กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-(2006-2010):2569

ชุดมาตรฐานหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

(STANDARDS FOR CONCRETE SLEEPERS AND BEARERS)

● กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
● ทีมมาตรฐาน

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-(2006-2010):2569

ชุดมาตรฐานหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

(STANDARDS FOR CONCRETE SLEEPERS AND BEARERS)

- กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
- ทีมมาตรฐาน

www.rtrda.or.th info@rtrda.or.th rtrda.thailand @RTRDA_Th
@rtrdathailand rtrda.thailand Rail Technology Research and Development Agency

สทร. CT -(2006-2010):2569
ชุดมาตรฐานหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต
(Standards for Concrete Sleepers and Bearers)

ISBN 978-616-8382-22-6
พิมพ์ครั้งที่ 2 พฤษภาคม พุทธศักราช 2569 จำนวน 50 เล่ม
ลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน) กระทรวงคมนาคม
จัดทำโดยสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน) กระทรวงคมนาคม
พิมพ์ที่ บริษัท วิชั่นพรีเพรส จำกัด
29/9 หมู่ 2 ตำบลลาดหลุมแก้ว อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี 12140
โทรศัพท์ 02-147-3175-6

คำนำ

สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน) หรือ สทร. ได้จัดทำชุดมาตรฐานหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตฉบับนี้ขึ้นเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนอุตสาหกรรมภายในประเทศให้มีขีดความสามารถในการผลิตหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตที่มีคุณภาพและได้มาตรฐานในระดับสากล ชุดมาตรฐานหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตนี้ประกอบด้วยมาตรฐานทั้งสิ้น 5 ฉบับ ได้แก่

1) มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต
2) มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว
3) มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่
4) มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง
5) มาตรฐานชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบ

เพื่อใช้กำหนดหลักเกณฑ์และการรับรองสมรรถนะของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต รวมถึงแนวทางในการทดสอบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต โดยชุดมาตรฐานนี้ได้รับการพิจารณาและตรวจสอบอย่างรอบคอบผ่านกระบวนการรวบรวมข้อมูลมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตจากประเทศต่าง ๆ อาทิ ชุดมาตรฐานสหภาพยุโรป (EN 13230) มาตรฐานประเทศออสเตรเลีย (AS 1085.14) และมาตรฐานประเทศสหรัฐอเมริกา (AREMA Chapter 30) รวมถึงข้อกำหนดสำหรับการผลิตหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตที่ใช้กับระบบขนส่งทางรางในประเทศไทย อีกทั้งยังผ่านกระบวนการรับฟังความคิดเห็นเชิงลึกทางเทคนิคจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นตัวแทนจากหน่วยงานสำคัญของภาครัฐ ภาคเอกชนและภาคการศึกษา รวมถึงกลุ่มผู้ผลิตและผู้ทำการทดสอบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตทำให้ชุดมาตรฐานคุณสมบัติของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตฉบับนี้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทยและสามารถนำไปใช้เทียบเคียงกับมาตรฐานในระดับสากลได้

สทร. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดมาตรฐานหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตฉบับนี้จะมีส่วนผลักดันให้อุตสาหกรรมการผลิตหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตภายในประเทศสามารถเติบโตขึ้นได้อย่างยั่งยืนภายใต้มาตรฐานที่มีคุณภาพในระดับสากล

สารบัญ

หน้า

มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต
General Requirements for Concrete Sleepers and Bearers
(สทร. CT-2006:2569)
1. ทั่วไป 1
2. ขอบข่าย 2
3. มาตรฐานอ้างถึง 2
4. นิยามและสัญลักษณ์ 4
   4.1 นิยาม 4
   4.2 สัญลักษณ์ 5
5. ข้อกำหนดทั่วไป 6
   5.1 น้ำหนักบรรทุก 6
   5.2 โมเมนต์ดัดลักษณะเฉพาะ 7
   5.3 ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม 7
6. ข้อกำหนดสำหรับส่วนผสมคอนกรีต 9
   6.1 ปูนซีเมนต์ 10
   6.2 มวลรวม 10
   6.3 น้ำที่ใช้ผสม 11
   6.4 สารผสมเพิ่ม 11
   6.5 คอนกรีต 11
   6.6 เหล็กกล้า 12
   6.7 ส่วนประกอบฝังยึดของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง 13
7. ข้อกำหนดสำหรับการออกแบบและการผลิต 13
   7.1 ข้อกำหนดสำหรับการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต 13
   7.2 ข้อกำหนดสำหรับการผลิต 17
   7.3 การแต่งผิวคอนกรีต 19
   7.4 การทำเครื่องหมายบนผลิตภัณฑ์ 19
8. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์ 19
   8.1 พารามิเตอร์ทางกล 20
   8.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ 21
   8.3 การทดสอบคอนกรีต 21
   8.4 การทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง 22
   8.5 การทดสอบอื่น ๆ 22
9. ข้อกำหนดสำหรับการควบคุมคุณภาพ 22
   9.1 การควบคุมคุณภาพระหว่างการทดสอบยืนยันการออกแบบ 23
   9.2 การควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิต 24
10.เอกสารอ้างอิง 24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก. วิธีการทดสอบเพื่อหาค่าดัชนีการสึกหรอของ TABER สำหรับมวลรวมละเอียด	25
ภาคผนวก ข. วิธีการทดสอบเพื่อวัดการดูดซึมน้ำของคอนกรีตภายใต้ความดันบรรยากาศ	27
ภาคผนวก ค. นิยามและข้อเสนอแนะสำหรับการวัดความเอียงหรือลาดของพื้นที่รองรับราง และการบิดสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่รองรับราง	29
ภาคผนวก ง. การแต่งผิวคอนกรีต	30
ภาคผนวก จ. การควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิต – การทดสอบประจำและความถี่ในการทดสอบ	32

มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว
Prestressed Monoblock Sleepers
(สทร. CT-2007:2569)

1. ทั่วไป	39
2. ขอบข่าย	39
3. มาตรฐานอ้างถึง	39
4. นิยามและสัญลักษณ์	40
4.1 นิยาม	40
4.2 สัญลักษณ์	40
5. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์	42
5.1 ทั่วไป	42
5.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ	42
5.3 ตัวอย่างทดสอบ	45
5.4 การเตรียมการทดสอบ	46
5.5 วิธีการทดสอบ	48
5.6 เกณฑ์การทดสอบ	57
6. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ	58
6.1 ทั่วไป	58
6.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่พื้นที่รองรับรางและที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต	58
6.3 การทดสอบคอนกรีต	59
6.4 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์	59
6.5 การทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง	59
7. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบประจำ	59
7.1 ทั่วไป	59
7.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่พื้นที่รองรับราง	59
7.3 การทดสอบคอนกรีต	59
8. ข้อกำหนดสำหรับการผลิต	60
9. เอกสารอ้างอิง	60

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่
Twin-block Reinforced Sleepers
(สทร. CT-2008:2569)
1. ทั่วไป 65
2. ขอบข่าย 65
3. มาตรฐานอ้างถึง 66
4. นิยามและสัญลักษณ์ 66
   4.1 นิยาม 66
   4.2 สัญลักษณ์ 66
5. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ 68
   5.1 ทั่วไป 68
   5.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ 68
   5.3 ตัวอย่างทดสอบ 71
   5.4 การเตรียมการทดสอบที่พื้นที่รองรับราง 71
   5.5 วิธีการทดสอบ 73
   5.6 เกณฑ์การทดสอบ 78
6. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ 79
   6.1 ทั่วไป 79
   6.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่พื้นที่รองรับราง 79
   6.3 การทดสอบคอนกรีต 79
   6.4 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 79
   6.5 การทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง 79
7. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบประจำ 80
   7.1 ทั่วไป 80
   7.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่พื้นที่รองรับราง 80
   7.3 การทดสอบคอนกรีต 80
8. ข้อกำหนดสำหรับแท่งเหล็กต่อหมอน 80
   8.1 ทั่วไป 80
   8.2 เหล็กกล้ารีดร้อน 80
   8.3 มิติของแท่งเหล็กต่อหมอน 81
   8.4 คุณลักษณะของแท่งเหล็กต่อหมอน 81
9. ข้อกำหนดในการออกแบบสำหรับการติดตั้งแท่งเหล็กต่อหมอน 81
   9.1 ความยาวของแท่งเหล็กต่อหมอน 81
   9.2 ทิศทางของแท่งเหล็กต่อหมอน 82
   9.3 ตำแหน่งในการติดตั้งแท่งเหล็กต่อหมอน 82

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
10.ข้อกำหนดสำหรับการผลิต	82
10.1 ข้อกำหนดในการผลิต	82
10.2 ข้อกำหนดอื่น ๆ	83
11.เอกสารอ้างอิง	83
ภาคผนวก ก. เกณฑ์การตรวจสอบความบกพร่องของคุณลักษณะของแท่งเหล็กต่อหมอน	84
มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง	
Prestressed Bearers for Switches and Crossing	
(สทร. CT-2009:2569)	
1. ทั่วไป	93
2. ขอบข่าย	93
3. มาตรฐานอ้างถึง	94
4. นิยามและสัญลักษณ์	94
4.1 นิยาม	94
4.2 สัญลักษณ์	94
5. ข้อกำหนดพิเศษ	95
5.1 โมเมนต์ดัดลักษณะเฉพาะ	95
5.2 ตำแหน่งของส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง	95
5.3 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้	96
5.4 ระยะจากปลายของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงไปยังส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางที่ฝังอยู่ใกล้ที่สุด	98
6. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์	98
6.1 ทั่วไป	98
6.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ	98
6.3 ตัวอย่างทดสอบ	101
6.4 การเตรียมการทดสอบ	101
6.5 วิธีการทดสอบ	102
6.6 เกณฑ์การทดสอบ	108
7. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ	108
7.1 ทั่วไป	108
7.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์	108
7.3 การทดสอบคอนกรีต	109
7.4 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์	109

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
8. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบประจำ	109
8.1 ทั่วไป	109
8.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์	109
8.3 การทดสอบคอนกรีต	109
8.4 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์	110
9. ข้อกำหนดสำหรับการผลิต	110
9.1 ข้อกำหนดในการผลิต	110
9.2 ข้อกำหนดสำหรับการทำเครื่องหมายบนผลิตภัณฑ์	110
10.ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม	111
10.1 ข้อมูลที่ผู้ซื้อต้องจัดเตรียม	111
10.2 ข้อมูลที่ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียม	111
11.เอกสารอ้างอิง	111

มาตรฐานชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง
Special Concrete Elements for Railway
(สทร. CT-2010:2569)

1. ทั่วไป	115
2. ขอบข่าย	115
3. มาตรฐานอ้างถึง	116
4. นิยาม	116
5. ข้อกำหนดทั่วไป	116
6. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์	117
7. ข้อกำหนดสำหรับการผลิต	117
8. ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม	117
9. เอกสารอ้างอิง	118
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง	119

รายนามคณะทำงานพิจารณาร่างมาตรฐานชิ้นส่วนระบบรางของประเทศ :
หมอนคอนกรีตและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

ดร.เสถียร เจริญเหรียญ	ประธานคณะทำงาน
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)	
ดร.ทยากร จันทรางศุ	คณะทำงาน
นายศุภฤกษ์ สุดยอดประเสริฐ	
นายกองพล ชุนเกาะ	
กรมการขนส่งทางราง	
นายพิษณุ พงษ์ไทย	คณะทำงาน
นายถิรวัฒน์ สมศิริวัฒนา	
นายณัฐพงษ์ ฉ่ำใย	
การรถไฟแห่งประเทศไทย	
นายภูวิศ ตรีสุวรรณ	คณะทำงาน
นายวิชญุตร์ อารยโกศล	
นายเมธา หนูสลุง	
นายภิรวัฒน์ ช่างแย้ม	
การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย	
ดร.ภานุเดช ชุ่มเย็น	คณะทำงาน
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	
ดร.อาณัติ หาทรัพย์	คณะทำงาน
นายภณสินธุ์ ไพทีกุล	
นายประยงค์ อรัญญะ	
นายวินัย ตุ้มทอง	
ศูนย์ทดสอบมาตรฐานระบบขนส่งทางราง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	
รศ. ดร.ชยุตม์ งามโขนง	คณะทำงาน
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
รศ. ดร.ณัฐพงศ์ มกระธัช	คณะทำงาน
นายทัศน์พล อินต๊ะปัญโญ	
สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย	
นายณัฐพล รัตนมาลี	คณะทำงาน
สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย	
นายจิตต์ เลวรรณ์	คณะทำงาน
นายสมบัติ จันทวาด	
บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด (มหาชน)	
ดร.พัชริญา เพชรผ่อง	คณะทำงานและเลขานุการ
นายสฤษฎ์โรจ จันทร์เพิ่มพูนผล	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ
นายภาณุวัฒน์ น้อยสิน	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)	

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-2006:2569
มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต
(GENERAL REQUIREMENTS FOR CONCRETE SLEEPERS AND BEARERS)

- กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
- ทีมมาตรฐาน

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-2006:2569

มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

(GENERAL REQUIREMENT FOR CONCRETE SLEEPERS AND BEARERS)

- กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
- ทีมมาตรฐาน

www.rtrda.or.th info@rtrda.or.th rtrda.thailand @RTRDA_Th
@rtrdathailand rtrda.thailand Rail Technology Research and Development Agency

สทร. CT-2006:2569
มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต
(General Requirements for Concrete Sleepers and Bearers)

1. ทั่วไป

ทางรถไฟ คือ โครงสร้างซึ่งประกอบด้วยหมอนรองรางหรือหมอนประแจคอนกรีตที่วางขวางกับรางรถไฟ ซึ่งยึดอย่างปลอดภัยด้วยอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง และมีหินโรยทางหรือโครงสร้างรองรับประเภทอื่น ๆ เป็นที่รองรับหมอนรองรางหรือหมอนประแจคอนกรีต ลักษณะที่สำคัญของทางรถไฟ คือ ขนาดทางรถไฟ โปรไฟล์ของราง ความลาดเอียงของราง และระยะเรียงหมอนรองรางหรือหมอนประแจคอนกรีต

หมอนรองรางทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกผ่านรางรถไฟและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง และถ่ายแรงไปยังหินโรยทางหรือโครงสร้างรองรับ ทางรถไฟต้องได้รับการออกแบบให้ทนต่อแรงกระทำในแนวดิ่ง แรงกระทำซ้ำตามขวางและตามยาว เพื่อให้ระบบทางรถไฟทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพและปลอดภัยตลอดอายุการใช้งาน ด้วยเหตุนี้การออกแบบหมอนรองรางจึงต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุ สมรรถนะ และกระบวนการผลิต โดยเน้นที่การควบคุมคุณภาพอย่างเข้มงวดในทุกกระบวนการ ตั้งแต่การเลือกใช้วัสดุหลักที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีต โดยต้องพิจารณาถึงคุณภาพและชนิดของซีเมนต์ ความสะอาดและขนาดคละที่เหมาะสมของมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด ความบริสุทธิ์ของน้ำ ตลอดจนชนิดและปริมาณของสารผสมเพิ่ม (admixtures) ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีต การควบคุมคุณภาพนี้ยังคงดำเนินต่อเนื่องไปในกระบวนการผลิต โดยมีการควบคุมสัดส่วนผสม และการบ่ม (curing) ที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกำลังอัดตามข้อกำหนด

นอกจากนี้ หมอนรองรางยังต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะต้านทานแรงดัดที่พื้นที่รองรับรางและที่กึ่งกลางของหมอนรองราง อีกทั้งทนทานต่อแรงกระแทกและแรงกระทำซ้ำตลอดอายุการใช้งาน รวมถึงมีคุณสมบัติทางรูปทรงเรขาคณิตที่แม่นยำเพื่อคงความกว้างและโปรไฟล์ของรางไว้ได้อย่างถาวร ทั้งยังต้องมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมที่รุนแรง และมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับระบบอาณัติสัญญาณ ตลอดจนต้องสามารถรองรับและยึดอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางได้อย่างมั่นคง การพิจารณาคุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้อย่างรอบด้านจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าหมอนรองรางสามารถตอบสนองต่อข้อกำหนดพื้นฐานด้านสมรรถนะที่จำเป็นต่อความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของระบบทางรถไฟในภาพรวม

2. ขอบข่าย

2.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมข้อกำหนดเชิงเทคนิคและกระบวนการควบคุมคุณภาพสำหรับวัสดุที่ใช้ในหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต ได้แก่ หมอนคอนกรีตอัดแรง (precast concrete sleeper) หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ (twin-block reinforced sleeper) หมอนประแจ (bearer for switches and crossings) รวมทั้งชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง (special concrete elements for railway)

2.2 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมข้อกำหนดสำหรับการทดสอบเชิงกล เพื่อใช้ทดสอบความสามารถในการรับแรงกระทำซ้ำและความคงทนของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต รวมถึงข้อกำหนดในการควบคุมกระบวนการผลิตและการทดสอบคุณภาพในการผลิต เพื่อให้มั่นใจได้ว่าคอนกรีตจะไม่เสื่อมสภาพจากการใช้งาน เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีหรือผลกระทบของสภาพแวดล้อมที่รุนแรงที่มีต่อหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

2.3 มาตรฐานฉบับนี้ใช้หน่วยตามระบบเอสไอ (SI units) เป็นหลัก

2.4 เกณฑ์ที่กำหนดสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางรางและกฎหมายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ซื้อ แต่หากมิได้มีการระบุเกณฑ์สำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการไว้ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานนี้

3. มาตรฐานอ้างถึง

ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับการทดสอบต่าง ๆ ซึ่งระบุไว้ในมาตรฐานฉบับนี้ให้เป็นไปตามมาตรฐานและเอกสารตามรายการดังต่อไปนี้

3.1 มาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

3.2 มาตรฐาน สทร. CT-2002 มาตรฐานอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางสำหรับหมอนคอนกรีตในทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง

3.3 มาตรฐาน สทร. CT-2005 มาตรฐานอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางสำหรับส่วนประกอบคอนกรีตหรือส่วนประกอบเหล็กในทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง

3.4 มาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว

3.5 มาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่

3.6 มาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

3.7 มาตรฐาน สทร. CT-6011 มาตรฐานการทดสอบอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง : ความต้านทานไฟฟ้า

3.8 มอก. 15 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

3.9 มอก. 20 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม

3.10 มอก. 24 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย

3.11 มอก. 95 ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง

3.12 มอก. 213 คอนกรีตผสมเสร็จ

3.13 มอก. 409 วิธีการทดสอบความต้านทานแรงอัดของแท่งคอนกรีต

3.14 มอก. 420 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

3.15 มอก. 566 มวลรวมผสมคอนกรีต

3.16 มอก. 733 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต

3.17 มอก. 874 สารกักกระจายฟองอากาศสำหรับคอนกรีต

3.18 มอก. 985 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล

3.19 มอก. 1736 เล่ม 14 ระยะเวลาก่อตัวของคอนกรีต โดยวิธีความต้านทานการแทรกผ่าน

3.20 มอก. 2594 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

3.21 มยผ. 1101 มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

3.22 มยผ. 1102 มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง

3.23 มาตรฐาน สทร. HSR-CT-4002 มาตรฐานการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

3.24 มาตรฐาน สทร. HSR-CT-4006 มาตรฐานการทดสอบปริมาณอากาศคอนกรีตโดยวิธีวัดความดันสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง

3.25 ASTM C39/C39M-21 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

3.26 ASTM C143/143M Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete

3.27 ASTM C231/C231M Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method

3.28 ASTM C403/C403M-23 Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance

3.29 ASTM C1064/C1064M-17 Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete

3.30 EN 197-1 Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements

3.31 EN 206 Concrete - Specification, performance, production and conformity

3.32 EN 934-2 Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 2: Concrete admixtures - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling

3.33 EN 1008 Mixing water for concrete - Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete

3.34 EN 12620 Aggregates for concrete

3.35 EN 13481-7 Railway applications - Track - Performance requirements for fastening systems - Part 7: Fastening systems for switches and crossings, check rails, insulated rail joints and rail expansion devices

3.36 FprEN 10138 Prestressing steels

3.37 ISO 9000 Quality Management Systems – QMS

มาตรฐานอ้างถึงในมาตรฐานฉบับนี้ให้ใช้ฉบับล่าสุด แต่ทั้งนี้ต้องไม่ขัดแย้งกับมาตรฐานฉบับนี้

4. นิยามและสัญลักษณ์

4.1 นิยาม

คำศัพท์และนิยามที่ใช้ในมาตรฐานนี้อ้างอิงตามมาตรฐาน สทร. CT-8001:2569 มาตรฐานบทนิยามเกี่ยวกับหมอนรองรางและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง เป็นสำคัญ โดยมีนิยามเฉพาะสำหรับมาตรฐานนี้ ดังนี้

“บริเวณพื้นที่รองรับราง” (rail seat area) หมายถึง พื้นที่รองรับรางและพื้นที่ที่อยู่รอบอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

“แผ่นยางรองรางรถไฟ” (rubber rail pad) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางธรรมชาติ และ/หรือยางสังเคราะห์ใช้วางระหว่างหมอนคอนกรีตอัดแรงกับรางรถไฟ เพื่อลดการสั่นสะเทือนขณะที่รถไฟเคลื่อนที่ผ่าน (ที่มา : มขร. – C – 005 – 2566)

“โมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต” (characteristic positive bending moment for centre section) หมายถึง โมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะที่หน้าตัดกึ่งกลางของหมอนรองรางที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกพลวัตลงพื้นที่รองรับราง

“โมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะที่พื้นที่รองรับราง” (characteristic positive bending moment for rail seat section) หมายถึง โมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะที่หน้าตัดพื้นที่รองรับรางของหมอนรองรางที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกพลวัตลงพื้นที่รองรับราง

“โมเมนต์ดัดลบลักษณะเฉพาะที่พื้นที่รองรับราง” (characteristic negative bending moment for rail seat section) หมายถึง โมเมนต์ดัดลบลักษณะเฉพาะที่หน้าตัดพื้นที่รองรับรางของหมอนรองรางที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกพลวัตลงพื้นที่รองรับราง

“โมเมนต์ดัดลบลักษณะเฉพาะที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต” (characteristic negative bending moment for centre section) หมายถึง โมเมนต์ดัดลบลักษณะเฉพาะที่หน้าตัดกึ่งกลางของหมอนรองรางที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกพลวัตลงพื้นที่รองรับราง

4.2 สัญลักษณ์

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในมาตรฐานฉบับนี้มีความหมายดังนี้

b_1 = ความกว้างด้านล่างของหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น mm

b_2 = ความกว้างด้านบนของหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น mm

$Fr_{0.05}$ = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวคงค้างขนาดกว้าง 0.05 mm ที่ด้านล่างของพื้นที่รองรับรางหลังจากนำน้ำหนักบรรทุกออกไป มีหน่วยเป็น kN

$Fr_{0.05n}$ = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวคงค้างขนาดกว้าง 0.05 mm ที่ด้านบนของพื้นที่รองรับรางหลังจากนำน้ำหนักบรรทุกออกไป มีหน่วยเป็น kN

$Fr_{0.5}$ = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวคงค้างขนาดกว้าง 0.50 mm ที่ด้านล่างของพื้นที่รองรับรางหลังจากนำน้ำหนักบรรทุกออกไป มีหน่วยเป็น kN

Fr_B = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

f = ความเรียบของผิวพื้นที่รองรับรางแต่ละพื้นที่ โดยวัดระหว่างจุด 2 จุดที่อยู่ห่างกัน 150 mm (เฉพาะหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวและหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่เท่านั้น) มีหน่วยเป็น mm

hp = ความสูงที่ตำแหน่งใด ๆ ตลอดความยาวของหมอนคอนกรีตอัดแรง ซึ่งตรวจวัดตามแผนงานควบคุมคุณภาพ มีหน่วยเป็น mm

hr = ความสูงที่ตำแหน่งใด ๆ ตลอดความยาวของแท่งคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งตรวจวัดตามแผนงานควบคุมคุณภาพ มีหน่วยเป็น mm

i = ความเอียงหรือลาดของพื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น °

k_{1d} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.05}$ สำหรับการทดสอบแบบพลวัต

k_{1s} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.05}$ หรือ $Fr_{0.05n}$ สำหรับการทดสอบแบบสถิต

k_{2d} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.5}$ หรือ Fr_B สำหรับการทดสอบแบบพลวัต

k_{2s} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.5}$ หรือ Fr_B สำหรับการทดสอบแบบสถิต

L = ความยาวของหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น mm

L_1 = ระยะระหว่างจุดเกจของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง มีหน่วยเป็น mm

L_2 = ระยะจากจุดเกจของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางถึงปลายของชิ้นส่วนคอนกรีต มีหน่วยเป็น mm

L_3 = ความยาวของแท่งคอนกรีตเสริมเหล็ก มีหน่วยเป็น mm

m = มวลของหมอนรองรางซึ่งแปรผันเทียบกับน้ำหนักระบุ ทั้งนี้ผู้ซื้อต้องเป็นผู้ระบุว่าอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางบางส่วนหรือทั้งหมดรวมอยู่ในมวลของชิ้นส่วนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kg

M_k = โมเมนต์ดัดลักษณะเฉพาะ มีหน่วยเป็น kN·m

$M_{k,c,neg}$ = โมเมนต์ดัดลบลักษณะเฉพาะที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN·m

$M_{k,c,pos}$ = โมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN·m

$M_{k,r,neg}$ = โมเมนต์ดัดลบลักษณะเฉพาะที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN·m

$M_{k,r,pos}$ = โมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN·m

P_k = น้ำหนักบรรทุกพลวัตลงพื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

T = การบิดสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่รองรับรางทั้งสองพื้นที่ของหมอนคอนกรีตหรือหมอนประแจคอนกรีต (ภาคผนวก ค.) มีหน่วยเป็น °

5. ข้อกำหนดทั่วไป

5.1 น้ำหนักบรรทุก

5.1.1 ประเภทของน้ำหนักบรรทุก

ทางรถไฟต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกซ้ำที่กระทำในทิศทางที่แตกต่างกัน 3 ทิศทาง ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกัน ได้แก่

1) น้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง ซึ่งเกิดจากน้ำหนักกดเพลาและการใช้งานปกติ
2) น้ำหนักบรรทุกตามขวาง ซึ่งเกิดจากแรงในการบังคับทิศทางของรางรถไฟ (guiding force)
3) น้ำหนักบรรทุกตามยาว ซึ่งเกิดจากการเร่งและการชะลอความเร็วของขบวนรถ รวมทั้งหน่วยแรงจากความร้อนในรางเชื่อมยาวอย่างต่อเนื่อง

ภายใต้เงื่อนไขของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำทั้งหมดข้างต้น ทางรถไฟต้องสามารถคงรูปทรงเรขาคณิตไว้ได้ อันได้แก่ ขนาดทางรถไฟ ระดับสันราง และแนวเส้นทางรถไฟ

น้ำหนักบรรทุกลักษณะเฉพาะ (characteristic load) คำนวณได้จากน้ำหนักลงล้อสถิต (static wheel load) คูณกับสัมประสิทธิ์พลวัต (dynamic coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์พลวัตพิจารณาผลกระทบเชิงพลศาสตร์เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของล้อและทางรถไฟ

ทั้งนี้น้ำหนักบรรทุกและโมเมนต์ดัดให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ซื้อ

5.1.2 การกระจายน้ำหนักบรรทุก

น้ำหนักจากแคร่รถไฟ (bogie) ที่ถ่ายลงเพลารถไฟนั้น เรียกว่าเป็นน้ำหนักกดเพลา (axle load) น้ำหนักกดเพลาที่ถ่ายลงสู่รางรถไฟโดยล้อรถไฟจะเรียกว่า น้ำหนักลงล้อ (wheel load) และน้ำหนักบรรทุกจากรางรถไฟที่ถ่ายลงสู่หมอนรองรางบนพื้นที่รองรับราง เรียกว่า น้ำหนักลงพื้นที่รองรับราง (rail seat load) ซึ่งน้ำหนักเหล่านี้เป็นข้อมูลที่ต้องทราบเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบหมอนรองราง โดยที่น้ำหนักลงพื้นที่รองรับรางจะต้องรวมผลกระทบทางพลวัตแล้ว

รางที่ติดตั้งด้วยอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางบนหมอนรองรางหรือหมอนประแจคอนกรีตที่วางบนหินโรยทางหรือติดตั้งบนโครงสร้างรองรับประเภทอื่น ๆ ต้องพิจารณาเสมือนเป็นคานที่วางอยู่บนที่รองรับแบบยืดหยุ่นอย่างต่อเนื่อง

การกระจายน้ำหนักบรรทุกที่กระทำกับรางในแนวดิ่งตามแนวรางขึ้นอยู่กับโมเมนต์ความเฉื่อยของโปรไฟล์ของราง ระยะเรียงหมอนรองรางหรือหมอนประแจคอนกรีต และความยืดหยุ่นของส่วนประกอบทั้งหมดซึ่งติดตั้งเสร็จสมบูรณ์และวางบนหินโรยทางหรือโครงสร้างรองรับประเภทอื่น ๆ ดังนั้นน้ำหนักลงพื้นที่รองรับรางที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบหมอนรองราง จึงเป็นเพียงส่วนหนึ่งของน้ำหนักลงล้อเท่านั้น ซึ่งอาจคิดเป็นสัดส่วนหรือร้อยละของน้ำหนักลงล้อได้

5.2 โมเมนต์ดัดลักษณะเฉพาะ

ในข้อกำหนดสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบหมอนรองรางและหมอนประแจคอนกรีต โมเมนต์ดัดลักษณะเฉพาะเป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณน้ำหนักบรรทุกทดสอบ ซึ่งมีหน่วยเป็น kN·m

โมเมนต์ดัดลักษณะเฉพาะมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมากตลอดอายุการใช้งานของหมอนรองราง (รายละเอียดเพิ่มเติมตามมาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต)

5.3 ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

ผู้ซื้อสามารถขอข้อมูลทั้งหมดได้จากผู้จัดจำหน่ายก่อนการทดสอบยืนยันการออกแบบ

5.3.1 ข้อมูลที่ผู้ซื้อต้องจัดเตรียม

ผู้ซื้อต้องจัดเตรียมและระบุข้อมูลดังต่อไปนี้

1) โมเมนต์ดัดลักษณะเฉพาะทั้งหมด ได้แก่ $M_{k,r,pos}$ $M_{k,c,pos}$ และ $M_{k,c,neg}$ รวมทั้ง $M_{k,r,neg}$ เมื่อจำเป็นต้องใช้ค่าดังกล่าว
2) ค่า k_{1d} และ k_{2d} รวมทั้งค่า k_{1s} และ k_{2s} เมื่อจำเป็นต้องใช้ค่าดังกล่าว ซึ่งต้องเป็นไปตามมาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต
3) ค่า k_t ตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

4) การทดสอบตามความต้องการของผู้ซื้อ และทางเลือกสำหรับการทดสอบ เช่น การทดสอบเพื่อหาค่าดัชนีการสึกหรอสำหรับมวลรวมละเอียด (ภาคผนวก ก.) และการทดสอบเพื่อวัดการดูดซึมน้ำของคอนกรีต (ภาคผนวก ข.)

