวิศวกรรมสารฉบับที่ 2/2560

นิยามคำศัพท์

	นิยามศัพท์	แปล
A	Abrasion	การเสียดสี การขัดกร่อน
	Abrasive	สารเชิงทราย สารขัดถู
	Absolute Block	ตอนสมบูรณ์
	Absolute Block Rule and Regulation	กฎระเบียบตอนสมบูรณ์
	Abutment	ตอม่อริมฝั่ง
	AC Track	วงจรถไฟตอนชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
	Acceleration Resistance	ความต้านทานการเร่งความเร็ว
	Acceptance	สัญญาอนุญาตให้รถไฟสามารถเข้ามาในตอนได้
	Accident	อุบัติเหตุ, อุบัติการณ์
	Accident Rate	อัตราการเกิดอุบัติเหตุ
	Accidental Protection of Level Crossing	เครื่องป้องกันอุบัติเหตุ ณ ถนนผ่านเสมอระดับทางรถไฟ
	Acoustic Alarms	สัญญาณเตือนด้วยเสียง
B	Back Pressure	ความดันโต้
	Backbone of Transportation	แกนหลักของการขนส่ง, การขนส่งสินค้าที่สำคัญที่สุด
	Backfill, Bankfill	กลบแต่ง ดินที่กลับคืนลงไป
	Backlash	ระยะช่องว่างหรือระยะที่ยับตัวได้ระหว่างชิ้นส่วนสองชิ้น
	Bad Tracks	ทางชำรุด
	Balancing Speed	ความเร็วสมดุล ความเร็วคงที่แรงขับเคลื่อนมีค่าเท่ากับคามต้านทานขบวนรถในขณะที่กำลังวิ่ง
	Bald Hydraulic Hammers	รถขุดดินตีนตะขาบ
	Ball Bearing	ตลับลูกปืน
	Ball Trolley	รถถ่อล้อลูกปืน
	Ballast	หินโรยทาง
	Ballast Cleaner	รถล้างหิน
	Ballast Cleaning, Cleaner	ล้างหินด้วยรถ
	Ballast Cleaning, Partially	ล้างหินบางส่วน
	Ballast Cleaning, Partially in Tunnel	ล้างหินบางส่วนในอุโมงค์
	Ballast Cleaning, Sleeper End	ล้างหินหัวหมอน
	Ballast Cleaning, Totally	ล้างหินทุกส่วน
	Ballast Hopper Car	รถบรรทุกถลุงหิน

นิยามศัพท์	แปล
Ballast Pocket	หลุมหิน
Ballast Regulator	รถเกลี่ยหิน
Ballast Resistance	ค่าความต้านทานหินโรยทาง
Ballast Stopper	แผงกั้นหิน
Ballast Tamping	อัดหินด้วยรถ
Ballast Train	ขบวนรถหิน ขบวนรถบรรทุกหิน
Ballast Trap at Dead End Track	ทำคอกกั้นหินปลายทางตัน
Ballasted Track	ทางใช้หินโรยทาง
Ballasting	ลงหินฝุ่น
Ballasting & Regulating, BHW	ลงและเข้าหินโรยทางโดย บทข.
Ballasting & Regulating, LS	ลงและเข้าหินโรยทางโดย ขต.
Ballasting Shoulder Consolidation	ตบหินหัวหมอน
Ballasting, LS	ลงหินโรยทางโดย ขต.
Ballastless Track	ทางไม่มีหินโรยทาง
Bar Anchor Fill	ชะแลงใส่สมอกันรางเดิน
Barrier	เครื่องกั้น
Base Case	กรณีพื้นฐาน ชั้นพื้นฐาน
Base Plate	จานรองราง
Basic Formation	รูปขบวนมาตรฐาน, ขบวนรถมาตรฐาน
Batter Rail	รางแบน
Battery Charger	เครื่องประจุกระแสไฟเข้าแบตเตอรี่
Beam Launcher	โครงสร้างติดตั้งคาน
Bearing	จานรองสะพาน, แบริ่ง, รองเพลลา
Bearing Spring	แหนบรับน้ำหนัก
Bearing Spring Bracket	สำนักรับหัวแหนบ
Bearing Wedge or Liner	เหล็กกดหลังกัปเพลลา
Beater	เครื่องมืออัดหินด้วยแรงคน ช้อนตอกตะปูราง
Berm	ชานดินราบ
Berth Track Circuit	วงจรตอนหน้าเสาสัญญาณที่มีท่าห้าม
Better Millwork	การไสรางให้ได้รูปดีขึ้น
Bevel Gear	ฟันเฟืองทรงกรวย
Bi – Direction	การเดินรถสองทิศทาง
Bill of Quantity, BOQ	บัญชีรายการปริมาณ
Blink	กระพริบ ส่องแสงเป็นระยะ

นิยามศัพท์	แปล
Block Clear	ทางสะดวก
Block Indicator	เครื่องหมายแสดงสถานะระบบเครื่องทางสะดวก
Block Indicator	หลอดไฟแสดงสถานะของเครื่องทางสะดวก
Block Initial	ต้นตอน
Block Request	ขอทางสะดวก
Block Section	ตอน
Block Station	สถานีทางสะดวก
Block Station Master	นายสถานีทางสะดวก
Block Station which has Full Interlocking Signals	สถานีทางสะดวกที่มีประแจกลหมู่
Block Station which has installed the Semi-Interlocking Signal	สถานีทางสะดวกที่มีประแจกลเดี่ยว
Block System	ระบบเครื่องทางสะดวก
Block Termination	ปลายตอน
Block Train	ขบวนรถสินค้าที่ตัด/รับตามจุดที่กำหนด
Blocking	การงดใช้
Blocking Pieces	เหล็กก้ามปูเครื่องถ่วงสายของระบบประแจกลหมู่สายลวด
Blow By	การร่วของก๊าซในกระบอกสูบ
Bo-Bo	การจัดวางล้อรถจักร 2 เพลาต่อหนึ่งแคร่
Board	สำนัก สภากรรมการ แผ่น แผง
Boarding and Alighting	ขึ้นและลงรถ
Bogie	แคร่
Bogie Bolster	เพลาแคร่
Bogie Brake Van	รถโบกี้สัมภาระมีเครื่องห้ามล้อ
Bogie Buffet Third Class Carriage	รถโบกี้ชั้นที่สามขายอาหาร
Bogie Carriage Truck	รถโบกี้บรรทุกล้อเลื่อน
Bogie Cement Hopper Wagon (Pressure Discharge)	รถโบกี้บรรทุกปูนซีเมนต์เทล่างระบบลมอัด
Bogie Cement Hopper Wagon (Self Discharge)	รถโบกี้บรรทุกปูนซีเมนต์เทล่างระบบธรรมดา
Bogie Container Flat Wagon (BCF)	รถโบกี้บรรทุกตู้สินค้า
Bogie Covered Goods Wagon	รถโบกี้ตู้ใหญ่
Bogie Covered Goods Wagon with Sliding Walls	รถโบกี้บรรทุกเปิดเลื่อนด้านข้าง

นิยามศัพท์	แปล
Bogie Flat Wagon	รถโบกี้ข้างโล่ง
Bogie Frame	โครงแคร่
Bogie Full Van	รถโบกี้สัมภาระมีเครื่องห้ามล้อ
Bogie Heavy Flat Wagon	รถโบกี้ข้างต่ำสำหรับบรรทุกยานขนาดหนัก
Bogie High-Sided Wagon	รถโบกี้ข้างสูง
Bogie Hopper Wagon	รถโบกี้เทข้าง
Bogie Low-Sided Wagon	รถโบกี้ข้างต่ำ
Bogie LPG. Tank Wagon	รถโบกี้บรรทุกก๊าซปิโตรเลียมเหลว
Bogie Maintenance-of-way Carriage	รถโบกี้บำรุงทาง
Bogie Oil-Tank Wagon	รถโบกี้บรรทุกน้ำมัน
Bogie Power Diesel Railcar Non Driving Cab	รถกำลังดีเซลรางไม่มีห้องขับ
Bogie Power Diesel Railcar with Driving Cab	รถกำลังดีเซลรางมีห้องขับ
Bogie Power Van	รถโบกี้จ่ายไฟฟ้า
Bogie Radio Communication Van	รถโบกี้วิทยุสื่อสาร
Bogie Reserved Saloon	รถโบกี้จัดเฉพาะ
Bogie Restaurant Car	รถโบกี้ขายอาหาร, รถเสบียง
Bogie Second & Third Class Carriage	รถโบกี้ชั้นที่ 2-3 ติดกัน
Bogie Second Class Carriage	รถโบกี้ชั้นที่ 2
Bogie Second Class Day & Night Coach	รถโบกั้นและนอนชั้นที่ 2
Bogie Special Van	รถโบกี้จัดพิเศษ
Bogie Third Class & Van	รถโบกี้ชั้นสามและสัมภาระ
Bogie Third Class & Van	รถโบกี้ชั้น 3 และบรรทุกสัมภาระ
Bogie Third Class Carriage	รถโบกี้ชั้นที่ 3
Bogie Trallier Diesel Railcar Non Driving Cab	รถพ่วงดีเซลรางไม่มีห้องขับ
Bogie Trallier Diesel Railcar with Driving Cab	รถพ่วงดีเซลรางมีห้องขับ
Bogie Van and Second	รถโบกี้ชั้นโทและสัมภาระ
Bogie Water-Tank Wagon	รถโบกี้บรรทุกน้ำ
Bogie Well Wagon	รถโบกี้พื้นต่ำ
Boiling Point	จุดเดือด
Bolster	เบาะแคร่

นิยามศัพท์	แปล
Bolster Hanger	เหล็กแขวนเบาะแคร่ชั้นล่าง
Bolster Spring	แหนบขดเบาะแคร่
Bolsterless	ไม่มีแคร่ ไม่ใช่แคร่
Boom	แขนของเครื่องมือยกขน คานเครื่องกั้นถนน
Border Pass	เอกสารผ่านเขตแดน
Bottom Lock	ขาดานขัด
Bottom Lock Lifter	ตัวยกดานขัดชนิดปลดด้านล่าง
Bottom-up Method (A:Top-down Method)	วิธีการก่อสร้างทางส่วนบนจากล่างขึ้นบน
Boulder	หินใหญ่
Boulder for Slope Protection	หินใหญ่เสริมลาด
Boundary Post	ด่านพรมแดน
Box Anchoring	การยึดแบบบ็อกซ์
Box Culvert	ท่อสี่เหลี่ยม
Brace Rod	เหล็กค้ำชันค้ำตะพานของระบบประแจกลสายลวด
Bracket	เท้าแขน
Bracket Pin	สลักวงเล็บ
Brake Beam	คานห้ามล้อ
Brake Cylinder	หม้อสูบล้อ
Brake Distance	ระยะเบรก
Brake Equipment	อุปกรณ์เครื่องห้ามล้อ
Brake Gear	อุปกรณ์ห้ามล้อ
Brake Head	สํานักติดตั้งแท่งห้ามล้อ
Brake Horse Power, B.H.P.	กำลังม้าเบรก
Brake Hose Coupling	ท่อลมอัดต่อขบวน
Brake Rigging	ระยางห้ามล้อ
Brake Rod	ราวตั้งห้ามล้อ
Brake Shoe	แท่งห้ามล้อ
Brake Van	รถสัมภาระมีเครื่องห้ามล้อ
Braking Distance	ระยะทางการเบรก
Braking Force	กำลังเบรก กำลังห้ามล้อ
Branch Line	ทางแยก
Branch Line Haulage Charge	ค่าลากจูงในทางแยก
Break – Even Point	จุดคุ้มทุน

นิยามศัพท์	แปล
Break Down	เสียหาย ชำรุด ใช้งานไม่ได้
Break in	การขัดสีระหว่างผิวของชิ้นส่วนใหม่
Breaking Journey	การลงพักกลางทาง
Bridge Plate	จานรองรางบนสะพาน
Brigade	หมู่เจ้าหน้าที่ที่ทำงานร่วมกันในเหตุอันตราย เช่น ไฟไหม้ เป็นต้น
Broad Gauge	ขนาดทางกว้างมาตรฐาน (>4' 8 1/2" หรือ Standard Gauge)
Broken Joint	ต่อรางแตกเสียหาย
Broken Rails	รางหัก
Buffer	ตัวกั้นกลาง ตัวกัน บัฟเฟอร์ กันชน
Buffer Stop (Buffer)	แป้นปะทะ
Bulk	ถังที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมและของเหลว
Bullet Train	รถไฟหัวกระสุน ชื่อรถไฟความเร็วสูงสายแรก Tokaido Shonansen (Yokyo-Osaka) เปิดเดินรถในปี 1964
Bumper	เครื่องกันชน กันชนรถยนต์
Bunker Oil Rate	อัตราค่าระวางน้ำมันเตา
Burnuish	การขีดถู
Bushing	ปลอกกรองเพลลา
Buyer	ผู้รับสินค้า
By Pass	ทางเลี่ยงเมือง ช่องทางผ่าน ช่องทางอีกทางหนึ่ง

C

Cab	ห้องขับ
Cab Display	การแสดงผลข้อมูลในห้องขับ
Cab Signal System	ระบบสัญญาณบนหัวรถจักร
Cabin	กระท่อม ห้องเล็กๆอย่างหอนอนดีสัญญาณรถไฟ, ห้องในตู้รถ
Cabin Passenger	ผู้โดยสารที่มีห้องอยู่
Cable	เคเบิล สายเคเบิล
Cable Duct	ท่อร้อยสาย
Cable Jointing	การเชื่อมต่อสายเคเบิล
Cable Plans	แบบแสดงแนวสายเคเบิล
Calibrate	ปรับเทียบ การหาหรือปรับแต่งมาตราส่วนของเครื่องมือวัด
Call-On Signal	สัญญาณเรียกเข้า
Cam Shaft	เพลาลูกเบี้ยว
Cam-Ground Piston	ลูกสูบที่เจียรนัยเป็นรูปไข่เล็กน้อย
Cant	ค้ายกโค้ง

