



สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร

คู่มือการบำรุงรักษา โครงสร้างทางรถไฟ

มกราคม 2561



สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร

คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

ISBN xxx-xxxx-xxxx

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2558

โดย สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.)

35 ถนนเพชรบุรี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี

กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์ 02-2151515 โทรสาร 02-2155500



คำนำ

คู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจประเมินและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟในประเทศไทย โดยอ้างอิงมาจากข้อกำหนด มาตรฐานและคู่มือทั้งในประเทศและต่างประเทศ มีขอบเขตในการใช้งานสำหรับทางรถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมืองและรถไฟฟ้ามหานครในเมือง รายละเอียดข้อกำหนดในมาตรฐานฉบับนี้เน้นไปที่หลักการและแนวทางในการดำเนินการตรวจประเมินและบำรุงรักษา ประกอบไปด้วย 7 บทคือ บทนำ งานวางแผนการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ การตรวจประเมินสภาพโครงสร้างทางรถไฟ การบำรุงรักษาและซ่อมแซมความปลอดภัยในการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม และแผนเผชิญเหตุต่อภัยพิบัติ สำหรับรายละเอียดข้อกำหนดด้านการจัดการบุคลากร ขั้นตอนการดำเนินงานและอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวไว้ในคู่มือนี้ ให้เป็นไปตามข้อกำหนด หรือคู่มือบำรุงรักษาของหน่วยงานที่ดูแลและรับผิดชอบโครงสร้างพื้นฐานนั้น อาทิ คู่มือบำรุงทางของการรถไฟแห่งประเทศไทย ฉบับ พ.ศ. 2559 เป็นต้น

สารบัญ

หน้า

1. บทนำ.....	1-1
1.1 ทิวไป	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-1
1.3 ขอบเขต	1-1
2. งานวางแผนการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ.....	2-1
2.1 ทิวไป	2-1
2.2 การคำนวณน้ำหนักผ่านทางต่อวันและการแบ่งชั้นทาง.....	2-2
2.3 คุณภาพของโครงสร้างทางรถไฟ.....	2-5
2.4 การตรวจประเมินสภาพโครงสร้างทางรถไฟ.....	2-6
2.5 เกณฑ์กำหนดเพื่อดำเนินการบำรุงทาง	2-8
2.6 วงรอบของการตรวจประเมินสภาพโครงสร้างทางรถไฟและการบำรุงรักษา.....	2-16
3. การตรวจประเมินสภาพทางรถไฟ	3-1
3.1 การตรวจประเมินรางและรอยเชื่อม	3-1
3.2 การตรวจประเมิน Track Geometry	3-7
3.3 การตรวจประเมินเครื่องยึดเหนี่ยวราง.....	3-11
3.4 การตรวจประเมินประแจ	3-14
3.5 การตรวจประเมินหมอนรองราง.....	3-17
3.6 การตรวจประเมินชั้นหินโรยทาง.....	3-18
3.7 การตรวจประเมินชั้นดินพื้นทาง	3-19
3.8 การตรวจประเมินแผ่นพื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟ.....	3-22
3.9 การตรวจประเมินระบบระบายน้ำ.....	3-24
4. งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมโครงสร้างทางรถไฟ.....	4-1
4.1 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมรางและรอยเชื่อม.....	4-1
4.2 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซม Track Geometry.....	4-4
4.3 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมเครื่องยึดเหนี่ยวราง	4-7
4.4 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมประแจ.....	4-7
4.5 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมหมอนรองราง	4-9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6	งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมชั้นหินโรยทาง	4-11
4.7	งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมชั้นดินพื้นทาง	4-14
4.8	งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมแผ่นพื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟ	4-24
4.9	งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมระบบระบายน้ำ	4-27
5.	ความปลอดภัยในงานบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ	5-1
5.1	ความปลอดภัยในงานบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ	5-1
6.	การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม	6-1
6.1	การควบคุมเสียงดังและการสั่นสะเทือน (Noise and Vibration Control)	6-1
6.2	มลพิษ (Pollution)	6-4
6.3	สุขภาพ (Health)	6-8
6.4	การขนส่งวัตถุอันตราย (Transportation of Hazardous Materials)	6-10
7.	แผนเผชิญเหตุต่อภัยพิบัติ	7-1
7.1	การตรวจทางและข้อปฏิบัติต่อกรณีฉุกเฉินหรือเมื่อเกิดภัยพิบัติ	7-1
	เอกสารอ้างอิง	ก
	ภาคผนวก ก	ค

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง นิยาม และเป้าหมายของงานบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ	2-1
ตารางที่ 2-2 แสดงการแบ่งประเภทน้ำหนักรบรรทุกที่กระทำต่อทางรถไฟตามมาตรฐาน UIC	2-3
ตารางที่ 2-3 ค่าสัมประสิทธิ์ S_v และ S_m ตามมาตรฐาน UIC	2-4
ตารางที่ 2-4 แสดงการจัดแบ่งชั้นทางรถไฟตามมาตรฐาน UIC	2-4
ตารางที่ 2-5 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของทางรถไฟ	2-14
ตารางที่ 2-6 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของทางรถไฟ (ต่อ).....	2-15
ตารางที่ 2-7 แสดงวงรอบของการตรวจประเมินทางรถไฟ	2-17
ตารางที่ 2-8 แสดงค่าวงรอบของการบำรุงรักษาขององค์ประกอบต่าง ๆ บนทางรถไฟ	2-18
ตารางที่ 3-1 หน้าตัดรางที่ใช้ในปัจจุบันในประเทศไทย	3-1
ตารางที่ 3-2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของทางรถไฟสำหรับการซ่อมบำรุง	3-9
ตารางที่ 3-3 รูปแบบความเสียหายของแผ่นรองราง.....	3-13
ตารางที่ 3-4 พิกัดการใช้งานของรางที่ยอมให้.....	3-14
ตารางที่ 3-5 พิกัดการใช้งานของส่วนประกอบประแจแบบเชื่อม (Welded turnout) ที่ยอมให้.....	3-14
ตารางที่ 3-6 พิกัดการใช้งานของส่วนประกอบประแจแบบต่อ (Jointed Turnout) ที่ยอมให้	3-15
ตารางที่ 3-7 ตารางการจัดแบ่งความปนเปื้อนของหินโรยทาง	3-18
ตารางที่ 3-8 ขนาดของรอยร้าว	3-23
ตารางที่ 4-1 วิธีการฟื้นฟูสภาพดินตัดให้กลับมามีเสถียรภาพ.....	4-19
ตารางที่ 4-2 สรุปลักษณะและแนวทางบำรุงรักษาระบบระบายน้ำผิวดิน	4-29
ตารางที่ 4-3 สรุปลักษณะและแนวทางบำรุงรักษาระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน	4-31

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1 แสดงปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อสภาพของทางรถไฟ.....	2-6
รูปที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของทางรถไฟและรอบของการซ่อมบำรุง ตลอดอายุการใช้งาน	2-9
รูปที่ 2-3 ขั้นตอนการดำเนินการวางแผนตรวจสอบและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ.....	2-17
รูปที่ 2-4 แสดงผังการซ่อมหมันรอบบำรุงทาง 3 ปีทางชั้นที่ 1 ก.	2-20
รูปที่ 2-5 แสดงผังการซ่อมหมันรอบบำรุงทาง 4 ปี ทางชั้นที่ 1 ข. 2 ก.	2-20
รูปที่ 2-6 แสดงผังการซ่อมหมันรอบบำรุงทาง 2 ปี ทางชั้นที่ 2 ข. 3.....	2-20
รูปที่ 3-1 ตำหนิ (Defects) ที่อยู่ในเนื้อราง	3-1
รูปที่ 3-2 การแตกและการหลอมละลายไม่สมบูรณ์จากการเชื่อมไฟฟ้า (Flash Butt).....	3-2
รูปที่ 3-3 โพรงอากาศและการหลอมละลายไม่สมบูรณ์จากการเชื่อมเทอร์มิต (Thermite).....	3-2
รูปที่ 3-4 หัวต่อแบบสีกบริเวณหัวราง	3-2
รูปที่ 3-5 การแตกเป็นเส้นที่หัวราง (Head Checking with Spalling)	3-3
รูปที่ 3-6 เนื้อหลุดร่อนและแตกเป็นเส้นที่หัวราง (Flaking with Head Checking)	3-3
รูปที่ 3-7 เนื้อหลุดลอก (Spalling).....	3-3
รูปที่ 3-8 สันรางเป็นคลื่น (Corrugation)	3-3
รูปที่ 3-9 การเกิดสนิมในบริเวณเอวรางและฐานราง	3-4
รูปที่ 3-10 พิกัดสูงสุดสำหรับการสีกของหัวราง.....	3-5
รูปที่ 3-11 แสดงลักษณะความผิดปกติของทางรถไฟ (Track Irregularities).....	3-7
รูปที่ 3-12 แสดงการวัดขนาดทาง (กำหนดให้ $Z_p = 14$ มิลลิเมตร).....	3-8
รูปที่ 3-13 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการวิเคราะห์ภาพภายในการตรวจสอบอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวฯ	3-11
รูปที่ 3-14 การแตกร้าวของฉนวน.....	3-11
รูปที่ 3-15 การเสื่อมสภาพของแผ่นรองรางเนื่องจากการขัดสี (Abrasion)	3-12
รูปที่ 3-16 การเสียรูปอย่างถาวรและการฉีกขาดของแผ่นรองราง	3-12
รูปที่ 3-17 รอยร้าวบริเวณพื้นคอนกรีตรองรับรางรถไฟ (Slab Track).....	3-22
รูปที่ 3-18 รอยร้าวบริเวณพื้นคอนกรีตส่วนล่างรองรับพื้นคอนกรีตรองรับทางวิ่ง (Slab Track)	3-22
รูปที่ 3-19 เภววัดรอยร้าวของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก.....	3-23
รูปที่ 4-1 วิธีและกระบวนการจัดการปัญหาหินร่วงหรือตก	4-18
รูปที่ 4-2 การเปิดแนวรอยร้าวเพื่อทำการฉีดอีพอกซีเรซิน	4-24
รูปที่ 4-3 วิธีการซ่อมแซมด้วยวิธีการเย็บติด (Stitching).....	4-26

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-4 ทางรถไฟที่เสียหายจากภัยธรรมชาติ (รูปซ้าย) และการปรับปรุงระบบระบายน้ำ (รูปขวา).....	4-27
รูปที่ 4-5 รางระบายน้ำด้านข้าง	4-28
รูปที่ 4-6 ป่อตรวจ	4-30
รูปที่ 4-7 การซ่อมคันทางรถไฟชั่วคราวที่ถูกรั่วน้ำพัดขาด	4-32
รูปที่ 6-1 ลักษณะการส่งผ่านเสียงดังจากแหล่งบนทางรถไฟไปสู่ผู้รับ	6-1
รูปที่ 6-2 การส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากแหล่งกำเนิดในรูปของคลื่นไปสู่อาคารบ้านเรือน ผ่านชั้นดินและหิน	6-2
รูปที่ 6-3 ตัวอย่างผลการวัดการสั่นสะเทือนจากจุดศูนย์กลาง ของทางรถไฟไปสู่ระยะรัศมีรอบทางรถไฟ	6-3
รูปที่ 6-4 เส้นทางของมลพิษในบริเวณทางรถไฟ-ปรับปรุงจาก Vo et al., (2015)	6-6



1. บทนำ

1.1 ทัวไป

คู่มือนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการตรวจประเมินและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟในประเทศไทย ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการตรวจประเมินและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ หลักการบำรุงโครงสร้างทางรถไฟ ความบกพร่องของโครงสร้างทางรถไฟและองค์ประกอบ การตรวจประเมิน เกณฑ์ข้อกำหนด และการบำรุงรักษา รวมไปถึงความปลอดภัยในการบำรุงรักษา การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม และแผนเผชิญเหตุต่อภัยพิบัติ

1.2 วัตถุประสงค์

คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟเล่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นคู่มือในการตรวจประเมินและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟที่ใช้งานในประเทศไทย

1.3 ขอบเขต

- 1.3.1 คู่มือการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟเล่มนี้ใช้สำหรับทางรถไฟในประเทศไทยที่เป็นทางถาวร (Permanent Way) เท่านั้น
- 1.3.2 คู่มือบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟเล่มนี้เป็นข้อแนะนำสำหรับการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟในประเทศไทย ชนิดรถไฟขนส่งระหว่างเมือง รถไฟชานเมืองและรถไฟฟ้ามหานครในเขตเมือง ที่นิยามตามมาตรฐานการขนส่งทางราง S-T-001-256x
- 1.3.3 สำหรับรายละเอียดการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟที่นอกเหนือไปจากคู่มือเล่มนี้ให้เป็นไปตามคู่มือของหน่วยงานผู้รับผิดชอบโครงสร้างพื้นฐานและ/หรือข้อกำหนดที่ระบุไว้ในสัญญาในการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน



2. งานวางแผนการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

2.1 ทัวไป

สำหรับโครงสร้างพื้นฐานด้านระบบขนส่งทางรางมักถูกออกแบบให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน โดยเฉพาะโครงการระบบขนส่งทางรางในปัจจุบันถูกออกแบบให้มีอายุการใช้งาน (Service Life) ถึง 100 ปี ดังนั้นการดำเนินงานด้านการบำรุงรักษาถือเป็นหัวใจของระบบขนส่งทางราง โดยมีเป้าหมายเพื่อความปลอดภัย ความสะดวกสบายในการให้บริการ มีความพร้อมต่อการใช้งาน และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ตลอดอายุการใช้งานตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง นิยาม และเป้าหมายของงานบำรุงรักษาทางรถไฟ แสดงไว้ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง นิยาม และเป้าหมายของงานบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

ปัจจัยสำคัญ	นิยาม	เป้าหมาย
ความปลอดภัย (Safety)	โอกาสและความน่าจะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุ	ต้องทำให้มีค่าต่ำที่สุด
ความสะดวกสบาย (Comfort)	หมายรวมถึงรถไฟโดยสารและขนส่งสินค้าต่อผลกระทบจากเสียงและการสั่นสะเทือน (Noise and Vibration) ในการให้บริการ	มีค่าความสะดวกสบายทั้งรถไฟโดยสารและสินค้าสูงสุด มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำสุด
ความพร้อมใช้งาน (Availability)	ขึ้นอยู่กับกำหนัดความเสียหายและความเร็วในการใช้งานทางรถไฟ	มีความพร้อมในการให้บริการสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้
ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Economy)	ทางรถไฟที่คุณภาพไม่ดีจะส่งผลถึงค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง สภาพทางที่ไม่ดีทำให้เร่งการเสื่อมสภาพของทางรถไฟและตัวรถไฟ ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาสูงขึ้นตามไปด้วย	ประสิทธิภาพของทางต่อค่าใช้จ่ายที่คุ้มค่าที่สุด

ทั้งนี้ในการดำเนินการบำรุงรักษาเพื่อให้ครอบคลุมปัจจัยสำคัญทั้งสี่ปัจจัยดังกล่าว จะขึ้นอยู่กับนโยบายไปจนถึงการปฏิบัติการของผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Manager) การกำหนดเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะ การซ่อมบำรุง การเปลี่ยนและปรับปรุง ตลอดการจนการดำเนินการสร้างชิ้นใหม่จะเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตลอดวงจรการใช้งานของทางรถไฟซึ่งค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจะเกิดขึ้นตลอดช่วงอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost) การดำเนินการเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟต่ำสุด ในขณะที่ยังคงสมรรถนะการใช้งานให้มีความเหมาะสมยังถือเป็นความท้าทายของผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบบริหารจัดการด้านโครงสร้างพื้นฐานต่อไป สำหรับประเทศไทย



ถึงแม้จะมีคู่มือที่ใช้ในการบำรุงทางที่จัดทำขึ้นของแต่ละหน่วยงานแต่ยังขาดการบูรณาการให้สามารถใช้ด้วยกันได้เพื่อให้การระบบการขนส่งทางรางของประเทศสามารถให้บริการได้ภายใต้ระดับของความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการให้บริการเทียบเท่ากัน คู่มือบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟเล่มนี้มุ่งเน้นไปที่กระบวนการตรวจสอบและแนวทางที่ใช้ในการบำรุงรักษา โดยได้ดำเนินการเรียบเรียงจากมาตรฐานและคู่มือที่มีการใช้งานอยู่ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

2.2 การคำนวณน้ำหนักผ่านทางต่อวันและการแบ่งชั้นทาง

ปัจจุบันภายใต้โครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานระบบขนส่งทางรางทำให้เกิดการปรับปรุงทางรถไฟ และการสร้างทางรถไฟใหม่ที่สามารถรองรับน้ำหนักลงเพลาและความเร็วที่เพิ่มขึ้น ทั้งน้ำหนักและความเร็วในการให้บริการที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบต่อภาระการซ่อมบำรุงโดยตรง เพื่อคงระดับความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการให้บริการอยู่ในสภาพที่มีความเหมาะสม โดยในมาตรฐาน UIC (International Union of Railway) ได้กำหนดการแบ่งชั้นทางจากปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของทางรถไฟ (Track Quality) ในการให้บริการคือ

- ก. น้ำหนักลงเพลา (Axle Load) คือ น้ำหนักสถิต (Static) ลงเพลา 1 เพลาในแนวตั้ง
- ข. ระบายบรรทุก (Tonnage Borne) คือ ผลรวมของน้ำหนักลงเพลา
- ค. ความเร็วในการให้บริการ (Running Speed)

สำหรับมาตรฐาน UIC ได้กำหนดให้มีการแบ่งชนิดของทางรถไฟตามความเร็วในการให้บริการ ซึ่งสอดคล้องกับการแบ่งประเภททางรถไฟในมาตรฐาน มขร S-T001-256x โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ทางรถไฟความเร็วสูง (High speed tracks): $V > 200$ กม./ชม.
- ทางรถไฟด่วน (Rapid speed tracks): $140 \text{ กม./ชม.} < V < 200 \text{ กม./ชม.}$
- ทางรถไฟความเร็วปานกลาง (Medium speed tracks): $100 \text{ กม./ชม.} < V < 140 \text{ กม./ชม.}$
- ทางรถไฟความเร็วต่ำ (Low speed tracks): $V < 100 \text{ กม./ชม.}$

*หมายเหตุ Velocity (V) = ความเร็ว

มาตรฐาน UIC ยังได้กำหนดประเภทของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อทางรถไฟจากน้ำหนักลงเพลาและน้ำหนักต่อหน่วยความยาวดังแสดงในตารางที่ 2-2



ตารางที่ 2-2 แสดงการแบ่งประเภทน้ำหนักรบรรทุกที่กระทำต่อทางรถไฟตามมาตรฐาน UIC

ประเภทน้ำหนักรบรรทุก	น้ำหนักลงเพลลา (ตัน)	น้ำหนักต่อความยาว (ตันต่อเมตร)
A	16	5
B1	18	5
B2	18	6.4
C2	20	6.4
C3	20	7.2
C4	20	8.0
D4	22.5	8.0

เนื่องจากความหนาแน่นและความเร็วของขบวนรถ และโครงสร้างทางรถไฟมีความแตกต่างกัน จึงทำให้ทางถูกทำลายให้เสื่อมลงไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงต้องแบ่งทางออกเป็นชั้น ๆ ตามความต้องการในการบำรุงรักษา โดยใช้น้ำหนักผ่านทางเป็นเกณฑ์พิจารณา การประมาณน้ำหนักผ่านทางสมมติ (T_f) ตามมาตรฐาน UIC สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$T_f = S_v \times (T_v + K_t \times T_{tv}) + S_m \times (K_m \times T_m + K_t \times T_{tm})$$

เมื่อ T_v คือ น้ำหนักผ่านทางเฉลี่ยต่อวันของรถไฟโดยสาร

T_{tv} คือ น้ำหนักผ่านทางเฉลี่ยต่อวันของรถจักรโดยสาร

T_m คือ น้ำหนักผ่านทางเฉลี่ยต่อวันของรถไฟขนส่งสินค้า

S_v, S_m คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเร็ว หาได้จากตารางที่ 2-2

K_t คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสึกหรอจากการลากจูง มีค่าเท่ากับ 1.4

K_m คือ สัมประสิทธิ์ตัวคูณที่เกิดจากน้ำหนักและการสึกหรอเนื่องจากแควรถไฟ มีค่าเท่ากับ 1.15 ในกรณีทั่วไป และมีค่าเท่ากับ 1.3 ในกรณีน้ำหนักเพลลาเท่ากับ 20 ตัน และ 1.45 ในกรณีน้ำหนักเพลลาเท่ากับ 22.5 ตัน

ตารางที่ 2-3 ค่าสัมประสิทธิ์ S_v และ S_m ตามมาตรฐาน UIC

สัมประสิทธิ์	ค่า	ช่วงความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
S_v และ S_m	1	$V \leq 60$
S_v และ S_m	1.05	$80 < V \leq 60$
S_v	1.25	$100 < V \leq 60$
S_v	1.35	$130 < V \leq 60$
S_v	1.40	$160 < V \leq 60$
S_v	1.45	$200 < V \leq 60$
S_v	1.50	$250 < V$

ในมาตรฐาน UIC ได้จัดแบ่งประเภทของทางรถไฟตามค่าที่คำนวณได้จากน้ำหนักผ่านทางสมมติ ดังแสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 แสดงการจัดแบ่งชั้นทางรถไฟตามมาตรฐาน 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	$<1,500$



สำหรับทางรถไฟของการรถไฟแห่งประเทศไทยหรือทางถาวร ได้มีการคำนวณตามหลักการของ UIC และสามารถจัดแบ่งชั้นของทางรถไฟออกเป็น 5 ชั้น และสามารถเทียบเคียงกับชั้นทางตามมาตรฐาน UIC ได้ดังนี้

ทางชั้น 1 ก. เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้น 4	(น้ำหนักรถผ่านทาง 28,001-50,000 ตันต่อวัน)
ทางชั้น 1 ข. เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้น 5	(น้ำหนักรถผ่านทาง 14,001-28,000 ตันต่อวัน)
ทางชั้น 2 ก. เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้น 6	(น้ำหนักรถผ่านทาง 7,001-14,000 ตันต่อวัน)
ทางชั้น 2 ข. เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้น 7	(น้ำหนักรถผ่านทาง 3,501-7,000 ตันต่อวัน)
ทางชั้น 3 เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้น 8	(น้ำหนักรถผ่านทาง 1,501-3,500 ตันต่อวัน)
ทางชั้น 4 เทียบกับมาตรฐาน UIC	ชั้น 9	(น้ำหนักรถผ่านทางน้อยกว่า 1,500 ตันต่อวัน)

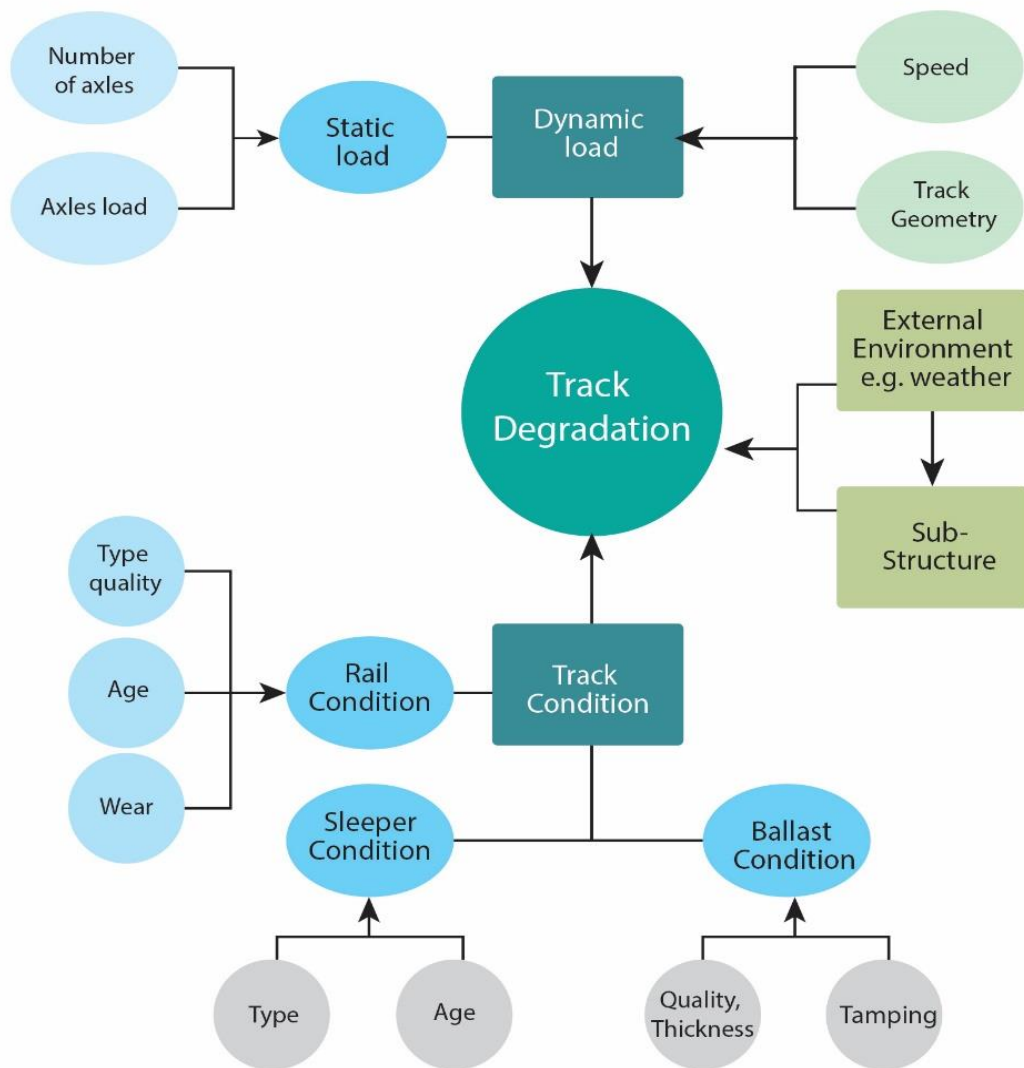
2.3 คุณภาพของโครงสร้างทางรถไฟ

โดยปกติแล้วคุณภาพของทางรถไฟจะมีค่าลดต่ำลงตามระยะเวลาที่ใช้งาน การกำหนดคุณภาพที่ยอมรับได้ของทางรถไฟถือเป็นหัวใจสำคัญในงานบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ การคงคุณภาพในการให้บริการที่สูงก็จะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่สูงตามไปด้วย การตรวจวัดและประเมินคุณภาพถือเป็นกระบวนการสำคัญที่จะส่งผลต่อการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานตลอดอายุการใช้งาน ผู้ที่รับผิดชอบโครงสร้างพื้นฐานจะเป็นผู้กำหนดระดับของคุณภาพที่ยอมรับได้ที่ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในกฎหมาย ข้อกำหนดหรือมาตรฐานที่มีการประกาศใช้ เพื่อนำค่าที่ตรวจวัดได้มาใช้ในการวางแผนในการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ต่อไป

ทั้งนี้ปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของทางรถไฟประกอบไปด้วย

- ก. การใช้งาน (Use) : การสึกหรอจะเป็นผลโดยตรงจากลักษณะการใช้งานเนื่องจากพฤติกรรมทางฟิสิกส์ระหว่างการสัมผัสกันของล้อและราง รวมไปถึงน้ำหนักที่มากกระทำทั้งน้ำหนักสถิตย์และน้ำหนักพลวัต
- ข. สภาพแวดล้อม (Environment) : ทางรถไฟที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสภาวะรุนแรง (Severe Condition) จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของทางรถไฟ
- ค. ความเสียหาย (Failures) : ในที่นี้หมายถึงความเสียหายขององค์ประกอบของทางรถไฟ จากการผลิต การติดตั้ง รวมไปถึงคุณภาพของการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน

ปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพของทางรถไฟ ดังแสดงในรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 แสดงปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของทางรถไฟ

2.4 การตรวจประเมินสภาพโครงสร้างทางรถไฟ

ในงานบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ มีวัตถุประสงค์คือการรักษาสภาพทางและซ่อมทางให้ถูกต้องตามมาตรฐานอยู่เสมอเพื่อให้ทางรถไฟและองค์ประกอบสามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานตลอดอายุการใช้งาน (Service Life) ในการทำงานที่จะรักษาสภาพทางรถไฟจำเป็นต้องมีข้อมูลครบถ้วนเพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจในงานซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการตรวจประเมินทางรถไฟสามารถแบ่งออกเป็นการตรวจวัดสองกรณีคือ การตรวจวัดค่าบนทางรถไฟ (Track Measurement) และการตรวจวัดคุณภาพในการเดินทางบนทางรถไฟ (Ride Quality) โดยในมาตรฐาน UIC ได้แนะนำค่าต่าง ๆ ที่ต้องดำเนินการตรวจวัดดังนี้



2.4.1 การตรวจวัดสภาพทางรถไฟ (Track Measurement) ประกอบไปด้วยการตรวจวัดค่าต่าง ๆ ดังนี้

ลักษณะทางเรขาคณิตของทางรถไฟ (Track Geometry)	- ระดับของราง ด้านซ้าย-ขวา - การเบี่ยงออกจากแนวทางรถไฟ ของรางด้านซ้าย-ขวา - ค่าความโค้ง - ขนาดราง - ค่ายกโค้ง - ค่าผลต่างของระดับตามขวางระหว่างจุด 2 จุดที่ห่างกัน 5 เมตร
โปรไฟล์ของราง (Rail Profile)	- การสึกหรอตามแนวนอน - การสึกหรอตามแนวตั้ง - การสึกหรอที่มุม 45 องศา
รางเป็นคลื่น (Corrugation)	- รางเป็นคลื่นมีระยะคลื่นหลายขนาดมีค่าอยู่ระหว่าง 20-3,000 มิลลิเมตร
การบกพร่องที่ผิวราง (Surface Defect)	- รางแตก - การสึกหรอจากการลื่นไถล - รางกะเทาะเป็นเปลือก (เป็นแผ่น) - Flaw - รางเป็นคลื่น - ความผิดปกติของรอยเชื่อม - รอยกดประทับจากหินโรยทาง - เครื่องยึดเหนี่ยวรางขาดหาย - การแตกชำรุดของหมอน และเครื่องยึดเหนี่ยวราง

2.4.2 การตรวจวัดคุณภาพในการเดินทาง (Ride Quality)

การตรวจวัดคุณภาพจากการเดินทางเป็นการตรวจวัดเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพของโครงสร้างทางรถไฟจากการตรวจวัดค่าแรงกระทำระหว่างล้อและรางรถไฟ และค่าความเร่งที่เกิดขึ้นในแกนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ หรือที่เรียกว่า On Track Test สามารถบอกได้ถึงระดับความปลอดภัยและความสะดวกสบายของทางรถไฟในการให้บริการ โดยสามารถอ้างอิงรายละเอียดการตรวจวัดได้จากมาตรฐาน UIC 518 OR หรือ EN 14363 ทั้งนี้หากไม่สามารถดำเนินการตรวจวัดค่าหน่วยแรงระหว่างล้อกับราง (Wheel-Rail Interaction Force) ด้วยวิธี Normal



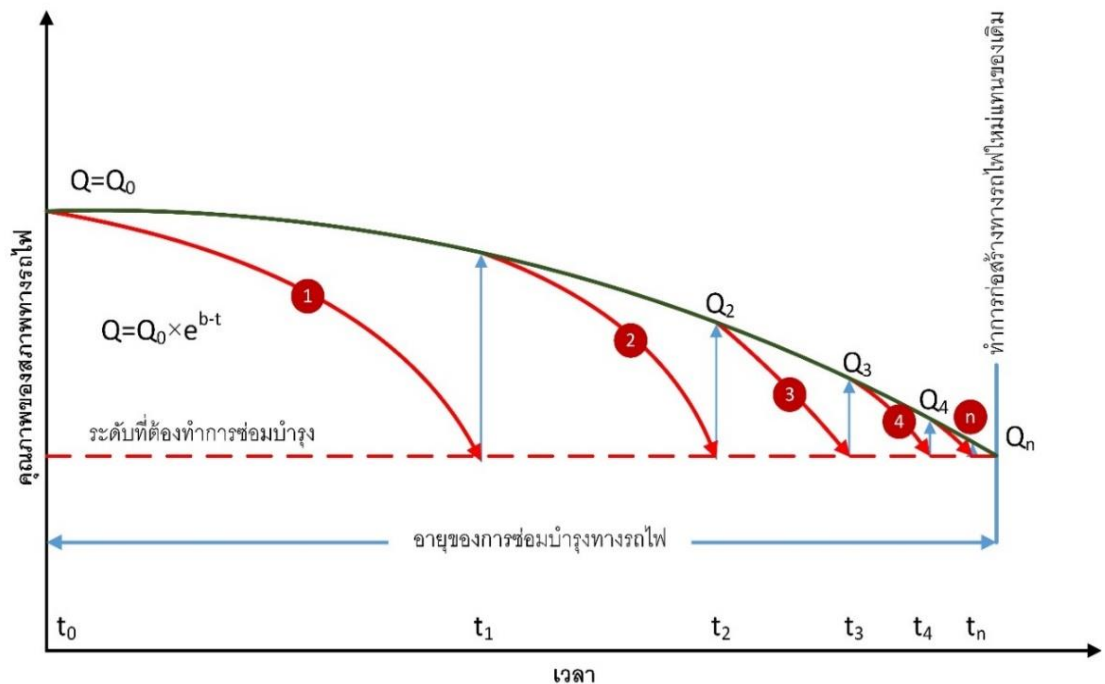
Method ได้ เนื่องจากมีความยุ่งยาก ซับซ้อนและค่าใช้จ่ายสูง สามารถใช้วิธีการตรวจประเมินจากค่าความเร่งด้วยวิธี Simplified Acceleration Method ตามมาตรฐาน UIC 518 OR มาใช้ในการอ้างอิงค่าคุณภาพในการเดินทางเทียบเคียงได้

2.5 เกณฑ์กำหนดเพื่อดำเนินการบำรุงทาง

สำหรับเกณฑ์กำหนดเพื่อใช้ดำเนินการบำรุงทางตามหลักสากลจะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ดัชนีคุณภาพของโครงสร้างทางรถไฟ และค่าอายุการใช้งานของแต่ละองค์ประกอบของโครงสร้างทางรถไฟ เนื่องจากทางรถไฟจะมีการเสื่อมสภาพและทำให้คุณภาพของทางมีค่าต่ำลงตามอายุและสภาพการใช้งานและเมื่อถึงเกณฑ์ที่กำหนดจะต้องมีการซ่อมบำรุงเพื่อให้โครงสร้างทางรถไฟกลับเข้ามาสู่คุณภาพที่ยอมรับได้จนกระทั่งสิ้นอายุของการใช้งานจะดำเนินการปรับเปลี่ยนเพื่อทดแทน (Renewal) รูปที่ 2-2 แสดงวัฏจักรของการเสื่อมสภาพและซ่อมบำรุงโครงสร้างทางรถไฟ จะเห็นได้ว่าการซ่อมบำรุงจะเกิดขึ้นตลอดช่วงอายุการใช้งานเพื่อให้คุณภาพของทางรถไฟมีค่าไม่ต่ำกว่าระดับที่ตั้งไว้และจะถี่ขึ้นเมื่อผ่านการซ่อมบำรุงครั้งแรกไปแล้ว โดยที่สมการของการเสื่อมสภาพของคุณภาพของทางรถไฟคือ

$$Q = Q_0 \times e^{b \cdot t}$$

โดยที่	Q	คือ คุณภาพของทางรถไฟที่พิจารณา
	Q ₀	คือ คุณภาพของทางรถไฟเริ่มต้น
	b	คือ อัตราการเสื่อมสภาพของทางรถไฟ
	t	คือ ระยะเวลา



รูปที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของทางรถไฟและรอบของการซ่อมบำรุง
ตลอดอายุการใช้งาน

โดยทั่วไปแล้วอายุการใช้งานและการตอบสนองในการซ่อมบำรุงของทางรถไฟตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle) จะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดขององค์ประกอบและปริมาณน้ำหนักรถผ่านทาง และสำหรับการควบคุมสภาพทางจะมุ่งเน้นให้มีค่าแรงระหว่างล้อกับรางมีค่าต่ำที่สุด โดยในแต่ละประเทศหน่วยงานที่ดำเนินการด้านการดูแลโครงสร้างพื้นฐานจะทำการกำหนด ค่าดัชนีคุณภาพทาง (Track Quality Index) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์กำหนดกิจกรรมต่าง ๆ ในการซ่อมบำรุง สำหรับประเทศไทยการรถไฟแห่งประเทศไทยได้ทำการกำหนดเกณฑ์ดังกล่าว ไว้ในคู่มือปฏิบัติการบำรุงทางตามวาระ

2.5.1 เกณฑ์กำหนดเพื่อใช้ในการบำรุงทางของการรถไฟแห่งประเทศไทย

การรถไฟแห่งประเทศไทยจะทำการควบคุมสภาพทาง (Track Control) โดยการเปรียบเทียบสภาพทางแต่ละตอน หรือเปรียบเทียบผลการทำงานในทางแต่ละช่วง ว่าดีมากขึ้นน้อยแตกต่างกันอย่างไร จำเป็นต้องเปรียบเทียบค่าดัชนีความไม่สม่ำเสมอ (Track Irregularity Index หรือ P) กรณีวัดเมื่อไม่มีน้ำหนัก (Static Values) และค่าดัชนี สภาพทาง (Track Quality index หรือ QI) กรณีวัดเมื่อมีน้ำหนักกด (Dynamic Values) ว่ามีค่ามากขึ้นน้อยแตกต่างกันเท่าใด



ค่าดัชนีความไม่สม่ำเสมอของทาง เป็นดัชนีที่รายงานให้ผู้บังคับบัญชาทราบว่าการแต่ละกิโลเมตรหรือแต่ละช่องทางมีสภาพเป็นอย่างไร คุณภาพของผลงานซ่อมทาง ทั้งที่ดำเนินการเอง ตลอดจนงานซ่อมทางที่จ้างเอกชนดำเนินการอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ เพื่อเป็นประโยชน์ในการแก้ไขปรับปรุงสภาพทาง โดยมีหลักการดังนี้

- ก) ถ้าค่าดัชนีรวมมีค่าเกิน 30% แสดงว่าทาง กม. นั้นหรือทางช่วงนั้นอยู่ในสภาพที่เสีย
- ข) เมื่อทราบว่าทางเสียแล้ว ให้พิจารณาต่อไปว่าทางเสียเพราะเหตุใด โดยดูจากค่าดัชนีแต่ละรายการค่าความคลาดเคลื่อนของทางดังนี้
 - ก) ถ้าดัชนีระดับตามยาวมีค่าสูง แสดงว่าทางเสียอาจเนื่องมาจากอัดหินไม่แน่น หินโรยทางสกปรก พื้นทางอ่อน หรือปัญหาเกี่ยวกับความมั่นคงทางดินพื้นทาง เป็นต้น
 - ข) ถ้าดัชนีระดับตามขวางมีค่าสูง แสดงว่าอาจมีปัญหาเกี่ยวกับดินทรุด หรือเลื่อนไหลด้านใดด้านหนึ่งของทาง
 - ค) ถ้าดัชนีระดับแนวรางมีค่าสูง แสดงว่าทางเสียอาจเนื่องมาจากรางเดินเครื่องยึดเหนี่ยวรางเสื่อมคุณภาพ หรือหัวหัวหมอนไม่เพียงพอ
- ค) ทำการตรวจสอบสาเหตุที่แท้จริงตามข้อ ข. แล้วดำเนินการแก้ไขปรับปรุงสภาพทาง อันเป็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และควรติดตามตรวจสอบบันทึกผลเป็นระยะ สำหรับเป็นข้อมูลเพื่อการวางแผนระยะยาวในการปรับปรุงสภาพทางต่อไป

2.5.1.1 วิธีการคำนวณดัชนีความไม่สม่ำเสมอของทางหรือดัชนีสภาพทาง (ค่า P หรือ QI)

ค่า P หรือ QI แต่ละรายการค่าความคลาดเคลื่อน (คคค.) หาได้ด้วยการนำค่า คคค. รายการนั้น ๆ ไปวิเคราะห์ โดยอาศัยกระบวนการทางสถิติดังนี้

กำหนดให้ m คือ ค่าเฉลี่ยของ คคค. $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ (มิลลิเมตร)

N คือ จำนวนจุดที่วัดสอบ

F_i คือ จำนวนจุดที่ คคค. มีค่า X_i

S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มิลลิเมตร)

$$m = \frac{\sum F_i X_i}{N}$$

$$S = \sqrt{So^2 - m^2}$$

$$So^2 = \sum \frac{F_i X_i^2}{N}$$



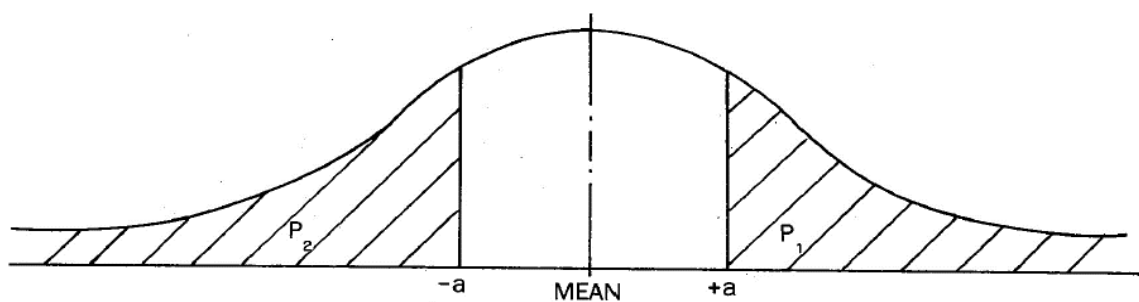
$$\text{ORDINATE} + = \frac{a-m}{S}$$

$$\text{ORDINATE} = \frac{(a+m)}{S}$$

ในทางทฤษฎี P หรือ QI ก็คือ ผลบวกของ คคค. ส่วนที่มีค่าพิกัด + a กับ - a ที่กำหนดไว้ในทางสถิติค่า P หรือ QI ก็คือ พื้นที่ใต้โค้งปกติส่วนอยู่ระหว่าง $\pm a$ กับ $\pm \infty$ เมื่อเทียบกับพื้นที่ใต้โค้งปกติทั้งหมด

ถ้าให้ P_1 คือ ค่าดัชนีสภาพทางที่คำนวณจาก คคค. ที่มีค่าเป็นบวก, %

P_2 คือ ค่าดัชนีสภาพทางที่คำนวณจาก คคค. ที่มีค่าเป็นลบ, %



โค้งปกติของ คคค.