5) แบบและข้อกำหนดที่จำเป็นต้องระบุดังนี้

5.1) มิติต่าง ๆ เช่น L_1 รวมทั้งความยาว ความกว้าง และความลึกที่พื้นที่รองรับราง

5.2) มิติในการติดตั้งอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง (ข้อ 7.1)

5.3) ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ต่าง ๆ (ตารางที่ 1)

5.4) รายละเอียดเกี่ยวกับที่รองรับสำหรับฉนวนของรางนำไฟฟ้า

5.5) ขอบเขตของการเตรียมการทดสอบและกระบวนการหรือเงื่อนไขสำหรับการระบุการใช้ทางเลือก

6) น้ำหนักสัมบูรณ์สูงสุดและต่ำสุดของหมอนรองรางและหมอนประแจคอนกรีต โดยมีหน่วยเป็น kg/ท่อน หรือ kg/m

7) ข้อกำหนดทางเทคนิคเพิ่มเติมใด ๆ เช่น คุณสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้า

8) ลักษณะของแนวราง

9) กำลังขั้นต่ำของคอนกรีต (ไม่บังคับ)

5.3.2 ข้อมูลที่ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียม

5.3.2.1 ข้อมูลสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ

ข้อมูลสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบที่ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียมให้ผู้ซื้อก่อนการทดสอบดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

1) แบบรายละเอียดของหมอนรองรางและหมอนประแจคอนกรีต

2) ลักษณะของวัสดุ

3) คำอธิบายที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิต

4) คำอธิบายที่เกี่ยวกับระบบยึดของลวดอัดแรง (ถ้ามี) สำหรับหมอนรองรางและหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงซึ่งประกอบด้วย

4.1) สำหรับระบบยึดแบบมีการยึดเหนี่ยวระหว่างลวดอัดแรงกับคอนกรีต ให้จัดเตรียมข้อกำหนดการยึดเกาะของลวดอัดแรง เช่น รูปแบบของร่องบาก (indentation) ที่ผิวของลวดอัดแรง

4.2) วิธีการอัดแรงกับหมอนรองรางหรือหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

4.3) ลักษณะทางเคมี และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ทางมิติและทางกลของอุปกรณ์ยึดลวดอัดแรง

5.3.2.2 ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบยืนยันการออกแบบ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบยืนยันการออกแบบซึ่งผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียมให้กับผู้ซื้อ ได้แก่ รายงานผลการทดสอบยืนยันการออกแบบ

5.3.2.3 ข้อมูลก่อนเริ่มต้นการผลิต

ข้อมูลก่อนเริ่มต้นการผลิตที่ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียมให้ผู้ซื้อมีดังนี้

1) ข้อมูลทั้งหมดที่ระบุอยู่ในข้อกำหนดสำหรับการควบคุมคุณภาพ (ข้อ 9)
2) ข้อมูลการผลิตหรือข้อมูลที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว มาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ หรือมาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

6. ข้อกำหนดสำหรับส่วนผสมคอนกรีต

วัสดุทั้งหมดสำหรับส่วนผสมคอนกรีตต้องสอดคล้องกับมาตรฐานระดับชาติหรือมาตรฐานสากล การใช้วัสดุนอกเหนือจากที่ระบุไว้ในมาตรฐานนี้ต้องเป็นไปตามความเห็นชอบของผู้ซื้อเท่านั้น

ส่วนผสมคอนกรีตต้องเลือกใช้วัสดุที่ทำให้คอนกรีตมีความคงทนต่อการใช้งานระยะยาว และควรพิจารณาข้อกำหนดที่เกี่ยวกับผลกระทบที่มีต่อหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต ซึ่งรวมถึงความพรุนและความต้านทานการสึกกร่อน (abrasion) ของวัสดุ

เมื่อหมอนคอนกรีตต้องเผชิญกับสภาพที่ชื้น การเลือกส่วนผสมคอนกรีตต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะการเลือกวัสดุสำหรับมวลรวมที่ประกอบด้วยซิลิกาประเภทต่าง ๆ ซึ่งมีความไวต่อสารแอลคาไลน์ อันได้แก่ โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) และโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ซึ่งเกิดจากปูนซีเมนต์หรือส่วนผสมอื่น ๆ นอกจากนี้ ข้อควรระวังยังรวมถึงการใช้คอนกรีตโดยพิจารณาจากประสบการณ์การใช้งานระยะยาวของส่วนผสมเฉพาะของซีเมนต์และมวลรวม และเป็นวัสดุที่ผู้ซื้ออนุมัติเท่านั้น

ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียมเอกสาร ซึ่งรวมถึงข้อควรระวังทั้งหมดเกี่ยวกับปฏิกิริยาแอลคาไลน์-ซิลิกา เพื่อให้ผู้ซื้ออนุมัติ ข้อควรระวังทั่วไปสำหรับส่วนผสมคอนกรีตมีดังนี้

1) การใช้ปูนซีเมนต์ที่มีสารแอลคาไลน์ต่ำต้องมีปริมาณสารแอลคาไลน์ทั้งหมดโดยระบุเป็นปริมาณ Na_2O เทียบเท่าไม่เกิน 0.6%
2) การใช้สารผสมเพิ่มให้เป็นไปตามคำแนะนำใน มอก. 733 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต หรือ EN 206 Concrete – Specification, performance, production and conformity ในการใช้สารผสมแทนที่ซีเมนต์บางส่วน และการใช้สารผสมเพิ่มอื่น ๆ เช่น สารกระจายกักฟองอากาศ สารกันน้ำ ต้องเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีต และเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง
3) การใช้มวลรวมต้องใช้มวลรวมที่ไม่ทำปฏิกิริยาเท่านั้น โดยต้องยืนยันด้วยการวิเคราะห์หินและแร่ (ex-quarry petrographic analysis) อย่างสม่ำเสมอ (ข้อ 6.2)

4) ปริมาณมวลรวมที่ทำปฏิกิริยาแอลคาไลน์ในคอนกรีตต้องไม่เกิน 3.0 kg/m^3 หรือต้องสอดคล้องกับมาตรฐานระดับชาติ

6.1 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ควรเลือกใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่เป็นไปตาม มอก. 15 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หรือปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกที่เป็นไปตาม มอก. 2594 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก หรือปูนซีเมนต์ที่ให้กำลังต่ำสุดชั้น 42.5 ตาม EN 197-1 Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements

การใช้ปูนซีเมนต์ประเภทอื่นนอกเหนือจากที่ระบุจะกระทำได้ก็ต่อเมื่อมีการทดสอบความคงทนของหมอนรองราง และผู้ซื้ออนุมัติเท่านั้น

ปริมาณสูงสุดของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ในปูนซีเมนต์และการบ่มคอนกรีตต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดที่ระบุในข้อ 7.2

ปริมาณแอลคาไลน์ทั้งหมดที่แสดงอยู่ในรูปของปริมาณ Na_2O เทียบเท่าต้องสอดคล้องกับมาตรฐานระดับชาติหรือมาตรฐานสากล

ผู้ผลิตต้องมีใบรับรองจากผู้จัดจำหน่ายปูนซีเมนต์ ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของปูนซีเมนต์ ในช่วงเวลาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับแผนงานควบคุมคุณภาพ

6.2 มวลรวม

มวลรวมต้องสอดคล้องกับ มอก. 566 มวลรวมผสมคอนกรีต หรือ EN 12620 Aggregates for concrete ยกเว้นกรณีที่มีข้อกำหนดเฉพาะซึ่งไม่อยู่ในขอบเขตของมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตามมาตรฐานระดับชาติ

ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียมข้อมูลเกี่ยวกับมวลรวมที่จะใช้ให้กับผู้ซื้อดังต่อไปนี้

1) เส้นโค้งขนาดคละ
2) ผลการวิเคราะห์หินและแร่ ซึ่งรวมถึงข้อมูลดังต่อไปนี้
    2.1) ความไวต่อปฏิกิริยาแอลคาไลน์-ซิลิกาและปฏิกิริยาแอลคาไลน์คาร์บอเนต
    2.2) อนุภาคที่ส่งผลให้ความต้านทานการสึกกร่อนต่ำ
    2.3) อนุภาคที่สามารถดูดซึมน้ำได้ง่าย (water absorption)
3) ผลการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งรวมถึงปริมาณคลอไรด์สูงสุด ปริมาณซัลเฟตสูงสุด และปริมาณวัสดุอินทรีย์สูงสุด

การวิเคราะห์หินและแร่ต้องกระทำอย่างน้อยทุก ๆ สองปี และทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแหล่งที่มาของมวลรวม รวมทั้งการเปลี่ยนผิวหน้าหรือชั้นหินในเหมือง

การใช้มวลรวมที่ไม่ได้เกิดขึ้นตามธรรมชาติต้องได้รับการอนุมัติจากผู้ซื้อ

การเลือกขนาดโตสุดของมวลรวมต้องพิจารณาจากระยะคอนกรีตหุ้มน้อยสุดและระยะเรียงต่ำสุดของเหล็กเสริม

มวลรวมละเอียดต้องมีคุณสมบัติที่ไม่ทำให้เกิดการสึกกร่อนที่มากเกินไปของชิ้นส่วนคอนกรีตในส่วนที่สัมผัสกับหินโรยทางหรือพื้นที่รองรับราง (ภาคผนวก ก.)

การใช้มวลรวมรีไซเคิล (recycled aggregate) สามารถกระทำได้ เมื่อผู้จัดจำหน่ายสามารถแสดงแหล่งที่มาและคุณภาพของวัสดุ ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ซื้อ

6.3 น้ำที่ใช้ผสม

น้ำดื่มเป็นน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผสมคอนกรีต

หากใช้น้ำที่ไม่ใช่น้ำดื่ม น้ำที่ใช้สำหรับการผสมคอนกรีตต้องมีสมบัติเป็นไปตาม มยผ. 1101 มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือต้องผ่านการทดสอบตาม EN 1008 Mixing water for concrete - Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete ยกเว้นกรณีที่มีข้อกำหนดเฉพาะซึ่งไม่อยู่ในขอบเขตของมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตามมาตรฐานระดับชาติ

6.4 สารผสมเพิ่ม

สารผสมเพิ่มต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น มอก. 733 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต มอก. 874 สารกักกระจายฟองอากาศสำหรับคอนกรีต มอก. 985 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล หรือเป็นไปตาม EN 934-2 Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 2: Concrete admixtures - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling ยกเว้นกรณีที่มีข้อกำหนดเฉพาะซึ่งไม่อยู่ในขอบเขตของมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตามมาตรฐานระดับชาติ

ห้ามใช้สารผสมเพิ่มเร่งก่อตัว หรือสารผสมเพิ่มใด ๆ ที่มีส่วนประกอบของแคลเซียมคลอไรด์ หรือคลอไรด์อื่น ๆ

ผู้จัดจำหน่ายต้องเสนอวิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับความคงทนของคอนกรีต ทั้งนี้ผู้ซื้อมีอำนาจในการตัดสินใจที่จะยอมรับหรือไม่ก็ได้

6.5 คอนกรีต

คอนกรีตต้องเป็นไปตาม มยผ. 1101 มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก มยผ.1102 มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง หรือ EN 206 Concrete - Specification, performance, production and conformity และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ โดยผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียมข้อมูลเกี่ยวกับคอนกรีตที่จะใช้ให้กับผู้ซื้อ

1) กำลังอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานต้องไม่น้อยกว่า 50 MPa หรือกำลังอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์มาตรฐานต้องไม่น้อยกว่า 60 MPa ยกเว้นกรณีที่ผู้ซื้อระบุเป็นอย่างอื่น
2) อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต้องมีค่าน้อยกว่า 0.45 โดยมวล
3) ปริมาณซีเมนต์ต้องไม่น้อยกว่า 300 kg/m^3
4) คอนกรีตต้องแน่นเพียงพอเพื่อทำให้การซึมผ่านของน้ำเกิดขึ้นน้อยที่สุด (ภาคผนวก ข.)
5) การบ่มคอนกรีตสามารถใช้ความร้อนในการบ่มได้

6.5.1 ข้อมูลที่ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียม

ข้อมูลเกี่ยวกับคอนกรีตที่ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียมให้กับผู้ซื้อมีดังนี้

1) คำอธิบายเกี่ยวกับส่วนผสมคอนกรีต รวมถึงแหล่งที่มา ส่วนประกอบ รูปร่าง และขนาด
2) การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต
3) คำอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิตคอนกรีตโดยสมบูรณ์ รวมถึงการทำงานในสภาพอากาศที่ร้อนจัดและหนาวเย็น การจัดเก็บ และการตรวจวัดปริมาณวัสดุ
4) รายงานผลการทดสอบเชิงเทคนิคที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางเคมีตามข้อกำหนดดังนี้

    4.1) ปริมาณแอลคาไลน์ให้เป็นตามมาตรฐานระดับชาติหรือมาตรฐานสากล
    4.2) การทดสอบยืนยันการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้เป็นไปตามข้อ 8.3
    4.3) การทดสอบดังต่อไปนี้ หากผู้ซื้อระบุให้ทดสอบเพิ่มเติม

        4.3.1) ความต้านทานการสึกกร่อน (ภาคผนวก ก.)
        4.3.2) ความต้านทานน้ำแข็งและการละลาย
        4.3.3) การดูดซึมน้ำ (ภาคผนวก ข.)

6.5.2 การเปลี่ยนแปลงวัสดุและกระบวนการผสมคอนกรีต

วัสดุและกระบวนการใด ๆ สำหรับการผสมคอนกรีตต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงโดยที่ผู้ซื้อไม่ได้อนุมัติ

6.6 เหล็กกล้า

6.6.1 ลวดอัดแรง

ลวดอัดแรงประกอบด้วยลวดเหล็กกล้า (wires) ลวดเหล็กกล้าตีเกลียว (strands) หรือแท่งเหล็ก (bars) ซึ่งต้องเป็นไปตาม มอก. 95 ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง มอก. 420 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง หรือ FprEN 10138 Prestressing steels

กรณีที่หมอนรองรางหรือหมอนประแจคอนกรีตใช้ลวดเหล็กกล้าตีเกลียว 7 เส้นแบบคลายความเค้น ลวดเหล็กกล้าดังกล่าวต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 mm กรณีที่ใช้เส้นลวดเหล็กกล้าแบบย้ำที่คลายความเค้นแล้ว ให้ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่กำหนดไม่เกิน 8 mm หากใช้ลวดเหล็กกล้าลายนูนแบบหยัก ให้ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่กำหนดไม่เกิน 5 mm เว้นแต่ผู้ซื้อจะอนุมัติเป็นอย่างอื่น

6.6.2 เหล็กเสริม

เหล็กเสริมต้องสอดคล้องกับ มอก. 20 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม มอก. 24 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย และข้อกำหนดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เหล็กเสริมอาจเป็นประเภทผิวเรียบ มีร่องบาก หรือเป็นข้ออ้อย ทั้งนี้ต้องมีคุณสมบัติที่สามารถเชื่อมได้เมื่อจำเป็นต้องต่อเหล็กเสริม การเชื่อมควรกระทำเพื่อช่วยในการจัดวางเหล็กเสริมเท่านั้น และต้องไม่ส่งผลกระทบต่อความล้าของหมอนคอนกรีตหรือหมอนประแจคอนกรีต

6.6.3 แท่งเหล็กต่อหมอน

แท่งเหล็กต่อหมอนต้องเป็นไปตามมาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่

6.7 ส่วนประกอบฝังยึด (embedded component) ของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

ส่วนประกอบฝังยึด (embedded component) หรือวัสดุฝังยึด (insert) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง ต้องเป็นไปตามที่ผู้ซื้อกำหนดและต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดทางเทคนิคและแบบรายละเอียดของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางนั้น หรือเป็นไปตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน สทร. CT-2002 มาตรฐานอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางสำหรับหมอนคอนกรีตในทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง และมาตรฐาน สทร. CT-2005 มาตรฐานอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางสำหรับส่วนประกอบคอนกรีตหรือส่วนประกอบเหล็กในทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง

พื้นผิวของส่วนประกอบฝังยึดที่สัมผัสกับคอนกรีตต้องปราศจากโคลน น้ำมัน สนิม และส่วนที่หลุดล่อนได้ รวมถึงสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ

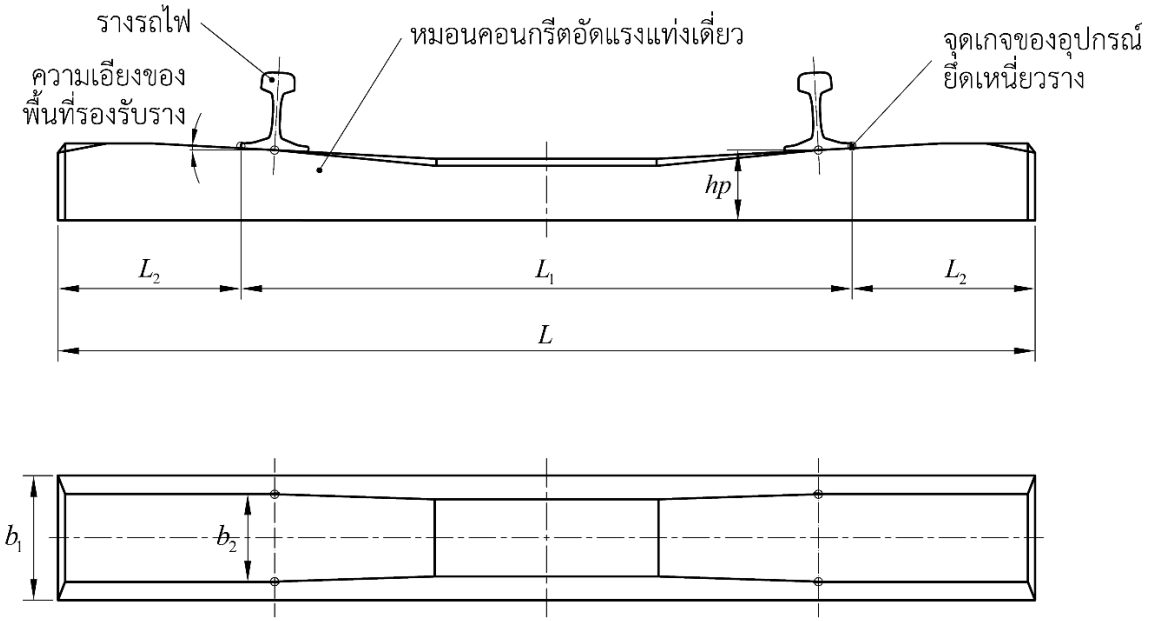
7. ข้อกำหนดสำหรับการออกแบบและการผลิต

7.1 ข้อกำหนดสำหรับการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

7.1.1 การออกแบบมิติ

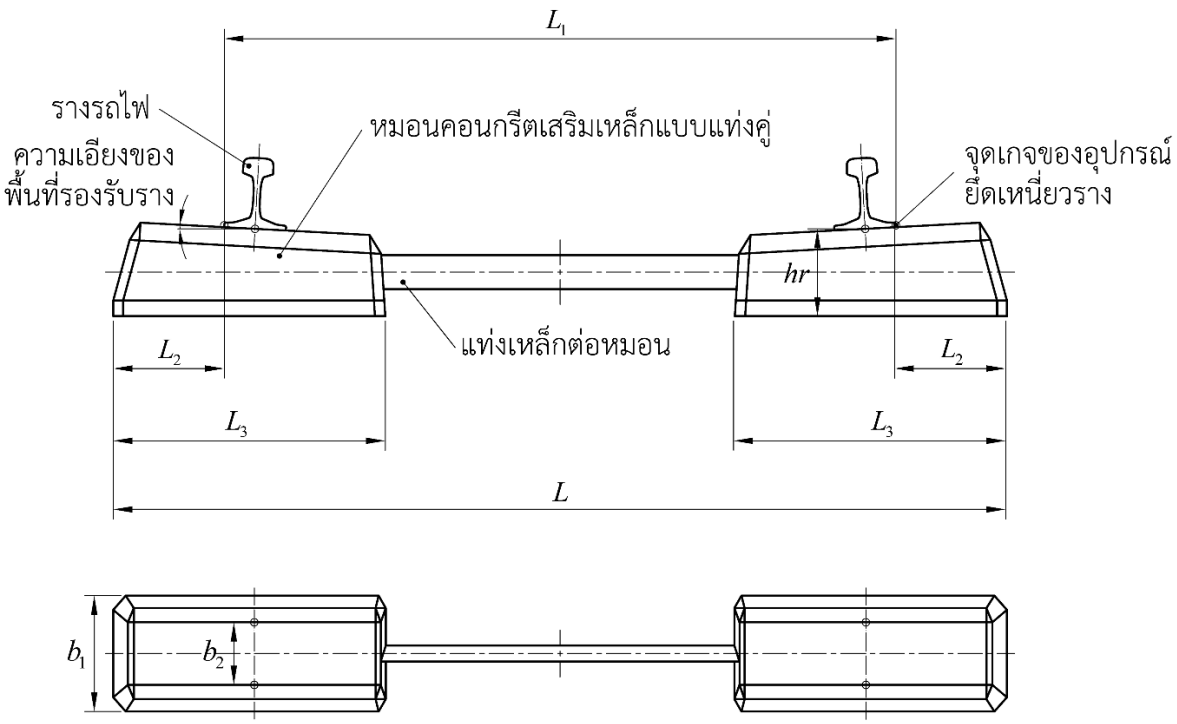
รูปร่างและขนาดของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตให้เป็นไปตามข้อตกลงในสัญญา

ตัวอย่างขนาดและมิติต่าง ๆ ของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตโดยทั่วไปแสดงดังรูปที่ 1 ถึงรูปที่ 3



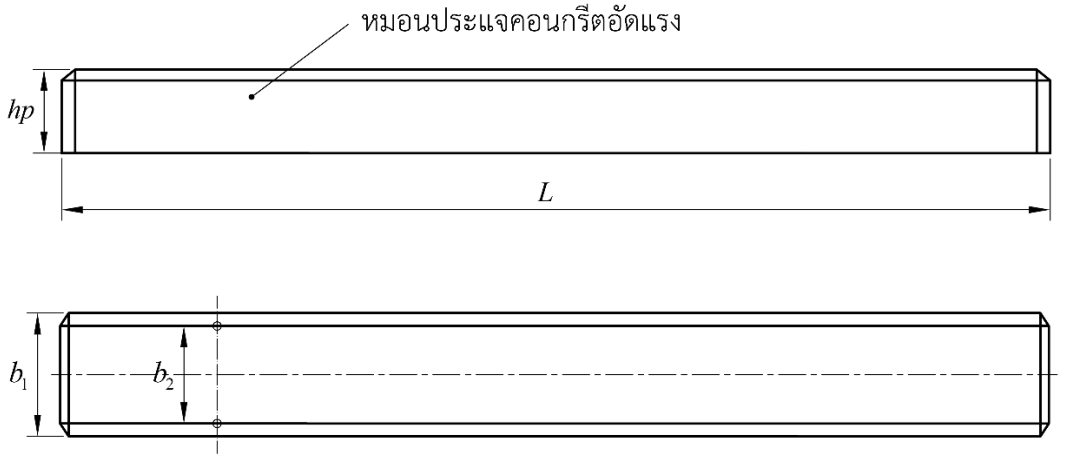
รูปที่ 1 หมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว

(ข้อ 7.1.1)



รูปที่ 2 หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่

(ข้อ 7.1.1)



รูปที่ 3 หมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

(ข้อ 7.1.1)

ผู้ซื้อต้องเป็นผู้กำหนดค่าของมิติหลัก

ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ที่ระบุอยู่ในตารางที่ 1 เป็นค่าแนะนำที่ใช้กับทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง ซึ่งผู้ซื้อสามารถปรับค่าดังกล่าวได้ในกรณีที่มีข้อกำหนดพิเศษ เช่น ชิ้นส่วนคอนกรีตเฉพาะสำหรับทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง หรือการใช้เครื่องจักรในการวางหมอนคอนกรีต

ตารางที่ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต สำหรับทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง

(ข้อ 5.3.1 ข้อ 7.1.1 และข้อ 9.1)

(ที่มา : มขร. C – 005 – 2566)

มิติ	พิกัดความคลาดเคลื่อน
ความยาวของหมอนคอนกรีต	±5.0 mm
ความกว้างด้านบนและด้านล่างของหมอนคอนกรีต	±5.0 mm
ความสูงที่ตำแหน่งใด ๆ ตลอดความยาวของแท่งคอนกรีตเสริมเหล็ก	-3.0 mm ถึง +10.0 mm
ความสูงที่ตำแหน่งใด ๆ ตลอดความยาวของหมอนคอนกรีตอัดแรง	-2.0 mm ถึง +5.0 mm
ความยาวของแท่งคอนกรีตเสริมเหล็ก	±8.0 mm
ความเอียงหรือลาดของพื้นที่รองรับราง	1:45 ถึง 1:35
ความเรียบของผิวพื้นที่รองรับราง	±0.5 mm
ความตรงด้านข้างหมอนคอนกรีต	±5.0 mm
ความเอียงหรือระดับของพื้นที่รองรับรางในทิศทางตั้งฉากกับแนวแกนราง	±30′

ผู้ซื้อต้องเป็นผู้ระบุการออกแบบ มิติ และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง ผู้ซื้อต้องระบุระยะห่างต่ำสุดระหว่างส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางและเหล็กเสริมให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางที่จะใช้งานจริง และต้องระบุระยะห่างต่ำสุดระหว่างเหล็กเสริมและแท่งเหล็กต่อหมอนในหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่

7.1.2 ระยะคอนกรีตหุ้ม

ระยะคอนกรีตหุ้มให้เป็นไปตามที่ผู้ซื้อกำหนด แต่หากไม่ได้มีการกำหนดไว้ ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระยะคอนกรีตหุ้ม

(ข้อ 7.1.2)

(ที่มา : มขร. C-005-2566)

หน่วย : mm

ตำแหน่ง	ระยะคอนกรีตหุ้ม
เหล็กอัดแรงที่ผิวล่างหมอนคอนกรีต	≥35
เหล็กอัดแรงที่ผิวบนและผิวข้างหมอนคอนกรีต ยกเว้นที่ปลายหมอน	≥25
เหล็กอัดแรงบริเวณวัสดุฝังยึด	≥12
เหล็กเสริมที่ผิวล่างหมอนคอนกรีต	≥25
เหล็กเสริมที่ผิวบนและผิวข้างหมอนคอนกรีต	≥20
เหล็กเสริมที่พื้นที่รองรับราง	≥15

7.1.3 การออกแบบระบบอัดแรง

ผู้จัดจำหน่ายต้องระบุข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวกับแรงที่ใช้ในการอัดแรง ตำแหน่งการติดตั้งลวดอัดแรงแต่ละเส้น และระบบยึดของลวดอัดแรง โดยความคลาดเคลื่อนของลวดอัดแรงและแรงที่ใช้ในการอัดแรงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

1) ตำแหน่งในแนวดิ่งของจุดศูนย์กลางของการอัดแรงต้องอยู่ในช่วง ±3 mm ของตำแหน่งที่ระบุในแนวดิ่งเทียบกับพื้นที่รองรับราง
2) ตำแหน่งในแนวดิ่งของลวดอัดแรงแต่ละเส้นต้องอยู่ในช่วง ±5 mm ของตำแหน่งที่ระบุเทียบกับพื้นที่รองรับราง
3) ตำแหน่งในแนวนอนของลวดอัดแรงแต่ละเส้นต้องอยู่ในช่วง ±5 mm ของตำแหน่งที่ระบุเทียบกับแกนของหมอนรองราง
4) แรงที่ใช้ในการอัดแรงทั้งหมดต้องมีค่าอยู่ในช่วง ±5% ของแรงที่ระบุไว้

7.1.4 การออกแบบการเสริมเหล็ก

ผู้จัดจำหน่ายต้องระบุข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวกับการออกแบบเหล็กเสริมและตำแหน่งการติดตั้งเหล็กเสริมภายในชิ้นส่วนคอนกรีต โดยตำแหน่งของเหล็กเสริมต้องอยู่ในช่วง ±5 mm ของตำแหน่งที่ระบุในทุกทิศทาง

7.2 ข้อกำหนดสำหรับการผลิต

ผู้จัดจำหน่ายต้องเป็นผู้จัดหารายละเอียดของโรงงานผลิตและอุปกรณ์ในการผลิต รวมทั้งรายละเอียดของกระบวนการผลิตให้กับผู้ซื้อ

การบ่ม การถอดแบบ และการขนถ่ายหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตซึ่งต้องได้รับการอนุมัติจากผู้ซื้อ

การเปลี่ยนแปลงใด ๆ ที่เกิดขึ้นกับกระบวนการผลิตต้องได้รับการอนุมัติจากผู้ซื้อ ทั้งนี้ผู้ซื้อสามารถขอให้มีการรับรองว่าการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นจะไม่ทำให้เกิดผลกระทบในทางลบกับ หมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

การผลิตหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตต้องตรวจวัดและติดตามอุณหภูมิของคอนกรีตตามความเหมาะสม

เมื่อทำการวัดอุณหภูมิของคอนกรีต การวัดจะต้องกระทำในตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับกึ่งกลางความลึกและความกว้างของหมอนรองรางหรือหมอนประแจคอนกรีตที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ผู้ผลิตสามารถวัดอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมที่อยู่ติดกับการบ่มแทนอุณหภูมิของคอนกรีตได้ เมื่อผู้ผลิตสามารถให้ข้อมูลที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคอนกรีตและอุณหภูมิอากาศในทุกขั้นตอนของรอบการบ่ม

7.2.1 การบ่มตามธรรมชาติ

การบ่มและการป้องกันน้ำไม่ให้ระเหยออกควรเริ่มต้นทันทีหลังจากการทำคอนกรีตให้แน่น

การบ่มเป็นการป้องกันการระเหยของน้ำในคอนกรีตเพื่อไม่ให้คอนกรีตแห้งจากการสัมผัสกับแสงแดดและลม โดยผู้ซื้อต้องเป็นผู้อนุมัติวิธีการบ่ม

วิธีการบ่มคอนกรีตมีหลายวิธี ได้แก่ การใช้แบบหล่อ การคลุมด้วยฟิล์มพลาสติก การคลุมหรือหุ้มด้วยวัสดุเปียก การพรมด้วยน้ำ และการใช้สารเคมีสำหรับการบ่ม เพื่อสร้างผิวสำหรับการป้องกันการระเหยของน้ำในคอนกรีต โดยวิธีการบ่มเหล่านี้สามารถใช้แยกกันหรือใช้ร่วมกันได้

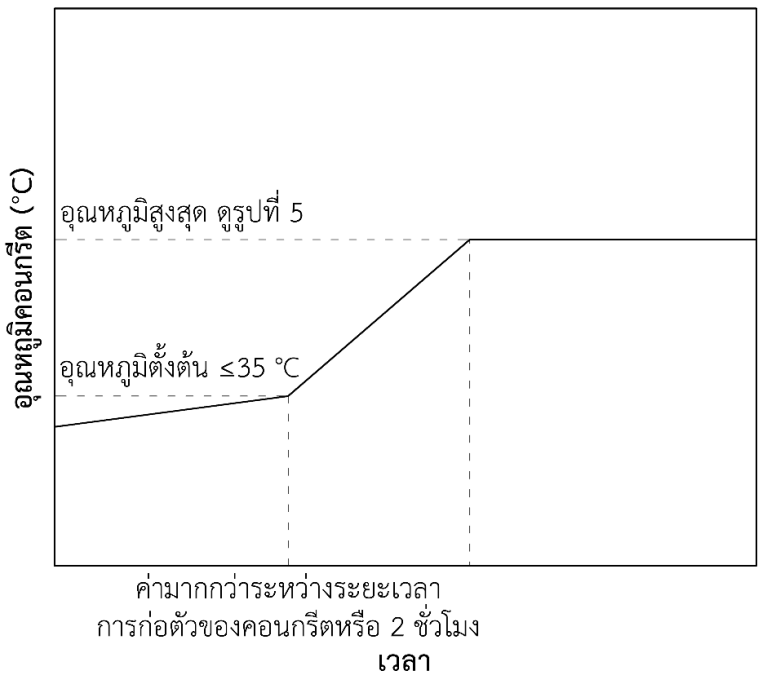
เพื่อป้องกันการแตกร้าวที่พื้นผิวที่เกิดจากความร้อนของคอนกรีตในสภาวะปกติ ความต่างของอุณหภูมิระหว่างกึ่งกลางกับพื้นผิวของชิ้นส่วนคอนกรีตต้องมีค่าไม่เกิน 20 °C

อุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้มีค่าไม่เกินตามที่แสดงในรูปที่ 4 และต้องมีการปรับลดค่า หากปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ในซีเมนต์มีค่าเกิน 2% เมื่อเทียบกับน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (รูปที่ 5)

7.2.2 การเร่งบ่ม

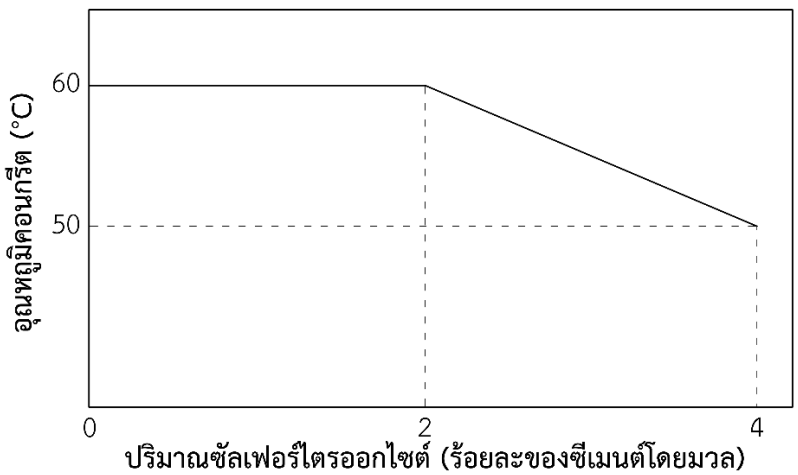
การเพิ่มความร้อนในคอนกรีต นอกจากความร้อนที่เกิดจากกระบวนการไฮเดรชัน สามารถนำมาพิจารณาสำหรับการเพิ่มอัตราการได้กำลังของคอนกรีตได้ ทั้งนี้อุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้ต้องไม่เกินค่าที่แสดงในรูปที่ 4 และต้องมีการปรับลดค่า หากปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ในปูนซีเมนต์มีค่าเกิน 2% เมื่อเทียบกับน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (รูปที่ 5)

การเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในกระบวนการบ่ม เช่น อุณหภูมิสูงสุดของคอนกรีต จะต้องมีผลการทดสอบเพิ่มเติมนอกเหนือจากผลการทดสอบยืนยันการออกแบบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนและต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ซื้อ



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของคอนกรีตและระยะเวลาในการบ่มคอนกรีต

(ข้อ 7.2.1 และข้อ 7.2.2)



รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดของคอนกรีตและปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ในซีเมนต์

(ข้อ 7.2.1 และข้อ 7.2.2)

7.3 การแต่งผิวคอนกรีต

ผิวด้านบนและด้านข้างของชิ้นส่วนคอนกรีตต้องมีลักษณะสม่ำเสมอ โดยผิวอาจมีโพรงอากาศที่กระจายตัวอย่างไม่เป็นรูปแบบได้

สำหรับหมอนรองรางและหมอนประแจคอนกรีตที่จะใช้กับทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง ผิวด้านล่างต้องมีลักษณะขรุขระและสม่ำเสมอ

สำหรับหมอนรองรางและหมอนประแจคอนกรีตที่จะใช้กับทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง ผิวด้านล่างอาจมีการระบุข้อกำหนดพิเศษ

พื้นที่รองรับรางต้องพิจารณาตรวจสอบเป็นพิเศษให้ไม่มีโพรงอากาศขนาดใหญ่ใด ๆ

ผู้ซื้อและผู้จัดจำหน่ายต้องมีข้อตกลงสำหรับเกณฑ์ขั้นต่ำในการแต่งผิวทั้งหมด และต้องมีตัวอย่างและ/หรือภาพถ่ายประกอบ

งานซ่อมแซมหรือแก้ไขชิ้นส่วนคอนกรีตหลังการถอดแบบ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์ จะกระทำได้ก็ต่อเมื่อมีรายละเอียดของการดำเนินการรวมอยู่ในคำอธิบายของกระบวนการผลิต

ตัวอย่างของข้อกำหนดสำหรับการแต่งผิวอยู่ในภาคผนวก ง.