นิยามศัพท์	แปล
Cant Deficiency	ส่วนขาดของการยกโค้ง
Cant Equilibrium	ค่าสมดุลของการยกโค้ง
Cant Excess	ส่วนเกินของการยกโค้ง
Capacity	ความจุ ความสามารถ ขนาด ขีดจำกัด
Car Container	ตู้สินค้าบรรทุกรถยนต์
Car Line	โครงขางหลังคา
Car Load	สินค้าเหมาคัน
Car Resistance	ความต้านทานของรถ
Car Tracing System	ระบบควบคุมติดตามรถ
Carbone Signalling Unit	อุปกรณ์สัญญาณติดตั้งในรถ
Cargo	สินค้า
Cartons (CTNS)	กล่องบรรจุสินค้า
Cast-in Track	รางวางเสมอระดับพื้น, ทางเสมอระดับพื้น
Casting Confined Plate	ทำแผ่นกั้นดินหินคอนกรีตเสริมเหล็ก
Casting Ditch Covering	ฝาปิดร่องน้ำ
Casting Ground Beam	ทำคานคอดินคอนกรีตเสริมเหล็ก
Casting Ground Beam	หล่อคานคอดิน ค.ส.ล.
Catalytic Converter, CAT*	เครื่องกรองมลพิษของควันจากการเผาไหม้ของน้ำมันรถยนต์
Caution Aspect Signal	สัญญาณท่าระวัง
Caution Signal	ไปได้โดยระมัดระวัง
Cement Grouting	ฉีดยานทราย
Center Guide, AGT	ระบบ AGT ที่ควบคุมบังคับตรงกลาง
Center Pin (Pivot)	เดือยศูนย์แคว่
Center Plate	จานศูนย์แคว่
Center platform	ชานชาลากลาง
Center Sill	โครงประธานคู่กลาง
Center-Bound Track	ทางที่มีลักษณะการรองรับน้ำหนักตรงกลางหมอน
Central Traffic Control, CTC	การควบคุมการเดินรถจากศูนย์กลาง
Centralized Traffic Control (CTC)	การควบคุมระบบอัตโนมัติสัญญาณจากศูนย์กลาง
Centre	ส่วนกลางหรือศูนย์กลาง
Changing of a Crossing Place	การเปลี่ยนหลัก
Channel Tunnel Shuttle Trains	ขบวนรถไฟเดินไปกลับลอดอุโมงค์ช่องแคบ (อังกฤษ-ฝรั่งเศส)
Channel Tunnel, Eurotunnel	อุโมงค์ลอดช่องแคบอังกฤษ-ฝรั่งเศส
Chase	แต่งหรือซ่อมเกลียวที่ชำรุด

นิยามศัพท์	แปล
Chassis	ทางพ่วง
Check Rail	รางกัน
Check Valve	ลิ้นกันกลับ
Checking Post	สถานีตรวจสอบ
Chief Premanent Way Inspector, CPWI	สารวัติบำรุงทาง, สบท.
Chip Stone	หินเกล็ด
Circular Breaker	เครื่องตัดวงจร สวิตซ์ตัดตอนอัตโนมัติ
Circular Curve	โค้งกลม
Clammel	เหล็กครอบสายลวดประแจสัญญาณ
Claw Bar	ชะแลงก๊ีบหมู
Clearance Post	หลักเขตปลอดภัย
Clearing Signal	สัญญาณทางสะดวก
Cleat	เหล็กตามปลายลิ้นประแจ
Closed Switch	ประแจด้านลิ้นปิด
Co-Co	การจัดวางล้อรถจักร 3 เพลาต่อหนึ่งแคร่
Co-Ordinated Signal System	ระบบสัญญาณไฟประสาน
Coach	รถพ่วงในขบวนรถไฟ, รถโดยสารในขบวนรถไฟ
Cocking of the Joints	ต่อรางคด
COD Chemical Oxygen Demand	ความต้องการออกซิเจนทางเคมี
Collar	ฝาครอบปุ่มกดบนแผงควบคุมการเดินรถ
Colliding within Station Limit	เบียดกันในเขตสถานี
Collision with Motor – Cars	ชนรถยนต์
Collision with Trollies	ชนรถบำรุงทาง
Collisions	ชนกัน
Colour Light	สัญญาณไฟสี
Commercial Service	บริการเชิงพาณิชย์
Commercial Speed	ความเร็วพาณิชย์
Commercial Train	ขบวนรถเชิงพาณิชย์
Committing a Nuisance	การกระทำความรำคาญให้แก่ผู้อื่น
Commodity	สินค้า
Common Crossing	ชุมทางตัดประแจ
Common Point	ปุ่มร่วมกลับประแจ
Common Ticket	ตั๋วร่วม
Commuter Service	บริการขนส่งผู้โดยสารชานเมือง

นิยามศัพท์	แปล
Commuter Service	กรบริการขนส่งผู้โดยสารชานเมือง
Commuter Train	ขบวนรถชานเมือง
Compatible, Compatibility	ระบบที่ทำงานร่วมกันได้ หรืออุปกรณ์ 2 อย่างที่ทำงานร่วมกัน
Compensation	การทดแทน การชดเชย
Compensation for Curvature	การชดเชยสำหรับทางโค้ง
Compensator	เครื่องถ่วงสาย
Complete Handling	รถขนขึ้น/ลงเสร็จ
Complete Loading	รถเปล่าขนขึ้นได้
Complete Repairing	รถชำรุดซ่อมเสร็จ
Complete Unloading	รถบรรทุกขนลงได้
Compression Joints	ต่อรางพิเศษใช้ต่อรางที่มีขนาดไม่เท่ากัน
Compression Ring	แหวนอัด
Computer Engineering	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
Computer Graphic	กรใช้คอมพิวเตอร์ออกแบบและแสดงภาพบนจอ
Computer Science	วิทยาการคอมพิวเตอร์
Computer Simulation	การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์คล้ายชีวิตจริงเพื่อทดลองศึกษาวิจัย
Computer-Aided Software Engineering (CASE)	งานวิศวกรรมซอฟต์แวร์โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วย
Computerized Time Tabling and Train Diagram (CTD.)	ระบบจัดทำตารางเวลาเดินรถและแผนผังกำหนดเวลาเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์
Concession	การขอลดค่าโดยสาร
Concourse	ห้องโถงในสถานี
Concrete Ditch Clearing	ลอกร่องน้ำคอนกรีต
Concrete Sleeper	หมอนคอนกรีต
Concrete Sleeper Replacing	เปลี่ยนหมอนคอนกรีต
Conductor	ตัวนำ สื่อไฟฟ้า คนควบคุม
Confining Ballast	กั้นดินหิน
Confining Ballast with Sleeper	กั้นดินหินด้วยไม้หมอนเก่า
Connecting Rod	ก้านสูบ
Connecting Rods and Pistonpins	คันชักก้านสูบและสลักลูกสูบ
Connection Angle	เหล็กฉากรอยต่อ
Consignee (CNEE)	ผู้รับสินค้า
Consignor	ผู้ส่งสินค้า

นิยามศัพท์	แปล
Consolidation Cargo	การรวบรวมสินค้า
Construction Earth Ditch	ขุดทำร่องน้ำดิน
Construction Gauge	พิกัดโครงสร้าง
Construction Joint	รอยต่อก่อสร้าง
Construction or Repairing Concrete Ditch	ทำหรือซ่อมร่องน้ำคอนกรีต
Container	ตู้สินค้า
Container Flat Wagon	รถบรรทุกตู้สินค้า
Container Freight Station (CFS)	สถานีบรรจุและขนถ่ายสินค้า
Container Load Plan (CLP)	ผังการบรรจุสินค้าภายในตู้
Container On Flat Car (COFC)	การขนส่งทางรถไฟร่วมกับทางถนนโดยระหว่างการขนส่ง เฉพาะตู้สินค้าเท่านั้นจะถูกยกขึ้นอยู่บน รถไฟ
Container on Flat Car, COFC	การขนส่งทางรถไฟร่วมทางถนน ตู้สินค้าจะยกขึ้นบนรถไฟ
Container Rate	อัตราค่าระวางคอนเทนเนอร์
Container Yard (CY)	ลานกองเก็บตู้สินค้า
Continuous Welded Rail	รางเชื่อมยาว
Contraction	การหดตัว
Constraints on Operation	ข้อจำกัดในการเดินรถ
Control Panel	แผงควบคุมการเดินรถ
Control Panel	แผงควบคุมสัญญาณประจำสถานี
Control Room	ห้องควบคุม ห้องควบคุมการเดินรถ
Control System	ระบบการควบคุม
Control Table	ตารางแสดงขั้นตอนการควบคุมและการเตรียมทางของระบบสัญญาณไฟสี
Convection	การพาความร้อน การหมุนเวียนเปลี่ยนที่
Convergence	จุดบรรจบกัน การลู่เข้าหากัน
Cooler	อุปกรณ์หล่อเย็น อุปกรณ์ระบายความร้อน เครื่องทำความเย็น ตัวระบายความร้อน
Cooling	การระบายความร้อน กรทำให้เย็น
Copper Weld Wire	สายลวดเหล็กหุ้มทองแดง
Core	แกนของเส้นใยแก้วนำแสง
Corrective Maintenance	การบำรุงรักษาเพื่อแก้ไข การซ่อมแก้ไข
Corrosion Control	การควบคุมป้องกันสนิม
Corrode, Corrosion	การกัดกร่อน กรกร่อนสลายตัว

นิยามศัพท์	แปล
Corrugated Rail	รางเป็นคลื่น รางเป็นลอน
Cost per Train-Km	ค่าใช้จ่ายต่อขบวนรถ-กม.
Counter Service	จุดบริการลูกค้า
Counter Weight	ลูกตุ้มเหล็กของเครื่องถ่วงสายในระบบประแจกลหมู่สายลวด
Counter Weights	ตุ้มถ่วงเครื่องถ่วงสาย
Coupled	รับรถพ่วงเข้าขบวน
Coupler	ขอพ่วง
Coupler Yoke	รังเครื่องผูกลาก
Cover Plate	แผ่นเหล็กทับหลังปีก
Covered Goods Wagon	รถตู้ใหญ่
Covered Goods Wagon with Sliding Walls	รถบรรทุกเปิดเลื่อนด้านข้าง
Covered High-Sided Wagon	รถโถงมีหลังคา
Cow Catcher	ตะแกรงหน้ารถ
CPM, Count per Minute	จำนวนนับต่อนาที
CPU, Central Processing Unit	หน่วยประมวลผลกลาง
Crane	ปั้นจั่น
Crank	ข้อเสือ ข้อเหวี่ยง
Crank Case	เรือนเพลาคือข้อเหวี่ยง ห้องเครื่อง
Crank Handle	มือหมุนประแจ
Crank Handle	มือหมุนประแจกลไฟฟ้า
Crank Shaft	เพลาคือข้อเหวี่ยง
Crisis Management	การจัดการกับวิกฤตการณ์
Cross – Border Service	การบริการขนส่งข้ามแดน
Cross Arm	ไม้ค้อน
Cross Beam	โครงประธานขวาง
Cross Girder	คานขวาง
Cross Level	ระดับตามขวาง
Cross Locking Bar	ร็อบบังคับกลอนในหีบกลอน
Cross Marker	กากบาทสีแดง
Crosshead	คานปิดหัวเสา
Crossing	ทางตัดประแจ
Crossing of Trains	การหลีกขบวนรถ
Crossing Production & Repair	ผลิตและซ่อมหัวตะเข้

นิยามศัพท์	แปล
Crossover	การข้ามทางจากเส้นหนึ่งไปอีกเส้นหนึ่ง ทางข้ามของทางรถไฟ
Crude Oil	น้ำมันดิบ
Curvature	ทางโค้ง
Curve Centre Bevel	เครื่องบากศูนย์กลางทางโค้ง
Curve Resistance	ความต้านทานทางโค้ง
Curve track	ทางโค้ง
Customer Focus	การมุ่งเน้นความสำคัญของลูกค้า
Customs Control Zone	เขตควบคุมศุลกากร
Customs Duty	ภาษีศุลกากร
Customs Seal	ตราประทับของศุลกากร
Customs Territory	เขตศุลกากร
Cut Spike, Track Spike	ตะปูราง
Cuts	ทางตัด ดินตัด
Cutting Roadbed and Asphaltic Paving	ตัดดินและลาดยางแอสฟัลท์
Cutting Roadbed Shoulder	ตัดดินบ่าทาง
Cutting Roadbed, Sleeper End	ตัดดินหัวหมอน
Cycle	ไซเคิล รอบ วง
Cycle Delay	ถ่วงจังหวะ
Cycle Length	ระยะเวลาของรอบสัญญาณไฟ
Cycle Maintenance of Way	การบำรุงทางตามวาระ
Cycle Time	รอบเวลาสัญญาณไฟ
Cylinder	กระบอกสูบ
Cylinder Block	เรือนสูบ กระบอกสูบทั้งหมด
Cylinder Cover, Cylinder Head	หัวสูบ
Cylinder Liner	ปลอกกรองกระบอกสูบ
Cylinder Railway Units, CRU	ชุด roller bearing
D	
Damage to Bogies or Wagons That Require Leaving Them at a Station	รถพ่วงชำรุดตัดไว้ที่สถานี
Damage Wagons	รถชำรุด
Damper	ตัวหน่วง เครื่องหน่วง
Danger Train Warning	ป้ายสามเหลี่ยมรูปรถไฟที่เครื่องกั้นถนน
Dangerous Cargo	สินค้าอันตราย
DC Track	วงจรไฟตอนชนิดไฟฟ้ากระแสตรง

นิยามศัพท์	แปล
De – Coupling Signal	สัญญาณตัดปล่อย
De TGV, TGV (Train a'Grande Vitesse)	รถไฟความเร็วสูง TGV ของการรถไฟฝรั่งเศส
Dead End	ทางตัน
Dead Load	น้ำหนักบรรทุกตายตัว น้ำหนักคงที่
Dead Weight	น้ำหนักคงที่
Dead Zone	ระยะห่างของประกับรางชนิดมีฉนวนไฟฟ้า 2 อันในชุดประแจ
Deck Plate Girder	สะพานแผงลง
Deck Truss	สะพานโครงลง
Defective Wagons, Carriages & Locomotives	รถพ่วงและรถจักรชำรุด
Deferred Maintenance	การบำรุงรักษาเพื่อประวิงเวลา
Degree of Curvature	องศาของโค้ง การกำหนดโค้งด้วยมุมที่จุดศูนย์กลาง
Demurrage Charge	ค่ารถเสียเวลา
Demurrage on Reserved Carriage	ค่ารถเสียเวลาในการกักรถสำรองไว้รอรับ
Depart, Departure	ออก ออกเดินทาง
Derail	ตกราง
Derailer	เครื่องตกราง
Derailer Indicator	โคมตะเกียงตกราง
Despatch	พนักงานควบคุมการเดินรถ
Despatch = Dispatch	ส่ง ส่ง ควบคุม
Destination Station	สถานีปลายทาง
Detach	ตัดรถจากขบวนรถ
Detachment of Goods or Freight Wagons from the Train	การตัดรถบรรทุกสินค้าออกจากขบวนรถ
Detector	ดีเทกเตอร์ ตัวตรวจจับ เครื่องตรวจจับ
Detector Bar	เหล็กสอบลิ้นประแจกลหมู่สายลวด
Detector Blade	ใบสอบลิ้น
Detector Blade	ใบสอบลิ้นประแจกลหมู่สายลวด
Detector Lever	มือคั่นกลับสอบลิ้น
Detector Lever	มือคั่นกลับสอบลิ้นประแจกลหมู่สายลวด
Detector Rod	คันชักสอบลิ้น
Detector Rod	คันชักสอบลิ้นประแจกลหมู่สายลวด
Deterioration	การเสื่อมสภาพ
Diagonal Mamber	เมมเบอร์ตั้งเอียง