ดังนั้น ค่า P หรือ QI = $P_1 + P_2$ %

ขณะนี้กองบำรุงทางกำหนดให้ a มีค่าเท่ากับ 3 มิลลิเมตร อันเป็นค่าที่เหมาะสมซึ่งทำให้ค่า MEAN มีค่าระหว่าง 0-1 และ S.D. มีค่าระหว่าง 1-3 สำหรับสภาพทางธรรมดาทั่วไป เมื่อได้ค่า P หรือ QI แต่ละรายการคือ ระดับตามยาว-รางซ้าย ระดับตามยาว-รางขวา ระดับตามขวาง แนวราง รางซ้าย แนวราง รางขวา และทวิสต์ แล้วก็นำคำนวณค่า P รวม หรือ QI รวม โดยการถ่วงน้ำหนักค่าดัชนีแต่ละรายการ

ดังนั้น $P_{\text{รวม}} = 1/5 (P_{\text{ระดับความยาว}} + P_{\text{ทวิสต์}} + P_{\text{ระดับตามขวาง}} + 2P_{\text{แนวราง}})$ หรือ $QI_{\text{รวม}} = 1/5 (QI_{\text{ระดับความยาว}} + QI_{\text{ทวิสต์}} + QI_{\text{ระดับตามขวาง}} + 2QI_{\text{แนวราง}})$



2.5.1.2 พิกัดสภาพทาง (TRACK QUALITY TOLERANCE)

พิกัดสภาพทาง คือ ค่าดัชนีความไม่สม่ำเสมอของทาง หรือดัชนีสภาพทางที่ย่อมให้มิในทางได้การรถไฟฯ กำหนดให้เหมาะสมกับสภาวะของงานบำรุงทางในปัจจุบัน โดยคำนึงถึงในด้านความสามารถในการปฏิบัติและความประหยัดกับความสะดวกสบายในการโดยสาร (Riding Comfort) เป็นประการสำคัญ โดยแบ่งพิกัดสภาพทางออกเป็น 5 พิกัด แต่ละพิกัดมีค่าดัชนีแต่ละรายการ คคค. ดังนี้

สภาพทาง	ค่า P หรือ ค่า QI แต่ละรายการ คคค. (%)					ค่า P รวม หรือ ค่า QI รวม (%)
	ระดับ	ระดับตามยาว	ระดับตามขวาง	แนวราง	ทวิสต์	
ดีมาก	A	0-13	0-5	0-9	0-14	0-10
ดี	B	14-20	6-13	10-20	15-27	11-20
พอใช้	C	21-30	14-22	21-31	29-36	21-30
เสีย	D	31-40	23-31	32-41	37-46	31-40
เสียมาก	E	41 ขึ้นไป	32 ขึ้นไป	42 ขึ้นไป	47 ขึ้นไป	41 ขึ้นไป

2.5.1.3 การควบคุมสภาพทางโค้ง

การควบคุมสภาพทางสำหรับทางโค้ง คือ การควบคุม คคค. ในทางโค้งไม่ให้เกินพิกัดต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องกระทำโดยละเอียดถูกต้องยิ่งกว่าในทางตรง ดังนั้นจึงกำหนดมาตรฐานการสำหรับการควบคุมทางโค้งเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษดังนี้

- 1) ให้ปักหลักถาวรอยู่ระหว่างรางโดนระดับหัวหลักสูงจากระดับหลังหมอน 5 ซม. และให้ใช้ตะปูทำเครื่องหมายไว้บนหัวหลักแสดงแนวศูนย์กลางโค้งถูกต้อง กับให้ปักหลักเลยเข้ามาในทางตรงทั้งสองข้าง ข้างละ 3 หลักด้วยหลักศูนย์กลางของโค้งต่อให้ทาสีเหลือง แบะหลักศูนย์กลางในทางตรงให้ทาสีขาว
- 2) ระยะระหว่างหลักศูนย์กลางโค้งให้ห่างกัน 5 เมตร ตลอดความยาวของโค้ง และถ้าหากหลักที่ปักตรงกับหมอนให้เลื่อนหมอนและเฉลี่ยจัดระยะหมอนข้างเคียงใหม่หรือหากจำเป็นอาจจะต้องแซมหมอนเพื่อรักษาระยะหมอนไว้ก็ได้



- 3) ให้เขียนค่ามาตรฐานจากการวัดสอบค่าความไม่สม่ำเสมอของทางตามคู่มือปฏิบัติการบำรุงทางตามวาระ ไว้ที่เอวรางด้านในของรางในให้ตรงกับจุดศูนย์กลางโค้งทุก 5 เมตร
- 4) วิธีเขียนค่ามาตรฐานของแต่ละจุดให้กำหนดเป็นแบบเดียวกัน ซึ่งประกอบด้วยตัวเลข 3 กลุ่มเรียงกันดังนี้
 - ตัวเลขที่อยู่ข้างหน้า หมายถึงส่วนขยายขนาดของทาง
 - ตัวเลขที่อยู่ตรงกลาง หมายถึงค่ายกทรงนอกสูงกว่ารางในหรือค่าการยกทรงทางโค้ง
 - ตัวเลขที่อยู่ข้างท้าย หมายถึงค่าระยะย้า (เวอร์ไซน์) ที่กึ่งกลางของชยายาว 10 เมตร

ค่าทุกค่ามีหน่วยเป็น มิลลิเมตร และให้คั่นด้วยเครื่องหมาย “-” ค่ามาตรฐานทุกค่าให้กำหนดเป็นจำนวนเต็ม เช่นตัวอย่าง 30-25-13

2.5.2 เกณฑ์กำหนดความคลาดเคลื่อนสำหรับการก่อสร้างและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

การรถไฟแห่งประเทศไทยได้มีการกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับการก่อสร้างและบำรุงทางไว้โดยละเอียดดังปรากฏในคู่มือปฏิบัติการบำรุงทางตามวาระ ในขณะที่การรถไฟฯขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทยมีกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับงานก่อสร้างเท่านั้น ในการบำรุงรักษาให้ผู้ที่ได้รับสัมปทานเดินรถเป็นผู้กำหนดหรือให้เป็นไปตามสัญญาที่ได้จัดทำขึ้นในแต่ละโครงการ สำหรับคู่มือบำรุงทางฉบับนี้ได้รวบรวมเกณฑ์ความ คลาดเคลื่อนของทั้งสองหน่วยงานในประเทศไทยรวมถึงเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับงานก่อสร้างและบำรุงรักษาไว้เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการจัดทำเกณฑ์กำหนดความคลาดเคลื่อนของทางรถไฟดังแสดงในตารางที่ 2-5 และตารางที่ 2-6



ตารางที่ 2-5 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของทางรถไฟ

การรถไฟแห่งประเทศไทย (SRT)					การรถไฟฟ้ามหานคร แห่งประเทศไทย (MRTA)		อินเดีย (India)					
							ระดับชั้นทาง		METRO		BG 140>v>100	MG
							(BG = board ขนาดทาง (Gauge) / SG = ขนาดทางมาตรฐาน (Gauge) / MG = ขนาดทาง 1 เมตร (Gauge))		BG/SG v=110kph			
ตัวแปร (Parameter)		การติดตั้ง	ค่าที่ยอมให้	ภาวะวิกฤติ	ตัวแปร (Parameter)	การติดตั้ง	ตัวแปร (Parameter)		การติดตั้ง	ค่าที่ยอมให้	การติดตั้ง	การติดตั้ง
ขนาดทาง (Gauge)	ทางตรง	+3, -3	+6, -4	+9, -5	ขนาดทาง (Gauge)	+3, -3	ขนาดทาง (Gauge)	+2,-1	+4,-2	+6, -6 ทางโค้ง (Curve) +15, -6	+6, -3 ทางโค้ง (Curve) +15, -6	
	ทางโค้ง (Curve)	+7, -3	+16, -4	+25, -5								
	Variation with nearby sleeper	2	4	4								
โปรไฟล์ แนวตั้ง/ที่ SRT ได้บันทึกไว้	Joint region	-2	-4	-8	โปรไฟล์แนวตั้ง ต่อ 20 ม.	3	โปรไฟล์แนวตั้ง ต่อ 20 ม.	±3	±6	N/A	N/A	
	Other region	5	10	16								
แนวเส้นทาง		N/A	N/A	N/A	แนวเส้นทาง ต่อ 20 ม. chord	3	แนวเส้นทาง ต่อ 20 ม.		±2	±6	+5, -5 (7.5 ม. chord)	N/A
ค่าระดับ (Cross elevation)		4	9	12	ค่าระดับ (Cross elevation)	1.5 ต่อ 1 ม.	ค่าระดับ (Cross elevation)	ทางตรง (Tangent)	±1.5	±5	N/A	N/A
								ทางโค้ง (Curve)	±1.5	±3	N/A	N/A
ทวิสต์ (Twist) ต่อ 5 ม. chord	ส่วนประกอบทาง โค้ง (Curve) รัศมี 300 ม.	10	15	25	ทวิสต์ (Twist)	N/A	ทวิสต์ (Twist) ต่อ 3.5 ม. chord	ทางโค้งเปลี่ยนผ่าน	N/A	N/A	1 มม./ม.	N/A
	ในบริเวณอื่นๆ	5	10	15				ในบริเวณอื่นๆ	N/A	N/A	2 มม./ม.	N/A



ตารางที่ 2-6 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของทางรถไฟ (ต่อ)

สาธารณรัฐประชาชนจีน (China)										
ทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง / การวัดแบบสถิตย์ (Statics)						ทางรถไฟแบบไม่มีหินโรยทาง / การสำรวจจากการวัดด้วยรถตรวจสอบสภาพทาง				
ตัวอย่างทดสอบ 2 ส่วน (10 จุดต่อส่วน) ระยะ 5 กม.			ตัวอย่างทดสอบ 2 ส่วน (10 จุดต่อส่วน) ระยะ 2 กม.			ค่าสูงสุด (Peak value) **			ค่าเฉลี่ย	
ตัวแปร (Parameter)		การติดตั้ง	ตัวแปร		การติดตั้ง	ตัวแปร (Parameter)	160>v>120 kph	120>v>100 kph		100 > v
ขนาดทาง (Gauge)		+4, -2	ขนาดทาง (Gauge)		+2, -2	ขนาดทาง (Gauge)	6/10/15/-	8/12/20/24	12/16/24/28	1.9
							-4/-7/-8/-	0.00625	0.00625	
โปรไฟล์แนวตั้ง ต่อ 10 ม.		4	โปรไฟล์แนวตั้ง ต่อ 10 ม.		4	โปรไฟล์แนวตั้ง	6/10/15/-	8/12/20/24	12/16/22/36	2.5x2
แนวเส้นทาง ต่อ 20 ม.	ทางตรง (Tangent) ต่อ 10ม. chord	4	แนวเส้นทาง ต่อ 10 ม. chord	ทางตรง (Tangent) ต่อ 10 ม. chord	4	แนวเส้นทาง	5/8/12/-	8/10/16/20	10/14/20/23	2.2x2
	ทางโค้ง (Curve) R<650	4ต่อ8ต่อ12 *		ทางโค้ง (Curve) R<650	3/6/9 *					
	ทางโค้ง (Curve) R>650	3ต่อ6ต่อ9 *		ทางโค้ง (Curve) R>650	3/4/6 *					
ค่าระดับ (Cross elevation)		4	ค่าระดับ (Cross elevation)		4	ค่าระดับ (Cross elevation)	6/10/14/-	8/12/18/22	12/16/22/25	1.6
ทวิสต์ (Twist) ต่อ 6.25 ม. chord		4	ทวิสต์ (Twist) ต่อ 6.25 ม. chord		4	ทวิสต์ (Twist) ต่อ 2.4 ม. chord	5/8/12/-	8/10/14/16	10/12/16/18	2.1
						การสั่นแนวตั้ง (g)	0.1/0.15/0.2/-	0.1/0.15/0.2/0.25	0.1/0.15/0.2/0.25	N/A
						การสั่นแนวนอน. (g)	0.06/0.1/0.15/-	0.06/0.1/0.15/0.2	0.06/0.1/0.15/0.2	N/A
						ระดับคุณภาพทาง (TQI)	N/A	N/A	N/A	15

* ค่าความแตกต่างของทางโค้งเปลี่ยนผ่านแบบเวอร์ไซน์ และการคำนวณเวอร์ไซน์ (มม.) / ความต่อเนื่องความแตกต่างของโค้งกลมเวอร์ไซน์ (มม.) / ค่าสูงสุดและค่าน้อยที่สุดของความแตกต่างของโค้งกลมเวอร์ไซน์ (มม.)

** ปัจจัยการตรวจวัด : I / C / M1 / M2

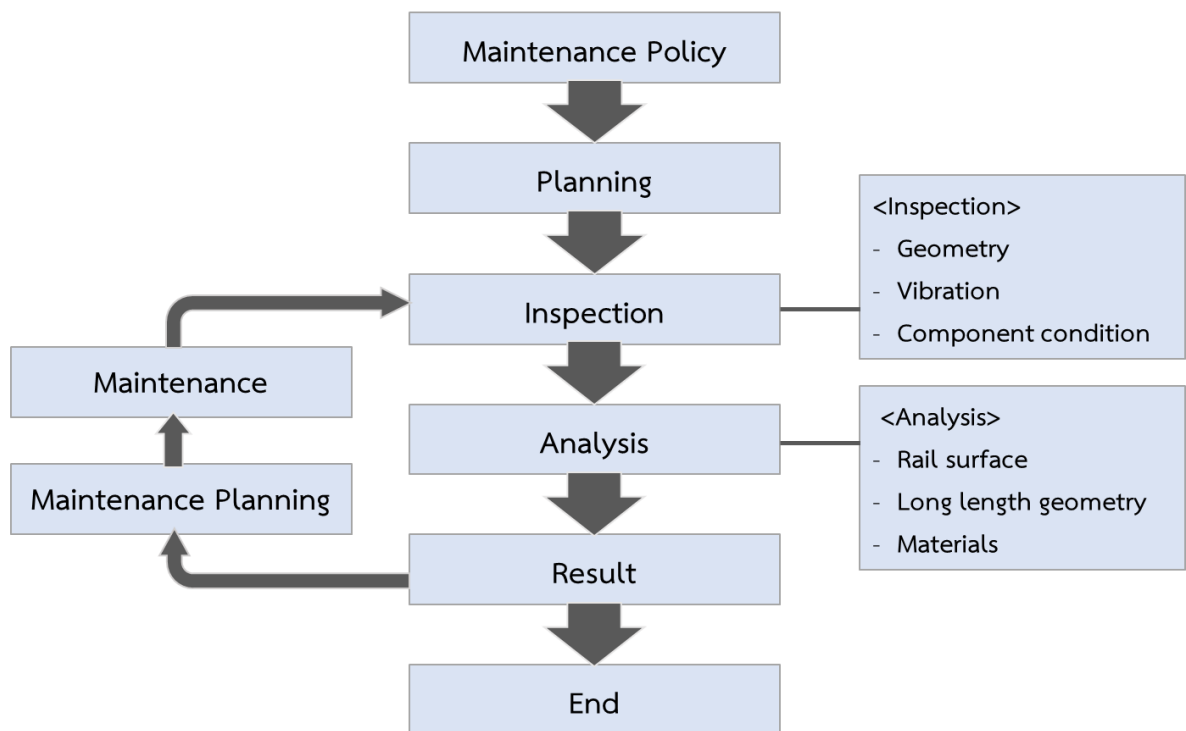
I คือ การติดตั้งที่ยอมให้ = 1 mark/ C ค่า ความสะดวกสบาย = 5 ตำแหน่ง / M1 คือ ค่าที่ยอมให้ = 100 ตำแหน่ง / M2 ค่าที่ภาวะวิกฤติ = 301 ตำแหน่ง



2.6 วงรอบของการตรวจประเมินสภาพโครงสร้างทางรถไฟและการบำรุงรักษา

เนื่องจากทางรถไฟประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีความหลากหลายตามลักษณะการใช้งาน มีการออกแบบเพื่อรองรับแรงกระทำและอายุการใช้งานที่ต่างกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีความปลอดภัย สะดวกสบายและมีค่าใช้จ่ายที่สมเหตุผลในการซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งาน ดังนั้นการวางแผนเพื่อการตรวจสอบและบำรุงรักษาจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยทั่วไปแล้วการดำเนินการวางแผนวงรอบการตรวจประเมินโครงสร้างทางรถไฟและบำรุงรักษา จะขึ้นอยู่กับผู้บริหารโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Manager) หรือผู้ให้บริการเดินรถที่ได้รับสัมปทานจากภาครัฐ กระบวนการบำรุงรักษาถือเป็นหัวใจสำคัญและเป็นต้นทุนหลักในการบริหารจัดการเดินรถให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดโดยทั่วไปมักมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2-3 กล่าวคือเริ่มจาก 1) นโยบายของผู้บริหารโครงสร้างพื้นฐาน 2) การวางแผน 3) การตรวจสอบและประเมิน 3 ปัจจัยหลักคือ ลักษณะทางกายภาพ (Geometry) การสั่นสะเทือน (Vibration) และเงื่อนไขของส่วนประกอบต่าง ๆ ในทางรถไฟ (Component Condition) 4) การวิเคราะห์ผล และ 5) การนำผลการวิเคราะห์ไปดำเนินการวางแผนและซ่อมบำรุง

กระบวนการตรวจสอบและบำรุงรักษาจะมีการดำเนินการเป็นวงรอบ ความถี่ในการดำเนินการนอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของส่วนประกอบต่างๆบนทางรถไฟแล้ว ปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดความถี่ในการดำเนินการคือ นโยบายของผู้บริหารและการควบคุมต้นทุนในการบริหารโครงการเป็นหลัก การดำเนินการเพื่อให้ได้แผนการบำรุงรักษาจำเป็นต้องใช้ข้อมูลในการบริหารโครงสร้างพื้นฐานระบบรางขนาดใหญ่ที่ต้องอาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลอย่างต่อเนื่องถึงเหตุผลที่มาที่ไปของตัวเลขต่างๆที่ใช้ในการกำหนดวงรอบการตรวจสอบและบำรุงรักษาเพื่อให้เกิดความปลอดภัยและเป็นไปตามมาตรฐาน อย่างไรก็ตามการรถไฟแห่งประเทศไทยได้มีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการบำรุงทางตามวาระที่แบ่งตามประเภทชั้นทางไว้ในคู่มือบำรุงทางตามวาระเพื่อใช้สำหรับทางถาวรที่จัดแบ่งตามประเภทชั้นทางต่างๆ ในคู่มือเล่มนี้จึงได้รวบรวมวงรอบของการดำเนินการตรวจสอบและซ่อมบำรุงจากต่างประเทศ และได้สรุปสาระสำคัญจากคู่มือการบำรุงทางตามวาระจากการรถไฟแห่งประเทศไทยไว้เป็นแนวทาง



รูปที่ 2-3 ขั้นตอนการดำเนินการวางแผนตรวจสอบและบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

2.6.1 วงรอบของการตรวจประเมินทางรถไฟ

วงรอบของการดำเนินการตรวจประเมินทางรถไฟ จากการรวบรวมข้อมูลทั้งในประเทศและต่างประเทศ สามารถสรุปเป็นข้อแนะนำได้ดังแสดงในตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 แสดงวงรอบของการตรวจประเมินทางรถไฟ

ชนิดของการตรวจประเมิน	วงรอบของการตรวจสอบ	หมายเหตุ
1) Track Geometry	6 เดือน ถึง 1 ปี	
2) Train Vibration	1-2 ปี หรือ หลังจากการบำรุงทางหนัก	UIC 518 หรือ EN 14363
3) Track Component Inspection	1-2 ปี	
4) Rail Internal Defect	เมื่อตรวจพบความผิดปกติจากการตรวจสอบ ในข้อ 2) หรือ 3)	Ultrasonic Test
5) Rail Straightness	1-2 ปี	
6) Track Bed Settlement	1-2 ปี หรือภายหลังได้รับเหตุจากภัยพิบัติ	



2.6.2 วงรอบของการบำรุงรักษา

สำหรับวงรอบของการบำรุงรักษาขึ้นอยู่กับผลของการตรวจประเมิน และเกณฑ์กำหนดของการซ่อมบำรุงของหน่วยงานที่รับผิดชอบ ทั้งนี้จากผลการรวบรวมการศึกษาจากต่างประเทศการประมาณการวงรอบของการซ่อมบำรุงทางรถไฟจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของการซ่อมบำรุงในแต่ละองค์ประกอบของทางรถไฟ น้ำหนักผ่านทาง (mgt) และ อายุการใช้งานของแต่ละส่วนประกอบในทางรถไฟ สามารถสรุปเป็นข้อแนะนำได้ดังแสดงในตารางที่ 2-8 ทั้งนี้หากไม่มีการดำเนินการซ่อมบำรุงให้เป็นไปตามแผนจะต้องมีมาตรการเพื่อความปลอดภัย อาทิเช่นการลดความเร็วในการผ่านทางรถไฟ ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงความปลอดภัยสูงสุดของผู้โดยสารเป็นสำคัญ โดยต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนดความเร็วที่เหมาะสมหรือใช้การตรวจรับรองความปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานสากล

ตารางที่ 2-8 แสดงค่าวงรอบของการบำรุงรักษาขององค์ประกอบต่าง ๆ บนทางรถไฟ

การบำรุงทางรถไฟ	น้ำหนักผ่านทาง (mgt)	ความถี่ในการบำรุงทางรถไฟ (ปี)
การบดอัด (Tamping)	40-70	4-5
การเจียรราง (Grinding)	20-30	1-3
การทำความสะอาดหินโรยทาง (Ballast Cleaning)	150-300	12-15
การปรับเปลี่ยนราง (Rail Renewal)	300-1000	10-15
การปรับเปลี่ยนหมอนไม้ (Timber Sleeper Renewal)	250-600	20-30
การปรับเปลี่ยนหมอนคอนกรีต (Concrete Sleeper Renewal)	350-700	30-40
การปรับเปลี่ยนเครื่องยึดเหนี่ยวราง (Fastenings Renewal)	100-500	10-30
การปรับเปลี่ยนหินโรยทาง (Ballast Renewal)	200-500	20-30
การปรับเปลี่ยนแนวเส้นทาง (Formation Renewal)	>500	>40



2.6.3 วงรอบการตรวจสอบและซ่อมบำรุงตามคู่มือบำรุงทางของการรถไฟแห่งประเทศไทย สำหรับการรถไฟแห่งประเทศไทยได้มีการจัดทำคู่มือบำรุงทางตามวาระ ใช้สำหรับการบำรุงทางถาวรของการรถไฟแห่งประเทศไทย โดยความถี่ในการบำรุงทางจะขึ้นอยู่กับประเภทชั้นทางรถไฟและความเหมาะสม คู่มือฉบับนี้ได้รวบรวมสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องจากคู่มือบำรุงทางดังกล่าวไว้ดังนี้

2.6.3.1 ระยะเวลาวงรอบการตรวจสอบ

ระยะเวลาวงรอบการตรวจสอบ จะทำทุกปีเป็นการสำรวจงานบำรุงทางทุกประเภทว่าปีต่อไปจะทำอะไรบ้าง ที่ใด ปริมาณเท่าใดตามแบบฟอร์มการสำรวจปริมาณงานบำรุงทาง

2.6.3.2 ระยะเวลาวงรอบการซ่อมบำรุง

รอบบำรุงทาง คือระยะเวลาระหว่างการซ่อมหนัก (หรือซ่อมปานกลาง) ครั้งแรกจนถึงวาระการซ่อมหนัก (หรือซ่อมปานกลาง) ครั้งต่อไปซึ่งโดยปกติแล้วจะกำหนดเป็น 1-4 ปี สุดแล้วแต่เหมาะสมเป็นแห่ง ๆ ไป โดยการกำหนดรอบบำรุงทางว่าทางชั้นใดควรมีรอบบำรุงทางกี่ปีนั้นขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ คือ

- จำนวนน้ำหนักรถผ่านทางต่อปี
- ความเร็วสูงสุดของขบวนรถ
- ความมั่นคงของโครงสร้างทาง
- สภาพพื้นทาง

โดยทั่วไปได้กำหนดรอบบำรุงทางไว้อยู่ระหว่าง 1-6 ปี แต่สำหรับเป้าหมายของฝ่ายการช่างโยธา ได้กำหนดรอบบำรุงทางของทางแต่ละชั้นดังนี้

ทางชั้นที่ 1 ก.	ซ่อมหนัก รอบบำรุงทาง 3 ปี
ทางชั้นที่ 1 ข. และ 2 ก.	ซ่อมหนัก รอบบำรุงทาง 4 ปี
ทางชั้นที่ 2 ข. และ 3	ซ่อมปานกลาง รอบบำรุงทาง 2 ปี
ทางชั้นที่ 4	ไม่มีรอบบำรุงทาง แต่ให้ซ่อมเป็นจุดเท่านั้น

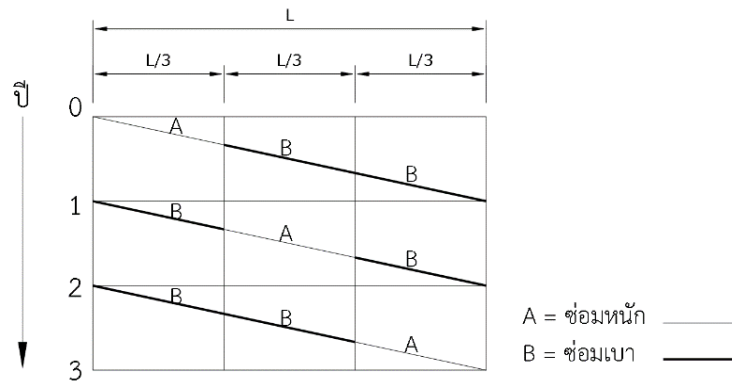
สำหรับในระยะเริ่มแรกกำหนดให้ใช้วาระ 1 ปี ไปก่อนเพื่อปรับปรุงสภาพทางให้เข้าสู่ระดับมาตรฐานเมื่อสภาพทางตอนใดระดับมาตรฐานอย่างสมบูรณ์แล้วฝ่ายการช่างโยธาจึงอนุมัติให้ยืดวาระออกไปได้ โดยยึดความประหยัดเป็นสิ่งสำคัญ



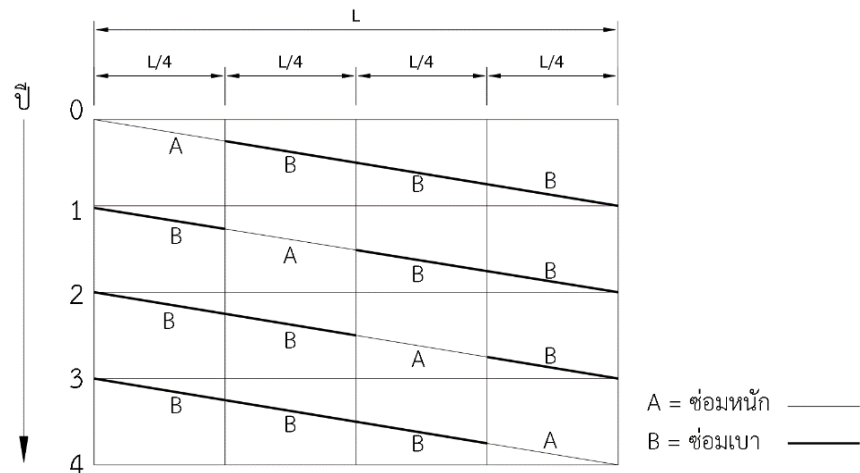
เมื่อกำหนดให้

L = ระยะทางปฏิบัติงานของหมู่ซ่อมทางหนึ่งหมู่ใน 1 รอบบำรุงทาง

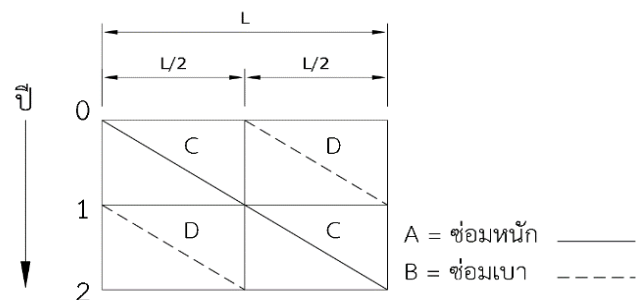
แผนผังการซ่อมหนักและซ่อมเบา รอบบำรุงทาง 3 และ 4 ปี (สำหรับทางชั้นที่ 1 ก. 1 ข. 2 ก.) หรือซ่อมปานกลางและซ่อมเป็นจุด รอบบำรุงทาง 2 ปี (สำหรับทางชั้นที่ 2 ข. 3) จะเขียนได้ดังแผนผังต่อไปนี้



รูปที่ 2-4 แสดงผังการซ่อมหนักรอบบำรุงทาง 3 ปีทางชั้นที่ 1 ก.



รูปที่ 2-5 แสดงผังการซ่อมหนักรอบบำรุงทาง 4 ปี ทางชั้นที่ 1 ข. 2 ก.



รูปที่ 2-6 แสดงผังการซ่อมหนักรอบบำรุงทาง 2 ปี ทางชั้นที่ 2 ข. 3



3. การตรวจประเมินสภาพทางรถไฟ

3.1 การตรวจประเมินรางและรอยเชื่อม

3.1.1 หน้าตัดของรางที่ใช้ในปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 หน้าตัดรางที่ใช้ในปัจจุบันในประเทศไทย

ขนาด	มาตรฐาน
60E1/UIC 60	European Standard
54E1/UIC54	European Standard
BS 100A (100 ปอนด์ต่อหลา)	BS Standard

3.1.2 การชำรุดของราง เกิดจากหลายกรณียดังต่อไปนี้

3.1.2.1 ขบวนการผลิตราง ได้แก่ เกิดการผิดพลาดในการผลิตราง เช่น เทคนิคของส่วนผสมทางเคมีของเนื้อราง หรืออาจมีสิ่งเจือปนและตำหนิ (Defects) อยู่ในเนื้อราง ดังแสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ตำหนิ (Defects) ที่อยู่ในเนื้อราง

3.1.2.2 การเชื่อมราง คือ การเชื่อมที่ไม่ได้มาตรฐานในโรงงานหรืองานในสนาม ดังแสดงในรูปที่ 3-2 และ รูปที่ 3-3



รูปที่ 3-2 การแตกและการหลอมละลายไม่สมบูรณ์จากการเชื่อมไฟฟ้า (Flash Butt)



รูปที่ 3-3 โพรงอากาศและการหลอมละลายไม่สมบูรณ์จากการเชื่อมเทอร์มิต (Thermite)

3.1.2.3 การใช้งาน ทำให้เกิดรางหัก/ร้าว หัวต่อแบนตกตาย เกิดจากแผ่นล้อยรถจักรดัน
 สันรางเป็นคลื่น สันรางสึก/แบน ซึ่งเกิดในทางโค้งและการรับน้ำหนักผ่านทาง
 สะสมเกินมาก ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 3-4 ถึงรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-4 หัวต่อแบนสึกบริเวณหัวราง



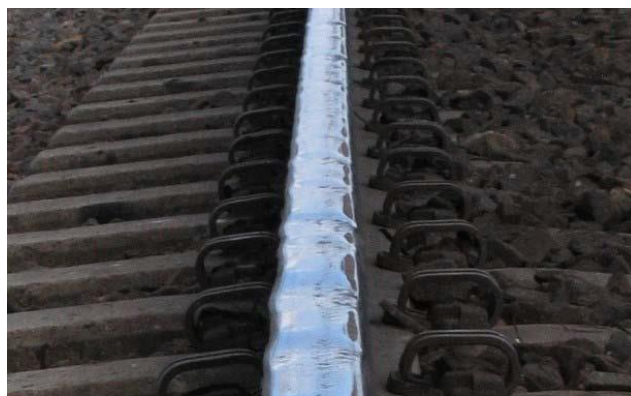
รูปที่ 3-5 การแตกเป็นเส้นที่หัวราง (Head Checking with Spalling)



รูปที่ 3-6 เนื้อหลุดร่อนและแตกเป็นเส้นที่หัวราง (Flaking with Head Checking)



รูปที่ 3-7 เนื้อหลุดลอก (Spalling)



รูปที่ 3-8 สันรางเป็นคลื่น (Corrugation)



3.1.2.4 การกระทำจากภายนอก ได้แก่ การเกิดสนิมจากสารเคมีและสภาพแวดล้อม (รูปที่ 3-9) รากคดในบริเวณทางผ่าน รถตกราง หรือการก่อวินาศกรรม การขนส่งและการบำรุงรักษาทางไม่ดี

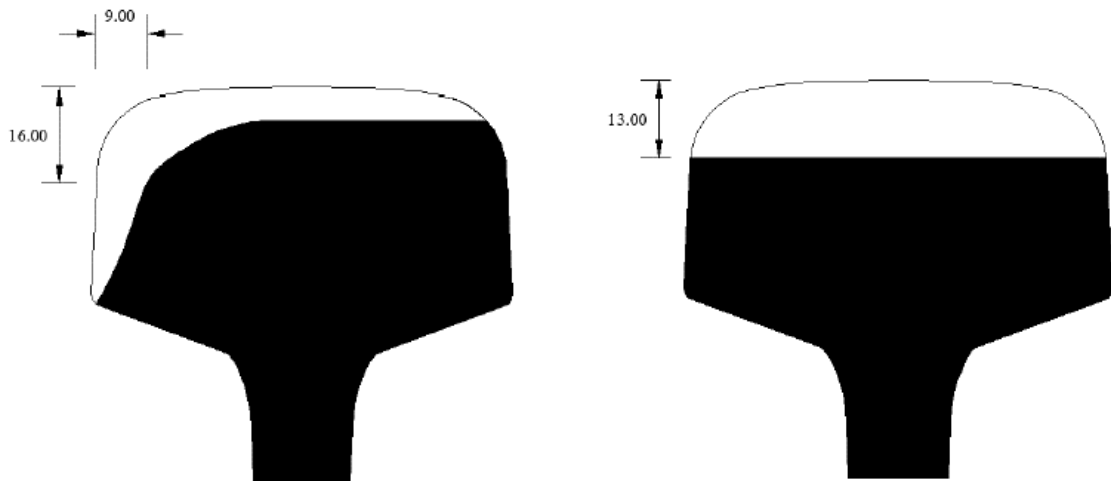


รูปที่ 3-9 การเกิดสนิมในบริเวณเอวรางและฐานราง

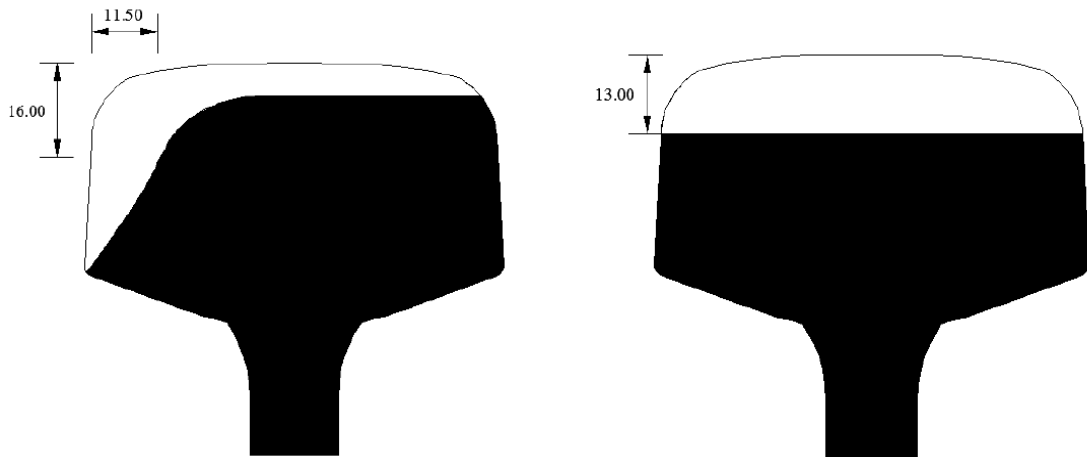
3.1.3 รางชำรุด (รางหัก รางร้าว รางสึก)

3.1.3.1 รางชำรุดที่ไม่สมควรให้คงอยู่ในทาง มีดังนี้

- ก) เมื่อเกิดการชำรุดอย่างชัดเจน เช่น รอยร้าว สันรางยุบหรือบิดเบี้ยว ซึ่งวิศวกรเห็นว่าอาจเป็นอันตราย
- ข) เมื่อสันรางด้านหนึ่งสึกจนบังใบล้อรถไฟบนเหล็กประกบราง กรณีเช่นนี้โดยมากมักเกิดขึ้นที่รางนอกของทางโค้ง รางที่สึกมากเช่นนี้หากไม่ถูกกาตาย เพราะเหตุผลอย่างอื่น ก็อาจใช้การต่อไปได้โดยกลับหัวกลับท้ายเสีย หรือย้ายไปวางอีกข้างหนึ่ง
- ค) เมื่อพื้นบนของสันรางสึกแบนราบ สม่่าเสมอกันลงไปมากถึง 13 มิลลิเมตร สำหรับราง 100 ปอนด์ ราง 54E1/UIC54 ราง 60E1/UIC60
- ง) เมื่อสันรางสึกเกินกว่า 27% ของเนื้อที่หน้าตัดหัวราง ตามรูปพิกัดสูงสุด สำหรับการสึกของหัวราง (รูปที่ 3-10)
- จ) เมื่อรางสูญเสียน้ำหนักไปถึง 10% เนื่องจากเป็นสนิมหรือมีส่วนใดส่วนหนึ่งของหน้าตัดรางสึกหรือไป
- ฉ) เมื่อพื้นของสันรางสึกลงไป ณ จุดใดจุดหนึ่งถึง 5 มิลลิเมตร เนื่องจากล้อรถ ตะกั่วหรือสาเหตุอื่น หรือในกรณีที่รางสึกเป็นลูกคลื่นสึกเกินกว่า 3 มิลลิเมตร
- ช) ถ้าส่วนอื่น ๆ ในหน้าตัดของรางไม่มีการสึกหรือสูญเสียน้ำหนักด้วยแล้ว เฉพาะการสึกของสันรางต้องไม่เกินไปกว่าปริมาณที่แสดงไว้ในรูปที่ 3-10 ซึ่งให้ไว้เป็นแนวทางเพื่อวัดพิกัดสูงสุดสำหรับรางที่จะต้องถอดออกจากทาง



(ก) 54E1 และ 60E1 (UIC54 และ UIC 60)



(ข) BS100A ราง 100 ปอนด์

รูปที่ 3-10 พิกัดสูงสุดสำหรับการสีกของหัวราง

3.1.3.2 วิธีการตรวจรางสีก ทำได้ดังนี้

- ก) เขียนรูปที่ปลายราง หลังจากถอดเหล็กประกบรางออกแล้ว
- ข) รูปตัดโดยใช้เครื่องมือพิเศษสำหรับวัดหน้าตัด ซึ่งประกอบด้วยโลหะแผ่นบาง ๆ เช่น เครื่องวัดมาโค เครื่องวัดรางสีก เป็นต้น
- ค) ใช้เครื่องตรวจสภาพรางของรถตรวจสภาพทาง
- ง) ชั่งน้ำหนัก แต่เป็นวิธีที่ยุ่ยยาก ฉะนั้นควรใช้วิธีเขียนรูปหน้าตัดของราง ซึ่งได้ผลแน่นอน แต่ทั้งนี้ต้องสังเกตดูรอยกัดหรือรอยเว้าแหว่งที่ตรงบริเวณจานรองรางและเหล็กประกบรางนำมาประกอบด้วย

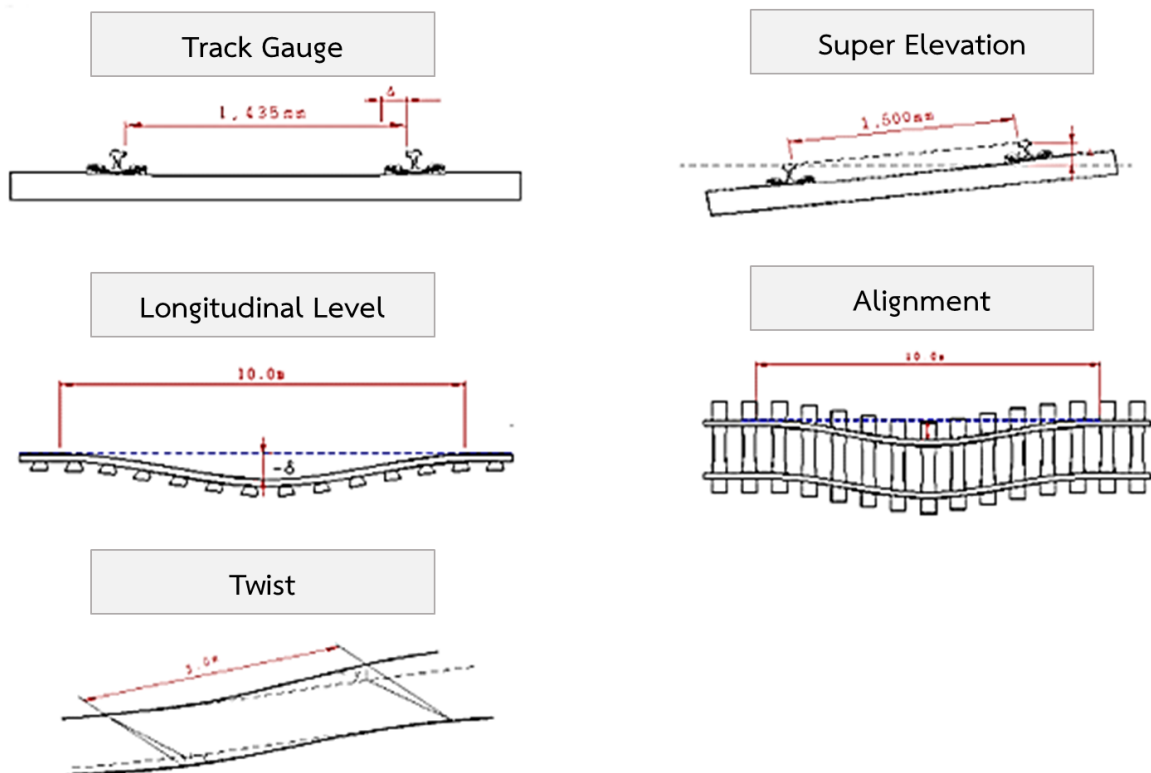


- 3.1.3.3 ร่างท่อนใดชำรุด แต่นายตรวจทางพิจารณาเห็นว่ายังไม่มากจนถึงกับจะต้องถอดออกจากทางโดยทันที ก็ควรใช้สีขาวทำเครื่องหมายไว้ที่เชิงรางด้านใน แล้วรายงานให้สารวัตรแขวงบำรุงทาง หรือวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตมาตรวจสอบ
- 3.1.3.4 ร่างท่อนใดมีตำหนิหรือชำรุดที่เชิงราง ห้ามวางในทางสายประธาน เพราะอาจหักในระหว่างใช้งานได้ ควรใช้สีทำเครื่องหมายไว้ที่รางดังกล่าว แล้วรายงานให้สารวัตรแขวงบำรุงทาง หรือวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตทราบ
- 3.1.3.5 ต้องเปลี่ยนรางหักในทางโดยเร็วไม่ต้องรอรับคำสั่ง
- 3.1.3.6 ชื่อผู้ผลิต ปีที่ผลิต และเลขหมายอื่น ๆ มีปรากฏเป็นตัวอักษรและตัวเลขที่เอวราง ฉะนั้นเมื่อจะตัดราง นายตรวจทางถ้าสามารถทำได้ ต้องระวังมิให้ตัดเครื่องหมายตัวอักษร และตัวเลขประจำท่อนรางออก
- 3.1.3.7 ในกรณีรางหัก ต้องเขียนรายงานแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับความกว้างของทางที่จุดรางหัก ส่วนลาดของทาง และรางนั้นอยู่ในทางตรงหรือทางโค้ง ถ้าอยู่ในทางโค้งต้องบอกรัศมี และแจ้งด้วยว่ารางหักนั้นเป็นรางนอกหรือรางใน
- 3.1.3.8 ถ้ารางหักในระหว่างขบวนรถ หรือในเวลาหยุด คือ ไม่ใช่หักเมื่อวางต่อกันไว้เสร็จแล้วในทาง ในกรณีเช่นนี้ ก็ต้องรายงานเป็นลายลักษณ์อักษรเช่นเดียวกัน ควรแจ้งรายละเอียดในรายงานให้ครบถ้วน
- 3.1.3.9 ต้องเสนอข้อความดังต่อไปนี้ ไปยังวิศวกรด้วย คือ
- ก) ขนาดหน้าตัดของราง
 - ข) ระยะเวลาที่รางนั้นอยู่ในทาง
 - ค) รางหักได้เกิดในหรือนอกเหล็กประกบราง
 - ง) ถ้าเป็นรอยหักใหม่ตลอดทั่วหน้าตัดของราง มีจุดรูปไข่เป็นสีตะกั่วของเนื้อเหล็กหรือไม่
 - จ) มีส่วนหนึ่งของรอยร้าวเป็นรอยเก่า และมีสนิมจับมากบ้างหรือไม่ ซึ่งรอยเก่าเช่นนี้ร้าวออกไปจนถึงผิวนอก
 - ของฐานราง
 - ของสันราง
 - ฉ) มีรอยร้าวที่บางส่วนสนิมจับมากหรือไม่ ซึ่งรอยเก่าเช่นนี้ร้าวออกไปถึงผิวนอกของฐานรางหรือสันราง
 - ช) รางหักออกเป็นกี่ท่อน
 - ซ) รางหักห่างจากศูนย์กลางหมอนข้างละเท่าไร



3.2 การตรวจประเมิน Track Geometry

องค์ประกอบที่พิจารณาการตรวจประเมินลักษณะทางเรขาคณิตของทางรถไฟ (Track Geometry) หมายถึง ระยะและพิกัดของ ระดับของราง ด้านซ้าย-ขวา การเบี่ยงออกจากแนวทางรถไฟของตัวรางด้านซ้าย-ขวา ค่าความโค้ง ขนาดราง ค่ายกโค้ง และค่าผลต่างของระดับตามขวางระหว่างจุด 2 จุดที่ห่างกัน 5 เมตร โดยวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมคุณภาพของพิกัดของเส้นทางรถไฟ (Track Geometry) ทั้งในช่วงวางรางใหม่และหลังใช้งาน ให้มีคุณภาพการให้บริการที่ดีโดยมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงเส้นทางที่เหมาะสม รูปที่ 3-11 แสดงรูปแบบความผิดปกติของขนาดทางในรูปแบบต่างๆ (Track Irregularities) ทำให้ขนาดทางเรขาคณิตเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ในการตรวจวัดสามารถทำได้ทั้งการตรวจวัดโดยใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเดินตรวจสอบสภาพทางตามวาระที่ได้กำหนดไว้ หรือใช้รถตรวจสอบสภาพทางที่มีเครื่องมือตรวจวัดที่ได้มาตรฐานติดตั้งไว้บนรถตรวจสอบสภาพทาง



รูปที่ 3-11 แสดงลักษณะความผิดปกติของทางรถไฟ (Track Irregularities)

3.2.1 ขนาดทาง

- ก) ลักษณะสำคัญของทางตรงที่ดี คือ ต้องมีขนาดทางที่ถูกต้องจริง ๆ ขนาดของทาง คือ ระยะระหว่างริมในของสันรางที่ตำแหน่ง 14 มิลลิเมตร ซึ่งเท่ากับ 1,435 มิลลิเมตร หรือ 1,000 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานประเภทของขนาดทางรถไฟที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 3-12



- ข) ในการวางรางใหม่ หรือเปลี่ยนรางเป็นหน้า ขนาดของทางตรง ต้องให้ได้ 1,435 มิลลิเมตร หรือ 1,000 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานประเภทของรางรถไฟที่กำหนด สำหรับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของทางรถไฟที่สร้างใหม่ได้มีการกำหนดไว้ในคู่มือการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างทางรถไฟ
- ค) ในทางโค้งแคบซึ่งมีรัศมีโค้งตั้งแต่ 600 เมตร ลงมา ต้องขยายขนาดของทางโค้งออกไปเล็กน้อย คือ เพื่อระยะไ่วระหว่างรางกับบังใบล้อเพื่อให้ล้อเคลื่อนตัวได้สะดวก และป้องกันมิให้บังใบล้อเปียดรางเกินควร ดังต่อไปนี้

$$\text{Extra width on curves (w)} = \frac{13(B+L)^2}{R} \quad (\text{เซนติเมตร})$$

โดยที่ B คือ ระยะระหว่างล้อหลัก (เมตร)

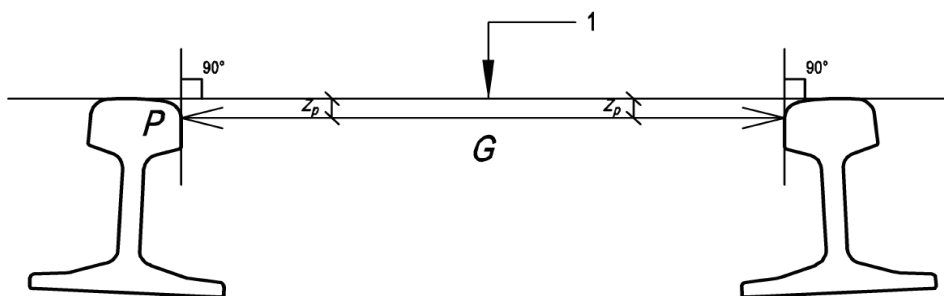
R คือ รัศมีของโค้ง (เมตร)

L คือ $L = 0.02 \sqrt{(h^2 + Dh)}$ (เมตร)

h คือ ความลึกของปีกใต้รางด้านบน (เซนติเมตร)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางล้อรถไฟ (เซนติเมตร)

- ง) ในการวัดขนาดทางต้องระมัดระวังการวางเหล็กกะรางให้ได้ฉากกับราง และแนบกับรางพอดี ถ้าทางมีขนาดกว้างไปหรือไม่สม่ำเสมอขึ้นก็ควรแก้ไขให้ถูกต้องเป็นครั้งคราวไป ความไม่สม่ำเสมอของขนาดทาง วัดเมื่อไม่มีน้ำหนัก (Static Value) อาจยอมให้คลาดเคลื่อนได้ภายในพิสัย ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3-12 แสดงการวัดขนาดทาง (กำหนดให้ $Z_p = 14$ มิลลิเมตร)



3.2.2 การปรับระดับ ปรับแนว และการตัดราง

คู่มือนี้ ใช้ดำเนินการเฉพาะจุดเท่านั้น ผู้ดำเนินการต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของการปรับระดับ ปรับแนว และการตัดราง ต้องวางหินโรยทางให้แน่นภายใต้พื้นที่ที่บ่มสำหรับระยะห่างไม่เกิน 300 มม. ในแต่ละด้านนอกเหนือจากรางรถไฟ การปรับระดับ ปรับแนว และการตัดราง เพื่อจะทำให้ลักษณะทางเรขาคณิตของทางรถไฟเป็นไปตามเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของทางรถไฟ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ภายหลังการซ่อมบำรุงทางสำหรับคู่มือฉบับนี้ได้ยึดเอามาตรฐาน EN 13231 เป็นแนวทางดังแสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของทางรถไฟสำหรับการซ่อมบำรุง
(รวมถึงประแจและทางตัด) ตามมาตรฐาน EN 13231

พารามิเตอร์	ประเภททางรถไฟ				
	1	2	3	4	5
	ช่วงความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)				
	$V \leq 80$	$80 < V \leq 120$	$120 < V \leq 160$	$160 < V \leq 230$	$230 < V \leq 360$
ขนาดทางทั่วไป (มิลลิเมตร) (แปรปรวนเทียบกับค่าที่ออกแบบ)	+7/-3	+5/-3	+5/-2	+5/-2	+4/-2
ขนาดทางสำหรับประแจ และทางตัด (มิลลิเมตร) (แปรปรวนเทียบกับค่าที่ออกแบบ)	+7/-3	+5/-3	+5/-3	+5/-3	+5/-3
ระดับตามขวาง (มิลลิเมตร) (แปรปรวนเทียบกับค่าที่ออกแบบ)	± 5	± 4	± 4	± 3	± 3
ความคลาดเคลื่อนทางตั้งตามแนว เส้นคอร์คขนาด 10 เมตร (มิลลิเมตร) (วัดจากค่าเฉลี่ยถึงจุดสูงสุด)	± 7	± 5	± 5	± 4	± 4
ความคลาดเคลื่อนทางตั้ง D1 ตามแนวเส้นทาง (มิลลิเมตร) (วัดจากค่าเฉลี่ยถึงจุดสูงสุด)	± 5	± 4	± 4	± 3	± 3
ความคลาดเคลื่อนทางตั้ง D2 ตามแนวเส้นทาง (มิลลิเมตร) (วัดจากค่าเฉลี่ยถึงจุดสูงสุด)	N/A	N/A	N/A	± 4	± 3
ความคลาดเคลื่อนทางตั้ง D3 ตามแนวเส้นทาง (มิลลิเมตร) (วัดจากค่าเฉลี่ยถึงจุดสูงสุด)	N/A	N/A	N/A	N/A	Reserved