7.4 การทำเครื่องหมายบนผลิตภัณฑ์

หมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตแต่ละท่อนต้องมีเครื่องหมายถาวรซึ่งระบุข้อมูลได้แก่ ปีที่ผลิต แบบหล่อที่ใช้ และเครื่องหมายของโรงงานที่ผลิต ซึ่งผู้ซื้ออาจขอให้มีการระบุข้อมูลอื่น ๆ เพิ่มเติมที่ถาวรหรือไม่ถาวรก็ได้บนหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

8. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์

การทดสอบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตแบ่งเป็นสองประเภท ได้แก่

1) การทดสอบยืนยันการออกแบบ (design approval test) เป็นการทดสอบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของหมอนดังกล่าว เพื่อพิสูจน์ความสอดคล้องกับการออกแบบ โดยทำการทดสอบกับหมอนคอนกรีตหรือหมอนประแจคอนกรีตที่มีอายุมากกว่า 4 สัปดาห์ หรือ 28 วัน
2) การทดสอบประจำ (routine test) เป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการควบคุมคุณภาพในระหว่างดำเนินการผลิต

หมายเหตุ กรณีที่ผู้ซื้อกำหนดให้ทำการทดสอบคุณภาพก่อนการผลิต (pre-production test) กับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทดสอบยืนยันการออกแบบ (design approval test) แล้ว สามารถพิจารณาให้การทดสอบคุณภาพก่อนการผลิตเป็นรูปแบบเดียวกับการทดสอบประจำ (routine test) ได้

การทดสอบประจำจะกระทำโดยการสุ่มเลือกหมอนคอนกรีตหรือหมอนประแจคอนกรีตจากสายการผลิต ซึ่งไม่อนุญาตให้มีการเตรียมการอย่างอื่นเพิ่มเติม นอกเหนือจากการผลิตตามปกติ โดยทั่วไปการทดสอบประจำจะประเมินโดยใช้หลักเกณฑ์เชิงสถิติ

สำหรับโครงข่ายทางรถไฟบางประเภทซึ่งมีการใช้งานหมอนรองรางสำหรับทางรถไฟสองขนาดทาง (dual gauge sleeper) หรือหมอนรองรางสำหรับทางรถไฟที่ปรับขนาดทางได้ (convertible gauge sleeper) วิธีการทดสอบตามมาตรฐานนี้สามารถใช้ทดสอบหมอนรองรางดังกล่าวได้ แต่ผู้ซื้อต้องพิจารณาผลการทดสอบสำหรับขนาดทาง 2 ขนาด

8.1 พารามิเตอร์ทางกล

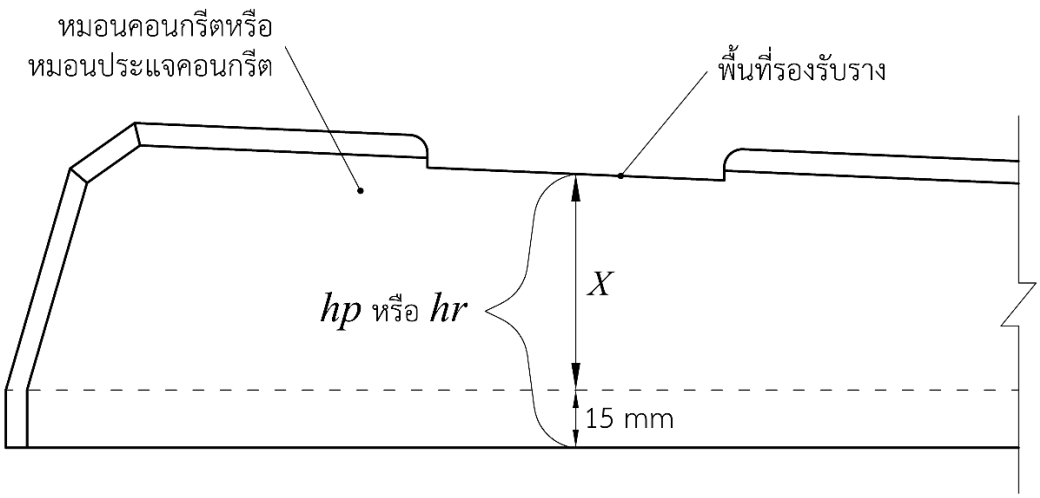
ค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้เป็นค่าที่ใช้ในการทดสอบตามที่ระบุในข้อ 8.2

รอยร้าวแรก คือ รอยร้าวที่เกิดขึ้นในบริเวณผิวหน้าที่รับแรงดึงของหมอนคอนกรีตหรือหมอนประแจคอนกรีต โดยไม่คำนึงถึงความกว้างของรอยร้าว และรอยร้าวขยายตัวไปถึงความลึก 15 mm เป็นอย่างน้อยที่ด้านใดด้านหนึ่งของหมอนคอนกรีตหรือหมอนประแจคอนกรีต และมีความลึกเพิ่มขึ้นเมื่อยังมีแรงกระทำต่อไป

การตรวจวัดให้กระทำที่ระยะประมาณ 15 mm จากผิวหน้าที่รับแรงดึงของคอนกรีตทั้งสองด้าน

ตำแหน่ง 15 mm ให้พิจารณาจากพื้นที่รองรับรางดังแสดงในรูปที่ 6

ระยะ X คำนวณจาก $X = (hp - 15)$ mm หรือ $X = (hr - 15)$ mm



รูปที่ 6 พื้นที่สำหรับวัดรอยร้าว

(ข้อ 8.1)

การให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบต้องเป็นไปตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว มาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ หรือมาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

เมื่อมีข้อกำหนดที่เกี่ยวกับความกว้างของรอยร้าว การวัดต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายไม่น้อยกว่า 20 เท่า และมีความแม่นยำที่ระดับ ±0.01 mm

8.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์

การทดสอบสมรรถนะของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตประกอบด้วย

1) การทดสอบแบบสถิต ซึ่งเป็นการทดสอบด้วยน้ำหนักบรรทุกสถิต เพื่อยืนยันพฤติกรรมของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต โดยการทดสอบนี้ต้องกระทำทั้งในการทดสอบยืนยันการออกแบบและการทดสอบประจำ
2) การทดสอบแบบพลวัต ซึ่งเป็นการทดสอบด้วยน้ำหนักบรรทุกพลวัต โดยให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบเป็นจังหวะและเพิ่มขนาดขึ้นเรื่อย ๆ กับหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต เพื่อจำลองสถานการณ์จากการใช้งานจริงของทางรถไฟที่ได้รับผลกระทบจากแรงกระทำซ้ำและแรงกระแทกโดยการทดสอบนี้ใช้สำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบเท่านั้น
3) การทดสอบความต้านทานต่อความล้า ซึ่งเป็นการทดสอบด้วยน้ำหนักบรรทุกพลวัต เพื่อจำลองน้ำหนักบรรทุกจากการจราจรที่กระทำกับหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต โดยการทดสอบนี้เป็นทางเลือกเพิ่มเติมสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ เมื่อผู้ซื้อประสงค์ให้ทำการทดสอบ

ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตแต่ละประเภทระบุอยู่ในมาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว มาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ และมาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง ซึ่งระบุเกณฑ์ในการอนุมัติและการทดสอบประจำที่แตกต่างกัน

8.3 การทดสอบคอนกรีต

การทดสอบคอนกรีตประกอบด้วยการทดสอบยืนยันการออกแบบสำหรับส่วนผสมคอนกรีตและการทดสอบประจำสำหรับคอนกรีตที่ใช้ในการผลิต โดยการทดสอบคอนกรีตอาจประกอบด้วยการทดสอบดังต่อไปนี้ ทั้งนี้ผู้ซื้อสามารถกำหนดให้มีการทดสอบอื่น ๆ เพิ่มเติมได้

1) การทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต โดยวิธีการทดสอบต้องเป็นไปตาม มอก. 213 คอนกรีตผสมเสร็จ หรือ ASTM C143/143M Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete หรือมาตรฐาน สทร. HSR-CT-4002 มาตรฐานการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสดสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง หรือมาตรฐานอื่นตามที่ผู้ซื้อกำหนด
2) การทดสอบปริมาณอากาศในคอนกรีต โดยวิธีการทดสอบต้องเป็นไปตาม มอก. 213 คอนกรีตผสมเสร็จ หรือ ASTM C231/C231M Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method หรือมาตรฐาน สทร. HSR-CT-4006 มาตรฐานการทดสอบปริมาณอากาศคอนกรีตโดยวิธีวัดความดันสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง หรือมาตรฐานอื่นตามที่ผู้ซื้อกำหนด
3) การทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต โดยวิธีการทดสอบต้องเป็นไปตาม มอก. 1736 เล่ม 14 ระยะเวลาก่อตัวของคอนกรีต โดยวิธีความต้านทานการแทรกผ่าน หรือ ASTM C403/C403M-23

Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance หรือมาตรฐานอื่นตามที่ผู้ซื้อกำหนด

4) การทดสอบอุณหภูมิของคอนกรีต โดยวิธีการทดสอบต้องเป็นไปตาม ASTM C1064/C1064M-17 Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete หรือมาตรฐานอื่นตามที่ผู้ซื้อกำหนด

5) การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน สำหรับคอนกรีตอัดแรงให้ทดสอบที่อายุคอนกรีตที่มีการถ่ายแรงอัด โดยวิธีการทดสอบต้องเป็นไปตาม มอก. 409 วิธีการทดสอบความต้านทานแรงอัดของแท่งคอนกรีต หรือ ASTM C39/C39M-21 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens หรือมาตรฐานอื่นตามที่ผู้ซื้อกำหนด

8.4 การทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

การทดสอบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตร่วมกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางให้เป็นไปตามความประสงค์ของผู้ซื้อ ซึ่งผู้ซื้อต้องเป็นผู้ระบุการทดสอบ ทั้งนี้การทดสอบประกอบด้วย

1) การทดสอบยืนยันการออกแบบ โดยต้องเป็นไปตามมาตรฐาน CT-2002 มาตรฐานอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางสำหรับหมอนคอนกรีตในทางรถไฟชนิดมีหินโรยทาง มาตรฐาน CT-2005 มาตรฐานอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางสำหรับส่วนประกอบคอนกรีตหรือส่วนประกอบเหล็กในทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง หรือ EN 13481-7 Railway applications - Track - Performance requirements for fastening systems - Part 7: Fastening systems for switches and crossings, check rails, insulated rail joints and rail expansion devices

2) การทดสอบยืนยันการออกแบบฉนวนไฟฟ้า โดยต้องเป็นไปตามมาตรฐาน CT-6011 มาตรฐานการทดสอบอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง : ความต้านทานไฟฟ้า

3) การทดสอบประจำ

8.5 การทดสอบอื่น ๆ

ผู้ซื้ออาจระบุให้มีการทดสอบอื่น ๆ เพื่อทดสอบความคงทนของคอนกรีตดังนี้

1) ความต้านทานการสึกกร่อนของมวลรวมละเอียด (ภาคผนวก ก.)

2) การดูดซึมน้ำของคอนกรีตภายใต้ความดันบรรยากาศ (ภาคผนวก ข.)

3) การทดสอบตามที่ผู้ซื้อกำหนด

9. ข้อกำหนดสำหรับการควบคุมคุณภาพ

ผู้จัดจำหน่ายต้องควบคุมคุณภาพตามที่มีการระบุและแสดงไว้ในคู่มือควบคุมคุณภาพ โดยคู่มือนี้ต้องประกอบด้วยเนื้อหาที่เกี่ยวกับการทำงาน หน้าที่ และทรัพยากรทั้งหมด ซึ่งครอบคลุมถึงกระบวนการและการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำและจัดเตรียมเอกสารหลักฐาน ที่แสดงให้เห็นว่าหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตที่นำส่งทั้งหมดมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดหรือข้อตกลงทุกประการ

คู่มือควบคุมคุณภาพต้องประกอบด้วยแผนงานควบคุมคุณภาพ สำหรับการผลิตหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต ซึ่งต้องครอบคลุมประเด็นและรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) องค์กร โครงสร้าง และความรับผิดชอบ
2) วัสดุ กระบวนการ และขั้นตอนทั้งหมดในการผลิต การจัดเก็บ และการขนส่งหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต ตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว มาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ หรือมาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง
3) ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบทั้งหมด รวมถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ วิธีการทดสอบ ความถี่ในการทดสอบ เป็นต้น
4) กระบวนการควบคุมคุณภาพอื่น ๆ เพื่อความมั่นใจและเพื่อยืนยันว่า หมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตเป็นไปตามข้อกำหนดหรือข้อตกลงทุกประการ

ผู้ซื้อต้องสามารถเข้าถึงคู่มือควบคุมคุณภาพ ณ สถานประกอบการของผู้จัดจำหน่ายได้

หมายเหตุ คำแนะนำเกี่ยวกับระบบคุณภาพให้เป็นไปตาม ISO 9000 Quality Management Systems - QMS ทั้งนี้โรงงานผลิตต้องได้รับใบรับรอง ISO 9000 หรือมีการควบคุมคุณภาพการผลิตตามมาตรฐานดังกล่าว โดยได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่ผู้ซื้อเห็นชอบ

9.1 การควบคุมคุณภาพระหว่างการทดสอบยืนยันการออกแบบ

ผู้จัดจำหน่ายต้องเตรียมแผนงานควบคุมคุณภาพและเอกสารทั้งหมดที่เกี่ยวกับชิ้นส่วนคอนกรีตให้ผู้ซื้อสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ ซึ่งต้องประกอบด้วย

1) แบบรายละเอียดของชิ้นส่วนคอนกรีตและส่วนประกอบอื่นที่อยู่ในชิ้นส่วนคอนกรีต
2) ข้อมูลที่เกี่ยวกับระบบยึดของลวดอัดแรงสำหรับชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรง
3) ข้อมูลที่เกี่ยวกับส่วนผสมคอนกรีตตามที่ระบุในข้อ 6.5
4) รายละเอียดที่เกี่ยวกับการตรวจสอบและการทดสอบทั้งหมดตามข้อกำหนด ซึ่งประกอบด้วย

   4.1) การตรวจสอบรูปทรงเรขาคณิต พร้อมคำอธิบายเกี่ยวกับขนาดและวิธีการวัดมิติต่าง ๆ
   4.2) การทดสอบสมรรถนะของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตด้วยน้ำหนักบรรทุกทดสอบ พร้อมคำอธิบายถึงวิธีการทดสอบ และการวัดผลที่ได้จากการทดสอบ

5) คำอธิบายทั่วไปเกี่ยวกับกระบวนการผลิต
6) รายงานผลการทดสอบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตที่สอดคล้องกับข้อ 8.2 พร้อมการตรวจวัดมิติที่สอดคล้องกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ตามที่ระบุในตารางที่ 1

ผลการทดสอบยืนยันการออกแบบสามารถนำไปใช้ในการเลือกน้ำหนักบรรทุกทดสอบสำหรับการทดสอบประจำ

9.2 การควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิต

ก่อนการเริ่มต้นการผลิต ผู้จัดจำหน่ายต้องเตรียมแผนงานควบคุมคุณภาพให้กับผู้ซื้อซึ่งประกอบด้วยเอกสารทั้งหมดที่เกี่ยวกับการยอมรับวัสดุและกระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีต

สำหรับการทดสอบประจำ ผู้จัดจำหน่ายสามารถจัดการทดสอบในลักษณะอื่น ๆ ที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติมได้ หากสามารถจัดเตรียมหลักฐานหรือเอกสารที่เกี่ยวกับรายละเอียดของการทดสอบที่สอดคล้องกับการทดสอบที่ได้รับอนุมัติ

แผนงานควบคุมคุณภาพต้องมีรายละเอียดดังนี้

1) ความถี่ในการตรวจวัดมิติของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต
2) ความถี่ในการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของผลิตภัณฑ์และการทดสอบคอนกรีต
3) กลไกที่ใช้ในการเพิ่มความถี่ในการทดสอบเมื่อตรวจพบความบกพร่อง
4) แนวทางปฏิบัติในกรณีที่ตรวจพบความบกพร่อง โดยให้มีการตรวจสอบหรือทดสอบซ้ำเพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนด

กรณีที่มีการตรวจวัดมิติของชิ้นส่วนคอนกรีตล่วงหน้า แผนงานควบคุมคุณภาพต้องพิจารณาผลกระทบเนื่องจากการหดตัวเพิ่มของชิ้นส่วนด้วย

ผู้ซื้อสามารถระบุให้ผู้จัดจำหน่ายทำการทดสอบนอกเหนือจากการทดสอบประจำตามที่ระบุในมาตรฐานฉบับนี้ได้ตามสมควร และยืนยันความสอดคล้องกับมาตรฐานสำหรับการทดสอบประจำ

ข้อมูลเกี่ยวกับความถี่ในการตรวจสอบและการทดสอบอยู่ในภาคผนวก จ.

10. เอกสารอ้างอิง

10.1 กรมการขนส่งทางราง. (2566). *มขร. C-005-2566 มาตรฐานองค์ประกอบทางรถไฟ.*

10.2 สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน). (2569). *มาตรฐาน สทร. CT–8001:2569 มาตรฐานบทนิยามเกี่ยวกับหมอนรองรางและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง.*

10.3 British Standards Institution. (2016). *EN 13230-1:2016 Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 1: General requirements.*

10.5 Rail Industry Safety and Standards Board. (2019). *AS 1085.14:2019 Railway track material, Part 14: Prestressed concrete sleepers. Standards Australia.*

ภาคผนวก ก.
วิธีการทดสอบเพื่อหาค่าดัชนีการสึกหรอของ Taber สำหรับมวลรวมละเอียด
(ข้อ 5.3.1 ข้อ 6.2 ข้อ 6.5.1 และข้อ 8.5)

ก.1 บทนำ

การทดสอบเพื่อหาค่าดัชนีการสึกหรอของ Taber เป็นวิธีการประเมินความต้านทานการสึกกร่อนของมวลรวมละเอียด โดยใช้แผ่นทดสอบหรือแผ่นมอร์ทาร์จำนวน 4 แผ่น ผ่านเครื่องทดสอบการสึกกร่อนของ Taber แล้วคำนวณหาค่าดัชนีการสึกหรอด้วยน้ำหนักและปริมาตรของแผ่นมอร์ทาร์ที่หายไป หลังจากผ่านเครื่องทดสอบ

ก.2 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

การทดสอบการสึกกร่อนของ Taber ต้องอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบดังนี้

1) เครื่องทดสอบการสึกกร่อนของ Taber โดยเครื่อง Teledyne รุ่น 503 5103 5105 หรือคล้ายคลึง พร้อมกับล้อบอนด์ Taber H22 ขนาดกลางเม็ดหยาบแบบเผาที่สอบเทียบแล้ว 1 คู่ และน้ำหนักบรรทุก 500 g
2) เตาอบระบายอากาศที่สามารถรักษาอุณหภูมิที่ 105±5 °C
3) ถังน้ำควบคุมอุณหภูมิที่สามารถรักษาอุณหภูมิที่ 20±2 °C
4) แบบหล่อตัวอย่างที่สามารถขึ้นรูปมอร์ทาร์ขนาด 100±3 mm × 100±3 mm × 15±3 mm
5) เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีระดับความถูกต้อง 0.01% ของมวลที่ชั่ง
6) อุปกรณ์ขัดซึ่งหล่อด้วยน้ำที่เหมาะสม

ก.3 การเตรียมแผ่นมอร์ทาร์

ก.3.1 ตัวอย่างทดสอบ

การทดสอบกับมวลรวมละเอียดต้องมีการเก็บตัวอย่างทดสอบขนาด 5 kg ซึ่งถือว่าเป็นตัวแทนของมวลรวมละเอียดที่จะทำการทดสอบ

ก.3.2 การเตรียมแผ่นมอร์ทาร์

แผ่นมอร์ทาร์ที่จะนำไปทดสอบต้องทำจากตัวอย่างทดสอบ ซึ่งเป็นทรายหรือมวลรวมละเอียด ที่ทำให้แห้ง เพื่อให้มีน้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ 105±5 °C การวัดและผสมทรายแห้งกับปูนซีเมนต์และน้ำต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

1) อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ เท่ากับ 3:1 โดยน้ำหนัก
2) อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.55

มอร์ทาร์ที่ทำต้องบรรจุลงในแบบหล่อและทำให้แน่นด้วยมือเป็นจำนวนทั้งหมด 6 แผ่น โดยใช้สำหรับทดสอบจำนวน 4 แผ่น และอีก 2 แผ่น ใช้สำหรับสำรองเผื่อกรณีฉุกเฉิน ทั้งนี้แผ่นมอร์ทาร์ต้องมีขนาด 100±3 mm × 100±3 mm × 15±3 mm

ก.3.3 การบ่มแผ่นมอร์ทาร์

ในเบื้องต้น การบ่มแผ่นมอร์ทาร์ให้คลุมแผ่นมอร์ทาร์ที่หล่อด้วยพอลิเอทิลีน และทิ้งไว้ให้แข็งตัวข้ามคืนภายในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 20±2 °C

แผ่นมอร์ทาร์ที่ถอดออกจากแบบหล่อต้องถูกนำไปบ่มต่อด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 20±2 °C เป็นเวลา 28 วัน

ก.3.4 การขัดแผ่นมอร์ทาร์

ก่อนนำแผ่นมอร์ทาร์ไปทดสอบ ต้องขัดถูพื้นผิวด้านหนึ่งของแผ่นมอร์ทาร์แต่ละแผ่น เพื่อทำให้พื้นผิวด้านนอกหลุดออกประมาณ 1 mm ถึง 2 mm เพื่อให้เม็ดทรายปรากฏและเพื่อให้พื้นผิวเรียบเสมอ

หลังจากนั้น ทำให้แผ่นมอร์ทาร์แห้งด้วยอากาศจนมีน้ำหนักคงตัว (W_0) ที่อุณหภูมิ 20±2 °C

ก.4 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบเพื่อประเมินความต้านทานการสึกกร่อนของมวลรวมให้ติดตั้งแผ่นมอร์ทาร์ในเครื่องทดสอบการสึกกร่อนของ Taber และทำการทดสอบ 500 รอบ ด้วยล้อบอนด์ Taber H22 ที่สอบเทียบแล้ว และน้ำหนักบรรทุก 500 g

จากนั้น ให้บันทึกน้ำหนักใหม่ของแผ่นมอร์ทาร์ (W_1) และคำนวณน้ำหนักที่สูญเสีย (W_3) ในหน่วย mg ($W_3 = W_0 - W_1$)

หลังจากนั้น จึงคำนวณความหนาแน่นของแผ่นมอร์ทาร์ (d) ซึ่งมีหน่วยเป็น mg/m^3

ก.5 การคำนวณดัชนีการสึกหรอของ Taber

ดัชนีการสึกหรอของ Taber ของแผ่นมอร์ทาร์แต่ละแผ่นคำนวณได้ตามสมการ (ก.1)

$$TWI = \frac{W_3}{d} \times \frac{1{,}000\ cycles}{n} \qquad (ก.1)$$

โดย TWI คือ ดัชนีการสึกหรอของ Taber

n คือ จำนวนรอบของการทดสอบ

ดัชนีการสึกหรอของ Taber ต้องเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบทั้ง 4 ตัวอย่างของแผ่นมอร์ทาร์ และต้องมีค่าไม่เกินค่าที่ผู้ซื้อระบุ

ภาคผนวก ข.
วิธีการทดสอบเพื่อวัดการดูดซึมน้ำของคอนกรีตภายใต้ความดันบรรยากาศ

(ข้อ 5.3.1 ข้อ 6.5 ข้อ 6.5.1 และข้อ 8.5)

ข.1 บทนำ

การปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตด้านความต้านทานการขยายตัวที่ไม่พึงประสงค์ของคอนกรีตสามารถกระทำได้ด้วยการทำให้คอนกรีตมีความพรุนต่ำ คุณสมบัติที่แสดงความพรุนสามารถวัดได้จากการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตที่ความดันบรรยากาศ

ข.2 ตัวอย่างทดสอบ

การทดสอบให้กระทำโดยใช้ตัวอย่างทดสอบที่เก็บจากการผลิตตามปกติด้วยการเจาะแก่น จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง จากชิ้นส่วนคอนกรีตแต่ละประเภท โดยที่ตัวอย่างทดสอบต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 40 mm และมีความยาวประมาณ 120 mm

ข.3 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบเพื่อวัดการดูดซึมน้ำของคอนกรีตให้ทำตัวอย่างทดสอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105±5 °C จนกระทั่งได้มวลที่มีค่าคงที่ (M_1)

มวลที่มีค่าคงที่ คือ มวลที่มีความแปรผันระหว่างการชั่งน้ำหนักต่อเนื่องกัน 2 ครั้ง มีค่าไม่เกิน 1/1000 ซึ่งโดยทั่วไปต้องใช้เวลาในการทำให้ตัวอย่างทดสอบแห้งประมาณ 48 ชั่วโมง

หลังจากตัวอย่างทดสอบแห้งจนมีมวลที่มีค่าคงที่แล้ว วางตัวอย่างทดสอบในแนวนอนในภาชนะที่บรรจุน้ำดื่มที่มีอุณหภูมิประมาณ 15 °C ถึง 20 °C จนถึงแกนของตัวอย่าง

เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง เพิ่มระดับน้ำให้สูงกว่าด้านบนของตัวอย่างทดสอบ 5 mm เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที

เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบในน้ำ เพื่อวัดมวลหรือน้ำหนักอุทกสถิต (M_2)

หลังจากนั้น เช็ดตัวอย่างทดสอบเพื่อไม่ให้มีน้ำอยู่ที่พื้นผิว เพื่อวัดมวลหรือน้ำหนักอิ่มตัวผิวแห้ง (M_3)

ข.4 ผลการทดสอบ

ความพรุน คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรทั้งหมดของช่องว่างต่อปริมาตรปรากฏ โดยสมมติว่าความหนาแน่นจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิ 15 °C ถึง 20 °C มีค่าเท่ากับ 1 และให้คำนวณความพรุนตามขั้นตอนดังนี้

1) ปริมาตรทั้งหมดของช่องว่างคือ $M_3 - M_1$
2) ปริมาตรสัมบูรณ์คือ $M_1 - M_2$

ปริมาตรปรากฏ คือ ปริมาตรทั้งหมดของช่องว่างรวมกับปริมาตรสัมบูรณ์ = $M_3 - M_2$

3) ความพรุนสามารถคำนวณได้ตามสมการ (ข.1)

$$V_p = \frac{M_3 - M_1}{M_3 - M_2} \times 100 \qquad (ข.1)$$

โดยที่ V_p คือ ความพรุน มีหน่วยเป็น %

ข.5 เกณฑ์การทดสอบ

เกณฑ์การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตภายใต้ความดันบรรยากาศกำหนดให้ความพรุนของตัวอย่างทดสอบต้องมีค่าไม่เกิน 12%

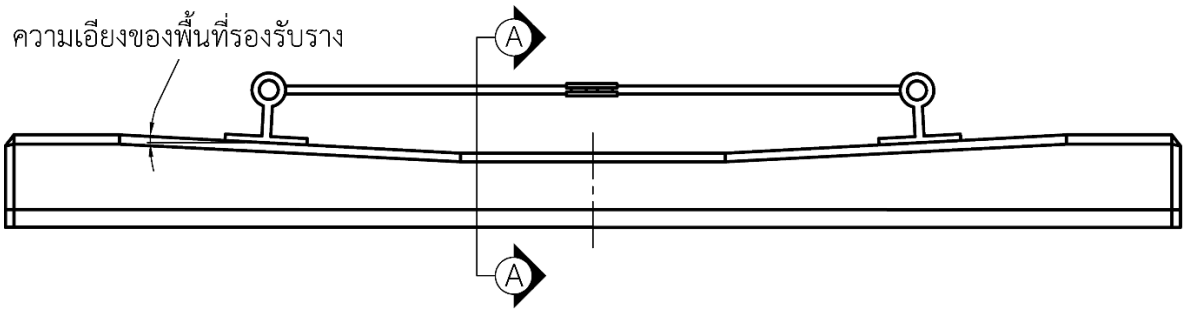
ภาคผนวก ค.

นิยามและข้อเสนอแนะสำหรับการวัดความเอียงหรือลาดของพื้นที่รองรับราง

และการบิดสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่รองรับราง

(ข้อ 4.2)

ความเอียงของพื้นที่รองรับรางต้องประเมินโดยการวัดมุมของระนาบของพื้นที่รองรับราง และการบิดสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่รองรับรางทั้งสองพื้นที่ต้องประเมินโดยการวัดความแตกต่างเชิงมุมระหว่างระนาบของพื้นที่รองรับรางทั้งสองระนาบของหมอนคอนกรีตหรือหมอนประแจคอนกรีต (รูปที่ ค.1)



(ก) ภาพด้านข้าง

(ข) ภาพตัด A-A

รูปที่ ค.1 ตัวอย่างของเกจสำหรับการวัดความเอียงของพื้นที่รองรับราง

และการบิดสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่รองรับราง

(ภาคผนวก ค.)

ในการวัดมุมของระนาบของพื้นที่รองรับรางแต่ละระนาบ แผ่นวัสดุอ้างอิงที่ใช้ในการวัดมุมดังกล่าวต้องมีความยาวอย่างน้อย 150 mm ในแต่ละทิศทาง

เกจสำหรับการวัดควรมีการสอบเทียบกับหมอนรองรางที่ใช้สำหรับอ้างอิง

แผ่นวัสดุอ้างอิงสำหรับผิวคอนกรีตของพื้นที่รองรับรางควรพิจารณาถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับความเรียบด้วย

ภาคผนวก ง.

การแต่งผิวคอนกรีต

(ข้อ 7.3)

ง.1 บทนำ

การแต่งผิวของผลิตภัณฑ์หรือหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตอาจเป็นประเด็นสำคัญระหว่างผู้ซื้อและผู้จัดจำหน่าย เนื่องจากการประเมินผิวคอนกรีตเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก

การประเมินผิวคอนกรีตอาจทำได้สะดวกขึ้นด้วยการใช้ชิ้นส่วนตัวอย่างและ/หรือภาพถ่าย ตามที่ระบุในข้อ 7.3

ภาคผนวกนี้ใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเกณฑ์สำหรับการแต่งผิว ซึ่งต้องพิจารณาสิ่งที่อาจส่งผลกระทบต่อความคงทนและสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ และสิ่งที่กระทบต่อลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์

ลักษณะทั่วไปของผิวของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการผลิตที่ถอดแบบหล่อทันทีจะทำให้ผิวคอนกรีตขรุขระ ส่วนกระบวนการผลิตที่ถอดแบบหล่อช้าจะทำให้ผิวคอนกรีตเรียบ

ทั้งนี้คุณภาพของผิวคอนกรีตของพื้นที่รองรับรางไม่ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นการถอดแบบหล่อทันทีหรือการถอดแบบหล่อช้า

ปูนซีเมนต์และมวลรวมทำให้สีของผิวของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของวัสดุ ทั้งนี้ผิวของผลิตภัณฑ์อาจมีรอยเปื้อนเนื่องจากลักษณะของเกลือ ความแตกต่างดังกล่าวไม่มีอิทธิพลกับสมรรถนะของหมอนรองรางและหมอนประแจคอนกรีต

ในการพิจารณาลักษณะทั่วไป ความบกพร่องที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความคงทนของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตอาจทำให้ไม่จำเป็นต้องมีการซ่อมแซมหรือแก้ไข ยกเว้นกรณีที่ผู้ซื้อประสงค์ให้ซ่อมแซมก่อนอนุมัติการใช้งาน

ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับการแต่งผิวอาจแตกต่างกันตามพื้นที่บนหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานในลักษณะที่แตกต่างกัน

ตัวอย่างพื้นที่บนหมอนรองรางและหมอนประแจคอนกรีตที่มีการระบุการแต่งผิวพิเศษ เช่น

1) พื้นที่รองรับรางที่มีผลต่อรูปทรงเรขาคณิตและสติฟเนสของแผ่นรองรางหรือจานรองราง
2) ผิวด้านล่างของหมอนรองรางและหมอนประแจคอนกรีตที่ต้องการผิวคอนกรีตที่มีลักษณะขรุขระ
3) ผิวด้านข้างของหมอนรองรางและหมอนประแจคอนกรีต

ง.2 การแต่งผิวของพื้นที่รองรับราง

การตรวจสอบการแต่งผิวมักกระทำด้วยการตรวจพินิจ ซึ่งเป็นกระบวนการควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิต ในกรณีที่จำเป็น ควรใช้ข้อกำหนดเชิงรูปธรรมดังนี้

ผิวของพื้นที่รองรับรางควรมีการแต่งผิวให้มีลักษณะราบเรียบหลังถอดแบบหล่อ และปราศจากโพรงอากาศหรือรอยตำหนิที่มีนัยสำคัญ ทั้งนี้โพรงอากาศที่มีความยาวน้อยกว่า 5 mm ถือว่าไม่มีนัยสำคัญ

โพรงอากาศเดี่ยวที่มีความลึกเกินกว่า 5 mm หรือความยาวมากกว่า 20 mm ถือว่าเป็นโพรงอากาศที่มีนัยสำคัญและไม่สามารถยอมรับได้

พื้นที่รองรับรางแต่ละพื้นที่ต้องไม่มีโพรงอากาศหรือรอยตำหนิใด ๆ ที่มีความยาวเกินกว่า 5 mm สำหรับโพรงอากาศขนาดใด ๆ ก็ตาม จำนวนเกินกว่า 20 รู

พื้นที่รองรับรางอาจมีโพรงอากาศที่มีความยาวเกินกว่า 10 mm ได้ แต่ต้องมีจำนวนไม่เกิน 3 รู

โพรงอากาศที่มีขนาดใหญ่กว่ามิติที่กำหนดข้างต้นสามารถซ่อมแซมได้ โดยใช้วัสดุที่ได้รับการอนุมัติ หากผู้ซื้อประสงค์ให้ซ่อมผิวคอนกรีต

เกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นสำหรับหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตสามารถปรับเพิ่มตามอัตราส่วนเพื่อใช้กับพื้นที่รองรับรางที่มีความกว้างมากกว่า 160 mm

ง.3 การแต่งผิวสำหรับบริเวณอื่น ๆ

ผิวคอนกรีต ณ บริเวณอื่น ๆ ของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตจะเป็นไปตามที่ปรากฏหลังจากถอดแบบหล่อ ยกเว้นบริเวณที่ต้องมีการซ่อมแซมภายหลังจากถอดแบบหล่อตามรายละเอียดที่ระบุในข้อ ง.4

ง.4 รายละเอียดของกระบวนการของงานซ่อมแซม

งานซ่อมแซมผิวของชิ้นส่วนคอนกรีตหลังจากถอดแบบหล่อ รวมทั้งงานซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากการกะเทาะ ณ บริเวณขอบด้านล่างและปลายของชิ้นส่วนคอนกรีต ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ จะกระทำได้ก็ต่อเมื่อมีรายละเอียดของงานซ่อมแซมรวมอยู่ในคำอธิบายของกระบวนการผลิต โดยเป็นส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพ และผู้ซื้ออนุมัติแล้วเท่านั้น

ภาคผนวก จ.
การควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิต – การทดสอบประจำและความถี่ในการทดสอบ
(ข้อ 9.2)

จ.1 บทนำ

ภาคผนวกนี้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการสำหรับการทดสอบประจำและข้อเสนอแนะสำหรับความถี่ในการทดสอบ เพื่อควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิตหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

ภาคผนวกนี้เหมาะสมกับการทดสอบประจำสำหรับการผลิตหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตจำนวนมาก

ในการผลิตหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตที่มีปริมาณน้อย ความถี่ในการทดสอบประจำสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม

จ.2 ข้อมูลของหมอนรองรางและหมอนประแจคอนกรีตที่ต้องตรวจสอบ

ตารางที่ จ.1 ถึงตารางที่ จ.3 ระบุข้อมูล และรายการเอกสารหรือรายละเอียดที่สำคัญของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีตที่ต้องตรวจสอบในการทดสอบประจำ

ตารางที่ จ.1 วัตถุดิบ

(ข้อ จ.2)

รายการ	เอกสาร	เอกสารอ้างอิง
ปูนซีเมนต์	ใบรับรองจากผู้จัดจำหน่ายซีเมนต์	มอก. 15 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มอก. 2594 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มวลรวม	รายงานผลการวิเคราะห์หินและแร่	EN 12620 Aggregates for concrete
เหล็กเสริม	ใบรับรองจากผู้จัดจำหน่ายเหล็ก	มอก. 20 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม มอก. 24 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย
ลวดอัดแรง	ใบรับรองจากผู้จัดจำหน่ายเหล็ก	มอก. 95 ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง มอก. 420 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง
อุปกรณ์ยึดลวดอัดแรง	ใบรับรองจากผู้จัดจำหน่ายอุปกรณ์	-

ตารางที่ จ.2 กระบวนการผลิต

(ข้อ จ.2)

รายการ	รายละเอียด	เอกสารอ้างอิง
คอนกรีต	กำลังอัดที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ กำลังอัดขณะที่ดำเนินการอัดแรง	มยผ. 1101 มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก มยผ.1102 มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง EN 206 Concrete – Specification, performance, production and conformity
เหล็กเสริม	ตำแหน่งของเหล็กเสริมเทียบกับตำแหน่งที่ระบุ	-
การบ่ม	รอบเวลาการเร่งบ่มและอุณหภูมิสูงสุด	กราฟบันทึกผลการบ่มจริงเปรียบเทียบกับกราฟการบ่มที่ออกแบบไว้
แรงในการอัดแรง	แรงอัดที่ใช้โดยตรงหรือโดยอ้อม ซึ่งเป็นไปตามกระบวนการผลิต	-

ตารางที่ จ.3 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแล้วเสร็จ

(ข้อ จ.2)

รายการ	รายละเอียด	เอกสารอ้างอิง
หมอนคอนกรีตหรือหมอนประแจคอนกรีต	การทดสอบประจำด้วยน้ำหนักบรรทุกสถิตที่พื้นที่รองรับราง	มาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว มาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ มาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง
การแต่งผิวคอนกรีตและลักษณะทั่วไป	การตรวจพินิจ	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ
อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง	การทดสอบประจำที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ
b_1 และ b_2	ตามข้อ 4.2	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ
hr	ตามข้อ 4.2	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ
hp	ตามข้อ 4.2	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ
L_1	ตามข้อ 4.2	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ
L	ตามข้อ 4.2	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ
i	ตามข้อ 4.2	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ
f	ตามข้อ 4.2	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ
T	ตามข้อ 4.2	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ
มวล	-	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ
ความเบี่ยงเบนแนวดิ่งของหมอนประแจคอนกรีต	-	ส่วนหนึ่งของแผนงานควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ซึ่งต้องผ่านการอนุมัติจากผู้ซื้อ

จ.3 ตัวอย่างสำหรับความถี่ของการทดสอบ

ความถี่ของการทดสอบวัสดุที่ใช้ในการผลิตและกระบวนการผลิต รวมถึงผลิตภัณฑ์ในระหว่างการผลิต ให้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต โดยผู้ซื้อต้องอนุมัติ

สำหรับการตรวจสอบและทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแล้วเสร็จ การทดสอบสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การสุ่มตัวอย่างทดสอบ