นิยามศัพท์	แปล
Diameter of New Wheel/Worn Wheel	เส้นผ่าศูนย์กลางล้อใหม่/ล้อสึก
Diamon Crossing	ทางตัดธรรมดา
Diesel Electric Locomotive	รถจักรดีเซลไฟฟ้า
Diesel Electric Multiple-Unit, DEMU	ดีเซลไฟฟ้าหลายเครื่อง
Diesel Engine	เครื่องยนต์ดีเซล
Diesel Engine	เครื่องยนต์ดีเซล
Diesel Hydraulic Locomotive	รถจักรดีเซลไฮดรอลิก
Diesel Multiple Unit, DMU	ขบวนดีเซลหลายเครื่องยนต์
Diesel Railcar	รถดีเซลราง
Digital (Electronica)	การเปลี่ยนข้อมูลเสียงให้เป็นรหัส
Dining Car	รถเสบียง
Disc Brake	ห้ามล้อจาน ดิสก์เบรก
Disc Wheel	ล้อรถชนิดทึบ
Disk Drive	เครื่องอ่านจากแม่เหล็ก
Dismantling Retired Equipment	ชิ้นส่วนหมดอายุแยกชิ้นส่วน
Dispatcher	พนักงานควบคุมการเดินรถ
Dispatching Section	งานควบคุมการเดินรถ
Distortion	การบิดเบือน การบิดเบี้ยว
District Engineer	วิศวกรกำกับทางเขต
Ditch Digging	ขุดคูระบายน้ำ
Diverging Rout	ทางแยก ทางหลีก
Diverging Speed	ความเร็วเข้าทางหลีก
Dog Chart	แผนกลอน
Dog Chart	กลอนเหล็กมือคั่นกลับสัญญาณทางปลาประแจกลมู่สายลวด
Dog Spike	ตะปูราง Track Spike (US, Cut Spike)
Double Line	ทางคู่
Double Track Line	เส้นทางคู่
Double Tracking	การทำทางคู่ การสร้างทางคู่
Double-Deck Car	ตู้รถโดยสารสองชั้น
Double-Lever	มือคั่นกลับควง
Double-Shouldered Tie Plate	จานรองรางสองบ่า
Down End Intruder	ตู้อุปกรณ์ด้านขบวนรถล่องถูกเปิด
Down End Signal Lamp Failure	สัญญาณประจำที่ด้านขบวนรถล่องขัดข้อง
Down Line	ทางด้านขบวนรถล่อง

นิยามศัพท์	แปล
Down Train	ขบวนรถล่อง
Draft Gear Key	ลิมนอน
Draft Gear Yoke	รังเครื่องฉุดลาก
Drain Cock	ก๊อกระบายออก
Drain Pipe	ท่อระบายน้ำทิ้ง
Drain Plug	ปลั๊กระบายน้ำออก
Drain Tap	ท่อแยกหยดน้ำ
Drain Valve	ลิ้นระบายน้ำ ลิ้นสะเด็ดน้ำ
Draw-Bar Pull	แรงดึงที่ข้อลาก แรงดึงในข้อพ่วง
Drawbar	เหล็กต่อลากรถ ข้อลาก
Drayage	การลากตู้สินค้า
Driver	พนักงานขับรถ พxr
Driver Mate	ผู้ช่วย พxr, ช่างเครื่อง
Driver Mate Seat	ที่นั่งช่างเครื่อง
Driver Seat	ที่นั่งพนักงานขับรถ
Driving Cab	ห้องขับ ห้องขับรถ
Driving Wheel	ล้อกำลังขับ ล้อขับเคลื่อน
Drop Shunt Test	การทดสอบระบบวงจรไฟตอน
Dry Container	ตู้สินค้าสำหรับบรรจุสินค้าแห้ง
Dual-System	ระบบสองทาง ระบบทางคู่
Dust Shield	แผงกันฝุ่น
Dwarf Type	สัญญาณแบบติดตั้ง ณ ที่ต่ำ
Dynamic Stabilisation	การปรับสภาพหินโรยทางให้แน่นทุกส่วนด้วยการเขย่า
Dynamic Stabilisation	การเสริมความมั่นคงด้วยการสั่นสะเทือน
Dynamic Track Stabiliser	เครื่องทำให้ทางมั่นคงแข็งแรงด้วยการสั่นสะเทือน
Dynamic Track Stabiliser	เครื่องเขย่าหินโรยทาง เครื่องปรับสภาพหินโรยทางให้แน่นทุกส่วน ด้วยการเขย่าหลังการใช้เครื่องอัดหิน
E	
E-Repair, Switch Maintenance	ซ่อมฉกฉวยประแจ
Earth Cut	ตัดดิน
Earth Cut in Cutting	ขุดดินในทางตัด
Earth Cut in Cutting & Slope Patching	ตัดดิน,เสริมดินลาดคันทาง
Earth Cut in Cutting (Manual, Near Haul)	ตัดดินในทางตัดแรงคนขนใกล้

นิยามศัพท์	แปล
Earth Ditch Digging & Repair	ซ่อมขุดร่องน้ำดิน
Earth Ditch Clearing	ลอกร่องน้ำดิน
Earth-Friendly (Environmental Friendly)	ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมหรือเป็นอันตรายน้อยที่สุด
Earthing System	ระบบสายดิน, ระบบต่อลงดิน
Easement Curves, Spiral Curve	โค้งต่อ
Ecology	นิเวศวิทยา
Ecosystem	ระบบนิเวศวิทยา
Elastic Fastenings	เครื่องยึดเหนี่ยวรางแบบสปริง
Elasticity of Track	ความยืดหยุ่นของทาง
Electric Car	รถไฟฟ้า
Electric Drill	สว่านไฟฟ้า
Electric Flash Welding	การเชื่อมด้วยไฟฟ้า
Electric Locomotive	รถจักรไฟฟ้า
Electric Multi Unit, Electric Multiple Unit, EMU	ขบวนรถมีมอเตอร์ไฟฟ้าหลายเครื่อง ขบวนรถไฟฟ้าหลายมอเตอร์
Electric Point Machine	ประแจกลไฟฟ้า
Electric Railcar	รถไฟฟ้า
Electric Supply Station	สถานีจ่ายไฟฟ้า
Electrical Interlocking	การบังคับสัมพันธ์ทางไฟฟ้า
Electromagnetic Compatibility, EMG	การเกิดแม่เหล็กไฟฟ้า
Electromechanical Interlocking	ประแจกลไฟฟ้าชนิดบังคับสัมพันธ์ด้วยเครื่องกล
Elevated Railway	รถไฟยกระดับ รถไฟลอยฟ้า (Sky Train)
Emergency Call-on Signals	สัญญาณเรียกเข้าฉุกเฉิน
Emergency Operation	การเดินรถในเวลาฉุกเฉิน
Emergency Repair	ซ่อมฉุกเฉิน
Emergency Repair Tolerance	พิกัดซ่อมฉุกเฉิน
Emergency Route Release	การยกเลิกฉุกเฉินการเตรียมทาง
Empty Container	ตู้สินค้าเปล่า
Empty Wagon	รถสินค้าเปล่า
EMS, European Monetary System	ระบบเงินตราของประชาคมยุโรป (EC)
EMU, European Monetary Union	สหภาพการเงินของยุโรป
End Detector	เครื่องสอบลิ้นสุด
End Floor Beam	คานขวางริม
End of Block Section	ตอนสิ้นสุด

นิยามศัพท์	แปล
End Post	เสาริม
End Stiffener	เหล็กฉากกันแผ่นเหล็กเอวคดงอตัวริม
End Stringer	คานรองรับหมอนตัวนอก
End Strut	แกนแนวขวางริม
End Sway Bracing	แกนแนวตั้งริม
End-Bound Track	ทางที่มีลักษณะการรองรับน้ำหนักที่ปลายทั้งสองของหมอน
Engine Burned Rail	รางเป็นแผลเนื่องจากล้อรถจักร
Engine Driver	พนักงานขับรถ
Engine Lathe	เครื่องกลึง
Engine Oil	น้ำมันเครื่อง
Engineman	ช่างเครื่อง คนดูแลเครื่องกล
Entry Signal	สัญญาณเข้า
Equalising Stay	สแตย์ยึดเบาะแคร่ชั้นล่าง
Equilateral Turnout	ทางหลักสองข้างเท่ากัน
Equilibrium Cant	ค้ายกโค้งตามทฤษฎี ค้ายกโค้งสมดุล
Escape Rout	เส้นทางหลบภัย เส้นทางหนีภัย
Euro Train Explorer Rail Pass	บัตรโดยสารยูโรเทรนเอ็กซ์พลอเรอร์
Eurotunnel	อุโมงค์ลอดช่องแคบอังกฤษ-ฝรั่งเศส
Evacuation	การอพยพขนย้ายผู้คน
Evading Payments	หลีกเลี่ยงไม่ยอมเสียเงินค่าโดยสาร
Excess Fare	ค่าโดยสารเพิ่ม
Excesssive Pressure Valve for Oil	ลิ้นกำหนดความดันของน้ำมันไม่ให้เกินพิกัด
Excursion Service	บริการนำเที่ยว
Excursion Train	ขบวนรถนำเที่ยว
Executive Information System, EIS	ระบบสารสนเทศเพื่อผู้บริหาร
Exhaust Manifold	ท่อไอเสียออก
Exhaust Port	ช่องปล่อยลมออก
Exhaust Valve	ลิ้นไอเสีย ลิ้นปล่อย ลิ้นอากาศเสีย
Exit Signal	สัญญาณออก
Expansion Joint	รอยต่อให้ขยายตัว
Expansion Tank	ถังขยาย
Expert System	ระบบผู้เชี่ยวชาญ
Export Processing Zone (EPZ)	เขตอุตสาหกรรมส่งออก
Exporter	ผู้ส่งสินค้า

นิยามศัพท์	แปล
Express Train	ขบวนรถด่วน
Express Way	ทางด่วน ทางพิเศษ
External Lock	การล็อกคั่นประแจแบบภายนอก
F	
F.H.P. Friction Horsepower	กำลังม้าความฝืด
Facility Supervisory Control	การควบคุมสั่งการเครื่องอุปกรณ์อำนวยความสะดวก
Facing Point	ประแจสวน
Fail-safe; Fail-proof	ไม่มีผิดพลาด (เครื่องหยุดทำงานเมื่อมีสิ่งผิดปกติ)
Falling Weight Deflectometry	เครื่องมือวัดการแอ่นตัวที่ใช้น้ำหนักตกกระแทก
Falsework	แบบหล่อ
Fare	ค่าโดยสาร
fare Collection	การเก็บค่าโดยสาร
Fare Rate	อัตราค่าโดยสาร
Fast Lane (Track)	ลู่วางที่คนต้องการขับรถเร็ว การใช้ชีวิตแบบเร่งด่วน การทำงานอย่างรวดเร็ว
Fastening	เครื่องยึดเหนี่ยวราง
FCFS (first come, first served)	การจัดหลักทางแบบ FCFS, การจัดการเดินรถให้กับขบวนรถที่ถึงก่อนเป็นอันดับแรก
Fee Pass	ค่าธรรมเนียมผ่านทาง
Feeder	เรือพืดเดอร์
FEU (Forty Foot Equivalent Unit)	เอฟอียู, หน่วยนับตู้สินค้าขนาด 40 ฟุต
Fibre Optical Cable	เคเบิลใยแก้ว
Fibre Optics	เส้นใยแก้วนำแสง
FIFO (first in, First out)	การจัดหลักทางแบบ FIFO, การจัดการเดินรถตามลำดับกำหนดเวลาที่ได้วางไว้อย่างเคร่งครัด
Fill	ดินถม ทางถม
Fills and Cuts	ทางถมและทางตัด
Finite Element Method, FEM	วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
Firewood Stock and Sleeper on Fire	ไฟไหม้สต็อกฟืนและไม้มอน
Fish Plate	เหล็กประกบราง
Fish Plate Clearing	ล้างเหล็กประกบราง
Fishbolts	สลักเกลียวต่อราง
Fissure	รอยแยก
Fixation	การยึดตรึง

นิยามศัพท์	แปล
Fixed Cost	ต้นทุนคงที่
Fixed Crossing	ทางตัดผ่านคงที่ (ไม่มีประแจ)
Fixed Sign Board	ป้ายสัญญาณ
Fixed Signal	สัญญาณไฟประจำที่
Fixed Signal Not in Use	สัญญาณประจำที่งดใช้
Fixed Signals Put Back in Service	สัญญาณประจำที่ชำรุดได้กลับคืนดีแล้ว
Flake, Flaky	เกล็ด สะเก็ด กระบิ แผ่น
Flange	ปีก หน้าจาน ขอบล้อ บังใบล้อ
Flangeway	ร่องทางบังใบล้อ ร่องทางล้อ
Flash Butt Welding	เชื่อมไฟฟ้า
Flash Point	จุดวาบไฟ
Flashing Light Signal	สัญญาณไฟวาบจราจร
Flat Spots on Wheels	ล้อแบน
Flatrack Container	ตู้สินค้าแบบไม่มีฝาทั้งสี่ด้าน
Fleet	รถทั้งหมด จำนวนรถทั้งหมด
Floods and Washouts	น้ำท่วมทางหรือฝนตกน้ำเซาะดินพัง
Floor Beam	คานขวาง
Fly Wheel, Flywheel	ล้อช่วยแรง ล้อถ่วง
Fork Lift, Forklift	รถยกมีงายกของ
Forklift	รถฟอร์คลิฟท์ (รถยก)
Form Oriented	ถือตามระเบียบ ทำตามระเบียบ
Formation	คันทาง การจัดขบวนรถ รูปขบวนรถ
Formation Level	ระดับคันทาง ระดับหลังถนน
Formation of Train at Terminal Station	การปล่อยขบวนรถออกจากสถานี
Formwork	แบบหล่อ
Four Aspect Color Signal	สัญญาณไฟสี 4 ทา
Four-Holed Bars	เหล็กประกับรางสี่รู
Freight Car or Wagon	รถสินค้า
Freight Charges	รายได้ค่าระวางสินค้า
Freight Forwarder	ตัวแทนขนส่งสินค้า
Freight Rate	อัตราค่าระวางสินค้า
Freight Rate Class 3	อัตราค่าระวางสินค้าประเภท 3
Freight Rate Class 4	อัตราค่าระวางสินค้าประเภท 4
Freight Traffic	การเดินรถสินค้า

นิยามศัพท์	แปล
Freight Train	ขบวนรถสินค้า
Freight Yard	ย่านสินค้า ย่านรับส่งสินค้า
Friction Key	ลิ้มความฝืด
Friction Key Guide	แผ่นเหล็กทรงลิ้ม
Friction Weight Coil Spring	สปริงกดลิ้ม
Frog	ตะเข้ เหล็กวางตรงที่ล้อข้ามผ่าน
Frog Angle	มุมประแจ
Frog Point and Number	จุดตัดประแจและเบอร์ประแจ
Front Axle	เพลหน้า
Front Cover	ปิดน้ารถ น้ารถ ด้านหน้า การปิดน้ารถ
Front Loader	เครื่องมือยกขนที่มีความคล่องตัว สามารถเคลื่อนตัวเองได้ขณะยก ขน และไม่จำเป็นต้องใช้สเปรตเตอร์ในการยกขน เพราะอยู่ติดกับ ตัวรถแล้ว
Fuel Tank	ถังน้ำมันเชื้อเพลิง
Fuel Tank Gauge	มาตรวัดปริมาณเชื้อเพลิงในถัง
Full Cost	ต้นทุนเต็ม
Full Container Load (FCL)	ตู้เอฟซีแอล
Full Interlocking Point	ประแจกลหมู่
Full Landbridge	पुलแลนด์บริดจ์
Full Lens	पुलเลนส์
Function Oriented	ถือตามหน้าที่ ทำตามหน้าที่
Functional Maintenance	การบำรุงรักษาตามหน้าที่
Fuzzy Contol ATO (Automatic Train Operation System Based on Fuzzy Control)	ระบบควบคุมเดินรถอัตโนมัติด้วย Fuzzy Control (การควบคุมโดย ไม่มีสัญญาณประจำที่ข้างทาง แต่มีสัญญาณในท้องขับ ส่วนใหญ่จะ เป็นการควบคุมรถได้ดิน