ตารางที่ 3-2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของทางรถไฟสำหรับการซ่อมบำรุง
(รวมถึงประแจและทางตัด) ตามมาตรฐาน EN 13231 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ประเภททางรถไฟ				
	1	2	3	4	5
	ช่วงความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)				
	$V \leq 80$	$80 < V \leq 120$	$120 < V \leq 160$	$160 < V \leq 230$	$230 < V \leq 360$
ความคลาดเคลื่อนทางราบตามแนว เส้นคอร์ตขนาด 10 เมตร (มิลลิเมตร) (วัดจากค่าเฉลี่ยถึงจุดสูงสุด)	± 7	± 5	± 5	± 4	± 4
ความคลาดเคลื่อนทางราบ D1 ตามแนวเส้นทาง (มิลลิเมตร) (วัดจากค่าเฉลี่ยถึงจุดสูงสุด)	± 5	± 4	± 4	± 3	± 3
ความคลาดเคลื่อนทางราบ D2 ตามแนวเส้นทาง (มิลลิเมตร) (วัดจากค่าเฉลี่ยถึงจุดสูงสุด)	N/A	N/A	N/A	± 4	± 3
ความคลาดเคลื่อนทางราบ D3 ตามแนวเส้นทาง (มิลลิเมตร) (วัดจากค่าเฉลี่ยถึงจุดสูงสุด)	N/A	N/A	N/A	N/A	Reserved
การบิดในช่วง 3 เมตร (แปรปรวนเทียบกับค่าที่ออกแบบ และจุดสูงสุด)	$\pm 4.5^*$	± 4.5	± 4.5	± 3	± 3
ในการก่อสร้างพิเศษ เช่น ประแจและทางตัดและอุปกรณ์ขยายราง อาจมีค่าความคลาดเคลื่อนเกินกว่าที่ระบุ ข้างบน เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวถูกออกแบบเป็นพิเศษ					
* บริเวณจุดต่อราง : ± 6					

โดยที่ D1 D2 และ D3 คือช่วงความยาวคลื่นของความขรุขระบนทางรถไฟ

D1 คือ ช่วงที่มีความยาวคลื่น 3 เมตร ถึง 25 เมตร

D2 คือ ช่วงที่มีความยาวคลื่น 25 เมตร ถึง 75 เมตร

D3 คือ ช่วงที่มีความยาวคลื่น 75 เมตร ถึง 300 เมตร

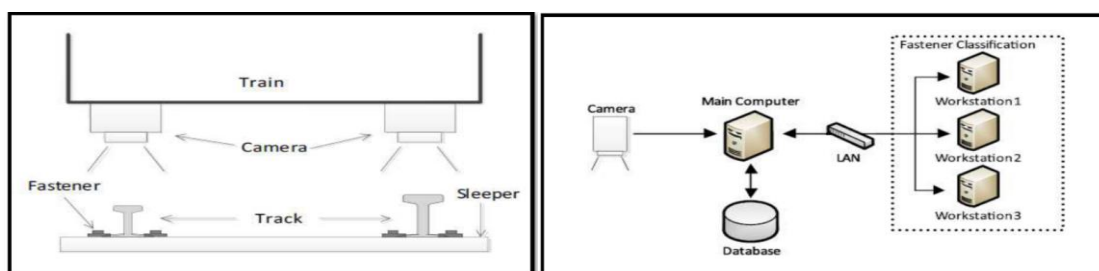
หมายเหตุ : 1) ความขรุขระที่มีความยาวคลื่นช่วง D3 จะถูกพิจารณาเมื่อมีการให้บริการ
ที่ความเร็วสูงกว่า 250 กิโลเมตร/ชั่วโมง
2) ในการตรวจวัดความขรุขระที่มีความยาวคลื่นสั้น ค่าความยาวคลื่นต่ำสุด
ของช่วง D1 จะต้องถูกปรับลดเป็น 1 เมตร



พิกัดทางเรขาคณิตจะต้องได้รับการบำรุงรักษาให้มีความคลาดเคลื่อนเป็นไปตามเงื่อนไข ในกรณีที่พิกัดทางเรขาคณิตไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขข้างต้น ทำให้ไม่สามารถให้บริการได้ต้องดำเนินการซ่อมแซมและแก้ไขข้อบกพร่องตามที่ระบุไว้ โดยข้อกำหนดในการตรวจสอบนี้เป็นข้อกำหนดทั่วไป ไม่ใช่ข้อกำหนดในสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุดที่เป็นไปได้ ในกรณีที่โครงสร้างพื้นฐานอยู่นอกเหนือเงื่อนไขนี้ ผู้รับเหมาต้องเป็นผู้รับผิดชอบในการประเมินและตัดสินใจดำเนินการที่มากขึ้น และในการสำรวจควรใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่มีความละเอียดสูงกว่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

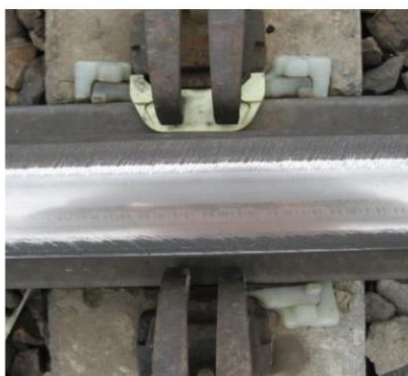
3.3 การตรวจประเมินเครื่องยึดเหนี่ยวราง

โดยปกติชุดอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางจะถูกออกแบบให้มีอายุการใช้งานไม่ต่ำกว่า 25 และ 50 ปี สำหรับชิ้นส่วนที่ถอดเปลี่ยนได้และถอดเปลี่ยนไม่ได้ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในทางรถไฟบริเวณที่มีความผิดปกติอาจเกิดความเสียหายของชุดอุปกรณ์ก่อนกำหนด เช่น บริเวณที่เกิดการกระแทกซ้ำ ๆ บ่อยครั้ง บริเวณที่เกิดการหลุดตัวของทาง บริเวณที่เกิดการตกราง เป็นต้น ซึ่งการตรวจสอบความเสียหายของชุดอุปกรณ์สามารถทำได้โดยการเดินตรวจด้วยสายตา หรือในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการวิเคราะห์ภาพถ่ายเพื่อช่วยให้การตรวจสอบทำได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยหลักการในการตรวจสอบความเสียหายของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางมีดังนี้



รูปที่ 3-13 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการวิเคราะห์ภาพถ่ายในการตรวจสอบอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

ความเสียหายของชิ้นส่วน เช่น การแตกร้าวของคลิป ฉนวน หรือวัสดุฝังยึด เป็นต้น ดังรูปที่ 3-14 แสดงการแตกร้าวของฉนวน



รูปที่ 3-14 การแตกร้าวของฉนวน



- ก) ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งของราง เช่น ความกว้างทาง การเอียง การขยับออกด้านข้าง เป็นต้น
- ข) การหลวมคลอน ทำให้ไม่สามารถยึดรางได้อย่างมั่นคง
- ค) การเสียรูปหรือการฉีกขาดของแผ่นรองรางทำให้ตำแหน่งของรางคลาดเคลื่อน รวมไปถึงไม่สามารถรับแรงกระแทกได้ ดังรูปที่ 3-15 การเสื่อมสภาพของแผ่นรองราง เนื่องจากการขัดสี (Abrasion) และรูปที่ 3-16 แสดงการเสียรูปอย่างถาวรและการฉีกขาดของแผ่นรองราง



รูปที่ 3-15 การเสื่อมสภาพของแผ่นรองรางเนื่องจากการขัดสี (Abrasion)



รูปที่ 3-16 การเสียรูปอย่างถาวรและการฉีกขาดของแผ่นรองราง

ทั้งนี้ จากงานวิจัยของ Thiago Bizarria Do Carmo พบว่าความเสียหายของแผ่นรองรางมีแนวโน้มจะพบมากกว่าชิ้นส่วนอื่น โดยสามารถแบ่งประเภทของความเสียหายได้ดังนี้



ตารางที่ 3-3 รูปแบบความเสียหายของแผ่นรองราง

รูปแบบของความเสียหาย (Failure Modes)	สาเหตุของความเสียหาย (Potential Failure Causes)
การฉีกขาด (Tearing)	- หน่วยแรงกดเฉพาะจุดที่สูงเกินไป (High localized compressive stress) - หน่วยแรงเฉือนเฉพาะจุดที่สูงเกินไป (High localized shear stress) - วัสดุมีกำลังต้านการฉีกขาดที่ต่ำเกินไป (Low tearing strength of material) - การเสื่อมสภาพของวัสดุ (Rail pad assembly material deterioration)
การบีบแบน (Crushing)	- หน่วยแรงกดที่สูงเกินไป (High compressive stress) - วัสดุมีกำลังต้านแรงกดที่ต่ำเกินไป (Low compressive strength of material) - การเปลี่ยนแปลงสภาพความแข็งเกร็งของแผ่นรองราง (Rail pad assembly change in stiffness) - การกระจุกตัวของหน่วยแรงใต้ราง (Concentration of stresses on a particular area of the rail seat)
การสึกกร่อน (Abrasion)	- การเลื่อนไถลระหว่างแผ่นรองรางและหมอน (Relative slip between rail pad assembly and crosstie rail seat) - การเลื่อนไถลระหว่างรางและแผ่นรองราง โดยอาจมีฝุ่นเข้าไปแทรกด้วย (Relative slip between rail pad assembly and rail Intrusion of abrasive fines) - การเลื่อนไถลและเสื่อมสภาพเนื่องจากความชื้น (Intensified slip and deterioration caused by the intrusion of moisture) - การเสื่อมสภาพของวัสดุ (Rail pad assembly material deterioration)
การขยับตัวของแผ่นรองราง (Pad Assembly "Walk Out")	- การเสียหายของวัสดุฝังยึด (Damage or loss of the cast-in shoulder) - การเสียหายของคลิป (Damage or loss of the spring clip) - การเสียหายของเพลตรองราง (Rail seat deterioration) - การเลื่อนไถลของราง (Relative Slip) - การติดตั้งที่ไม่สมบูรณ์ (Erroneous installation)



3.4 การตรวจประเมินประแจ

ประแจ คือเครื่องประดิษฐ์ ที่ใช้วางในทางเส้นหนึ่ง เพื่อให้ขบวนรถหรือล้อเลื่อนใด ๆ สามารถวิ่งผ่านออกจากทางเส้นนั้น แยกไปสู่ทางเส้นอื่นได้ สำหรับเครื่องประดิษฐ์ที่ใช้วางในทาง เพื่อให้ขบวนรถวิ่งในทางเส้นหนึ่งตัดผ่านทางเส้นอื่นได้ เรียกว่า “ทางตัดผ่าน” หรือ “จุดตัด” (Crossing) ซึ่งอนุโลมจัดอยู่ในพวกประแจเช่นกัน

3.4.1 หลักการทั่วไปในการตรวจประเมิน

- ก) ขนาดของทางและชิ้นส่วนประแจต้องอยู่พิสัยที่ยอมรับได้
- ข) หินโรยทาง หมอนรองประแจ อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวต่าง ๆ จะต้องกระชับแน่นหนา ปราศจากร่องรอยความเสียหาย
- ค) อายุใช้งานของประแจทุกชนิด ให้ถือว่าต้องเปลี่ยนถ้ารางในชุดประแจสึก หรือชำรุด ตามพิสัยการใช้งานที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3-4 ถึงตารางที่ 3-6 หรือชิ้นส่วนประแจมีจำนวนรอบของน้ำหนักผ่านทางครบตามตารางที่ 2-8

ตารางที่ 3-4 พิกัดการใช้งานของรางที่ยอมรับได้

รายการประแจ	พิสัยการสึกของส้นราง (มิลลิเมตร)		
	100 ปอนด์	80 ปอนด์	70 ปอนด์
ทางประธาน	11	8	6
ทางหลัก	12	9	7

ตารางที่ 3-5 พิกัดการใช้งานของส่วนประกอบประแจแบบเชื่อม (Welded turnout) ที่ยอมรับได้

S/N	inspection item	Allowable deviation (mm.)	S/N
1	Direction of turnout	Straight line (10 m. chord measurement)	4
		Offset of lead curve	+2, -2
2	Gauge	Actual point of switch rail	+1, -1
		Heel of switch rail	+1, -1
		Other parts	+3, -2
3	The close contact with the stock rail from the actual point of switch rail to the primary traction point		Gap at joint < 0.2
4	The close contact of other parts of switch rail with stock rail		Gap at joint < 1
5	The close contact of the actual point of frog within the range of 460 mm. with wing rail		Gap at joint < 0.5



ตารางที่ 3-5 พิกัดการใช้งานของส่วนประกอบประแจแบบเชื่อม (Welded turnout) ที่ยอมให้ (ต่อ)

S/N	inspection item	Allowable deviation (mm.)	S/N
6	The close contact of other parts of frog with wing rail	Gap at joint < 1	
7	The gap between the distance block and switch rail or between two movable-point frog rail webs	<0.5	
8	The opening distance between the non-working side of heel of switch rail and working side of stock rail	+1, -1	
9	Point-toe distance	+10, -10	
10	Throat width of movable point frog	+3, -3	
11	Flange-way width	+1, -0.5	
12	Throw of switch (switch rail, movable frog)	+3, -3	
13	Staggered length of turnout head and tail joints	<15	
14	Space and declination of turnout ties	+20, -20	
15	Staggered length of actual point of switch rail	<10	

ตารางที่ 3-6 พิกัดการใช้งานของส่วนประกอบประแจแบบต่อ (Jointed Turnout) ที่ยอมให้

S/N	inspection item		Allowable deviation (mm.)
1	Direction of turnout	Straight line (10m chord measurement)	4
		Offset of lead curve	+2, -2
2	Gauge	Actual point of switch rail	+1, -1
		Other parts	+3, -2
3	Smallest flange-way of non-working surface of switch rail		-2
4	The gap between the distance block and switch rail or between two movable-point frog rail webs		<1
5	The opening distance between the non-working side of heel of switch rail and working side of stock rail		+1, -1
6	Flange-way width		+3, -1



ตารางที่ 3-6 พิกัดการใช้งานของส่วนประกอบประแจแบบต่อ (Jointed Turnout) ที่ยอมให้ (ต่อ)

S/N	inspection item		Allowable deviation (mm.)
7	Joint	Rail ends unevenness in line and on surface	<1
		Staggered length of the head and tail joints	<15
		The different between the actually measured average value and design value of rail gap	+2, -2
8	Space and declination of turnout ties		+20, -20
9	Staggered length of actual point of switch rail		<10

3.4.2 การวัดความกว้างทางที่ประแจ

- ก) ความกว้างของทางในประแจต้องให้ได้ขนาด 1,000 มิลลิเมตร หรือ 1,435 มิลลิเมตรพอดี เว้นแต่ในทางตอนใดในประแจที่แผนผังได้กำหนดขนาดความกว้างของทางไว้เป็นอย่างอื่น
- ข) การวัดขนาดความกว้างของทางตอนส่วนลิ้นประแจ ต้องวางเหล็กกระวางแห่งหนึ่งให้พ้นปลายลิ้น เลยส่วนที่รางประกอกลิ้นงอออกไป และอีกแห่งหนึ่งที่โคนลิ้น ห้ามวัดระยะที่แห่งอื่น ๆ ระหว่างสองจุดที่กล่าวนี้ ทั้งนี้เนื่องจากรางประกอกลิ้นนั้นได้วางไว้เหมาะสมกับส่วนที่งอของราง ความกว้างของทางตลอดความยาวของรางลิ้นจึงเปลี่ยนแปลงตามไป

3.4.3 การตรวจสอบสภาพ

- ก) ประแจนับว่าเป็นส่วนที่มีโอกาสเกิดปัญหาได้มากที่สุดของทางรถไฟ จำเป็นต้องหมั่นตรวจสอบและบำรุงรักษาให้มีสภาพมั่นคงแข็งแรงอยู่เสมอ เพราะถ้าไม่แข็งแรงอาจทำให้รถตกรางที่ประแจได้โดยง่าย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องวัดสอบประแจเป็นประจำทุกครั้งที่ซ่อมประแจ ต้องทำการวัดสอบระยะต่างๆ ในประแจ และแก้ไขให้อยู่ในพิกัดที่ถูกต้อง
- ข) หมอนรองประแจต้องมีความสมบูรณ์ ไม่มีรอยแตกหักหรือผิดรูป การวางตำแหน่งต้องตรงตามที่ได้ออกแบบ
- ค) หินโรยทางต้องมีความแน่น ไม่มีจุดที่หมอนรองประแจลอยขึ้น รวมทั้งไม่เกิดฝุ่นขาว



3.5 การตรวจประเมินหมอนรองราง

3.5.1 ทัวไป

หมอนรองรางเป็นส่วนประกอบทางรถไฟที่สำคัญมากอันหนึ่ง การตรวจประเมินหมอนรองรางต้องทำเป็นประจำตามแผน เพื่อให้หมอนรองรางยึดรางให้มีขนาดทางตามที่ต้องการอย่างมั่นคง และถ่ายแรงจากรางรถไฟไปสู่หินโรยทางหรือหรือวัสดุอื่นที่รองรับได้ตามที่ออกแบบ และทำให้การใช้งานโครงสร้างทางรถไฟได้อย่างปลอดภัย เชื่อถือได้ มีประสิทธิภาพ และคุ้มค่า

3.5.2 ขอบเขต

- ก) คู่มือนี้ครอบคลุมหมอนคอนกรีตสำหรับทางรถไฟชนิดหินโรยทาง ประกอบด้วยหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแท่งคู่ และหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับประแจ เพื่อใช้ในโครงสร้างทางรถไฟทั้งรถไฟขนส่งผู้โดยสาร (Passenger Train) และรถไฟขนส่งสินค้า (Freight Train) ที่มีขนาดทาง 1.000 เมตร (Meter Gauge) หรือ 1.435 เมตร (Standard Gauge) มีน้ำหนักบรรทุกทุกกดเพลามากกว่า 39 ตัน และมีระยะเรียงหมอนรองรางระหว่าง 500 – 750 มิลลิเมตร
- ข) คู่มือนี้ครอบคลุมหมอนคอนกรีตสำหรับทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง ประกอบด้วยหมอนคอนกรีตอัดแรงฝังในแผ่นพื้นคอนกรีตและหมอนคอนกรีตอัดแรงวางบนพื้นแอสฟัลต์ติกคอนกรีต สำหรับรถไฟขนส่งผู้โดยสารทั้งความเร็วสูงและความเร็วปกติ ขนาดทาง 1.000 เมตร หรือ 1.435 เมตร น้ำหนักบรรทุกทุกกดเพลามากกว่า 25 ตัน ระยะเรียงหมอนรองราง 500 – 750 มิลลิเมตร
- ค) คู่มือนี้ครอบคลุมระบบยึดเหนี่ยวรางแบบยืดหยุ่น (Elastic Rail Fastening System) เท่านั้น

3.5.3 การตรวจประเมินและบำรุงรักษาหมอนรองราง

- ก) จำนวนและระยะเรียงหรือระยะระหว่างหมอน ต้องเป็นไปตามที่กำหนด
- ข) ต้องวางหมอนให้ได้ฉากกับแนวศูนย์กลางของทาง โดยให้กลางหมอนอยู่ตรงศูนย์กลางของทางพอดี นอกจากกำหนดเป็นอย่างอื่น
- ค) ถ้าระยะเรียงหมอนกว้างไปหรือหมอนไม่ไม่ได้ฉากกับแนวศูนย์กลางของทางเกินพิกัดความคลาดเคลื่อนจะต้องจัดหมอนใหม่ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนดังนี้ (การวัดระยะให้ถือจากฐานรางด้านในเป็นเกณฑ์)
 - ระยะระหว่างหมอนกว้างขึ้นไม่เกิน 50 มิลลิเมตร
 - เฉลี่ยจากตำแหน่งที่ตั้งได้ฉากกับแนวศูนย์กลางของทางไม่เกิน 40 มิลลิเมตร



- ง) หมั่นตรวจสอบสภาพรางช่วงที่มีผลสัณฐาน จุดที่เป็นหัวต่อราง และแผ่นยางรองราง ปี่แบนชำรุด หากพบให้ดำเนินการแก้ไขโดยเร็ว เพราะอาจทำให้หมอนคอนกรีตชำรุด แตกหักได้

3.6 การตรวจประเมินชั้นหินโรยทาง

3.6.1 การวัดการปนเปื้อนของหินโรยทาง

หินโรยทางที่ผ่านการใช้งานไปช่วงเวลาหนึ่งจะเกิดการเสื่อมสภาพ ช่องว่างระหว่างอนุภาคของหินจะเริ่มเล็กลงเนื่องจากมีสิ่งแปลกปลอมมาอุดตัน วัสดุเหล่านี้อาจเป็นดินจากชั้นพื้นทางซึ่งแทรกตัวขึ้นมา หรือ เป็นเศษหินเล็ก ๆ ที่เกิดจากการแตกหักของหินโรยทางรถไฟเอง เมื่อช่องว่างในชั้นหินโรยทางลดลง ความสามารถในการระบายน้ำก็จะต่ำลงด้วยเช่นกัน สภาพเช่นนี้ เร่งให้เกิดการขังตัวของน้ำในดินพื้นทาง และทำให้กำลังของดินต่ำ เกิดเป็นปัญหาดินฉุด (Pumping) และการเคลื่อนตัวเสียรูปของทางได้อย่างรวดเร็ว

การวัดการปนเปื้อนของหินโรยทางนั้นสามารถทำได้จากการประมาณปริมาณของอนุภาคขนาดเล็กซึ่งแทรกตัวระหว่างช่องว่างของอนุภาคหินโรยทาง ตัวชี้วัดความปนเปื้อนของหินโรยทางที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมี 2 วิธี คือ

- (1) วัดด้วยดัชนีการปนเปื้อน (Ballast Fouling Index) ซึ่งเป็นผลรวมของร้อยละการผ่าน (Percent finer) ที่ขนาด 4.75 มิลลิเมตร (ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4) และ 0.075 มิลลิเมตร (ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200)
- (2) วัดด้วยร้อยละการปนเปื้อน (Percentage of fouling) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของน้ำหนักหินแห้งที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 9.5 มิลลิเมตร ส่วนน้ำหนักรวมทั้งหมด วิศวกรสามารถพิจารณาและจัดแบ่งความปนเปื้อนของหินโรยทางออกเป็นระดับตามตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 ตารางการจัดแบ่งความปนเปื้อนของหินโรยทาง

ระดับ	ดัชนีการปนเปื้อน (%)	ร้อยละการปนเปื้อน (%)
สะอาด	< 1	< 2
สะอาดปานกลาง	1 ถึง < 10	2 ถึง < 9.5
ปนเปื้อนปานกลาง	10 ถึง < 20	9.5 ถึง < 17.5
ปนเปื้อน	20 ถึง < 40	17.5 ถึง < 34
ปนเปื้อนมาก	มากกว่าหรือเท่ากับ 40	มากกว่าหรือเท่ากับ 34



การตัดสินใจทำความสะอาดหรือเปลี่ยนหินโรยทางนั้นสามารถใช้วิธีสังเกตสภาพของชั้นหินโรยทางด้วยสายตา ประกอบลักษณะการเคลื่อนตัวเสียรูปของทางหรือการพิจารณาจากดัชนีการปนเปื้อน หรือ ร้อยละการปนเปื้อน ของหินโรยทางในต่างประเทศ เช่น ประเทศออสเตรเลีย หรือ สหรัฐอเมริกา ในทางปฏิบัติจะพิจารณาทำความสะอาดหินโรยทางเมื่อดัชนีการปนเปื้อนมีค่ามากกว่า 20% และร้อยละการปนเปื้อนมากกว่า 17.5%

3.7 การตรวจประเมินชั้นดินพื้นทาง

3.7.1 ข้อพิจารณาทั่วไป

ชั้นพื้นทาง (Roadbed) เป็นส่วนประกอบสำคัญของโครงสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรยทางทำหน้าที่รองรับชั้นหินโรยทางและชั้นรองหินโรยทาง น้ำหนักจากการจราจรของรถไฟสามารถส่งผลกระทบต่อสมรรถนะทางวิศวกรรมของชั้นพื้นทางได้อย่างมีนัยสำคัญปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของชั้นพื้นทางมีหลายประการ กล่าวคือ

- 1) ปริมาณน้ำหรือความชื้นที่สะสมอยู่ภายในชั้นพื้นทางและความสามารถในการระบายน้ำของชั้นพื้นทาง และชั้นหินโรยทาง
- 2) สมบัติของโครงสร้างทางและดินพื้นทางเอง เช่น ความหนาของชั้นหินโรยทาง ความหนาแน่นและกำลังของดินพื้นทาง เป็นต้น
- 3) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณฝน อุณหภูมิ ลักษณะการไหลของน้ำใต้ดิน
- 4) น้ำหนักจากการจราจรของรถไฟ กล่าวคือ น้ำหนักกกดเพลลา และ ความเร็วรถไฟ

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของชั้นพื้นทางที่สำคัญที่สุด คือ ปริมาณน้ำหรือความชื้นที่สะสมอยู่ภายในดิน วิศวกรสามารถลดอิทธิพลจากปัจจัยนี้ได้ด้วยการออกแบบระบบระบายน้ำจากทางรถไฟที่เหมาะสม

ชั้นพื้นทางประกอบด้วย ดินเดิมในบริเวณนั้นหรือดินที่ถูกนำมาถมจากแหล่งอื่น ส่วนที่เป็นตัวกำหนดสมรรถนะทางวิศวกรรมนั้นเป็นส่วนบนที่ถูกกระทำจากน้ำหนักการจราจรที่เพิ่มขึ้น ในโครงสร้างทางรถไฟที่สร้างขึ้นใหม่ ชั้นพื้นทางจะแยกออกจากชั้นหินโรยทางและชั้นรองหินโรยทางอย่างชัดเจน แต่ในทางที่ใช้งานมาแล้วโดยทั่วไปขอบเขตของชั้นจะไม่ชัดเจน กล่าวคือ วัสดุของชั้นต่าง ๆ มีการแทรกตัวระหว่างกัน ช่วงที่น้ำหนักจากการจราจรส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมของชั้นดินพื้นทางคือ ช่วงความลึกประมาณ 1.5 เมตร ต่ำจากชั้นรองหินโรยทาง ที่ระดับความลึกมากกว่านั้นความเค้นที่เกิดขึ้นจะเบาบางมากจนไม่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของโครงสร้างทางระยะตั้งแต่ผิวบนของชั้นพื้นทางลึกลงไปประมาณ 0.6 เมตร เป็นช่วงที่มีความสำคัญ



อย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะความเค้นจากการจราจรมีความเข้มข้นสูง นอกจากนั้นยังเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมได้มาก ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ เช่น การหลุดตัวโคลนเหลวฉุดขึ้นมาในทางจะเกิดในส่วนบนสุด 0.6 เมตรของดินพื้นทางแทบทั้งสิ้น ดังนั้นการบำรุงดูแลรักษาชั้นพื้นทางที่ระยะตั้งแต่ผิวชั้นพื้นทางถึงลงไปประมาณ 0.6 เมตร จึงสำคัญอย่างยิ่ง

3.7.2 ชั้นพื้นทางที่มีอยู่เดิม

พื้นทางของระบบรางรถไฟแบบมีหินโรยทางในปัจจุบันของประเทศส่วนใหญ่ ถูกสร้างขึ้นตามวิธีดั้งเดิม ในยุคสมัยที่ความรู้ความเข้าใจด้านวิศวกรรมฐานรากยังไม่ดีเท่ากับระดับในปัจจุบัน โครงสร้างทางรถไฟในหลาย ๆ พื้นที่นั้นถูกสร้างบนพื้นดินเดิมหรือนำดินจากพื้นที่ใกล้เคียงมาถมซึ่งอาจไม่แน่นและถมตื้นเกินไปทำให้เกิดปัญหาการหลุดตัวตามมาภายหลัง อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาผ่านไป พื้นทางมีแนวโน้มแน่นตัวและเข้าสู่เสถียรภาพมากขึ้นจากการจราจรของรถไฟที่กระทำซ้ำไปมาทำให้เกิดการบดอัดและการบีบตัวคายน้ำของชั้นพื้นทาง

โครงสร้างทางรถไฟในหลายบริเวณเกิดปัญหาการหลุดตัวร่วมกับโคลนเหลวถูกฉุดขึ้นมาบนพื้นผิว (“Chronic Spots” หรือ “Soft Spots”) โดยหลักปัญหาเกิดจากสภาพดินพื้นทางไม่เหมาะสม พบหินโรยทางเข้าไปผสมกับดินและมีลักษณะเป็นกระเปาะ (Ballast Pocket) กระเปาะหินโรยทางนั้นทำให้น้ำไม่สามารถระบายออกจากทางได้โดยปกติ

3.7.3 ปัญหาชั้นดินพื้นทางเสียเสถียรภาพ

ลักษณะหรืออาการปรากฏของทางรถไฟที่ดินพื้นทางเสียเสถียรภาพ มีหลายประการ ได้แก่ การเคลื่อนตัวเสียรูปของทางทั้งที่รางและหมอนยังอยู่ในสภาพที่ดี การปนเปื้อนของชั้นหินโรยทางจากโคลน การบวมยกตัวของดินบริเวณข้างทางจากการพังวิบัติ วิศวกรสามารถตรวจสอบลักษณะและขนาดของบริเวณที่ดินพื้นทางเสียเสถียรภาพได้โดยการขุดร่องตัดขวางกับทางสีกกลงในแนวตั้งเพื่อสำรวจชั้นดิน

การเคลื่อนตัวของดินพื้นทางนั้น อาจเกิดจากการเสียเสถียรภาพของดินในระดับสีกกลงไป เช่น เกิดจากการไถลของลาดดิน วิศวกรควรเข้าใจสาเหตุเหล่านี้ให้ครบถ้วนก่อนเริ่มวางแผนการซ่อมบำรุง อันจะเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาเดิมที่จะเกิดซ้ำอีก

3.7.4 ชนิดของการเสียเสถียรภาพของชั้นพื้นทาง

ลักษณะการเสียเสถียรภาพของดินพื้นทางอันก่อให้เกิดการเคลื่อนตัวเสียรูปของทางและการปนเปื้อนของชั้นหินโรยทางจากโคลน สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ



- 1) การแทรกตัวของดินจากการฉีกของโคลนเหลวจากชั้นดินพื้นทาง เมื่อชั้นหินโรยทางปนเปื้อนไปด้วยโคลนเหลวทำให้การระบายน้ำเป็นไปได้อย่างยากลำบาก และทำให้กำลังของโครงสร้างชั้นหินโรยทางลดลง
- 2) ชั้นดินพื้นทางเคลื่อนตัวในแนวดิ่งและหรือด้านข้างส่งผลต่อค่าระดับรางและแนวของทางรถไฟ

3.7.5 การตรวจประเมินเสถียรภาพของลาดดินตัด

การพังวิบัติของลาดดินตัดส่วนใหญ่เกิดจากปัญหาด้านการระบายน้ำ วิธีการบริหารจัดการเกี่ยวกับการระบายน้ำสามารถดูได้ในมาตรฐาน มขร S-T-004-256x โดยการพังวิบัติของชั้นพื้นทางนั้นสามารถป้องกันได้ด้วยวิธีการที่มีประสิทธิภาพซึ่งประกอบด้วยการทำความเข้าใจปัญหาและจัดการกับปัญหาดังกล่าวเป็นขั้นตอน วิศวกรสามารถสังเกตสัญญาณเตือนก่อนที่จะเกิดการพังวิบัติของลาดดินคันทางซึ่งมีอยู่หลายประการดังนี้

- 1) เกิดรอยแตกในชั้นพื้นทาง โดยเฉพาะจุดที่ใกล้กับไหล่ของชั้นหินโรยทาง
- 2) ต้นไม้บนลาดดินเอียงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ
- 3) รางระบายน้ำที่ฐานของชั้นพื้นทางถูกอุดตันไปด้วยดินที่พองตัวขึ้นมาจากการเคลื่อนที่ของมวลดิน
- 4) รอยการพังวิบัติหรือไถลของลาดดินที่เห็นได้อย่างชัดเจน
- 5) มีน้ำไหลซึมออกมาจากลาดดินหรือมีบริเวณที่ดินอ่อนตัวมาก

เมื่อตรวจพบสัญญาณเตือนดังที่กล่าวมาข้างต้น ควรมีการตรวจสอบเพิ่มเติมเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ระหว่างช่วงเวลาดังกล่าวให้งดการถมทาง หรือ ยกกระตือรือร้นด้วยการเติมหินโรยทาง ทั้งนี้เพราะน้ำหนักที่มากขึ้นจะเร่งให้ลาดดินเคลื่อนตัวมากและเร็วขึ้น



3.8 การตรวจประเมินแผ่นพื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟ

พื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟ (Slab Track) เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและโดยมากจะเป็นโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ซึ่งในหลักการออกแบบโครงสร้างดังกล่าว จะต้องไม่เกิดรอยร้าวขึ้นในระหว่างการใช้งาน ลักษณะของรอยร้าวที่เกิดขึ้นบนพื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟได้แสดงรูปที่ 3-17 และรอยร้าวที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นคอนกรีตส่วนล่างรองรับพื้นคอนกรีตรองรับทางวิ่ง (Slab Track) ได้แสดงในรูปที่ 3-18



รูปที่ 3-17 รอยร้าวบริเวณพื้นคอนกรีตรองรับรางรถไฟ (Slab Track)



รูปที่ 3-18 รอยร้าวบริเวณพื้นคอนกรีตส่วนล่างรองรับพื้นคอนกรีตรองรับทางวิ่ง (Slab Track)



ดังนั้นการตรวจสอบพื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟ จะต้องทำการตรวจสอบตำแหน่งและขนาดของรอยร้าวเป็นหลัก หากรอยร้าวมีขนาดใหญ่กว่าที่กำหนด ควรทำการซ่อมแซมเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายกับโครงสร้างของพื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟ ขนาดของรอยร้าวสำหรับการตรวจสอบและซ่อมแซมได้แนะนำไว้ในตารางที่ 3-8

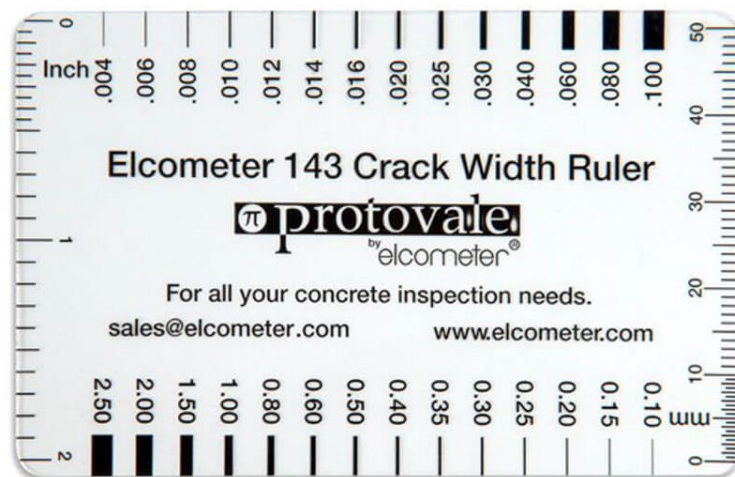
ตารางที่ 3-8 ขนาดของรอยร้าว

ชั้นส่วนที่เสียหาย	ระดับ	ค่าที่กำหนด (มม.)	หมายเหตุ
พื้นคอนกรีตรองรับ ทางรถไฟ (Track Slab)	A	$b \geq 0.2$	b = ความกว้าง ของรอยร้าว
	B	$0.2 > b \geq 0.1$	
	C	$0.1 > b \geq 0.05$	

โดยที่

- A คือ ซ่อมแซมแก้ไขโดยเร่งด่วน
- B คือ เตรียมซ่อมแซมแก้ไข
- C คือ บันทึกและติดตามขนาดรอยร้าว

โดยการวัดขนาดรอยร้าวสามารถใช้เกจวัดรอยร้าว (Crack Meter) ดังแสดงในรูปที่ 3-19



รูปที่ 3-19 เกจวัดรอยร้าวของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก



3.9 การตรวจประเมินระบบระบายน้ำ

3.9.1 หลักการในการระบายน้ำ

หลักการโดยทั่วไปของระบบระบายน้ำบนทางรถไฟ

- ก) ระบบระบายน้ำที่ออกแบบและก่อสร้างต้องระบายน้ำออกจากทางรถไฟโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- ข) น้ำต้องไหลได้โดยสะดวก นั่นคือตลอดทางรถไฟจะต้องไม่มีน้ำขังอย่างเด็ดขาดเนื่องจากน้ำจะเป็นตัวที่ทำให้คันทางรถไฟเสถียรภาพ
- ค) น้ำจะต้องไหลไปตามทิศทางที่ออกแบบและไม่ไหลล้นไปสู่โครงสร้างอื่น ๆ
- ง) ความเร็วของการไหลไม่ควรต่ำเกินไปจนทำให้เกิดการตกตะกอนและสูงเกินไปจนทำให้เกิดการกัดเซาะ
- จ) ปัญหาการตกตะกอนและการกัดเซาะในระบบระบายน้ำและพื้นที่ข้างเคียงจะต้องได้รับการตรวจสอบอยู่เสมอ และเมื่อพบปัญหาควรต้องมีมาตรการแก้ไขโดยเร็วเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาลุกลามแล้วทำให้เกิดการขาดเสถียรภาพของทางรถไฟ
- ฉ) สำหรับพื้นที่ราบเรียบมากความลาดชันของการไหลที่ออกแบบอาจไม่เป็นไปตามข้อแนะนำให้น้ำไหลช้าหรืออาจมีการท่วมขัง ในกรณีแบบนี้ไม่ควรที่จะยอมให้น้ำท่วมขังบริเวณตีนของคันทาง (Toe of the Embankment)
- ช) ไม่อนุญาตให้ใช้ระบบระบายน้ำบนทางรถไฟเพื่อระบายน้ำจากแหล่งอื่น เช่น น้ำจากชุมชนข้างเคียง หรือเพื่อประโยชน์อื่น เช่น เพื่อการชลประทาน

3.9.2 ปัจจัยที่บ่งชี้ถึงความไม่มีประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำ

ลักษณะดังต่อไปนี้บ่งชี้ถึงความไม่มีประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำ

- ก) มีน้ำท่วมขังเป็นหย่อม ๆ
- ข) ระบบระบายน้ำเริ่มพังเสียหายและมีการอุดตัน
- ค) หินโรยทางสกปรก (น้ำจากด้านล่างได้พัดพาเม็ดดินขึ้นมาด้านบน)
- ง) หมอนรางรถไฟมีการเคลื่อนที่อย่างผิดปกติ
- จ) ระดับและแนวรางรถไฟผิดปกติ

เมื่อตรวจพบความไม่มีประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำ

- ค้นหาต้นเหตุของปัญหา
- ดำเนินการแก้ไข (ไม่ควรเป็นการแก้ปัญหาแบบเฉพาะหน้า)

3.9.3 สาเหตุของความไม่มีประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำ

ลักษณะดังต่อไปนี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ระบบระบายน้ำด้วยประสิทธิภาพ

- ก) ท่อระบายน้ำหรือรางระบายน้ำแตก



- ข) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแล้วมีน้ำจากนอกพื้นที่ไหลเข้ามาสู่ระบบ
- ค) การไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบของเจ้าของพื้นที่ข้างเคียงเขตทางรถไฟ แล้วระบายน้ำจากพื้นที่ตนเองเข้าสู่ระบบระบายน้ำทางรถไฟ

แนวทางการแก้ปัญหา

- รู้และเข้าใจลักษณะพื้นที่ของการระบายน้ำ
- รู้ว่าต้องระบายน้ำไปที่ไหน
- รู้ปริมาณน้ำที่ต้องระบายรวมถึงต้องการปริมาณน้ำสูงสุดที่ต้องระบายในอนาคด้วย
- ป้องกันมิให้มีสิ่งกีดขวางการไหล (การไหลต้องเป็นไปโดยสะดวก)
- ตรวจสอบพื้นที่เสี่ยงที่มีปัญหาการระบายน้ำอยู่เสมอ ในกรณีนี้ควรพิจารณาร่วมกับพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมด้วยเพื่อเป็นการเฝ้าระวังจุดเสี่ยง
- มีบันทึกและรายงานการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ

3.9.4 ปัญหาน้ำท่วมและการกัดเซาะทางรถไฟ

เนื้อหาในข้างต้นได้กล่าวถึงปัญหาการระบายน้ำและแนวทางแก้ไขโดยทั่วไป แต่ในส่วนนี้จะได้อธิบายถึงปัญหาการระบายน้ำในกรณีวิกฤติ เช่น กรณีฝนตกหนักหรือตกติดต่อกันเป็นเวลานานแล้วทำให้เกิดน้ำท่วม ลักษณะของปัญหาที่พบบ่อยคือการไหลข้ามทางรถไฟแล้วกัดเซาะหินโรยทางรวมถึงการพัดพาโครงสร้างอื่น ๆ

ก) การกัดเซาะหินโรยทางและคันทาง

ในกรณีที่เกิดฝนตกหนักและระบบระบายน้ำที่ออกแบบไว้ไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน ผลที่ตามมาคือน้ำท่วมซึ่งอาจจะไหลไปตามแนวทางรถไฟหรือไหลข้ามทางรถไฟได้แก่ กรณีที่ขนาดท่อลอด สะพาน ฯลฯ ที่ออกแบบไม่สามารถระบายน้ำปริมาณมากได้ทันทั่วทั้ง

สำหรับพื้นที่ราบคันทางรถไฟอาจเกิดน้ำท่วมและโครงสร้างดินคันทางเกิดการอัดตัวซึ่งจะทำให้เกิดการทรุดตัวของคันทางรถไฟได้อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวอยู่นอกเหนือขอบเขตของงานระบายน้ำในคู่มือนี้ แต่สำหรับปัญหาการกัดเซาะหินโรยทางและการพัดพาหินโรยทางและโครงสร้างอื่น ๆ อันเนื่องมาจากปัญหาน้ำไหลข้ามทางรถไฟอาจสามารถจำแนกได้เป็น 2 กรณีตามลักษณะเฉพาะของปัญหา คือในกรณีที่เกิดน้ำเอ่อท่วมทั้งสองข้างของคันทางรถไฟพร้อม ๆ กัน ในกรณีนี้ปัญหาการกัดเซาะจะไม่รุนแรงมากนักเพราะระดับน้ำระหว่าง 2 ข้างของคันทางรถไฟไม่แตกต่างกันมากความเร็วของการไหลข้ามคันทางจะน้อยดังนั้นการกัดเซาะหินโรยทางจะไม่มากนัก อย่างไรก็ตามถ้าน้ำท่วมข้างเป็นเวลานานปัญหาหลักของกรณีนี้คือคันทางอาจทรุดตัวตลิ่งพัง สำหรับอีกกรณีคือระดับน้ำทั้ง 2 ข้าง



ของคันทางรถไฟไม่เท่ากันและยังแตกต่างกันมากความเร็วของการไหลจากข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่งจะยิ่งมาก ในกรณีหลังนี้เป็นปัญหาที่วิกฤติที่จะก่อให้เกิดการกัดเซาะหินโรยทางรถไฟและการพัดพาโครงสร้างอื่นให้เสียหายได้ ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับความเร็วของการไหลยิ่งไหลเร็วมากความเสียหายก็จะยิ่งมาก ดังนั้นแนวทางการลดความเสียหายคือต้องลดความเร็วของการไหลลงไม่ว่าจะด้วยวิธีการใดก็ตาม เมื่อท่อลอดหรือสะพานระบายน้ำไม่ทันและน้ำได้ไหลข้างทางรถไฟ ปัญหาแรกที่สามารถเกิดขึ้นคือหินโรยทางเริ่มถูกกัดเซาะและมาการพัดพาให้เคลื่อนที่ไปตามกระแสน้ำ เมื่อมีการกัดเซาะเพิ่มมากขึ้นต่อจากนั้นก็จะเป็นการกัดเซาะชั้นโครงสร้างคันทางรถไฟ

เมื่อฝนตกหนักแล้วก่อให้เกิดน้ำท่วมถือเป็นภัยพิบัติธรรมชาติที่ยากต่อการคาดการณ์ความเสียหายที่อาจเกิดแก่ทางรถไฟอาจจะมากน้อยแตกต่างกันไป และแนวทางแก้ไขแบบชั่วคราวก็แตกต่างกันออกไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับของความเสียหายวัสดุ รวมถึงเครื่องมือเครื่องจักรที่สามารถดำเนินการได้ ณ ขณะนั้น ดังนั้นการรวบรวมข้อมูลและศึกษาวิกฤติการน้ำท่วมในอดีตเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์มากสำหรับการออกแบบเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาในอนาคต เช่น ระดับน้ำสูงสุด ลักษณะน้ำเอ่อท่วม (ระดับน้ำทั้ง 2 ข้างของทางรถไฟ) ระดับความลึกของน้ำที่ไหลข้างทางรถไฟ ฯลฯ ข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปประเมินเพื่อปรับปรุงระดับความสูงของคันทางรถไฟให้พ้นจากระดับน้ำท่วมสูงสุดในอดีตและเป็นข้อมูลในการขยายท่อลอดและสะพานให้สามารถระบายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ง) การเตรียมการสำหรับน้ำท่วม

การเตรียมการสำหรับน้ำท่วมในที่นี้หมายถึงการรวบรวมข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่จะก่อให้เกิดน้ำท่วม เช่น สถิติปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำจากแม่น้ำ (ถ้ามี) การใช้ประโยชน์ที่ดิน การติดตามประกาศเตือนภัยพายุ แผนหรือมาตรการฉุกเฉิน บุคลากรหรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ทั้งนี้ก็เพื่อรับมือกับปัญหาและเป็นแนวทางในการตัดสินใจ โดยทั่วไปทุก ๆ พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมที่ต้องมีมาตรการหรือแผนฉุกเฉินพร้อมระบบการแจ้งเตือนสำหรับรับมือกับปัญหาน้ำท่วม และหนึ่งในนั้นต้องมีมาตรการที่จะต้องให้รถไฟสามารถให้บริการได้ นอกจากนั้นแผนฉุกเฉินที่ได้พัฒนาขึ้นควรต้องปรับปรุงอยู่เสมอ นอกจากนั้นควรต้องอบรมเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องให้มีความเข้าใจในมาตรการที่ถูกต้องและพร้อมอยู่เสมอที่จะนำมาตรการนั้นมาใช้



4. งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมโครงสร้างทางรถไฟ

4.1 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมรางและรอยเชื่อม

4.1.1 พิกัดการเปลี่ยนรางชำรุด

- ก) รางร้าว เมื่อพบรางร้าวที่ตรวจจากเครื่องตรวจรางร้าว ให้ทำเครื่องหมายแล้วเฝ้าดูอาการ เมื่อเห็นว่าไม่ปลอดภัยต่อขบวนรถ ให้ดำเนินการเจาะรูใส่สลักเกลียวแล้วเลื่อนระยะหมอน
- ข) รางหัก ให้ดำเนินการเปลี่ยนในทันทีหรือเร็วที่สุด (แก้ไขโดยใช้เหล็กประกับรางพิเศษ)
 - กรณีรางหักไม่เกิน 15 เซนติเมตร (ในประกับ) ไม่ต้องปิดทาง ให้ขบวนรถผ่านได้โดยลดความเร็ว
 - กรณีรางหักเกิน 15 เซนติเมตร ให้ปิดทางและเปลี่ยนรางทันที
 - กรณีรางหักในทาง เมื่อเกิดการแตกร้าหรือหักในทาง จะต้องทำการตัดรางส่วนที่แตกร้าหรือหักออก (ความยาวไม่ต่ำกว่า 3.00 เมตร) เพื่อนำทางใหม่เข้ามาแทน (แซมราง) โดยทำการเชื่อมเทอร์มิตบริเวณหัวท้าย (2 รอย)
- ค) รางสึก รางสึกจะเกิดบริเวณหัวราง ส่งผลให้หัวรางหรือหัวต่อรางมีระดับไม่เสมอกัน จึงจำเป็นต้องทำให้หัวรางมีระดับเสมอกันโดยการเชื่อมพอกหัวราง โดยการเชื่อมไฟฟ้าแบบใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ซึ่งจะต้องมีการเลือกใช้ลวดเชื่อมและกรรมวิธีการเชื่อมที่ถูกต้อง