ในข้อตกลงทั่วไปสำหรับการผลิตที่มีปริมาณมาก การตรวจสอบรูปทรงเรขาคณิตของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแล้วเสร็จ ให้สุ่มตัวอย่างทดสอบเป็นจำนวน 1.5% ของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแล้วเสร็จทั้งหมด ซึ่งถือว่าสามารถใช้เป็นตัวแทนแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของการผลิตได้ ทั้งนี้จำนวนตัวอย่างทดสอบที่ได้จากการสุ่มสามารถปรับให้อยู่ระหว่าง 1% ถึง 2%

ความถี่ในการทดสอบประจำด้วยน้ำหนักบรรทุกทดสอบที่พื้นที่รองรับรางขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตว่าสามารถควบคุมคุณภาพการผลิตได้ดีหรือไม่

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-2007:2569
มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว
(PRESTRESSED MONOBLOCK SLEEPERS)

- กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
- ทีมมาตรฐาน

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-2007:2569

มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว

(PRESTRESSED MONOBLOCK SLEEPERS)

- กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
- ทีมมาตรฐาน

www.rtrda.or.th info@rtrda.or.th rtrda.thailand @RTRDA_Th
@rtrdathailand rtrda.thailand Rail Technology Research and Development Agency

สทร. CT-2007:2569
มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว
(Prestressed Monoblock Sleeper)

1. ทั่วไป

หมอนรองรางถือเป็นองค์ประกอบหลักของทางรถไฟที่ทำหน้าที่รองรับรางรถไฟ ให้มีระยะห่างและความเอียงที่ถูกต้อง รวมถึงถ่ายเทน้ำหนักบรรทุกและแรงกระทำต่าง ๆ ในแนวดิ่ง แนวด้านข้าง และตามแนวยาวจากรางรถไฟลงสู่ชั้นหินโรยทางหรือส่วนรองรับอื่น ในปัจจุบันมีการใช้งานหมอนคอนกรีตอยู่หลากหลายรูปแบบ เช่น หมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ และหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

หมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว (prestressed monoblock sleepers) เป็นหมอนรองรางประเภทหนึ่งที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด โดยจัดเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญด้านความปลอดภัยสำหรับการใช้งานทางรถไฟ เพื่อให้ระบบทางรถไฟโดยเฉพาะหมอนรองรางทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ และปลอดภัยตลอดอายุการใช้งาน หมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวจึงต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุก แรงกระทำต่าง ๆ รวมถึงต้องคงทนต่อความเสียหายจากความชื้นซึ่งอาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่เป็นอันตรายต่อหมอนรองรางได้ มาตรฐานนี้จึงกำหนดเกณฑ์ทางเทคนิคและขั้นตอนการควบคุมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการทดสอบหมอนรองรางประเภทนี้โดยเฉพาะ ทั้งนี้มาตรฐานฉบับนี้ระบุวิธีการทดสอบทางกลเพื่อรับรองความสามารถของหมอนรองรางในการต้านทานน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำและความคงทนของหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว รวมทั้งระบุข้อกำหนดสำหรับการควบคุมกระบวนการผลิตและการทดสอบคุณภาพในการผลิต เพื่อให้แน่ใจว่าคอนกรีตจะไม่เสื่อมสภาพจากการทำปฏิกิริยาทางเคมี และไม่เกิดความเสียหายทางกายภาพและทางกลในระหว่างการใช้งาน

2. ขอบข่าย

2.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมข้อกำหนดด้านเทคนิคสำหรับการควบคุมคุณภาพการผลิตและการทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว ซึ่งใช้กับทางรถไฟชนิดมีหินโรยทางหรือทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง และใช้กับทางรถไฟขนาด 1.000 m และ 1.435 m หรือขนาดทางอื่นตามที่ผู้ซื้อกำหนด

2.2 มาตรฐานฉบับนี้ใช้หน่วยตามระบบเอสไอ (SI units) เป็นหลัก

2.3 เกณฑ์ที่กำหนดสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางรางและกฎหมายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ซื้อ แต่หากมิได้มีการระบุเกณฑ์สำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการไว้ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานนี้

3. มาตรฐานอ้างถึง

ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับการทดสอบต่าง ๆ ซึ่งระบุไว้ในมาตรฐานฉบับนี้ให้เป็นไปตามมาตรฐานและเอกสารตามรายการดังต่อไปนี้

3.1 มาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

3.2 มาตรฐาน สทร. CT–2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

3.3 มอก. 95 ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง

3.4 มอก. 420 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

3.5 มอก. 2170 เล่ม 1 ความแข็งบริเนลล์สำหรับโลหะ

3.6 FprEN 10138 Prestressing steels

มาตรฐานอ้างถึงในมาตรฐานฉบับนี้ให้ใช้ฉบับล่าสุด แต่ทั้งนี้ต้องไม่ขัดแย้งกับมาตรฐานฉบับนี้

4. นิยามและสัญลักษณ์

4.1 นิยาม

คำศัพท์และนิยามที่ใช้ในมาตรฐานนี้อ้างอิงตามมาตรฐาน สทร. CT-8001:2569 มาตรฐานบทนิยามเกี่ยวกับหมอนรองรางและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง เป็นสำคัญ

4.2 สัญลักษณ์

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในมาตรฐานฉบับนี้มีความหมายดังนี้

f = ความถี่ที่ใช้ในการทดสอบแบบพลวัตและการทดสอบความต้านทานต่อความล้า มีหน่วยเป็น Hz

Fc = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN

Fc_n = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสำหรับการรับโมเมนต์ดัดลบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN

Fc_0 = น้ำหนักบรรทุกทดสอบอ้างอิงแรกเริ่มสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN

Fc_{0n} = น้ำหนักบรรทุกทดสอบอ้างอิงแรกเริ่มสำหรับการรับโมเมนต์ดัดลบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN

Fc_B = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN

Fc_{Bn} = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดสำหรับการรับโมเมนต์ดัดลบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN

Fc_r = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวแรกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN

Fc_{rn} = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสำหรับการรับโมเมนต์ดัดลบซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวแรกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN

Fr = น้ำหนักบรรทุกทดสอบที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

Fr_0 = น้ำหนักบรรทุกทดสอบอ้างอิงแรกเริ่มสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

$Fr_{0.05}$ = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวคงค้างขนาดกว้าง 0.05 mm ที่ด้านล่างของพื้นที่รองรับรางหลังจากนำน้ำหนักบรรทุกออกไป มีหน่วยเป็น kN

$Fr_{0.5}$ = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวคงค้างขนาดกว้าง 0.50 mm ที่ด้านล่างของพื้นที่รองรับรางหลังจากนำน้ำหนักบรรทุกออกไป มีหน่วยเป็น kN

Fr_B = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

Fr_r = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวแรกที่ด้านล่างของพื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

Fr_u = น้ำหนักบรรทุกทดสอบต่ำสุดสำหรับการทดสอบแบบพลวัตที่พื้นที่รองรับราง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50 kN

k_{1d} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.05}$ สำหรับการทดสอบแบบพลวัต

k_{1s} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.05}$ สำหรับการทดสอบแบบสถิต

k_{2d} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.5}$ หรือ Fr_B สำหรับการทดสอบแบบพลวัต

k_{2s} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.5}$ หรือ Fr_B สำหรับการทดสอบแบบสถิต

k_3 = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า Fr_B เมื่อสิ้นสุดการทดสอบความต้านทานต่อความล้า

k_t = สัมประสิทธิ์ตัวคูณที่ใช้ในการคำนวณตามเกณฑ์การทดสอบสำหรับการเกิดรอยร้าวแรกในการทดสอบแบบสถิต

L_c = ระยะระหว่างเส้นกึ่งกลางของพื้นที่รองรับรางทั้งสองด้านของหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น m

L_p = ระยะจากเส้นกึ่งกลางของพื้นที่รองรับรางไปยังขอบด้านล่างของหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น m

L_r = ระยะระหว่างเส้นกึ่งกลางของจุดรองรับแบบข้อต่อ (articulated support) ทั้งสองด้านในการเตรียมการทดสอบที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น m

$M_{k,r,pos}$ = โมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN·m

$M_{k,c,pos}$ = โมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN·m

$M_{k,c,neg}$ = โมเมนต์ดัดลบลักษณะเฉพาะที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น kN·m

5. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์

5.1 ทั่วไป

ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมรายละเอียดในการทดสอบผลิตภัณฑ์หรือหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว และรายละเอียดที่เกี่ยวกับเกณฑ์การทดสอบเพื่อใช้ในการตัดสินหรือยอมรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

การทดสอบสมรรถนะของหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การทดสอบแบบสถิต การทดสอบแบบพลวัต และการทดสอบความต้านทานต่อความล้า ทั้งนี้การทดสอบแบบสถิตจะกระทำที่พื้นที่รองรับรางและที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต ส่วนการทดสอบแบบพลวัตและการทดสอบความต้านทานต่อความล้าจะกระทำที่พื้นที่รองรับรางเท่านั้น

5.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

5.2.1 อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุก

อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบตามมาตรฐานนี้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

1) อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกสำหรับการทดสอบแบบสถิตต้องสามารถให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบได้เพียงพอต่อการทดสอบกำลังประลัยของหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวด้วยอัตราการให้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดไม่น้อยกว่า 120 kN/min
2) อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกสำหรับการทดสอบแบบพลวัตและการทดสอบความต้านทานต่อความล้าต้องสามารถให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบได้เพียงพอต่อการทดสอบกำลังประลัยของหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวด้วยอัตราการให้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดไม่น้อยกว่า 120 kN/min และอุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกต้องสามารถให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตด้วยความถี่ตั้งแต่ 2 Hz ถึง 10 Hz

5.2.2 อุปกรณ์วัดน้ำหนักบรรทุก

อุปกรณ์วัดน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบตามมาตรฐานนี้ต้องสามารถวัดน้ำหนักบรรทุกทดสอบได้ครอบคลุมช่วงของน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบ

5.2.3 กล้องจุลทรรศน์ (microscope)

กล้องจุลทรรศน์สำหรับวัดขนาดรอยร้าวต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต หรือมีกำลังขยายไม่น้อยกว่า 20 เท่า โดยต้องมีความแม่นยำที่ระดับ ±0.01 mm หรือดีกว่า

5.2.4 จุดรองรับแบบข้อต่อ (articulated support)

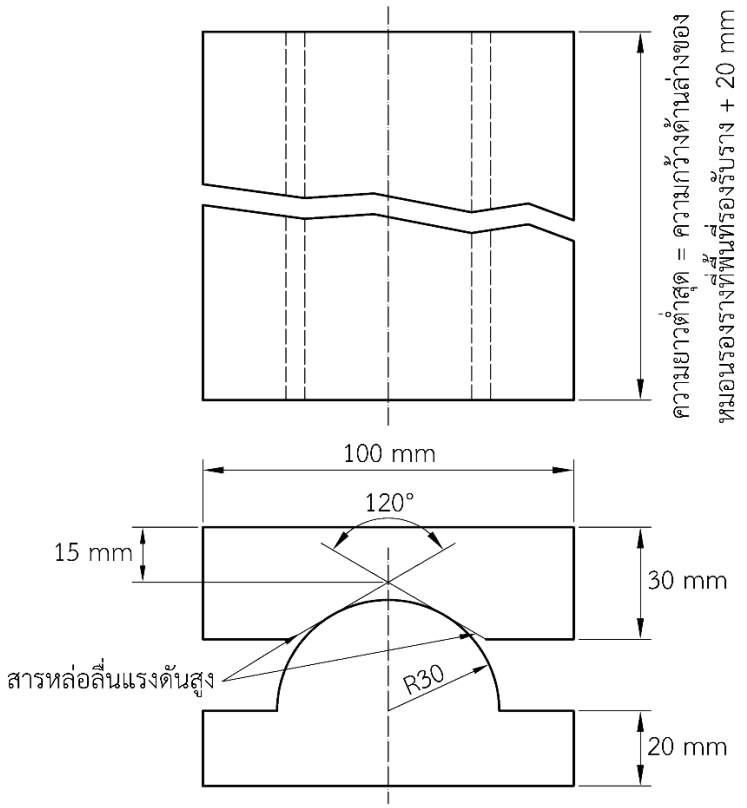
จุดรองรับแบบข้อต่อ (รูปที่ 1 (ก)) ที่ใช้ในการทดสอบต้องเป็นเหล็กที่มีค่าความแข็งแบบบริเนลล์ (HBW) มากกว่า 240 เมื่อทดสอบเหล็กที่ใช้ตาม มอก. 2170 เล่ม 1 ความแข็งบริเนลล์สำหรับโลหะ และมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับมิติต่าง ๆ ของจุดรองรับแบบข้อต่อ เท่ากับ ±0.1 mm

5.2.5 แผ่นยืดหยุ่น

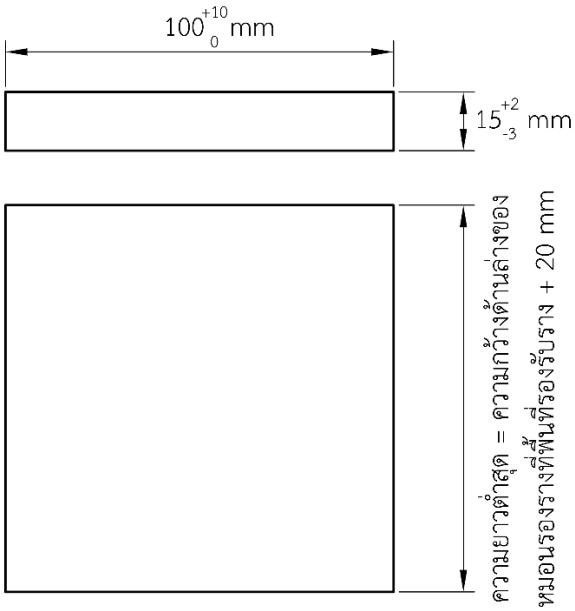
แผ่นยืดหยุ่น (รูปที่ 1 (ข)) ที่ใช้ในการทดสอบต้องมีค่าซีแคนต์สติฟเนสเชิงสถิตศาสตร์ (static secant stiffness หรือ C) อยู่ระหว่าง 1 N/mm^3 ถึง 4 N/mm^3 เมื่อวัดค่าซีแคนต์สติฟเนสเชิงสถิตศาสตร์ภายใต้หน่วยแรงระหว่าง 0.3 MPa ถึง 2 MPa

5.2.6 แผ่นลิ่มปรับระดับ

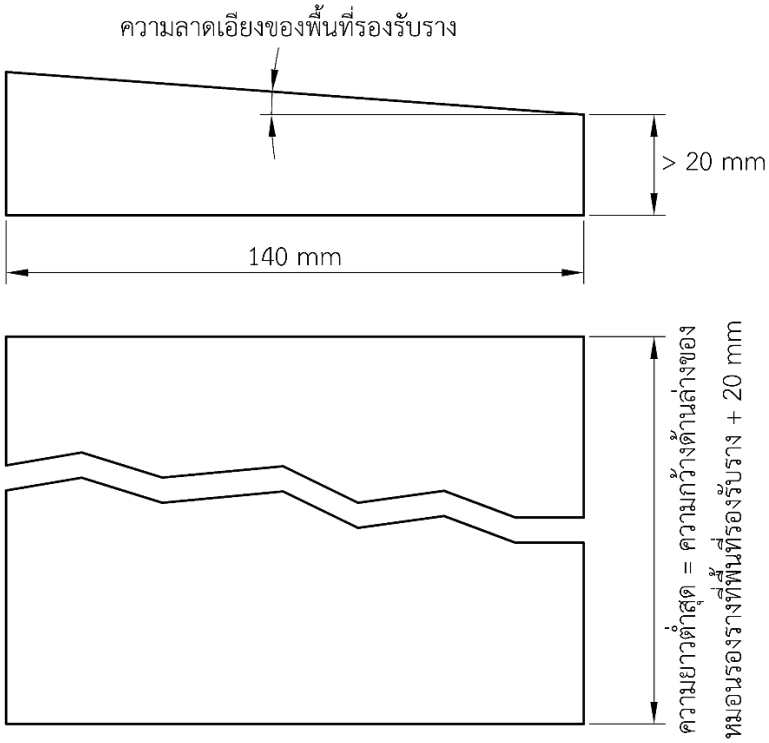
แผ่นลิ่มปรับระดับ (รูปที่ 1 (ค)) ที่ใช้ในการทดสอบต้องเป็นเหล็กที่มีค่า HBW มากกว่า 240 เมื่อทดสอบเหล็กที่ใช้ตาม มอก. 2170 เล่ม 1 ความแข็งบริเนลล์สำหรับโลหะ และมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับมิติต่าง ๆ ของแผ่นลิ่มปรับระดับ เท่ากับ ±0.1 mm



(ก) จุดรองรับแบบข้อต่อ



(ข) แผ่นยืดหยุ่น



(ค) แผ่นลิ่มปรับระดับ

รูปที่ 1 รายละเอียดจุดรองรับแบบข้อต่อ แผ่นยืดหยุ่น และแผ่นลิ่มปรับระดับ

(ข้อ 5.2.4 ข้อ 5.2.5 และข้อ 5.2.6)

5.3 ตัวอย่างทดสอบ

หมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวแต่ละท่อนสามารถใช้ทดสอบได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น

5.3.1 ตัวอย่างทดสอบสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ

5.3.1.1 การทดสอบแบบสถิต

การทดสอบแบบสถิตสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบให้ใช้ตัวอย่างทดสอบตามข้อกำหนดดังนี้

1) สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง ให้ทดสอบกับหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว จำนวน 6 ตัวอย่าง โดยทดสอบที่พื้นที่รองรับรางด้านใดด้านหนึ่งของหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว
2) สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต ให้ทดสอบกับหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว จำนวน 3 ตัวอย่าง
3) สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต เมื่อผู้ซื้อต้องการให้ทำการทดสอบ ให้ทดสอบกับหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว จำนวน 3 ตัวอย่าง

5.3.1.2 การทดสอบแบบพลวัต

การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางให้ทดสอบกับหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว จำนวน 6 ตัวอย่าง โดยทดสอบที่พื้นที่รองรับรางด้านใดด้านหนึ่งของหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว

5.3.1.3 การทดสอบความต้านทานต่อความล้า

การทดสอบความต้านทานต่อความล้าที่พื้นที่รองรับรางสำหรับโมเมนต์ดัดบวกให้ทดสอบกับหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว จำนวน 1 ตัวอย่าง โดยทดสอบที่พื้นที่รองรับรางด้านใดด้านหนึ่งของหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว

5.3.2 ตัวอย่างทดสอบสำหรับการทดสอบประจำ

การทดสอบประจำให้ทำการทดสอบแบบสถิตสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง โดยจำนวนตัวอย่างทดสอบและความถี่ในการทดสอบต้องระบุอยู่ในแผนงานควบคุมคุณภาพการผลิต

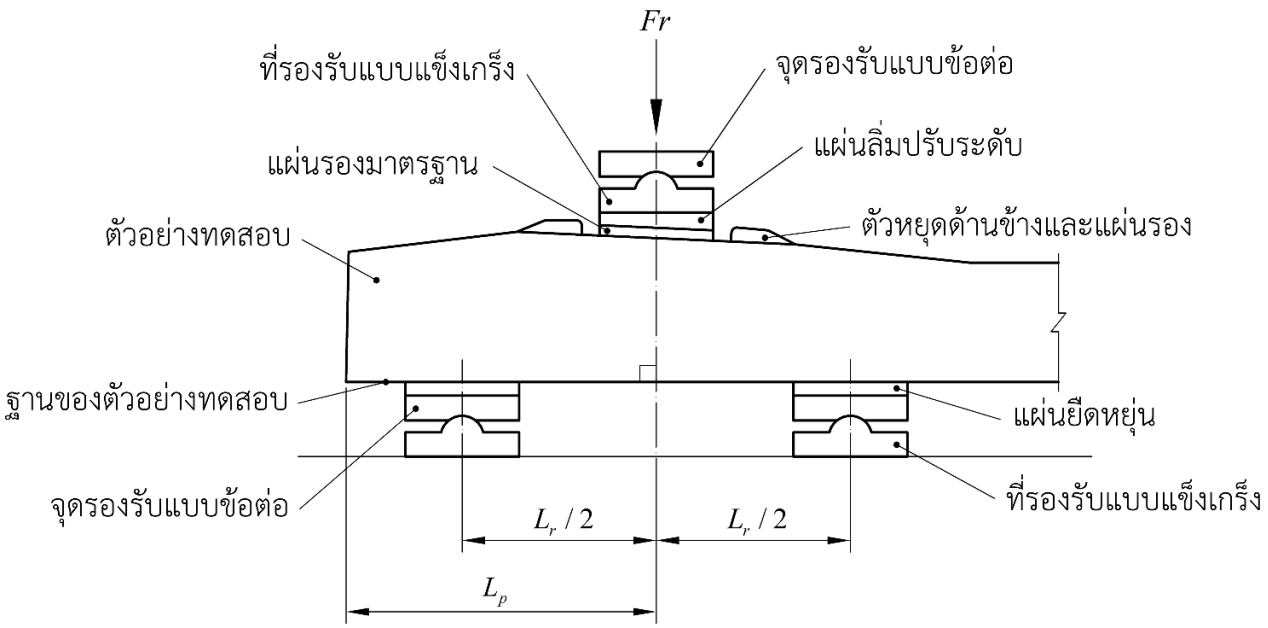
5.4 การเตรียมการทดสอบ

5.4.1 การเตรียมการทดสอบที่พื้นที่รองรับราง

การเตรียมการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางของหมอนคอนกรีตแสดงดังรูปที่ 2 และรายละเอียดของค่า L_r ที่สัมพันธ์กับค่า L_p แสดงในตารางที่ 1

น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (Fr) ต้องกระทำตั้งฉากกับฐานของตัวอย่างทดสอบ

ปลายของตัวอย่างทดสอบด้านที่ไม่ได้ทำการทดสอบ หรือด้านที่ตรงข้ามกับด้านที่จะทำการทดสอบ ต้องไม่มีที่รองรับหรือต้องปล่อยอิสระ



รูปที่ 2 การเตรียมการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง

(ข้อ 5.4.1)

ตารางที่ 1 ค่า L_r ที่สัมพันธ์กับค่า L_p

(ข้อ 5.4.1)

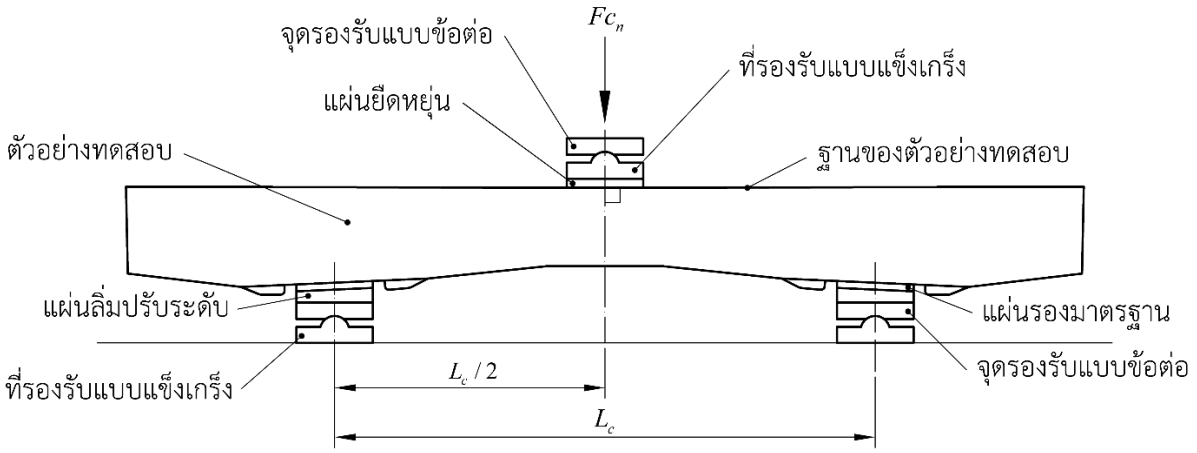
(ที่มา : EN 13230-2:2016)

หน่วย : m

L_p	L_r
L_p < 0.35	0.30
0.35 ≤ L_p < 0.40	0.40
0.40 ≤ L_p < 0.45	0.50
L_p ≥ 0.45	0.60

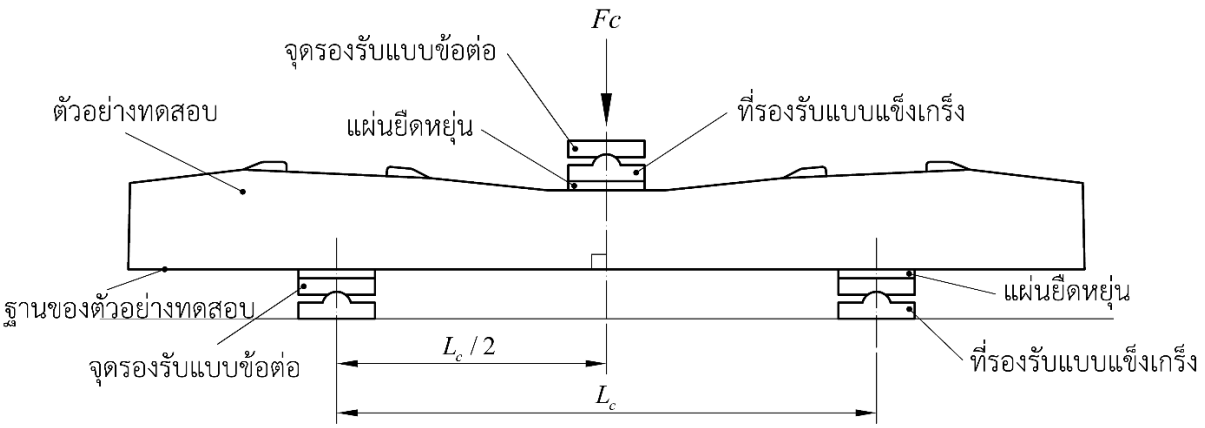
5.4.2 การเตรียมการทดสอบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต

การเตรียมการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบและโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีตแสดงดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 3 การเตรียมการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต

(ข้อ 5.4.2 และข้อ 5.5.2.2)



รูปที่ 4 การเตรียมการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต

(ข้อ 5.4.2 และข้อ 5.5.2.2)

5.5 วิธีการทดสอบ

5.5.1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ค่า Fr_0 คำนวณได้จากการแทนค่า L_r ลงในสมการ (1)

$$Fr_0 = \frac{4M_{k,r,pos}}{L_r - 0.1} \tag{1}$$

ค่า Fc_0 และ Fc_{0n} คำนวณได้จากการแทนค่า L_c ลงในสมการ (2) และสมการ (3) ตามลำดับ

$$Fc_0 = \frac{4M_{k,c,pos}}{L_c - 0.1} \tag{2}$$

$$Fc_{0n} = \frac{4M_{k,c,neg}}{L_c - 0.1} \tag{3}$$

5.5.2 การทดสอบแบบสถิต

5.5.2.1 การทดสอบแบบสถิตที่พื้นที่รองรับราง

(1) การทดสอบยืนยันการออกแบบ

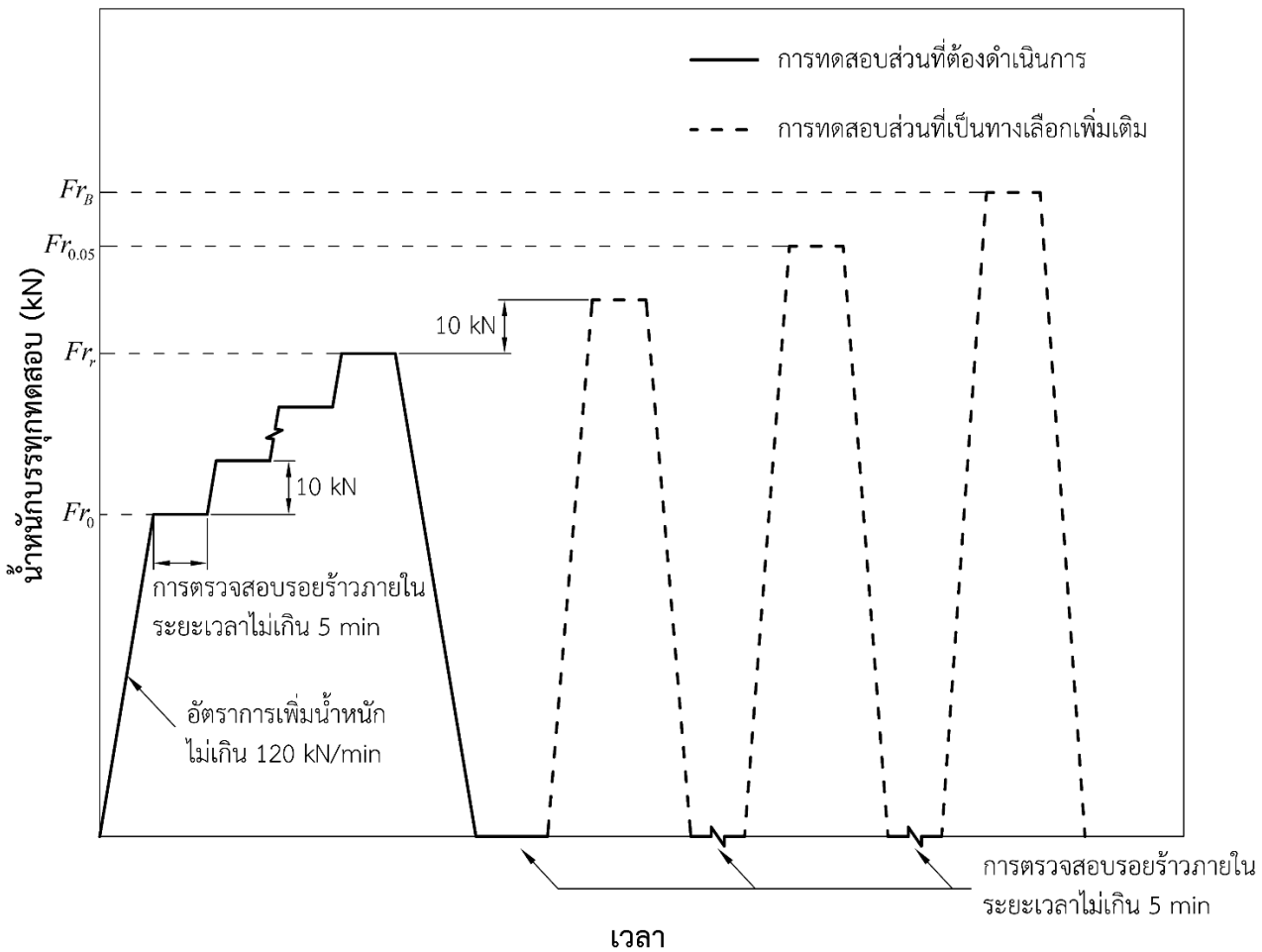
วิธีการทดสอบแบบสถิตสำหรับทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางในการทดสอบยืนยันการออกแบบแสดงดังรูปที่ 5 โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 5.4.1
2) ให้น้ำหนักบรรทุกกับตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fr_0 จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
3) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกอีก 10 kN ด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
4) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3) จนกระทั่งตรวจพบรอยร้าวแรก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fr_r จากนั้นให้ลดน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการลดน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 0 kN
5) กรณีที่ผู้ซื้อกำหนดให้ดำเนินการทดสอบที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติม ให้ดำเนินการดังนี้

5.1) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fr_r + 10 kN และค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 10 วินาที แต่ต้องไม่เกิน 5 นาที จากนั้นลดน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการลดน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 0 kN และตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที

5.2) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 5.1) โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 10 kN จนกระทั่งตรวจพบรอยร้าวคงค้างที่มีขนาดกว้างมากกว่าหรือเท่ากับ 0.05 mm เป็นครั้งแรก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น $Fr_{0.05}$

5.3) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 5.1) โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 10 kN จนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดความเสียหายและไม่สามารถเพิ่มน้ำหนักบรรทุกได้อีก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fr_B



รูปที่ 5 วิธีการทดสอบแบบสถิตที่พื้นที่รองรับรางสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ

(ข้อ 5.5.2.1)

(2) การทดสอบประจำ

วิธีการทดสอบแบบสถิตสำหรับทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง ในการทดสอบประจำแสดงดังรูปที่ 6 โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

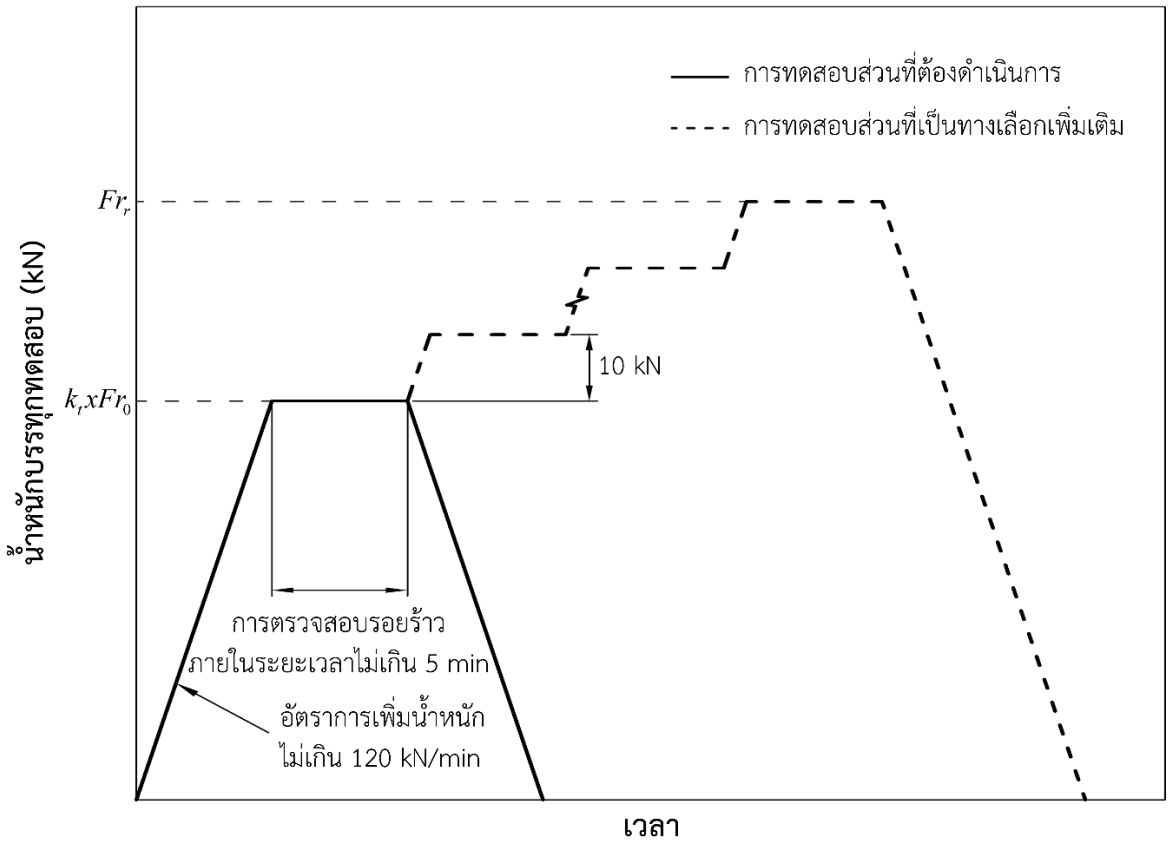
1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 5.4.1
2) ให้น้ำหนักบรรทุกกับตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ $k_t \times Fr_0$ จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
3) ลดน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการลดน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 0 kN ทั้งนี้กรณีที่ผู้ซื้อกำหนดให้ดำเนินการทดสอบที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติม ให้ดำเนินการดังนี้

    3.1) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 10 kN โดยไม่ต้องลดน้ำหนักบรรทุกให้เป็นศูนย์ ด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที

    3.2) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3.1) จนกระทั่งตรวจพบรอยร้าวแรก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fr_r