G

Galvanised Iron Wire	สายลวดเหล็กชุบสังกะสี
Gang Car	รถยนต์รางสำหรับงานบำรุงทาง
Gangway	การเดินรถระหว่างตู้รถ
Gantry	โครงเหล็กติดตั้งสัญญาณเหนือทางรถไฟ
Gas LPG. Rate	อัตราค่าระวางแก๊สแอลพีจี
Gas Turbine	กังหันแก๊ส
Gasket	แหวนอัดข้อต่อ ประเก็น
Gate Charge	ค่าธรรมเนียมผ่านทาง

นิยามศัพท์	แปล
Gauge	ขนาดทาง เครื่องวัด
Gauge Change Train, GCT	ขบวนรถไฟเปลี่ยนตามขนาดทางได้
Gear Ratio	อัตราส่วนของเกียร์
General Cargo Train	ขบวนรถสินค้าทั่วไป
General Whistle Sign Board	ป้ายหวีดสัญญาณรถจักร
Generator Set for Reefers (GENSET)	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ใช้สำหรับตู้รักษาอุณหภูมิ)
German Railway	การรถไฟเยอรมัน
Gibson Ring	แหวนบังคับปลอกล้อ
Gondola	ตู้รถขนของ (ไม่มีหลังคา) ตู้สินค้าไม่มีหลังคา
Goods	สินค้า
Goods in Transit	สินค้าผ่านแดน
Governor	คัพเวอร์เนอร์ เครื่องควบคุมความเร็ว
Governor Housing	เรือนเครื่องควบคุมความเร็ว
Grade	ลาด ความลาดชัน
Grade Resistance	ความต้านทานของลาดชัน
Grade Separated	ต่างระดับ
Grade Separated Intersection	ทางผ่านต่างระดับ
Gradient	ความลาดชัน
Gradient of curvature	ความลาดชันของทางโค้ง
Gravel	หินเล็ก
GRF	กรฟ. (แบบฟอร์มที่ใช้ในข้อบังคับและระเบียบการเดินรถ)
Grind	ขัด ถู บด
Grinding Rail (Ends)	การเจียรในราง (หัวราง)
Grooved Rail	รางที่มีหัวรางเป็นร่อง (ใช้กับถราง)
Gross Railways Operating Revenue	รายได้การเดินรถไฟทั้งหมด
Gross Weight (GW)	น้ำหนักรวม
Ground Shunt Signal	สัญญาณทางสับเปลี่ยน (ชนิดไฟสี่ประเภทที่ 1)
Groupage	การรวบรวมสินค้า
Grouting	การอัดน้ำปูน
Grubbing	การขุดต่อ
Guard Arm	ปากขอพ่วง
Guard Rail	รางกัน
Guide Rail	รางนำ
Guide Roller	ลูกกลิ้งนำ ล้อนำ

นิยามศัพท์	แปล
Guide Sign	ป้ายแนะนำ
Guiding Rollers	รอกรับสายลวด
Gusset Plate	เหล็กแผ่นรวมจุดตัด
H	
H-Repair Switch Maintenance	ซ่อมหนักประจำ
H-Repair, Beter	ซ่อมหนักใช้บีเตอร์มือ
H-Repair, Excluded Sleeper Replacement	ซ่อมหนักไม่เปลี่ยนหมอน
H-Repair, Portable Tool	ซ่อมหนักใช้เครื่องกลเบา
H-Repair, Switch Maintenance by France Method	ซ่อมหนักประจำแบบฝรั่งเศส
H-Repair, Track Maintenance	ซ่อมหนักทาง
Hand Brake	ห้ามล้อมือ
Hand Car	รถโยก
Hand Operated Point	ประจำมือ
Hand Signal	สัญญาณมือ
Hand Winch	มือหมุนกว้าน
Handling Cost	ค่าใช้จ่ายการขนถ่ายสินค้าที่ต้นทางและปลายทาง
Harmonic Balancer	อุปกรณ์ถ่วงดุลเพลาข้อเหวี่ยง “Vibration Damper”
Harrow	คราดยาว
Harrow (Short)	คราดสั้น
Harzard	เหตุอันตราย
Harzard Analysis Report, HAR	รายงานการวิเคราะห์เหตุอันตราย
Harzard Prevation Facility	อุปกรณ์ป้องกันเหตุอันตราย
Hauling	การขนย้าย การขนย้ายดิน
Hauling Unit	สำรองหน่วย
Head Stock	โครงประธานหน้าออก
Head-Way	ระยะห่างระหว่างสองขบวนรถวิ่งตามกันบนทางเดียวกัน
Heat-Treated Steel	เหล็กกล้าเผาชุบแข็ง
Heavy Inspection Car	รถตรวจการณ์ขนาดใหญ่ (วิคแฮม)
Heavy Rail (Railway)	เฮวีเรล ระบบรางขนาดรถไฟทั่วไป, รถไฟ
Helper Grade	ความลาดชันสูงที่ต้องใช้รถจักรเพิ่มอีกคันช่วยลากจูงขึ้นลาด
High Carbon Steel	เหล็กกล้าคาร์บอนสูง เหล็กเหนียวคาร์บอนสูง
High Cube (HC)	ตู้สินค้าที่มีความสูงกว่าขนาดมาตรฐาน

นิยามศัพท์	แปล
High Season	ช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้บริการขนส่งมาก
High Speed Crossover	ทางตัดข้ามสำหรับรถความเร็วสูง
High Speed Rail, High Speed Railway, HSR	รถไฟความเร็วสูง
High Speed Train, HST	รถไฟความเร็วสูง
High-Sided Wagon	รถข้างสูง
Hire Purchase	การเช่าซื้อ
Hold-down Devices	อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง เครื่องยึดเหนี่ยวราง
Hood	การบังไฟคอมดวงสัญญาณ
Hoop For Cross Arms Fixing	เหล็กยึดไม้คอน
Hopper Wagon	รถเทข้าง
Horizontal Key Shank	ลิ้นนอน
Horse Power, HP	แรงม้า กำลังม้า
Hub	ศูนย์กลางการเชื่อมต่อการขนส่ง
Hustler	หัวลาก
Hydraulic Oil Damper	อุปกรณ์บรรเทาการสั่นสะเทือนแบบไฮดรอลิค
I	
I – Beam, H – Beam and Wide Flange	สะพานเหล็กไอบีม,เอชบีม
I.H.P. Indicated Horsepower	กำลังม้าอินดิเคต
Idle	เดินตัวเปล่า ว่างเปล่า
IGBT Insulated Gate Bipolar Transistor	เป็นเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าใช้กับ Inverter ในการเปลี่ยนสลับกระแสไฟ
Impeller	ใบพัดน้ำ
Importer	ผู้รับสินค้า
Improper Use of Communication Apparatus	การใช้เครื่องมือสื่อสารสัญญาณโดยไม่มีเหตุการณ์อันควร
Inbound Cargo	สินค้าขาเข้า
Inbound Train	ขบวนรถเข้า
Incident	เหตุอันตราย เหตุการณ์
Independent Brake Valve Handle	คันบังคับการห้ามล้อรถจักร
Industrial Siding	ทางแยกอุตสาหกรรม
Industry Track	ทางรถไฟใช้ในงานอุตสาหกรรม
Inertia	ความเฉื่อย อินเนอร์เซีย
Information Superhighway	ทางด่วนหรือทางหลวงข้อมูล

นิยามศัพท์	แปล
Information System	ระบบข้อมูล
Information Technology, IT	เทคโนโลยีสารสนเทศ
Inhibiter	ตัวยับยั้ง สารยับยั้ง
Initial Station	สถานีต้นทาง
Injection Cylinder	กระบอกสูบหัวฉีด
Injection Nozzle	หัวฉีดป้อนน้ำมัน
Injection Pump	ปั้มน้ำมัน
Injector	หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง
Inner City	ภายในเมือง
Inner Home Signal	สัญญาณเข้าเขตใน
Input Shaft	เพลาชั้บ
Input Terminal	ชั้นต่อทางเข้า
Input Transformer	หม้อแปลงทางด้านเข้า
Inspection	การตรวจพินิจ
Inspection Car	รถยนต์รางนายตรวจทาง, รถยนต์รางแกงคาร์
Inspection Cycle	รอบการตรวจพินิจ
Inspection Hole Cover	ฝาปิดช่องสำหรับตรวจ
Installing Anti – Creep Device	ใส่สมอกันรางเดิน
Installing Bearing Plate	ใส่จานรองราง
Installing Wooding Clip / Rex Lok In	ใส่วีดตึงคลีป/เล็กซ์ล็อกอิน
Insulated Container	ตู้สินค้าฉนวน
Insulated Joints	ต่อรางคั่นฉนวน
Insulated Rail Joints, IRJ	ต่อรางคั่นฉนวน
Insulated Switch Rod	คันชักประแจแบบมีฉนวนไฟฟ้ากั้น
Insulator Spindle	ก้านลูกถ้วยก้านตรง
Intake Air and Exhaust Gas System	ระบบป้องกันไอดีและไล่ไอเสีย
Intake Mainfold	ท่อไอดี
Intake Valve	ลิ้นไอดี
Interchange	ปรับเปลี่ยน (การเดินทาง) ชุมทางต่างระดับ
Interchange Station	สถานีเปลี่ยนรถ สถานีเปลี่ยนการเดินทาง
Intercity	ระหว่างเมือง
Intercity Train	ขบวนรถโดยสารระหว่างเมือง
Intercom	เครื่องสั่งการ

นิยามศัพท์	แปล
Interface	การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ชิ้น เพื่อให้ทำงานเชื่อมโยงกันได้
Integral	อุปกรณ์ทั้งอันที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ
Integrated Circuit, IC	แผงวงจรรวม ขนาดเล็กมาก ทำจากวัสดุกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน เป็นส่วนประกอบสำคัญของเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องคิดเลข และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ นิยมเรียกว่า Silon Chip
Interlacing	สอดสارกัน ทางในย่านสถานีไขว้กันหลายๆเส้น
Interlocking	การบังคับสัมพันธ์, ประแจกล
Interlocking Frame	แท่นมือคั่นกลับ
Intermediary Gear Wheel to Oil Pump Drive	ล้อเฟืองขับเฟืองสูบน้ำมัน
Intermediate Floor Beam	คานขวางใน
Intermediate Signal	สัญญาณกลางทาง
Intermediate Station	สถานีระหว่างทาง
Intermediate Stiffener	เหล็กฉากกันแผ่นเหล็กเอวคดงอตัวใน
Intermediate Strut	แกนแนงขวางใน
Intermediate Sway Bracing	แกนแนงตั้งใน
Internal Rate of Return (IRR)	อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน
International Organization for Standardization (ISO)	องค์การกำหนดค่ามาตรฐานระหว่างประเทศ
International Telecommunications	การสื่อสารโทรคมนาคมระหว่างประเทศ
Internet	เครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใหญ่ที่สุด
Intersection	การตัด จุดตัด
Interval	ช่วง ช่วงเวลา
Intra-city Rapid Transit	การเดินทางในเมืองที่รวดเร็ว
Intra-Urban	ภายในเมือง
Intransit Cargo	สินค้าผ่านแดน (ไม่เสียภาษีขาเข้า)
Inventory	สินค้าคงคลัง
Invoice (INV)	ใบกำกับสินค้า, ใบส่งสินค้า
Iron Rail Post	เสารางเหล็ก
J	
Jack	แม่แรง
Jackson Electric Tamper Engine	เครื่องยนต์อัดหินไฟฟ้าแจ๊คสัน

นิยามศัพท์	แปล
Jackson Light Automatic Ballast Tamper	เครื่องอัดหินไฟฟ้าแจ๊คสัน
Jaw	ปากคั่นชัก
Jetrain	รถไฟเครื่องไอน์
Jetty	สะพานเทียบเรือ
Joint Assembly	ชุดประกอบต่อราง เครื่องประกอบต่อราง
Joint Bars	เหล็กประกบราง
Joint Plates	จานรองรางที่หัวต่อราง
Joint Service Air-Conditioned	รถนั่งปรับอากาศร่วมบริการ
Joint Tamping, 72 M, Long Welded Rail	อัดหินเฉพาะต่อรางยาว 72 ม.ขึ้นไป
Joint Tamping, 8 – 144 M	อัดหินเฉพาะต่อราง 8 -144 ม.
Joint Tamping, 8 – 36 M	อัดหินเฉพาะต่อราง 8-36 ม.
Joint Tamping, Long Welded Rail	อัดหินเฉพาะต่อ รางเชื่อมยาว
Jointless Track Circuit	วงจรไฟฟ้าตอนไร้ฉนวน
Journal Resistance	แรงต้านทานของเพลลา
Journal	ข้อเพลลา ส่วนของเพลลาที่ถูกรองรับด้วยแบร็ง
Journal Box Assembly	ชุดหม้อเพลลา
Junction	รอยต่อ ชุมทาง ทางหลัก
Junction Indicator	เครื่องหมายชี้เข้าทางหลัก
Junction Signal	สัญญาณแสดงท่าทางหลัก
Just in Time, JIT	ระบบการบริหารจัดการที่ควบคุมดูแลให้มีการจัดส่งวัตถุดิบเข้ามาในเวลาที่ต้องการใช้ และผลิตสินค้าให้ลูกค้าได้อย่างสม่ำเสมอเพื่อลดต้นทุนการต้องสต็อกวัตถุดิบและสินค้าไว้มากเกินไป และทำให้สินค้ามีคุณภาพมากขึ้น

K

Kerb	ขอบกั้น คันขอบถนน
Key	สลักหรือลิ้ม
Key Lock Point	กุญแจยึดรางลิ้น
Key Retainer	สลักสวมลิ้นนอน
Keyseat, Keyway	ร่องสลัก ร่องลิ้ม
Kicker	ตัวส่ง
Kink	งอ คด
Kiosak	ซุ้มขายของ
Kiss and Ride	จอดส่ง

นิยามศัพท์	แปล
Knee Brace	แกงแนงมุม
Knife Edge	ที่แขวนสันมีด
Knock	เสียงที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์
Knowledge Engineer	ผู้สร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ
Knuckle	ข้อพับ
Knuckle Opener (Kicker)	ตัวดันดานขัด