4.1.2 พิกัดรางชำรุดจุดต่าง ๆ ที่ต้องเปลี่ยน ซึ่งรางชำรุดเกิดจากสันรางเป็นแผล เนื่องจากล้อดัน

- ก) สันรางเป็นแผลลึก 1-2 มิลลิเมตร ให้รายงานและเฝ้าดูอาการ
- ข) สันรางเป็นแผลลึก 2-4 มิลลิเมตร ควรดำเนินการเชื่อมพอก การเชื่อมพอกสันรางโดยการเชื่อมไฟฟ้าแบบใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ซึ่งจะต้องมีการเลือกใช้ลวดเชื่อมและกรรมวิธีการเชื่อมที่ถูกต้อง
- ค) สันรางเป็นแผลลึกมากกว่า 4 มิลลิเมตร ควรดำเนินการเปลี่ยนออกและแผลล้อดันที่มีจำนวนแผลเกิน 20% ของความยาวรางมาตรฐานก็ควรดำเนินการเปลี่ยนออก

4.1.3 การแก้ปัญหาการชำรุดของรางแบบต่างๆ

- ก) การแก้ปัญหาสันรางเป็นคลื่น (Corrugation)
 - ใช้รางที่มีความแข็งแรงมากขึ้น เช่น รางหัวแข็งที่ผ่านการผลิตโดยการกระทำทางความร้อน โดยเฉพาะบริเวณทางโค้ง รางที่มีความแข็งแรงมากขึ้นสามารถที่จะรับความเค้นได้มากขึ้น ทำให้รางไม่เสียรูปเป็นคลื่น



- เพิ่มพื้นที่ (Profile) การสัมผัสระหว่างล้อกับรางให้มากขึ้น เพราะถ้าพื้นที่สัมผัสระหว่างล้อกับรางน้อย จะทำให้เกิดความเค้นที่รางมากขึ้นส่งผลให้สันรางเป็นคลื่น
- ซ่อมบำรุงรางโดยการเจียรรางอย่างสม่ำเสมอ
- เมื่อพบสันรางเป็นคลื่น จะต้องมีการบันทึกไว้เพื่อการเจียรรางในอนาคต

ข) การแก้ปัญหาการแตกเป็นเส้นที่หัวราง (Head checking)

- ใช้รางที่มีความแข็งแรงมากขึ้น เช่น รางหัวแข็งที่ผ่านการผลิตโดยการกระทำทางความร้อน ซึ่งสามารถรับน้ำหนักกดเพลลาได้เพิ่มขึ้น และลดการสึกหรอรวมถึงการเสียรูปของราง
- รางต้องไม่มีตำหนิ (Defects) เช่น สิ่งแปลกปลอมฝังใน ดังนั้นต้องมีการควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการผลิตราง
- ปรับปรุงการหล่อลื่นระหว่างล้อกับราง
- ซ่อมบำรุงรางโดยการเจียรรางอย่างสม่ำเสมอ

ค) การแก้ปัญหาการเป็นหลุมเนื่องจากการล่า (RCF) และล้อคิ่น

โดยหลักการแล้วการแก้ปัญหารางเป็นหลุมหรือรอยยุบโดยการป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นก่อน (Prevention) เพราะถ้าเกิดขึ้นแล้วจะแก้ไขได้ยาก อย่างไรก็ตามวิธีแก้ไข ได้แก่

- โดยการเชื่อม โดยใช้การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์และการเชื่อมแม่เหล็ก (เชื่อมกึ่งอัตโนมัติโดยใช้ลวดม้วน)
- ซ่อมบำรุงรางโดยการเจียรราง ในบางครั้งต้องเจียรเป็นปริมาณมากจนไม่มีร่องรอยหลุมเหลืออยู่ เพราะถ้าถ้ายังมีหลุมเหลืออยู่อาจทำให้หลุมขยายได้ในอนาคต
- ซ่อมบำรุงรางโดยการวางรางใหม่

4.1.4 กรรมวิธีการเชื่อมซ่อมรางหัก โดยทำการเชื่อมเทอร์มิต

โดยปกติจะใช้การเชื่อมเทอร์มิตเชื่อมซ่อมรางหัก โดยต้องทำการตัดรางส่วนที่แตกหักหรือหักออก (ความยาวไม่ต่ำกว่า 3.00 เมตร) เพื่อนำทางใหม่เข้ามาแทน จากนั้นทำการเชื่อมเทอร์มิตบริเวณหัวท้าย โดยให้ยึดขั้นตอนการเชื่อมและการตรวจสอบแนวเชื่อมเหมือนกับการเชื่อมปกติ (ดูรายละเอียดในคู่มือการก่อสร้าง)

4.1.5 กรรมวิธีการเชื่อมซ่อมรางสึกบริเวณหัวรางและสันราง โดยการเชื่อมไฟฟ้าแบบใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์



- ต้องมีการให้ความร้อนก่อนการเชื่อม (Preheat) บริเวณที่จะเชื่อมและบริเวณรอบข้าง 50-70 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 350-400 °C
- อุณหภูมิระหว่างการเชื่อม (Interpass Temperature) ควรเหมือนกับอุณหภูมิการให้ความร้อนก่อนเชื่อม
- ลวดเชื่อมควรให้ค่าความแข็งที่ผิวเทียบเท่ากับราง เพื่อป้องกันการแตกของแนวเชื่อม
- แนวเชื่อม แนะนำให้ทำการให้ความร้อนหลังเชื่อม (PWHT)

4.1.6 การบำรุงรักษาทางรางเชื่อม

การบำรุงรักษาทางรางเชื่อมโดยทั่วไปจะพิจารณาโดยภาพรวมดังนี้

4.1.6.1 ทางรางเชื่อม ต้องมีการบำรุงรักษาเป็นพิเศษ โดยต้องทราบถึงวิธีการ และปฏิบัติตามคำแนะนำโดยเคร่งครัด

4.1.6.2 หลักสำคัญของทางรางเชื่อม คือ

- ก) หินโรยทางต้องเต็มตามมาตรฐาน
- ข) เครื่องยึดเหนี่ยว สมอยึดราง ฯลฯ จะต้องมีการครบ และหมั่นตรวจสอบให้อยู่ในลักษณะยึดราง ติดแน่นกับหมอนตลอดเวลา
- ค) การทำงานต้องกำหนดแผนงานไว้ล่วงหน้า และ เตรียมเครื่องมือให้พร้อมควรทำงานใด ๆ ให้เสร็จในวันเดียวกัน เช่น เมื่อเปลี่ยนหมอนก็ควรจัดระยะหมอน แก้ไขเครื่องยึดเหนี่ยวราง เป็นต้น
- ง) ทำงานเป็นหน้าติดต่อกันจนเสร็จ เพื่อไม่ต้องเสียเวลากลับมาแก้ไขบ่อยครั้ง ซึ่งจะทำให้ทางเสียความมั่นคงโดยไม่จำเป็น
- จ) งานที่ต้องรบกวนทาง เช่น การเปลี่ยนหมอน ตัดดินหัวหมอน ยกราง ดัดราง แก้ไขเครื่องยึดเหนี่ยวราง ฯลฯ จะต้องมีพนักงานเป็นผู้ควบคุมการทำงานและถ้าทางต้องถูกรบกวนมาก หรือ เป็นระยะยาวต้องประกาศลดความเร็วของขบวนรถ
- ฉ) ต้องมีการตรวจสอบสภาพความเป็นไปของทางรางเชื่อมอยู่เสมอ ถ้ามีลักษณะผิดปกติต่าง ๆ เช่น ขณะที่อากาศร้อนเกินไป แต่หัวต่อรางห่างเกิน 6 มิลลิเมตร หรือเมื่ออากาศเย็นจัด หัวต่อรางกลับชนติดกัน หรือตอนกลางวันซึ่งมีอากาศร้อนจัด แนวรางคด หรือโก่ง เป็นต้น ให้พิจารณาถึงสาเหตุและวิธีการแก้ไข หากไม่สามารถแก้ไขด้วยตนเองได้แล้ว ต้องรายงานต่อผู้บังคับบัญชาตามลำดับชั้น เพื่อหาทางแก้ไขและต้องรายงานผลการแก้ไขต่อผู้บังคับบัญชาตามลำดับชั้นทุกครั้ง



- ช) ในกรณีที่สลักเกลียวต่อรางขาด หรือ รอยเชื่อมหัก รางดุ้งออกทางข้าง ต้องมีการรายงานต่อ ผู้บังคับบัญชาเพื่อพิจารณาดำเนินการทันทีที่มีการตรวจพบ
- ซ) การวัดและจัดระยะช่องว่างหัวต่อรางเชื่อมนั้น ผู้ดำเนินงานจะต้องได้รับการอบรม และปฏิบัติตามคำแนะนำของฝ่ายการช่างโยธาเกี่ยวกับเรื่องนี้ โดยเฉพาะ และก่อนที่จะตัดสินใจว่า ช่องว่างหัวต่อรางใดผิด หรือถูกต้อง จะต้องสอบประวัติของทางเมื่อวางรางเชื่อม แรงต้านทานของหินโรยทาง แรงต้านทานของเครื่องยึดเหนี่ยว เป็นต้น เพื่อเป็นทางพิจารณาแก้ไขให้ถูกต้องต่อไป
- ฌ) สำหรับแนวเชื่อมรางหลังจากการใช้งาน อาจเกิดความเสียหาย โดยทั่วไป รูปแบบความเสียหาย ได้แก่ แนวเชื่อมหัก แนวเชื่อมโก่ง แนวเชื่อมเกิดตำหนิอื่น ๆ หลังจากการใช้งาน ซึ่งการตรวจสอบความเสียหายจากการใช้งานมี 2 วิธีหลัก คือ ตรวจสอบด้วยสายตาและคลื่นเสียงอัลตราโซนิก

4.2 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซม Track Geometry

4.2.1 ขนาดทาง

- ก) (1) ในกรณีที่มีการขยายขนาดของทาง วิศวกรใหญ่ฝ่ายการช่างโยธา อาจสั่งให้ใส่รางกันด้วยก็ได้ สำหรับรางต่ำหรือรางใน ร่องระหว่างรางกันกับรางที่รถวิ่ง (ซึ่งตามมาตรฐานสำหรับทางตรงที่ทางผ่านเสมอระดับมีความกว้าง 50 มิลลิเมตร) ควรจะเพิ่มให้กว้างออกไปอีก ตามสัดส่วนของระยะขยายรางสำหรับทางโค้งแต่ร่องระหว่างรางดังกล่าวนี้ ต้องไม่กว้างไปกว่า 65 มิลลิเมตร ไม่ว่ารัศมีของโค้งจะแคบเท่าใดก็ตาม
- (2) การขยายขนาดของทางในประแจ ต้องให้เป็นไปตามแผนผัง สำหรับทางตัดตายตัว (Fixed Crossing) นั้นไม่จำเป็นต้องขยายขนาดทาง
- ข. สำหรับทางโค้ง ต้องขยายขนาดของทางให้กว้างเท่ากันตลอดความยาวของโค้งวงกลม แล้วลดลงทีละน้อยที่โค้งต่อหรือทางตรง
- ค. ในขณะทำการปรับขนาดของทาง ต้องชี้แจงให้หัวหน้าคนงานผู้ควบคุมงานอยู่นั้น เข้าใจโดยชัดแจ้งว่าจะต้องไม่ถอดเครื่องยึดเหนี่ยวรางออกจากหมอนที่อยู่ติดกันเกินกว่า 2 หมอนในคราวเดียวกันใน ระยะไม่เกิน 25 เมตร ห้ามทำการปรับขนาดของทาง เว้นไว้แต่นายตรวจทางจะได้ทำเครื่องหมายที่หมอนซึ่งจะต้องปรับไว้ก่อนแล้ว



4.2.2 การปรับระดับ ปรับแนว และการตัดราง

การปรับระดับ ปรับแนว และการตัดราง เพื่อจะทำให้ลักษณะทางเรขาคณิตของทางรถไฟเป็นไปตามเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของทางรถไฟ ดังตารางที่ 3-2

ก. ระยะยกขึ้นต่ำ

หินโรยทางต้องยกรางให้สูงพอสมควรเพื่อให้แน่ใจว่าชั้นรองพื้นทางจะไม่ได้รับความเสียหายโดยเมื่อใส่เครื่องมือตัดราง

ข. ระยะยกขึ้นสูงสุด

ผู้ดำเนินการต้องไม่ยกรางมากกว่าที่ต้องการเพื่อขจัดข้อบกพร่องทางเรขาคณิตในรางรถไฟ

1) ระยะยกสูงสุดในการยกแต่ละครั้งไม่เกิน 100 มิลลิเมตร

2) ระยะยกสูงสุดในการยกครั้งสุดท้ายไม่เกิน 50 มิลลิเมตร

และผู้ดำเนินการต้องระบุวิธีที่จะปรับปรุงแก้ไขทางรถไฟที่ถูกยกมากเกินไป

ค. วิธีการวางโค้งแนวทางรถไฟ

ผู้ดำเนินการต้องระบุวิธีการวางโค้งซึ่งอาจใช้วิธีการดังต่อไปนี้

1) การตัดรางเรียบตามแนวโค้ง (Smoothing of curve)

2) การวางโค้งตามแนวมุมที่มีอยู่

3) สำรวจเส้นโค้งที่มีอยู่ ออกแบบใหม่ ปักหมุด และวางแนวตามมุมที่ปักใหม่

ง. การวางแนวเส้นทางใหม่ (New Alignment)

สำหรับการวางแนวรางใหม่หรือการปรับเปลี่ยนแนวรางใหม่ ให้เป็นไปตามที่ออกแบบต้องจัดให้มีการจัดตำแหน่งแนวทางรถไฟโดยใช้มุมที่มีระยะห่างดังต่อไปนี้

1) มุมจะถูกวางที่จุดตัดทั้งหมด ประกอบด้วย จุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของแนวทางเส้นตรง จุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของโค้งเปลี่ยนผ่าน และจุดบนโค้ง

2) บนเส้นโค้งการเปลี่ยนผ่านที่จุดต่อกับแนวเส้นตรงด้านนอกและด้านใน และทุกช่วงไม่เกิน 20 เมตรตามแนวโค้งเปลี่ยนผ่าน

3) บนโค้งที่มีรัศมีต่ำกว่า 500 เมตร วางมุมไม่เกิน ช่วงละ 20 เมตร

4) บนโค้งที่มีรัศมีมากกว่า 500 เมตร วางมุมไม่เกิน ช่วงละ 30 เมตร

5) บนแนวทางตรง วางมุมไม่เกิน ช่วงละ 50 เมตร

สำหรับการวางแนวรางใหม่หรือการปรับเปลี่ยนแนวรางใหม่ เพื่อให้คุณภาพการเดินรถสอดคล้องกับการออกแบบให้ดำเนินการตามเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนตามตารางที่ 3-2



จ. การแก้ไขแนวด้านข้าง (Lateral Alignment Correction)

การแก้ไขแนวทางด้านข้างต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของการตัดรางซึ่งมีระยะยกขึ้นต่ำสุด แนวรางรถไฟทางตรงทั้งหมด เมื่อยกครั้งสุดท้ายต้องเป็นตามแนวที่กำหนด

4.2.3 การตัดรางในตำแหน่งที่มีพื้นที่จำกัด (Restricted Clearance Locations) และตำแหน่งของจุดอ้างอิงที่แสดง

การตัดรางในพื้นที่จำกัด ผู้ดำเนินการต้องควบคุมพิกัดทางเรขาคณิต เพื่อให้เหลือระยะเผื่อ เป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐาน มขร. ST002-25xx โดยเทียบกับจุดอ้างอิงที่ระบุเป็นเครื่องหมายในบริเวณนั้น

ตำแหน่งที่มีพื้นที่จำกัดที่ไม่มีจุดอ้างอิงที่ระบุเป็นเครื่องหมายในบริเวณนั้น ผู้ดำเนินการต้องขออนุมัติและปฏิบัติตามคำแนะนำของเจ้าของโครงการ เมื่อเสร็จสิ้นการทำงานในบริเวณดังกล่าวผู้ดำเนินการต้องตรวจสอบและประเมินระยะเผื่อขั้นสุดท้ายตามมาตรฐาน มขร. ST002-25xx

4.2.4 การตัดรางในบริเวณใกล้จุดที่ตึง

ผู้ดำเนินการต้องระบุนกระบวนการในการควบคุมพิกัดทางเรขาคณิตของทางรถไฟและโปรไฟล์ของหินโรยทางเมื่อมีการตัดรางในบริเวณใกล้จุดที่ตึง ซึ่งประกอบด้วย

- ขอบสะพาน
- อุโมงค์
- จุดต่อระหว่างหมอนรองรางและหมอนรองประแจ
- จุดตัดถนน
- พื้นทางคอนกรีต (Concrete Slab Track)

4.2.5 การตัดประแจและทางตัด

พิกัดทางเรขาคณิตที่ประแจและจุดตัดต้องเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานแนวทางรถไฟทั่วไป (Plain Line Track) ผู้ดำเนินการต้องระบุวิธีการ ปรับระดับ ปรับแนว และการตัดราง และเพิ่มเติมในส่วนต่างๆ ดังนี้

- หมอนรองประแจต้องถูกตัดตลอดความยาวเมื่อมีการยกขึ้นส่วนใด ๆ ขึ้น
- หมอนรองประแจถูกยกทั้งกรณีทางราบและกรณีออกแบบให้มีการยกโค้ง

4.2.6 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ในการปรับพิกัดทางเรขาคณิตของเส้นทางรถไฟ

เมื่อดำเนินการตัดรางแล้วต้องตรวจสอบพิกัดทางเรขาคณิตของรางโดยทันทีเพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดตามตารางที่ 3-2



4.3 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมเครื่องยึดเหนี่ยวราง

อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางมีหน้าที่สำคัญในการยึดรั้งให้รางอยู่ติดกับหมอนหรือพื้นคอนกรีตอย่างมั่นคง นอกจากนี้จะมีแรงต่าง ๆ ที่ส่งผ่านอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางอยู่ตลอดเช่น แรงจากการยึดหดตัวและการโก่งตัวออกด้านข้าง รวมไปถึงการขยับขึ้นลงแนวตั้งของราง แรงกระแทกจากล้อรถไฟ เป็นต้น หัวใจสำคัญในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางคือ ต้องสามารถยึดรางให้อยู่กับที่ได้อย่างมั่นคง โดยที่คุณสมบัติเชิงกลของอุปกรณ์ต้องไม่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการใช้งาน โดยจะสามารถลำดับความสำคัญได้ดังนี้

- สามารถรักษาตำแหน่งของรางไว้ให้อยู่บนหมอนอย่างมั่นคง ด้านทานแรงกระทำกับตัวรางในแนวตั้ง แนวด้านข้างและแนวยาวได้อย่างปลอดภัย
- สามารถดูดซับแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากล้อรถไฟโดยให้ความยืดหยุ่นกับระบบราง/หมอนรองราง (Elastic Resilience)
- เป็นฉนวนไฟฟ้าสำหรับวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์อาณัติสัญญาณ

4.4 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมประแจ

ประแจ คือเครื่องประดิษฐ์ ที่ใช้วางในทางเส้นหนึ่ง เพื่อให้ขบวนรถหรือล้อเลื่อนใด ๆ สามารถวิ่งผ่านออกจากทางเส้นนั้น แยกไปสู่ทางเส้นอื่นได้ สำหรับเครื่องประดิษฐ์ที่ใช้วางในทาง เพื่อให้ขบวนรถวิ่งในทางเส้นหนึ่งตัดผ่านทางเส้นอื่นได้ เรียกว่า “ทางตัดผ่าน” หรือ “จุดตัด” (Crossing) ซึ่งอนุโลมจัดอยู่ในพวกประแจเช่นกัน

4.4.1 หลักการทั่วไปในการซ่อมบำรุง

- ก) ขนาดของทางและชิ้นส่วนประแจต้องอยู่พิกัดที่ยอมให้
- ข) หินโรยทาง หมอนรองประแจ อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวต่าง ๆ จะต้องกระชับแน่นหนา ปราศจากร่องรอยความเสียหาย
- ค) เมื่อมีการเปลี่ยนของที่ชำรุด ควรเปลี่ยนเป็นสำหรับ โดยใช้ส่วนของประแจที่ถูกต้องตามมาตรฐานและไม่พยายามใช้เครื่องประกอบที่ไม่ตรงกับมาตรฐานหรือดัดแปลง
- ง) การซ่อมประแจทุกชนิด ต้องมีเจ้าหน้าที่ของฝ่ายการอาณัติสัญญาณ และโทรคมนาคมเข้าร่วมดำเนินการด้วยทุกครั้ง

4.4.2 การบำรุงรักษาประแจ

การบำรุงรักษาประแจ หมายถึง งานตรวจสอบสภาพประแจ และซ่อมประแจให้มั่นคงแข็งแรง มีความปลอดภัยต่อการเดินรถ มีมิติต่าง ๆ ถูกต้อง อยู่ในพิกัด และอำนวยความสะดวก ต้องการการทำงานของระบบอาณัติสัญญาณ



- ก) ต้องตรวจชิ้นเครื่องยึดเหนี่ยวในประแจให้สมบูรณ์และแน่นอยู่เสมอ
- ข) ตรวจวัดระยะมาตรฐานต่าง ๆ ในประแจให้อยู่ในพิสัยตามตารางที่ 3-4 ถึงตารางที่ 3-6
- ค) การซ่อมประแจ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

งานด้านวัสดุทางและขนาดทาง

- เปลี่ยนชิ้นส่วนของประแจที่ชำรุด เช่น จานรองราง เป็นต้น
- เปลี่ยนหรือซ่อมเครื่องยึดเหนี่ยวประแจให้อยู่ในลักษณะถูกต้อง ครบถ้วน ตามมาตรฐานและกระชับแน่น
- เปลี่ยนหมอน จัดระยะหมอน จัดหมอนที่เอียงให้ได้แนว
- จัดช่องว่างหัวต่อราง

งานแก้ไขความคลาดเคลื่อนของมิติทางเรขาคณิตของทาง

- ยกรางอัดหินตลอดชุดประแจ ทางต่อเชื่อมกับประแจทั้งหน้าประแจและท้ายประแจ ทั้งทางตรงและทางหลัก ให้มีระดับถูกต้องทั้งทางขวาง และทางยาว
- ตัดแนวรางให้ถูกต้องทั้งทางตรงและทางหลัก
- เคลื่อนหิน แต่งหิน กระทุ้งหินโรยทาง
- ตัดหญ้าบำรุงทาง และงานเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ

4.4.3 การบำรุงรักษาโค้งท้ายประแจ

- ก) โค้งท้ายประแจเป็นโค้งที่ไม่มีการยกรางนอกสูงกว่ารางในถ้าประแจนั้นเป็นประแจธรรมดา จึงมีโค้งตอสันมาก ตามแบบของโค้งท้ายประแจที่กำหนดมักมีโค้งตอสัน 10 เมตร แต่ในขณะที่ใช้งานโค้งท้ายประแจนี้ จะจัดตัวเองจนมีโค้งตอสันขึ้น อาจถึง 25 เมตร โค้งตอที่เพิ่มขึ้นนี้จะเรียกว่า โค้งตอที่จัดตัวขึ้นเอง (Virtual Transition Curve)
- ข) โค้งท้ายประแจเป็นโค้งทางราบที่ต้องดูแลบำรุงรักษาให้แนวและระดับถูกต้องอยู่เสมอ ในบางกรณีโค้งท้ายประแจจะถูกบังคับไว้ด้วยขานขาลา ซึ่งแนวและระดับของโค้งท้ายประแจที่เปียงเบนไปจะทำให้ขบวนรถชนขอบขานขาลาได้ การบำรุงรักษาโค้งท้ายประแจคงถือปฏิบัติเหมือนการบำรุงรักษาโค้งอื่น ๆ มีการกำหนดค่ามาตรฐาน ขยาย - ยก ไว้ในโค้งเป็นระยะ ๆ และค่าความคลาดเคลื่อนของมิติทางเรขาคณิตของทางจะต้องอยู่ในพิสัยที่ยอมรับได้



4.5 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมหมอนรองราง

4.5.1 ทัวไป

หมอนรองรางเป็นส่วนประกอบทางรถไฟที่สำคัญมากอันหนึ่ง การบำรุงรักษาหมอนรองรางต้องทำเป็นประจำตามแผน เพื่อให้หมอนรองรางยึดตรึงให้มีขนาดทางตามที่ต้องการอย่างมั่นคง และถ่ายแรงจากรางรถไฟไปสู่หินโรยทางหรือหรือวัสดุอื่นที่รองรับได้ตามที่ออกแบบ และทำให้การใช้งานโครงสร้างทางรถไฟได้อย่างปลอดภัย เชื่อถือได้ มีประสิทธิภาพ และคุ้มค่า

4.5.2 ขอบเขต

- ก) คู่มือนี้ครอบคลุมหมอนคอนกรีตสำหรับทางรถไฟชนิดหินโรยทาง ประกอบด้วยหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแท่งคู่ และหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับประแจ เพื่อใช้ในโครงสร้างทางรถไฟทั้งรถไฟขนส่งผู้โดยสาร (Passenger Train) และรถไฟขนส่งสินค้า (Freight Train) ที่มีขนาดทาง 1.000 เมตร (Meter Gauge) หรือ 1.435 เมตร (Standard Gauge) มีน้ำหนักบรรทุกทุกกดเพลลาไม่เกิน 39 ตัน และมีระยะเรียงหมอนรองรางระหว่าง 500 – 750 มิลลิเมตร
- ข) คู่มือนี้ครอบคลุมหมอนคอนกรีตสำหรับทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง ประกอบด้วยหมอนคอนกรีตอัดแรงฝังในแผ่นพื้นคอนกรีตและหมอนคอนกรีตอัดแรงวางบนพื้นแอสฟัลต์ติกคอนกรีต สำหรับรถไฟขนส่งผู้โดยสารทั้งความเร็วสูงและความเร็วปกติ ขนาดทาง 1.000 เมตร หรือ 1.435 เมตร น้ำหนักบรรทุกทุกกดเพลลาไม่เกิน 25 ตัน ระยะเรียงหมอนรองราง 500 – 750 มิลลิเมตร
- ค) คู่มือนี้ครอบคลุมระบบยึดเหนี่ยวรางแบบยืดหยุ่น (Elastic Rail Fastening System) เท่านั้น

4.5.3 การตรวจประเมินและบำรุงรักษาหมอนรองราง

ก) การเปลี่ยนหมอน

- ห้ามเปลี่ยนหมอนออกจากทาง โดยมีได้รับอนุญาต
- ห้ามเปลี่ยนหมอนออกจากทาง ถ้าหมอนนั้นยังใช้การได้ดีคือรองรับรางและจับเครื่องยึดเหนี่ยวรางได้มั่นคงตามเกณฑ์ที่กำหนด ก่อนที่จะถอดหมอนออกจากทาง ต้องทำเครื่องหมายไว้อย่างชัดเจน ห้ามเปลี่ยนหมอนท่อนใด ๆ ที่ยังมิได้ทำเครื่องหมายไว้ เว้นแต่ในกรณีฉุกเฉิน
- การเปลี่ยนหมอนเป็นค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาทางที่สูงมากอันหนึ่ง สิ่งที่ต้องพิจารณาในการตัดสินใจเปลี่ยนหมอน คือ ความสำคัญของทางแต่ละสาย



ความเร็วที่ขบวนรถอาจใช้ สภาพของหมอนข้างเคียง และแนวของทาง ถ้าหมอนยังคงมีอายุการใช้งานได้อย่างปลอดภัยอีกหนึ่งปีก็ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนออก

- หมั่นตรวจสอบสภาพรางช่วงที่มีผลสัณฐาน จุดที่เป็นหัวต่อรางและแผ่นยางรองรางบีบแน่นชำรุด หากพบให้ดำเนินการแก้ไขโดยเร็ว เพราะอาจทำให้หมอนคอนกรีตชำรุดแตกหักได้

ข) การเปลี่ยนหมอนเฉพาะแห่ง

- (1) เมื่อจะเปลี่ยนหมอนเฉพาะแห่ง ห้ามเปลี่ยนหมอนที่อยู่ข้างกันเกินกว่า 2 ท่อนออกจากทางในช่วงเวลาเดียวกัน หรือมิให้เปลี่ยนหมอนออกเกินกว่า 2 ท่อนต่อระยะ 6 เมตร
- (2) การเปลี่ยนต้องสอดหมอนใหม่เข้าที่ให้เรียบร้อยก่อนกำหนดเวลาที่ขบวนรถจะมาถึง
- (3) ถ้ามีหมอนเสียในทางจำนวนมาก แต่มีหมอนใหม่สำหรับจะเปลี่ยนจำนวนน้อยกว่า หมอนที่หัวต่อรางและในทางโค้งต้องได้รับการพิจารณาเปลี่ยนก่อน

ค) การเก็บรักษาหมอน

- (1) หมอนที่ได้รับเพื่อใช้ในการเปลี่ยนในทางหรือใช้งานอื่น ต้องมีการทำบัญชีหมอนให้เรียบร้อย แสดงจำนวนพร้อมบันทึกตำแหน่งที่กองเก็บหรือตำแหน่งที่ได้นำหมอนไปใช้
- (2) การกองเก็บหมอนต้องเรียบร้อย ห้ามทิ้งหมอนไว้ตามข้างทางหรือในร่องน้ำของทางตัด ควรกองเก็บหมอน ราง และวัสดุบำรุงทางอื่น ๆ ไว้ใกล้สถานที่ที่สามารถดูแลได้โดยไม่เกิดการสูญหาย
- (3) หมอนเก่าที่ถอดออกจากทางแล้วต้องทำการเก็บรักษาโดยทันที

4.5.4 การเปลี่ยนหมอนคอนกรีต

- ก) เพื่อความปลอดภัยและประหยัดค่าบำรุงรักษาทุก ๆ ปี จะต้องตรวจสอบหมอนคอนกรีตโดยละเอียดดังนี้

- (1) ต้องตรวจสอบสภาพหมอนคอนกรีตเป็นประจำตามแผน เมื่อพบรอยแตก รอยร้าว หรือการชำรุดเสียหาย ต้องทำรายงานแจ้งผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ
- (2) ผู้ที่ได้รับแจ้งต้องรวบรวม/ตรวจสอบ แล้วรายงานจำนวนหมอนพร้อมเครื่องยึดเหนี่ยวที่ต้องเปลี่ยนพร้อมรายละเอียดไปยังวิศวกรผู้รับผิดชอบ เพื่อดำเนินการจัดหาหมอนใหม่มาเปลี่ยน



- (3) ต้องทำเครื่องหมายที่เชิงรางสำหรับแผ่นยางรองรางที่ชำรุด และทำเครื่องหมายบนเครื่องบังคับขนาดทาง (Insulator) ที่ชำรุด และให้เปลี่ยนออกโดยเร็วถ้ามีวัสดุสำรอง
 - (4) ในโค้งแคบ ต้องตรวจสอบสภาพเครื่องยึดเหนี่ยว แผ่นยางรองราง และเครื่องบังคับขนาดทาง (Insulator) เป็นพิเศษ
- ข) ผู้ที่มีอำนาจต้องเป็นผู้อนุมัติให้ทำการเปลี่ยนหมอน ถ้าจำเป็นต้องเปลี่ยนหมอนท่อนใดเป็นการด่วนเพื่อความปลอดภัยของทางแล้ว ต้องรีบดำเนินการทันทีโดยไม่ต้องรอรับการอนุมัติจากผู้ที่มีอำนาจ แต่เมื่อได้ทำการเปลี่ยนหมอนนั้นเสร็จแล้ว ต้องรับรายงานให้ผู้ที่มีอำนาจทราบทันที
 - ค) ห้ามโยนหมอนลงจากรถบรรทุก และไม่วางหมอนล้ำเข้าไปในเขตโครงสร้าง
 - ง) เครื่องยึดเหนี่ยวของหมอนคอนกรีตที่วางในอุโมงค์หรือชายฝั่งทะเล ควรหาวิธีในการป้องกันสนิมเพื่อป้องกันการผุกร่อน เช่น ทาสีกันสนิม หรือชุบสารป้องกันสนิม
 - จ) การถอดและใส่เครื่องยึดเหนี่ยวหมอนคอนกรีต ควรทำด้วยเครื่องมือเฉพาะตามคู่มือที่กำหนดเท่านั้น
 - ฉ) ในกรณีที่หมอนคอนกรีตชำรุดดังต่อไปนี้ แตกกลิ้งในแนวตั้งถึงแนวลาดอัดแรง คอนกรีตแตกร้าวบริเวณรางนั่ง บ่าจานรองราง (Shoulder) หักบิดเบี้ยวเสียรูป หรือขนาดทางแคบน้อยกว่า -5 มิลลิเมตร จนไม่สามารถควบคุมขนาดทางและยึดรางได้ให้รีบเปลี่ยนออกในทันที ในกรณีที่ยังหาหมอนคอนกรีตมาทดแทนไม่ได้ อนุโลมให้ใช้หมอนไม้ใส่แทนเป็นการชั่วคราว

4.6 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมชั้นหินโรยทาง

4.6.1 การบำรุงรักษาชั้นหินโรยทาง

วิศวกรควรพิจารณาบำรุงรักษาชั้นหินโรยทางอย่างสม่ำเสมอให้มีหน้าตัด กล่าวคือ ความหนา ระยะคลุมหัวหมอน และความเอียงของลาดด้านข้างของชั้นหินโรยทางให้เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐาน มขร.004

4.6.1.1 การก่อสร้างชั้นหินโรยทางใหม่

ชนิดของหินและคุณสมบัติของวัสดุสำหรับก่อสร้างชั้นหินโรยทางนั้น ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในตามมาตรฐาน มขร. 004 โดยปกติหินโรยทางจะถูกเคลื่อนย้ายมายังบริเวณก่อสร้างด้วยตัวขนย้าย หรือ รถบรรทุกเตรียมผิวชั้นรองหินโรยทางให้เรียบร้อยละ ผิวต้องไม่มีลูกคลื่น หลุม หรือแอ่งที่ทำให้เกิดน้ำขัง ต้องควบคุมให้มีการจราจรบนชั้นรองหินโรยทางที่บดอัดแล้วเกินกว่าความจำเป็น นอกจากนั้นยังต้องควบคุมให้ความหนาแน่นหลังจากการ



บดอัดแล้วเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐาน มขร. 004 การเทหินโรยทางนั้น ให้ทำตามแนวกึ่งกลางไปตามด้านยาวของทาง ลักษณะการเทหินโรยทางนั้น แปรเปลี่ยนได้มากตามชนิดของเครื่องจักรที่ใช้ งาน อย่างไรก็ตามเมื่อเทแล้ว จึงทำการปาดเกลี่ยและบดอัดให้ได้รูปทรง จากนั้นวางหมอนและรางบน หินโรยทางที่บดอัดแล้วอย่างต่อเนื่อง ขั้นตอนนี้สามารถดำเนินการโดยใช้เครื่องจักรสร้างทาง เติมหินเพื่อถมช่องว่างระหว่างหมอน จากนั้นไถปาด หินโรยทางไปตามแนวยาวด้วยรถปาดที่วิ่งบนราง ขั้นตอนสุดท้ายคือ อัดหินโรยทาง (Tamping) และปรับแต่งหน้าตัดให้เป็นไปตามหน้าตัดมาตรฐาน (Surfacing) ระดับของรางต้องเป็นไปตามที่ออกแบบ ปรับความลึกในการอัด หินโรยทางให้เหมาะสม กล่าวคือ ชั้นรองหินโรยทางต้องไม่ได้รับความเสียหาย จากการทำงานของเครื่องอัดหิน

อาจมีการพิจารณาใช้เครื่องบดอัดชั้นหินโรยทาง (Ballast compactor) ซึ่งบดอัด หรือบีบหินโรยทางทั้งในแนวดิ่ง และแนวเอียงด้านข้างของชั้นหิน การบดอัด ในแนวเอียงด้านข้างจะเป็นการเพิ่มแรงพยุงและเสถียรภาพของทาง สิ่งนี้ช่วยรักษาแนวของทาง และเพิ่มอายุการใช้งานของทาง

4.6.2 การเปลี่ยนและการทำความสะอาดหินโรยทาง

ควรพิจารณาเปลี่ยนหรือเติมหินโรยทาง เมื่ออนุภาคหินโรยทางสึกหรือช่องว่างระหว่าง อนุภาคหินโรยทางเกิดการอุดตัน และ ชั้นรองหินโรยทางไม่สามารถทำหน้าที่ ๆ พึงกระทำได้ การสึกของหินโรยทางนั้นเกิดจากการแตกหักและพุพังของอนุภาค การอุดตันของชั้นหินโรยทางเกิดจากเศษอนุภาคขนาดเล็กจากการแตกหักของหินโรยทาง เองหรือจากวัสดุแปลกปลอมอย่างอื่นที่เข้ามาปะปน เช่น ดินพื้นทาง เป็นต้น ชั้นหินโรยทางที่อุดตันอาจมีวัชพืชขึ้นและเป็นส่วนช่วยลดความสามารถในการระบายน้ำ ของทาง และเป็นอุปสรรคต่อการเดินทาง หินโรยทางที่อุดตันจะทำให้ทางรถไฟระบายน้ำ มีได้อย่างที่พึงเป็นและจะเหนียวน้ำให้เกิดความชื้นหรือปริมาณน้ำในทางโดยเฉพาะชั้นพื้น ทางค่อนข้างมากทำให้กำลังของดินฐานรากลดต่ำลงและก่อให้เกิดปัญหาทางเสียรูป เคลื่อนตัวของทางขึ้นในที่สุด

วิศวกรควรพิจารณาให้มีการบำรุงรักษาชั้นหินโรยทางให้มีหน้าตัดเป็นไปตามหน้าตัด มาตรฐานอยู่เสมอ การพิจารณาว่าจะเปลี่ยนหินโรยทางที่สึก หรือ อุดตันแล้วออก ทั้งชั้น หรือเติมหิน ให้เต็มหน้าตัดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิด ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่สุด คือ ค่าใช้จ่ายเปรียบเทียบระหว่างการรื้อหมอนออก ไถดินไหล่ของชั้นหินโรยทางออก นำหินโรยทางใหม่เข้ามาเท และบดอัดลงบนทางกับการทำความสะอาดหินที่มีอยู่เดิม ด้วยเครื่องจักรและเติมหินใหม่ ข้อพิจารณาสำคัญสำหรับกระบวนการนี้ คือ ปริมาณหิน



ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้จากเครื่องจักรทำความสะอาด ปริมาณดังกล่าวนั้นเปลี่ยนแปลงไปได้อย่างยิ่งขึ้นอยู่กับเครื่องจักรและสภาพเดิมของชั้นหินโรยทาง

สำหรับช่วงทางที่มีการซ่อมบำรุงเป็นระยะนั้น ระดับของทางจะถูกยกขึ้นและอัดหินใหม่ลงช่องว่างระหว่างหมอนและบริเวณใต้หมอน กระบวนการนี้อิงอยู่บนสมมติฐานที่ว่าเศษวัสดุที่ปนเปื้อน ชั้นหินโรยทางนั้นได้เคลื่อนตัวออกไปและการยกทางนั้นดำเนินการอยู่บนชั้นหินที่สะอาดอยู่ ในข้อเท็จจริงนั้นบริเวณไหล่ของชั้นหินโรยทางอาจมีการปนเปื้อนของเศษวัสดุได้มากเช่นกัน การเปลี่ยนหินเฉพาะส่วนในของทางอาจไม่ช่วยให้การระบายน้ำของทางดีขึ้น ดังนั้นจึงควรให้มีการ 1) ไถไหล่ของชั้นหินโรยทางออกและถมหินโรยทางใหม่ตลอดทั้งความกว้างของชั้นหินโรยทางเอง 2) ล้างหินโรยทางบริเวณไหล่ทางด้วย

ในกรณีที่ยกระดับของรางขึ้นไม่ได้ เนื่องจากระยะให้ด้านบนไม่เพียงพอ หรือ ระยะให้ด้านข้างน้อย ไม่สามารถไถไหล่ของชั้นหินโรยทางออกได้ การรื้อแยกหมอนออกจากหินโรยทาง (Skeletonization) อาจทำได้ด้วยการขุดลอกด้านล่าง (Undercut) ด้วยเครื่องจักรเฉพาะ

การเทหินโรยทางสำหรับเติมหรือบำรุงทางนั้นให้ทำตามแนวกึ่งกลางด้านยาวของทาง ลักษณะการเทหินโรยทางนั้นแปรเปลี่ยนได้มากตามชนิดของเครื่องจักรที่ใช้ งาน ยกระดับรางขึ้นด้วยแม่แรงแล้วจึงทำการบดอัดด้วยเครื่องจักร แม่แรงยกทางนั้นอาจเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องอัดหินหรือไม่ก็ได้ ควรหลีกเลี่ยงการบดอัดหินโรยทางด้วยมือ เพราะจะได้ความหนาแน่นของหินโรยทางที่ไม่คงที่ตามความยาว ระยะการยกทางขึ้นเพื่ออัดหินไม่ควรเกิน 10 เซนติเมตร ทั้งนี้เพราะหากมากกว่านั้นจะก่อให้เกิดการทรุดตัวที่มากขึ้นตามมา ข้อพิจารณาระหว่างการอัดหินสำหรับการบำรุงรักษานั้นเหมือนกับกรณีสร้างทางใหม่ กล่าวคือ ชั้นรองหินโรยทางต้องไม่ได้รับความเสียหายจากการทำงานของเครื่องอัดหินบนชั้นหินโรยทางขณะบดอัดทาง



4.7 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมชั้นดินพื้นทาง

4.7.1 การแก้ปัญหาการแทรกตัวและการฉีกของโคลนจากชั้นพื้นทาง

ดินจากชั้นดินพื้นทางสามารถฉีกตัวเข้าไปในช่องว่างของชั้นหินโรยทางได้เนื่องจากน้ำหนักจากการจราจรที่กระทำเข้าไปซ้ำมาเกินไป ดินจำพวกทรายละเอียด ตะกอนทราย ดินเหนียว ดินเหนียวปนทรายเมื่อน้ำหรือค่าความชื้นส่วนเกินมาก ๆ จะกลายเป็นโคลนเหลวและทำให้ฉีกตัวเข้าปนเปื้อนชั้นหินโรยทาง

วิศวกรสามารถพิจารณาควบคุมและขจัดปัญหาการแทรกตัวและการฉีกของโคลนจากชั้นพื้นทางได้โดยวิธีต่อไปนี้

- ก) หมั่นคอยดูแลตรวจสอบ หรือ ปรับปรุงระบบระบายน้ำเพื่อให้ชั้นพื้นทางแห้งอยู่เสมอ การลดระดับน้ำที่ผิวดินหรือระดับน้ำใต้ดินจะช่วยลดแรงดันน้ำภายในชั้นพื้นทาง และทำให้กำลังของดินเพิ่มขึ้น
- ข) ทำความสะอาดหรือเปลี่ยนหินโรยทางที่สกปรกและสร้างชั้นรองหินโรยทางใหม่ให้มีความหนาที่เหมาะสมและสามารถเปลี่ยนทางน้ำไม่ให้ไหลลงไปสู่ชั้นพื้นทางได้ ชั้นรองหินโรยทางควรมีความสามารถในการป้องกันวัสดุจากชั้นพื้นทางและชั้นดินคันทางฉีกหรือเคลื่อนตัวเข้าไปกับชั้นหินโรยทาง ชั้นรองหินโรยทางควรประกอบด้วย การคละขนาดของหินที่เหมาะสมตามที่ระบุในมาตรฐานการออกแบบ ชั้นรองหินโรยทางไม่ควรหนาท่ำกว่า 15 เซนติเมตร และได้รับการบดอัดตามข้อกำหนด ในมาตรฐานการการออกแบบ มขร.004
- ค) เปลี่ยนชั้นพื้นทางส่วนบนและแทนที่ด้วยกำลังวัสดุสูง มีความยืดหยุ่น และแข็งแรงทนทาน เช่น ยางมะตอยคลุกมวลหยาบ หรือ ดินผสมปูนขาว หรือ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ วัสดุทดแทนเพื่อเสริมประสิทธิภาพเหล่านี้ต้องมีความหนาเพียงพอ และเมื่อใช้แล้วสามารถป้องกันการฉีกของโคลนเหลวได้และเมื่อติดตั้งแล้วความสามารถในการระบายออกจากทางยังเป็นปกติ
- ง) ใช้แผ่นทอใยสังเคราะห์ (Geotextile) หรือวัสดุจำพวกสิ่งทอมาวางใต้ชั้นหินโรยทาง หน้าที่หลักของแผ่นทอใยสังเคราะห์ คือ แยกชั้นหินโรยทางและชั้นรองหินโรยทางไม่ให้เข้าไปปนผสมกับชั้นดินพื้นทางและยังช่วยเสริมกำลังของชั้นพื้นทางและลดการแทรกตัวของชั้นหินโรยทางเข้าไปในชั้นพื้นทาง
- จ) ฉีดสารเคมี เช่น น้ำปูน เถ้าลอย หรือ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ เข้าไปภายในชั้นพื้นทางเพื่อเสริมกำลัง ชนิดของสารเคมีและวิธีการฉีดสารเคมีควรทำหลังจากการสำรวจพื้นที่ เก็บตัวอย่าง การทดสอบดินผสมเคมีเหล่านั้นในห้องปฏิบัติการเพื่อพิจารณาว่าสารเคมีใดที่เหมาะสมและเมื่อนำมาใช้ในการเสริมกำลังของดินและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด



- ฉ) ยกระดับของรางและเพิ่มความหนาของชั้นหินโรยทางซึ่งจะทำให้หน่วยแรงหรือความเค้นที่กระจายตัวลงไปยังชั้นดินพื้นทางเบาบางลง

4.7.2 การแก้ปัญหาชั้นดินพื้นทางเคลื่อนตัวในแนวดิ่งและด้านข้าง

ปัญหาการทรุดตัวหรือเสียรระดับของรางแทบทั้งหมดเกิดจากการเคลื่อนตัวของชั้นดินพื้นทางในรูปของการทรุดตัวและการเสียรูปถาวรของวัสดุ การทรุดตัวนั้นอาจเกิดพร้อมกับการฉีกตัวของดินโคลนเหลวขึ้นมายังโครงสร้างส่วนบน อีกสาเหตุหนึ่งคือน้ำหนักจากการจราจรเหนียวทำให้เกิดการพังวิบัติของพื้นทางและดินทะเล่อกออกมาด้านข้างของทางเกิดเป็นการเสียรูปขึ้นในชั้นดิน บริเวณที่พบปัญหาการเคลื่อนตัวดังกล่าว (Soft Spot) มักพบดินพื้นทางที่มีกำลังต่ำและอิ่มตัวไปด้วยน้ำ

น้ำหนักการจราจรของรถไฟที่กระทำเข้าไปมาทำให้แรงดันน้ำในดินเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้กำลังของดินต่ำ ชั้นพื้นทางเกิดการเสียรูปจากการเคลื่อนตัวของดินในแนวด้านข้างที่ไหลทางมากขึ้นเรื่อย ๆ แรงกระทำเข้ายังทำให้ชั้นหินโรยทางจมลงไปในดินมากขึ้น เกิดเป็นกระเปาะซึ่งกักน้ำไม่ให้ออกได้ระบายออกได้จากทางได้

เทคนิคการแก้ไขปัญหาการเคลื่อนตัวของชั้นดินพื้นทางสามารถแบ่งได้เป็น 1) แบบไม่เปิดโครงสร้าง และ 2) แบบเปิดโครงสร้างทางรถไฟ