การให้น้ำหนักบรรทุกในการทดสอบประจำอาจดำเนินไปจนกระทั่งเกิดรอยร้าวแรก เพื่อหาค่า Fr_r และใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบระหว่าง Fr_0 และ Fr_r แต่ค่าดังกล่าวไม่ใช่เกณฑ์การทดสอบที่ใช้ในการยอมรับผลิตภัณฑ์

ค่า k_t ต้องปรับแก้ตามอายุของหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว ณ วันที่ทำการทดสอบ โดยค่า k_t สามารถคำนวณตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต



รูปที่ 6 วิธีการทดสอบแบบสถิตที่พื้นที่รองรับรางสำหรับการทดสอบประจำ

(ข้อ 5.5.2.1)

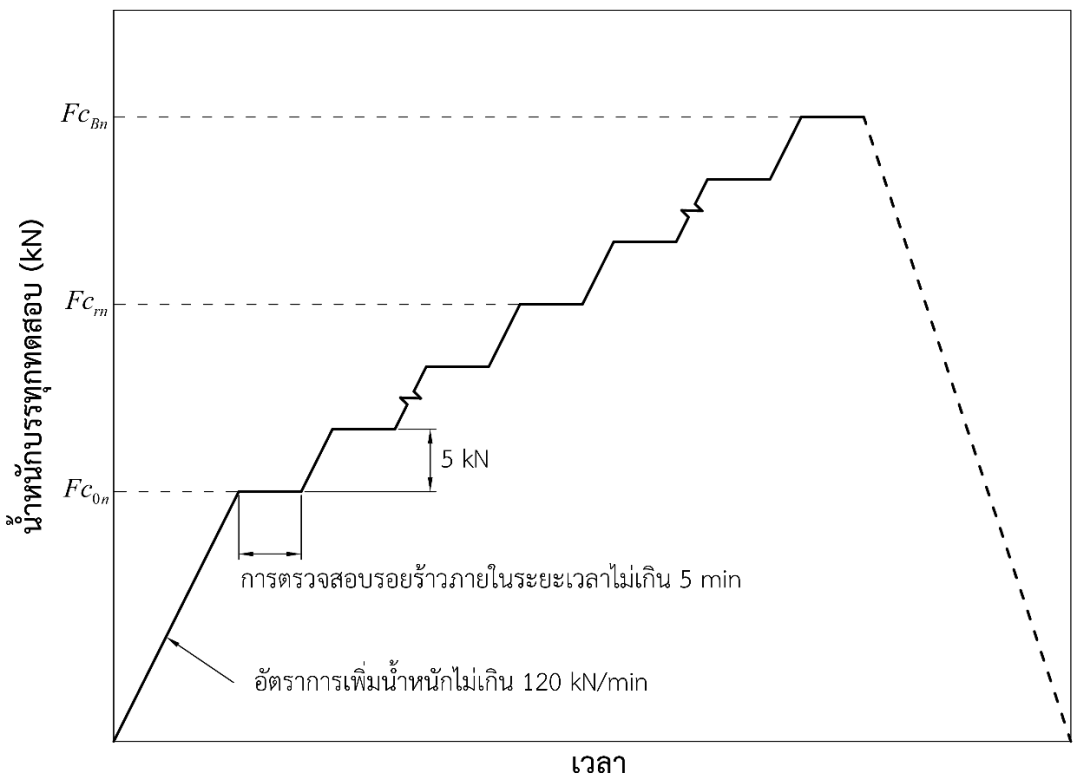
5.5.2.2 การทดสอบแบบสถิตที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต

วิธีการทดสอบแบบสถิตสำหรับการรับโมเมนต์ดัดลบและโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีตในการทดสอบยืนยันการออกแบบแสดงดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ ทั้งนี้ การทดสอบแบบสถิตที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีตไม่จำเป็นต้องกระทำสำหรับการทดสอบประจำ

การทดสอบแบบสถิตสำหรับการรับโมเมนต์ดัดลบและโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีตสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

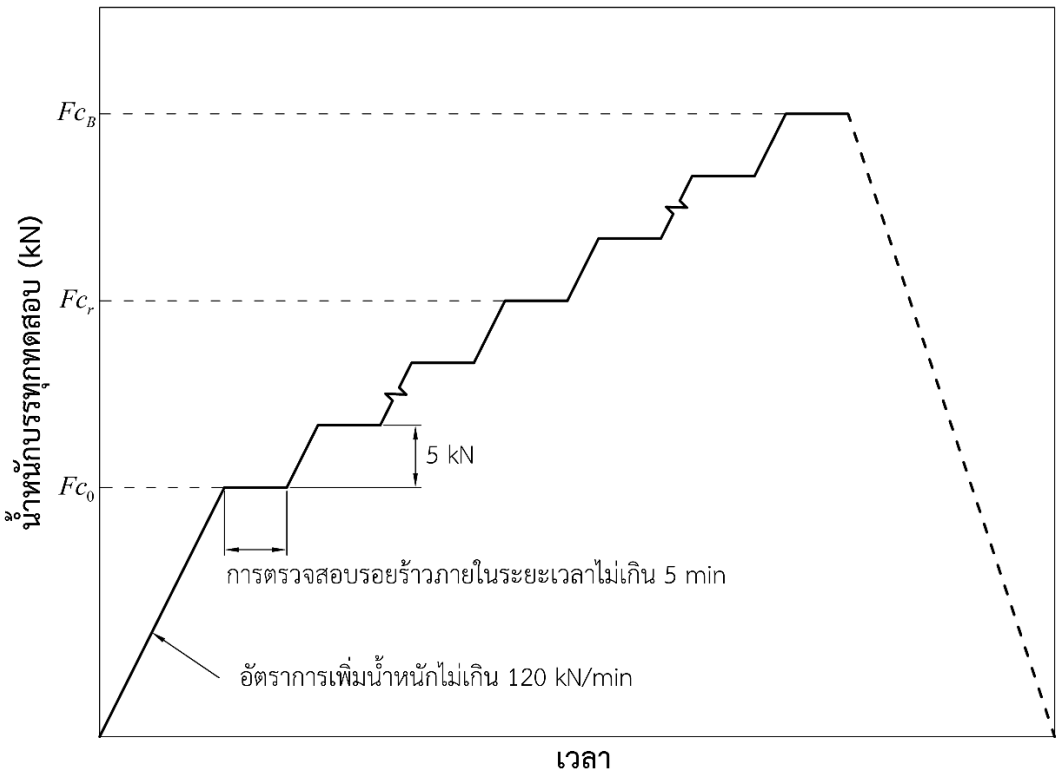
1) สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต ให้เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 5.4.2 และรูปที่ 3
   สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต ให้เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 5.4.2 และรูปที่ 4

2) ให้น้ำหนักบรรทุกกับตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fc_{0n} สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ หรือมีค่าเท่ากับ Fc_0 สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
3) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 5 kN ด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
4) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3) จนกระทั่งตรวจพบรอยร้าวแรก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fc_{rn} สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ หรือ Fc_r สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก
5) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 5 kN ด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
6) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 5) จนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดความเสียหายและไม่สามารถเพิ่มน้ำหนักบรรทุกได้อีก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fc_{Bn} สำหรับการทดสอบโมเมนต์ดัดลบ หรือ Fc_B สำหรับการทดสอบโมเมนต์ดัดบวก



รูปที่ 7 วิธีการทดสอบแบบสถิตสำหรับการรับโมเมนต์ดัดลบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต

(ข้อ 5.5.2.2)



รูปที่ 8 วิธีการทดสอบแบบสถิตสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต

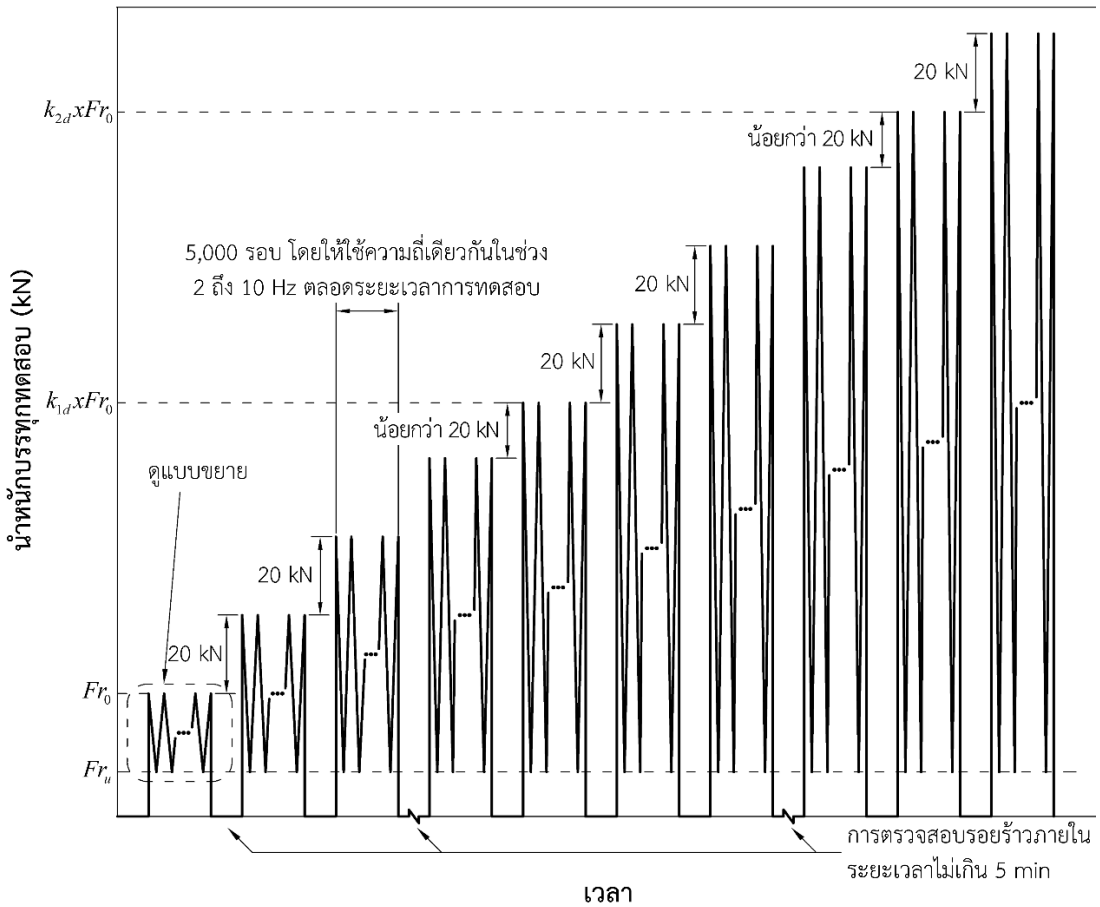
(ข้อ 5.5.2.2)

5.5.3 การทดสอบแบบพลวัต

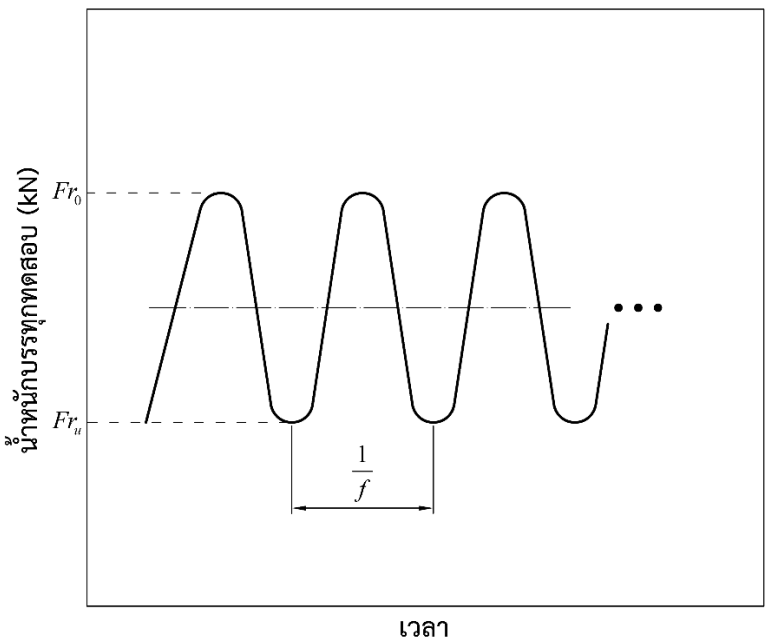
วิธีการทดสอบแบบพลวัตสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางในการทดสอบยืนยันการออกแบบแสดงดังรูปที่ 9 (ก) และการให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตกับตัวอย่างทดสอบซึ่งสัมพันธ์กับเวลาแสดงดังรูปที่ 9 (ข) ทั้งนี้การทดสอบแบบพลวัตไม่จำเป็นต้องกระทำสำหรับการทดสอบประจำ

การทดสอบแบบพลวัตสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 5.4.1
2) ให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตกับตัวอย่างทดสอบ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ Fr_u ถึง Fr_0 ด้วยความถี่การให้น้ำหนักบรรทุก (f) ที่ค่าใดค่าหนึ่งระหว่าง 2 Hz ถึง 10 Hz โดยให้ใช้ความถี่เดียวกันตลอดการทดสอบ เป็นจำนวน 5,000 รอบ
3) ลดน้ำหนักบรรทุกจนมีค่าเท่ากับ 0 kN จากนั้นให้ตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
4) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 2) และข้อ 3) โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 20 kN จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ $k_{1d} \times Fr_0$ และ $k_{2d} \times Fr_0$
5) หลังการทดสอบที่น้ำหนักบรรทุกเท่ากับ $k_{2d} \times Fr_0$ ให้เพิ่มน้ำหนักบรรทุกอีก 20 kN และทดสอบตามขั้นตอนในข้อ 2) และข้อ 3) อีก 1 ครั้ง



(ก) วิธีการทดสอบแบบพลวัตที่พื้นที่รองรับราง



(ข) น้ำหนักบรรทุกพลวัต

รูปที่ 9 การทดสอบแบบพลวัตที่พื้นที่รองรับราง

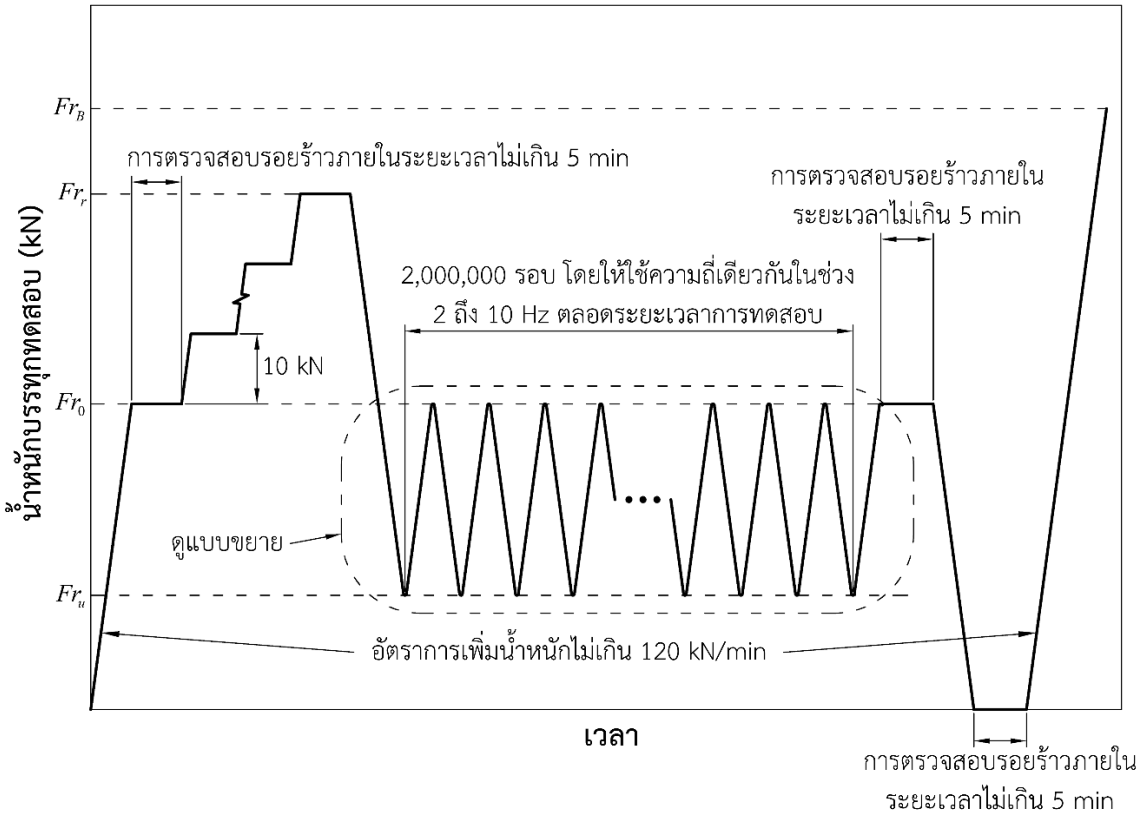
(ข้อ 5.5.3)

5.5.4 การทดสอบความต้านทานต่อความล้า

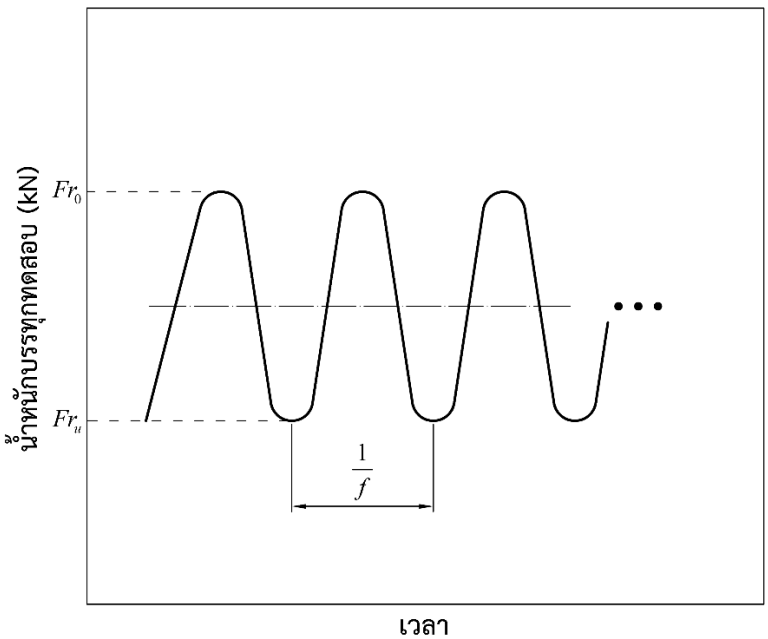
วิธีการทดสอบความต้านทานต่อความล้าที่พื้นที่รองรับรางในการทดสอบยืนยันการออกแบบ แสดงดังรูปที่ 10 (ก) และการให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตกับตัวอย่างทดสอบซึ่งสัมพันธ์กับเวลา แสดงดังรูปที่ 10 (ข) ทั้งนี้การทดสอบความต้านทานต่อความล้าไม่จำเป็นต้องกระทำสำหรับการทดสอบประจำ

การทดสอบความต้านทานต่อความล้าที่พื้นที่รองรับรางมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 5.4.1
2) ให้น้ำหนักบรรทุกกับตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fr_0 จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
3) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกอีก 10 kN ด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
4) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3) จนกระทั่งตรวจพบรอยร้าวแรก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fr_r จากนั้นให้ลดน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการลดน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fr_0 เพื่อเตรียมดำเนินการทดสอบความต้านทานต่อความล้าภายใต้น้ำหนักบรรทุกพลวัต
5) ให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตกับตัวอย่างทดสอบ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ Fr_u ถึง Fr_0 ด้วยความถี่การให้น้ำหนักบรรทุก (f) ที่ค่าใดค่าหนึ่งระหว่าง 2 Hz ถึง 10 Hz โดยให้ใช้ความถี่เดียวกันตลอดการทดสอบ เป็นจำนวน 2×10^6 รอบ
6) เมื่อให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตครบ 2×10^6 รอบแล้ว ให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้ที่ Fr_0 เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
7) ลดน้ำหนักบรรทุกจนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 0 kN จากนั้นให้ตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
8) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดความเสียหายและไม่สามารถเพิ่มน้ำหนักบรรทุกได้อีก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fr_B



(ก) วิธีการทดสอบความต้านทานต่อความล้าที่พื้นที่รองรับราง



(ข) น้ำหนักบรรทุกพลวัต

รูปที่ 10 การทดสอบความต้านทานต่อความล้าที่พื้นที่รองรับราง

(ข้อ 5.5.4)

5.6 เกณฑ์การทดสอบ

5.6.1 ทั่วไป

การทดสอบและการตรวจวัดความกว้างของรอยร้าวต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

5.6.2 เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบแบบสถิต

เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบแบบสถิตแบ่งเป็นเกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบที่พื้นที่รองรับราง และเกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต

5.6.2.1 เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบที่พื้นที่รองรับราง

เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบต่าง ๆ ที่พื้นที่รองรับราง คือ $Fr_r > k_t \times Fr_0$

หากมีการระบุให้ทำการทดสอบที่ไม่ใช่การทดสอบบังคับ หรือระบุให้ทำการทดสอบที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติม เกณฑ์การทดสอบเป็นดังนี้

1) $Fr_{0.05} > k_{1s} \times Fr_0$
2) $Fr_B > k_{2s} \times Fr_0$

5.6.2.2 เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต

เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบต่าง ๆ ที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต คือ $Fc_{rn} > k_t \times Fc_{0n}$

หากมีการระบุให้ทำการทดสอบที่ไม่ใช่การทดสอบบังคับ หรือระบุให้ทำการทดสอบที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติมสำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต ผู้ซื้อต้องเป็นผู้กำหนดเกณฑ์การทดสอบ

5.6.3 เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบแบบพลวัต

เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบแบบพลวัตที่พื้นที่รองรับรางเป็นดังนี้

1) $Fr_{0.05} > k_{1d} \times Fr_0$
2) $Fr_B > k_{2d} \times Fr_0$ หรือ $Fr_{0.5} > k_{2d} \times Fr_0$ หรือตามที่ผู้ซื้อกำหนด

5.6.4 เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อความล้า

เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อความล้าที่พื้นที่รองรับราง ภายหลังการให้น้ำหนักบรรทุกเป็นจำนวน 2×10^6 รอบ เป็นดังนี้

1) ความกว้างของรอยร้าวไม่เกิน 0.10 mm เมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fr_0
2) ความกว้างของรอยร้าวไม่เกิน 0.05 mm เมื่อนำน้ำหนักบรรทุกออก
3) $Fr_B > k_3 \times Fr_0$

ทั้งนี้สำหรับการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกที่พื้นที่รองรับรางจนกระทั่งเกิดการวิบัติ เมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fr_B นั้น ผู้ซื้อต้องเป็นผู้กำหนดค่า k_3

หมายเหตุ ค่า k_{1d} k_{1s} k_{2d} k_{2s} k_3 และ k_t เป็นไปตามที่ผู้ซื้อระบุ หรือเป็นไปตามคำแนะนำในมาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

6. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ

6.1 ทั่วไป

การทดสอบยืนยันการออกแบบสำหรับหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวประกอบด้วยการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ การทดสอบคอนกรีต การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ และการทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง โดยผลการทดสอบยืนยันการออกแบบสำหรับหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบทั้งหมดตามที่ระบุในมาตรฐานฉบับนี้

6.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่พื้นที่รองรับรางและที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต

การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบเป็นการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นว่าหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวมีสมรรถนะเป็นไปตามที่ออกแบบ โดยประกอบด้วยการทดสอบแบบสถิต การทดสอบแบบพลวัต และการทดสอบความต้านทานต่อความล้าซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การทดสอบแบบสถิต

1.1) การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 5.5.2.1 (1)
1.2) การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีตต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 5.5.2.2
1.3) การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต (เมื่อผู้ซื้อระบุให้ทดสอบ) ต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 5.5.2.2

2) การทดสอบแบบพลวัตต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 5.5.3
3) การทดสอบความต้านทานต่อความล้าต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 5.5.4

6.3 การทดสอบคอนกรีต

การทดสอบคอนกรีตที่ใช้ในการผลิตหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

6.4 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต้องดำเนินการกับหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบยืนยันการออกแบบ ทั้งนี้ข้อกำหนดสำหรับการตรวจสอบผลิตภัณฑ์รวมถึงการตรวจวัดมิติ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ และการแต่งผิวคอนกรีตของหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

6.5 การทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวร่วมกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางต้องดำเนินการตามมาตรฐานการทดสอบอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต หรือตามความต้องการของผู้ซื้อ

7. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบประจำ

7.1 ทั่วไป

การทดสอบประจำสำหรับหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวเป็นการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพการผลิต ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์และการทดสอบคอนกรีต โดยผลการทดสอบประจำสำหรับหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบทั้งหมดตามที่ระบุในมาตรฐานฉบับนี้

7.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่พื้นที่รองรับราง

การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 5.5.2.1 (2)

7.3 การทดสอบคอนกรีต

การทดสอบคอนกรีตที่ใช้ในการผลิตหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

8. ข้อกำหนดสำหรับการผลิต

ก่อนการเริ่มต้นการผลิต ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดทำรายงานที่ระบุข้อมูลที่เกี่ยวกับการผลิตให้เรียบร้อยและต้องนำส่งให้กับผู้ซื้อ โดยรายงานดังกล่าวต้องเป็นความลับและมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้
2) น้ำหนักของส่วนผสมคอนกรีต และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้
3) เส้นโค้งขนาดคละ (grading curve) ของมวลรวมแต่ละชนิด รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้
4) คุณสมบัติของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน
5) ค่าการคลายตัวสูงสุดสำหรับลวดอัดแรง หลังจาก 1,000 ชั่วโมง ซึ่งต้องเป็นไปตาม มอก. 95 ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง มอก. 420 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง หรือ FprEN 10138 Prestressing steels
6) รายละเอียดเกี่ยวกับระบบอัดแรง รวมถึงแรงที่ใช้ในการอัดแรงและค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของลวดอัดแรงแต่ละเส้น
7) รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการทำให้คอนกรีตแน่นตัว
8) วิธีการ ระยะเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม
9) กำลังอัดขั้นต่ำของคอนกรีตก่อนปล่อยลวดอัดแรง
10) วิธีการที่ใช้สำหรับการคลายแรงในการอัดแรง
11) วิธีการกองเก็บหลังจากการผลิต

ทั้งนี้ตัวอย่างทดสอบของหมอนคอนกรีตสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบต้องสอดคล้องกับข้อมูลการผลิต

9. เอกสารอ้างอิง

9.1 สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน). (2569). *มาตรฐาน สทร. CT–8001:2569 มาตรฐานบทนิยามเกี่ยวกับหมอนรองรางและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง.*

9.2 British Standards Institution. (2016). *EN 13230-2:2016 Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 2: Prestressed monoblock sleepers*

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-2008:2569
มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่
(TWIN-BLOCK REINFORCED SLEEPERS)

- กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
- ทีมมาตรฐาน

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-2008:2569

มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่

(TWIN-BLOCK REINFORCED SLEEPERS)

- กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
- ทีมมาตรฐาน

www.rtrda.or.th info@rtrda.or.th rtrda.thailand @RTRDA_Th
@rtrdathailand rtrda.thailand Rail Technology Research and Development Agency

สทร. CT-2008:2569
มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่
(Twin-block Reinforced Sleepers)

1. ทั่วไป

หมอนรองรางถือเป็นองค์ประกอบหลักของทางรถไฟที่ทำหน้าที่รองรับรางรถไฟและควบคุมขนาดทางรถไฟ รวมถึงถ่ายเทน้ำหนักบรรทุกและแรงกระทำต่าง ๆ ในแนวดิ่ง แนวด้านข้าง และตามแนวยาวจากรางลงสู่ชั้นหินโรยทางหรือส่วนรองรับอื่น ๆ ซึ่งตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาระบบขนส่งทางรางในประเทศไทยมีการนำหมอนรองรางหลากหลายประเภทมาใช้งาน เช่น หมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ และหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่เป็นหมอนรองรางที่ประกอบด้วยบล็อกคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวนสองท่อนซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยแท่งเหล็กต่อหมอน (steel connecting bar) โดยจัดเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญด้านความปลอดภัยสำหรับการใช้งานทางรถไฟ เพื่อให้ระบบทางรถไฟโดยเฉพาะหมอนรองรางทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ และปลอดภัยตลอดอายุการใช้งาน หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่จึงต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุก แรงกระทำต่าง ๆ รวมถึงต้องคงทนต่อความเสียหายจากความชื้นซึ่งอาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่เป็นอันตรายต่อหมอนรองรางได้ มาตรฐานนี้จึงกำหนดวิธีการทดสอบทางกลเพื่อรับรองความสามารถของหมอนรองรางในการต้านทานน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำและความคงทนของหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ รวมทั้งระบุข้อกำหนดสำหรับการควบคุมกระบวนการผลิตและการทดสอบคุณภาพในการผลิต เพื่อให้แน่ใจว่าคอนกรีตจะไม่เสื่อมสภาพจากปฏิกิริยาเคมี และไม่เกิดความเสียหายทางกายภาพและทางกลในระหว่างการใช้งาน นอกจากนี้ยังครอบคลุมข้อกำหนดด้านคุณสมบัติและข้อกำหนดในการควบคุมคุณภาพสำหรับแท่งเหล็กต่อหมอน ตลอดจนเกณฑ์การออกแบบและการติดตั้งแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่

2. ขอบข่าย

2.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมข้อกำหนดด้านเทคนิคสำหรับการควบคุมคุณภาพการผลิตและการทดสอบหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ ซึ่งใช้กับทางรถไฟชนิดมีหินโรยทางหรือทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง และใช้กับทางรถไฟขนาด 1.000 m และ 1.435 m หรือขนาดทางอื่นตามที่ผู้ซื้อกำหนด

2.2 มาตรฐานฉบับนี้ใช้หน่วยตามระบบเอสไอ (SI units) เป็นหลัก

2.3 เกณฑ์ที่กำหนดสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางรางและกฎหมายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ซื้อ แต่หากมิได้มีการระบุเกณฑ์สำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการไว้ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานนี้

3. มาตรฐานอ้างถึง

ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับการทดสอบต่าง ๆ ซึ่งระบุไว้ในมาตรฐานฉบับนี้ให้เป็นไปตามมาตรฐานและเอกสารตามรายการดังต่อไปนี้

3.1 มาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

3.2 มาตรฐาน สทร. CT–2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

3.3 มอก. 1479 เหล็กกล้าทรงแบนรีดร้อนสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป

3.4 มอก. 1227 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน

3.5 มอก. 1501 เหล็กกล้าทรงแบนรีดร้อนสำหรับงานโครงสร้างเครื่องจักรกล

3.6 มอก. 2170 เล่ม 1 ความแข็งบริเนลล์สำหรับโลหะ

3.7 มอก. 2172 การทดสอบโลหะโดยการดึงที่อุณหภูมิโดยรอบ

มาตรฐานอ้างถึงในมาตรฐานฉบับนี้ให้ใช้ฉบับล่าสุด แต่ทั้งนี้ต้องไม่ขัดแย้งกับมาตรฐานฉบับนี้

4. นิยามและสัญลักษณ์

4.1 นิยาม

คำศัพท์และนิยามที่ใช้ในมาตรฐานนี้อ้างอิงตามมาตรฐาน สทร. CT-8001:2569 มาตรฐานบทนิยามเกี่ยวกับหมอนรองรางและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง เป็นสำคัญ โดยมีนิยามเฉพาะสำหรับมาตรฐานนี้ ดังนี้

“แท่งเหล็กต่อหมอน” (steel connecting bar) หมายถึง เหล็กตามยาวซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อหมอนคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.2 สัญลักษณ์

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในมาตรฐานฉบับนี้มีความหมายดังนี้

Fr_0 = น้ำหนักบรรทุกทดสอบอ้างอิงแรกเริ่มสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

$Fr_{0.05}$ = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวคงค้างขนาดกว้าง 0.05 mm ที่ด้านล่างของพื้นที่รองรับรางหลังจากนำน้ำหนักบรรทุกออกไป มีหน่วยเป็น kN

$Fr_{0.05n}$ = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวคงค้างขนาดกว้าง 0.05 mm ที่ด้านบนของพื้นที่รองรับรางหลังจากนำน้ำหนักบรรทุกออกไป มีหน่วยเป็น kN

$Fr_{0.5}$ = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวคงค้างขนาดกว้าง 0.50 mm ที่ด้านล่างของพื้นที่รองรับรางหลังจากนำน้ำหนักบรรทุกออกไป มีหน่วยเป็น kN

Fr_{0n} = น้ำหนักบรรทุกทดสอบอ้างอิงแรกเริ่มสำหรับการรับโมเมนต์ดัดลบที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

Fr_B = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

Fr_{Bn} = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดสำหรับการรับโมเมนต์ดัดลบที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

Fr_r = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวแรกที่ด้านล่างของพื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

Fr_{rn} = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสำหรับการรับโมเมนต์ดัดลบซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวแรกที่ด้านบนของพื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN

Fr_u = น้ำหนักบรรทุกทดสอบต่ำสุดสำหรับการทดสอบแบบพลวัตที่พื้นที่รองรับราง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50 kN

L_1 = ระยะระหว่างจุดเกจของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง มีหน่วยเป็น m

L_{cb} = ความยาวของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น m

L_p = ระยะจากเส้นกึ่งกลางของพื้นที่รองรับรางไปยังขอบด้านล่างของหมอนคอนกรีต มีหน่วยเป็น m

L_r = ระยะระหว่างเส้นกึ่งกลางของจุดรองรับแบบข้อต่อ (articulated support) ทั้งสองด้านในการเตรียมการทดสอบที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น m

$M_{k,r,pos}$ = โมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะที่พื้นที่รองรับราง มีหน่วยเป็น kN·m

k_{1s} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.05}$ หรือ $Fr_{0.05n}$ สำหรับการทดสอบแบบสถิต

k_{2s} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.5}$ หรือ Fr_B สำหรับการทดสอบแบบสถิต

k_{1d} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.05}$ สำหรับการทดสอบแบบพลวัต

k_{2d} = สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณค่า $Fr_{0.5}$ หรือ Fr_B สำหรับการทดสอบแบบพลวัต

h_e = ระยะระหว่างพื้นผิวด้านล่างของหมอนคอนกรีตและแท่งเหล็กต่อหมอน มีหน่วยเป็น m

5. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์

5.1 ทั่วไป

ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมรายละเอียดในการทดสอบผลิตภัณฑ์หรือหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ และรายละเอียดที่เกี่ยวกับเกณฑ์การทดสอบเพื่อใช้ในการตัดสินหรือยอมรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

การทดสอบสมรรถนะของหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบแบบสถิตและการทดสอบแบบพลวัต ทั้งนี้การทดสอบแบบสถิตและการทดสอบแบบพลวัตจะกระทำที่พื้นที่รองรับรางเท่านั้น

5.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

5.2.1 อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุก

อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบตามมาตรฐานนี้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

1) อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกสำหรับการทดสอบแบบสถิตต้องสามารถให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบได้เพียงพอต่อการทดสอบกำลังประลัยของหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ด้วยอัตราการให้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดไม่น้อยกว่า 120 kN/min
2) อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกสำหรับการทดสอบแบบพลวัตต้องสามารถให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบได้เพียงพอต่อการทดสอบกำลังประลัยของหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ด้วยอัตราการให้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดไม่น้อยกว่า 120 kN/min และอุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกต้องสามารถให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตด้วยความถี่ตั้งแต่ 2 Hz ถึง 10 Hz