L

L-Repair, Flat Terrain	ซ่อมเบาทางราบ
L-Repair, Hilly Terrain	ซ่อมเบาทางเขา
L-Repair, Switch Maintenance	ซ่อมเบาประแจ
L-Repair, Track Maintenance	ซ่อมเบาทาง
Ladder Tracks	ทางหลักเป็นคั่นบันได
Laden Container	ตู้สินค้าหนัก
Lamp Holder	กระจุ๊บหลอดดวงโคมสัญญาณ
Landslide	ดินพัง
Lashing	การผูกมัดยึดตรึงสินค้า
Lateral Oil Damper	อุปกรณ์บรรเทาการสั่นสะเทือนแบบแนวนอน
Lateral Thinking	การคิดแบบนอกกรอบ
Lateral Turnout	ทางหลักข้าง ทางหลักด้านข้าง
Laterite	ดินลูกรัง
Lathe	เครื่องกลึง
Lathe Bed	แท่นกลึง
Launching	การนำผลิตภัณฑ์เข้าสู่ตลาด
Laying Slab Beam under Rail Seat	วางแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กรองรับราง
Lead Rail	รางนำ รางต่อระหว่าง Wing Rail กับ Heel (โคนลิ้น)
Leak, Leakage	รั่ว รั่วไหล การรั่ว
Lease	การเช่าสิทธิ์
Less Than Carload	ห่อวัตถุ
Less Than Carload Express	ห่อวัตถุ-ด่วน
Less Than Container Load (LCL)	ตู้แอลซีแอล
Level Crossing	ทางตัดผ่านเสมอระดับทางรถไฟกับทางรถยนต์
Level Crossing Protection with a Crossing Keeper	เครื่องกั้นถนนชนิดมีพนักงานกั้นถนน

นิยามศัพท์	แปล
Level Crossing Protection without a Crossing Keeper	เครื่องกั้นถนนชนิดไม่มีพนักงานกั้นถนน
Level Crossing Signal	สัญญาณ ณ ทางผ่านถนนเสมอระดับทาง
Level Crossing Barrier	เครื่องกั้นถนนผ่านเสมอระดับ
Leveling Valve	ลิ้นปรับระดับ
Lever	มือคั่นกลับ
Lever Frame	แท่นมือคั่นกลับ
Lever Trained	คั่นกลับประแจพลิก
Life Cycle	อายุการใช้งาน วัฏจักรชีวิต
Life Cycle Costs	ค่าใช้จ่ายในรอบการใช้งาน
Lift On, Lift Off (LOLO)	การยกขึ้น/ยกลง
Lifting Hook	ขอเกี่ยวด้วยกदानซ์
Ligh Rail Transit, LRT	การเดินทางระบบรางขนาดเบา
Ligh Rail Vehicle, LRV	ล้อเลื่อนรางสมัยใหม่ ล้อเลื่อนไลท์เรล
Light Inspection Car	รถยนต์รางตรวจการณ์ขนาดเบา
Light Rail (Tramway) (Streetcar)	รถรางสมัยใหม่ ระบบรางขนาดเบา ไลท์เรล
Light Thrust Car	รถผลักขนาดเบา
Lighting and Surge Protection	การป้องกันสายฟ้าแลบและไฟฟ้าสถิต
Limit of Shunting (L.O.S.)	เขตสับเปลี่ยน
Line Blocked	ทางปิด
Line Capacity	ความจุของทาง
Line Clear	ทางสะดวก
Line Closed	ทางปิด
Line Supervisory Control	การควบคุมสั่งการเส้นทางเดินรถ
Liner	ส่วนโลหะบางๆ กั้นระหว่างชั้นส่วนสองชั้น เช่น ปลูกสูบก้น ระหว่างล้อสูบก้นกับล้อสูบก้น
List Load	บัญชีตู้สินค้าที่ขนส่งทางรถไฟ
Load	การบรรทุกสินค้า
Load Factor – Freight	อัตราการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรรถพ่วงในการขนส่งสินค้า
Load Factor – Passenger	อัตราการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรรถพ่วงในการขนส่งผู้โดยสาร
Loaded Wagon Kilometers	กิโลเมตรรถบรรทุก
Loaded Container	ตู้สินค้าบรรทุก
Loaded Goods Wagons on Fire	ไฟไหม้รถบรรทุกสินค้า
Loading Gauge	เขตบรรทุก

นิยามศัพท์	แปล
Loading List	บัญชีตู้สินค้าที่ขนส่งทางรถไฟ
Local Control	การควบคุมการเดินรถในพื้นที่
Local Train	ขบวนรถท้องถิ่น
Location Cupboard	ตู้อุปกรณ์ข้างทางรถไฟ
Location of Fixed Signals	สัญญาณประจำที่
Lock	दानขัด
Lock Arm	คันล๊อค
Lock Bar	เครื่องป้องกันการกลับประแจใต้ท้องรถ
Lock Joint	การยึดจุดต่อ
Lock Nut	นอตล๊อค
Lock Washer	แหวนล๊อค
Locking Arrangement	แผนบังคับกลอน
Locking Bolt	สลักยึด
Locking Box	หีบกลอน
Locking Dog	กลอนขัด
Locking Ring	แหวนยึด
Locking Sheet	รายการแสดงขั้นตอนและการควบคุมการเตรียมทางระบบสัญญาณ ประแจหมู่
Loco-Hauled Carriages	ขบวนรถไฟลากด้วยรถจักร
Locomotive	รถจักร
Locomotive-hauled Train	ขบวนรถไฟลากจูงด้วยรถจักร
Logistics	โลจิสติกส์
Long – Distance Service	บริการขนส่งผู้โดยสารระยะไกล
Long Loop	ทางคู่บางตอน
long-Distance Train	ขบวนรถไฟระยะไกล ขบวนรถไฟทางไกล
long-Term	ระยะยาว
Longitudinal Level, Surface	ระดับตามยาว
Loop Line	ทางหลักยาว
Loop Track	ทางหลัก
Loose Gravel	หินผุ่น
Loss	ขาดทุน
Low Rail	รางที่ต่ำกว่า (รางในโค้งต่ำกว่ารางนอกโค้ง)
Low Season	ช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้บริการขนส่งน้อย

นิยามศัพท์	แปล
Low Tech	อุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบง่ายๆ เช่น การย้อยหินทำอิฐ เป็นต้น
Low-Sided Tipping Wagon	รถข้างต่ำเทข้าง
Low-Sided Wagon	รถข้างต่ำ
Lower Chord	คอร์ดล่าง
Lower Flange	ปีกล่าง
Lower Lateral Bracing	แกงแนงราบล่าง
Lower Spring Seat	ฐานรับสปริงชั้นล่าง
Loyalty	ความภักดีของผู้ใช้บริการ
LPG. Gas	ก๊าซ แอลพีจี.
Luggage	สัมภาระ
Lumber & Log	ไม้แปรรูป , ไม้ซุง
Luxury Train	ขบวนรถโดยสารพิเศษระดับสูง

M

M-Repair, Beter	ซ่อมปานกลางใช้บิเตอร์มือ
M-Repair, Excluded Sleeper Replacement	ซ่อมปานกลางไม่เปลี่ยนหมอน
M-Repair, Portable Tool	ซ่อมปานกลางใช้เครื่องกลเบา
M-Repair, Switch Maintenance	ซ่อมปานกลางประแจ
M-Repair, Track Maintenance	ซ่อมปานกลางทาง
MAGLEV A Synchronous, Liner motor driven magnetic levitation vehicle	รถความเร็วสูงขับเคลื่อนด้วยระบบแม่เหล็กไฟฟ้า ลิเนียร์มอเตอร์
Main Air Reservoir	ถังพักลมประธาน
Main Alternator	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประธาน
Main Bearing	แกนเพลาประธาน
Main Drive Gear Wheel for Hand Wheel Shaft Druve	ล้อเฟืองขับประธานสำหรับเพลาชัฟพวงมาลัยมือ
Main Engine	เครื่องยนต์ต้นกำลัง
Main Girder	คานประธาน
Main Line	ทางประธาน
Main Motor	มอเตอร์หลัก มอเตอร์ประธาน
Main Oil Line	ทางน้ำมันหล่อลื่นประธาน
Main Power Supply Available	ระบบไฟฟ้ากำลังปกติ
Main Reservoir Isolating Cock	ทวารตัดตอนถังพักลมประธาน

นิยามศัพท์	แปล
Main Road	ถนนสายเอก ทางสายใหญ่
Main Switch	สวิตช์ประธาน สวิตช์ใหญ่
Mainfold	ท่อรวม หลายเชิง
Mainframe	เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีหน่วยความจำมาก มีความเร็วสูง ใช้ประมวลผลงานใหญ่ๆ
Maintenance and Repairs	การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม
Maintenance Concrete or Asphaltic Level Crossing	ซ่อมทางผ่านคอนกรีตหรือแอสฟัลท์
Maintenance Cycle	รอบการบำรุงรักษา
Maintenance of Structures	การบำรุงรักษาอาคารโครงสร้าง
Maintenance of the Point Machine	การรักษาประแจ
Maintenance of Way	การบำรุงทาง
Maintenance Tolerance	พิกัดซ่อมทางหรือ พิกัดหลังซ่อม
Maintenance Wood Level Crossing	ซ่อมทางผ่านไม้
Maintenance-Free	ไม่มีการบำรุงรักษา ไม่ต้องบำรุงรักษา
Major Repair	การซ่อมใหญ่ งานซ่อมใหญ่
Malfunction	ทำงานผิดปกติ เครื่องเดินผิดปกติ
Management Information System, MIS	ระบบสารสนเทศทางธุรกิจ
Manifest (M'FEST)	บัญชีสินค้าสำหรับเรือ
Manned Crossing	เครื่องกั้นถนนชนิดมีพนักงานกั้นถนน
Manometer	เครื่องมือวัดความดัน เช่น ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ
Manual Control Level Crossing	เครื่องกั้นถนนชนิดมีพนักงานควบคุม
Marker Post	เสาบอกหลักกิโลเมตร
Marketing Research	การวิจัยตลาด
Marshalling Yard	ย่านสับเปลี่ยน
Mass Marketing	การตลาดมวลชน
Mass Rapid Transit, MRT	การขนส่งมวลชนที่รวดเร็ว
Mass Transit	ขนส่งมวลชน
Mat	ปูลาด
Material for Bridge Fastening	วัสดุซ่อมเครื่องยึดเหนี่ยวสะพาน
Material for Level Crossing Maintenance	วัสดุซ่อมทางผ่าน
Matisa Four-Tools Tie Tamper	เครื่องอัดหินมาติซ่า (ไฮดรอลิค)
Matisa Light Automatic Ballast Tamper	เครื่องอัดหินไฟฟ้ามาติซ่า

นิยามศัพท์	แปล
Maximum Cant	ค่ายกโค้งสูงสุด
Maximum Speed	ความเร็วสูงสุดในการเดินทาง
Maximum Transport Capacity	ความสามารถในการเดินทางสูงสุด ปริมาณการขนส่งสูงสุด
Mean Distance Between Failure, MDBF	ระยะทางเฉลี่ยของการเสียหาย
Mean Downtime, MDT	เวลาเสียหายเฉลี่ย
Mean Time Between Failures, MTBF	ระยะเวลาเฉลี่ยของการเสียหาย
Mean Time To Repair, MTTR	ระยะเวลาเฉลี่ยของการซ่อม
Mechanical Interlocking	ประแจกลสายลวด
Medium Transit Capacity	ความสามารถในการเดินทางปานกลาง ปริมาณการขนส่งปานกลาง
Meter Gage, Metre Gauge	ขนาดทางกว้าง 1 เมตร
Methods of Attaching and Detaching Coaches and Wagons	การต่อและปลดรถพ่วง
Metric Ton	น้ำหนักบรรจุ 1,000 กิโลกรัม หรือ 2,000 ปอนด์
Metro	การเดินทางในเมือง รถใต้ดิน
Micrometer	เครื่องมือวัดขนาดวัสดุที่ละเอียดมาก
Minimum Weight	น้ำหนักขั้นต่ำ
Minimum Cant	ค่ายกโค้งต่ำสุดที่ยอมรับได้
Minimum Freight Charge	ค่าระวางขั้นต่ำ
Minimum Transport Capacity	ความสามารถในการเดินทางต่ำสุด ปริมาณการขนส่งต่ำสุด
Miscellaneous Product	สินค้าเบ็ดเตล็ด
Mobile Crane	ปั้นจั่นเคลื่อนที่ได้
Mobile Electric Flash-Butt Welding Machine	รถเชื่อมรางแบบต่อชน
Mobile Platform Wagon	รถขนบรรทุกทุกเคลื่อนที่
Mobile Radio System	ระบบวิทยุเคลื่อนที่
Modem, Modulator and demodulator	อุปกรณ์ที่ช่วยการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง โดยผ่านเครือข่ายโทรศัพท์
Module	โมดูล หน่วยฟังก์ชัน หน่วยที่ประกอบขึ้น
Modulus of Elasticity of Rail Support	โมดูลัสของการยืดหยุ่นของที่รองรับราง
Moment Plate	แผ่นเหล็กรับแรงดัด
Momentum Grade	ความลาดชันของทางที่คิดโมเมนตัมหรือแรงเคลื่อนที่เนื่องจากแรงโน้มถ่วง เป็นการช่วยประหยัดพลังงาน
Monorail	รถไฟรางเดี่ยว (มีสองแบบคือ Straddle และ Suspension)
Motion Sensor	เครื่องตรวจการเคลื่อนไหวของขบวนรถ

นิยามศัพท์	แปล
Motor Car with Driving Cab, Mc Car	รถกำลังมีห้องขับ
Motor Car, Mcar	รถกำลัง รถมอเตอร์
Motor Starter	สตาร์ทเตอร์ของมอเตอร์ อุปกรณ์สตาร์ทเครื่อง
Motor-Generator Set	ชุดมอเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
Moving Block, Movable Block	ตอนเคลื่อนที่ (ใช้สัญญาณในห้องขับ)
Mud Pumping	การอัดดินโคลนขึ้นมาบนหินโรยทาง ดินโคลนที่ถูกอัดขึ้นมาบนหินโรยทาง
Muffler	หม้อพักปลายท่อไอเสีย ท่อเก็บเสียง
Multi-Aspect Color Light Signal	สัญญาณไฟสีหลายท่า
Multimodal Transportation	การขนส่งหลายรูปแบบ

N

Narrow Gauge	ขนาดทางแคบน้อยกว่าขนาดทางมาตรฐาน (< 4' 8½" หรือ Standard Gauge)
National Information Infrastructure, NII	โครงสร้างพื้นฐานข้อมูลข่าวสารระดับชาติ
Needle Bearing	แบริ่งรูปเข็ม
Net Weight	น้ำหนักสุทธิ
Newly Damaged Wagons	รถชำรุดใหม่
Noise and Vibraton Control	การควบคุมการสั่นสะเทือนและเสียงรบกวน
Non Ballasted Track	ทางไม่ใช้หินโรยทาง ทางไม่มีหินโรยทาง
Nonstop, Non-stop	เดินรถไม่หยุดระหว่างทาง เดินจากต้นทางถึงปลายทาง
Nooks and Recess	ซอกมุม และที่ซ่อนเร้น
Number of Bridge Sleeper Replaced	จำนวนหมอนสะพาน
Number of Concrete Sleeper Replaced, Monthly	จำนวนหมอนคอนกรีตเปลี่ยนในรอบเดือน
Number of New Wood Sleeper Replaced, Monthly	จำนวนหมอนไม้ใหม่เปลี่ยนในรอบเดือน
Number of Old Wood Sleeper Replaced, Monthly	จำนวนหมอนไม้เก่าเปลี่ยนในรอบเดือน
Number of Passengers	จำนวนผู้โดยสาร
Number of Turnout Sleeper Replaced, Monthly	จำนวนหมอนประแจเปลี่ยนในรอบเดือน