- ก) แบบไม่เปิดโครงสร้าง หากไม่สามารถเปิดโครงสร้างทางรถไฟมาแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ วิธีการแก้ไขปัญหาการเคลื่อนตัวของดินพื้นทางที่สามารถทำได้มีดังต่อไปนี้
- ทำการปรับปรุงระบบการระบายน้ำที่ผิวดินโดยการสร้างรางระบายน้ำเพื่อการระบายน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น ข้อควรระวังสำหรับวิธีนี้คือต้องระวังการกัดเซาะของชั้นพื้นทางเนื่องจากการไหลของน้ำ
 - ใช้ระบบการระบายน้ำใต้ดินซึ่งมีการติดตั้งอย่างถูกวิธีจะมีประสิทธิภาพมากสามารถระบายน้ำที่จะถูกกักไว้ที่ชั้นดินคันทางออกได้และยังทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของชั้นพื้นทางเพิ่มขึ้นด้วย วิธีการที่แนะนำคือขุดสำรวจจากด้านข้างของทางเข้าไปพร้อมกับติดตั้งทางระบายน้ำที่ถมกรวด (French drain) ซึ่งระบายน้ำได้ดีเข้าไป ควรติดตั้งหรือห่อกรวดส่วนที่ติดกับผิวดินด้วยวัสดุแผ่นทอใยสังเคราะห์ (Geotextile) เพื่อป้องกันดินไหลเข้าไปอุดตันทางระบายน้ำดังกล่าว
 - วิธีหนึ่งที่ช่วยระบายน้ำใต้ดินซึ่งสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือติดตั้งทางระบายน้ำที่ถมกรวด (French drain) ขนานไปกับปลายหมอน และมีระบบท่อน้ำดึงน้ำออกทางด้านข้างของทางเป็นระยะ ๆ
 - ติดตั้งแผ่นทอใยสังเคราะห์ หรือ ตาข่ายเสริมกำลังดิน (Geogrid) ระหว่างการเปลี่ยนหินด้านล่างของทางด้วยเครื่องจักรหรือวิธีอื่น ๆ ที่ไม่ได้รื้อทาง



ทั้งหมดออก หากติดตั้งอย่างเหมาะสมวัสดุเสริมกำลังเหล่านี้จะช่วยจับยึดหินโรยทางและดินพื้นทางให้ขยับตัวลดลง ควรพิจารณาติดตั้งแผ่นทอและตาข่ายเสริมกำลังที่ความลึกราว 20-30 เซนติเมตร นับจากใต้หมอน ความลึกดังกล่าวต้องมากพอที่จะหลีกเลี่ยงความเสียหายต่อวัสดุเสริมกำลังเองจากการซ่อมบำรุงทางด้วยเครื่องจักร

- การเพิ่มกำลังชั้นพื้นด้วยการฉีดสารละลายปูนขาว แกลบ หรือ การฉีดซีเมนต์ เทคนิคนี้สามารถทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคดินถูกเติมเต็มและลดความชื้นในดิน วิธีนี้เป็นการปรับปรุงดินโดยใช้สารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับน้ำในดิน และทำให้ดินแข็งตัว มีกำลังดีขึ้น ควรพิจารณาเลือกใช้วิธีหลังจากได้ทำการสำรวจดินและเข้าใจสาเหตุของปัญหาเป็นอย่างดีแล้ว และหลังจากได้ทดสอบกำลังของดินจากการปรับปรุงด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ วิธีการฉีดสารเคมีไปในชั้นพื้นทางที่เสียเสถียรภาพนั้นได้ผลดีกับดินเหนียว ทรายหรือกรวด และตะกอนทราย วิธีการฉีดสารเคมีใช้ปรับปรุงดินได้จนถึงระดับความลึกประมาณ 12 เมตร อาจมีการพิจารณาฉีดสารเคมีเข้าไปในบริเวณส่วนบนของดินพื้นทาง ซึ่งรับน้ำหนักจากการจราจรที่เข้มข้น
- หากทางรถไฟถูกสร้างอยู่บนคันทางที่แคบ ลาดด้านข้างอาจเสถียรภาพและเกิดการเคลื่อนตัวของดินได้ สาเหตุหลักเกิดจากแรงพยุ่งด้านข้างของลาดมีน้อยเกินไป ในกรณีเช่นนี้สามารถแก้ไขได้โดยก่อสร้างคันดินเสริมที่บริเวณลาดด้านข้างของคันทางหลัก สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่ต้องพิจารณา คือ เมื่อก่อสร้างคันดินเสริมแล้วระบบลาดดินทั้งหลักและเสริมยังต้องระบายน้ำได้เป็นอย่างดี ระดับของคันดินเสริมนั้นควรอยู่ต่ำกว่าชั้นหินโรยทางและชั้นรองหินโรยทาง ทั้งนี้เพื่อให้ น้ำระบายออกจากโครงสร้างทางได้ตามปกติ ความลาดชันของคันดินเสริมนั้นต้องมากพอให้น้ำไหลด้านข้างได้โดยไม่เกิดการกัดเซาะที่ผิวดินด้วยปริมาณที่มากเกินไป

ข) แบบเปิดโครงสร้างทางรถไฟ ในกรณีที่สามารถเปิดโครงสร้างทางรถไฟเพื่อซ่อมบำรุง และสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชั้นพื้นทางได้ บริเวณที่มี Soft Spots และกระเปาะของหินโรยทางที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้ด้วยดังต่อไปนี้

- ปรับปรุงพัฒนาระบบระบายน้ำทั้งบนผิวดินและใต้ดิน ทำรวมกับการขุดดินที่มีปัญหาออก ทำความสะอาดหรือเปลี่ยนหินโรยทางที่ปนเปื้อน ทำการบดอัดดินส่วนซึ่งมาแทนที่ดินเดิมที่มีปัญหาและบดอัดให้เป็นไปตามมาตรฐาน และก่อสร้างชั้นรองหินโรยทางโดยให้เป็นไปตามมาตรฐาน มขร.004



- เมื่อรื้อทางจนถึงถึงระดับต่ำกว่าดินที่มีปัญหาอยู่เดิมและทำการเปลี่ยนและบดอัดวัสดุใหม่ วิศวกรสามารถพิจารณาติดตั้งแผ่นทอใยสังเคราะห์และ/หรือ ตาข่ายเสริมกำลังดิน ระหว่างชั้นหินโรยทางและชั้นพื้นทางหรือระหว่างชั้นรองหินโรยทางและชั้นพื้นทาง แผ่นทอใยสังเคราะห์และตาข่ายเสริมกำลังดินสามารถช่วยป้องกันไม่ให้วัสดุจากชั้นต่าง ๆ แทรกตัวและผสมกันจนเกิดปัญหาของทางขึ้นได้
- การฉีดสารละลายปูนขาว เถ้าลอย หรือ ซีเมนต์ เข้าไปที่ชั้นดินคันทางและชั้นดินฐานราก ร่วมกับวิธีที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ควรพิจารณาเลือกใช้วิธีหลังจากได้ทำการสำรวจดินและเข้าใจสาเหตุของปัญหาเป็นอย่างดีแล้ว และหลังจากได้ทดสอบกำลังของดินจากการปรับปรุงด้วยเคมีชนิดต่าง ๆ จากห้องปฏิบัติการ

4.7.3 การบำรุงรักษาลาดหินตัด

4.7.3.1 หินร่วงตก

เมื่อมีการตัดหินเพื่อก่อสร้างทางรถไฟอาจพบปัญหาหินร่วงตก (Rock Fall) ได้ การคาดเดาลักษณะการตกของหินและการกระเด็นเข้ามาในเขตทางทำได้ยากมาก อย่างไรก็ตามผู้ที่มีการประสบการณ์จะสามารถระบุตำแหน่งที่มีอัตราการตกของหินมากกว่าบริเวณอื่นได้ หินร่วงตกอาจก่อให้เกิดปัญหาสืบเนื่องหลายประการ เช่น อุปสรรคต่อการเดินทางทำให้รถล่าช้ากว่ากำหนดนอกจากนี้อาจก่อให้เกิดความเสียหายทั้งร่างกายและทรัพย์สินของผู้ใช้ทาง

ก) วิธีการแก้ไขปัญหา

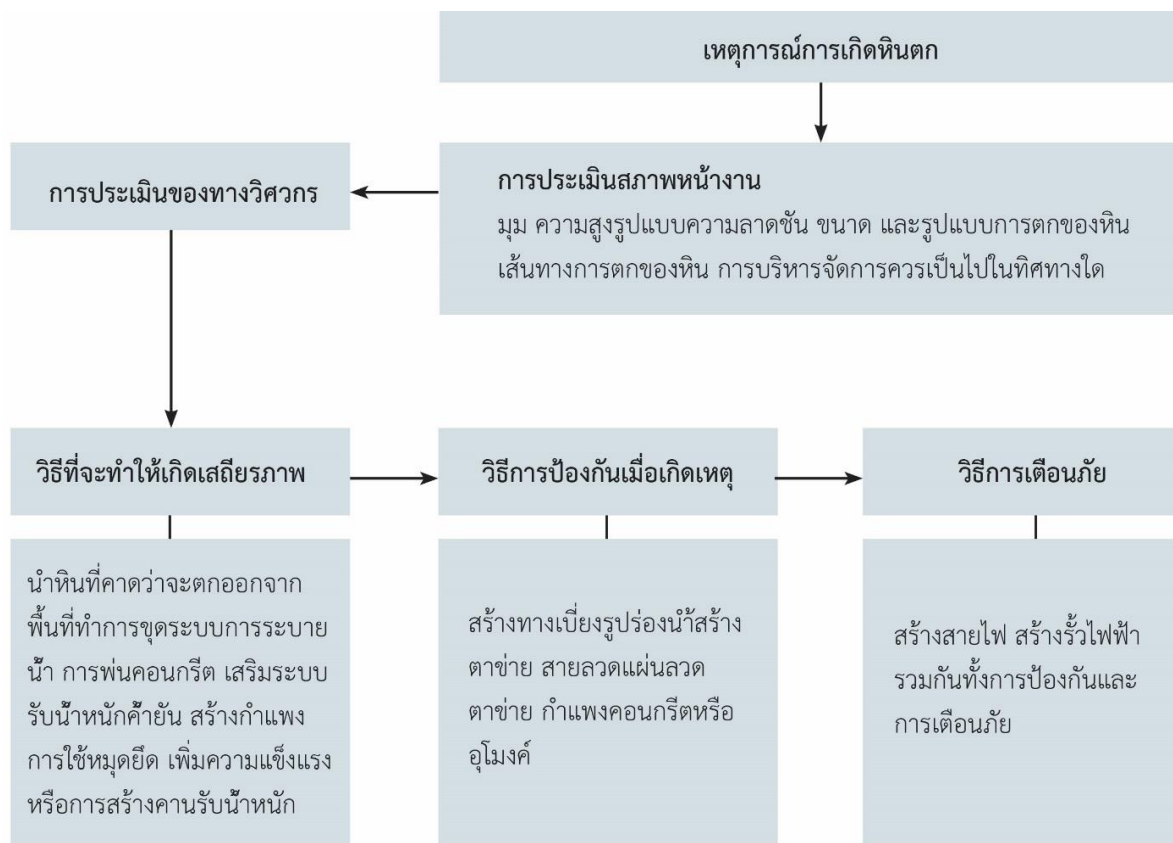
วิธีการแก้ปัญหาหินตกนั้นแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ 1) วิธีป้องกันไม่ให้หินตก และ 2) วิธีป้องกันอันตรายจากหินตก

- ทำการป้องกันมิให้เกิดการเคลื่อนที่ของหินอันไม่พึงประสงค์ เช่น การลดความชัน นำหินที่คาดว่าจะตกออกจากพื้นที่ก่อนและยึดหมุดหรือตะขอกับมวลหินที่อาจเคลื่อนตัวเพื่อเสริมกำลัง
- ป้องกันทางรถไฟเมื่อเกิดเหตุหินตก กล่าวคือ ป้องกันมิให้หินตกเข้ามาในเขตทางอันจะก่อให้เกิดอันตราย และเป็นอุปสรรคต่อการเดินทาง วิธีแนะนำสำหรับปกป้องทางได้แก่ การสร้างตะชาย กำแพงหรือสร้างหลังคากันหิน
- วิศวกรสามารถพิจารณาใช้ป้าย ระบบหรือสัญญาณเตือนภัยตามจุดเสี่ยงที่จะเกิดหินร่วงตกต่าง ๆ



รูปที่ 4-1 แสดงให้เห็นถึงวิธีและกระบวนการจัดการปัญหาหินร่วงหรือตก งานด้านการปรับปรุง รักษา แก้ไขลาดหินเพื่อป้องกันหินร่วงตกควรให้อยู่ในดุลยพินิจของวิศวกรผู้มีประสบการณ์

ควรพิจารณาจดบันทึกวันเวลาและจุดที่เกิดหินร่วงหรือตก และผลกระทบที่มีต่อการเดินรถให้ชัดเจน ข้อมูลที่บันทึกควรรวมถึงการทำความสะอาดร่องค้ำหินข้างทาง ทั้งนี้เพื่อให้การวางแผนแก้ไขปัญหานั้นไปได้อย่างตรงจุดและแม่นยำ



รูปที่ 4-1 วิธีและกระบวนการจัดการปัญหาหินร่วงหรือตก

ข) ติดตามผลการตรวจสอบ

ควรพิจารณาตรวจสอบพื้นที่เสี่ยงที่จะมีหินร่วงตกเป็นประจำโดยผู้มีประสบการณ์ ทั้งนี้เพื่อประเมินความเสี่ยงทางด้านต่าง ๆ การแก้ไขปัญหาและการทำงานที่เกี่ยวข้องกับหินนั้นควรเลือกผู้รับเหมาที่มีประสบการณ์ เข้าใจสภาพเฉพาะของงาน สามารถวางแผนงานและรับมือกับเหตุการณ์ที่คาดไม่ถึงได้



4.7.4 การบำรุงรักษาและซ่อมแซมลาดดินตัด

การพังวิบัติของลาดดินตัดบางครั้งสามารถยับยั้งได้โดยการใส่น้ำหนักเพิ่มไปที่ฐานของลาดดินตัดนั้น ๆ (ลาดดินเสริม) วิศวกรควรตรวจสอบรูปร่างและขอบเขตของการพังวิบัติให้แน่ชัดก่อนกำหนดขนาดของลาดดินเสริม วัสดุที่เหมาะสมในการเพิ่มน้ำหนักที่ฐานของลาดดินนั้นคือการถมด้วยหินซึ่งมีช่องว่างระหว่างอนุภาคมากและไม่กีดขวางทางระบายน้ำ

4.7.4.1 วิธีฟื้นฟูลาดดินตัด

การเลือกใช้วิธีฟื้นฟูลาดดินตัดให้กลับมามีเสถียรภาพนั้นควรอิงจากผลการสำรวจและวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินหลังจากปรับปรุงแล้ว อย่างไรก็ตามมีปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ที่ต้องพิจารณาถึงก่อนเลือกวิธีปรับปรุงลาดดินได้แก่ ความเป็นไปได้ของวิธี ความเหมาะสม และค่าใช้จ่าย วิศวกรอาจใช้เวลาในการพิจารณาเลือกวิธีปรับปรุงอย่างพิถีพิถัน หากระหว่างพิจารณาสามารถเคลื่อนย้ายทางรถไฟออกจากจุดเสี่ยงภัยหรือจุดที่มีปัญหาได้ วิธีการฟื้นฟูลาดดินตัดให้กลับมามีเสถียรภาพ โดยพิจารณาตามตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 วิธีการฟื้นฟูลาดดินตัดให้กลับมามีเสถียรภาพ

วิธีการ	ข้อเสนอแนะ
การลดแรงหรือน้ำหนักที่ทำให้ลาดดินไถล	
1. ขนย้ายดินที่จุดบนสุดของลาดดินออก และลดความชันของลาดดิน	ใช้ได้กับบางกรณี
2. เปลี่ยนเส้นทางการไหลของน้ำผิวดิน เพื่อลดการกัดเซาะผิวและการซึมผ่านของน้ำลงมาในดิน	จัดทำทางระบายน้ำ และเพื่อลดการซึมผ่านของน้ำลงในลาดดินควรคลุมลาดด้วยวัสดุที่ยากต่อการซึมผ่านของน้ำ เช่น แผ่นพลาสติก หรือ ชั้นดินเหนียวบดอัด
3. ลดระดับน้ำภายใต้ลาดดินจากการขุด	การระบายน้ำสามารถทำได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การขุดรูระบายน้ำ การเจาะทางน้ำไหลทั้งในแนวราบและแนวตั้ง
เพิ่มแรงต้านทานการไถลของลาดดิน	
1. การทับหน้าลาดดินด้วยชั้นวัสดุพรุน เช่น กรวด	เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำดินหลุดออกจากลาด ป้องกันการกัดเซาะ



ตารางที่ 4-1 วิธีการฟื้นฟูลาดดินตัดให้กลับมามีเสถียรภาพ (ต่อ)

วิธีการ	ข้อเสนอแนะ
เพิ่มแรงต้านทานการไถของลาดดิน	
2. สร้างคันดินเสริมบริเวณฐานของลาดดินหลัก	เป็นวิธีช่วยป้องกันการไถของลาดดินอย่างมีประสิทธิภาพ คันดินเสริมควรก่อสร้างจากวัสดุที่สามารถระบายน้ำได้ดี ระหว่างก่อสร้างบดอัดคันดินให้แน่น คันดินเสริมที่สร้างขึ้นใหม่ต้องไม่เป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำของระบบทาง (คันทางหลัก)
3. ติดตั้งกำแพงกันดิน	ต้องก่อสร้างกำแพงบนพื้นดินหรือวัสดุฐานรากที่แข็งแรง วิธีนี้อาจมีราคาก่อสร้างสูง
4. ติดตั้งเสาเข็มในแนวตั้งตลอดทางราง	ติดตั้งเสาเข็มลงด้านข้างตลอดช่วงความยาวของทางที่มีปัญหา ความยาวเสาเข็มต้องลึกเพียงพอ และส่วนล่างต้องอยู่ในชั้นดินแข็ง เพื่อให้มีกำลังรับแรงต้านข้างที่สามารถต้านทานการเคลื่อนตัวของลาดดินได้

4.7.5 การขยายพื้นที่ขุด

4.7.5.1 การขยายพื้นที่ขุดในหิน

สำรวจลักษณะเชิงวิศวกรรม และ ธรณีวิทยาเฉพาะของหิน เช่น รอยต่อ และลักษณะการวางตัวของชั้นหิน รอยแตก และรอยที่หินอาจเคลื่อนตัว วางแผนการขุด (หรือ ระเบิด) กล่าวคือ ลาดหินที่ขยายแล้วจะต้องมีรูปทรงทางเรขาคณิตเหมาะสมกับลักษณะทางวิศวกรรม และธรณีวิทยาของหิน ทั้งนี้เพื่อลดการซ่อมแซมบำรุงรักษาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น หินที่มีรอยแยกภายในที่ชั้นอยู่แล้ว ควรได้รับการตัดที่มุมดังกล่าวเพื่อตัดปัญหาการเคลื่อนตัวภายหลัง

ในบางกรณีการบำรุงรักษาลาดหินเดิม ด้วยการเพิ่มเสถียรภาพ หรือการแก้ปัญหา หินร่วงอาจเป็นแนวทางที่ดีกว่าการตัดหินใหม่เข้าไปในบริเวณที่มีเสถียรภาพต่ำกว่า ในกรณีที่ตัดหินใหม่เพื่อขยายเขตทางแล้ววิศวกรควรพิจารณาเพิ่มเสถียรภาพลาดใหม่ และการแก้ปัญหาหินร่วงควบคู่กันไปด้วย

4.7.5.2 การขยายพื้นที่ขุดในดิน

โดยปกติการขยายพื้นที่ขุดทำเพื่อเพิ่มความสามารถในการระบายน้ำของทางเพิ่มเสถียรภาพลาดดิน เพิ่มความง่ายในการบำรุงรักษาลาด หรือเพื่อเป็นแหล่งยืมสำหรับงานถมบริเวณใกล้เคียง ไม่ว่าจะเป็นเพื่อวัตถุประสงค์ใด เมื่อขยายพื้นที่ขุดแล้วการระบายน้ำออกจากทางยังต้องมีประสิทธิภาพที่อยู่ตลอดเวลา



มุมหรือความเอียงของลาดที่เหมาะสมสำหรับการขยายพื้นที่ลาดในดินให้เป็นไปตามข้อกำหนด ในมาตรฐานการออกแบบ (มขร. 004) วิศวกรควรพิจารณาติดตั้งระบบระบายน้ำทางราบออกจากลาดดิน ควรพิจารณาความชันของลาดที่อยู่ในเสถียรภาพบริเวณใกล้เคียงที่มีสภาพเหมือนกับลาดที่กำลังพิจารณาอยู่ประกอบสำหรับการออกแบบความเอียงของลาดใหม่

ในงานขยายพื้นที่ลาดในดิน ควรเสี่ยงการขุดที่ชันเกินไปในทุกกรณี (รวมถึงการขุดแบบชั่วคราวด้วย) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝนและเป็นช่วงที่ระดับน้ำใต้ดินค่อนข้างสูง หากจำเป็นต้องทำการขุดที่ชันอาจพิจารณาใช้เสาเข็มหรือระบบกำแพงกันดินแบบชั่วคราวอื่น ๆ เพื่อรักษาลาดให้อยู่ในเสถียรภาพระหว่างการขุด การขุดผ่านลาดเขา ไม่ควรกองดิน หรือ วัสดุจากการขุดในบริเวณไหล่เขา ทั้งนี้เพราะจะเป็นการเพิ่มน้ำหนักและเหนี่ยวนำให้ลาดดินไถลและพังวิบัติได้

ระบบของรากพืชสามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพของลาดดินและช่วยป้องกันการกัดเซาะได้เป็นอย่างดี ต้นไม้และพืช ช่วยในการระบายน้ำใต้ดินส่วนที่อยู่ติดกับผิวดินออกจากลาด ดังนั้นควรพิจารณาบำรุงรักษา พืชหรือต้นไม้ในบริเวณลาดดินให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยไม่กีดขวางการบำรุงรักษาทางในส่วนอื่น ในลาดที่ตัดใหม่ควรพิจารณาปลูกพืชคลุมดินทันทีทั้งนี้เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของลาดดิน

4.7.6 การควบคุมการระบายน้ำและการกัดเซาะหน้าดิน

4.7.6.1 ร่องระบายน้ำและการระบายน้ำ

การระบายน้ำเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากในการรักษาความมั่นคงของดินพื้นทางราง และท่อระบายน้ำชนิดต่าง ๆ ต้องได้รับการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอเพื่อรักษาความสามารถในการระบายน้ำ กำจัดวัชพืชหรือเศษดินหรือวัสดุอื่นเป็นระยะ ๆ หากไม่นำเศษวัสดุเหล่านี้ออกจะเกิดการอุดตันและทำให้ดินบริเวณเปียกและอมน้ำ ระดับของการแก้ไขปัญหาละดับประมาณที่ใช้จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นการทำความสะอาดและดูแลร่องระบายน้ำและท่อระบายน้ำเป็นประจำสม่ำเสมอจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟแบบมีหินโรยทาง นอกจากนั้นควรดำเนินการดูแลรักษาส่วนประกอบอื่น ๆ ของระบบระบายน้ำ เช่น บ่อพัก โดยนำตะกอนที่สะสมออกอย่างสม่ำเสมอ ควรล้างท่อระบายน้ำในแนวราบและทำความสะอาดตะกอนที่อุดตันอยู่ด้านใน ที่อาจกีดขวางการระบายของน้ำในท่อได้ สิ่งกีดขวางเหล่านี้หากมิได้นำออก อาจทำให้เกิดการสะสมตัวของแรงดันน้ำในท่อและขึ้นดินพื้นทางซึ่งจะนำไปสู่การเสียเสถียรภาพและการพังวิบัติของชั้นโครงสร้างทางดังกล่าวได้



4.7.6.2 การควบคุมการกัดเซาะผิวดิน

การกัดเซาะของพื้นที่ลาดข้างทางรถไฟหรือร่องระบายน้ำเกิดจากการชะล้างของน้ำฝนซึ่งปริมาณและอัตราที่เกิดขึ้นแปรผันโดยตรงกับความชันและความสูงของลาด ส่วนความสามารถทนต่อการกัดเซาะของดินขึ้นอยู่กับกำลังและแรงเชื่อมประสานของเม็ดดินและปริมาณพืชคลุมดิน

ควรพิจารณาก่อสร้างร่องตักน้ำที่ส่วนบนสุดของลาดขอบทางทั้งนี้เพื่อลดปริมาณการไหลของน้ำลงไปในลาดดินซึ่งจะก่อให้เกิดการกัดเซาะที่มาก ความเอียงและความสูงของคันทางควรเป็นไปตามที่ออกแบบอย่างเคร่งครัดและต่อเนื่องออกไปมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อการไหลของน้ำบนไหล่ทางเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

วิธีการป้องกันการกัดเซาะหน้าดินทำได้หลายวิธี ได้แก่ การปรับความชันของลาดให้ลดลง การปลูกพืชคลุมดิน การใช้วัสดุมวลหยาบถมหน้าดิน เป็นต้น

4.7.6.3 การปลูกพืชหรือหญ้าคลุมดิน

วิศวกรสามารถพิจารณาปลูกพืชหรือหญ้าคลุมผิวของลาดดินที่ถูกกัดเซาะขั้นตอนประกอบด้วย ถมดินในร่องที่เกิดจากการกัดเซาะ ใส่ปุ๋ย โรยเมล็ดพืชหรือปลูกหญ้า บำรุงรักษาหวานเมล็ดใหม่หรือปลูกหญ้าใหม่เมื่อจำเป็นจนกว่าต้นพืชจะครอบคลุมพื้นที่ พึงระวังการใช้สารเคมีที่ใช้สำหรับกำจัดวัชพืชในบริเวณทางวิ่งของรถไฟ ทั้งนี้เพราะอาจทำให้พืชที่ปลูกไว้ป้องกันการกัดเซาะบริเวณลาดดินด้านข้างตายได้

การปลูกหญ้าคลุมดินมักจะใช้ในงานที่ต้องการผิวน้ำอย่างเร่งด่วนหรือในงานที่ต้องการความสวยงาม อย่างไรก็ตามแผ่นหญ้าที่ปลูกใหม่อาจเคลื่อนตัวและไหลได้ ดังนั้นอาจพิจารณาใช้หมุดตรึงแผ่นหญ้าและคลุมด้วยตาข่ายบางเพื่อเพิ่มความมั่นคงของชั้นหญ้าคลุมดิน

4.7.6.4 การใช้วัสดุมวลหยาบถมหน้าดิน

วิศวกรสามารถพิจารณาป้องกันการกัดเซาะของผิวของลาดดินได้ด้วยการถมหรือคลุมหน้าด้วยวัสดุมวลหยาบ ในกรณีเช่นนี้ควรบังคับให้น้ำไหลลงตามทางลาดอย่างสม่ำเสมอเท่านั้น กล่าวคือ ไม่กระจุกตัวในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง หากมีร่องในดินที่เกิดจากการกัดเซาะของน้ำพึงหลีกเลี่ยงการถมร่องเหล่านั้นด้วยวัสดุมวลหยาบโดยตรง ทั้งนี้เพราะไม่สามารถป้องกันการกัดเซาะได้ ควรพิจารณาถมร่องเหล่านั้นให้เรียบร้อยด้วยดินเดิมก่อนที่จะถมคลุมด้วยวัสดุมวลหยาบ



การใช้ชั้นกรองเป็นหนึ่งในวิธีการป้องกันการกัดเซาะของผิวลาดดิน เมื่อมีน้ำไหลซึมออกมาจากลาด การไหลซึมดังกล่าวอาจก่อให้เกิดการกัดเซาะของอนุภาคดินในกรณีเช่นนี้การใช้ชั้นกรองที่ได้รับการออกแบบที่เหมาะสมสามารถป้องกันปัญหาดังกล่าวได้ โดยชั้นกรองทำหน้าที่กักดินบนลาดให้อยู่กับที่ในขณะที่อนุญาตให้น้ำไหลซึมผ่านได้ ความหนาของชั้นกรองขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่และมุมเสียดทานภายในของวัสดุชั้นกรองเอง โดยปกติจะพิจารณาใช้วิธีการใช้ชั้นกรองเพื่อช่วยป้องกันการกัดเซาะหน้าดินเมื่อวิธีการปลูกพืชและการปลูกหญ้าคลุมดินไม่เป็นผลสำเร็จ

4.7.6.5 ชั้นกรองแบบแผ่นทอใยสังเคราะห์

การติดตั้งแผ่นทอใยสังเคราะห์สามารถป้องกันการกัดเซาะหน้าดินของลาดได้ แผ่นทอใยสังเคราะห์เหล่านี้ต้องมีช่องเปิดที่เล็กเพียงพอเพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของอนุภาคดินแต่ในเวลาเดียวกันต้องมีความพรุนเพียงพอที่จะให้น้ำไหลผ่านไปได้โดยสะดวก

โดยทั่วไปแผ่นทอใยสังเคราะห์มีสมรรถนะการเป็นตัวกรองที่ดีกว่าชั้นวัสดุมวลหยาบ ทั้งนี้เพราะมีคุณสมบัติที่แน่นอนชัดเจนและไม่เปลี่ยนแปลงไปตามคุณภาพของการก่อสร้างเหมือน เช่น ชั้นวัสดุมวลหยาบ โดยปกติแผ่นทอใยสังเคราะห์ใช้คลุมลาดดินที่มีความสม่ำเสมอ หากมีร่องก็ทำการถมหรืออุดให้เรียบร้อย จากนั้นปูวางแผ่นทอใยสังเคราะห์บนผิวของลาด ให้ซ้อนทับที่ขอบของแผ่นและทำต่อเนื่องไปเรื่อยจากล่างขึ้นบน ใช้หมุดตรึงเป็นระยะ ๆ จากนั้นวางชั้นหินคละขนาด เพื่อกดให้แผ่นทอชิดอยู่กับผิวของลาด แผ่นทอใยสังเคราะห์นี้ต้องมีความทนทานที่ดีเพื่อป้องกันการฉีกขาดจากการวางหินทับเพื่อป้องกันแผ่นเคลื่อนหลุด



4.8 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมแผ่นพื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟ

4.8.1 การประเมินรอยร้าว

เมื่อเกิดรอยร้าวที่มีขนาดมากกว่า 0.2 มิลลิเมตร ขึ้นบนพื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟ ควรมีการซ่อมแซมอย่างเร่งด่วน ก่อนทำการซ่อมแซมควรมีการประเมินหาสาเหตุของการแตกร้าวนั้น หากการแตกร้าวเกิดจากสาเหตุที่ไม่ใช่เกิดจากการสูญเสียกำลังรับน้ำหนักของแผ่นพื้น เช่น การหดตัวจากผิวที่ขาดน้ำ (Drying Shrinkage) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างเป็นวัฏจักร (Thermal Cycling) ให้ทำการซ่อมแซมตามคำแนะนำในหัวข้อที่ 4.8.2 แต่ถ้าหากผลการประเมินพบว่าเกิดจากการสูญเสียกำลังในการรับน้ำหนัก ให้ทำการเสริมกำลังแผ่นพื้นตามหลักการในหัวข้อที่ 4.8.3 เพื่อให้แผ่นพื้นมีกำลังรับน้ำหนักกลับมาในระดับที่ไม่น้อยกว่าเดิม

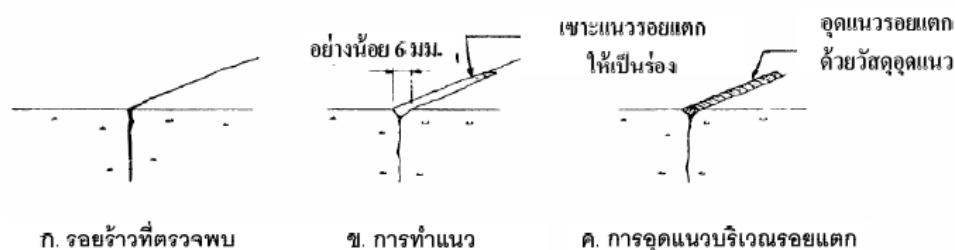
4.8.2 การซ่อมแซมรอยร้าว

ในการซ่อมแซมรอยร้าว นั้น แนะนำให้ซ่อมโดยวิธีการอัดฉีดอีพอกซีเรซิน หรือวิธีการเย็บรอยแตก (Stitching) เพื่อหยุดรอยแตกร้าว นั้น ๆ ได้โดยแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.8.2.1 การซ่อมด้วยอีพอกซีเรซิน

ก) การสกัดคอนกรีตที่เสียหาย และการเตรียมพื้นผิว

การซ่อมแซมรอยร้าวในคอนกรีตจำเป็นต้องสกัดคอนกรีตเดิมที่เสียหายออก เพื่อให้การซ่อมแซมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และควรทำแนวสำหรับการซ่อม โดยการตัดคอนกรีตตามแนวรอยร้าวด้วยเลื่อยหรือ เครื่องมือที่เหมาะสมอื่น ๆ เพื่อเปิดรอยร้าวให้มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการฉีดและปิดด้วยอีพอกซีเรซิน อย่างน้อยควรกว้าง 6 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4-2 ควรทำความสะอาดผิวหน้าของแนวรอยร้าวและปล่อยให้แห้งก่อนการซ่อม



รูปที่ 4-2 การเปิดแนวรอยร้าวเพื่อทำการฉีดอีพอกซีเรซิน



ข) การอัดฉีดด้วยอีพอกซีเรซิน

ทำโดยการอัดฉีดอีพอกซีเรซินที่เป็นของเหลวลงไปบนรอยแตกการอัดสามารถอัดฉีดจากทางผิวด้านนอก (Grouting from Surface) และอัดฉีดภายใน (Interior Grouting) โดยท่ออัดฉีดจะมีขนาด 3 ถึง 6 มิลลิเมตร การติดตั้งยึดฝังทางกลหรือใช้ปูนทาสีไว้กับคอนกรีต เดิมวัสดุประเภทนี้สามารถช่วยให้คอนกรีตมีกำลังรับน้ำหนักได้ดีเหมือนเดิม และสามารถป้องกันการขยายตัวหรือขยายตัวของรอยร้าว แต่ถ้าในอนาคตบริเวณดังกล่าวต้องต้านทานแรงดึงหรือแรงเฉือน รอยร้าวใหม่ก็อาจเกิดขึ้นได้อีกในบริเวณใกล้เคียง รอยร้าวเดิม หากต้องการลดโอกาสในการเกิดรอยร้าวใหม่ ให้ทำการเสริมรอยร้าวด้วยวิธีการเย็บติดในหัวข้อที่ 4.8.2.2 การอัดฉีดด้วยอีพอกซีเรซิน สามารถใช้กับรอยร้าวที่มีขนาดกว้าง 0.05 มิลลิเมตรขึ้นไป สารเคมีประเภทที่แข็งตัวจะยึดเกาะได้ดีกับผิวคอนกรีตที่แห้งสนิท และอาจยึดอีพอกซีเรซิน มีคุณสมบัติการยึดเกาะที่ดีกับพื้นผิวที่แห้งและสะอาด หรือในบางกรณีอาจใช้กับพื้นผิวที่เปียกก็ได้ อีพอกซีเรซินที่ใช้ในงานอัดฉีดรอยแตกต้อง มีคุณภาพตามมาตรฐาน ASTM C-881 Type I หรือ IV, Grade 1, Class B หรือ C เพื่อให้โครงสร้างคอนกรีตกลับมามีกำลังไม่น้อยกว่าเดิม

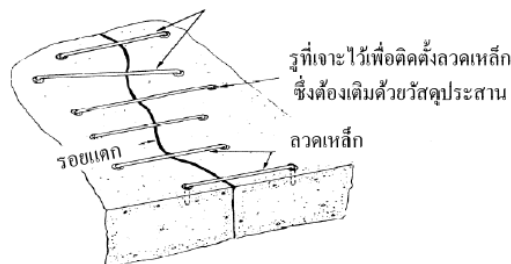
4.8.2.2 การเย็บติด (Stitching)

วิธีการนี้ประกอบไปด้วยการเจาะรูทั้งสองฝั่งของรอยร้าว และติดตั้งเหล็กเสริมหรือลวดเหล็กรูปตัวยู (U) ขาสั้น (Stitching Dog) และอัดด้วยวัสดุเชื่อมประสาน เช่น อีพอกซีเรซิน เป็นต้น โดยให้เหล็กเสริมหรือลวดเหล็กพาดข้ามความกว้างของรอยร้าว ดังแสดงในรูปที่ 4-3 วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถใช้เพิ่มเติมภายหลังการอัดฉีดอีพอกซีเรซินเข้าไปในรอยร้าวแล้ว วิธีการนี้สามารถใช้ได้ในกรณีที่ต้องการรักษากำลังดึงของคอนกรีตในแนวตั้งฉากกับ รอยร้าว วิธีนี้จะส่งผลในการเพิ่มการยึดรั้งในโครงสร้างคอนกรีตซึ่งอาจทำให้เกิดรอยร้าวในบริเวณอื่น ดังนั้นจึงอาจจะจำเป็นต้องเสริมความแข็งแรงของคอนกรีตในบริเวณใกล้เคียงด้วยเสริมเหล็กเพิ่มหรือเทคอนกรีตทับหน้า

ในการเย็บติดจะต้องเจาะรูทั้งสองฝั่งของรอยร้าว และทำความสะอาดรูที่เจาะแล้วจึงติดตั้งเหล็กเสริมรูปตัวยู โดยให้ขาของตัวยูอยู่ในรูที่เจาะแล้วจึงยึดไว้ การจัดระยะของลวดโลหะรูปตัวยู ควรน้อยลงเมื่อเข้าใกล้ปลายของรอยร้าว นอกจากนี้ควรเจาะรูที่ปลายรอยร้าวทุกปลายเพื่อหยุดการร้าวและเพื่อกระจายความเข้มของแรงในบริเวณปลายรอยร้าว หากเป็นไปได้ ควรเย็บรอยร้าว



ทั้งสองด้านของคอนกรีตที่ร้าวเพื่อป้องกันไม่ให้เหล็กเสริมหรือลวดเหล็กงอตัว หรือหลุดออกหากมีการเคลื่อนไหวของคอนกรีตส่วนนั้น



รูปที่ 4-3 วิธีการซ่อมแซมด้วยวิธีการเย็บติด (Stitching)

4.8.3 การเสริมกำลังโครงสร้าง

หากได้ทำการวิเคราะห์โครงสร้างแล้วพบว่า รอยร้าวนั้นเกิดจากน้ำหนักบรรทุกจากการใช้งานเกินกว่ากำลังที่พื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟนั้นจะรับได้ ควรทำการเสริมกำลังให้โครงสร้างพื้นให้มีความรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่าเดิม การเสริมกำลังที่แนะนำให้ใช้เป็นวิธีการเสริมกำลังจากภายนอก (Exterior Reinforcement) การเสริมกำลังจากภายนอกอาจกระทำได้โดยใช้แผ่นเหล็ก คอนกรีตเสริมเหล็ก หรือวัสดุอื่น เช่น คาร์บอนไฟเบอร์ (CFRP) หรือเส้นใยแก้ว (GFRP) ปะกับผิว ภายนอกของโครงสร้างคอนกรีตเดิม วัสดุเสริมกำลังที่เพิ่มเข้าไปนี้อาจถูกหุ้มอีกทีด้วยคอนกรีต คอนกรีตอัด ปูนทราย ปูนพลาสติก สารกันไฟ สารกันน้ำหรือไม่หุ้มด้วยวัสดุอื่นแต่ทาสารเคลือบผิว เพื่อป้องกันการกัดกร่อนก็ได้ วัสดุเสริมกำลัง อาจจะเป็นเหล็กข้ออ้อย ตะแกรงลวด แผ่นเหล็ก หรือวัสดุประกอบอื่น ๆ ของแผ่นพื้นที่เสียหายจากการรับน้ำหนักเกินพิสัย การกัดกร่อน การขีดสี หรือปฏิกิริยา เคมี คอนกรีตส่วนที่ชำรุดเสียหายหรือเสื่อมสภาพ ควรถูกสกัดออกและวัสดุเสริมกำลังใหม่จะถูกติดตั้งโดยรอบแนบติดกับเนื้อคอนกรีตเดิม วัสดุที่เสริมกำลังที่เพิ่มขึ้นนี้จะถูกหล่อให้รวมเป็นเนื้อเดียวกับคอนกรีตเดิมโดยการเทหุ้มด้วยคอนกรีตหรือ คอนกรีตอัด ในกรณีที่ผิวคอนกรีตเดิมอยู่ในสภาพดี วัสดุเสริมกำลังใหม่อาจถูกยึด เข้ากับผิวคอนกรีตโดยตรงหลังจากมีการเตรียมพื้นผิวได้ วัสดุเชื่อมประสานที่ใช้ยึดวัสดุเสริมกำลังเข้ากับคอนกรีตเดิม เช่น อีพอกซีเรซิน หรือสารเชื่อมประสานอื่น เช่น คอนกรีตปอร์ตแลนด์ นอกจากนี้ อาจจะใช้การยึดทางกล เช่น สลักเกลียว ก็ได้ แต่ถ้าหากวิเคราะห์แล้วการเสริมกำลังไม่สามารถทำให้พื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟกำลังกลับมาที่มีความรับน้ำหนักเท่าเดิมได้ ควรมีการเปลี่ยนชิ้นส่วนพื้นคอนกรีตรองรับทางรถไฟใหม่



4.9 งานบำรุงรักษาและซ่อมแซมระบบระบายน้ำ

ไม่ว่าระบบระบายน้ำจะออกแบบและก่อสร้างมาดีเพียงใดก็ตามแต่เมื่อใช้งานไปในระยะเวลาหนึ่ง และขาดการบำรุงรักษา ประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำย่อมลดลงและท้ายที่สุดน้ำที่ไม่สามารถระบายได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจะทำลายโครงสร้างทางรถไฟ ดังนั้นการบำรุงรักษาระบบระบายน้ำอย่างสม่ำเสมอจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและมีอาจหลีกเลี่ยงได้

ปัญหาและผลกระทบที่สำคัญของปัญหาการระบายน้ำบนทางรถไฟคือการอุดตันของระบบระบายน้ำ โดยหลักการน้ำจะต้องระบายออกจากทางรถไฟเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่เมื่อเกิดการอุดตันทั้งระบบระบายน้ำผิวดินและใต้ผิวดิน น้ำมีอาจระบายได้โดยสะดวกและอาจทำให้คันทางรถไฟเสถียรกำลังแบกทานและท้ายที่สุดเสียเสถียรภาพ หรือในกรณีน้ำท่วมน้ำอาจพัดให้ทางรถไฟเสียหายบางส่วนหรือขาดเลยก็เป็นได้ (รูปที่ 4-4) ดังนั้นจึงสามารถที่จะกล่าวได้ว่าระบบระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่สามารถลดค่าการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟและองค์ประกอบอื่น ๆ รวมถึงการให้บริการของรถไฟได้ดีตลอดอายุการใช้งานที่ออกแบบ ดังนั้นเพื่อให้การระบายน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น จึงต้องมีการวางแผนบำรุงรักษาและปรับปรุงทางระบายน้ำเป็นประจำ เนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึงลักษณะหรือปัจจัยที่บ่งชี้ถึงปัญหาการระบายน้ำ ปัญหาโดยทั่วไปและแนวทางแก้ไข และการเตรียมการเพื่อรับมือกับปัญหา



รูปที่ 4-4 ทางรถไฟที่เสียหายจากภัยธรรมชาติ (รูปซ้าย)
และการปรับปรุงระบบระบายน้ำ (รูปขวา)

4.9.1 การระบายน้ำผิวดิน

การระบายน้ำผิวดินโดยหลัก ๆ คือการลำเลียงและระบายน้ำโดยรางระบายน้ำด้านข้าง (รูปที่ 4-5) ส่วนการดำเนินการด้านบำรุงรักษาระบบระบายน้ำอาจสามารถจำแนกหรือรวมเป็นกลุ่มงานต่าง ๆ ได้ดังนี้



- งานการควบคุมวัชพืชหรือหญ้า
- งานป้องกันและเก็บขยะ สวะ หรือเศษวัสดุอื่น ๆ ซึ่งอาจจะมาจากแหล่งอื่น หรือจากการบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟเอง
- งานขุดลอกตะกอน
- งานปรับปรุงความลาดชันของรางระบายน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ



รูปที่ 4-5 รางระบายน้ำด้านข้าง

วัชพืชหรือหญ้าที่ขึ้นตามรางหรือร่องระบายน้ำจะทำให้ความเร็วของการไหลช้าลง ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการตกตะกอน เมื่อเวลาผ่านไปอีกระยะหนึ่งวัชพืชอาจหนาแน่นมากขึ้น การสะสมของตะกอนก็อาจมากขึ้นตามลำดับจนทำให้รางระบายน้ำขาดประสิทธิภาพไปโดยสิ้นเชิง ตัวอย่างเช่น รางดักน้ำบริเวณลาดทางตัดซึ่งมีวัชพืชขึ้นหนาแน่น เมื่อฝนตกหนักน้ำจากลาดเชิงเขาด้านบนอาจไหลล้นรางดักน้ำแล้วไหลเป็นชั้นบาง ๆ ผ่านผิวหน้าของลาดทางตัด ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวจะทำให้เกิดการกัดเซาะผิวหน้าของลาดทางตัดหรืออาจทำให้ลาดทางตัดพังได้ ทั้งนี้ปริมาณน้ำและตะกอนทั้งหมดก็จะไหลสู่รางระบายน้ำด้านข้าง และถ้ารางระบายน้ำด้านข้างมีปัญหาเช่นเดียวกันก็อาจเกิดการไหลล้นรางระบายน้ำด้านข้างทำให้น้ำไหลข้ามทางรถไฟได้ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ที่ต้องป้องกันมิให้เกิดขึ้นตลอดทางรถไฟ การกำจัดวัชพืชหรือหญ้าก็สามารถทำได้โดยใช้แนวทางทั่วไปคือการตัดอยู่เป็นประจำโดยเฉพาะช่วงก่อนฤดูฝนหรืออาจพิจารณาใช้สารเคมีฉีดเพื่อฆ่าหญ้าก็ได้ อย่างไรก็ตามหญ้าที่ขึ้นตามคันทางรถไฟหน้าทางตัด ก็มีประโยชน์เช่นกันคือจะช่วงลดปัญหาการกัดเซาะของหน้าดิน ดังนั้นตรงพื้นที่ดังกล่าวจึงควรปล่อยให้หญ้าขึ้นได้แล้วควบคุมโดยการตัดเพื่อมิให้สูงเกินไปและอาจเป็นแหล่งอาศัยของสัตว์อื่น ๆ เช่น หนู เป็นต้น

หมอนและรางรถไฟเก่าที่ถูกเปลี่ยนออกเนื่องจากอายุการใช้งานไม่ควรวางไว้ข้าง ๆ ทางรถไฟ ควรมีพื้นที่เก็บวัสดุเก่าเหล่านี้ในที่ที่เหมาะสม เพราะหากวางไว้ด้านข้างตลอดแนวทางรถไฟ วัสดุเหล่านี้จะประหนึ่งเป็นคันกั้นน้ำขนาดเล็กทำให้เกิดพื้นที่น้ำขังขนาดเล็กเป็นหย่อม ๆ ซึ่งไม่ควรมีตลอดทางรถไฟ



ตะกอนที่ทับถมตามรางระบายน้ำจะต้องมีการขุดลอกอยู่เสมอ เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณของตะกอน ในกรณีที่ตรวจพบว่ารางระบายน้ำมีตะกอนสะสมมาก อยู่เสมอแสดงให้เห็นว่าความลาดชันของรางระบายน้ำที่ออกแบบน้อยเกินไปทำให้น้ำไหลช้า แนวทางแก้ไขก็ควรพิจารณาออกแบบแก้ไขรางระบายน้ำให้มีความชันมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามสำหรับบางพื้นที่ที่ตรวจพบว่ามี การกัดเซาะรางเนื่องจากความเร็วของการไหลมากก็ควรมีระบบลดความเร็วของการไหลเพื่อป้องกันการกัดเซาะรางเอง เช่น มีการตาดผิวราง เป็นต้น จากลักษณะของงานด้านการบำรุงรักษาระบบระบายน้ำ ผิวดินข้างต้น สามารถสรุปทั้งปัญหาที่พบเจอโดยปกติและข้อเสนอแนะในการแก้ไขได้ ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 สรุปลักษณะและแนวทางบำรุงรักษาระบบระบายน้ำผิวดิน