5.2.2 อุปกรณ์วัดน้ำหนักบรรทุก

อุปกรณ์วัดน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบตามมาตรฐานนี้ต้องสามารถวัดน้ำหนักบรรทุกทดสอบได้ครอบคลุมช่วงของน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบ

5.2.3 กล้องจุลทรรศน์ (microscope)

กล้องจุลทรรศน์สำหรับวัดขนาดรอยร้าวต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต หรือมีกำลังขยายไม่น้อยกว่า 20 เท่า โดยต้องมีความแม่นยำที่ระดับ ±0.01 mm หรือดีกว่า

5.2.4 จุดรองรับแบบข้อต่อ (articulated support)

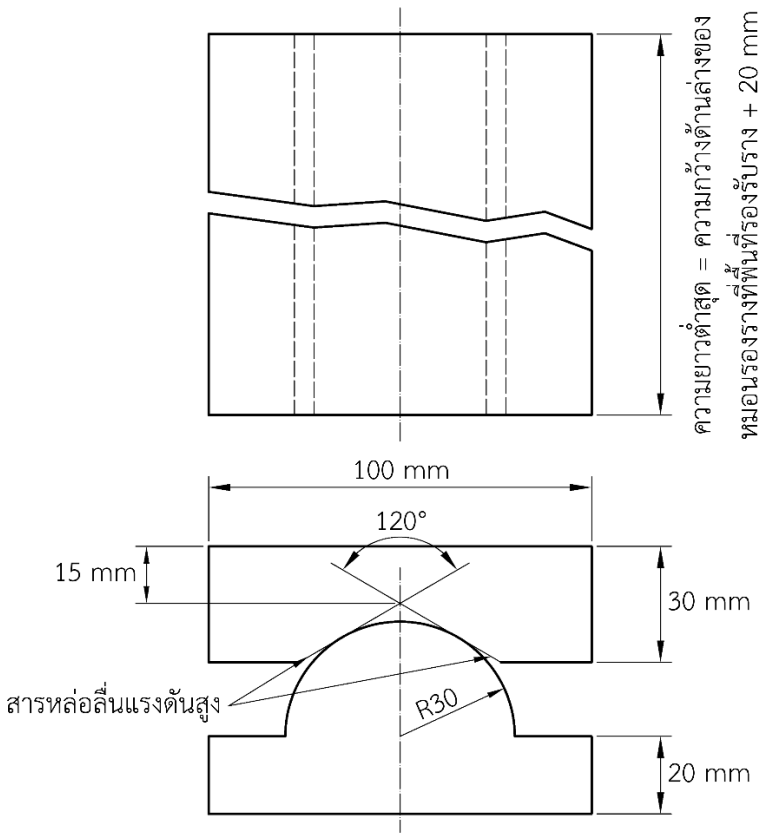
จุดรองรับแบบข้อต่อ (รูปที่ 1 (ก)) ที่ใช้ในการทดสอบต้องเป็นเหล็กที่มีค่าความแข็งแบบบริเนลล์ (HBW) มากกว่า 240 เมื่อทดสอบเหล็กที่ใช้ตาม มอก. 2170 เล่ม 1 ความแข็งบริเนลล์สำหรับโลหะ และมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับมิติต่าง ๆ ของจุดรองรับแบบข้อต่อ เท่ากับ ±0.1 mm

5.2.5 แผ่นยืดหยุ่น

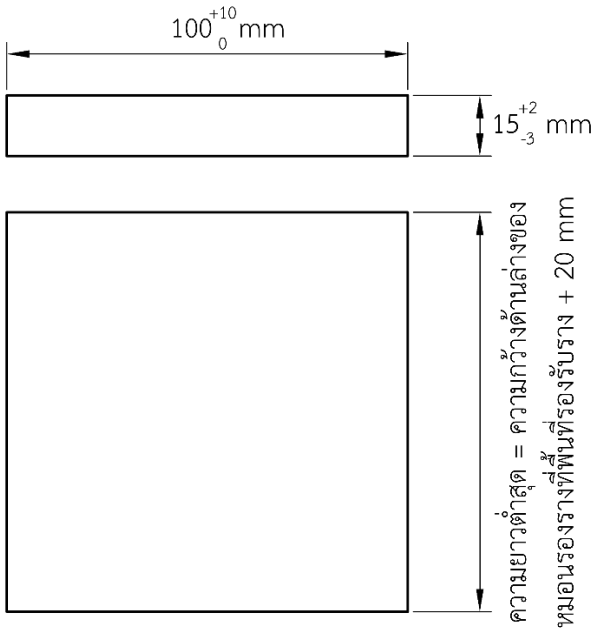
แผ่นยืดหยุ่น (รูปที่ 1 (ข)) ที่ใช้ในการทดสอบต้องมีค่าซีแคนต์สติฟเนสเชิงสถิตศาสตร์ (static secant stiffness หรือ C) อยู่ระหว่าง 1 N/mm^3 ถึง 4 N/mm^3 เมื่อวัดค่าซีแคนต์สติฟเนสเชิงสถิตศาสตร์ภายใต้หน่วยแรงระหว่าง 0.3 MPa ถึง 2 MPa

5.2.6 แผ่นลิ่มปรับระดับ

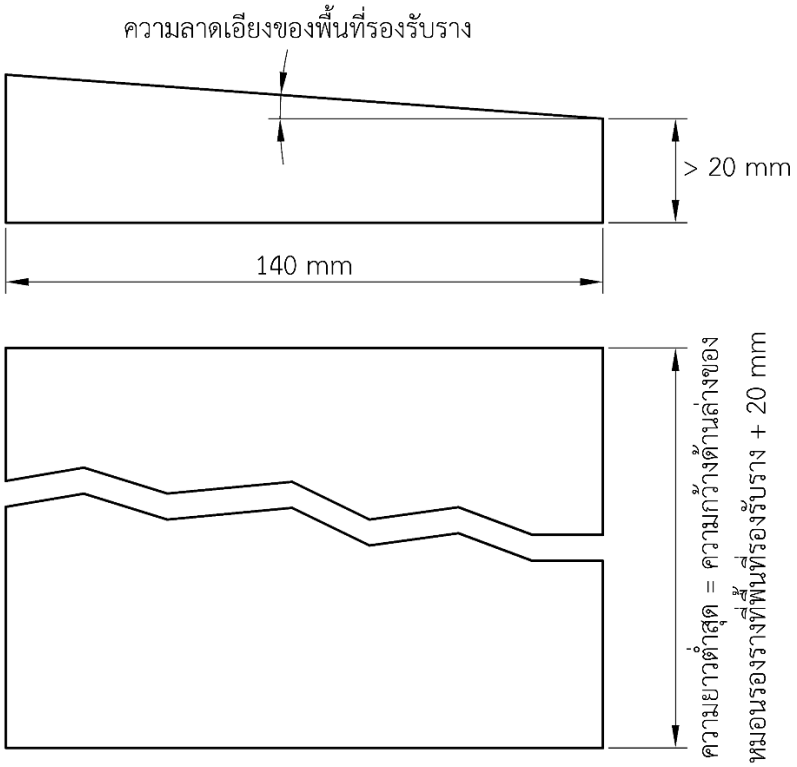
แผ่นลิ่มปรับระดับ (รูปที่ 1 (ค)) ที่ใช้ในการทดสอบต้องเป็นเหล็กที่มีค่า HBW มากกว่า 240 เมื่อทดสอบเหล็กที่ใช้ตาม มอก. 2170 เล่ม 1 ความแข็งบริเนลล์สำหรับโลหะ และมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับมิติต่าง ๆ ของแผ่นลิ่มปรับระดับ เท่ากับ ±0.1 mm



(ก) จุดรองรับแบบข้อต่อ



(ข) แผ่นยืดหยุ่น



(ค) แผ่นลิ่มปรับระดับ

รูปที่ 1 รายละเอียดจุดรองรับแบบข้อต่อ แผ่นยืดหยุ่น และแผ่นลิ่มปรับระดับ

(ข้อ 5.2.4 ข้อ 5.2.5 และข้อ 5.2.6)

5.3 ตัวอย่างทดสอบ

หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่แต่ละท่อนสามารถใช้ทดสอบได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น

5.3.1 ตัวอย่างทดสอบสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ

5.3.1.1 การทดสอบแบบสถิต

การทดสอบแบบสถิตสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบให้ใช้ตัวอย่างทดสอบตามข้อกำหนดดังนี้

1) สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง ให้ทดสอบกับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยทดสอบที่พื้นที่รองรับรางทั้งสองพื้นที่ของหมอนคอนกรีตดังกล่าว
2) สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบที่พื้นที่รองรับราง เมื่อผู้ซื้อต้องการให้ทำการทดสอบ ให้ทดสอบกับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยทดสอบที่พื้นที่รองรับรางทั้งสองพื้นที่ของหมอนคอนกรีตดังกล่าว

5.3.1.2 การทดสอบแบบพลวัต

การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางให้ทดสอบกับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยทดสอบที่พื้นที่รองรับรางทั้งสองพื้นที่ของหมอนคอนกรีตดังกล่าว

5.3.2 ตัวอย่างทดสอบสำหรับการทดสอบประจำ

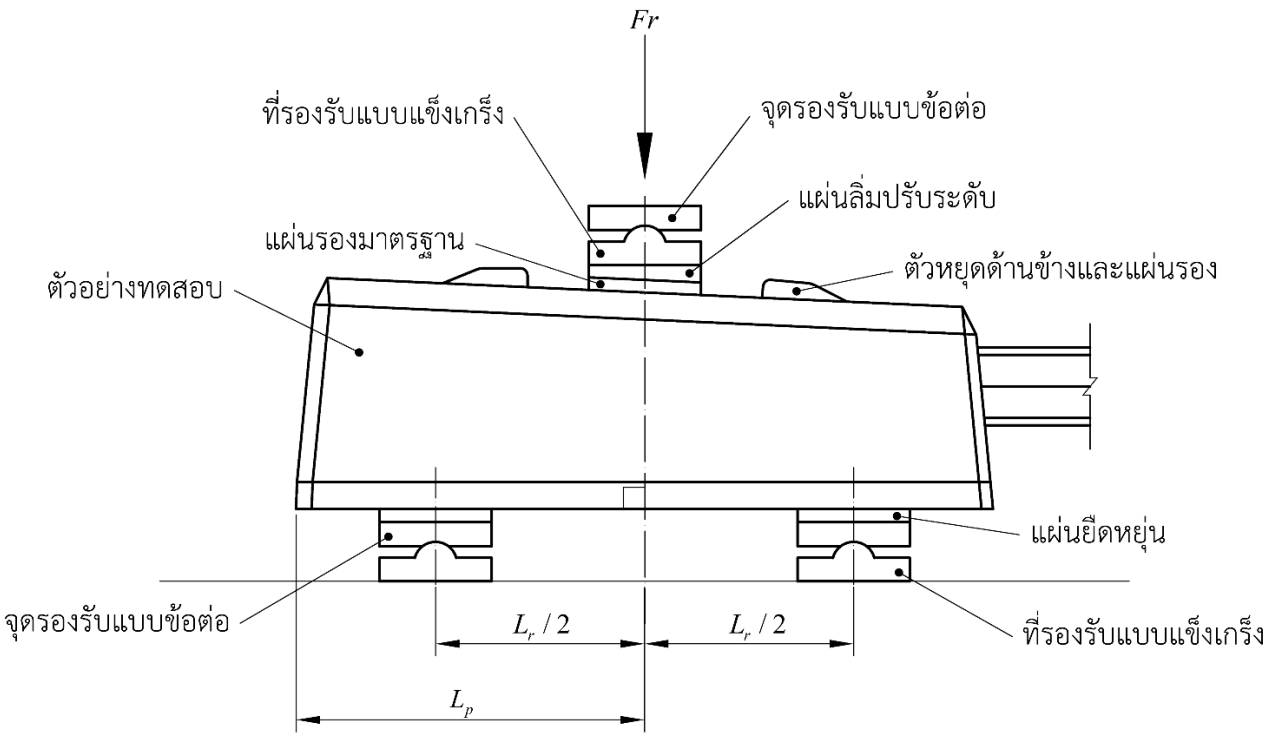
การทดสอบประจำให้ทำการทดสอบแบบสถิตสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง โดยจำนวนตัวอย่างทดสอบและความถี่ในการทดสอบต้องระบุอยู่ในแผนงานควบคุมคุณภาพการผลิต

5.4 การเตรียมการทดสอบที่พื้นที่รองรับราง

การเตรียมการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางของหมอนคอนกรีตแสดงดังรูปที่ 2 และการเตรียมการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบที่พื้นที่รองรับรางแสดงดังรูปที่ 3 ทั้งนี้รายละเอียดของค่า L_r ที่สัมพันธ์กับค่า L_p แสดงในตารางที่ 1

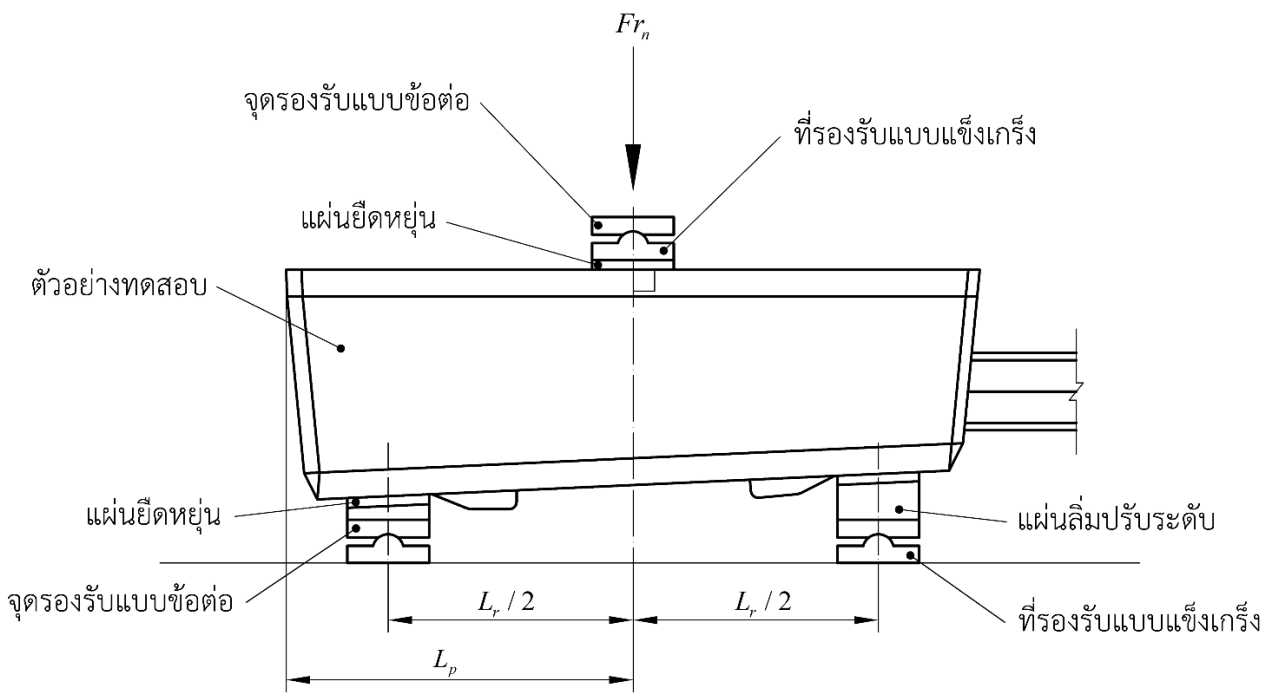
น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (Fr) ต้องกระทำตั้งฉากกับฐานของตัวอย่างทดสอบ

แท่งเหล็กต่อหมอนสามารถตัดเพื่อนำบล็อกคอนกรีตเสริมเหล็กแต่ละบล็อกมาทดสอบได้



รูปที่ 2 การเตรียมการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง

(ข้อ 5.4)



รูปที่ 3 การเตรียมการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบที่พื้นที่รองรับราง

(ข้อ 5.4)

ตารางที่ 1 ค่า L_r ที่สัมพันธ์กับค่า L_p

(ข้อ 5.4)

(ที่มา : EN 13230-3:2016)

หน่วย : m

L_p	L_r
L_p < 0.35	0.30
0.35 ≤ L_p < 0.40	0.40
0.40 ≤ L_p < 0.45	0.50
L_p ≥ 0.45	0.60

5.5 วิธีการทดสอบ

5.5.1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ค่า Fr_0 คำนวณได้จากการแทนค่า L_r ลงในสมการ (1) และค่า Fr_{0n} คำนวณได้จากสมการ (2)

$$Fr_0 = \frac{4M_{k,r,pos}}{L_r - 0.1} \quad (1)$$

$$Fr_{0n} = \frac{1}{2} Fr_0 \quad (2)$$

5.5.2 การทดสอบแบบสถิต

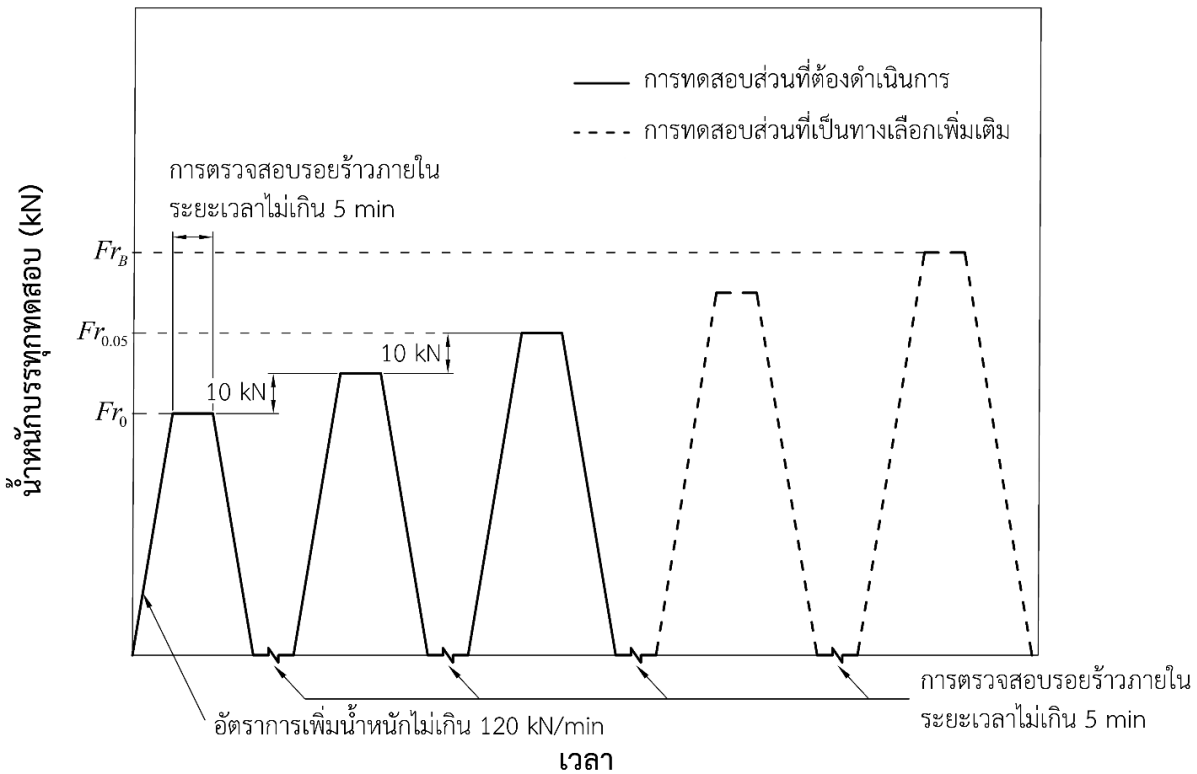
5.5.2.1 การทดสอบยืนยันการออกแบบที่พื้นที่รองรับราง

วิธีการทดสอบแบบสถิตสำหรับทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง ในการทดสอบยืนยันการออกแบบแสดงดังรูปที่ 4 และการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ แสดงดังรูปที่ 5 โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 5.4
2) ให้น้ำหนักบรรทุกกับตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fr_0 สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก หรือ Fr_{0n} สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้ เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
3) ลดน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการลดน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 0 kN จากนั้นให้ตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
4) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 2) และข้อ 3) โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 10 kN จนกระทั่งตรวจพบรอยร้าวคงค้างที่มีขนาดกว้างมากกว่า

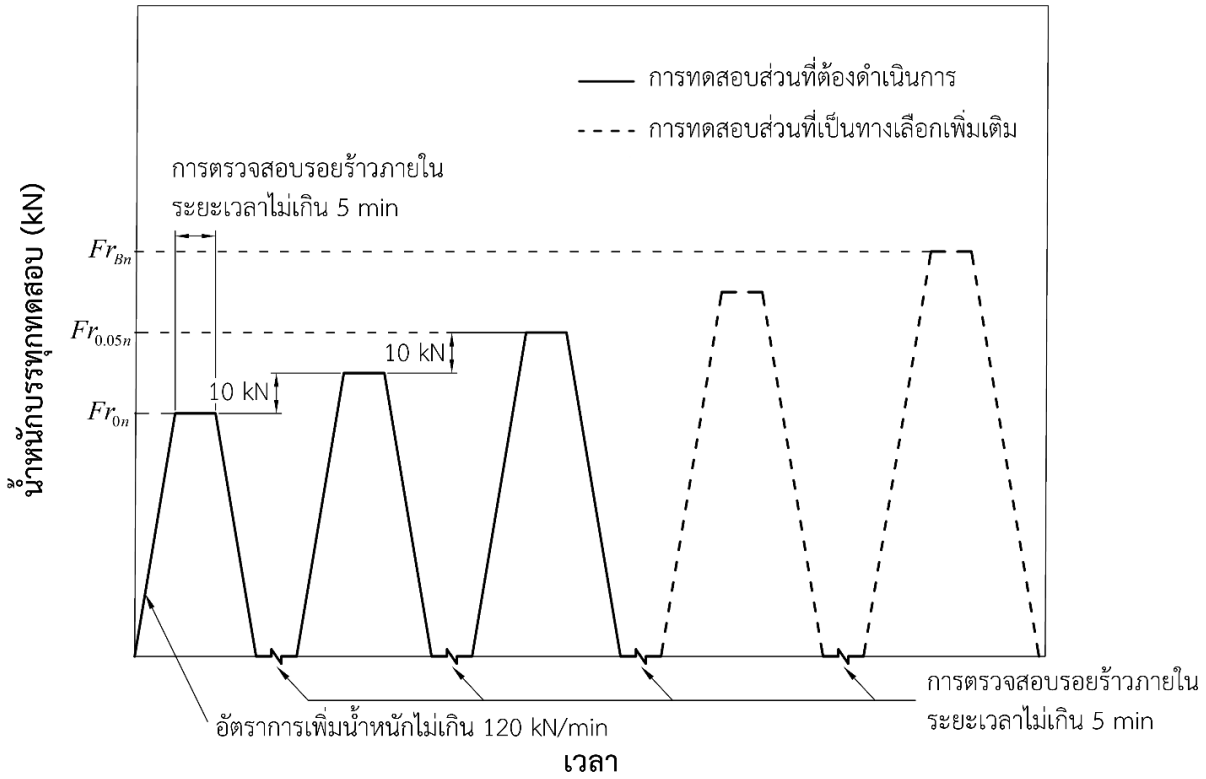
หรือเท่ากับ 0.05 mm เป็นครั้งแรก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น $Fr_{0.05}$ สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก หรือ $Fr_{0.05n}$ สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ

5) กรณีที่ผู้ซื้อกำหนดให้ดำเนินการทดสอบที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติม ให้ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 2) และข้อ 3) โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 10 kN จนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดความเสียหายและไม่สามารถเพิ่มน้ำหนักบรรทุกได้อีก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fr_B สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก หรือ Fr_{Bn} สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ



รูปที่ 4 วิธีการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ

(ข้อ 5.5.2.1)



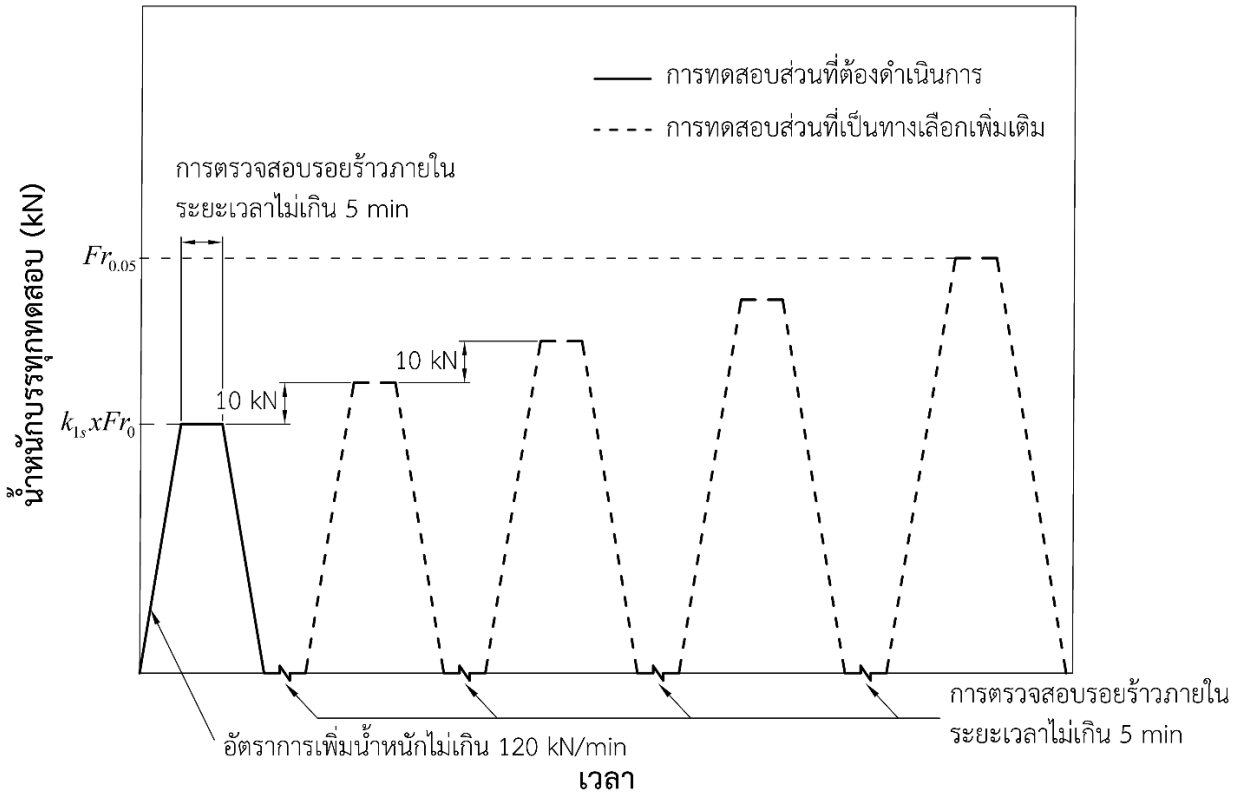
รูปที่ 5 วิธีการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบที่พื้นที่รองรับรางสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ

(ข้อ 5.5.2.1)

5.5.2.2 การทดสอบประจำที่พื้นที่รองรับราง

วิธีการทดสอบแบบสถิตสำหรับทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางในการทดสอบประจำแสดงดังรูปที่ 6 โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 5.4
2) ให้น้ำหนักบรรทุกกับตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ $k_{1s} \times Fr_0$ จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
3) ลดน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการลดน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 0 kN จากนั้นให้ตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
4) กรณีที่ผู้ซื้อกำหนดให้ดำเนินการทดสอบที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติม ให้ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 2) และข้อ 3) โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 10 kN จนกระทั่งตรวจพบรอยร้าวคงค้างที่มีขนาดกว้างมากกว่าหรือเท่ากับ 0.05 mm เป็นครั้งแรก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น $Fr_{0.05}$ สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก หรือ $Fr_{0.05n}$ สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ



รูปที่ 6 วิธีการทดสอบแบบสถิตที่พื้นที่รองรับรางสำหรับการทดสอบประจำ

(ข้อ 5.5.2.2)

การให้น้ำหนักบรรทุกในการทดสอบประจำอาจดำเนินไปจนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ $Fr_{0.05}$ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบระหว่าง $k_{1s} \times Fr_0$ และ $Fr_{0.05}$ แต่ค่าดังกล่าวไม่ใช่เกณฑ์การทดสอบที่ใช้ในการยอมรับผลิตภัณฑ์

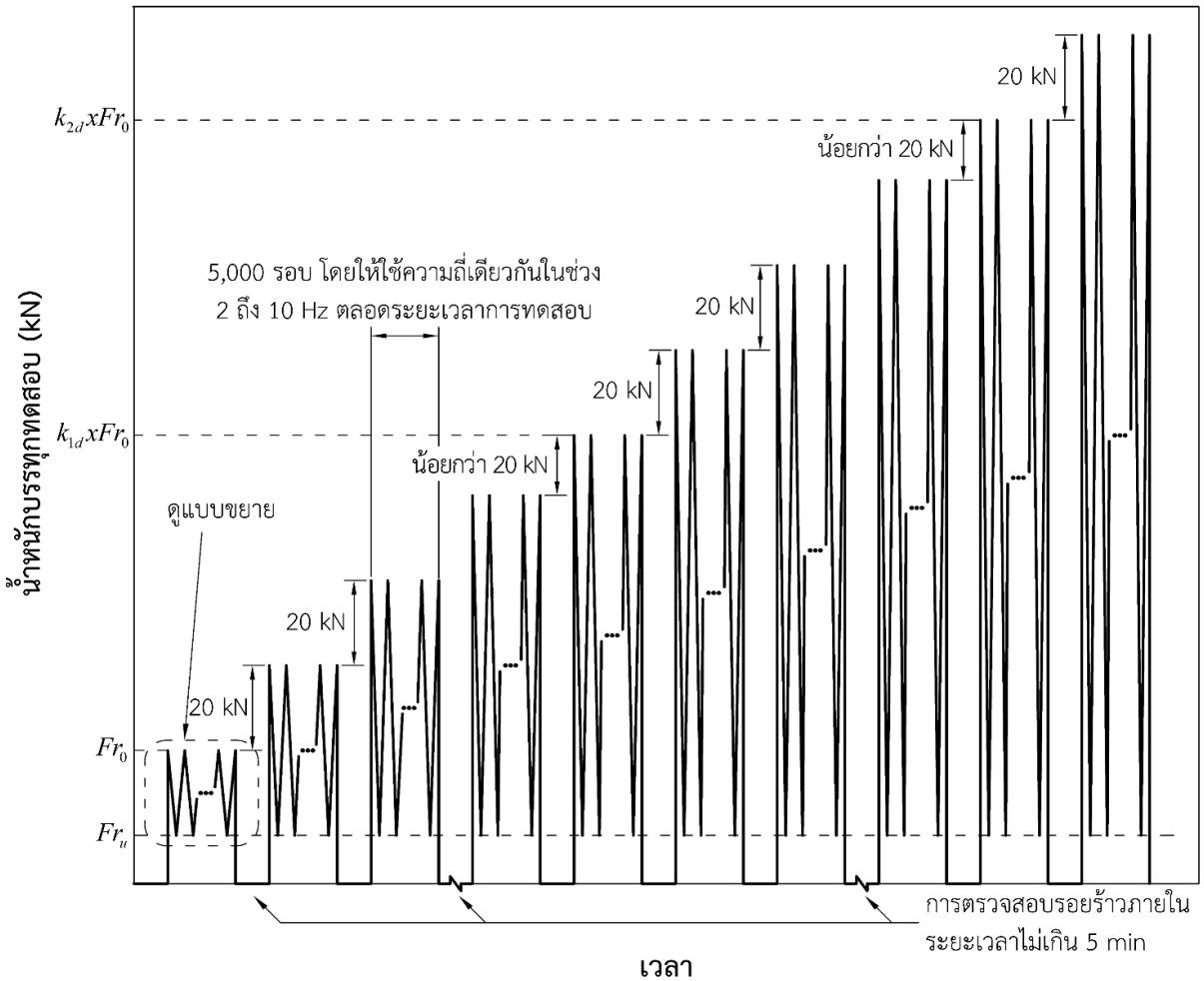
5.5.3 การทดสอบแบบพลวัต

วิธีการทดสอบแบบพลวัตสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางในการทดสอบยืนยันการออกแบบแสดงดังรูปที่ 7 (ก) และการให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตกับตัวอย่างทดสอบซึ่งสัมพันธ์กับเวลาแสดงดังรูปที่ 7 (ข) ทั้งนี้การทดสอบสามารถกระทำกับบล็อกคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวนหนึ่งบล็อกเท่านั้นหลังจากตัดแท่งเหล็กต่อหมอนแล้ว และการทดสอบแบบพลวัตไม่จำเป็นต้องกระทำสำหรับการทดสอบประจำ

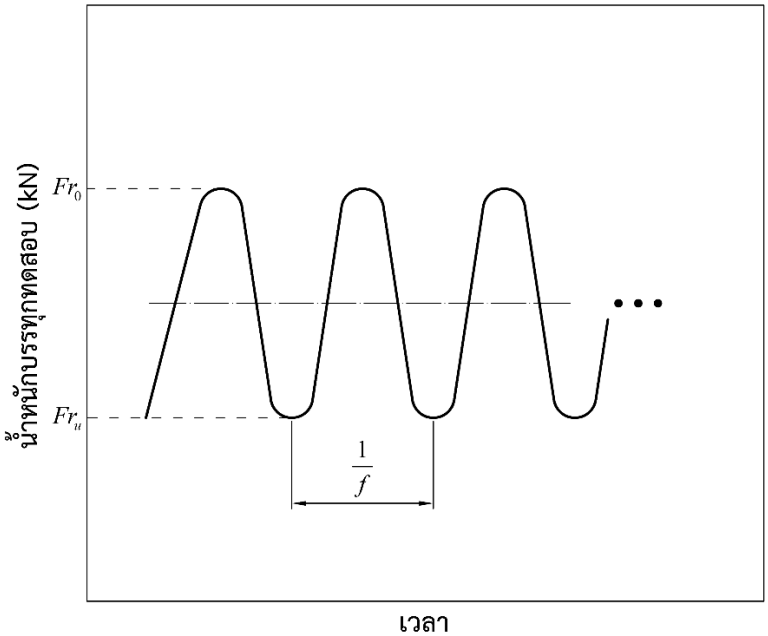
การทดสอบแบบพลวัตสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับราง มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 5.4
2) ให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตกับตัวอย่างทดสอบ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ Fr_u ถึง Fr_0 ด้วยความถี่การให้น้ำหนักบรรทุก (f) ที่ค่าใดค่าหนึ่งระหว่าง 2 Hz ถึง 10 Hz โดยให้ใช้ความถี่เดียวกันตลอดการทดสอบ เป็นจำนวน 5,000 รอบ

3) ลดน้ำหนักบรรทุกจนมีค่าเท่ากับ 0 kN จากนั้นให้ตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
4) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 2) และข้อ 3) โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 20 kN จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ $k_{1d} \times Fr_0$ และ $k_{2d} \times Fr_0$
5) หลังการทดสอบที่น้ำหนักบรรทุกเท่ากับ $k_{2d} \times Fr_0$ ให้เพิ่มน้ำหนักบรรทุกอีก 20 kN และทดสอบตามขั้นตอนในข้อ 2) และข้อ 3) อีก 1 ครั้ง



(ก) วิธีการทดสอบแบบพลวัตที่พื้นที่รองรับราง



(ข) น้ำหนักบรรทุกพลวัต

รูปที่ 7 การทดสอบแบบพลวัตที่พื้นที่รองรับราง

(ข้อ 5.5.3)

5.6 เกณฑ์การทดสอบ

5.6.1 ทั่วไป

การทดสอบและการตรวจวัดความกว้างของรอยร้าวต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