O

Obstructions Placed on Line	ชนสิ่งกีดขวาง
Obtuse Crossing	ทางตัดมุมป้าน

นิยามศัพท์	แปล
Occupancy Ratio	อัตราการใช้พื้นที่
OD, Outside Diameter	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก
Odometer	มาตรวัดระยะทาง
Off – peak	ช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้บริการขนส่งน้อย
Off-Track Equipment	เครื่องมือบำรุงทางนอกทาง
Oil Bath	เครื่องอ่างน้ำมัน อ่างน้ำมัน
Oil Bath Air Cleaner	หม้อกรองอากาศแบบเปียก
Oil Bath Type Filter	หม้อกรองชนิดอ่างน้ำมัน
Oil Circuit	ระบบน้ำมันเครื่อง
Oil Consumption Rating	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่อง
Oil Cup	ตลับน้ำมัน
Oil Cushion	เบาะน้ำมัน
Oil Drain Hole	รูถ่ายน้ำมัน
Oil Feed Vae	ลิ้นเติมน้ำมัน
Oil Feeding Can	กระปุกหยอดน้ำมัน
Oil Filter	หม้อกรองน้ำมัน
Oil Filter Paper	กระดาษกรองน้ำมัน
Oil Gauge	เกจวัดระดับน้ำมัน
Oil Level Gauge	เกจวัดระดับน้ำมัน
Oil Pressure Adjusting Valve	ลิ้นปรับความดันน้ำมัน
Oil Removing	ขจัดคราบน้ำมัน
Oil Resistance	ทนน้ำมัน
Oil Scraper Ring	แหวนกวาดและเก็บน้ำมัน
Oil Separator	เครื่องแยกน้ำมัน เครื่องสลัดน้ำมัน
Oil Sight	ช่องดูระดับน้ำมัน
Oil Stainer	ไส้กรองน้ำมัน ตะแกรงน้ำมัน
Oil Stick Gauge	ก้านวัดระดับน้ำมัน
Oil Supply Hole	ช่องเติมน้ำมัน
Oil Supply Tap	ฝาช่องใส่น้ำมัน
Oil-Tank Wagon	รถบรรทุกน้ำมันคัน
Old Wood Sleeper Type 3	หมอนไม้เก่าประเภท “ค”
On-Off-Track Equipment	เครื่องมือบำรุงทางที่อยู่ได้ทั้งบนทางและนอกทาง
On-Sigh Operation	การเดินรถด้วยความระมัดระวัง
On-Track Equipment	เครื่องมือบำรุงทางบนทาง

นิยามศัพท์	แปล
Open Switch	ประแจด้านลิ้นเปิด
Open Top Container	ตู้สินค้าแบบไม่มีเพดาน
Operating Income	รายได้ดำเนินการ
Operating Lease	การเช่าใช้, การเช่าดำเนินงาน
Operating Ratio	อัตราส่วนของค่าใช้จ่ายต่อรายได้
Operating Revenue	รายได้ดำเนินการ
Operating System, OS	ระบบปฏิบัติการ
Operation and Maintenance, O&M	การดำเนินงานและการบำรุงรักษา
Operation Interval	ช่องว่างเวลาเดินรถ ช่องว่างว่างขบวนรถ
Operation Procedures	ระเบียบการเดินรถ
Operation Rule	ระเบียบการเดินรถ
Operation Rules for Train Operation	ระเบียบการควบคุมการเดินรถ
Operations Control Center, OCC	ศูนย์ควบคุมการเดินรถ
Optical Fibre	เส้นใยนำแสง
Optical Fibre Telecommunications System	ระบบโทรคมนาคมด้วยเส้นใยนำแสง
Ordinary Train	ขบวนรถธรรมดา
Origin Station	สถานีต้นทาง
Other Accidents Causing No Derailment	อุบัติเหตุอื่นแต่ไม่มีการตกราง
Out of Order	ชำรุด
Out of Use	งดใช้
Outbound Cargo	สินค้าขาออก
Outbound Train	ขบวนรถออก
Outer Home Signal	สัญญาณเข้าเขตนอก
Outer Starter Signal	สัญญาณออกอันนอก
Outlet	ทางไหลออกที่ทิ้งน้ำ จุดต่อไฟฟ้า
Outlie Map	แผนที่ขอบข่าย
Outline	เค้าโครง หลักการทั่วไป
Over Pass	ทางตัดผ่านต่างระดับเหนือทางรถไฟ
Overhead Catenary System, OCS	ระบบแคทินารีเหนือหัว, OCS
Overhead Valve Engine	เครื่องยนต์ที่มีลิ้นอยู่ด้านบนในฟาสูบ
Overhead Wire System (Open Wires)	ระบบการใช้สายส่งเหนือหัว
Overnight Parcel Service	บริการขนส่งห่อพัสดุข้ามคืน
Overtime Cargo	ของตกค้าง

นิยามศัพท์	แปล
P	
Pack Stone under Sleepers	อัดหินเข้าใต้หมอน
Packing Gland	ที่อัดประเก็น
Pad	ฐานรอง
Pan	กระทะก้านแบน ถาด อ่าง
Pan Head Screw	สกรูหัวกระทะ
Pan Mixer	เครื่องผสมแบบกระทะ
Panel	ช่องพื้น ช่องสะพาน
Panel Point	จุดตัดรวมเส้นแนวแกน
Parcel	สินค้าท่วัตถุ
Parlor and Chair Car	รถโดยสารนั่ง รถนั่งโดยสาร
Partition	ฝาประจัน แบ่งกัน ฝากั้นในห้องเพลาข้อเหวี่ยง
Passenger Car	รถโดยสาร
Passenger Car or Wagon	รถโดยสาร
Passenger Control System	ระบบควบคุมผู้โดยสาร
Passenger Traffic	การเดินทางโดยสาร
Passenger Train	ขบวนรถโดยสาร
Passing Loop, Passing Track	ทางหลีกยาว
Pave-in Track	ทางที่ฝังรางในพื้นที่
Pavement	ผิวแผ่นพื้น
Payload	พิกัดบรรทุก
Peak Hour	ชั่วโมงที่มีการโดยสารมาก
Peak Season	ช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้บริการขนส่งมาก
Pedestrian	คนเดินถนน คนเดินเท้า
Peg	หมุด
Peri-urban	รอบเมือง
Period	คาบ ระยะเวลา
Periodic	เป็นคาบ รายคาบ เป็นระยะๆ
Periodic Maintenance of Way	การบำรุงทางวาระ
Permanent Way	ทางถาวร
Permanent Way Inspector, PWI	นายตรวจทาง
PID Control ATO = Proportional Integrated and Differential Control ATO	การควบคุมการเดินทางอัตโนมัติด้วยสัดส่วนผลรวมและผลต่างของเวลา
Pier	ตะม่อกลางน้ำ

นิยามศัพท์	แปล
Piling for Anti – Sliding	ตอกเข็มกันดินเลื่อนไหล
Pinion	เฟืองขับ เฟืองตัวหนอน เฟืองตัวเล็กที่ขับเฟืองตัวใหญ่
Pipe Culvert	ท่อกลม
Piston	ลูกสูบ
Piston Head	หัวลูกสูบ
Piston Pin	สลักลูกสูบ
Piston Ring	แหวนสูบ แหวนลูกสูบ
Piston Rod	ก้านลูกสูบ ก้านสูบ
Pit	บ่อพักสายเคเบิล
Pit Tracks	ทางบ่อ ทางมีบ่อลงไปทำงานได้
Plain Bearing	กาบเพลารเรียบ
Plate for Cross Arms Fixing	แผ่นเหล็กประกบไม้ขอน
Plate, Tie Plate	จานรองราง
Platform	ชานชาลา
Platform Container	ตู้สินค้าแบบไม่มีฝาทั้งสองด้าน
Plinth	รองฐาน
Pneumatic Brake	ห้ามล้อลมอัด
Pneumatic Tire	ล้อยางชนิดสูบลม
Point	ประแจ
Point and Point Machine	ประแจและกลไกประแจ
Point Emergency	การกลับประแจฉุกเฉิน
Point Indicating Rod	คันชักโคมตะเกียงประแจ
Point Indicator	โคมตะเกียงประแจ, โคมประแจ
Point Lock	เครื่องยึดรางลิ้นประแจ
Point Machine	ประแจกล
Point Normal	ประแจท่าทางตรง
Point Operating Box	หีบกลับประแจ
Point Production & Repair	ผลิตและซ่อมลิ้นพร้อมรางประกอบลิ้น
Point Reverse	ประแจท่าทางหลัก
Points Sleeper Tamping, 4 Points	อัดหินหมอน 4 จุด
Poiston Skirt	ตัวลูกสูบ
Port	เมืองท่า ท่าเรือ ทางเข้าออก ช่องมอง ช่องพอร์ต
Postponement of Journey	เปลี่ยนแปลงการเดินทาง
Precision	ความเที่ยงตรง ความละเอียด

นิยามศัพท์	แปล
Preliminary Hazard Regists, PHR	การบันทึกเหตุอันตรายขั้นต้น
Present Value (PV)	มูลค่าปัจจุบัน
Prestress Concrete Bridge	สะพานคอนกรีตอัดแรง
Preventive Maintenance	การบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน การซ่อมบำรุง
Primary Road (Highway)	ถนนสายประธาน (ทางหลวงสายประธาน)

Q

Quenching Crack	รอยแตกร้าจากการชุบแข็ง
-----------------	------------------------

R

Radius of Curvature	รัศมีโค้ง การกำหนดโค้งด้วยรัศมี
Rail Accessories	เครื่องประกอบราง
Rail Anchors	สมอยึดราง สมอกันรางเดิน
Rail Assembly	ชุดประกอบราง
Rail Base	ฐานราง ดินราง
Rail Bender	เครื่องดัดราง
Rail Bending, Outside Track	ดัดรางด้วยเครื่องนอกทาง
Rail Buckling	รางดุ้ง
Rail Bury Concrete Slab Bridge	สะพานกะบะคอนกรีตฝังรางเหล็ก
Rail Creep	รางเดิน รางคืบตัว
Rail Cross-Section Measurement Instrument	เครื่องวัดหน้าตัดราง
Rail Cutter	เครื่องตัดราง
Rail Defector Car	รถตรวจสอบสภาพทาง
Rail Defects	การเสียหายของราง ความเสียหายของราง
Rail Displacing	เดินราง
Rail Drilling	เครื่องเจาะรูราง
Rail End Batter	ปลายรางแบน
Rail Expansion Joint, REJ	ต่อรางให้ขยายตัว
Rail Fastenning	เครื่องยึดเหนี่ยวราง
Rail Fastenning Inspection	ตรวจสอบเครื่องยึดเหนี่ยวราง
Rail Gap	ช่องว่างระหว่างหัวต่อราง
Rail Girder	สะพานบวบราง
Rail Grinding Machine	รถเจียรระไนราง
Rail Head	หัวราง สันราง
Rail Height	ความสูงของราง (จากฐานถึงสันราง)

นิยามศัพท์	แปล
Rail Joint Gap Adjuster	เครื่องจัดหัวต่อราง
Rail Joint Lifting by Vertical Jack	ยกหัวต่อรางด้วยแม่แรงทางตั้ง
Rail Joints	หัวต่อราง ต่อราง
Rail Length (standard length)	ความยาวราง (ความยาวตามมาตรฐาน)
Rail Lifting	รางคด
Rail Lubricator	เครื่องชะโลมน้ำมันราง
Rail Lubricator Inspection	ตรวจสอบหม้อน้ำมันชะโลมราง
Rail Opening	ช่องเปิดน้ำ
Rail Replacing	เปลี่ยนราง
Rail Sleeper Regauging & Fastening	แยกและซ่อมเครื่องยึดเหนี่ยวราง
Rail Steel	เหล็กราง
Rail Structure	โครงสร้างราง
Rail Surface Welding	เชื่อมพอกสันราง
Rail System	ระบบราง ระบบรถไฟ
Rail Systems Engineering, RSE	วิศวกรรมระบบราง
Rail Tongs	คีมหามราง
Rail Transport System	ระบบการขนส่งทางราง
Rail Tunnel	อุโมงค์รถไฟ
Rail Ware Gage	เครื่องวัดรางสี่ก
Rail Warning Signal	สัญญาณผ่านถนนเสมอระดับทาง (ไฟวาบ 5 ดวง)
Rail Wear	การสึกหรอของราง
Rail Web	เอวราง
Rail-over-Road	ทางรถไฟข้ามทางรถยนต์
Railbased Transit System	ระบบเดินทางด้วยราง ระบบขนส่งทางราง
Railroad Crossing	ถนนตัดข้ามทางรถไฟ ถนนตัดผ่านทางรถไฟ
Railroad Maintenance	การบำรุงรักษาทางรถไฟ การบำรุงทาง
Raised Weight	น้ำหนักยก
Ramp	ทางขึ้นลง ทางลาด
Rapid Train	ขบวนรถเร็ว
Rapid Transit	การเดินทางที่รวดเร็ว การขนส่งที่รวดเร็ว
Real Speed	ความเร็วแท้จริงในการเดินรถ
Realignment for Widening Curve	แก้แนวทางเพื่อเพิ่มรัศมีโค้ง
Ream	การคว้านรูด้วยเครื่องคว้าน
Rebar	โครงเคร่งเหล็ก