ประเภทของการระบายน้ำ	ลักษณะปัญหา	แนวทางแก้ไข
รางระบายน้ำด้านข้าง	การท่วมน้ำระบายเนื่องจากวัชพืช	ตัดหรือใช้ยาฆ่าหญ้า
	หมอนรถไฟ รางรถไฟเก่าและอื่น ๆ จากการบำรุงรักษา	ในการซ่อมบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ เช่น หมอน ราง ฯลฯ อาจมีการถอดตัวเก่าทิ้ง ดังนั้นตัวเก่าที่ถอดทิ้งไม่ควรทิ้งไว้ในเขตทางรถไฟควรเคลื่อนย้ายไปเก็บหรือทิ้งที่อื่น
	การตกตะกอนทับถมในรางระบายน้ำ	ลอกตะกอนและควรป้องกันมิให้น้ำดินเกิดการชะล้างตะกอน
	รางทรุดและเสียระดับความลาดชัน	ซ่อมและปรับความลาดชันใหม่
รางดัก	ปัญหาเช่นเดียวกับรางระบายน้ำด้านข้าง	ใช้แนวทางการแก้ปัญหาเดียวกันกับรางระบายน้ำด้านข้าง
	สัตว์ เช่น พวกรูหนู ชูตทำให้รางเสียหาย	กำจัดและอุดรู
	รางมีความลาดชันไม่เหมาะสม	ปรับความลาดชันใหม่
	การกัดเซาะเนื่องจากความเร็วของการไหลเพราะโดยทั่วไปรางดักมักมีความชันมาก	อาจต้องวางโครงสร้างเพื่อลดความเร็วของการไหลหรือปรับความลาดชันใหม่ หรือดำเนินการทั้งสองอย่าง



ตารางที่ 4-2 สรุปลักษณะและแนวทางบำรุงรักษาระบบระบายน้ำผิวดิน (ต่อ)

ประเภทของการระบายน้ำ	ลักษณะปัญหา	แนวทางแก้ไข
รางระบายน้ำออกนอกพื้นที่ พื้นที่อื่น ๆ	การกัดเซาะโดยเฉพาะ ด้านท้ายทางระบายน้ำออก	ปรับความลาดชันของรางใหม่ หรือ ก่อสร้างอาคารกำแพงปากท่อแล้ว เรียงหินทิ้ง
	น้ำท่วมเป็นบ่อเล็ก ๆ	ปรับพื้นที่ให้เรียบและไม่ให้มีวัสดุหรือ วัชพืชกีดขวางการไหล

4.9.2 การระบายน้ำใต้ผิวดิน

สำหรับการดำเนินการด้านบำรุงรักษาระบบระบายน้ำใต้ผิวดินนั้นประกอบด้วย การตรวจสอบ การทำความสะอาดวัสดุอุดตัน การซ่อมแซมท่อ บ่อรวมน้ำหรือบ่อตรวจ และทางระบายน้ำออก



รูปที่ 4-6 บ่อตรวจ

ก) ท่อและบ่อตรวจ

ท่อและบ่อตรวจมักมีปัญหาการอุดตันอยู่เสมอ ไม่ว่าจะเป็นจากหินโรยทาง ขยะ รากวัชพืช เศษทรายหรือหินจากการตกตะกอน หรือแม้แต่ท่อแตก

สำหรับบ่อตรวจจะมีฝาปิดบ่อซึ่งอาจเป็นฝาคอนกรีตหรือเป็นตะแกรงดังแสดง ในรูปที่ 4-6 ก็ได้ การบำรุงรักษาทำได้โดยเปิดฝาบ่อออกแล้วขุดลอกตะกอน หรือขยะอื่น ๆ ออกแล้วขนย้ายไปทิ้งในที่ที่เหมาะสม เครื่องมือที่ใช้โดยทั่วไปคือ พลั่ว (สำหรับบ่อรวมน้ำที่ไม่ลึก) ในกรณีที่บ่อรวมน้ำลึกมากกว่า 2 เมตร การทำความสะอาดโดยใช้พลั่วจะยากลำบากจึงแนะนำให้ใช้เครื่องดูดหรือเป่าล้างแทน โดยทั่วไปควรมีการทำความสะอาดปีละ 2 ครั้ง



การทำความสะอาดท่อระหว่างบ่อตรวจก็สามารถทำได้โดยใช้ท่อนวัสดุที่ยื่นหยุ่นได้ และมีปลั๊กที่หัวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าขนาดท่อเล็กน้อยดันเข้าที่ปลายท่อ ด้านหนึ่งและไปออกที่บ่อรวมน้ำอีกด้านหนึ่ง หรืออาจใช้แรงดันน้ำเป่าล้าง ในการทำความสะอาดก็ได้ อย่างไรก็ตามแรงดันน้ำที่ใช้ไม่ควรแรงมากนักเพราะอาจ ทำให้จุดต่อระหว่างท่อเกิดความเสียหายได้ แต่ในเบื้องต้นสามารถใช้ไฟฉายส่อง ดูก่อนได้ว่ามีเศษขยะหรือการตกตะกอนในท่อหรือไม่ ถ้าไม่มีก็ไม่จำเป็นต้องทำ การทำความสะอาดก็สามารถทำได้เป็นคู่ ๆ ระหว่างบ่อรวมน้ำสองบ่อและท่อ ไปเรื่อย ๆ ตลอดระบบ ตารางที่ 4-3 ได้สรุปลักษณะปัญหาและแนวทางบำรุงรักษา ระบบระบายน้ำใต้ผิวดินเพื่อเป็นแนวทางการทำงานได้รวดเร็วขึ้น อย่างไรก็ตาม การแก้ปัญหาที่ยั่งยืนอยู่กับสภาพจริงของปัญหาซึ่งอาจประยุกต์ใช้แนวทางอื่น ๆ ได้

ตารางที่ 4-3 สรุปลักษณะและแนวทางบำรุงรักษาระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน

ประเภทของการระบายน้ำ	ลักษณะปัญหา	แนวทางแก้ไข
ท่อ บ่อตรวจ แผ่นใยสังเคราะห์ (การระบายน้ำตามยาว)	การอุดตันจากเศษขยะ หินโรยทาง และอื่น ๆ	เก็บออก
	ตกตะกอน	ขุดลอกหรือเป่าล้าง
	กีดเซาะ ท่อแตก	ป้องกันการกีดเซาะหรือต้องออกแบบ แก้ไขเพื่อลดความเร็วของการไหล
บ่อตรวจและฝापิด	ตะกอนทับถมมาก และฝापิดบ่อแตก	ขุดลอกตะกอน ส่วนฝापิดหากเสียหาย มากควรเปลี่ยนใหม่
จุดระบายน้ำออก	กีดเซาะ	ก่อสร้างอาคารป้องกันการกีดเซาะ (กำแพงปากท่อ) หรือลดความเร็วของการ ไหล หรือดำเนินการทั้งสองอย่าง
	อุดตัน (วัชพืชปกคลุม)	ทำความสะอาดและอาจเรียงหินเพื่อ ป้องกันวัชพืชขึ้นในอนาคตซึ่งจะช่วย ป้องกันการกีดเซาะได้ด้วย



ข) จุดระบายน้ำออก

จุดระบายน้ำออกถือได้ว่าเป็นจุดวิกฤติที่สุดของระบบระบายน้ำใต้ผิวดินเนื่องจากน้ำจากระบบทั้งหมดต้องระบายออกผ่านจุดนี้ ปัญหาที่มักเกิดขึ้นและเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำคือวัชพืชขึ้นปกคลุมทางระบายน้ำ การตกตะกอนหน้าทางระบายน้ำ การอุดตันของเศษขยะหรือวัสดุอื่น ๆ ที่ไม่พึงประสงค์หน้าทางระบายน้ำ รวมถึงปัจจัยที่เกิดจากสัตว์หรือกิจกรรมของมนุษย์เอง เพื่อให้จุดระบายน้ำยังคงทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพแนวทางการบำรุงรักษาสามารถทำได้ตามข้อแนะนำในตารางที่ 4-3 และควรจะต้องมีการตรวจสอบจุดนี้น้อยน้อยปีละหนึ่งครั้งโดยควรจะเป็นช่วงก่อนหรือช่วงเริ่มต้นฤดูฝน

ตำแหน่งระบายน้ำออกควรเรียงหินเพื่อป้องกันการกัดเซาะ เนื่องจากในกรณีที่ต้องระบายน้ำในปริมาณที่มาก ความเร็วของการไหลสูง ควรมีการปักป้ายแสดงให้เห็นโดยชัดเจน เพื่อให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทราบว่าจุดระบายน้ำออกอยู่ที่ใด เพื่อประโยชน์ด้านการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ

4.9.3 ปัญหาน้ำท่วมและการกัดเซาะทางรถไฟ

ปัญหาการระบายน้ำในกรณีวิกฤติ เช่น กรณีฝนตกหนักหรือตกติดต่อกันเป็นเวลานานจนทำให้เกิดน้ำท่วม ลักษณะของปัญหาที่พบบ่อยคือการไหลข้ามทางรถไฟแล้วกัดเซาะหินโรยทางรวมถึงการพัดพาโครงสร้างอื่น ๆ

ก) การกัดเซาะหินโรยทางและคันทาง

ในกรณีที่การกัดเซาะและพัดพาหินโรยทางไม่มากนักและไม่อาจสามารถจัดหาหินโรยทางเข้ามาทดแทนส่วนที่น้ำพัดหายไป การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าก็สามารถทำได้โดยการเกลี่ยหินโรยทางบริเวณใกล้เคียงมาชดเชยในส่วนที่น้ำพัดหายไป วิธีการข้างต้นจะส่งผลให้รถไฟสามารถให้บริการได้เป็นการชั่วคราว แต่การแก้ปัญหาหรือการซ่อมถาวรโดยการนำหินโรยทางจากแหล่งอื่น ๆ ที่เตรียมไว้เพื่อการซ่อมก็ควรรีบดำเนินการโดยเร็วที่สุด



รูปที่ 4-7 การซ่อมคันทางรถไฟชั่วคราวที่ถูกน้ำพัดขาด



สำหรับตำแหน่งที่คันทางรถไฟถูกน้ำพัดขาด การซ่อมชั่วคราวเพื่อให้รถไฟสามารถให้บริการได้เป็นการเฉพาะกิจอาจดำเนินการได้โดยนำไม้ซุงหรือหมอนรถไฟเก่าที่ถูกเปลี่ยนออกมาวางเป็นชั้น ๆ ตลอดแนวคันทางที่ถูกน้ำพัดขาดดังแสดงในรูปที่ 4-7 แต่ต้องพึงตระหนักอยู่เสมอว่าวิธีการแก้ปัญหาข้างต้นเป็นกรณีชั่วคราวเท่านั้น โดยจุดที่ต้องระวังมาก ๆ คือ ระดับรางรถไฟต้องอยู่ในแนวระดับเดียวกับระดับรางรถไฟบริเวณใกล้เคียงที่ไม่ถูกน้ำพัดขาด เมื่อเครื่องจักรและวัสดุพร้อมก็ต้องรีบดำเนินการซ่อมแบบถาวรโดยเร็วที่สุด



5. ความปลอดภัยในงานบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

5.1 ความปลอดภัยในงานบำรุงรักษาโครงสร้างทางรถไฟ

ในการเข้าปฏิบัติเพื่อบำรุงทางรถไฟ พนักงานต้องตระหนักถึงความปลอดภัยในการทำงานบนทางรถไฟ ดังนี้

5.1.1 การตระหนักถึงความปลอดภัยในการทำงาน

ให้ผู้ปฏิบัติงานทุกคนนึกถึงความปลอดภัยไว้ก่อน การทำงานด้วยความระมัดระวังและรอบคอบย่อมนำมาซึ่งความปลอดภัยในการปฏิบัติงานไม่ว่าจะเป็นงานชนิดใดให้กระทำด้วยวิธีที่ยังความปลอดภัยที่สุด

5.1.2 หน้าที่สำหรับการรักษาความปลอดภัย

เป็นหน้าที่ของผู้ปฏิบัติงานทุกคนจะต้องช่วยกันรักษาความปลอดภัยของตนเองและเพื่อนร่วมงาน โดยไม่ละเมิดกฎว่าด้วยความปลอดภัย ไม่ว่าจะการละเมิดนั้น ๆ จะส่งผลให้มีผู้ใดได้รับบาดเจ็บอันตรายด้วยหรือไม่ก็ตาม ผู้ปฏิบัติงานที่ฝ่าฝืนละเมิดกฎจะอ้างข้อเท็จจริงที่ว่าผู้อื่นเคยฝ่าฝืนมาแล้วขึ้นเป็นข้อแก้ตัว ไม่ได้เป็นอันขาด

5.1.3 การตระหนักถึงอันตรายและคำเตือน

ผู้ปฏิบัติงานต้องตระหนักถึงอันตรายต่าง ๆ ภายในบริเวณงานของตนและต้องเอาใจใส่ต่อคำเตือนให้ระวังอันตรายที่แจ้งไว้ไม่ว่าจะเป็นด้วยวาจา ลายลักษณ์อักษร แสงสัญญาณ เครื่องหมาย หรือโดยประกาศ

5.1.4 การแก้ไขกระบวนการที่ยังพบว่าบกพร่อง

ถ้าผู้ปฏิบัติงานเห็นว่าวิธีการหรือการปฏิบัติงานอย่างอื่นอย่างใดมีข้อบกพร่องซึ่งอาจก่อให้เกิดภัยอันตรายขึ้นได้แล้วต้องพยายามแก้ไขเสียให้ถูกต้อง พร้อมทั้งแจ้งให้ผู้บังคับบัญชาทราบทันที

5.1.5 ความหวาดกลัวต่ออันตราย

ผู้ปฏิบัติงานคนใดที่ทำงานหรือได้รับมอบหมายให้ไปทำงานอันอาจเกิดอันตรายได้หากมีความรู้สึกหวาดกลัวและไม่สามารถหักห้ามหรือขจัดความหวาดกลัวให้หายไปได้ให้ผู้ปฏิบัติงานนั้นรีบแจ้งหัวหน้างานหรือผู้บังคับบัญชาทราบโดยทันที

5.1.6 การสัญจรไปมาผ่านรถ

ในการเดินทางไปและกลับจากสถานที่ทำงานห้ามมิให้ผู้ปฏิบัติงานปีนข้ามหรือลอดใต้รถไม่ว่ารถนั้นหยุดอยู่กับที่หรือกำลังเคลื่อนที่และถ้าช่องว่างระหว่างหัวต่อรถมีระยะไม่ถึง 3 เมตร ห้ามเดินผ่านช่องระหว่างรถตอนนั้นเป็นอันขาด แห่งใดที่ทางการได้จัดทำทางเดินไว้ให้โดยเฉพาะให้ใช้ทางนั้นเป็นทางเดินผ่านไป



5.1.7 การห้ามขว้างปาสิ่งของหรือหยอกล้อกัน

ห้ามมิให้ผู้ปฏิบัติงานขว้างปากันด้วยเครื่องมือหรือสิ่งของอื่น ๆ หรือหยอกล้อเล่นกัน ในระหว่างปฏิบัติงานทั้งนี้ เพราะการกระทำดังกล่าวอาจนำมาซึ่งความไม่ปลอดภัย

5.1.8 ความสามัคคีและร่วมมือกัน

การมีความสามัคคีกัน การมีนิสัยเป็นคนไม่ประมาท การปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวัง รอบคอบ ตั้งอกตั้งใจ และการร่วมมือกันทำงานด้วยความยินดีและเต็มใจ ถือเป็นสิ่งสำคัญ สำหรับความปลอดภัยในงาน

5.1.9 การได้รับบาดเจ็บ

ผู้ปฏิบัติงานคนใดได้รับบาดเจ็บจะมากหรือน้อยก็ตาม ต้องแจ้งให้หัวหน้างาน หรือผู้บังคับบัญชาทราบทันที

5.1.10 ความพร้อมของเครื่องมือ เครื่องจักร

ผู้ปฏิบัติงานต้องแน่ใจแล้วว่าเครื่องจักร เครื่องมือ เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่ตนจะต้องใช้นั้น อยู่ในสภาพดีเรียบร้อยและเหมาะสมแก่การใช้งาน

5.1.11 การกระทำที่เสี่ยงอันตราย

ผู้ปฏิบัติงานต้องไม่นำตนเองเข้าเสี่ยงอันตราย อาทิเช่น กระโดดขึ้นหรือลงจากรถจักร รถพ่วง หรือขบวนรถที่กำลังแล่นอยู่

5.1.12 การสังเกตขบวนรถ

ผู้ปฏิบัติงานต้องสังเกตขบวนรถต่าง ๆ อย่างถ่วงถ่วง และถ้าพบเห็นสิ่งใดอาจก่อเหตุ อันตรายขึ้นได้ต้องแสดงอาณัติสัญญาณให้พนักงานขบวนรถทราบหรือแจ้ง ต่อนายสถานีหรือพนักงานควบคุมการเดินรถ ณ สถานีที่ใกล้ที่สุด หัวหน้าคนงาน ต้องแบ่งแยกคนงานในหมู่ของตนเพื่อคอยสังเกตการณ์ทั้งสองด้านของขบวนรถที่ผ่าน

5.1.13 การระมัดระวังขบวนรถ

ขบวนรถอาจมีเดินไม่ว่าเวลาใด หรือขึ้นล่องในทางใดก็ได้โดยผู้ปฏิบัติงานไม่ทราบ ฉะนั้นให้ใช้ความระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุ

5.1.14 การห้ามมิให้ไขกุญแจยี่ดรางลิ้น

ห้ามมิให้ไขกุญแจยี่ดรางลิ้นในทางสายประธานขณะขบวนรถกำลังเข้าสู่หรือกำลังผ่าน สถานีผู้ปฏิบัติงานทุกฝ่ายต้องยืนอยู่ห่างจากประแจทางหลักไม่น้อยกว่า 5 เมตร เพราะอาจได้รับอันตรายจากอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในการใช้ประแจ หรือความบกพร่องของตัวประแจนั้น



5.1.15 ความรู้เข้าใจถึงวิธีปฏิบัติ

ในการยกรางหรือเคลื่อนย้ายรางเหล็ก ไม้หมอน หรือวัสดุต่าง ๆ ผู้ปฏิบัติงานต้องเข้าใจถึงวิธีปฏิบัติโดยแน่ชัดเพื่อป้องกันอุบัติเหตุหรือการบาดเจ็บ

5.1.16 การกลบหลุมหรือร่อง

หลุมหรือร่องที่ขุดไว้ตามบริเวณทางรถไฟ จะต้องกลบดินเสียให้เสร็จภายในเวลากลางวัน แต่ถ้าไม่สามารถทำเช่นนั้นได้ จะต้องจัดการป้องกันให้เรียบร้อย

5.1.17 ตำแหน่งยืนบนขบวนรถ

ผู้ปฏิบัติงานที่มีหน้าที่ขึ้นไปบนขบวนรถสินค้าหรือขบวนรถงาน ต้องอยู่ตอนกลางรถ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่จะพึงได้รับ

5.1.18 การยืนอยู่บนวัสดุที่บรรทุก

ห้ามผู้ปฏิบัติงานขึ้นไปอยู่บนวัสดุที่บรรทุกอยู่บนรถเทรลเลอร์ และขณะที่ทำการลงหิน ถมทาง ดินมูลเก่า ฯลฯ จากรถเทรลเลอร์หรือบนรถบรรทุกอื่น ๆ ผู้ปฏิบัติงานต้องไม่ยืนอยู่บนสิ่งบรรทุกเหล่านั้น

5.1.19 การสวมแว่นป้องกัน

การทำงานบำรุงทางที่ใช้เหล็กสกัด หรืองานที่อาจได้รับอันตรายจากสะเก็ด ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมแว่นที่ทางการกำหนดให้ ผู้อื่นที่ไม่เกี่ยวข้องต้องอยู่ห่างพอที่จะไม่ได้รับบาดเจ็บจากสะเก็ดกระเด็นมาถูก

5.1.20 การสกัดแป้นควงออกจากสลักเกลียว

ในการสกัดแป้นควงออกจากสลักเกลียวในทางต้องระมัดระวังมิให้กระเด็นไปถูกผู้อื่นได้

5.1.21 การยืนให้ห่างจากตัวรถเมื่อมีขบวนรถผ่าน

เมื่อจะมีขบวนรถผ่านผู้ปฏิบัติงานต้องไปยืนให้ห่างพอพ้นอันตราย เพราะถ้ายืนชิดทางรถไฟประตูลูกหรือหิน หรือสิ่งบรรทุกอื่น ๆ อาจหล่นถูกได้ ผู้ปฏิบัติงานต้องไม่ยืนในทางรถไฟนอกจากมีงานต้องปฏิบัติโดยเฉพาะ

5.1.22 การเดินป้ายตรวจทางรถไฟ

คนเดินป้ายตรวจทาง ยามหรือผู้อื่นใดที่มีหน้าที่ต้องเดินบนทางรถไฟที่มีมากกว่า 1 ราง ขึ้นไป ถ้าสามารถทำได้ต้องเดินสวนทางรถและระมัดระวังขบวนรถที่เดินอยู่ทั้งขึ้นและลง และถ้าอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถมองเห็นขบวนรถที่จะมาได้ เนื่องจากมีพายุ หมอก รถจักร รถพ่วง หรือสิ่งอื่น ๆ ที่บังรถอยู่บริเวณริมทางก็ตาม ต้องใช้ความระมัดระวังเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ



5.1.23 การเกาะปีนป้ายบนเครื่องจักร

ห้ามมิให้ผู้ปฏิบัติงานขึ้นเกาะไปบนเครื่องปั้นจั่น เครื่องขุดดิน หรือรถที่บรรทุกเครื่องกลเหล่านี้นอกจากมีหน้าที่

5.1.24 การเกาะปีนป้ายบนรถ

ห้ามมิให้ผู้ปฏิบัติงานขึ้นเกาะบนรถจักร รถพ่วง หรือเครื่องจักรที่เคลื่อนที่ได้ทุกชนิดนอกจากมีหน้าที่

5.1.25 การขึ้นหรือลงรถที่ตนใช้ปฏิบัติงาน

ในการขึ้นหรือลงรถที่ตนใช้ปฏิบัติงานซึ่งจอดอยู่ในทางหลักชิดกับทางประธาน ผู้ปฏิบัติงานต้อง ไม่ใช้ประตูท้ายรถหรือประตูข้างรถด้านตรงข้ามกับทางประธาน ถ้าสามารถทำได้ ในขณะรถวิ่งต้องปิดและใส่สลักประตูลดตายตาข่ายให้มั่นคง

5.1.26 การเก็บกองวัสดุ

วัสดุต่าง ๆ ต้องเก็บกองไว้ให้เรียบร้อยในลักษณะปลอดภัยและต้องไม่ล้ำโครงสร้าง

5.1.27 การโยนเครื่องมือเครื่องใช้หรือวัสดุ

ห้ามโยนเครื่องมือเครื่องใช้หรือวัสดุใด ๆ ออกจากรถเว้นเสียแต่จะทราบแล้วว่าการกระทำเช่นนั้น ไม่มีอันตราย

5.1.28 การเก็บเครื่องมือ

เครื่องมือทุกชนิดต้องเก็บไว้ให้เรียบร้อยและปลอดภัย เช่น ขงหนักต้องวางข้างล่าง และของแหลมคมต้องเก็บไว้ในหีบห่อ หรือในราวเก็บเครื่องมือ

5.1.29 แม่แรงยกราง

แม่แรงยกรางต้องใช้ทางด้านนอกของรางเสมอไป แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ต้องเตรียมธงสัญญาณไว้ป้องกัน

5.1.30 การใช้เครื่องป้องกันอันตราย

ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้เครื่องป้องกันอันตรายในการปฏิบัติงาน เช่น แว่นตาสำหรับป้องกันเศษเหล็กกระเด็น เป็นต้น ที่ทางการได้จัดไว้ให้โดยเฉพาะ

5.1.31 ความสูงของสายพาดผ่านทางรถไฟ

สายโทรเลขโทรศัพท์ ฯลฯ ที่ซึ่งผ่านทางรถไฟ ต้องรักษาระดับให้สูงตามมาตรฐานเสมอ

5.1.32 บริเวณใต้รถ

ห้ามมิให้ผู้ปฏิบัติงานอาศัยนั่งหรือนอน หรืออาศัยผ่านลอดใต้รถ



5.1.33 การจับต้องไม้หมอนหรือไม้อื่น ๆ ชนิดอาบนํ้ายา

เมื่อจับต้องไม้หมอนหรือไม้อื่น ๆ ชนิดอาบนํ้ายา ห้ามใช้มือขยี้ตาหรือลูบหน้าก่อนล้างมือให้สะอาด

5.1.34 การห้ามนำไม้หรือวัตถุมาทำเครื่องนํ้าร้าน

ไม้เนื้อแข็งหรือวัตถุที่ชำรุด จะนำมาใช้ในการทำเครื่องนํ้าร้านไม่ได้ และก่อนจะใช้บันได เชือกและรอกจะต้องตรวจตราว่าไม่ชำรุดและอยู่ในสภาพที่ดี

5.1.35 การเผาหญ้าวัชพืชข้างทาง

ในการเผาหญ้าวัชพืชข้างทาง ต้องเผื่ออยู่จนกว่าไฟจะดับหมดแล้วหรือไฟจะไม่ลามต่อไปอีกได้ และในการเผาไม้หมอนเก่าและขยะมูลฝอย จะต้องเตรียมการป้องกันไว้มิให้ไฟลุกลามไปทำลายทรัพย์สินของการรถไฟฯ หรือของผู้อื่นขึ้นได้

5.1.36 การห้ามวางสิ่งของในบริเวณต่าง ๆ

ในย่านสถานี บริเวณโรงงาน และสถานที่ทุกแห่ง ห้ามมิให้วางหรือเก็บกองสิ่งของใด ๆ ไว้ในที่ที่อาจเกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานได้วัสดุที่ใช้ไม้หมอนให้เก็บกองไว้ให้เรียบร้อย เศษวัสดุ เช่น หิน ดิน ฯลฯ ต้องเก็บกวาดให้เรียบร้อยทันที พื้นดินตามทางที่เป็นหลุมเป็นบ่อต้องกลบให้หมด

5.1.37 การเข้าใจข้อปฏิบัติการใช้รถบำรุงทาง

ผู้ปฏิบัติงานที่ใช้รถบำรุงทางทุกชนิดจะต้องเข้าใจและปฏิบัติตามกฎข้อบังคับและระเบียบการเดินรถ ที่วางไว้

5.1.38 การห้ามวางเครื่องมือบำรุงทาง

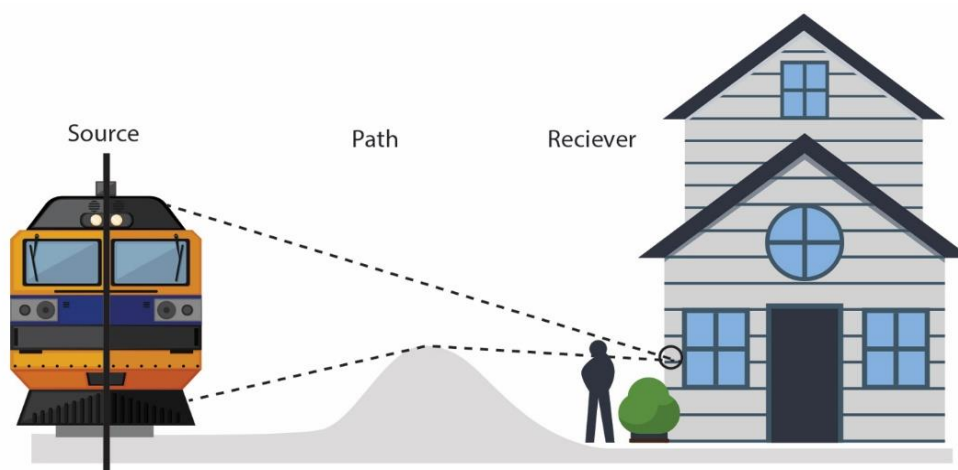
เครื่องมือที่ใช้ในการบำรุงทาง รถบำรุงทาง หรือวัสดุอื่น ๆ ห้ามวางไว้บนชานชาลาสถานี หรือใกล้ทางเดิน หรือทางผ่าน ซึ่งอาจมีคนสะดุดล้ม



6. การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม

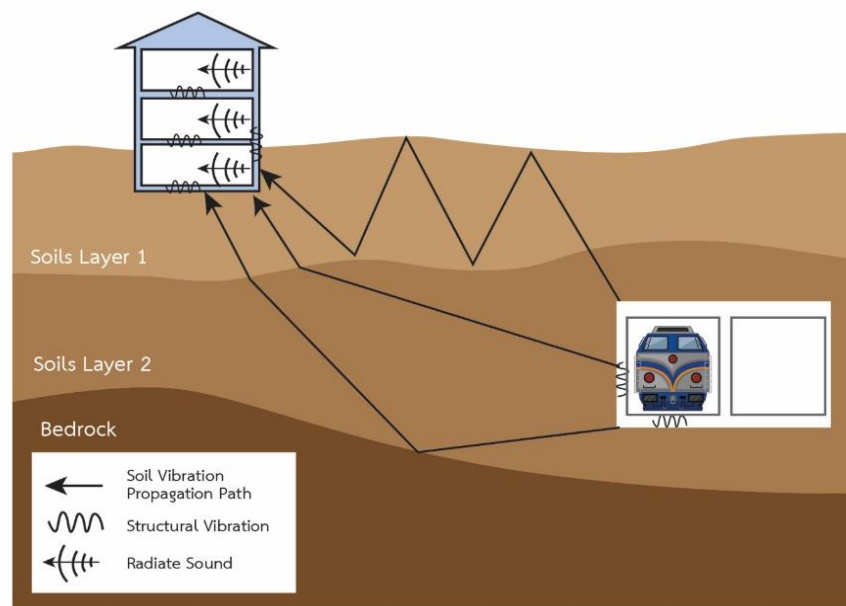
6.1 การควบคุมเสียงดังและการสั่นสะเทือน (Noise and Vibration Control)

เสียงดังจากการเดินรถไฟนั้นมาจากแหล่งกำเนิดหลายแหล่ง (Source) ซึ่งแต่ละชนิดจะมีอิทธิพลต่อการเกิดเสียงดังโดยรวมและส่งผลกระทบต่อผู้รับ (Receiver) ที่อยู่ในบริเวณ โดยการส่งผ่านทางอากาศ (Path) ดังแสดงได้ในรูปที่ 6-1 แหล่งกำเนิดเสียงดังเหล่านั้น อาจจะมาจากการสัมผัสกันระหว่างตัวรถไฟและรางรถไฟในระหว่างการเดินรถไฟ และการเบรกรถไฟ รวมถึงเสียงดังที่เกิดจากตัวรถไฟที่วิ่งผ่านอากาศที่ความเร็วสูงและเสียงดังที่เกิดจากเครื่องยนต์ต้นกำลังและพัดลมระบายอากาศของรถไฟ



รูปที่ 6-1 ลักษณะการส่งผ่านเสียงดังจากแหล่งบนทางรถไฟไปสู่ผู้รับ

ส่วนการสั่นสะเทือนนั้นจะเกิดการส่งผ่านทางพื้นดินเมื่อมีการเดินรถไฟผ่านพื้นที่ ความแรงของการสั่นสะเทือนนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพล้อและราง รวมถึงสภาพของทางรถไฟด้วย ซึ่งในบางกรณีอาจเกิดความรุนแรงเมื่อมีการสั่นพ้องเกิดขึ้นในอุปกรณ์ของล้อและรางทำให้มีการส่งผ่านพลังงานในรูปของคลื่นการสั่นสะเทือนผ่านชั้นหินและดินในบริเวณนั้นไปสู่อาคารบ้านเรือน บริเวณใกล้เคียง โดยส่งผลให้อาคารบริเวณใกล้เคียงนั้นเกิดการสั่น หรือมีเสียงดัง สร้างความไม่สะดวกสบาย และบางครั้งถ้ามีการสั่นพ้องรุนแรงอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือนในบริเวณนั้น ๆ ด้วย



รูปที่ 6-2 การส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากแหล่งกำเนิดในรูปของคลื่นไปสู่อาคารบ้านเรือนผ่านชั้นดินและหิน

6.1.1 มาตรการควบคุมเสียงดังและการสั่นสะเทือนทั่วไป

โดยการใช้มาตรการลดหรือป้องกันเสียงดังจากแหล่งกำเนิดจะประกอบไปด้วย

- ก) การใช้ดิสเบรกส์แบบใหม่ที่ไม่เป็นโลหะซึ่งสามารถลดระดับเสียงดังจากล้อเลื่อนลงได้ 8-10 เดซิเบล เปรียบเทียบกับการใช้ดิสเบรกส์แบบเหล็ก ซึ่งยังสามารถลดการสึกกร่อนของล้อและรางได้ด้วย
- ข) การลดค่าความขรุขระของผิวทางรถไฟโดยการบำรุงรักษาล้อและรางรถไฟเป็นประจำ
- ค) พิจารณาเปลี่ยนการใช้รางเชื่อมแบบเดิมมาเป็นรางเชื่อมยาว (CWR)
- ง) การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมเสียงที่แหล่งกำเนิด เพื่อลดการเกิดเสียงดัง เช่น การติดตั้งฝาครอบเครื่องยนต์และที่ครอบท่อไอเสียสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล
- จ) การติดตั้งแผ่นกันเสียงที่ล้อรถไฟ

ตำแหน่งของพื้นที่อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อ เสียงดังและการสั่นสะเทือนควรจะมีการพิจารณาเพื่อระบุไว้ในการออกแบบเส้นทางรถไฟ การก่อสร้างเส้นทางรถไฟและการเดินรถไฟ เช่น การติดตั้งกำแพงกันเสียงในเขตที่อยู่ใกล้แหล่งชุมชนหรืออาคารสถานที่พักอาศัย



6.1.2 มาตรการควบคุมเสียงดังในการทำงานบนทางรถไฟ

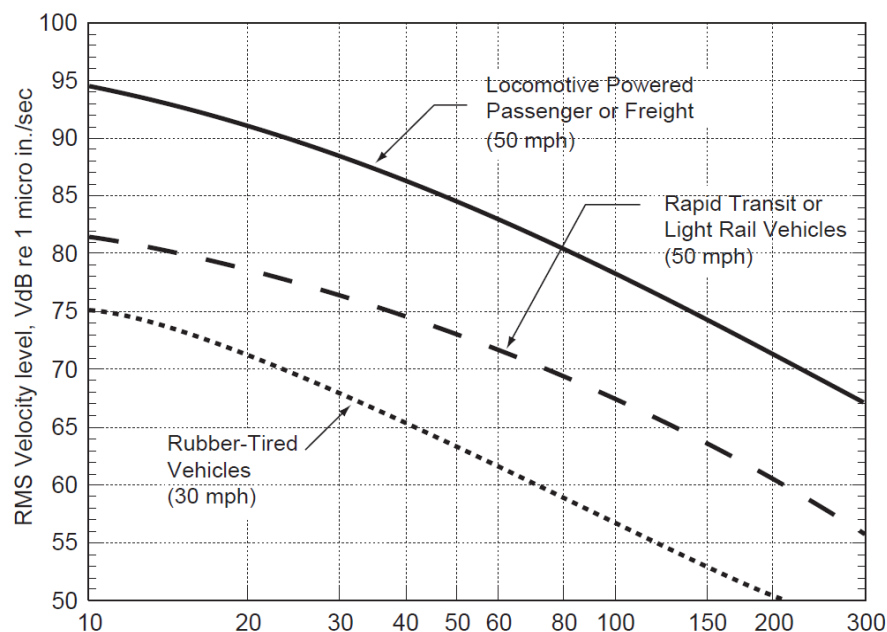
ในส่วนของการทำงานบนทางรถไฟ พนักงานอาจจะได้รับผลกระทบจากเสียงดังของหัวรถจักร ตั๋วรถไฟ และเครื่องจักร ในระหว่างเข้าทำงาน รวมถึงการได้รับผลกระทบจากแรงกระแทกและแรงสั่นสะเทือนใกล้เคียง ซึ่งสามารถกระทำได้นี้

- ก) ใช้ระบบปรับอากาศในห้องพนักงานขับเพื่อลดผลกระทบจากลมและเสียงดังภายนอก
- ข) ปรับหม้อลมเบรกให้เหมาะสมเพื่อลดเสียงดังช่วงทำการเบรก
- ค) สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงดัง
- ง) หลีกเลี่ยงการเข้าไปในบริเวณที่เครื่องจักรที่มีการกระแทกกำลังทำงาน

6.1.3 มาตรการในการควบคุมการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการเดินรถไฟ

การควบคุมการสั่นสะเทือนสามารถทำได้โดยการตรวจสอบการส่งผ่านการสั่นสะเทือนเบื้องต้น โดย

- ก) วัดแรงสั่นสะเทือนจากจุดศูนย์กลางของทางรถไฟเป็นระยะ ๆ ไปจนถึงบริเวณอาคารบ้านเรือนในบริเวณใกล้เคียงดังแสดงได้ในรูปที่ 6-3



รูปที่ 6-3 ตัวอย่างผลการวัดการสั่นสะเทือนจากจุดศูนย์กลางของทางรถไฟไปสู่ระยะรัศมีรอบทางรถไฟ



ข) ทำการปรับปรุงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากแหล่งกำเนิดได้ดังนี้

- การวิ่งรถไฟในความเร็วที่ลดลง 16 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะสามารถลดการสั่นสะเทือนลงได้ 1.9 เดซิเบล
- การปรับปรุงค่าความแข็งของช่วงล่างของรถไฟให้ยึดจะช่วยลดการสั่นสะเทือนได้ถึง 8 เดซิเบล
- การบำรุงรักษาสภาพล้อมีให้สึกหรอหรือแบนจะช่วยลดการสั่นสะเทือนลงได้ 10 เดซิเบล
- ปรับปรุงสภาพรางและการเชื่อมจะช่วยลดการสั่นสะเทือนได้กว่า 15 เดซิเบล

ค) ทำการปรับปรุงตัวกลางส่งผ่านการสั่นสะเทือนได้ดังนี้

- (1) พื้นดินและชั้นหินใต้ดินบริเวณรอบ ๆ ทางรถไฟจะส่งผ่านการสั่นสะเทือนได้สูงกว่า 10 เดซิเบล ดังนั้นการใช้แผ่นรองรางจะช่วยลดการสั่นสะเทือนได้สูงถึง 10 เดซิเบล
- (2) การปรับปรุงฐานรากของอาคารก็ส่งผลให้ตัวอาคารเกิดการสั่นสะเทือนได้กว่า 13 เดซิเบล

ง) ทำการปรับปรุงตัวแปรรับการสั่นสะเทือนได้ดังนี้

- (1) การปรับปรุงพื้น ผนัง และประตูหน้าต่างจะช่วยลดการสั่นสะเทือนจากการสั่นพ้องลงได้กว่า 6 เดซิเบล

6.2 มลพิษ (Pollution)

6.2.1 มลพิษทางอากาศ (Air Pollution)

เครื่องยนต์หัวรถจักรอาจเป็นสาเหตุสำคัญของมลพิษทางอากาศในเขตเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณใกล้เคียงกับย่านจตุรถไฟ ทั่วโลกประมาณร้อยละ 60 ของรถไฟโดยสาร และร้อยละ 80 ของรถไฟบรรทุกสินค้าถูกขับเคลื่อนด้วยหัวรถจักรดีเซลที่สามารถปล่อยก๊าซจากการเผาไหม้ (IFC, 2007) ได้แก่ ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และฝุ่นละออง (PM) ซึ่งทั้งสองอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสาธารณสุข รวมถึงก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ โอโซน และคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน) การขนส่งและการเคลื่อนย้ายวัสดุเม็ดแห้ง เช่น แร่ธาตุ และธัญพืช อาจทำให้เกิดการปลดปล่อยฝุ่น ในขณะที่การจัดเก็บและเคลื่อนย้ายเชื้อเพลิงหรือสารระเหยง่ายอาจส่งผลให้เกิดการปล่อยชั่วขณะ

ข้อปฏิบัติที่ดีที่สุดในปัจจุบันเพื่อป้องกัน ลด และควบคุมการปล่อยก๊าซต้องใช้ขั้นตอนการบริหารจัดการเชิงรุกเพื่อควบคุมการปลดปล่อยอากาศเสียในบริเวณพื้นที่ที่มีความอ่อนไหว บางสถานียปลายทางและสถานีคลังสินค้าการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า



บนขบวนขบวนจะช่วยลดการใช้กำลังเครื่องยนต์ได้มาก สำหรับรถไฟรุ่นใหม่ที่มีการควบคุมปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสามารถทำได้ดีขึ้นสามารถถูกระบุรวมไว้ในข้อกำหนดการออกแบบ รวมถึงการปิดเครื่องยนต์ได้เองโดยอัตโนมัติหลังจากระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นขั้นตอนการบริหารจัดการเชิงรุกที่สามารถช่วยลดเหตุรำคาญจากการปล่อยอากาศเสีย การลดเสียงรบกวน รวมถึงการอนุรักษ์พลังงาน (ORR, 1994) มีดังต่อไปนี้

- ก) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าคนขับรถไฟได้ตระหนักถึงพื้นที่ที่อ่อนไหวต่อการปล่อยอากาศเสีย
- ข) ตรวจสอบให้แน่ใจว่ามีขั้นตอนของการบำรุงรักษาที่สามารถวินิจฉัยและแก้ไขปรับปรุงเครื่องยนต์ทำงานผิดปกติซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้เกิดการปล่อยอากาศเสียมากเกินไป
- ค) ตรวจสอบให้แน่ใจว่ามีการจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อช่วยลดเหตุรำคาญจากการปล่อยอากาศเสียในบริเวณพื้นที่ที่มีความอ่อนไหว เช่น ระยะเวลาช่วงจอดนิ่งสูงสุดบริเวณสถานีรถไฟ สถานีคลังสินค้า และป้ายหยุดรถไฟ
- ง) ตรวจสอบการจัดหาแหล่งจ่ายไฟบนขบวนขบวน ณ สถานีคลังสินค้า และสถานีปลายทาง

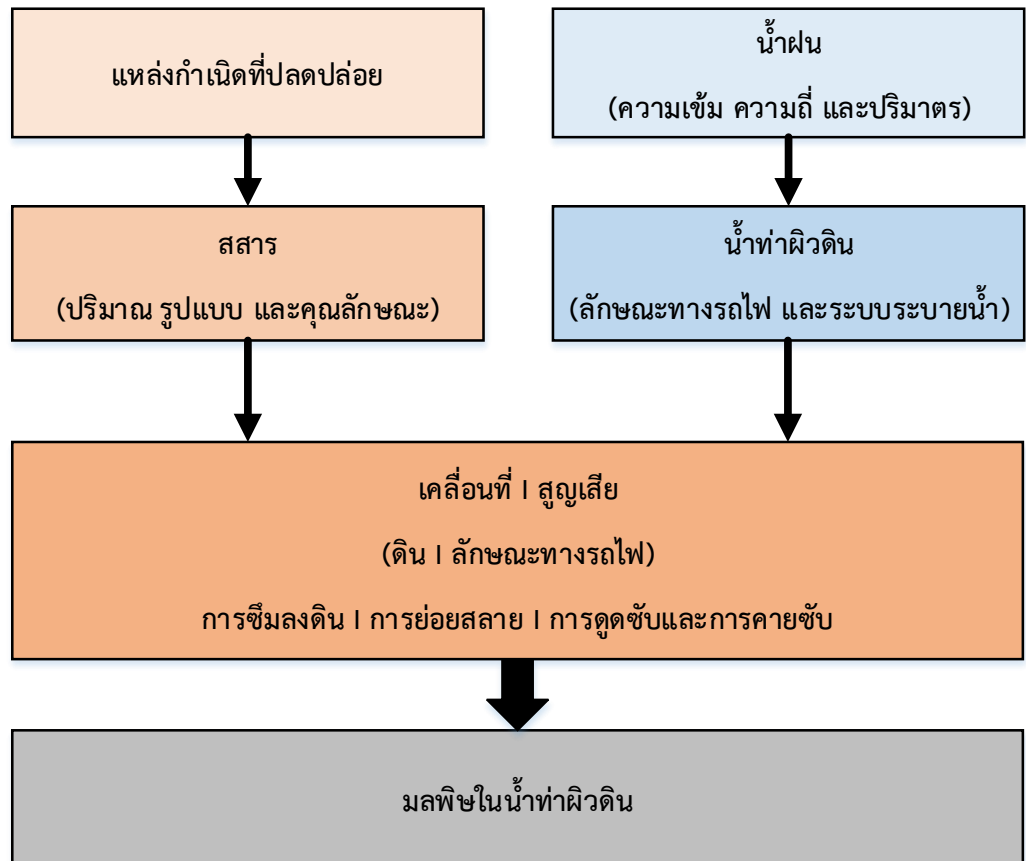
ในระยะยาวสามารถประกาศใช้มาตรฐานควบคุมการปล่อยทั้งอากาศเสียที่เข้มงวดมากขึ้นตามคุณลักษณะเฉพาะของรถไฟที่ขับเคลื่อนด้วยดีเซลรุ่นใหม่ รวมถึงรายละเอียดสำคัญต่าง ๆ เช่น การควบคุมปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ดีขึ้น และอุปกรณ์ปิดอัตโนมัติของเครื่องยนต์ ซึ่งในขณะนี้ยังไม่มีมีการประกาศใช้มาตรฐานควบคุมการปล่อยทั้งอากาศเสียจากระบบราง แต่สามารถพิจารณาแนวทางของมาตรฐานการปลดปล่อยอากาศเสียจากเครื่องจักรกลเคลื่อนที่ที่ไม่ใช่ถนน (Non-road Mobile Machinery, NRMM) ของสหภาพยุโรป และแนวทางการตรวจวัดมลพิษในอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามควรดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งเชิงพื้นที่และเวลา (Spatial and Temporal Statistical Analysis) (Gilbert, 1987)

6.2.2 มลพิษทางน้ำ (Water Pollution)

แม้ว่าการศึกษาถึงผลกระทบของระบบรางต่อคุณภาพน้ำผิวดินจะมีจำนวนไม่มากนัก แต่ผลที่ได้รับแสดงให้เห็นอย่างตรงกันว่า การเดินรถไฟทั้งในอดีตและปัจจุบันส่งผลให้เกิดการเพิ่มระดับของมลพิษ เนื่องจากน้ำฝนที่ตกลงมาชะล้างจะถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง แต่ในปัจจุบันการจัดการน้ำของทางรถไฟเป็นเพียงเน้นหนักไปทางการระบายน้ำออกจากทางรถไฟ ความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญของมลพิษทางน้ำบริเวณทางรถไฟโดยพิจารณาจากคุณภาพน้ำท่าชะล้างผิวดิน (Stormwater Runoff



Quality) ที่ถูกระบายลงไปในระบบระบายน้ำทางรถไฟ จึงไม่อาจละลายหรือเพิกเฉยได้
มลพิษที่มักพบในน้ำท่าชะล้างผิวดินที่ถูกระบายลงไปในระบบระบายน้ำทางรถไฟ



รูปที่ 6-4 เส้นทางของมลพิษในบริเวณทางรถไฟ-ปรับปรุงจาก Vo et al., (2015)

ขั้นตอนการบริหารจัดการคุณภาพน้ำท่าชะล้างผิวดินที่ถูกระบายลงไปในระบบระบายน้ำทางรถไฟ (ORR, 1994; Vo et al., 2015) มีดังต่อไปนี้