5.6.2 เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบแบบสถิต

เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบแบบสถิตที่พื้นที่รองรับรางเป็นดังนี้

1) $Fr_{0.05} > k_{1s} \times Fr_0$

2) $Fr_{0.05n} > 0.5 \times k_{1s} \times Fr_0$

หากมีการระบุให้ทำการทดสอบที่ไม่ใช่การทดสอบบังคับ หรือระบุให้ทำการทดสอบที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติม เกณฑ์การทดสอบ คือ $Fr_B > k_{2s} \times Fr_0$

5.6.3 เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบแบบพลวัต

เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบแบบพลวัตที่พื้นที่รองรับรางเป็นดังนี้

1) $Fr_{0.05} > k_{1d} \times Fr_0$

2) $Fr_B > k_{2d} \times Fr_0$ หรือ $Fr_{0.5} > k_{2d} \times Fr_0$ หรือตามที่ผู้ซื้อกำหนด

หมายเหตุ ค่า k_{1d} k_{1s} k_{2d} และ k_{2s} เป็นไปตามที่ผู้ซื้อระบุ หรือเป็นไปตามคำแนะนำในมาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

6. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ

6.1 ทั่วไป

การทดสอบยืนยันการออกแบบสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ประกอบด้วยการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ การทดสอบคอนกรีต การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ และการทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง โดยผลการทดสอบยืนยันการออกแบบสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบทั้งหมดตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานฉบับนี้

6.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่พื้นที่รองรับราง

การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบเป็นการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นว่าหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่มีสมรรถนะเป็นไปตามที่ออกแบบ โดยประกอบด้วยการทดสอบแบบสถิตและการทดสอบแบบพลวัต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การทดสอบแบบสถิต

1.1) การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 5.5.2.1

1.2) การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบที่พื้นที่รองรับราง (เมื่อผู้ซื้อระบุให้ทดสอบ) ต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 5.5.2.1

2) การทดสอบแบบพลวัตต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 5.5.3

6.3 การทดสอบคอนกรีต

การทดสอบคอนกรีตที่ใช้ในการผลิตหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

6.4 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต้องดำเนินการกับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบยืนยันการออกแบบ ทั้งนี้ข้อกำหนดสำหรับการตรวจสอบผลิตภัณฑ์รวมถึงการตรวจวัดมิติ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ และการแต่งผิวคอนกรีตของหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

6.5 การทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

การทดสอบหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ร่วมกับอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางต้องดำเนินการตามมาตรฐานการทดสอบอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต หรือตามความต้องการของผู้ซื้อ

7. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบประจำ

7.1 ทั่วไป

การทดสอบประจำสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่เป็นการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพการผลิต ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์และการทดสอบคอนกรีต โดยผลการทดสอบประจำสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบทั้งหมดตามที่ระบุในมาตรฐานฉบับนี้

7.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่พื้นที่รองรับราง

การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกที่พื้นที่รองรับรางต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 5.5.2.2

7.3 การทดสอบคอนกรีต

การทดสอบคอนกรีตที่ใช้สำหรับการผลิตหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

8. ข้อกำหนดสำหรับแท่งเหล็กต่อหมอน

8.1 ทั่วไป

คุณสมบัติของเหล็กกล้ารีดร้อนที่ใช้สำหรับแท่งเหล็กต่อหมอนของหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่และการควบคุมคุณภาพของเหล็กกล้ารีดร้อนให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานฉบับนี้

8.2 เหล็กกล้ารีดร้อน

8.2.1 องค์ประกอบทางเคมี

ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้เหล็กกล้าสำหรับแท่งเหล็กต่อหมอนจาก มอก. 1227 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน หรือ มอก. 1479 เหล็กกล้าทรงแบนรีดร้อนสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป หรือ มอก. 1501 เหล็กกล้าทรงแบนรีดร้อนสำหรับงานโครงสร้างเครื่องจักรกล โดยต้องมีปริมาณคาร์บอนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.28% ถึง 0.80%

8.2.2 คุณสมบัติทางกล

ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้เหล็กกล้าสำหรับแท่งเหล็กต่อหมอนจาก มอก. 1227 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน หรือ มอก. 1479 เหล็กกล้าทรงแบนรีดร้อนสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป หรือ มอก. 1501 เหล็กกล้าทรงแบนรีดร้อนสำหรับงานโครงสร้างเครื่องจักรกล โดยคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าที่ใช้เป็นแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ ต้องอยู่ภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้ โดยค่ากำลังครากอาจพิจารณาที่ความเครียดดึงมีค่าเท่ากับ 0.2% และค่าการยืดตัวพิจารณาเมื่อเหล็กขาด

1) กำลังดึง ต้องมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 550 MPa ถึง 1,030 MPa
2) เมื่อทำการทดสอบตาม มอก. 2172 การทดสอบโลหะโดยการดึงที่อุณหภูมิโดยรอบ ความยืดซึ่งสัมพันธ์กับกำลังครากต้องมีค่าดังนี้

   2.1) สำหรับเหล็กกล้าที่มีกำลังครากไม่น้อยกว่า 400 MPa ความยืดต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 8%
   2.2) สำหรับเหล็กกล้าที่มีกำลังครากอยู่ในช่วงระหว่าง 350 MPa ถึง 400 MPa ความยืดต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 14%

3) เมื่อทำการทดสอบตาม มอก. 2170 เล่ม 1 ความแข็งบริเนลล์สำหรับโลหะ แท่งเหล็กต่อหมอนต้องมีค่า HBW อยู่ในช่วงตั้งแต่ 160 ถึง 300

8.3 มิติของแท่งเหล็กต่อหมอน

มิติของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ซื้อและเมื่อพิจารณามิติของแท่งเหล็กต่อหมอน ต้องคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้ประกอบด้วย

1) การกัดกร่อนของเหล็ก
2) สภาพการใช้งานของหมอนคอนกรีต
3) การหลีกเลี่ยงโมเมนต์ดัดลบที่มากเกินไปในแท่งเหล็กต่อหมอน เนื่องจากการแบกทานที่กึ่งกลางของแท่งเหล็กต่อหมอน เมื่อหมอนคอนกรีตวางอยู่บนหินโรยทาง
4) การหลีกเลี่ยงมุมแหลมใด ๆ ที่เป็นอันตรายในระหว่างการขนย้าย

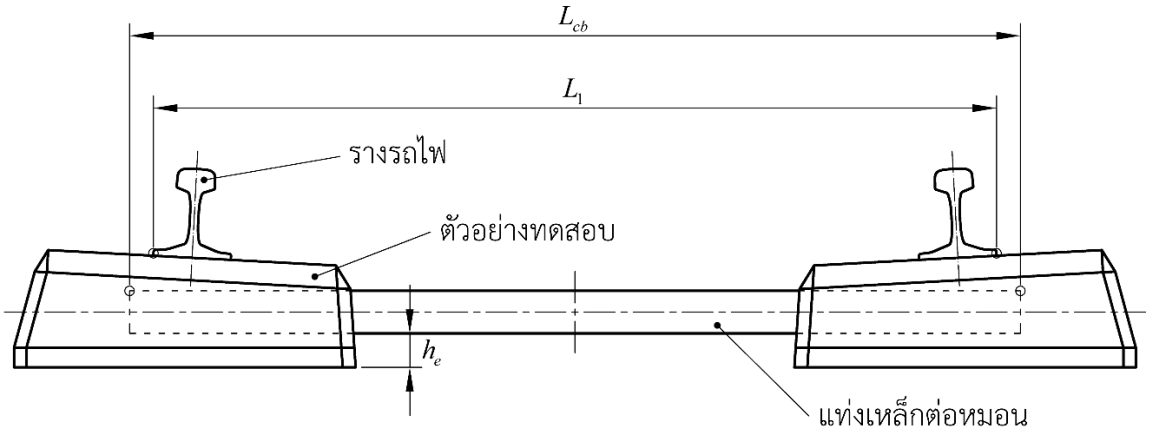
8.4 คุณลักษณะของแท่งเหล็กต่อหมอน

เกณฑ์การตรวจสอบความบกพร่องของคุณลักษณะหรือรูปทรงของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่อยู่ในภาคผนวก ก. ทั้งนี้การตรวจสอบแท่งเหล็กต่อหมอนต้องกระทำให้สอดคล้องกับมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

9. ข้อกำหนดในการออกแบบสำหรับการติดตั้งแท่งเหล็กต่อหมอน

9.1 ความยาวของแท่งเหล็กต่อหมอน

ความยาวของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ต้องยาวกว่า L_1 (รูปที่ 8) และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต ยกเว้นกรณีที่ผู้ซื้ออนุมัติเท่านั้น



รูปที่ 8 ความยาวและตำแหน่งของแท่งเหล็กต่อหมอน

(ข้อ 9.1 และข้อ 9.3)

9.2 ทิศทางของแท่งเหล็กต่อหมอน

หากแท่งเหล็กต่อหมอนไม่มีการป้องกันการกัดกร่อน ทิศทางการวางและรูปทรงของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ต้องไม่ทำให้เกิดน้ำขัง

9.3 ตำแหน่งในการติดตั้งแท่งเหล็กต่อหมอน

ระยะ h_e สำหรับการติดตั้งแท่งเหล็กต่อหมอนดังแสดงในรูปที่ 8 ต้องไม่น้อยกว่า 40 mm ยกเว้นกรณีที่มีการกำหนดตำแหน่งไว้สำหรับการขนย้าย

10. ข้อกำหนดสำหรับการผลิต

10.1 ข้อกำหนดในการผลิต

ก่อนการเริ่มต้นการผลิต ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดทำรายงานที่ระบุข้อมูลที่เกี่ยวกับการผลิตให้เรียบร้อยและต้องนำส่งให้กับผู้ซื้อ โดยรายงานดังกล่าวต้องเป็นความลับและมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้
2) น้ำหนักของส่วนผสมคอนกรีต และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้
3) เส้นโค้งขนาดคละ (grading curve) ของมวลรวมแต่ละชนิด รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้
4) คุณสมบัติของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน
5) รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการทำให้คอนกรีตแน่นตัว
6) รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการถอดแบบหล่อและการบ่มคอนกรีต
7) วิธีการกองเก็บหลังจากการผลิต

ทั้งนี้ตัวอย่างทดสอบของหมอนคอนกรีตสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบต้องสอดคล้องกับข้อมูลการผลิต

10.2 ข้อกำหนดอื่น ๆ

ในการผลิตไม่อนุญาตให้มีการเชื่อมแท่งเหล็กต่อหมอน ยกเว้นกรณีที่ผู้ซื้ออนุมัติวิธีการเชื่อม รวมถึงวิธีการควบคุมความร้อนจากการเชื่อมและการทำให้เย็นตัวของแท่งเหล็กต่อหมอนทั้งหมด

11. เอกสารอ้างอิง

11.1 สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน). (2569). *มาตรฐาน สทร. CT–8001:2569 มาตรฐานบทนิยามเกี่ยวกับหมอนรองรางและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง.*

11.2 British Standards Institution. (2016). *EN 13230-3:2016 Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 3: Twin-block reinforced sleepers.*

ภาคผนวก ก.

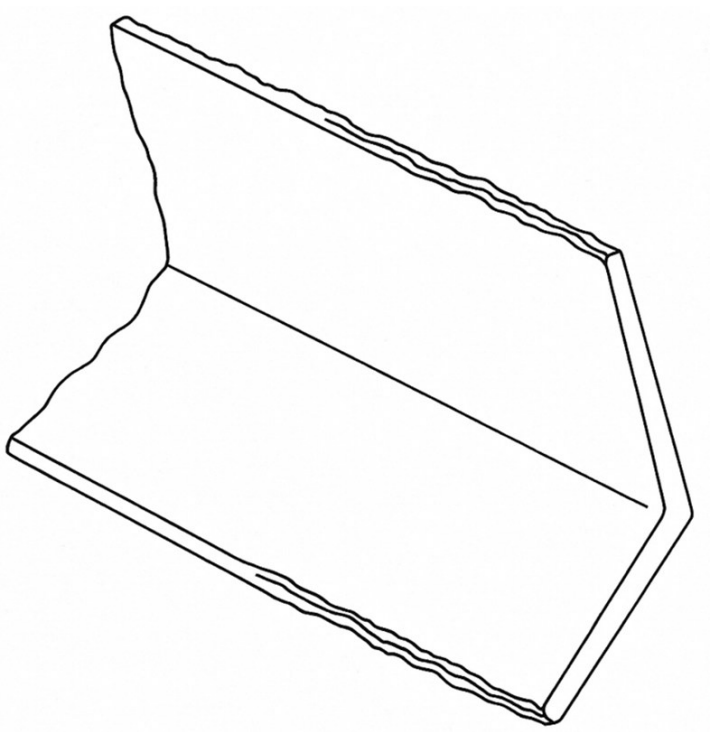
เกณฑ์การตรวจสอบความบกพร่องของคุณลักษณะของแท่งเหล็กต่อหมอน

(ข้อ 8.4)

ภาคผนวกนี้แสดงเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบความบกพร่องของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ โดยแบ่งเป็นเกณฑ์การตรวจสอบสำหรับรอยไหม้ที่ผิวนอก รอยฉีกที่ปลาย รอยตัดที่ไม่คม ความบกพร่องที่ผิว การแยก การเสียรูปที่ปลายสุด และการล่อนหลุดของผิวหน้า

ก.1 เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับรอยไหม้ที่ผิวนอก

รอยไหม้ที่ผิวนอกของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่มีลักษณะเป็นรอยร้าวขนาดเล็กที่ขอบของหน้าตัด ดังแสดงในรูปที่ ก.1 ทั้งนี้สาเหตุของรอยไหม้ที่ผิวนอกเกิดจากการที่โลหะได้รับความร้อนมากเกินไป



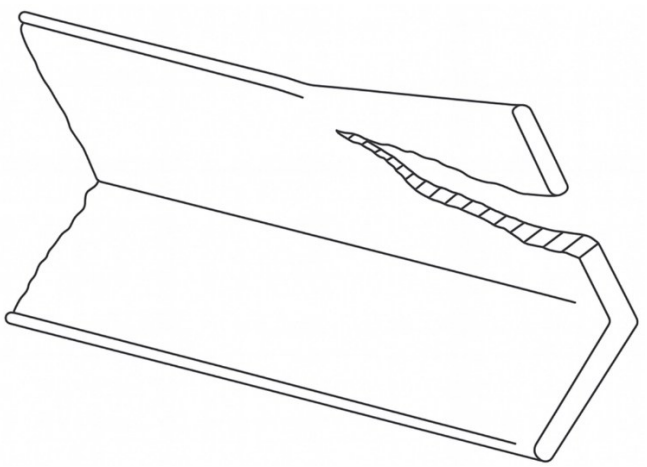
รูปที่ ก.1 รอยไหม้ที่ผิวนอก

(ข้อ ก.1)

เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับรอยไหม้ที่ผิวนอกของแท่งเหล็กต่อหมอน คือ รอยไหม้ที่ผิวนอกต้องมีความลึกไม่เกิน 3 mm และมีความยาวไม่เกิน 500 mm ที่ปลายแต่ละด้านของแท่งเหล็กต่อหมอนที่ฝังอยู่ในคอนกรีต

ก.2 เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับรอยฉีกที่ปลาย

รอยฉีกที่ปลายของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่เกิดขึ้นระหว่างการตัด เช่น การเข้าผิด หรือใบมีดที่หลวมหรือทื่อ ดังแสดงในรูปที่ ก.2



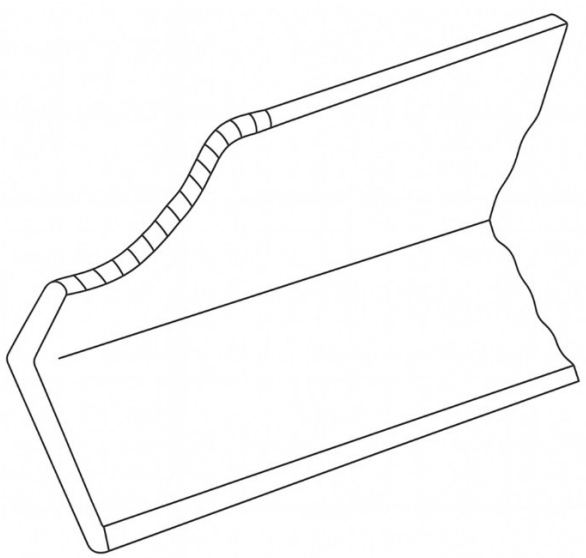
รูปที่ ก.2 รอยฉีกที่ปลาย

(ข้อ ก.2)

รอยฉีกที่ปลายสามารถยอมรับได้ หากรอยฉีกมีความลึกไม่เกิน 20 mm และมีปริมาณของแท่งเหล็กที่เกิดรอยฉีกไม่มากกว่า 5% ของจำนวนแท่งเหล็กในชุดการผลิตเดียวกัน

ก.3 เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับรอยตัดที่ไม่คม

รอยตัดที่ไม่คมของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ ดังแสดงในรูปที่ ก.3 เกิดจากสาเหตุเดียวกับรอยฉีกที่ปลาย (ข้อ ก.2)



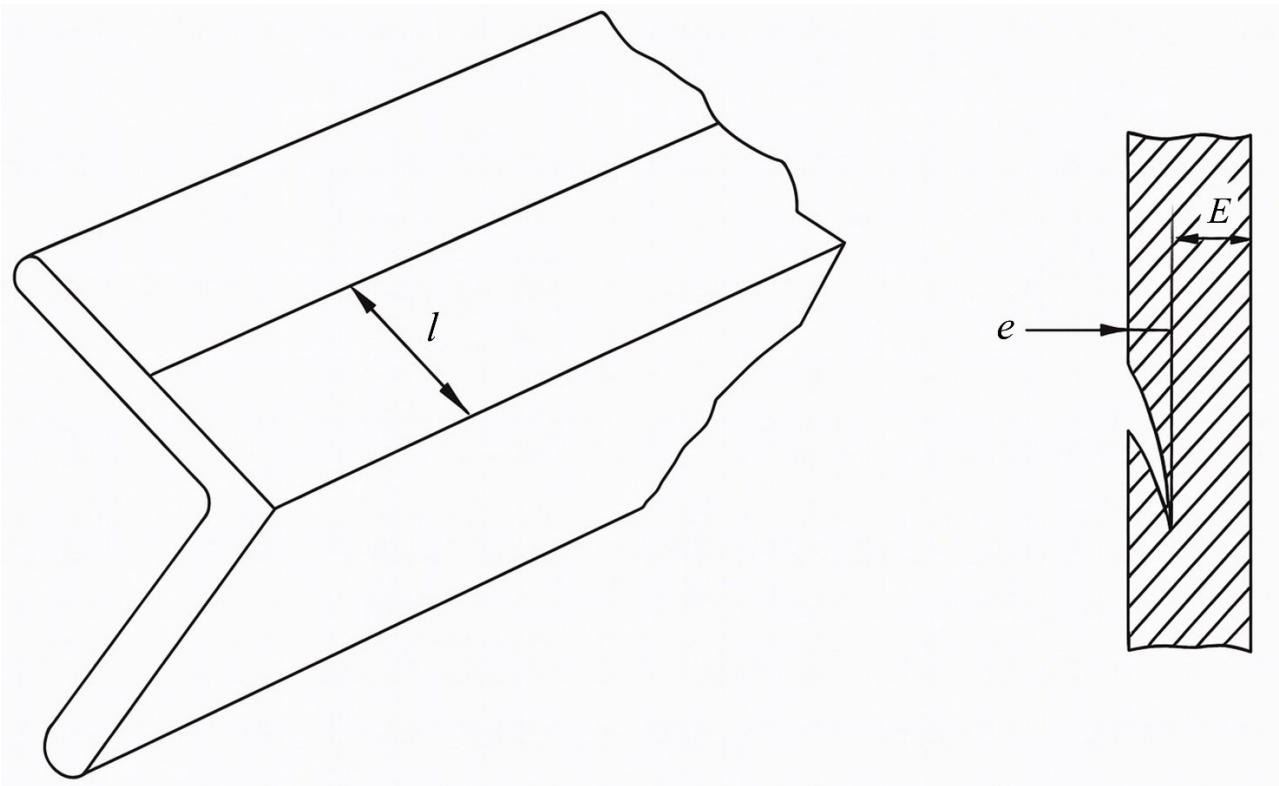
รูปที่ ก.3 รอยตัดที่ไม่คม

(ข้อ ก.3)

เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับรอยตัดที่ไม่คมของแท่งเหล็กต่อหมอนให้ใช้เกณฑ์เหมือนกับรอยฉีกที่ปลาย

ก.4 เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับความบกพร่องที่ผิว

ความบกพร่องที่ผิวของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่เกิดขึ้นระหว่างการขึ้นรูป ซึ่งมีลักษณะปรากฏเป็นรอยแตกตามยาวและเป็นแนวขนานกับขอบของแท่งเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 ความบกพร่องที่ผิว

(ข้อ ก.4)

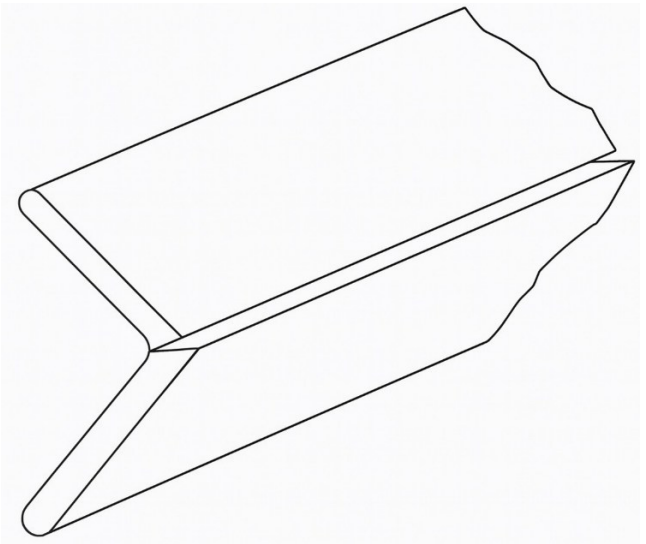
เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับความบกพร่องที่ผิวของแท่งเหล็กต่อหมอน คือ ความบกพร่องที่ผิวต้องปรากฏอยู่เฉพาะที่ผิวนอกของแท่งเหล็กต่อหมอน และมิติ E ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ต่ำสุดของความหนาของแท่งเหล็กต่อหมอน และต้องเป็นไปตามเกณฑ์ดังนี้

1) ถ้า $l < 25$ mm ค่า $e \leq 0.7$ mm
2) ถ้า $25 \leq l \leq 50$ mm ค่า $e \leq 0.3$ mm

ทั้งนี้ความบกพร่องที่ผิวต้องไม่ปรากฏที่ผิวด้านในของแท่งเหล็กต่อหมอน

ก.5 เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับการแยก

การแยกของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ คือ ความบกพร่องที่ส่งผลกระทบต่อขอบที่เป็นฉากของแท่งเหล็กต่อหมอน ดังแสดงในรูปที่ ก.5



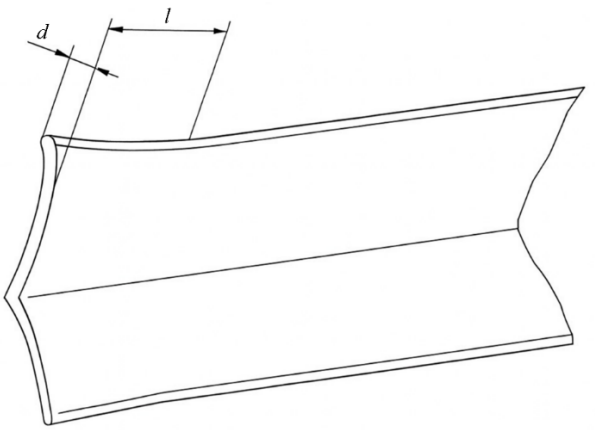
รูปที่ ก.5 การแยก

(ข้อ ก.5)

เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับการแยกที่ปลายสุดของแท่งเหล็กต่อหมอน คือ การแยกดังกล่าวต้องมีความยาวไม่เกิน 500 mm ที่ปลายสุดแต่ละด้านของแท่งเหล็กต่อหมอน และรอยแยกต้องมีความลึกไม่เกิน 5 mm

ก.6 เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับการเสียรูปที่ปลายสุด

เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับการเสียรูปที่ปลายสุดของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ ดังแสดงในรูปที่ ก.6 คือ การเสียรูปที่ปลายเหล็กสามารถเกิดขึ้นได้ หากในระยะ 500 mm ที่ปลายแต่ละด้าน (ซึ่งเป็นส่วนที่จะฝังอยู่ในคอนกรีต) เกิดการเสียรูปโดยที่ค่า d ไม่เกิน 5 mm และเกิดในช่วงความยาว (l) น้อยกว่า 100 mm

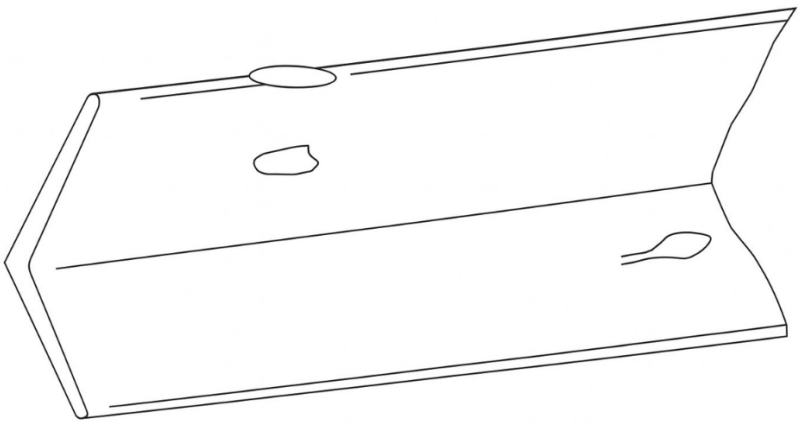


รูปที่ ก.6 การเสียรูปที่ปลายสุด

(ข้อ ก.6)

ก.7 เกณฑ์การตรวจสอบสำหรับการล่อนหลุดของผิวหน้า

การล่อนหลุดของผิวหน้าของแท่งเหล็กต่อหมอนสำหรับหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ ดังแสดงในรูปที่ ก.7 ยกเว้นส่วนที่ฝังอยู่ในคอนกรีต ต้องขัดสะเก็ดออก และเกณฑ์การตรวจสอบสำหรับการล่อนหลุดดังกล่าว คือ ความลึกของผิวหน้าที่ล่อนหลุดไปนั้นต้องไม่เกิน 0.5 mm



รูปที่ ก.7 การล่อนหลุดของผิวหน้า

(ข้อ ก.7)

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-2009:2569

มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

(PRESTRESSED BEARERS FOR SWITCHES AND CROSSINGS)

- กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
- ทีมมาตรฐาน

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-2009:2569
มาตรฐานหมอนประแจทางหลีกรถไฟอัดแรง
(PRESTRESSED BEARERS FOR SWITCH AND CROSSING)

- กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
- ทีมมาตรฐาน

www.rtrda.or.th info@rtrda.or.th rtrda.thailand @RTRDA_Th
@rtrdathailand rtrda.thailand Rail Technology Research and Development Agency

สทร. CT-2009:2569
มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง
(Prestressed Bearers for Switches and Crossing)

1. ทั่วไป

หมอนรองรางถือเป็นองค์ประกอบหลักของทางรถไฟที่ทำหน้าที่รองรับรางรถไฟและควบคุมขนาดทางรถไฟ รวมถึงถ่ายเทน้ำหนักบรรทุกและแรงกระทำต่าง ๆ ในแนวดิ่ง แนวด้านข้าง และตามแนวยาวจากรางลงสู่ชั้นหินโรยทางหรือส่วนรองรับอื่น ๆ ซึ่งตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาระบบขนส่งทางรางในประเทศไทยมีการนำหมอนรองรางหลากหลายประเภทมาใช้งาน เช่น หมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ และหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงหรือหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงสำหรับประแจทางหลีก (prestressed bearers for switches and crossings) เป็นหมอนรองรางที่ผลิตขึ้นจากคอนกรีตอัดแรง ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมรูปทรงเรขาคณิตสัมพัทธ์ของทางรถไฟหลาย ๆ ช่วง และชิ้นส่วนพิเศษของทางรถไฟที่แตกต่างกัน โดยจัดเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญด้านความปลอดภัยสำหรับการใช้งานทางรถไฟ เพื่อให้ระบบทางรถไฟโดยเฉพาะหมอนประแจทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ และปลอดภัยตลอดอายุการใช้งาน หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงจึงต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุก แรงกระทำต่าง ๆ รวมถึงต้องคงทนต่อความเสียหายจากความชื้นซึ่งอาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่เป็นอันตรายต่อหมอนประแจได้ มาตรฐานนี้จึงครอบคลุมข้อกำหนดด้านเทคนิคสำหรับการควบคุมคุณภาพการผลิตตลอดจนข้อกำหนดสำหรับการทดสอบหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง ทั้งนี้ มาตรฐานฉบับนี้ระบุวิธีการทดสอบทางกลเพื่อรับรองความสามารถของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงในการต้านทานน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำและความคงทนของหมอนประแจดังกล่าว รวมทั้งระบุข้อกำหนดสำหรับการควบคุมกระบวนการผลิตและการทดสอบคุณภาพในการผลิต เพื่อให้มั่นใจว่าคอนกรีตจะไม่เสื่อมสภาพจากการทำปฏิกิริยาเคมี และไม่เกิดความเสียหายทางกายภาพและทางกลในระหว่างการใช้งาน ทั้งนี้หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงที่มีความยาวเกินกว่า 8.50 m จะถือเป็นชิ้นส่วนพิเศษและต้องเป็นไปตามมาตรฐาน สทร. CT-2010 มาตรฐานชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง

2. ขอบข่าย

2.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมข้อกำหนดด้านเทคนิคสำหรับการควบคุมคุณภาพการผลิตและการทดสอบหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง ซึ่งใช้กับทางรถไฟชนิดมีหินโรยทางหรือทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง และใช้กับทางรถไฟขนาด 1.000 m และ 1.435 m หรือขนาดทางอื่นตามที่ผู้ซื้อกำหนด โดยหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงมีความยาวไม่เกิน 8.50 m

2.2 มาตรฐานฉบับนี้ใช้หน่วยตามระบบเอสไอ (SI units) เป็นหลัก

2.3 เกณฑ์ที่กำหนดสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางราง และกฎหมายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ซื้อ แต่หากมิได้มีการระบุเกณฑ์สำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการไว้ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานนี้

3. มาตรฐานอ้างถึง

ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับการทดสอบต่าง ๆ ซึ่งระบุไว้ในมาตรฐานฉบับนี้ให้เป็นไปตามมาตรฐานและเอกสารตามรายการดังต่อไปนี้

3.1 มาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

3.2 มาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

3.3 มาตรฐาน สทร. CT-2010 มาตรฐานชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง

3.5 มอก. 95 ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง

3.6 มอก. 420 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

3.7 มอก. 2170 เล่ม 1 ความแข็งบริเนลล์สำหรับโลหะ

3.8 FprEN 10138 Prestressing steels

มาตรฐานอ้างถึงในมาตรฐานฉบับนี้ให้ใช้ฉบับล่าสุด แต่ทั้งนี้ต้องไม่ขัดแย้งกับมาตรฐานฉบับนี้

4. นิยามและสัญลักษณ์

4.1 นิยาม

คำศัพท์และนิยามที่ใช้ในมาตรฐานนี้อ้างอิงตามมาตรฐาน สทร. CT-8001:2569 มาตรฐานบทนิยามเกี่ยวกับหมอนรองรางและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง เป็นสำคัญ

4.2 สัญลักษณ์

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในมาตรฐานฉบับนี้มีความหมายดังนี้

Fb_0 = น้ำหนักบรรทุกทดสอบอ้างอิงแรกเริ่มสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวก มีหน่วยเป็น kN

$Fb_{0.05}$ = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวคงค้างขนาดกว้าง 0.05 mm ที่ด้านล่างของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงหลังจากนำน้ำหนักบรรทุกออกไป มีหน่วยเป็น kN

$Fb_{0.05n}$ = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวคงค้างขนาดกว้าง 0.05 mm ที่ด้านบนของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงหลังจากนำน้ำหนักบรรทุกออกไป มีหน่วยเป็น kN

Fb_{0n} = น้ำหนักบรรทุกทดสอบอ้างอิงแรกเริ่มสำหรับการรับโมเมนต์ดัดลบ มีหน่วยเป็น kN

Fb_B = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุด เมื่อด้านล่างของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงเกิดรอยร้าว มีหน่วยเป็น kN

Fb_{Bn} = น้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุด เมื่อด้านบนของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงเกิดรอยร้าว มีหน่วยเป็น kN

Fb_r = น้ำหนักบรรทุกทดสอบซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวแรกที่ด้านล่างของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง มีหน่วยเป็น kN

Fb_{rn} = น้ำหนักบรรทุกทดสอบซึ่งทำให้เกิดรอยร้าวแรกที่ด้านบนของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง มีหน่วยเป็น kN

Fb_u = น้ำหนักบรรทุกทดสอบต่ำสุดสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อความล้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.25 \times Fb_0$ มีหน่วยเป็น kN

k_b = สัมประสิทธิ์การกระแทกสำหรับการทดสอบแบบสถิตภายใต้โมเมนต์ดัดบวก

k_{bB} = สัมประสิทธิ์การกระแทกสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อความล้า

k_{bn} = สัมประสิทธิ์การกระแทกสำหรับการทดสอบแบบสถิตภายใต้โมเมนต์ดัดลบ

k_t = สัมประสิทธิ์ตัวคูณที่ใช้ในการคำนวณตามเกณฑ์การทดสอบสำหรับการเกิดรอยร้าวแรกในการทดสอบแบบสถิต

L = ความยาวของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง มีหน่วยเป็น m

$M_{k,neg}$ = โมเมนต์ดัดลบลักษณะเฉพาะที่ตำแหน่งใด ๆ ของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง มีหน่วยเป็น kN·m

$M_{k,pos}$ = โมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะที่ตำแหน่งใด ๆ ของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง มีหน่วยเป็น kN·m

5. ข้อกำหนดพิเศษ

5.1 โมเมนต์ดัดลักษณะเฉพาะ

การออกแบบหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงต้องกำหนดค่าโมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะและค่าโมเมนต์ดัดลบลักษณะเฉพาะ เพื่อรักษารูปทรงเรขาคณิตของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงและเพื่อความปลอดภัยในการรับแรงต่าง ๆ จากระบบราง

5.2 ตำแหน่งของส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

ผู้ซื้อควรระบุอย่างชัดเจนสำหรับบริเวณที่ไม่มีการเสริมเหล็กหรือลวดอัดแรงในชิ้นส่วนคอนกรีตของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

กรณีที่มีข้อกำหนดเพิ่มเติมจากผู้ซื้อ การออกแบบหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงต้องคำนึงไว้ก่อนล่วงหน้าถึงกรณีที่มีการซ่อมแซม หรือเปลี่ยนตำแหน่งของส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางที่ฝังอยู่ในหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง เพื่อให้สามารถดำเนินการได้โดยไม่กระทบต่อโครงสร้างหลักของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงดังกล่าว

5.3 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

5.3.1 ทั่วไป

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

กรณีที่มีการตรวจวัดล่วงหน้าสำหรับมิติของชิ้นส่วนคอนกรีต แผนงานควบคุมคุณภาพต้องพิจารณาผลกระทบเนื่องจากการหดตัวเพิ่มของชิ้นส่วนคอนกรีตด้วย ทั้งนี้การวัดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ต้องไม่กระทำก่อนช่วงระยะเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากการถ่ายแรงของลวดอัดแรง