นิยามศัพท์	แปล
Recessed Bus Bays	ช่องจอดรถประจำทาง
Reciprocating Motion	การเคลื่อนกลับไปกลับมา
Reinforced Concrete Slab Bridge	สะพานกะบะคอนกรีตเสริมเหล็ก
Reinstatement/Reintate	การปรับสภาพ
Relational Databased	ฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์แบบมีการเชื่อมความสัมพันธ์กัน
Relay Room	ห้องอุปกรณ์รีเลย์
Reliability, Availability and Maintainability, RAM	ความวางใจได้ ความหาใช้ได้ง่าย และความซ่อมบำรุงได้
Removing Simple Turnout	เลื่อนประแจ
Repair Concrete Ditch	ซ่อมร่องน้ำคอนกรีต
Repair Limit	พิกัดซ่อม
Replacing Bridge Sleeper	เปลี่ยนหมอนสะพานมาตรฐาน
Replacing Broken Rail	เปลี่ยนรางชำรุดหรือหัก
Replacing Component of Turnout	เปลี่ยนชิ้นส่วนประแจ
Replacing Concrete Sleeper	เปลี่ยนหมอนคอนกรีตใช้แรงงาน
Replacing Simple Turnout	เปลี่ยนประแจธรรมดา
Replacing Special Bridge Sleeper	เปลี่ยนหมอนสะพานพิเศษ
Replacing Turnout Sleeper	เปลี่ยนหมอนประแจใช้แรงงาน
Replacing Wood Sleeper	เปลี่ยนหมอนไม้ใช้แรงงาน
Replacing Worn-out Rail	เปลี่ยนรางสึก
Residual Stress	แรงเค้นตกค้าง
Resilient	ยืดหยุ่นได้
Restricted Goods	ของต้องจำกัด
Restricted Speed	จำกัดความเร็ว ความเร็วจำกัด
Retarder	เครื่องห้ามล้อราง
Reverse	ประแจทำทางหลัก
Reverser Handle	คันบังคับการเปลี่ยนอาการ
Reversing Speed	ความเร็วเข้าทางหลัก
Reversing Track	ทางหลัก
Revolution Control Level	คันบังคับการรอบหมุน
Rise and Fall	แนวทางระดับขึ้นและลง
Road-over-Rail	ทางรถยนต์ข้ามทางรถไฟ
Roadbed	คันทาง หลังถนน
Roadbed Construction	การก่อสร้างคันทาง

นิยามศัพท์	แปล
Roadbed Materials	วัสดุทำคันทาง
Roadbed Patching	ชุดดินเสริมบ่าทาง
Roadbed Patching, Acquiring	ชุดดินเสริมบ่า ดินจัดหา
Roadbed Pitching, Included Material	เสริมดินบ่าทางรวมจัดหาดิน
Roadbed Shoulder or Slope Pitching	เสริมดินบ่าหรือลาดทาง
Roadbed Stabiliation	การเสริมความมั่นคงให้กับคันทาง
Roadway Maintenance	การบำรุงทาง งานบำรุงทาง
Roadway Tools and Machines	เครื่องจักร เครื่องมือบำรุงทาง
Robust	แข็งแรงทนทาน
Rodding for Semaphore	คันชักทางปลา
Rodding Guides	บล็อกเหล็กนำคันชัก
Rough and Careless Shunting	สับเปลี่ยนแรงและประมาท
Round Trip	การเดินทางไปกลับ
Route	เส้นทางการเดินรถ
Route Cancellation	การยกเลิกการเตรียมทาง
Route Indication System	ระบบแสดงสถานภาพทาง
Route Lever	คันเตรียมทาง
Route Setting	การเตรียมทาง
Rubber Buffer	ยางกันกระแทก
Rubber Pad	แผ่นยางรอง
Ruling Grade	ความลาดชันสูงสุดที่รถจักรหนึ่งคันสามารถลากจูงหน่วยลากจูง สูงสุดขึ้นลาดชันได้
Running Against Buffer	ชนแป้นปะทะปลายราง
Running Limit	พิกัดหยุดใช้
Running Over Derailers	ชนไม้ครอบรางหรือเหล็กตกราง
Running Rail	รางรถวิ่ง
Running Resistance	ความต้านทานขณะวิ่ง
Rural Train	ขบวนรถท้องถิ่น
Rush Hour	ชั่วโมงเร่งด่วน เวลาที่มีการเดินรถมาก
S	
Safety Distance	ระยะปลอดภัย
Sand Blanketing	ล้างหินทุกส่วนใช้ทรายรองพื้น
Sand Blast, Sandblast	พ่นขัดด้วยทราย ขัดด้วยเม็ดทราย
Sand Trap	กองทรายดัก

นิยามศัพท์	แปล
Scope	ขอบข่าย
Screw Spike	ตะปูรางสกรู ตะปูรางแบบเกลียว
Sealing Ring	แหวนกันน้ำ แหวนกันซึม
Seat	บ่าหรือแท่น
Self-Propelled Units	รถที่มีกำลังขับเคลื่อนในตัวเอง
Semi – Interlocking Point	ประแจเดี่ยว
Sharp Curve	โค้งแคบ
Shatter Crack	การแตกเล็ก ๆ
Shear Connector	สมอยึด
Sheet piles	เขื่อนกันดิน
Shelly Rails	รางกะเทาะเป็นเปลือก (เป็นแผ่น)
Shim	แผ่นซึม แผ่นรอง
Shoes	จานรองสะพาน
Shoulder	บ่าทาง ไหล่ทาง บ่าจานรองราง
Side Slope	ลาดคันทาง
Simple Turnout	ประแจธรรมดา
Single Coil	แหวนขดชั้นเดียว
Single Line	ทางเดี่ยว
Six-Holed Bars	เหล็กประกับรางหกรู
Sky Train	รถไฟลอยฟ้า
Slab	แผ่นพื้น
Slab Anchor	สมอยึดแผ่นพื้น
Slap Track	ทางวางบนพื้น ค.ส.ล.
Sleeper	ไม้หมอนรถไฟ, รางนอน
Sleeper Spacing Adjustment and Tamping	จัดระยะหมอนและอัดหิน
Sleeper Tongs	โซ่หมอนคอนกรีต
Sleeping Car	รถนอน
Sleeve	ปลอกเหล็กเดี่ยว ปลอก
Sleeved Fork	ปลอกงา
Slip Switch	ประแจที่เลื่อนในแนวราบ
Slope	ลาดคันทาง ไหล่ทาง
Slope Failure	ลาดคันทางชำรุดเสียหาย การชำรุดเสียหายของลาด
Slope Patching	ชุดดินเสริมลาด

นิยามศัพท์	แปล
Slope Patching, Acquiring	ชุดดินเสริมลาด ดินจัดหา
Slope Stability	ความมั่นคงของลาดคันทาง
Soffit	ค้ำยัน-นั่งร้าน
Sole Plate	จานรองสะพาน
Sole Plate	แผ่นเหล็กรองปลายลิ้น
Solid Rolled Disc Wheel	ล้อรีดทึบ
Solid Tire	ยางชนิดหล่อตัน ยางตัน
Solid Wheel	ล้อทึบ
Sound Barrier Walls, Sound Partition	ผนังป้องกันเสียง กำแพงป้องกันเสียง
Spacing of Ties	ระยะหมอน ระยะห่างของหมอน
Speed Restriction	การจำกัดความเร็ว
Sperated Crossing	ทางผ่านต่างระดับ
Spikes	ตะปูราง
Spiral Curve	โค้งต่อ โค้งกันหอย
Splice Plate	เหล็กแผ่นประกบรอยต่อ
Splice Rail	รางประกบ
Spline	ลิ้นสลัก
Split Switch	ประแจแบบแยกประกบ
Spot Repair	ซ่อมเป็นจุด
Spot Weld	การเชื่อมเป็นจุด
Spreader	ตัวแผ่น้ำหนัก
Spreading	การโรยเกลี่ย การปูลาด
Spring Plank	กะบะแหนบ
Spring Switch	ประแจติดสปริง (สามารถกลับได้เองด้วยล้อรถ)
Spring Washers	แหวนสปริง
Spur Line	ทางแยกเล็กๆ
Square Crossing	ทางตัดฉาก ทางตัดผ่านฉาก
Squatter	ผู้บุกรุก
Stabilizer	รถสันหิน
Stain	รอยเปื้อน รอยดำ
Stainless Steel	เหล็กกล้าไม่เป็นสนิม เหล็กกล้าใช้สนิม
Standard Gage, Standard Guage	ขนาดทางมาตรฐาน (4' 8 1/2")
State Railway of Thailand, SRT	การรถไฟแห่งประเทศไทย รฟท.
State-Owned Railway	การรถไฟของรัฐ

นิยามศัพท์	แปล
Station at Train Crossing	สถานีที่ขบวนรถรอลูก
Station Boundary	เขตสถานี
Station Information System	ระบบข้อมูลข่าวสารของสถานี
Station Limit	เขตสถานี
Station Limit Board	หลักเขตสถานี
Station Master	นายสถานี
Station Yard	ย่านสถานี
Steel Slab Bridge	สะพานกะบะเหล็ก
Steel-Wheel on Steel-Rail	ล้อเหล็กบนรางเหล็ก
Stock Rail	รางประกอบลิ้น
Stone Pitching & Grouting, Stone Pitching with Grouting	ประดับหินใหญ่ยาแนว
Stone Pitching, without Grouting	ประดับหินใหญ่ไม่ยาแนว
Stop Aspect	ท่าห้าม
Stop Aspect Signal, Signal On	สัญญาณท่าห้าม
Stop End	ไม้กั้น
Stop Level	คันบังคับหยุดเครื่อง คันหยุดเครื่อง
Stop Line	เส้นหยุด
Stop Pin	สลักกั้น
Stop Valve	ลิ้นบังคับหยุด
Stopper Pin	หมุดยึด
Stopping Place	ที่หยุดรถ
Straddle Carrier	สแตรด์เดิ้ล แครี่เออร์
Straddle Type	รถไฟรางเดี่ยวที่วิ่งคร่อมอยู่บนราง
Straightness	ความตรง
Street Car	รถราง
Stretcher Bar	เหล็กยึดลิ้นประแจทั้งสองกันปลายลิ้นกระดก
String Lining	วิธีโค้งเส้นเชือก
Stringer	คานรองรับราง
Strong Room	ห้องที่ทำหนาแน่นหนาแข็งแรง (ใช้เก็บของมีค่า)
Studs	สลักเกลียวฝังไม่มีหัวเกลียวทั้งสองด้าน
Sub Ballast	ชั้นวัสดุรองใต้หินโรยทาง
Sub drainage	การระบายน้ำใต้ดินโรยทาง รองหินโรยทาง
Subgrade	ดินบนคันทาง ดินเดิม

นิยามศัพท์	แปล
Subsoil	ดินพื้นทาง ดินใต้ทาง
Substructure	โครงสร้างส่วนล่าง
Subway	รถไฟใต้ดิน
Superelevation	การยกโค้ง การยกรางนอกสูงกว่ารางใน
Superstructure	โครงสร้างส่วนบน
Surface	ระดับตามยาว
Surface Railway	รถไฟบนพื้นดิน
Surfacing Repair, Level Crossing	ซ่อมผิวถนนรถยนต์ที่ทางผ่าน
Suspended Type	รถไฟรางเดี่ยวที่แขวนอยู่กับราง
Suspension Bridge	สะพานแขวน
Suspension Ring	ห่วงหิ้ว
Suspension Spring	แหนบกันสะเทือน
Swing Link	ข้อหิ้ว
Switch	ประแจ
Switch Angle	มุมประแจ
Switch Blade	รางลิ้นประแจ
Switch Link	ข้อหิ้ว
Switch Plates	จานรองรางในประแจ
Switch Point	ปลายลิ้น
Switch Rail	รางลิ้นประแจ
Switch Rail Surface Welding	เชื่อมพอกประแจ
Switch Rod	เหล็กยึดรางลิ้นประแจ
Switch Tamping Machine	รถอัดหินประแจ
Switch Ties	หมอนประแจ
Switches	ประแจ ชุดลิ้นประแจ
Swivel Shank	ลิ้มตั้ง

T

Talk Back	ทางขยายเสียงผ่าน
Taller of Track Motor Car	รถพ่วงรถบำรุงทางขนาดหนัก (โรเบล)
Tamper & Ballast Regulator	อัดหินด้วยรถ
Tamping	การอัดหินโรยทาง
Tamping Machine	รถอัดหิน
Tangent Track	ทางตรง
Tapered Bearing Units, TBU	ชุดแบริ่งรูปกรวย

นิยามศัพท์	แปล
Tappet	ลูกกระทุ้งลิ้น
Tare Weight	น้ำหนักรถเปล่า
Telemeter	เครื่องวัดระยะ
Temporary Speed Restriction	การจำกัดความเร็วชั่วคราว การเบี่ยงทาง
Terminal	สถานีขนถ่าย
Terminating Station	สถานีปลายทาง
TGV, French High Speed Trains (Train a Grande Vitesse)	รถไฟความเร็วสูงของฝรั่งเศส ทีจีวี
The Lever Bench Supports	ขาตั้งแท่นมือคันกลับ
The Maximum Speed for a Train	ความเร็วสูงสุดสำหรับขบวนรถ
The Metro	รถไฟใต้ดิน (ในยุโรป)
The Tube	รถไฟใต้ดิน (ในอังกฤษ)
The Underground	รถไฟใต้ดิน (ในสหรัฐ)
Third Rail	รางที่สาม (ใช้ส่งกำลังไฟฟ้า)
Three-Dimensional Traffic	การเดินทางแบบสามมิติ (รวดเร็ว ประหยัด ปลอดภัย / รวดเร็ว สะดวก ปลอดภัย)
Three-Way Turnout	ทางหลักสามทาง
Through Plate Girder	สะพานแผงขึ้น
Through Truss	สะพานโครงขึ้น
Throw Bar	คันชักประแจ
Tie	หมอนรองราง หมอนยึดราง
Tie Bar	เหล็กยึดรางทั้งสองให้เคลื่อนที่ไปพร้อมๆกัน
Tie Density in one kilometer	จำนวนหมอนในหนึ่งกิโลเมตร
Tie Lines	จำนวนคู่สายเชื่อมโยง
Tie Plate	จานรองราง
Tie Plug	ลึ้นอุดรูที่หมอนไม้
Tie Spacing	ระยะหมอน ระยะระหว่างหมอน
Tie Tamper	บิเตอร์อัดหินไฟฟ้า
Tilting Car	ล้อเลื่อนรุ่นใหม่ใช้กับรถไฟความเร็วสูง รถที่เอียงตัวได้
Timber Bridge	สะพานไม้
Toe Failure	ลาดชำรุดที่ตีนลาด การพังของตีนลาด
Toggle Joint Point Lock	ตะพาบประแจ
Token Block	ตราทางสะดวก
Token Block Instrument	เครื่องตราทางสะดวก (มีลูกตรา)

นิยามศัพท์	แปล
Tokenless Block Instrument	เครื่องทางสะดวก (ไม่มีลูกตรา)
Top-down Method (A:Bottom-up Method)	วิธีก่อสร้างทางส่วนบนจากบนลงล่าง
Torgue Wrench	ประแจที่มีมาตรวัดแรงบิด
Track	ทางรถไฟ
Track and Structure	ทางและโครงสร้าง
Track Bolts	สลักเกลียวต่อราง
Track Capacity	ความจุทาง, วิสัยสมารถของทาง
Track Classification	การจัดชั้นทาง การจำแนกชั้นทาง
Track Condition	สภาพทาง
Track Evaluation Car	รถตรวจสอบสภาพทาง
Track Gauge (With elevation)	เครื่องวัดขนาดทางทันสมัย
Track Geometry	เรขาคณิตของทาง ความเป็นเรขาคณิตของทาง เชิงเรขาคณิตของทาง มิติเรขาคณิตของทาง
Track Guage	ขนาดทาง เครื่องวัดขนาดทาง
Track Inspection by Foot	เดินตรวจทาง
Track Irregularity Index, P	ดัชนีความไม่สม่ำเสมอของทาง
Track Lining	คัตรงในทาง
Track Maintenance in Phahon Yothin Yard	ซ่อมทางย่านพหลโยธิน
Track Material	วัสดุทาง
Track Motor Car	รถบำรุงทางขนาดหนัก (โรเบล)
Track Quality Index, Q.I.	ดัชนีสภาพทาง
Track Recording Car	รถตรวจสอบสภาพทาง
Track Rehabilitation	การปรับปรุงทาง การฟื้นฟูสภาพทาง
Track Renewal	การเปลี่ยนทางใหม่
Track Resistance	ความต้านทานของทาง
Track Spike	ตะปูราง ตะปูยึดราง
Track Stabilizer	รถสั่นหิน
Track Stiffness	ความแข็งตัวของทาง สติฟเนสของทาง
Track strengthening	การเสริมความมั่นคงของทาง การเสริมความแข็งแรงของทาง
Track Structure	โครงสร้างทาง
Track Vacancy	ทางว่าง ทางสะดวก
Trackbed	พื้นทาง