- ก) สร้างความตระหนักให้แก่พนักงานรถไฟที่เกี่ยวข้องถึงปัญหาและแนวทางการบริหารจัดการ
- ข) จัดเตรียมขั้นตอนแนวทางการรับมือและวิธีการทำความสะอาดสำหรับการหกและรั่วไหลโดยอุบัติเหตุ
- ค) จัดเตรียมขั้นตอนแนวทางการจัดการศัตรูพืช ทั้งวิธีการใช้ยาปราบศัตรูพืช การหลีกเลี่ยง การใช้ยาปราบศัตรูพืชในบางพื้นที่ เช่น พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเจือปนลงไปในน้ำบาดาล และการใช้แนวทางเลือกอื่น ๆ
- ง) เลือกใช้สารเคมีทดแทนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
- จ) สํารวจคุณภาพของน้ำท่าชะล้างผิวดินที่ถูกระบายลงไปในระบบระบายน้ำทางรถไฟ บริเวณสถานีรถไฟ ย่านจอดรถไฟ และสถานีคลังสินค้า



- ฉ) จำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่และการจัดสรรแหล่งกำเนิดของมลพิษในน้ำท่าชะล้างผิวดินที่ถูกระบายลงไปในระบบระบายน้ำทางรถไฟ มีรายละเอียดดังแสดงในคู่มือผลกระทบน้ำฝนตกลงบนพื้นดิน (Stormwater Effects Handbook) (Burton and Pitt, 2002 และ Soonthornnonda et al., 2008)
- ช) สำรวจการเปลี่ยนแปลงรูปของมลพิษในน้ำท่าชะล้างผิวดิน เช่น โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน โลหะหนัก และยาปราบศัตรูพืช ในสถานะจริงของทางรถไฟ (Christensen and Li, 2014)
- ข) สำรวจการกระจายขนาดอนุภาคของมวลรวมในทางรถไฟ ซึ่งเป็นผลโดยตรงกับการเลือกแนวทางการบำบัดน้ำท่าชะล้างผิวดินที่ถูกระบายลงไปในระบบระบายน้ำทางรถไฟ
- ณ) เลือกแนวทางที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำท่าชะล้างผิวดินที่ถูกระบายลงไปในระบบระบายน้ำทางรถไฟ ตัวอย่างของแนวทางการบำบัดน้ำท่าชะล้างผิวดินบริเวณทางรถไฟที่ใช้พื้นที่น้อยแต่มีความสวยงามพอสมควร ตลอดจนง่ายต่อการดูแลรักษาแสดงได้ดังนี้
 - (1) แถบกั้นชน (Buffer Strips) เป็นพื้นที่พืชพันธุ์ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดมลพิษและแหล่งน้ำธรรมชาติมีความสามารถลดทอนปริมาณขยะมูลฝอย มลพิษพื้นฐาน ของแข็งแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด ไนโตรเจนทั้งหมด และแบคทีเรีย
 - (2) ร่องน้ำแคบปูหญ้า (Grass Swales) มีความสามารถลดทอนปริมาณของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด สารอินทรีย์ น้ำมัน และไขมัน และแบคทีเรีย

การจัดทำโครงการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำท่าชะล้างผิวดินบริเวณทางรถไฟ (Track Runoff Quality Monitoring Program) โดยให้มีระยะเวลาที่เหมาะสม จำนวนข้อมูลที่เพียงพอ และดำเนินการตามแนวทางการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างมลพิษทางน้ำ ทั้งนี้สามารถใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำทำอัตโนมัติ (Automatic Stormwater Sampler) และอุปกรณ์ส่งสัญญาณพื้นที่-ความเร็ว (Area Velocity Sensor) สำหรับตรวจวัดระดับและความเร็วการไหลของน้ำท่า รวมถึงการพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณมลพิษที่ได้จากผลการวิเคราะห์กับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน/มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หรือ เกณฑ์คุณภาพน้ำที่ความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมรับให้มีอยู่ในน้ำได้ของสถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อย่างไรก็ตามควรดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทั้งเชิงพื้นที่และเวลา (Spatial and Temporal Statistical Analysis) (Gilbert, 1987)



6.3 สุขภาพ (Health)

6.3.1 การเดินรถ (Rail Operations)

ประเด็นสำคัญด้านอาชีวอนามัย (Occupational Health) และสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการเดินรถ มีดังต่อไปนี้

ก. รถไฟ | อุบัติเหตุของพนักงานรถไฟ พนักงานรถไฟที่กำลังทำงานในละแวกทางรถไฟ อาจจำเป็นต้องเผชิญกับรถไฟที่กำลังวิ่งอยู่ ขั้นตอนการบริหารจัดการที่แนะนำ มีดังนี้

- (1) การฝึกอบรมพนักงานรถไฟในด้านความปลอดภัยบนทางรถไฟ
- (2) การปิดการจราจรของรถไฟบนเส้นทางที่กำลังดำเนินการซ่อมแซม และบำรุงรักษา ถ้าไม่สามารถปิดเส้นทางเดินรถได้ก็ให้ใช้ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ หรือการใช้วิธีสุดท้ายโดยการใช้คนเฝ้าเพื่อแสดงการแจ้งเตือนให้เห็น
- (3) การออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟให้มีพื้นที่ว่างกว้างพอสำหรับพนักงานรถไฟ
- (4) การแยกส่วนพื้นที่จอดรถไฟ พื้นที่จัดขบวนรถไฟ และพื้นที่บำรุงรักษารถไฟ ออกจากเส้นทางวิ่งประจำของรถไฟ

ข. อากาศเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล พนักงานรถไฟทั้งที่ทำงานบนขบวนรถ ทำงานประจำ สถานี ทำงานบริเวณย่านจอดรถไฟ และทำงานในโรงซ่อมบำรุง อาจได้รับอากาศเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลของหัวรถจักรและเครื่องยนต์ดีเซลอื่น ๆ พนักงานรถไฟที่ทำงานบนขบวนรถในระยะใกล้ชิดติดกับบริเวณด้านหลังของเครื่องยนต์หัวรถจักร และพนักงานรถไฟที่ทำงานบริเวณพื้นที่ใกล้รถไฟในร่มซึ่งส่วนใหญ่รถไฟจะพร้อมเดินเครื่อง บางครั้งการทำงานเป็นเวลานานทำให้พนักงานรถไฟเหล่านี้มักจะได้รับได้อากาศเสียในปริมาณที่มากเป็นพิเศษ ขั้นตอนการบริหารจัดการที่แนะนำ มีดังนี้

- (1) การอนุญาตให้รถไฟเดินเครื่องด้วยระยะเวลาที่จำกัดบริเวณในร่ม และการใช้รถดันเพื่อเคลื่อนรถไฟเข้าและออกจากโรงซ่อมบำรุง
- (2) การระบายอากาศของโรงซ่อมบำรุง หรือพื้นที่ปิดอื่น ๆ ที่อากาศเสียสามารถสะสมได้
- (3) การกรองอากาศบริเวณพื้นที่ทำงานของพนักงานรถไฟบนขบวนรถ
- (4) การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น หน้ากากป้องกัน แว่นตา เพื่อเป็นการควบคุมด้านวิศวกรรมทำได้ไม่เพียงพอที่จะลดการสัมผัสกับอากาศเสียในระดับที่ยอมรับได้

ค. ความล้า วิศวกรรถไฟและพนักงานรถไฟอื่น ๆ มักต้องทำงานเป็นชั่วโมงทำงานที่ผิดปกติซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความล้า ความล้าอาจเป็นผลมาจากระยะเวลาและเวลาของการเข้าเวรทำงาน เช่น การเข้าเวรกลางคืนที่ยาวนาน และเวลาเริ่มของการเข้าเวร ธรรมชาติของรูปแบบการเปลี่ยนเวรทำงาน ความสมดุลในความ



เข้มข้นและการกระตุ้นจากกิจกรรมในงานที่รับผิดชอบดำเนินการ การพักที่ไม่เพียงพอ เวลาที่ทำงาน ความล้าที่เกิดกับพนักงานขับรถไฟ ผู้ควบคุมระบบอาณัติสัญญาณ พนักงานซ่อมบำรุง และอื่น ๆ ซึ่งรับผิดชอบดูแลงานที่มีความสำคัญต่อการเดินรถที่มีความปลอดภัยและอาจก่อให้เกิดการเผชิญความเสี่ยงด้านความปลอดภัยอย่างรุนแรงกับพนักงานรถไฟด้วยตนเอง หรือแม้กระทั่งประชาชนทั่วไป หน่วยงานที่รับผิดชอบการเดินทางควรกำหนดตารางการพักที่เหมาะสมในช่วงการเข้าเวรทำงานในเวลากลางคืนเพื่อให้การพักผ่อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน

- ง. อันตรายจากไฟฟ้า ระบบรางที่ใช้ไฟฟ้าจะใช้สายส่งเหนือศีรษะ หรือรางนำไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้หัวรถจักร หรือขบวนรถไฟแบบชุด สายส่งไฟฟ้าเหนือศีรษะอาจพบได้เช่นกันในบริเวณใกล้เคียงเส้นทางรถไฟที่ไม่ได้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า การบริหารจัดการโดยทั่วไปให้พนักงานรถไฟที่มีความเสี่ยงที่จะเผชิญอันตรายจากไฟฟ้าต้องได้รับการฝึกอบรมในด้านความปลอดภัยบนทางรถไฟ และเฉพาะพนักงานรถไฟที่ได้รับการฝึกอบรมเป็นพิเศษและได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการเท่านั้นที่จะได้รับอนุญาตให้ทำงานเกี่ยวข้องกับสายส่งไฟฟ้าเหนือศีรษะและรางนำไฟฟ้าได้
- จ. สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก พนักงานรถไฟที่ทำงานประจำเกี่ยวข้องกับระบบรางที่ใช้ไฟฟ้าอาจมีโอกาสดัมผัสสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กได้มากกว่าประชาชนทั่วไป เนื่องจากการทำงานในพื้นที่ที่มีสายส่งไฟฟ้า อาชีวอนามัยของการสัมผัสสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กควรจะเน้นการป้องกันและลดทอนผลกระทบโดยการจัดทำโครงการความปลอดภัยจากสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้
 - (1) การจัดหาและระบุพื้นที่ปลอดภัยเพื่อแยกความแตกต่างระหว่างพื้นที่ทำงานซึ่งจะมีระดับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในระดับสูงและพื้นที่ที่การสัมผัสของประชาชนทั่วไปอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และจำกัดการเข้าถึงให้เฉพาะพนักงานรถไฟที่ผ่านการฝึกอบรมเท่านั้น
 - (2) การจัดเตรียมแผนปฏิบัติการที่สามารถระบุค่าระดับของการสัมผัสที่ยืนยันได้ว่าเกินค่าระดับมาตรฐานของอาชีวอนามัยที่กำหนดโดยหน่วยงานระดับสากล เช่น คณะกรรมการสากลด้านการป้องกันการแผ่กัมมันตรังสีประเภทไม่ก่อไอออน (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) ขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO)



6.3.2 การซ่อมบำรุงรถจักรและล้อเลื่อน (Maintenance of Rolling Stocks)

การเสี่ยงอันตรายจากงานอาชีพที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมด้านการซ่อมบำรุงทางราง ประกอบด้วย การเสี่ยงอันตรายทางกายภาพ การเสี่ยงอันตรายทางเคมี และการเสี่ยงอันตรายทางชีวภาพ รวมถึงการเสี่ยงอันตรายจากการเข้าไปในพื้นที่อับอากาศ การเสี่ยงอันตรายทางกายภาพจะเกี่ยวข้องกับการทำงานในพื้นที่ที่มีเครื่องจักรกลที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ ความปลอดภัยเกี่ยวกับเครื่องจักร เครื่องมือพกพาได้ และความปลอดภัยด้านไฟฟ้า การเสี่ยงอันตรายทางเคมีจะเกี่ยวข้องกับการสัมผัสโดยตรงกับวัตถุอันตรายต่าง ๆ เช่น แร่ใยหิน โพลีคลอรีเนตเตตไบฟีนิล โลหะหนัก สารอินทรีย์ระเหย สีที่เป็นพิษ รวมถึงการใช้สีที่มีตัวทำละลายและตัวทำละลายเพื่อทำความสะอาดในพื้นที่อับอากาศ การเสี่ยงอันตรายทางเคมียังรวมถึงการเกิดไฟไหม้และการระเบิดระหว่างการทำงานที่มีความร้อนในถังเก็บน้ำมัน การเสี่ยงอันตรายทางชีวภาพจะเกี่ยวข้องกับการสัมผัสเชื้อโรคที่อยู่ในช่องเก็บสิ่งปฏิกูล ส่วนข้อเสนอแนะในการบริหารจัดการอาจให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติ กฎกระทรวง หรือประกาศกระทรวง ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน

6.4 การขนส่งวัตถุอันตราย (Transportation of Hazardous Materials)

วัตถุอันตรายที่หมายความตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 การขนส่งวัตถุอันตรายทางรางแม้มีความปลอดภัยแต่ก็ยังมีความเสี่ยงของการหกและรั่วไหลออกมาภายนอกในกรณีเกิดอุบัติเหตุ ตัวอย่างเช่นการรั่วไหลของวาล์วหรือวาล์วนิรภัยเกิดได้ทั้งในทางรถไฟที่มีแรงดันทางรถไฟที่ให้บริการทั่วไป หรือแม้กระทั่งตู้สินค้าที่บรรจุวัตถุอันตราย ในตู้สินค้าที่สามารถใช้ได้กับหลายรูปแบบการขนส่งการหกและรั่วไหลมักเกิดขึ้นจากการบรรจุหีบห่อที่ไม่ดี และการขยับเคลื่อนตำแหน่งของน้ำหนักหีบห่อระหว่างการขนส่ง อีกทั้งการหกและรั่วไหลของน้ำมันดีเซลระหว่างการเติมน้ำมัน ในปัจจุบันการขนส่งวัตถุอันตรายทางรางของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นประเภท 1 (วัตถุระเบิด) 2 (ก๊าซไวไฟ ก๊าซไม่ไวไฟ และก๊าซพิษ) และ 3 (ของเหลวไวไฟ) โดยที่การขนส่งวัตถุอันตรายประเภทที่ 3 มีปริมาณมากที่สุด ในอนาคตอันใกล้คาดว่าจะมีประเภทอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการมีรถไฟทางคู่ที่สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น ข้อเสนอแนะในการบริหารจัดการการขนส่งวัตถุอันตราย มีดังต่อไปนี้

- ก) การสร้างระบบการการกั้นกรอง การรับ และการขนส่งวัตถุอันตราย ตลอดจนการเตรียมการก่อนการขนส่ง สามารถพิจารณาเปรียบเทียบกับคู่มือการขนส่งวัตถุอันตรายของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- ข) การใช้ทางรถไฟ รวมถึงรถจักรและล้อเลื่อนต่าง ๆ สามารถพิจารณาเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การขนส่งวัตถุอันตรายที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมรับผิดชอบ



- ค) การเตรียมการป้องกันและควบคุมการหกและรั่วไหล โดยการจัดทำแผนเตรียมความพร้อมและรับมือเหตุการณ์ฉุกเฉิน ทั้งนี้ให้เป็นไปตามแผนปฏิบัติการฉุกเฉินจากสารเคมีและวัตถุอันตรายรองรับนโยบายการเตรียมความพร้อมแห่งชาติของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยที่สามารถเพิ่มเติมบางข้อเสนอแนะสำคัญ คือ การกำหนดเส้นทางและเวลาเดินรถเป็นการเฉพาะเพื่อลดความเสี่ยงที่มีต่อชุมชน และการจำกัดความเร็วรถไฟในพื้นที่เมืองแล้ว
- ง) การใช้ระบบป้องกันการหกและรั่วไหลของเชื้อเพลิงสำหรับการเติมน้ำมันดีเซลที่ได้มาตรฐาน รวมถึงระบบปิดอัตโนมัติ



7. แผนเผชิญเหตุต่อภัยพิบัติ

7.1 การตรวจทางและข้อปฏิบัติต่อกรณีฉุกเฉินหรือเมื่อเกิดภัยพิบัติ

แนวปฏิบัติสำหรับแผนเผชิญเหตุต่อภัยพิบัติจะแบ่งออกเป็นส่วนการตรวจทาง ประกาศเดินรถ การลดความเร็ว การปิดทางและข้อปฏิบัติกรณีฉุกเฉิน ซึ่งประกอบด้วยข้อปฏิบัติดังนี้

7.1.1 การตรวจทาง

- ก) ให้นายตรวจทางจัดคนงานเท่าที่จำเป็น เดินตรวจทางตลอดหน้าที่ เป็นประจำ ในวันทำงาน กรณีมีวันหยุดติดต่อกัน 3 วันขึ้นไป ให้นายตรวจทางหรือผู้แทน และคนงาน ทำการตรวจทางโดยรถยนต์รางตลอดหน้าที่ ในวันหยุดที่ 3 วันเดียว หรือตามที่มีการสั่งการเป็นอย่างอื่น
- ข) ในกรณีจำเป็นและได้รับการเห็นชอบจากการรถไฟฯ แล้วให้จัดคนงานเดินตรวจทาง ก่อนเวลาที่รถขบวนเที่ยวแรกจะผ่าน

7.1.2 หน้าที่ของคนตรวจทาง

- ก) คนตรวจทางตาม ข้อ 7.1.1 ต้องตรวจทางจนสุดทางในหน้าที่ของตนและนำเครื่องมือ บำรุงทางที่จำเป็นและธงแดงไปด้วย ให้สังเกตุดินคันทางตลอดจนถึงโครงสร้างทาง หรือน้ำเซาะกัดดิน พายุพัดต้นไม้ล้มพาดทาง หรือสาเหตุอื่น ๆ อันอาจทำให้ทางถาวร ไม่ปลอดภัยต่อกิจการเดินรถ และควรสังเกตดูสะพาน และคอสะพานด้วยเป็นพิเศษ
- ข) คนตรวจทางพึงสังวรวา ความเสียหายอาจเกิดแก่ทางได้ในกรณี ดังต่อไปนี้
 - (1) น้ำท่วม
 - (2) สูงกว่าที่เคยมีมา หรือท่วมจนถึงป่าถนน จนถึงหรือจะถึงท้องแม่แคว สะพาน
 - (3) ระดับน้ำข้างหนึ่งของทางสูงกว่าอีกข้างหนึ่งมาก
 - (4) สะพานมีต้นไม้ลอยมาปะทะปิดช่องน้ำ
 - (5) ทางมีรอยทรุด รางคู้ รางคด
 - (6) รางหักรางร้าว เครื่องยึดเหนี่ยวหลวมหรือหลุดหาย
- ค) คนตรวจทางต้องจัดการห้ามขบวนรถ โดยทันทีเมื่อปรากฏว่าทางตอนใด อาจไม่ปลอดภัยเนื่องจากฝนหรือน้ำท่วมผิดปกติหรือสาเหตุอื่น ๆ
- ง) เมื่อมีขบวนรถผ่านมาให้คนตรวจทางยืนอยู่บนป่าถนนในตำแหน่งที่จะมองเห็น ขบวนรถที่จะเดินเข้ามาได้ชัดเจนและหันหน้าสู่ขบวนรถ ทั้งนี้เพื่อให้พนักงาน ขับริฐรู้ว่าเป็นคนตรวจทางอาจติดต่อดูด้วยได้เมื่อมีความจำเป็น
- จ) คนตรวจทางต้องรับฟังการแจ้งเหตุของพนักงานขับริฐ เกี่ยวกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่งแล้วรีบไปจัดการตามความจำเป็น ณ จุดนั้น



- ฉ) ให้คนตรวจทางบันทึกผลการตรวจทาง ณ ที่ทำการนายตรวจทาง โดยบันทึกชื่อผู้ตรวจทางและเวลาหลังจากตรวจทางเสร็จเรียบร้อยแล้ว และลงนามผู้ตรวจทาง โดยให้นายตรวจทางรับรองไว้เป็นวัน ๆ ไป
- ช) คนตรวจทางต้องตรวจสอบเครื่องยึดเหนี่ยวรางและเครื่องประกอบราง และแก้ไขเท่าที่สามารถจะทำได้และรีบแจ้งผู้บังคับบัญชาทราบ
- ซ) เป็นความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องให้คนตรวจทาง เข้าใจแจ่มแจ้งว่าจะต้องปฏิบัติอย่างไรบ้างกรณีฉุกเฉิน พึงพยายามทุกวิถีทางที่จะอบรมและฝึกฝนคนตรวจทาง เหล่านี้ให้ตระหนักในหน้าที่ของตนในกรณีฉุกเฉิน นายตรวจทางและคนตรวจทาง ควรอุทิศเวลาและกำลังกายทั้งหมดเพื่อคุ้มกันทางและเรียกหาความช่วยเหลือ เมื่อได้จัดการป้องกันทางและเรียกหาความช่วยเหลือได้แล้ว คนตรวจทาง ควรตรวจทางต่อไปจนสุดทางในหน้าที่

7.1.3 การปฏิบัติของคนตรวจทางเดินคนเดียวในกรณีฉุกเฉิน

ถ้าคนงานตรวจทางเดินมาตามลำพังแต่ผู้เดียวได้พบเห็นทางตอนใดไม่ปลอดภัย อย่างแน่นอนแก่ขบวนรถที่จะผ่านมา หรืออาจไม่ปลอดภัยในเวลาอีกไม่ช้า ผู้นั้นต้องอยู่ที่จุดอันตรายนั้นจนกว่าจะได้รับความช่วยเหลือ ถ้ามีขบวนรถมาขณะที่อยู่คนเดียวให้รีบไปกักขบวนรถโดยเร็วที่สุด โดยแสดงสัญญาณห้ามด้วยธงแดง โคมไฟแดง หรือสิ่งอื่น ๆ หรือด้วยมือเพื่อให้ขบวนรถหยุดก่อนถึงจุดอันตราย ถ้าไม่สามารถข้ามไปอีกจุดหนึ่งของจุดที่เกิดเหตุอันตรายได้ (เช่น ในกรณีทางขาดและมีน้ำไหลเชี่ยว) ก็ให้ปักธงแดงหรือโคมไฟแดงไว้ เพื่อให้พนักงานขับรถของขบวนรถที่มาอีกฟากหนึ่ง เห็นสัญญาณได้แต่ไกลถ้าไม่มีโคมไฟแดง ก็ให้พยายามโบกสิ่งหนึ่งสิ่งใดแทน คนตรวจทาง ต้องรีบแจ้งนายสถานีเพื่อประกาศปิดทางตอนนั้น ๆ แล้วให้รีบแจ้งให้นายตรวจทางทราบ

7.1.4 การปฏิบัติของคนตรวจทางที่มีตั้งแต่สองคน ในกรณีฉุกเฉิน

ถ้าคนตรวจทาง 2 คน ทำหน้าที่ร่วมกันเดินมาตามทางด้วยกันได้พบเห็นทางตอนใดไม่ปลอดภัยอย่างแน่นอนแก่ขบวนรถที่จะผ่านมา หรืออาจไม่ปลอดภัยในเวลาอีกไม่ช้า ก็ต้องรีบแยกกันไปจากจุดอันตรายด้านละคนโดยแสดงสัญญาณอันตรายไปด้วยจนกว่าจะถึงสถานที่ที่ใกล้ที่สุดหรืออย่างน้อยต้องไปหยุดอยู่ที่ระยะทางไม่น้อยกว่า 800 เมตร จากจุดที่เกิดเหตุอันตราย และพร้อมที่จะให้สัญญาณมือแสดงอันตรายแก่ขบวนรถจนกว่าจะได้รับความช่วยเหลือ ถ้าไม่สามารถข้ามไปอีกจุดหนึ่งของจุดที่เกิดเหตุอันตรายได้ (เช่น ในกรณีทางขาดและมีน้ำไหลเชี่ยว) หนึ่งในสองคนนั้นควรอยู่ ณ ที่นั้น เพื่อแสดงสัญญาณอันตรายและพยายามกักขบวนรถที่จะเข้ามาสู่จุดที่เกิดเหตุอันตรายจากอีกฟากหนึ่ง ส่วนอีกคนหนึ่งควรเดินโดยแสดงสัญญาณอันตรายไปสู่สถานีทางฟากที่ตนอยู่ คนตรวจทางต้องรีบแจ้งนายสถานีเพื่อประกาศปิดทางตอนนั้น ๆ แล้วให้รีบแจ้งให้นายตรวจทางทราบ



7.1.5 การปฏิบัติของหัวหน้าคนงาน เมื่อทางอาจไม่ปลอดภัย

เมื่อหัวหน้าคนงานเห็นว่าทางตอนใดในหน้าที่ของตนมีเหตุเกิดขึ้นซึ่งอาจไม่ปลอดภัย หัวหน้าคนงานจะต้องแจ้งนายตรวจทางทันทีพร้อมจัดการปักป้ายแดงหรือคอมไฟแดง และป้ายเตือนสามเหลี่ยมตามข้อบังคับและระเบียบการเดินรถ หากจำเป็นก็ให้จัดคนงานสำหรับให้สัญญาณมือไว้ ห่างจากจุดอันตรายไม่น้อยกว่า 800 เมตร ทั้ง 2 ด้าน และส่งคนไปแจ้งให้นายสถานีที่ใกล้ที่สุด ทราบถึงตำแหน่งที่เกิดเหตุ และลักษณะของเหตุนั้น แล้วหัวหน้าคนงานต้องจัดการซ่อมแก้ไข เพื่อให้ขบวนผ่านไปได้อย่างเร็ว หัวหน้าคนงานต้องสั่งการแก่คนให้สัญญาณ ให้คอยแสดงสัญญาณ “ห้าม” หรือสัญญาณ “ไปได้โดยระมัดระวัง” เมื่ออนุญาตให้ขบวนรถผ่านเข้ามาได้โดยระมัดระวัง จนพ้นตอนที่เกรงอันตรายแล้วก็ต้องให้สัญญาณ “อนุญาต” เพื่อให้เคลื่อนขบวนรถต่อไปได้

7.1.6 การปฏิบัติของหัวหน้าคนงาน เมื่อทางไม่ปลอดภัย

เมื่อหัวหน้าคนงานเห็นว่าทางตอนใดในหน้าที่ของตนไม่ปลอดภัยที่จะให้ขบวนรถผ่าน หัวหน้าคนงานจะต้องแจ้งนายตรวจทางทันทีพร้อมจัดการปักป้ายแดง หรือคอมไฟแดง พร้อมป้ายเตือนสามเหลี่ยม แต่ถ้าไม่ทันก็ให้ปักธงแดงไว้กลางทางรถไฟ ห่างจากปลายสุดของตอนที่จะไม่ให้ขบวนรถผ่านทั้ง 2 ด้าน ด้านละ 600 เมตร แล้วจัดคนให้สัญญาณมือต่อจากธงแดงออกไปอีก 800 เมตร เพื่อคอยเตือนพนักงานขับรถที่กำลังนำขบวนรถมา ทั้งนี้ให้รับจัดเปลี่ยนจากธงแดงและคนให้สัญญาณมือ เป็นการปักป้ายแดง กำกับด้วยป้ายเตือนสามเหลี่ยม การคุ้มกันทางตอนที่ไม่ปลอดภัยเช่นนี้ ต้องจัดทำทั้งด้านต้นทางและปลายทางของทุกสายที่เห็นว่า ไม่ปลอดภัย เช่น ในทางคู่และทางทั้งสองสาย ไม่ปลอดภัย ก็ต้องปักธงไว้ทั้งสองทาง อนึ่ง เมื่อได้จัดการคุ้มกันทางดังกล่าวแล้วต้องส่งคนไปแจ้งให้นายสถานีที่ใกล้ที่สุดทราบถึงตำแหน่งที่เกิดเหตุและลักษณะของเหตุนั้น หัวหน้าคนงานต้องพยายามใช้แรงงานเท่าที่มีอยู่ ณ ที่นั้นทำงานซ่อมทางที่เสียหายจนกว่าจะได้รับความช่วยเหลือ หัวหน้าคนงานและคนงานมีหน้าที่ป้องกันขบวนรถจากภัยอันตราย ฉะนั้นควรจะได้รับคำอธิบายอย่างละเอียดถี่ถ้วนเพื่อให้เข้าใจถึงวิธีดำเนินงานตามลำดับที่ควรจะต้องปฏิบัติ

7.1.7 การปล่อยขบวนรถในทางที่ไม่ปลอดภัย แต่ยังพอให้ผ่านได้

ถ้าเมื่อได้ปฏิบัติแล้ว และมีขบวนรถมาหยุดอยู่ที่ป้ายแดงหรือที่ผู้แสดงธงแดง และถ้าสารวัตรแขวงบำรุงทางหรือวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต ณ สถานที่เกิดเหตุ เห็นว่าพอจะให้ขบวนรถผ่านไปช้า ๆ ได้โดยระมัดระวัง ก็อาจสั่งให้ถอนป้ายแดงหรือธงแดงและให้แสดงสัญญาณให้ “ไปได้โดยระมัดระวัง” เพื่อให้ขบวนรถผ่านตอนที่มีอันตรายและเมื่อขบวนรถผ่านพ้นทางตอนที่ไม่ปลอดภัยไปแล้ว ต้องปักป้ายลดความเร็ว และวางคนให้สัญญาณมือไว้ตามเดิมโดยทันที เพื่อทำงานซ่อมให้ทางมั่นคงยิ่งขึ้น



- 7.1.8 การปฏิบัติโดยฉับพลัน เมื่อนายตรวจทางไปถึงทางตอนที่ไม่ปลอดภัยหรืออาจไม่ปลอดภัย ถ้านายตรวจทางพบทางตอนใดไม่ปลอดภัย หรืออาจไม่ปลอดภัยในเวลาอีกไม่ช้า นายตรวจทางจะต้องปฏิบัติตามที่กำหนดไว้ในข้อ 7.1.3 แต่ถ้ามีคนไปด้วยและพอที่จะช่วยเหลือได้เป็นจำนวนจำกัด นายตรวจทางต้องจัดคนไว้ 2 คน ให้ปฏิบัติตามข้อ 7.1.4 นายตรวจทางต้องรีบดำเนินการแก้ไขโดยเร็วที่สุดและต้องดำเนินการตามข้อ 7.15 หรือข้อ 7.1.6 สุดแต่เหตุการณ์จะอยู่ในลักษณะใด นายตรวจทางต้องแจ้งนายสถานีทางสะดวกทราบโดยทางใดทางหนึ่งแล้วต้องแจ้งเป็นลายลักษณ์อักษรให้นายสถานีทราบ รายการเกี่ยวกับกิโลเมตรที่เกิดเหตุหรืออาจเกิดเหตุ ซึ่งแจ้งเหตุผลว่าทางจะผ่านได้หรือไม่ ถ้าผ่านได้จะต้องลดความเร็วเท่าใด และจัดการปกป้องสัญญาณหรือคนแสดงสัญญาณไว้อย่างใด นอกจากนี้ นายตรวจทางต้องรายงานให้สารวัตรแขวงบำรุงทางทราบถึงสถานการณ์โดยย่อ ในกรณีที่นายตรวจทางไปถึงที่เกิดเหตุและเห็นว่าหมุ่คนงาน ณ ที่นั้น ได้ปฏิบัติตามที่ระบุไว้ในข้อ 7.1.5 และข้อ 7.1.6 อยู่แล้ว นายตรวจทางต้องแจ้งให้นายสถานีใกล้เคียงทราบรายการต่าง ๆ ดังกล่าวเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อยืนยันหรือแก้ไข การแจ้งเหตุโดยวาจาที่หัวหน้าคนงานได้ส่งไปก่อนแล้วนั้น ถ้าจำเป็นนายตรวจทางต้องแจ้งขอความช่วยเหลือเกี่ยวกับแรงงานหรือวัสดุไปยังสารวัตรแขวงบำรุงทาง
- 7.1.9 การปฏิบัติของเจ้าหน้าที่ เมื่อไปถึงทางตอนที่ไม่ปลอดภัยหรืออาจไม่ปลอดภัย ถ้าสารวัตรแขวงบำรุงทาง หรือวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตไปถึงจุดที่ไม่ปลอดภัย ก่อนที่นายตรวจทางจะไปถึง ก็ต้องปฏิบัติตามในขั้นแรกเช่นเดียวกับนายตรวจทาง และดำเนินการให้เหมาะสมตามที่กำหนดไว้ในข้อ 7.1.8 แต่ถ้าไปถึงทีหลังก็ต้องตรวจดู ก่อนว่าได้มีการปฏิบัติตามข้อบังคับดังกล่าวแล้วหรือไม่ ถ้าปฏิบัติไปแล้วยังไม่ครบถ้วน ก็ต้องสั่งให้ปฏิบัติในส่วนที่ยังขาดตกบกพร่องอยู่โดยทันที ถ้าทางเกิดความเสียหายน้อย มีผลเพียงทำให้ขบวนรถเสียเวลาเพราะต้องลดอัตราความเร็วลงบ้างในทางตอนนั้นแล้ว สารวัตรแขวงบำรุงทางหรือวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต ต้องรีบสั่งการให้ดำเนินการซ่อมทางให้กลับสู่สภาพเดิมโดยเร็วที่สุด
- 7.1.10 การเดินตรวจทางของคนงาน เมื่อฝนตกหนักผิดปกติ เมื่อมีฝนตกหนักผิดปกติ นายตรวจทางหรือหัวหน้าคนงานต้องใช้ความวินิจฉัยของตนเอง จัดคนออกเดินตรวจทางเป็นพิเศษเพิ่มขึ้นจากการออกตรวจทางที่จัดไว้เป็นประจำ และควรจำกัดเฉพาะจุดที่เคยปรากฏว่ามีอันตราย เช่น ทางตัด ถนนสูง และคอสะพาน เป็นต้น ถ้าการตรวจทางดังกล่าวอาจยืดเยื้อ นายตรวจทางหรือหัวหน้าคนงานต้องรายงาน ขอกำลังเพิ่มเติมจากสารวัตรแขวงบำรุงทาง หลังจากนั้นแล้วความรับผิดชอบในการจัดตั้ง กำลังต่าง ๆ ย่อมตกอยู่กับสารวัตรแขวงบำรุงทางทั้งสิ้น คนเดินตรวจทางนั้นต้องมีเครื่อง สัญญาณมือติดตัวไปด้วย คือธงในเวลากลางวัน และโคมไฟในเวลากลางคืน



7.1.11 การออกตรวจทางโดยนายตรวจทางในระหว่างฝนตกหนักหรือหลังจากนั้นเล็กน้อย

นอกจากหัวหน้าคนงานและคนงาน จะต้องเดินตรวจทางแล้ว นายตรวจทางก็ต้องออกตรวจทางในตอนนี้อาจเกิดอันตรายโดยใช้รถบำรุงทางด้วยไม่ว่าจะเป็นเวลากลางวันหรือกลางคืนในเมื่อเกรงว่าจะเกิดอันตราย การออกตรวจทางเช่นนี้จะต้องกระทำก่อนขบวนรถมาถึง เพื่อให้แน่ใจว่ามีความปลอดภัยอย่างที่สุด ถ้าความจำเป็นที่จะต้องตรวจทางเช่นนี้อาจต้องใช้เวลานานวัน นายตรวจทางต้องรายงานขอกำลังช่วยเหลือเพิ่มขึ้นต่อสารวัตรแขวงบำรุงทาง เพื่อที่จะรายงานต่อไปยังวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต

7.1.12 ประกาศเดินรถประจำสัปดาห์

ก) วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต ต้องส่งรายงานละเอียดเกี่ยวกับการขอเดินขบวนรถพิเศษและขบวนรถงาน เช่น ขบวนรถหิน ไปยังผู้อำนวยการฝ่ายการเดินรถหรือเจ้าหน้าที่ผู้หนึ่งผู้ใดซึ่งผู้อำนวยการฝ่ายการเดินรถได้มอบอำนาจให้ไว้ล่วงหน้าอย่างน้อยหนึ่งสัปดาห์ เพื่อออกประกาศเดินรถประจำสัปดาห์ต่อไป

ข) วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตหรือสารวัตรแขวงบำรุงทาง ควรวางแผนงานไว้ล่วงหน้า สำหรับงานบำรุงทางตามปกติใด ๆ ที่ต้องให้รถเบาทาง ปิดทาง และที่ต้องมีสัญญาณกำกับ ควรแจ้งให้พนักงานควบคุมการเดินรถแขวงทราบล่วงหน้า

7.1.13 ความรับผิดชอบของสารวัตรแขวงบำรุงทาง และนายตรวจทางผู้ควบคุมงาน

งานบำรุงทางซึ่งอาจเป็นเหตุให้เกิดอันตรายแก่ขบวนรถได้ ต้องได้รับอนุญาตจากวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตก่อนจึงจะทำได้ ในการทำงานนี้สารวัตรแขวงบำรุงทางหรือนายตรวจทาง หรือผู้ทำการแทนจะต้องควบคุมด้วยตนเองอยู่หน้างาน และต้องรับผิดชอบจัดให้มีการปักป้ายสัญญาณตามที่กำหนดไว้ และสัญญาณมือตามความจำเป็น ถ้าเป็นงานฉุกเฉินจำเป็นต้องรีบทำโดยด่วน ให้สารวัตรแขวงบำรุงทาง หรือนายตรวจทาง จัดทำไปก่อนได้รับอนุญาตจากวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตได้ โดยต้องรับผิดชอบจัดให้มีการปักป้ายสัญญาณและสัญญาณมือดังที่กำหนดไว้ตามความจำเป็น การอนุญาตให้ขบวนรถผ่านทางที่กำลังซ่อมอยู่โดยลดความเร็วตามที่กำหนดไว้นั้น จะกระทำได้อีกเมื่อได้จัดการให้ทางตอนนั้นปลอดภัยดีแล้ว

7.1.14 การลดความเร็ว

ก) ถ้าวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต หรือ สารวัตรแขวงบำรุงทางเห็นว่างานใดจำเป็นต้องให้ขบวนรถลดความเร็วแล้ว ต้องแจ้งล่วงหน้าแต่เนิ่น ๆ ให้พนักงานควบคุมการเดินรถแขวงที่เกี่ยวข้องทราบข้อความที่ต้องแจ้งคือ

- (1) ลดความเร็วระหว่างเสาโทรเลขใด และช่วงสถานีใด
- (2) กำหนดความเร็วเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง
- (3) ทำงานชนิดใด เป็นเวลานานเท่าใด



- ข) สำหรับงานที่ใช้เวลานาน เช่น การเปลี่ยนราง การสร้างสะพานโดยไม่ปิดทาง และการใช้ทางเบี่ยงชั่วคราวซึ่งงานเหล่านี้ต้องใช้เวลาหลายวัน หรือหลายสัปดาห์ และตลอดเวลานั้นจำเป็นต้องลดความเร็วแล้วจะต้องปักป้ายสัญญาณตามที่กำหนดไว้คือ ป้ายเตือนและป้ายลดความเร็ว
- ค) สำหรับงานบำรุงทางตามปกติให้ปักป้ายลดความเร็วได้ตามความเหมาะสม ในการปักป้ายลดความเร็วตั้งแต่ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมงลงมา จะต้องจัดให้มีคนเฝ้า เพื่อแสดงสัญญาณมือตลอดเวลา ตามข้อบังคับและระเบียบการเดินรถกำหนดไว้
- ง) เพื่อใช้เป็นแนวปฏิบัติของพนักงานบำรุงทาง ขอยกตัวอย่างของงานชนิดต่าง ๆ ที่ต้องลดความเร็วแต่ละอย่างทีกล่าวข้างต้นดังต่อไปนี้
- 1) ลดความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 - ทางซ่อมใหม่เพื่อให้รถผ่าน
 - ซ่อมสะพานโดยไม่ปิดการใช้งาน
 - ทางน้ำท่วม ไหลเชี่ยว แต่ขบวนรถยังผ่านได้
 - สะพานหรือช่องน้ำที่มีกระแสน้ำไหลเชี่ยว และลงไปตรวจได้น้ำไม่ได้
 - ตีลังพังเล็กน้อย ซึ่งขบวนรถสามารถผ่านได้
 - น้ำเซาะคอสะพาน แต่ยังไม่ถึงทาง
 - 2) ลดความเร็ว 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 - เปลี่ยนไม้ เหลี่ยมสะพาน หรือปรับระดับบนสะพาน
 - ยก หรือ ลดระดับทาง
 - การเปลี่ยนดินพื้นทาง
 - ทางเบี่ยง หรือประแจที่วางใหม่
 - 3) ลดความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 - ทางน้ำท่วมนิ่ง แต่ขบวนรถยังผ่านได้
 - เปลี่ยนรางหรือหมอนเป็นระยะยาว
 - สร้างส่วนล่างของสะพาน
 - สะพานชั่วคราว
 - 4) ลดความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 - ทางที่ต้องเปลี่ยนหมอนเป็นจำนวนมาก และยังไม่ีหมอนใหม่มาเปลี่ยน
- จ) นายตรวจทางต้องจัดการให้มีป้ายเตือน และป้ายลดความเร็ว ส่วนการปักป้ายลดความเร็วในทางหลักภายในเขตสถานี ให้ปักป้ายนี้ทั้งสองด้านก่อนถึงที่ที่ต้องการ



จะให้ขบวนรถเบี่ยงทางในระยะสมควรแก่ความปลอดภัย และไม่ต้องปักป้ายเตือนกำกับสำหรับทางที่มีมากกว่า 2 สาย เมื่อต้องการให้ลดความเร็วในสายใดสายหนึ่ง ก็ควรปักป้ายไว้ระหว่างทางสองสาย มิให้สูงเกินกว่า 80 เซนติเมตร และไม่ล้ำเขตโครงสร้าง

- ฉ) ในกรณีที่มีดินพัง น้ำท่วม ทางขาด หรือเกิดเหตุการณ์ที่คาดไม่ถึง อันจำเป็นต้องลดความเร็ว นายตรวจทางต้องจัดการให้ความปลอดภัยแก่ขบวนรถทันทีโดยปักป้ายสัญญาณตามที่กำหนดไว้ และต้องจัดคนงานที่มีความชำนาญและไวใจได้ให้เฝ้าทางทั้งสองด้าน และจุดอื่น ๆ ที่จำเป็นระหว่างทางตอนนั้นอีกด้วย คนงานดังกล่าวมีหน้าที่ต้องรีบจัดการให้ความปลอดภัยแก่ขบวนรถทันที โดยการให้สัญญาณมือ
- ช) นายตรวจทางและหัวหน้าคนงานต้องมีป้ายสัญญาณครบชุดไว้อย่างน้อย 1 ชุด ซึ่งประกอบด้วย ป้ายเตือนสามเหลี่ยม ป้ายเตือนวงกลม ป้ายลดความเร็ว และป้ายแดง อย่างละ 2 แผ่น

7.1.15 การปิดทาง

- ก) ก่อนที่จะทำงานใด ๆ ซึ่งต้องปิดทาง วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตสารวัตรแขวงบำรุงทาง หรือสารวัตรงานเครื่องกลบำรุงทางหนัก ผู้ขอประกาศปิดทางต้องรับผิดชอบในการเตรียมดำเนินการให้พร้อมสำหรับงานนั้น ๆ
- ข) งานปิดทางระหว่างสถานี เป็นหน้าที่ของวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต สารวัตรแขวงบำรุงทาง สารวัตรงานเครื่องกลบำรุงทางหนักหรือผู้แทน ต้องจัดทำก่อนที่จะปิดทาง โดยต้องประสานกับพนักงานควบคุมการเดินรถแขวงเสียก่อน เพื่อมิให้ขบวนรถเสียเวลามากเกินไป ทั้งนี้ยกเว้นในกรณีฉุกเฉินจริง ๆ ห้ามเริ่มทำงานในทางเปิด ณ ตอนที่ต้องการให้ปิดทาง จนกว่าจะได้รับหลักฐานการปิดทางจากนายสถานีทางสะดวก และจนกว่าจะได้ปักป้ายสัญญาณทุกชนิดที่จำเป็นตลอดทั้งการจัดให้มีการแสดงสัญญาณมือตามความจำเป็น
- ค) ในกรณีฉุกเฉินซึ่งไม่มีเวลาพอจะติดต่อกับพนักงานควบคุมการเดินรถแขวงก่อนเพื่อความปลอดภัย ให้เจ้าหน้าที่ฝ่ายการช่างโยธาผู้ซึ่งต้องการปิดทางติดต่อโดยตรงทันทีกับนายสถานีทางสะดวกซึ่งอยู่ใกล้ที่สุด เพื่อประกาศปิดทาง และต้องรายงานให้ผู้บังคับบัญชาทราบโดยตรงในกรณีเช่นนี้ เจ้าหน้าที่บำรุงทางต้องจัดคนให้สัญญาณมือเพื่อแสดงสัญญาณ “ห้าม” แก่ขบวนรถเป็นระยะไม่น้อยกว่า 800 เมตร จาก 2 ด้านของที่จะต้องปิดทาง และถ้ามีป้ายแดง และป้ายเตือนสามเหลี่ยมก็ให้จัดการปักกำกับไว้อีกด้วย



7.1.16 สัญญาณเกี่ยวกับอันตราย

- ก) พนักงานขับรถ ต้องหยุดขบวนรถโดยไม่ล่าช้าป้ายแดงที่ปักไว้ และต้องปฏิบัติตามสัญญาณมือ
- ข) เมื่อเจ้าหน้าที่บำรุงทาง ซึ่งควบคุมอยู่ ณ จุดอันตรายเห็นว่าสภาพทางปลอดภัยแล้ว ก็แจ้งให้พนักงานขับรถทราบโดยตนเองเพื่อให้เคลื่อนขบวนรถต่อไปได้อย่างปลอดภัย และจะต้องคอยให้สัญญาณมือตลอดเวลาที่ขบวนรถผ่าน

7.1.17 งานที่ทำในขณะอากาศวิปริต

- ก) ในขณะที่ยากอากาศวิปริต เช่น มีหมอกลงจัด พายุ ฝนตกหนักผิดปกติ หรืออากาศร้อนผิดปกติ เป็นต้น ห้ามมิให้เริ่มทำงานบำรุงทางที่จำเป็นต้องลดความเร็วของขบวนรถ หรือจะต้องหยุดขบวนรถ เว้นไว้แต่จะเป็นงานด่วน ซึ่งจำเป็นต้องรีบทำในทันทีทันใด
- ข) ถ้าจำเป็นต้องทำงานดังกล่าวโดยปักป้ายสัญญาณคุ้มกันตามกฎหมายข้อบังคับ และระเบียบการเดินรถคุ้มกันไว้แล้ว ก็ควรจัดคนให้สัญญาณมือไว้ในระยะไม่ต่ำกว่า 100 เมตร พ้นจากป้ายเตือนออกไปอีกด้วย เพื่อแสดงสัญญาณมือต่อขบวนรถที่จะเข้ามา

7.1.18 การฝ่าฝืนสัญญาณ

ทุก ๆ ครั้งที่พนักงานขับรถฝ่าฝืนสัญญาณที่จัดแสดงไว้ หรือสัญญาณเตือน เจ้าหน้าที่บำรุงทางต้องรายงานให้ผู้บังคับบัญชาทราบทันที โดยแจ้งเลขของขบวนรถและความเร็วโดยประมาณ ในกรณีที่มีการฝ่าฝืนสัญญาณมือนั้น คือ พนักงานขับรถสามารถมองเห็นคนให้สัญญาณมือแต่ไกลได้อย่างชัดเจน

7.1.19 คนให้สัญญาณมือ

- ก) คำว่า คนให้สัญญาณมือ ในที่นี้ให้หมายถึงคนให้สัญญาณด้วยธงในเวลากลางวัน และคนให้สัญญาณด้วยโคมไฟในเวลากลางคืนด้วย
- ข) (1) นายตรวจทางต้องจัดคนให้สัญญาณมือ ต้องตรวจสอบดูว่าหัวหน้าคนงานดังกล่าวได้ผ่านการอบรมให้สัญญาณมือและมีความเข้าใจหน้าที่ซึ่งต้องปฏิบัติไว้อย่างดีแล้วและที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ ต้องแน่ใจว่าคนให้สัญญาณมือนั้นสามารถปฏิบัติตามคำสั่ง ได้โดยถูกต้องตามระเบียบด้วย
- (2) นายตรวจทางและหัวหน้าคนงานต้องแน่ใจว่า คนให้สัญญาณมือทุกคน รู้จักวิธีใช้สัญญาณมือ ในเวลากลางวันคนให้สัญญาณมือต้องมีธงแดง 1 ธงเขียว 1 และในเวลากลางคืน ต้องมีโคมไฟสัญญาณ อีก 1 ดวงด้วย