นิยามศัพท์	แปล
Trackwork	งานทาง
Traffic	การเดินรถ การจราจร
Traffic Capacity	ขีดความสามารถในการเดินรถ
Traffic Control District	เขตควบคุมการเดินรถ
Transition Curve	โค้งต่อ
Transverse Fissure	รอยแยกตามขวางของหัวราง
Transverse Pitch	ร่องน้ำตามขวาง คู่น้ำตามขวาง
Triple Line, Triple Track	ทางสามทาง
Triple Track Line, Three-Track Line	เส้นทางสามทาง
Trivial Items on Track Maintenance	เบ็ดเตล็ดบำรุงทาง
Trolley	รถดีพลอร์รี่ล้อใหญ่
Truck	โครงเหล็กมีล้อ (เป็นส่วนของโบกี้รถไฟ) ปกติมี 4 ล้อ (2 เพลา)
Trunk Line	เส้นทางสายใหญ่ เส้นทางสายหลัก
Tube Station	สถานีรถไฟใต้ดิน (ในลอนดอน)
Tunnel	อุโมงค์
Turnout	ทางหลัก
Turnout Production & Repair	ผลิตและซ่อมประแจ
Turnout Speed	ความเร็วเข้าทางหลัก
Twist	ผลต่างของระดับตามขวางระหว่างจุด 2 จุดที่ห่างกัน 5 เมตร
Two-Block, Twin-Block Sleeper	หมอนคอนกรีตแบบทวิบล็อก RS-Type

U

Ultrasonic Rail Flaw Detector	เครื่องตรวจรางร้าวอัลตราโซนิก
Unbalanced Superelevation	การยกโค้งที่ไม่สมดุล
Under Frame	โครงประธานรถ
Under Pass	ทางตัดผ่านต่างระดับลอดใต้ทางรถไฟ
Underfloor Wheel Lathe	เครื่องกลึงล้อใต้พื้นรถ เครื่องกลึงล้อใต้ท้องรถ
Underground	รถไฟใต้ดิน (ในสหรัฐ)
Upgrade, Concrete Sleeper Track	ปรับปรุงทางหมอนคอนกรีต
Upgrade, Wood Sleeper Track	ปรับปรุงทางหมอนไม้
Upper Flange	ปีกบน
Upper Lateral Bracing	แกงแนงราบบน
Upper Rail (High Rail)	รางที่สูงกว่า (ทางโค้ง รางนอกสูงกว่ารางใน)

V

Valve Stem Guide	ปลอกก้านลิ้น
------------------	--------------

นิยามศัพท์	แปล
Vertical Curve	โค้งมุมตั้ง
Vertical play	การเคลื่อนตัวขึ้นลง การเขยิบตัวขึ้นลง
Vertical Split Head	หัวรางแตกแยกในแนวตั้ง
Viaduct	สะพานยาวและสูงข้ามหุบเขา
Viaduct Bridge	สะพานหอ

W

Water Proof Membrane	วัสดุกันซึม
Wear Plate	แผ่นเหล็กกันสึก
Web	เอวราง
Web Plate	แผ่นเหล็กเอว
Wheel Burned Rail	รางเสียหายเนื่องจากล้อด้น
Wheel Disc (Center)	แวนล้อ
Wheel Flange	บังใบล้อ, ครีบล้อ
Wheel flange lubricator	เครื่องหล่อลื่นบังใบล้อ
Wheel Slip Equipment	อุปกรณ์ป้องกันล้อด้น
Wheel Stop	ห้ามล้อราง
Widening Curve	แก้แนวทางรัศมีโค้งแคบ
Wing Rail	รางปีก
Wrongly Set and Split Points	ประแจผิดและผ่าประแจ

Y

Yoke	โยก แอก โครงแอก
Yoke Sleeve	ปลอกรับน้ำหนัก
Yoke Stopper	ที่ยันรั้งเครื่องฉุดลาก

Z

Z-Score	ค่ามาตรฐาน
Zenith	จุดตั้งบน
Zenith Angle	มุมตั้ง
Zenith Distance	ระยะตั้ง
Zenith Sector	เครื่องวัดมุมตั้ง

อ้างอิง

- 1) American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association (2017), Manual for Railway Engineering, Volume 1: Roadbed and Ballast.
- 2) AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association) Manual for Railway Engineering Chapter 4
- 3) AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association), “ Manual for Railway Engineering” Volume 2 - CHAPTER 8 - CONCRETE STRUCTURES AND FOUNDATIONS – Part 27 – Concrete Slab Track
- 4) AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association), “ Manual for Railway Engineering” . Commission regulation (EU) No. 1229/ 2014, “ The technical specifications for interoperability relating to the infrastructure subsystem of the rail system in the European Union”
- 5) AREMA “Manual for Railway Engineering: Volume 1: Track: Chapter 30: Ties”
- 6) AS 1085, “Railway track material”
- 7) AS 1085.14 “Railway track material – Part 14: Prestressed concrete sleepers”
- 8) AS 1085.19 “Railway track material – Part 19: Resilient Fastening System”
- 9) AS 1085.2-2002. “Railway track material Part 2: Fishplates”.
- 10) Australian Rail Track Corporation (2011), ETA-04-01 Ballast Specification.
- 11) Australian Rail Track Corporation (2011), ETM-08-01 Earthwork, Formation and Capping Material.
- 12) Australian Rail Track Corporation LTD (ARTC), “Engineering (Track & Civil) Code of Practice.
- 13) AWS D15.2 Recommended Practices for the Welding of Rails and Related Rail Components for use by Rail Vehicles
- 14) CFR - Title 49: Transportation - Part 213 “Track Safety Standards - Subpart D: Track Structure: 213.127-Rail Fastening System”
- 15) CFR - Title 49: Transportation - Part 213 “Track Safety Standards - Subpart D: TRACK STRUCTURE: 213.109-Crossties”

- 16) Commission regulation (EU) No.1229/2014, “The technical specifications for interoperability relating to the infrastructure subsystem of the rail system in the European Union”.
- 17) Dareeju, B., Gallage, C. and Dhanasekar, M. (2014). A comparative analysis of the conservative bridge transition design approaches In Schweiger, Robert (Ed.) Proceedings of the Conference on Railway Excellence: Rail Transport for Vital Economy, Railway Technical Society of Australasia (RTSA), Adelaide Convention Centre, Adelaide, SA, pp. 649-657
- 18) EN 13146, “Railway Applications Track – Test methods for fastening systems”
- 19) EN 13146- 1 " Railway applications – Track – Test methods for fastening systems - Part 1: Determination of longitudinal rail restraint"
- 20) EN 13146- 2 " Railway applications – Track – Test methods for fastening systems - Part 2: Determination of torsional resistance"
- 21) EN 13146- 3 " Railway applications – Track – Test methods for fastening systems - Part 3: Determination of attenuation of impact loads"
- 22) EN 13146-4 "Railway applications – Track – Test methods for fastening systems - Part 4: Effect of repeated loading"
- 23) EN 13146- 5 " Railway applications – Track – Test methods for fastening systems - Part 5: Determination of electrical resistance"
- 24) EN 13146-6 "Railway applications – Track – Test methods for fastening systems - Part 6: Effect of severe environmental conditions"
- 25) EN 13146- 7 " Railway applications – Track – Test methods for fastening systems - Part 7: Determination of clamping forces"
- 26) EN 13146-8 "Railway applications – Track – Test methods for fastening systems - Part 8: In service testing"
- 27) EN 13146- 9 " Railway applications – Track – Test methods for fastening systems - Part9: Determination of stiffness"
- 28) EN 13230-1: “ Railway Applications – Track – Concrete sleepers and bearers Part. 1: “General Requirements”

- 29) EN 13230-1:2016, "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 1: General requirements"
- 30) EN 13230-2:2016, "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 2: Prestressed monoblock sleepers"
- 31) EN 13230-3:2016, "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 3: Twin-block reinforced sleeper"
- 32) EN 13230-4: "Railway Applications – Track Concrete sleepers and bearers Part. 4: “Pre-stressed bearers for turnouts and crossings”.
- 33) EN 13230-4:2016, "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 4: Prestressed bearers for switches and crossings"
- 34) EN 13230-5: 2016, "Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 5: Special elements"
- 35) EN 13232 Railway applications - Track - Switches and crossings
- 36) EN 13481 "Railway applications – Track – Performance requirements for fastening systems - Part 2: Fastening systems for concrete sleepers "
- 37) EN 13481, “Railway Applications Track – Performance requirements for fastening systems”
- 38) EN 13674 “Railway applications Track – Rail”
- 39) EN 13674-2 “Railway Applications - Track – Rail part 2 – Switch and crossing rails used in conjunction with Vignole rails 46 kg/m and above”
- 40) EN 13674-3 Railway Applications - Track – Rail part 3 – Check rails
- 41) EN 14587 “Railway applications Track – Flash butt welding of rails”
- 42) EN 14730 “Railway applications Track – Aluminothermic welding of rails”
- 43) EN 16432, “Railway applications-Ballastless track systems”
- 44) Esveld, C. (2001), Modern Railway Track, MRT Productions, Amsterdam
- 45) European Standard (2002), EN 13450 Aggregates for Railway Ballast

- 46) Indrarana, B., Salim, Wadud, S. and Rujikiatkamjorn, C. (2011), Advanced Rail Geotechnology – Ballasted Track, CRC Press, New York.
- 47) ISO/TC 17/SC 15, “Railway rails, rails fasteners, wheels and wheelsets”
- 48) JIS E-1102. “Rail joint plate – Fishplates for rails”
- 49) Korean Rule, “Railroad Construction Rule”
- 50) Korean Rule, “Regulation on Railroad Construction Standards”
- 51) KR C- 14050, “Continuous Welded Rails (CWR)”
- 52) KR C- 14080, “Track / vehicle /structure / electrical /signal Interaction”
- 53) KR C-14050, “Continuous Welded Rail, Korea Rail Network Authority”
- 54) KR-C 14030, “Ballasted track structure”
- 55) KR-C 14040, “Concrete Track Structure”
- 56) KR-C 14060, “Design of track components”
- 57) M. Saarna and A. Laansoo, 2004, Rail and Rail Weld Testing, 4th International DAAAM Conference, 29-30th April 2004, Tallinn, Estonia
- 58) Miguel Gouveia Coelho. Structure/Embankment Transitions in Railway Infra-structures.
- 59) Ministerial Ordinance No.151:2001, “The Technical Regulatory Standard on Japanese Railways”
- 60) Ministry of Railways of India (2007), Guidelines and Specifications for Design of Formation for Heavy Axle Load.
- 61) prEn 13230-6:2015, "Railway applications - Track - C - Part 6: Design"
- 62) prEN 16432-1:2012, "Railway applications – Ballastless track systems - Part 1: General requirements"
- 63) prEN 16432- 2: 2015, "Railway applications – Ballastless track systems - Part 2: Subsystems and components"
- 64) prEN 16432-3:2015, " Railway applications – Ballastless track systems - Part 3: Acceptance"

- 65) prEN 16843. “Railway application-Infrastructure-Mechanical requirements for joints in running rail”.
- 66) Professional Standard of the People's Republic of China. TB10001-2005, “Code for design on subgrade of railway”.
- 67) Professional Standard of the People's Republic of China. TB10082-2005, “Code for design of railway track”.
- 68) Rakesh, K. and Akhil, U. “Effect of temperature gradient on track-bridge interaction”. Interaction and Multiscale Mechanics, Vol. 5(1) pp. 1-12 (2012).
- 69) Selig, E. T. and Waters, T. M. (1994), Track Geotechnology and Substructure Management, Thomas Telford Publications, London.
- 70) TB/T2345-2008. “Technical specifications for the procurement of 43kg/m - 75kg/m as joint bar”.
- 71) Technical Regulatory Standards on Japanese Railways
- 72) UIC 719R, “Earthworks and track-bed layers for railway lines”.
- 73) UIC 774-3R, “Track/bridge Interaction Recommendations for calculations”.
- 74) UIC 864-5 “Technical Specification for the Supply of Rail Seat Pads”
- 75) UIC 866 “Technical Specification for the supply of cast manganese steel crossings for turnout and crossing work”
- 76) Varandas, J.N., Holscher, P. and Silva, M. A.G. (2011). Dynamic behaviour of railway tracks on transitions zones. Computers and Structures, 89: 1468-1479.
- 77) เจน บุญชื้อ. (2537). ความรู้เบื้องต้นวิศวกรรมรถไฟ. กรุงเทพมหานคร: แสงไทย.
- 78) การควบคุมงานผลิตรางรถไฟ ฝ่ายการช่างโยธา 2556 การรถไฟแห่งประเทศไทย
- 79) มงคล ศิริธนากิจ, งานประแจและเชื่อมราง.
- 80) มอก. 2528 เล่ม 1 –2553, “บทนิยามเกี่ยวกับหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ”
- 81) มอก. 2528 เล่ม 2 –2553, “วิธีชักตัวอย่างหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ”
- 82) มอก. 2528 เล่ม 3 –2553, “การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ”

- 83) วารสารวิชาการ สถาบันเชื่อมแห่งประเทศไทย “ การเชื่อมรางรถไฟ พื้นฐานด้านเทคโนโลยีและโลหะวิทยา” ปีที่1 ฉบับที่2, 2528
- 84) สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข), “งานออกแบบรายละเอียดโครงการระบบขนส่ง กรุงเทพมหานคร ช่วงบางรี-สมุทรปราการ และออกแบบโครงสร้างพื้นฐาน สิ่งอำนวยความสะดวกด้านการจราจรที่เกี่ยวข้อง”
- 85) สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข), “งานออกแบบรายละเอียดโครงการระบบขนส่ง กรุงเทพมหานคร ช่วงสมุทรปราการ(บางปิ้ง)-บางปู และออกแบบโครงสร้างพื้นฐาน สิ่งอำนวยความสะดวกด้านการจราจรที่เกี่ยวข้อง”เจน บุญชื้อ. (2537). ความรู้เบื้องต้นวิศวกรรมรถไฟ. กรุงเทพมหานคร: แสงไทย.



รายงานฉบับสุดท้าย

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.)
35 ถนนเพชรบุรี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
ข้อมูลการติดต่อ : โทรศัพท์ 02-2151515 โทรสาร 02-2155500
<http://www.otp.go.th>