- ค) (1) นายตรวจทางต้องจัดคนให้สัญญาณมือไว้ตามจุดที่คาดว่าจะมีอันตรายในเวลาฝนตก และที่อาจจำเป็นต้องลดความเร็ว
- (2) ต้องอบรมผู้ให้สัญญาณมือให้เข้าใจ เมื่อเกิดมีดินพัง น้ำท่วมสะพานหรือท่อชำรุด หรือเหตุอื่นซึ่งทำให้ขบวนรถไม่ปลอดภัย และผู้ให้สัญญาณมือจะต้องปฏิบัติตามลำพังหรือร่วมกัน
- (3) ถ้าจำเป็นต้องเตือนพนักงานขับรถให้ลดความเร็วลงแล้ว คนให้สัญญาณมือแต่ละคนต้องแยกทางกันไปเป็นระยะไม่น้อยกว่า 800 เมตร และเตรียมพร้อมที่จะแสดงสัญญาณ “ให้ขบวนรถเคลื่อนไปได้โดยระมัดระวัง”
- ง) เจ้าหน้าที่บำรุงทางต้องแจ้งนายสถานีทั้งสองด้านของทางตอนที่มีดินพัง หรือจุดที่มีสิ่งกีดขวางอยู่และให้เตือนพนักงานขับรถระมัดระวังสังเกตดูสัญญาณมือด้วย
- จ) (1) นายตรวจทางต้องเลือกคนที่มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานอย่างเหมาะสม และไม่ควรจะสับเปลี่ยนคนที่ทำงานอยู่ประจำ จนกว่าการเดินรถจะเข้าสู่ภาวะปกติ
- (2) คนงานที่ปฏิบัติงานในเวลากลางวันมาแล้ว ไม่ควรใช้เป็นคนให้สัญญาณมือในเวลากลางคืน ถ้าสามารถหลีกเลี่ยงได้
- ฉ) เมื่อใดนายตรวจทางพิจารณาแล้วเห็นว่า จำเป็นต้องมีผู้ให้สัญญาณมือ ก็ให้รายงานต่อวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต และสารวัตรแขวงบำรุงทาง และจัดคนเข้าทำหน้าที่ทันทีโดยไม่ต้องรอรับอนุมัติ ในกรณีฉุกเฉินนายตรวจทางและหัวหน้าคนงานต้องจัดการไปตามความจำเป็นโดยไม่ต้องรอรับคำสั่งจากผู้บังคับบัญชา

7.1.20 การปฏิบัติตามกฎข้อบังคับ

- ก) เหตุการณ์ใด ๆ ที่กระทบกระเทือนถึงความปลอดภัย เกี่ยวกับการเดินรถ ทางถาวร สิ่งก่อสร้าง ผู้โดยสาร หรือพนักงานของการรถไฟฯ หรือให้เกิดความสูญเสียแก่การรถไฟฯ โดยมีได้คาดหมายแล้วให้ถือเป็นเหตุอันตรายที่ต้องรายงานทั้งสิ้น
- ข) ข้อบังคับและระเบียบการเดินรถ เกี่ยวกับเหตุอันตราย ระเบียบการ และคำสั่งที่เกี่ยวข้อง
- ค) เมื่อมีเหตุการณ์ที่ผิดปกติใด ๆ เกิดขึ้นเนื่องมาจากมีสิ่งกีดขวางทางหรือมีความบกพร่องเกิดขึ้นกับขบวนรถหรือเครื่องสัญญาณ หรือเมื่อส่วนใด ๆ ของทางหรือสถานที่ชำรุดหรืออาจเกิดชำรุด หรือเพราะเหตุอื่นใด ซึ่งอาจกระทบกระเทือนถึงการเดินรถหรือความปลอดภัยของประชาชนหรือทรัพย์สิน ผู้ปฏิบัติงานฝ่ายการช่างโยธาทุกคนจะต้องจัดการ ดังต่อไปนี้
 - รับผิดชอบห้ามขบวนรถซึ่งถ้าผ่านมาอาจเกิดอันตราย
 - รับผิดชอบย้ายสิ่งกีดขวางออกให้พ้นทางหรือแก้ไขความบกพร่อง ถ้าตนมีความสามารถหรือมีทางที่พอจะทำได้



- หากเกิดเหตุอันตรายต่อการเดินรถต้องแจ้งให้นายสถานีทางสะดวกที่อยู่ใกล้สุดทราบโดยวิธีทางที่เร็วที่สุด

7.1.21 วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต สารวัตรแขวงบำรุงทาง และนายตรวจทางต้องไปยังที่เกิดเหตุ

- ก) เมื่อได้รับแจ้งเหตุหรือมีเหตุอันตรายเกิดขึ้นทำให้ทางหรือสิ่งปลูกสร้างส่วนใด ๆ เสียหายขบวนรถผ่านไม่ได้ตามปกติ ให้เป็นหน้าที่ของนายตรวจทางที่จะต้องไปยังที่เกิดเหตุโดยทันที แล้วแจ้งรายละเอียดให้สารวัตรแขวงบำรุงทางและวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตทราบ เพื่อที่จะได้พิจารณาว่าควรจะดำเนินการอย่างไรตามควรแก่กรณี ก่อนที่สารวัตรแขวงบำรุงทางหรือวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตจะเดินทางไปยังที่เกิดเหตุ นายตรวจทางควรรวบรวมพนักงาน คนงานและเครื่องมือไปด้วยตามที่เห็นว่าจำเป็น
- ข) เมื่อได้รับแจ้งเหตุอันตรายที่ทำให้การเดินขบวนรถขัดข้อง สารวัตรแขวงบำรุงทางและวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตควรไปยังที่เกิดเหตุ ถ้าเหตุอันตรายนั้นมีเหตุการณ์ที่บังคับให้ต้องควบคุมและสั่งการด้วยตนเอง
- ค) ในกรณีที่เหตุอันตรายอย่างร้ายแรงเกิดขึ้นในพื้นที่กองบำรุงทางเขตอื่น แต่วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตข้างเคียงอาจให้ความช่วยเหลือได้เร็วกว่า ก็ให้วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตผู้นั้นแจ้งให้วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตเจ้าของพื้นที่ ที่เกิดเหตุทราบและตนเองต้องพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือทุกอย่างที่จำเป็น ถ้าวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตข้างเคียงนั้นเห็นชัดว่าตนสามารถจะไปถึงที่เกิดเหตุได้ก่อน ก็ต้องรีบออกเดินทางทันทีและแจ้งให้วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตเจ้าของพื้นที่นั้นทราบว่าตนได้เดินทางมาแล้ว ผู้ไปถึงที่เกิดเหตุได้ก่อนจะต้องเข้าควบคุมและดำเนินการตามกรณีจนกว่าวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขตเจ้าของพื้นที่จะไปถึง
- ง) ถ้ามีผู้บาดเจ็บสาหัสจำเป็นต้องตามแพทย์หรือมีผู้เสียชีวิตต้องแจ้งเจ้าหน้าที่ตำรวจก็ต้องอำนวยความสะดวกทุกอย่าง เพื่อให้บุคคลดังกล่าวไปถึงที่เกิดเหตุโดยเร็วและยอมให้เดินทางไปกับรถบำรุงทางได้ ในเมื่อมีพนักงานผู้มีสิทธิใช้รถบำรุงทางควบคุมไปด้วย

7.1.22 การปฏิบัติ ณ ที่เกิดเหตุ

- ก) ของนายตรวจทาง

- (1) จัดการปักป้ายแสดงสัญญาณเพื่อป้องกันอันตราย ตามข้อบังคับและระเบียบการเดินรถ



- (2) ให้การช่วยเหลือ ให้การปฐมพยาบาลทันทีแก่ผู้โดยสารและพนักงานของการรถไฟฯ ที่ได้รับบาดเจ็บ และช่วยผู้ที่ติดอยู่ในรถ ถ้ามีแพทย์มาด้วยในขบวนรถก็ให้ขอความช่วยเหลือทันที
 - (3) แจ้งนายสถานีทางสะดวกที่ใกล้ที่สุดทราบ หลังจากได้สำรวจสภาพการอย่างคร่าว ๆ แล้วให้แจ้งนายสถานีทางสะดวกที่อยู่ใกล้ที่สุดทราบโดยย่อถึงลักษณะและขอบเขตของเหตุอันตรายพร้อมกับระบุจำนวนผู้เสียชีวิต ถ้ามีให้พิจารณาว่าฝ่ายใดควรต้องทราบอะไรบ้าง และดูมิให้ขาดตกข้อความที่เกี่ยวข้อง
 - (4) การขนส่งสิ่งกีดขวางออกในเบื้องต้น จัดการขนย้ายสิ่งกีดขวางเท่าที่จะไม่เป็นการเสียหาย หรือทำลายหลักฐานเกี่ยวกับเหตุอันตรายออก โดยใช้วัสดุและสิ่งอำนวยความสะดวกใด ๆ เท่าที่มีอยู่จนกว่าขบวนรถช่วยเหตุอันตรายจะมาถึง
 - (5) รายงานทางโทรศัพท์แจ้งสภาพการและการดำเนินงานขั้นต้นให้สารวัตรแขวงบำรุงทางทราบ ให้แจ้งสาเหตุของเหตุอันตรายหรือความเห็นของตนเองว่าอะไรเป็นสาเหตุ แจ้งสภาพความเสียหายและรายงานความช่วยเหลือทางวัสดุและแรงงานเพียงพอ
 - (6) บันทึกรายละเอียด ให้บันทึกรายละเอียดของเหตุอันตรายและลักษณะพิเศษใด ซึ่งเกี่ยวกับสาเหตุอันอาจเป็นประโยชน์ในการสอบสวน
 - (7) รักษาร่องรอย ให้รักษาร่องรอยทุกอย่างไว้และบันทึกลักษณะ และระยะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันของรอยล้อทั้งหมดที่ปรากฏอยู่บนราง บนหมอน และบนเครื่องยึดเหนี่ยว (โดยเฉพาะระหว่างจุดเริ่มปั่นรางและตจจากราง) เพื่อให้สามารถเขียนแผนผังสังเขปที่เกิดเหตุได้ถูกต้อง
- ข) การปฏิบัติของสารวัตรแขวงบำรุงทาง
- (1) ตรวจสอบว่าการปฏิบัติตามที่กำหนดไว้ในข้อ ก. ข้างบนนั้น นายตรวจทางได้กระทำไปโดยถูกต้องครบถ้วนแล้วหรือไม่ ถ้าสารวัตรแขวงบำรุงทางเป็นผู้มาถึงที่เกิดเหตุก่อนก็ควรดำเนินการเสียเองตามที่กำหนดไว้แล้วนั้น
 - (2) ในกรณีรถตกราง ต้องตรวจสอบสภาพของทางถาวร และล้อเลื่อนพร้อมกับเจ้าหน้าที่ท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องซึ่งอยู่ ณ ที่เกิดเหตุ แล้วร่วมกันทำบันทึกรายละเอียดของการตรวจใน แบบพิมพ์บันทึกการตรวจและพิจารณาวินิจฉัยในกรณีรถตกราง ซึ่งจะต้องส่งสำเนาให้ผู้เกี่ยวข้องต่อไป
 - (3) ติดต่อวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต นายสถานีทางสะดวกและพนักงานควบคุมการเดินรถแขวง แจ้งรายละเอียดว่ากำลังปฏิบัติการอยู่อย่างไร และควรแจ้งให้ทราบด้วยว่า ขบวนรถจะผ่านได้เมื่อใด การแจ้งวิศวกร



กำกับการกองบำรุงทางเขตควรรายงานความต้องการความช่วยเหลือทางวัสดุ และแรงงานด้วย

- (4) จัดวิธีดำเนินงานเพื่อให้การเดินรถเข้าสู่สภาพเดิมโดยเร็วและดูแลให้งานนั้น ดำเนินการต่อเนื่องจนกว่าจะแล้วเสร็จ
- (5) ตรวจสอบการให้ทางสะดวก ขอดูตัว หรือแผ่นตราทางสะดวก และระบบอาณัติ สัญญาณอื่น ๆ
- (6) จัดทำรายงานเหตุอันตรายเบื้องต้น

ค) การปฏิบัติของวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต

- (1) ตรวจสอบว่าได้มีการดำเนินงานเพื่อให้ขบวนรถผ่านได้ตามปกติไว้แล้วอย่างพอเพียง และดูแลให้งานสำเร็จลุล่วงไปโดยเร็ว
- (2) ประเมินการความเสียหายเบื้องต้นพร้อมทั้งรายงานสถานการณ์ และต้องการความช่วยเหลืออย่างไรใด ตลอดจนประมาณเวลาเปิดทาง ได้ ให้วิศวกรใหญ่ฝ่ายการช่างโยธาทราบ วิศวกรใหญ่หรือรองวิศวกรใหญ่ ฝ่ายการช่างโยธา อาจไปยังที่เกิดเหตุในกรณีที่มีเหตุอันตรายร้ายแรง
- (3) พิจารณาเสนอความเห็นต่อจากรายงานของสารวัตรแขวงบำรุงทางตามลำดับขั้น ขึ้นไป การที่จะเสนอรายงานโดยไม่มีบันทึกอย่างใดอื่นนอกจากคำว่า “เพื่อทราบ” นั้น ไม่เป็นการเพียงพอควรต้องแจ้งรายละเอียดให้ชัดแจ้งยิ่งขึ้น เว้นไว้แต่จะเป็นเหตุอันตรายและเหตุการณ์เล็ก ๆ น้อย ๆ จุดประสงค์ ของรายงานนั้นไม่ใช่ให้แจ้งแต่เพียงว่ามีเหตุการณ์เกิดขึ้น แต่ต้องชี้แจง ด้วยว่าเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร ในรายงานต้องแจ้งให้ทราบถึงสาเหตุ ที่ก่อให้เกิดเหตุอันตราย และต้องเสนอวิธีป้องกันอันตรายในทำนองเดียวกันนั้น มิให้เกิดขึ้นได้ในภายภาคหน้าด้วย

ง) การรายงานต่อวิศวกรใหญ่ฝ่ายการช่างโยธา

- (1) เมื่อเปิดการเดินรถได้ตามปกติแล้ว สารวัตรแขวงบำรุงทางต้องเสนอรายละเอียด ตามแบบรายงานเหตุอันตราย ไปยังวิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต ผู้ซึ่งจะเสนอความเห็นตามลำดับขั้นต่อไปยังวิศวกรใหญ่ฝ่ายการช่างโยธา โดยเร็ว ที่สุด ในรายงานนั้นต้องมีรายละเอียดดังนี้
 - ลักษณะของเหตุอันตราย
 - สาเหตุ
 - รายละเอียดที่เกี่ยวกับผู้โดยสาร และพนักงานของการรถไฟฯ ที่เสียชีวิตและ บาดเจ็บ
 - ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับทางและสิ่งปลูกสร้าง



- รายละเอียดเกี่ยวกับฝนตก และการเดินตรวจทาง (ถ้ามีจัดไว้)
ในกรณีที่ทางชำรุดเพราะน้ำท่วม
- การดำเนินงานเพื่อเปิดทางให้ขบวนรถผ่าน
- เวลาที่ซ่อมทางเสร็จ
- รายละเอียดเกี่ยวกับสภาพของทางก่อนถึงจุดตรวจ
- ข้อความอื่น ๆ อันอาจเป็นประโยชน์ในการชี้ให้เห็น สาเหตุของเหตุอันตราย
นี้ได้ ในรายงานนี้จะต้องเสนอรูปสังเขปแสดงมิติที่สำคัญ ๆ สถานที่ตั้งอยู่
ของล้อเลื่อน รอยล้อรถที่ ตรวจ รอยบนราง

(2) ถ้ามีความเสียหายเพราะน้ำท่วม วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต
ต้องดำเนินการสืบสวนแล้วเสนอรายงานตามหลักวิชาพร้อมแผนผังไปยังวิศวกร
ใหญ่ฝ่ายการช่างโยธาทายในหนึ่งเดือน หลังจากเปิดการเดินรถแล้ว ในรายงานให้
เสนอวิธีแก้ไขที่จำเป็นโดยละเอียดพร้อมทั้งรูปตัดทางหรือประวัติทางประธาน
(ถ้ามี) ของจุดหรือตอนที่ได้รับ ความเสียหาย

7.1.23 การตรวจสภาพที่รถตรวจและทำแผนผังสังเขป

พนักงานบำรุงทางผู้ไปถึง ณ ที่เกิดเหตุต้องปฏิบัติ ดังต่อไปนี้

- ก) ตรวจดูสถานที่เกิดเหตุให้ทั่วตลอดจนทางที่ขบวนรถเพิ่งผ่านมาตรวจ แล้วบันทึก
สิ่งที่สังเกตเห็นว่าผิดปกติโดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนของรถหรือวัสดุอื่น ๆ ที่ตกอยู่บนทาง
หรือใกล้ทาง
- ข) ทำรูปสังเขปแสดงระยะต่าง ๆ ทั่วบริเวณที่เกิดเหตุเพื่อให้สามารถถอดทำเป็นแผนผัง
ฉบับแจ้งมิติ และแสดงลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งรวมทั้งทางรถไฟย้อนหลัง
จากจุดที่ตกจากราง (เช่น ระยะกิโลเมตรรีคมีโค้งอัตราส่วนลาดทางผ่านเสมอระดับ
สะพาน และขอบเขตของทางถมทางตัด เป็นต้น) รอยล้อรถที่ตรวจ จุดที่ล้อรถเริ่ม
ปีนราง และที่ตกจากรางล้อรถคู่ใดของรถหลังใดตรวจก่อน จุดที่รถตรวจแล้ว
มาหยุดอยู่ และจุดที่พบรางหรือบางส่วนของราง และส่วนประกอบต่าง ๆ ที่หลุดออก
สำหรับการตรวจในย่านสถานี แผนผังที่ทำขึ้นนั้นควรแสดงทางรถไฟที่ข้างเคียงกัน
ให้พอที่จะชี้ให้เห็นการเคลื่อนไหวของขบวนรถที่ตรวจและบันทึกไว้ให้ถูกต้องด้วย
ว่าขณะที่เกิดเหตุ นั้นสัญญาณประจำที่อยู่ที่ไหนทำใด
- ค) วัดความกว้างของทาง และความแตกต่างของระดับรางทั้งสองข้าง ตรงหัวต่อรางทุก ๆ
แห่ง และที่ตรงจุดวัดค่ามิติทางเรขาคณิตของทาง ย้อนหลังเป็นระยะทางไม่น้อยกว่า
125 เมตร ก่อนจะถึงรอยแรกของล้อที่ตกจากรางแล้วบันทึกลงในรายงาน
ถ้าเหตุอันตรายเกิดขึ้นในทางโค้ง ให้วัดระยะลูกศรตามวิธีสอบโค้งด้วยเส้นเชือก



ดังมีกำหนดไว้ในแบบพิมพ์บันทึกการตรวจและพิจารณาวินิจฉัยในกรณีรถราง ในช่วงทางดังกล่าวนี้ ให้บันทึกว่ามีหมอนท่อนใดคู่หรือชำรุดมากน้อยเพียงใดอยู่ ณ ที่ใด รางคดงหรือไม่และสึกหรอเพียงใด หินโรยทางมีบริบูรณ์หรือพร่องจากมาตรฐานเพียงใด เหล็กประกัประกับราง สลักเกลียวต่อราง เครื่องยึดเหนี่ยวราง ขาดหาย หลวมหรือชำรุดหรือไม่ นอกจากนั้น ให้บันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพของทางในตอนนั้นด้วยการวัดและการบันทึกดังกล่าวนี้เป็นหน้าที่ของสารวัตรแขวงบำรุงทาง ซึ่งอยู่ ณ ที่นั้น และต้องทำร่วมกับเจ้าหน้าที่ท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะต้องลงนามรับรองว่าบันทึกต่าง ๆ ตามแบบพิมพ์บันทึกการตรวจและพิจารณาวินิจฉัยในกรณีรถราง นั้นถูกต้องดีแล้ว

- ง) ตรวจดูรถที่ตกรางเพื่อค้นหาสิ่งชำรุดซึ่งมิได้เป็นผลมาจากการตกราง แต่อาจจะเป็นสาเหตุทำให้รถตกรางได้ แล้วบันทึกไว้ ความชำรุดของล้อเลื่อนซึ่งตามปกติอาจทำให้รถตกรางได้เป็นอย่างมาก คือ หม้อเพลสชำรุด แหนบแบนหรือหัก ระยะระหว่างคู่ล้อเลื่อนผิดจากมาตรฐาน และปลอกล้อสึกความสึกของล้อให้วัดด้วยเครื่องวัดเฉพาะ พนักงานบำรุงทางทุกคนควรศึกษาให้รู้พิภักสูงและต่ำต่าง ๆ ที่อนุญาตไว้เพื่อจะได้เข้าใจสังเกต วิธีตรวจสอบล้อและเพลสหลังจากเกิดเหตุอันตราย หากมีกรณีสงสัยและวัดสอบไม่ได้ ณ ที่เกิดเหตุ ก็ให้แจ้งให้ฝ่ายที่เกี่ยวข้องดำเนินการวัดสอบให้แน่ชัดในภายหลัง เพื่อใช้ประกอบการพิจารณา
- จ) บันทึกจุดที่พบเครื่องประกอบหรืออุปกรณ์ของรถที่หัก หลุด และเครื่องประกอบของทางรถไฟที่สงสัยว่าจะเป็นสาเหตุทำให้รถตกราง ที่ตกอยู่ให้ครบถ้วนแล้วแนบไปกับแบบพิมพ์บันทึกการตรวจและพิจารณาวินิจฉัยในกรณีรถรางด้วย พร้อมภาพถ่ายถ้าสามารถทำได้ ต้องตรวจสอบสภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์ดังกล่าวว่ามีรอยร้าวเก่าเป็นสนิม หรือรอยร้าวใหม่สีตะกั่ว หากเป็นแหนบก็ให้ตรวจสอบว่าอยู่ในชั้นใด และหักระยะห่างจากปลายนอกสุดเท่าใด
- ฉ) ถ้าทำได้ตรวจและบันทึกสภาพการบรรทุกของในรถบรรทุกที่ตกราง การบรรทุกเกินพิกัดหรือเฉลี่ยน้ำหนักไม่สม่ำเสมอบางครั้งเป็นสาเหตุทำให้รถตกรางได้ การตรวจเกี่ยวกับเรื่องนี้เป็นหน้าที่ของพนักงานผู้รับผิดชอบโดยเฉพาะซึ่งจะต้องกระทำต่อหน้าเจ้าหน้าที่ท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องพึงระมัดระวังในการตรวจเพื่อให้แน่นอนว่าการบรรทุกไม่สม่ำเสมอดังที่ปรากฏนั้นมีใช่เป็นผลมาจากเหตุอันตรายนั้นเองทำให้สัมภาระเคลื่อนที่
- ช) ตรวจดูรายงานผลการซ่อมทาง เพื่อให้ทราบว่ามี การซ่อมทางช่วงนั้นครั้งสุดท้ายเมื่อใด

7.1.24 การเปิดทางให้ขบวนรถผ่าน

- ก) การประสานงานระหว่างฝ่าย ฝ่ายการช่างกลรับผิดชอบในการยกรถหรือส่วนของรถที่ชำรุดซึ่งกีดขวางทางเนื่องจากเหตุอันตรายให้พ้นทาง ฝ่ายการช่างโยธา



รับผิดชอบในการซ่อมทาง เมื่อมีการประสานงานควรให้ความร่วมมือ เพื่อจะสามารถเปิดทางให้ขบวนรถผ่านได้ด้วยความเร็ว

- ข) การซ่อมทางชำรุด ในเบื้องต้นควรซ่อมทางเพียงพอที่จำเป็น เพื่อให้รถผ่านได้ โดยเสียเวลาแต่น้อย โดยรับจัดหาวัสดุต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ เสร็จแล้วจึงปรับปรุงทางตอนนั้นให้เข้าสู่มาตรฐานภายหลัง
- ค) ประแจ ในกรณีที่เกิดความเสียหายอย่างมากแก่ประแจ ในทางเปิดให้ใช้วิธีใดก็ตามที่จะให้รถผ่านได้โดยเร็วที่สุด แม้จะต้องใช้รางท่อนเดียวเปลี่ยนแทนรางประกอกลื่นและรางลื่น หรือ หัวตะเฒ่ ก็ให้จัดทำได้
- ง) ทางขาด ในกรณีทางขาดตามปกติควรให้น้ำลดลงเสียบ้างก่อนที่จะพยายามอุดช่องโหว่หรือสร้างสะพานชั่วคราว หรือสะพานแบบลื่น
- จ) ทางเบี่ยง ถ้าจำเป็นต้องใช้วิธีสร้างทางเบี่ยงชั่วคราว เพื่อให้ขบวนรถผ่านรถทุกขบวน ต้องหยุดก่อนเดินเข้าสู่ทางเบี่ยงแล้วจึงผ่านเข้าไปโดยใช้ความเร็วไม่เกิน 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตลอดระยะทางที่ใช้ทางเบี่ยงนั้น
- ฉ) การใช้แม่แคร่รางเหล็กเป็นสะพานช่วงสั้นในกรณีฉุกเฉินอาจใช้แม่แคร่รางเหล็กช่วงยาวไม่เกิน 4.50 เมตร ได้เป็นการชั่วคราว โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- (1) แม่แคร่รางเหล็กต้องวางเต็มขนาดความกว้างของคอกหมูที่ทำด้วยหมอนไม้ที่รองรับแคร่ให้ใช้ไม้เหลี่ยมสะพานขนาด 30 x 30 ซม. หรือให้ใช้หมอนวางขวางชิดกัน และต้องมีความยาวให้เพียงพอที่จะวางแม่แคร่รางเหล็กได้ทั้งสองแคร่
- (2) ที่ปลายแม่แคร่รางเหล็กต้องตีตะปูรางยึดกับไม้ที่รองรับ
- (3) แต่ละแม่แคร่ ซึ่งมีจำนวนรางไม่เป็นคู่ ต้องวางคว่ำหงายสลับกัน คือ วางรางคว่ำหนึ่งท่อนหงายหนึ่งท่อน ชิดกัน และวางท่อนริมนอกทั้งสองท่อนเอาสันขึ้น ต้องรัดแม่แคร่รางเหล็กให้แน่นด้วยเหล็กรัดที่ริมตะม่อหรือเสาต๊อบหรือคอกหมู และตอนกลางช่องทุกระยะไม่เกิน 1.50 เมตร หรืออาจจะใช้หมอนประกบข้างใต้แม่แคร่ และร้อยด้วยสลักเกลียวขันติดกับหมอนในทาง หมอนเว้นหมอน แล้วอัดลิ้มรัดแม่แคร่ให้แน่นก็ได้ ทั้งนี้ต้องไม่ใช่รางที่สึกหรอมากทำแม่แคร่
- (4) ให้ใช้แม่แคร่รางเหล็กนี้ได้รางที่รถเดินแต่ละข้าง โดยให้ศูนย์กลางของแม่แคร่อยู่ใต้ศูนย์กลางของรางที่รถเดินพอดี และแม่แคร่ทั้งสองข้างนั้นต้องอยู่ในระดับเดียวกันจริง ๆ เพื่อที่จะให้รางทุกท่อนรับเฉลี่ยน้ำหนักโดยสม่ำเสมอ
- (5) การรัดแม่แคร่รางเหล็กด้วยเหล็กรัด จะต้องตรึงหมอนติดกับแม่แคร่รางเหล็กทุก ๆ หมอนท่อนที่ 3 (หมอนเว้น 2 หมอน) ด้วยเหล็กรัดหรือจะใช้หมอนประกบข้างข้อ 3) ก็ได้



- (6) ความเร็วของขบวนรถต้องไม่เกิน 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รางที่จะใช้ทำแม่แคร่รางเหล็กควรเป็นรางเก่าที่ยังใช้วางในทางหลักได้ จำนวนรางในแม่แคร่หนึ่ง ๆ ที่ต้องใช่วางใต้รางที่รถเดินแต่ละข้างสำหรับช่วงต่าง ๆ นั้น ต้องไม่น้อยกว่าจำนวนที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

ช่วงเป็นเมตร	ราง 50 ปอนด์	ราง 60 ปอนด์	ราง 70 ปอนด์
1.50	7	5	5
2.00	7	7	5
2.50	9	9	7
3.00	13	11	9
3.50	17	13	11
4.00	21	17	13
4.50	25	21	17

ให่วางแม่แคร่รางเหล็กเป็น 2 ชั้น ได้เมื่อจำเป็น แต่ชั้นล่างต้องมีจำนวนรางไม่เกิน 15 ท่อนในแม่แคร่หนึ่ง ๆ ช่วงที่ให้ไว้นี้ หมายถึงช่วงระหว่างศูนย์กลางของที่รองรับแม่แคร่ (Effective span)

- (7) การใช้แม่แคร่รางเหล็กเป็นสะพานสั้น อาจใช้แบบแม่แคร่รางลูกบวบชนิดแขวนหรือแบบเสาแทรกหัวราง ตามแผนผังที่กำหนดก็ได้ ถ้ามีอุปกรณ์ครบวิธีนี้สะดวก เพราะไม่ต้องสอดแม่แคร่รางเหล็กเข้าใต้ราง

7.1.25 การจัดแรงงาน

- ก) ในการซ่อมทางให้รถผ่านได้นั้น ข้อสำคัญในอันดับแรก คือ ต้องใช้แรงงานมาก วิศวกรกำกับการกองบำรุงทางเขต สารวัตรแขวงบำรุงทาง และนายตรวจทางควรจะรู้ไว้ว่าเมื่อเกิดทางขาดหรือรถถกรางร้ายแรงในทางของตน มีแหล่งใดบ้างที่จะได้แรงงานมาโดยเร็ว ถ้าสามารถทำได้ก็ส่งแรงงานไปยังที่เกิดเหตุโดยเร็วควรจัดการเรื่องอาหารที่พัก และน้ำให้เพียงพอสำหรับให้แก่แรงงานเมื่อจำเป็น
- ข) แรงงานอาจได้มาโดยทางใดทางหนึ่ง หรือหลายทาง ดังต่อไปนี้
- (1) ส่งผู้รับจ้างตามสัญญาจ้างฯ ซ่อมบำรุงทาง จัดแรงงานไปดำเนินการแก้ไขในที่ที่เกิดเหตุ
 - (2) ส่งคนงานให้ไปยังที่เกิดเหตุ
 - (3) ติดต่อสอบถาม และขอความช่วยเหลือจากแขวงบำรุงทางใกล้เคียง
 - (4) จ้างเอกชนในท้องถิ่นนั้น



7.1.26 การขนถ่าย

ในกรณีทางขาด ทางหลุด ถ้าปรากฏว่ารางแขวน ห้ามใช้รถบำรุงทางขนถ่ายผู้โดยสารหรือสินค้า จนกว่าจะได้ซ่อมและเสริมกำลังทางตอนนั้นให้แข็งแรงแล้วโดยตั้งคอกหมูหรือดัดเสาชั่วคราวควรระมัดระวางให้รางทั้ง 2 ข้างได้ระดับที่ถูกต้องและรางไม่ถ่างออกเมื่อรับน้ำหนัก

เอกสารอ้างอิง

- [1] ฝ่ายการช่างโยธา, “คู่มือบำรุงทาง”, การรถไฟแห่งประเทศไทย, 2016
- [2] ฝ่ายการช่างโยธา, “คู่มือการปฏิบัติการบำรุงทางตามวาระ”, การรถไฟแห่งประเทศไทย, 1973
- [3] มขร S-T-001-256x: มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ
- [4] มขร S-T-004-256x: มาตรฐานการออกแบบทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง
- [5] มขร S-T-007-256x: มาตรฐานองค์ประกอบของทางรถไฟ
- [6] มขร S-T-009-256x: มาตรฐานความปลอดภัยบนทางรถไฟ
- [7] D&C 007-256x: คู่มือการออกแบบและก่อสร้างองค์ประกอบของทางรถไฟ (หมอนรองราง)
- [8] American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA), “AREMA Manual for Railway Engineering”, American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association, Landover, Maryland, Chapter 30, 2012
- [9] Arpit Todewa, Omkar Kenjale, Shital Shinde, Swati Takalkar, “Automatic Fastener Classification And Defect Detection In Vision-Based Railway Inspection Systems”, International Journal of Emerging Technology and Computer Science, Volume: 01, Issue: 02, p21-27, 2016
- [10] Burton G. A., Pitt R., 2002. Stormwater Effects Handbook: A Toolbox for Watershed Managers, Scientists, and Engineers. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA.
- [11] C. Alippi, E. Casagrande, F. Scotti, and V. Piuri, “Composite Real-Time Image Processing For Railways Track Profile Measurement”, IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 49, no. 3, pp. 599–564, Jun. 2000.
- [12] Christensen E. R., Li A., 2014, Physical and Chemical Processes in the Aquatic Environment. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- [13] EN 13146-1 Railway applications – Track
- [14] Environmental, Health, and Safety Guidelines, RAILWAYS, WORLD BANK GROUP.
- [15] Gilbert R. O., 1987. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York, New York, USA.
- [16] IFC, 2007. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Railways. International Finance Corporation (IFC), World Bank Group, Washington, DC, USA.
- [17] Ministry of Railway, “Standard for Construction Quality Acceptance of Railway Track Engineering”, China Railway Publishing House, China, 2003
- [18] ORR, 1994. Railway Operations and Environment Guidance. Office of Rail and Road (ORR), London, UK.
- [19] Q. Yang and J. Lin, “Track Gauge Dynamic Measurement Based On 2D Laser Displacement Sensor”, in Proc. Int. Conf. Mech. Autom. Control Eng., Chengdu, China, pp. 5473–5476, Jul. 2011.
- [20] Soonthornnonda P., Christensen E. R., Liu Y., Li J., 2008. A Washoff Model for Stormwater Pollutants. Science of the Environment 402, 248–256.

- [21] Thiago Bizarria Do Carmo, “Multifaceted Approach for the Analysis of Rail Pad Assembly Response”, Thesis, Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign, 2014
- [22] Transit noise and vibration impact assessment, FTA-VA-90-1003-06, Federal Transit Administration, May 2006.
- [23] Vo P. T., Ngo H. H., Guo W., Zhou J. L., Listowski A., Du B., Wei Q., Bui X. T., 2015. Stormwater Quality Management in Rail Transportation – Past, Present and Future. Science of the Environment 512–513, 353–363.



ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก-1 แสดงตัวอย่าง บัญชีค่าความคลาดเคลื่อนของทาง กม.401

ตอน..... แขวง..... เขต.....

จุดที่วัด		ความไม่สม่ำเสมอของทาง (มม.)						วันที่ตรวจสอบ	หมายเหตุ
กม.	สทล. จุดที่	ขนาดทาง	ระดับตามขวาง	ระดับตามยาวซ้าย	แนวรางซ้าย	ระดับตามยาวขวา	แนวรางขวา		
401	1/1	+4	-2	-3	+5	+3	+0		
		+1	+0	-1	1	-0	-0	22 มค. 15	(หลังซ่อมเบ้า)
	1/2								
			ฯลฯ			ฯลฯ		ฯลฯ	
รวม	+	+5	+8	+20	+5	+22	-5		ก่อนซ่อมเบ้า
	-	-1	-8	-20	-5	-18	+5		
16 ชุด	+	+0	+2	+5	+2	+5	+0		
	-	-0	-1	-5	-0	-5	-2		

ผู้ตรวจสอบ..... นตท.....



ตารางที่ ก-2 ตัวอย่างการบันทึกการตรวจสอบคุณภาพของ _____ (itemized lot)

ชื่อหน่วยงานหลัก															
ชื่อส่วนงานย่อย															
ชื่อรายการ				สถานที่ตั้ง											
ผู้รับเหมาก่อสร้าง				หัวหน้าโครงการ											
ชื่อและมาตรฐานที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ															
ข้อกำหนดของมาตรฐานที่ยอมรับได้ในงานก่อสร้าง				บันทึกการตรวจสอบและประเมินผลโดยผู้รับเหมาก่อสร้าง								บันทึกการประเมินของหน่วยงานที่กำกับดูแล			
รายการพิเศษ	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
	6														
รายการทั่วไป	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
ผลการตรวจสอบและประเมินผลโดยผู้รับเหมา		คุณสมบัติเฉพาะ คุณสมบัติทางเทคนิค คุณสมบัติทั่วไป												วันที่:	
ยืนยันผลสรุปการตรวจประเมิน		วิศวกรกำกับดูแล												วันที่:	



ตารางที่ ก-3 ตัวอย่างการบันทึกการตรวจสอบคุณภาพของ _____ (itemized works)

ชื่อหน่วยงานหลัก			
ชื่อส่วนงานย่อย		จำนวน	
ผู้รับเหมาก่อสร้าง		หัวหน้าโครงการ	
หมายเลข ประจำเครื่อง	พื้นที่ตรวจสอบ	บันทึกการตรวจสอบและประเมินผล โดยผู้รับเหมาก่อสร้าง	ยืนยันผลการตรวจสอบและประเมินผล
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
บันทึก:			
บันทึกการตรวจสอบและประเมินผล โดยผู้รับเหมาก่อสร้าง		คุณสมบัติทางเทคนิค	วันที่:
ยืนยันผลการตรวจสอบและประเมินผล		วิศวกรกำกับดูแล	วันที่:



ตารางที่ ก-4 ตัวอย่างการบันทึกการตรวจสอบคุณภาพของ _____ (partitioned works)

ชื่อหน่วยงานหลัก					
ผู้รับเหมาก่อสร้าง					
หัวหน้าโครงการ		หัวหน้าโครงการ		หัวหน้าโครงการ	
S/N	รายละเอียดงาน	จำนวน	บันทึกการตรวจสอบและประเมินผล โดยผู้รับเหมาก่อสร้าง	ยืนยันผลการตรวจสอบและประเมินผล	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
ข้อมูลการควบคุมคุณภาพ					
รายงานความปลอดภัยและการตรวจสอบ (ทดสอบ)					
	ผู้รับเหมาก่อสร้าง				วันที่:
	หน่วยสำรวจและออกแบบ				วันที่:
	หน่วยงานกำกับดูแล	วิศวกรกำกับดูแล	วันที่:		

หมายเหตุ: 1 หน่วยสำรวจและออกแบบมีส่วนร่วมในการยอมรับค่าที่แบ่งส่วนงานย่อยของเส้นทาง
 2 การตรวจสอบข้อมูลความปลอดภัยและการเก็บตัวอย่างการควบคุมคุณภาพจะต้องเป็นไปตามตาราง ก7 และ ก8



ตารางที่ ก-5 ตัวอย่างการบันทึกการตรวจสอบคุณภาพของหน่วยงาน (record on quality acceptance of unit works)

ชื่อหน่วยงาน					
วันที่เริ่ม		วันที่สิ้นสุด			
ผู้รับเหมาก่อสร้าง					
หัวหน้าโครงการ		หัวหน้าโครงการ		หัวหน้าโครงการ	
หมายเลข ประจำเครื่อง	รายการ	บันทึกรายการตรวจรับ		ผลการตรวจรับ	
1	การแบ่งงาน การจ่ายงาน	รายการทั้งหมด: ____ (จำนวน) งาน จำนวนการตรวจสอบมี ____ (จำนวน) ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดและมาตรฐานการ ออกแบบ			
2	การควบคุมข้อมูลการตรวจสอบ	รายการทั้งหมด: ____ (จำนวน) รายการ จำนวนรายการ ____ รายการ ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดและมาตรฐาน จำนวนรายการ ____ รายการ ที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดและมาตรฐาน			
3	ผลการตรวจสอบและการสุ่มทดสอบ ตัวอย่าง	รายการทั้งหมด: ____ (จำนวน) รายการและการสุ่มตัวอย่าง จำนวนรายการ ____ รายการ ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดและมาตรฐาน จำนวนรายการ ____ รายการ ที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดและมาตรฐาน			
4	การตรวจรับคุณภาพ	รายการทั้งหมด: ____ (จำนวน) รายการตรวจสอบ จำนวนรายการ ____ รายการ ที่ผ่านการประเมิน จำนวนรายการ ____ รายการ ที่ไม่ผ่านการประเมิน			
5	การตรวจสอบอื่นๆ				
หน่วยตรวจรับ	ผู้รับเหมาก่อสร้าง	หน่วยงานกำกับดูแล	หน่วยงานการสำรวจและออกแบบ	ผู้ว่าจ้าง	
	(official seal) หัวหน้าหน่วยงาน วันที่:	(official seal) วิศวกรกำกับดูแล วันที่:	(official seal) หัวหน้าโครงการ วันที่:	(official seal) ผู้ว่าจ้าง วันที่:	



ตารางที่ ก-6 ตัวอย่างบันทึกการตรวจสอบคุณภาพของหน่วยงาน

ชื่อหน่วยงานหลัก				
ผู้รับเหมาก่อสร้าง				
ลำดับ	รายการ	สำเนา	ความเห็น	ผลการตรวจสอบ
1	Joint review of drawings, design change, negotiation record			
2	Positioning measurement, setting-out record or works			
3	Ex-factory pass certificate and admission inspection (test) report of raw materials			
4	Construction test report			
5	Ex-factory pass certificate or test report of finished products and semi-finished products			
6	Record on acceptance of concealed works			
7	Construction record			
8	Data on engineering quality accident and accident investigation and handling			
9	Record on inspection of quality management of construction site			
10	Record on quality acceptance of itemized works and partitioned works			
11	New material and new process construction record			
12				
13				
14				
สรุปผล				
หัวหน้าโครงการ (ผู้รับเหมา)		วิศวกรกำกับงาน		
วันที่:		วันที่:		

หมายเหตุ: ผู้ตรวจสอบ คือ บุคลากรของหน่วยงานที่กำกับดูแล



ตารางที่ ก-7 ตัวอย่างการบันทึกผลการสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบข้อมูล

ชื่อหน่วยงานหลัก				
ผู้รับเหมาก่อสร้าง				
ลำดับที่	รายการที่ทำการตรวจประเมินหรือสุ่มตัวอย่าง	ตัวอย่างและสำเนา	ความคิดเห็น	ผลการตรวจสอบตัวอย่าง
1	Record on pullout resistance of anchorage			
2	Record on CA sand mortar test			
3	Record on inspection of rail welding type			
4	Record on inspection of cyclic production of rail welding			
5	Record on of rail detection			
6	Record on construction of fastening-down temperature of rail			
7	Record on observation of rail displacement			
8	Record on measurement of mechanical parameters of ballast beds			
9	Record on inspection of static quality of tracks			
10	Record on inspection of dynamic quality of tracks			
11				
12				
13				
14				
15				
สรุปผล				
หัวหน้าโครงการ (ผู้รับเหมา)		วิศวกรกำกับดูแล	หัวหน้าโครงการ	
วันที่:		วันที่:	วันที่:	

หมายเหตุ: 1 รายการที่เลือกสุ่มตัวอย่างและตรวจประเมินจะพิจารณาจากผลการเจรจาต่อรอง

2 ผู้ตรวจสอบต้องเป็นบุคลากรของหน่วยงานกำกับดูแล



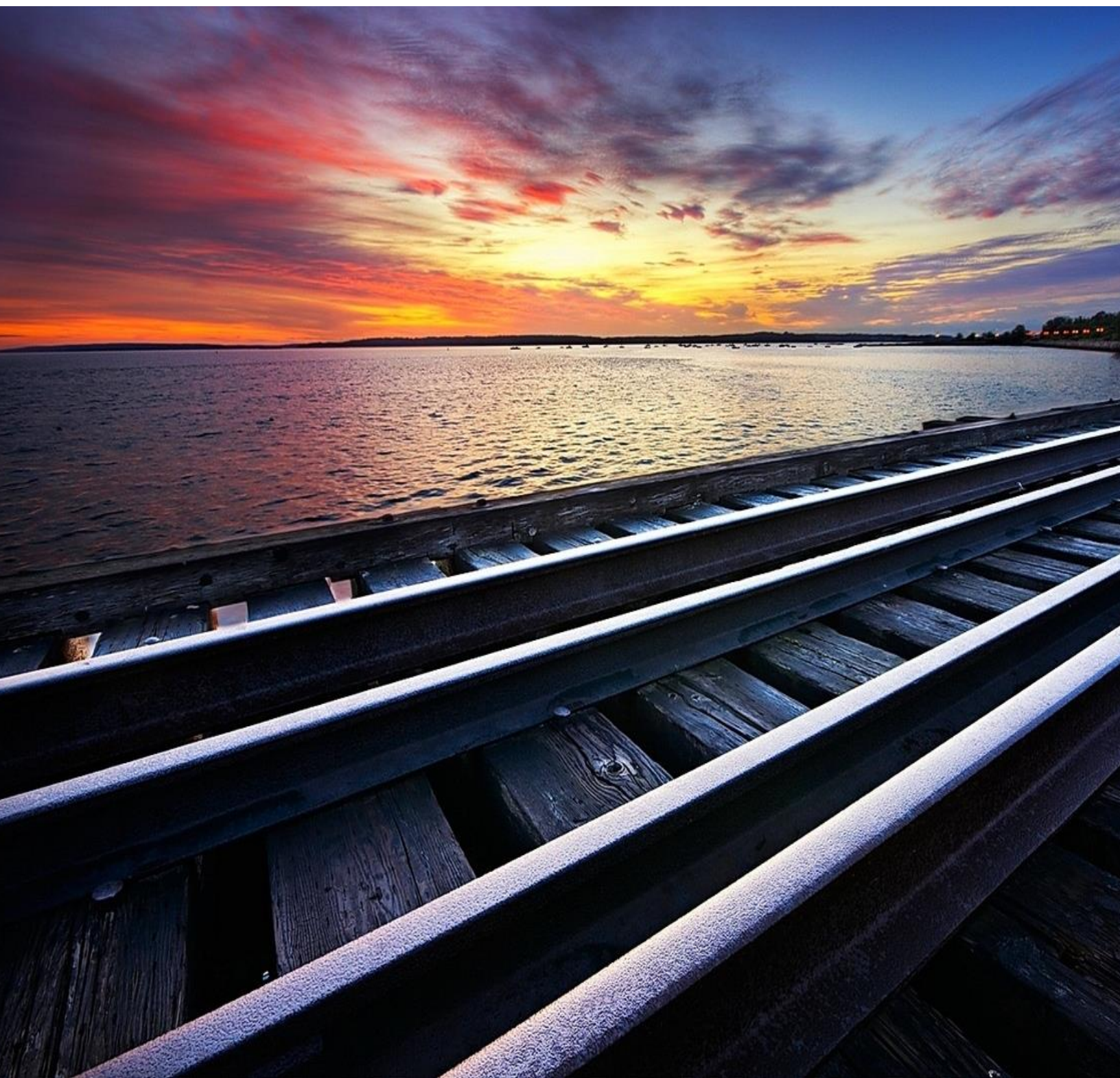
ตารางที่ ก-8 ตัวอย่างการบันทึกผลการตรวจสอบและประเมินคุณสมบัติของราง

ชื่อหน่วยงานหลัก				
ผู้รับเหมาก่อสร้าง				
หมายเลข ประจำเครื่อง	ชื่อรายการ	สถานะ	การประเมินคุณภาพ	
			ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	Base-post of route			
2	Ballast bed			
3	Ballastless bed			
4	Sleeper			
5	Rail			
6	Turnout			
7	Creep indication posts			
8	Reinforcing equipment			
9	Grade crossing			
10	Protective barrier			
11	Route and signal indicator			
12				
13				
14				
15				
สรุป:				
หัวหน้าโครงการ (ผู้รับเหมา)		วิศวกรกำกับดูแล	หัวหน้าโครงการ (ผู้จ้าง)	
วันที่:		วันที่:	วันที่:	

หมายเหตุ: การซ่อมแซมจะเกิดขึ้นเมื่อส่วนนั้นได้รับผลการประเมินว่า “ไม่ผ่าน”

กลุ่มที่ปรึกษาโครงการ





สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.)

35 ถนนเพชรบุรี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์ 02-2151515 โทรสาร 02-2155500