5.3.2 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับความเรียบ

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับความเรียบของผิวพื้นที่รองรับรางหรือพื้นที่แผ่นรองรางทั้งหมดต้องมีค่าดังนี้

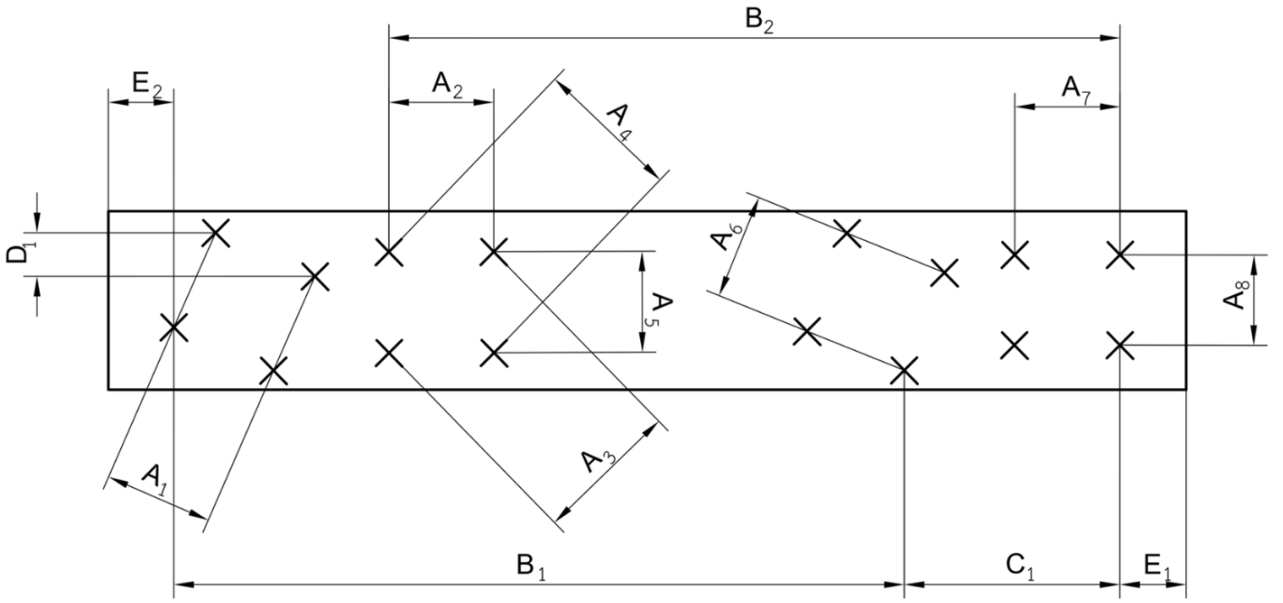
1) สำหรับความเรียบ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ต้องมีค่าไม่เกิน 1.0 mm
2) สำหรับความเรียบระหว่างจุด 2 จุดที่อยู่ห่างกัน 150 mm ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ต้องมีค่าไม่เกิน 0.5 mm

5.3.3 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับตำแหน่งของส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

ตำแหน่งของส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางที่ฝังอยู่ในหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงต้องตรวจวัดตามรูปที่ 1 ทั้งนี้ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับตำแหน่งดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

1) ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับมิติในกลุ่ม A และกลุ่ม D ซึ่งเป็นมิติในพื้นที่รองรับรางเดียวกัน ต้องมีค่าไม่เกิน ±1.0 mm
2) ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับมิติในกลุ่ม B และกลุ่ม C ซึ่งเป็นมิติระหว่างพื้นที่รองรับราง 2 พื้นที่ ต้องมีค่าไม่เกิน ±1.5 mm
3) ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับมิติในกลุ่ม E ซึ่งเป็นระยะจากปลายของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงไปยังส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางที่ฝังอยู่ใกล้ที่สุด ต้องมีค่าไม่เกิน ±10.0 mm
4) กรณีที่มีข้อกำหนดพิเศษ ผู้ซื้ออาจเปลี่ยนแปลงค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ตามที่ระบุไว้ข้างต้น ทั้งนี้ผู้ซื้อต้องระบุการเปลี่ยนแปลงค่าดังกล่าวไว้ในแบบรายละเอียดของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

5) ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ตามที่ระบุไว้ข้างต้นใช้กับส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางแบบยึดโดยตรงและแบบยึดโดยอ้อมที่ฝังอยู่ในหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง



รูปที่ 1 การตรวจวัดตำแหน่งของส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

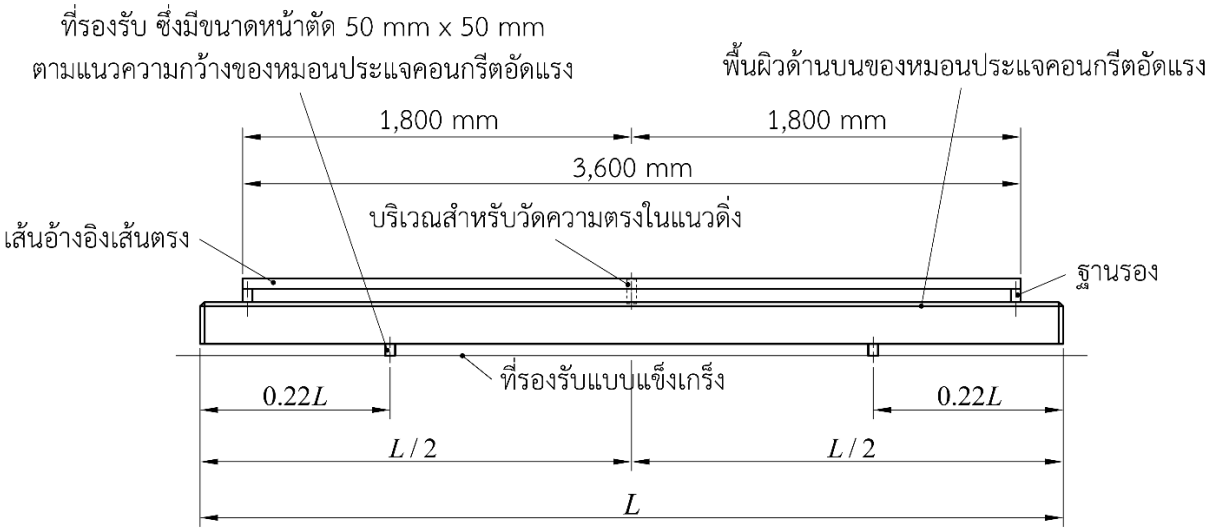
ที่ฝังอยู่ในหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

(ข้อ 5.3.3)

5.3.4 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับความตรงในแนวดิ่ง

การวัดความตรงในแนวดิ่งของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงแสดงดังรูปที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ความตรงในแนวดิ่งที่ผิวทั้ง 2 ด้านของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงต้องวัดบนฐานที่มีความยาว 3.60 m ดังแสดงในรูปที่ 2
2) ผู้ผลิตสามารถเสนอวิธีการอื่นสำหรับการวัดความตรงในแนวดิ่งของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงให้ผู้ซื้อเห็นชอบได้
3) ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สูงสุดสำหรับความตรงในแนวดิ่งของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง คือ 3.0 mm บนฐานรองที่มีความยาว 3.60 m
4) หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงที่มีความยาวน้อยกว่า 4.00 m ไม่จำเป็นต้องตรวจสอบความตรงในแนวดิ่ง
5) สำหรับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงที่มีความยาวมากกว่า 6.00 m ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สูงสุดสำหรับความตรงในแนวดิ่งให้ขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างผู้จัดจำหน่ายและผู้ซื้อ



รูปที่ 2 การตรวจวัดความตรงในแนวดิ่งของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

(ข้อ 5.3.4)

5.4 ระยะจากปลายของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงไปยังส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางที่ฝังอยู่ใกล้ที่สุด

ผู้จัดจำหน่ายต้องระบุตำแหน่งสำหรับติดตั้งสมอยึดของลวดอัดแรงในระบบอัดแรง และต้องระบุข้อกำหนดพิเศษสำหรับระยะจากปลายของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงไปยังส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางที่ฝังอยู่ใกล้ที่สุด

6. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์

6.1 ทั่วไป

ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมรายละเอียดในการทดสอบผลิตภัณฑ์หรือหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง และรายละเอียดที่เกี่ยวกับเกณฑ์การทดสอบเพื่อใช้ในการตัดสินหรือยอมรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

การทดสอบสมรรถนะของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบแบบสถิตและการทดสอบความต้านทานต่อความล้า

6.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

6.2.1 อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุก

อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบตามมาตรฐานนี้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

1) อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกสำหรับการทดสอบแบบสถิตต้องสามารถให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบได้เพียงพอต่อการทดสอบกำลังประลัยของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงด้วยอัตราการให้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดไม่น้อยกว่า 120 kN/min

2) อุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อความล้าต้องสามารถให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบได้เพียงพอต่อการทดสอบกำลังประลัยของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง ด้วยอัตราการให้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดไม่น้อยกว่า 120 kN/min และอุปกรณ์ให้น้ำหนักบรรทุกต้องสามารถให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตด้วยความถี่ตั้งแต่ 2 Hz ถึง 10 Hz

6.2.2 อุปกรณ์วัดน้ำหนักบรรทุก

อุปกรณ์วัดน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบตามมาตรฐานนี้ต้องสามารถวัดน้ำหนักบรรทุกทดสอบได้ครอบคลุมช่วงของน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบ

6.2.3 กล้องจุลทรรศน์ (microscope)

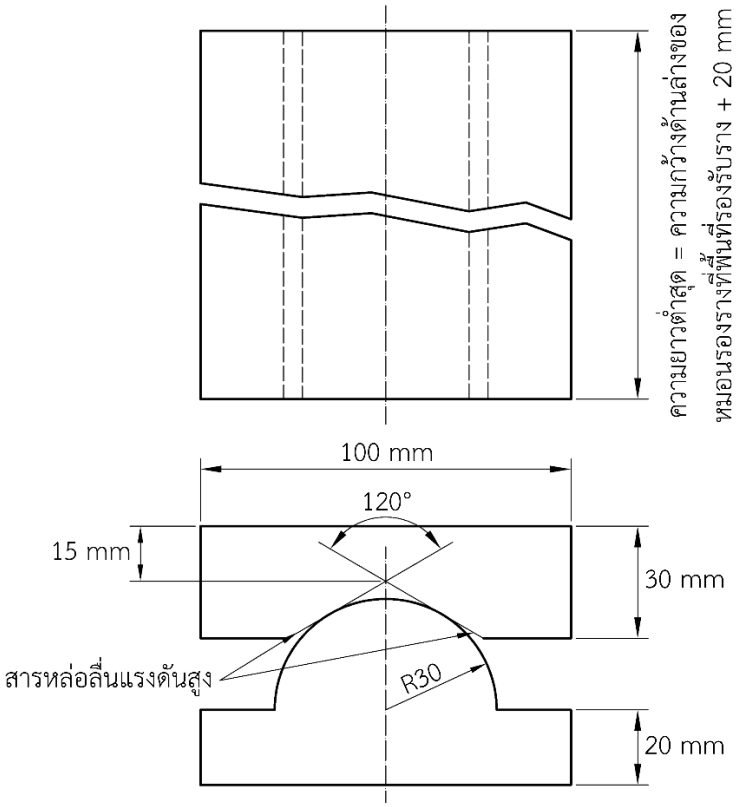
กล้องจุลทรรศน์สำหรับวัดขนาดรอยร้าวต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต หรือมีกำลังขยายไม่น้อยกว่า 20 เท่า โดยต้องมีความแม่นยำที่ระดับ ±0.01 mm หรือดีกว่า

6.2.4 จุดรองรับแบบข้อต่อ (articulated support)

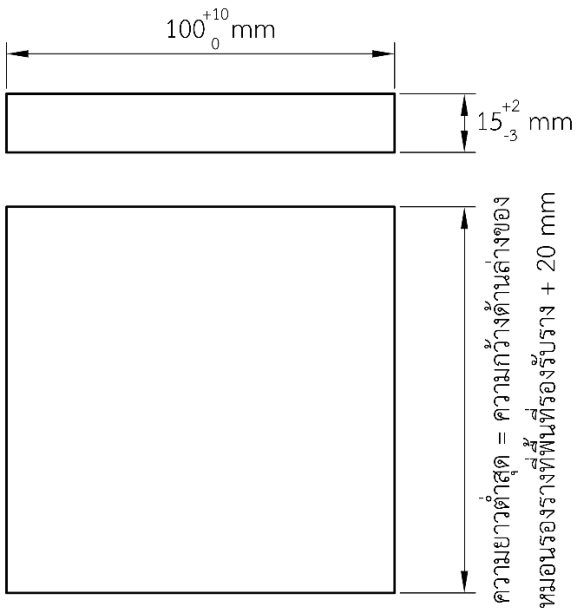
จุดรองรับแบบข้อต่อ (รูปที่ 3 (ก)) ที่ใช้ในการทดสอบต้องเป็นเหล็กที่มีค่าความแข็งแบบบริเนลล์ (HBW) มากกว่า 240 เมื่อทดสอบเหล็กที่ใช้ตาม มอก. 2170 เล่ม 1 ความแข็งบริเนลล์สำหรับโลหะ และมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับมิติต่าง ๆ ของจุดรองรับแบบข้อต่อ เท่ากับ ±0.1 mm

6.2.5 แผ่นยืดหยุ่น

แผ่นยืดหยุ่น (รูปที่ 3 (ข)) ที่ใช้ในการทดสอบต้องมีค่าซีแคนต์สติฟเนสเชิงสถิตศาสตร์ (static secant stiffness หรือ C) อยู่ระหว่าง 1 N/mm^3 ถึง 4 N/mm^3 เมื่อวัดค่าซีแคนต์สติฟเนสเชิงสถิตศาสตร์ภายใต้หน่วยแรงระหว่าง 0.3 MPa ถึง 2 MPa



(ก) จุดรองรับแบบข้อต่อ



(ข) แผ่นยืดหยุ่น

รูปที่ 3 รายละเอียดจุดรองรับแบบข้อต่อและแผ่นยืดหยุ่น

(ข้อ 6.2.4 และข้อ 6.2.5)

6.3 ตัวอย่างทดสอบ

หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงแต่ละท่อนสามารถใช้ทดสอบได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น

6.3.1 ตัวอย่างทดสอบสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ

6.3.1.1 การทดสอบแบบสถิต

การทดสอบแบบสถิตสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบให้ใช้ตัวอย่างทดสอบตามข้อกำหนดดังนี้

1) สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก ให้ทดสอบกับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง จำนวน 2 ตัวอย่าง
2) สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ ให้ทดสอบกับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง จำนวน 2 ตัวอย่าง

6.3.1.2 การทดสอบความต้านทานต่อความล้า

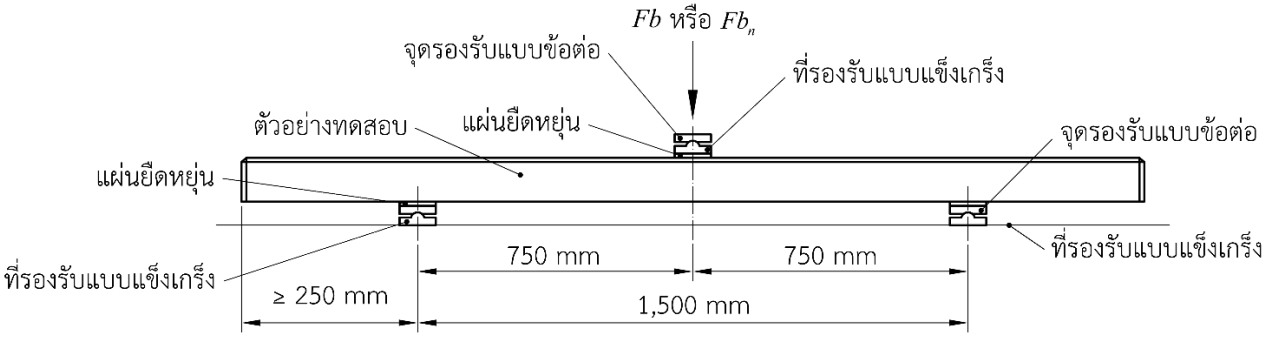
กรณีที่ผู้ซื้อระบุให้ทำการทดสอบความต้านทานต่อความล้าสำหรับโมเมนต์ดัดบวก ให้ทดสอบกับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง จำนวน 1 ตัวอย่าง ทั้งนี้หมอนประแจดังกล่าวต้องมีความยาวไม่เกิน 3.00 m

6.3.2 ตัวอย่างทดสอบสำหรับการทดสอบประจำ

การทดสอบประจำให้ทำการทดสอบแบบสถิตสำหรับการรับโมเมนต์ดัดบวกและโมเมนต์ดัดลบ โดยจำนวนและความยาวของตัวอย่างทดสอบ รวมทั้งความถี่ในการทดสอบต้องระบุอยู่ในแผนงานควบคุมคุณภาพการผลิต

6.4 การเตรียมการทดสอบ

การเตรียมการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกและโมเมนต์ดัดลบสำหรับการทดสอบแบบสถิต และการรับโมเมนต์ดัดบวกสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อความล้า แสดงดังรูปที่ 4 โดยน้ำหนักบรรทุกทดสอบ (Fb หรือ Fb_n) ต้องกระทำตั้งฉากกับฐานของตัวอย่างทดสอบ และสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อความล้า น้ำหนักบรรทุกทดสอบต้องกระทำที่กึ่งกลางตัวอย่างทดสอบ



รูปที่ 4 การเตรียมการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกและโมเมนต์ดัดลบสำหรับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง
(ข้อ 6.4)

6.5 วิธีการทดสอบ

6.5.1 น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ค่า Fb_0 และค่า Fb_{0n} คำนวณได้โดยใช้สมการ (1) และสมการ (2) ตามลำดับ

$$Fb_0 = \frac{M_{k,pos}}{0.35} \quad (1)$$

$$Fb_{0n} = \frac{M_{k,neg}}{0.35} \quad (2)$$

ทั้งนี้ค่า $M_{k,pos}$ และค่า $M_{k,neg}$ สามารถคำนวณได้ตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

6.5.2 การทดสอบแบบสถิต

6.5.2.1 การทดสอบยืนยันการออกแบบ

วิธีการทดสอบแบบสถิตสำหรับทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกและโมเมนต์ดัดลบของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงในการทดสอบยืนยันการออกแบบแสดงดังรูปที่ 5 โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 6.4
2) ให้น้ำหนักบรรทุกกับตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fb_0 สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก หรือ Fb_{0n} สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
3) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกอีก 5 kN ด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที

4) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3) จนกระทั่งตรวจพบรอยร้าวแรก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fb_r สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก หรือ Fb_{rn} สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ จากนั้นให้ลดน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการลดน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 0 kN

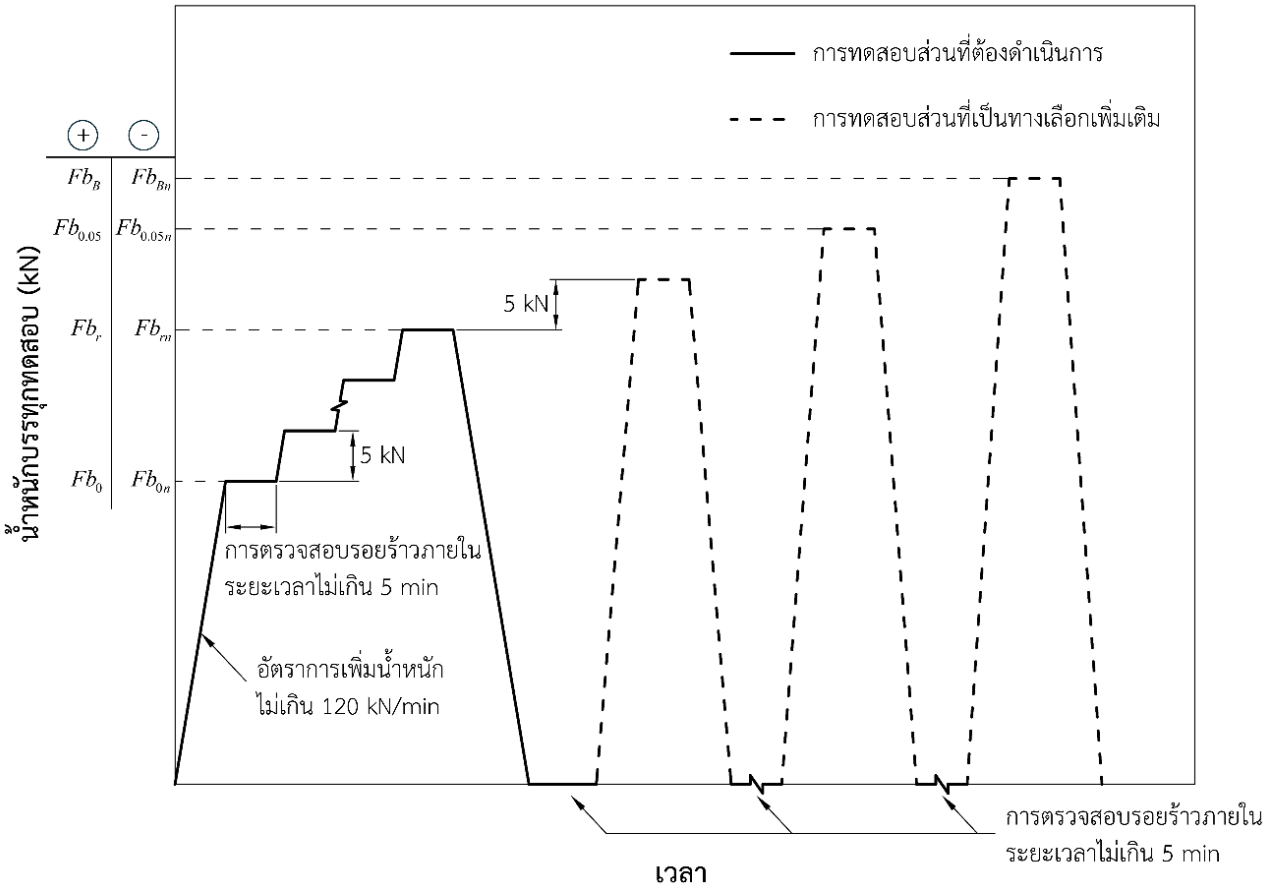
5) กรณีที่ผู้ซื้อกำหนดให้ดำเนินการทดสอบที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติม ให้ดำเนินการดังนี้

5.1) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fb_r + 5 kN สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก หรือ Fb_{rn} + 5 kN สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ และค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 10 วินาที แต่ต้องไม่เกิน 5 นาที จากนั้นลดน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการลดน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 0 kN และตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที

5.2) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 5.1) โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 5 kN จนกระทั่งตรวจพบรอยร้าวคงค้างที่มีขนาดกว้างมากกว่าหรือเท่ากับ 0.05 mm เป็นครั้งแรก หรือจนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดความเสียหายและไม่สามารถเพิ่มน้ำหนักบรรทุกได้อีก แล้วแต่ว่าเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นก่อน

5.3) หากตรวจพบรอยร้าวคงค้างก่อน ให้บันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น $Fb_{0.05}$ สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก หรือ $Fb_{0.05n}$ สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ

หากตัวอย่างทดสอบเกิดความเสียหายก่อน ให้บันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fb_B สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก หรือ Fb_{Bn} สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ



รูปที่ 5 วิธีการทดสอบแบบสถิตสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ

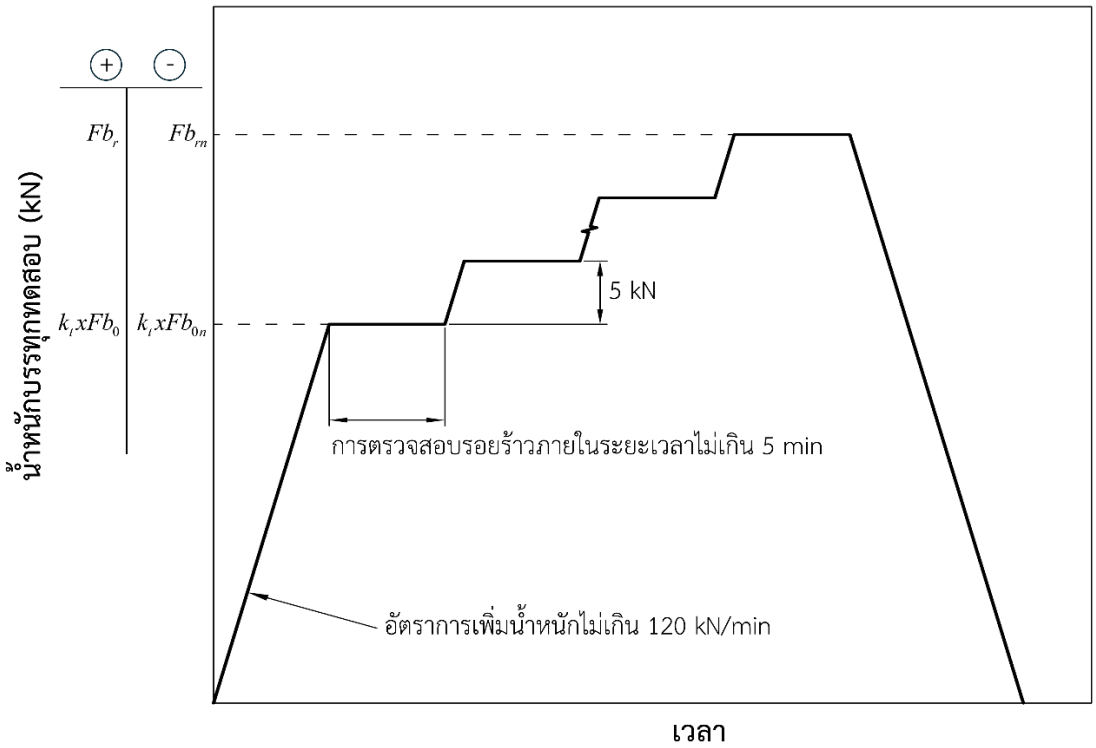
(ข้อ 6.5.2.1)

6.5.2.2 การทดสอบประจำ

วิธีการทดสอบแบบสถิตสำหรับทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกและโมเมนต์ดัดลบของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงในการทดสอบประจำแสดงดังรูปที่ 6 โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 6.4
2) ให้น้ำหนักบรรทุกกับตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ $k_t \times Fb_0$ สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก หรือ $k_t \times Fb_{0n}$ สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบ จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
3) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้งละ 5 kN ด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
4) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3) จนกระทั่งตรวจพบรอยร้าวแรก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fb_r สำหรับการทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวก หรือ Fb_{rn} สำหรับการทดสอบ

การรับโมเมนต์ดัดลบ จากนั้นให้ลดน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการลดน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 0 kN



รูปที่ 6 วิธีการทดสอบแบบสถิตสำหรับการทดสอบประจำ

(ข้อ 6.5.2.2)

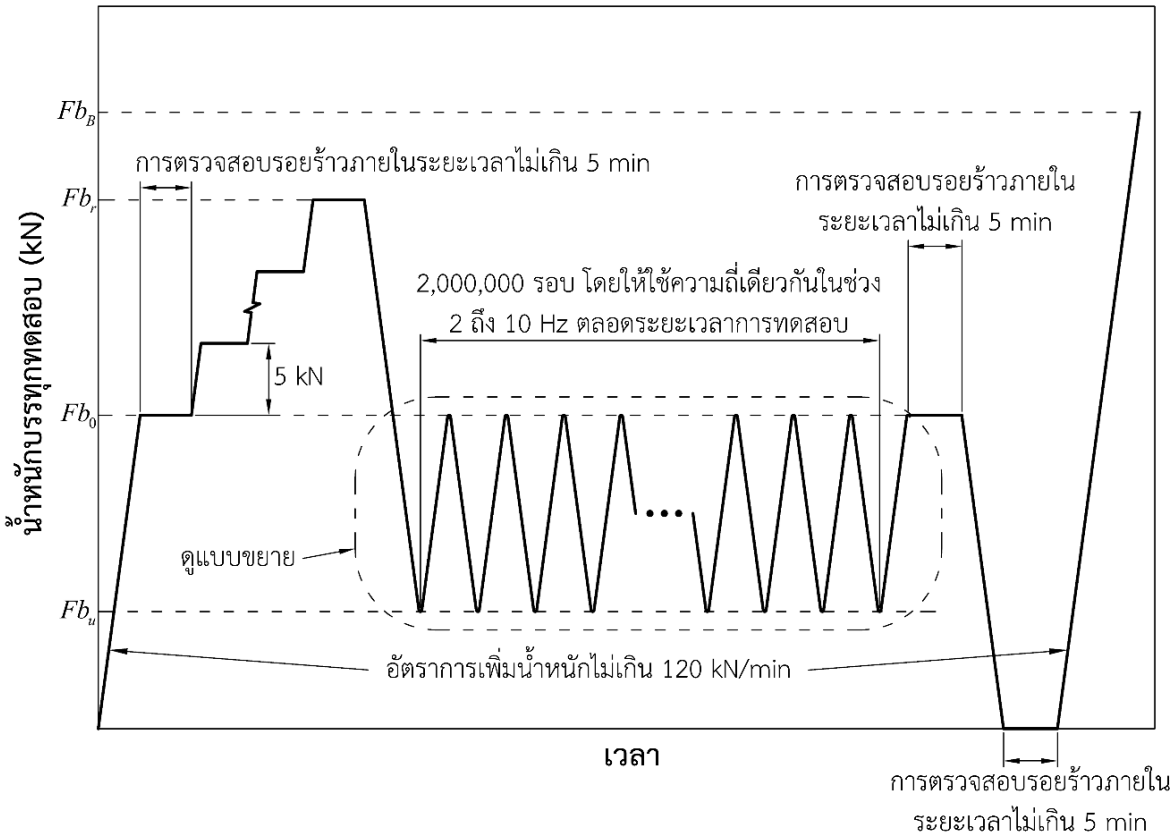
ค่า k_t ต้องปรับแก้ตามอายุของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง ณ วันที่ทำการทดสอบ โดยค่า k_t สามารถคำนวณตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-1001 มาตรฐานการออกแบบหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต ซึ่งสำหรับการทดสอบหมอนคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ค่า k_t อาจมีค่าอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 1.8

6.5.3 การทดสอบความต้านทานต่อความล้า

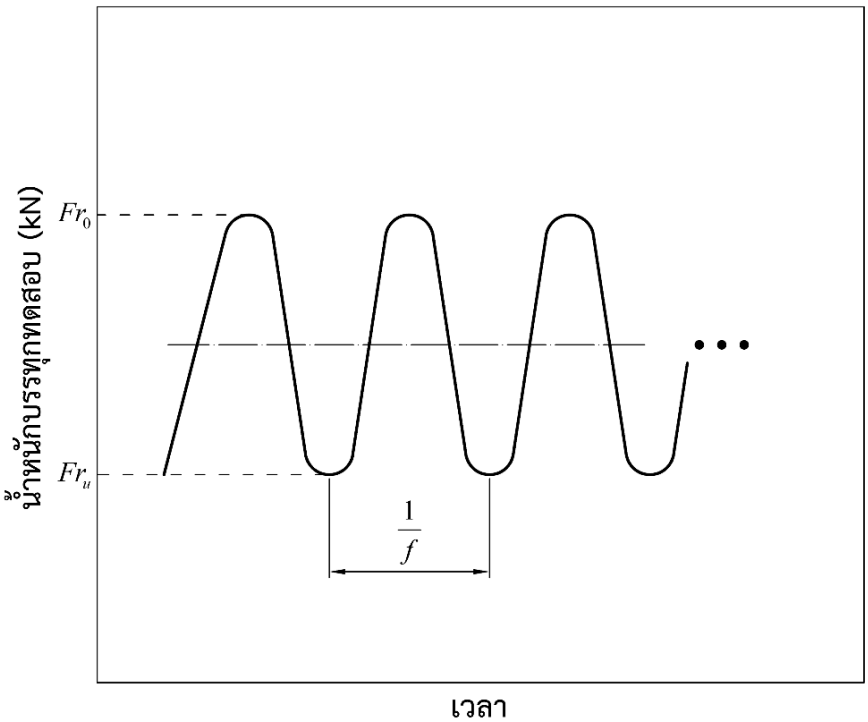
วิธีการทดสอบความต้านทานต่อความล้าที่กึ่งกลางตัวอย่างทดสอบในการทดสอบยืนยันการออกแบบแสดงดังรูปที่ 7 (ก) และการให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตกับตัวอย่างทดสอบซึ่งสัมพันธ์กับเวลาแสดงดังรูปที่ 7 (ข) ทั้งนี้การทดสอบความต้านทานต่อความล้าไม่จำเป็นต้องกระทำสำหรับการทดสอบประจำ

การทดสอบความต้านทานต่อความล้าที่กึ่งกลางตัวอย่างทดสอบมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามข้อ 6.4 โดยน้ำหนักบรรทุกทดสอบต้องกระทำที่กึ่งกลางของตัวอย่างทดสอบ
2) ให้น้ำหนักบรรทุกกับตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fb_0 จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
3) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกอีก 10 kN ด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จากนั้นให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
4) ทำซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3) จนกระทั่งตรวจพบรอยร้าวแรก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fb_r จากนั้นให้ลดน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการลดน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fb_0 เพื่อเตรียมดำเนินการทดสอบความต้านทานต่อความล้าภายใต้น้ำหนักบรรทุกพลวัต
5) ให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตกับตัวอย่างทดสอบ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ Fb_u ถึง Fb_0 ด้วยความถี่การให้น้ำหนักบรรทุก (f) ที่ค่าใดค่าหนึ่งระหว่าง 2 Hz ถึง 10 Hz โดยให้ใช้ความถี่เดียวกันตลอดการทดสอบ เป็นจำนวน 2×10^6 รอบ
6) เมื่อให้น้ำหนักบรรทุกพลวัตครบ 2×10^6 รอบแล้ว ให้ค้างน้ำหนักบรรทุกไว้ที่ Fb_0 เพื่อตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
7) ลดน้ำหนักบรรทุกจนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 0 kN จากนั้นให้ตรวจสอบรอยร้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที
8) เพิ่มน้ำหนักบรรทุกด้วยอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 120 kN/min จนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดความเสียหายและไม่สามารถเพิ่มน้ำหนักบรรทุกได้อีก จึงบันทึกน้ำหนักบรรทุกเป็น Fb_B



(ก) วิธีการทดสอบความต้านทานต่อความล้าที่กึ่งกลางตัวอย่างทดสอบ



(ข) น้ำหนักบรรทุกพลวัต

รูปที่ 7 การทดสอบความต้านทานต่อความล้าที่กึ่งกลางตัวอย่างทดสอบ

(ข้อ 6.5.3)

6.6 เกณฑ์การทดสอบ

6.6.1 ทั่วไป

การทดสอบและการตรวจวัดความกว้างของรอยร้าวต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

6.6.2 เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบแบบสถิต

เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบแบบสถิตทั้งการทดสอบยืนยันการออกแบบและการทดสอบประจำเป็นดังนี้

1) $Fb_r > k_t \times Fb_0$
2) $Fb_{rn} > k_t \times Fb_{0n}$
3) $Fb_B > k_b \times Fb_0$ หรือ $Fb_{0.05} > k_b \times Fb_0$
4) $Fb_{Bn} > k_{bn} \times Fb_{0n}$ หรือ $Fb_{0.05n} > k_{bn} \times Fb_{0n}$

ทั้งนี้ผู้ซื้อต้องเป็นผู้กำหนดค่า k_b และ k_{bn} โดยอาจมีค่าอยู่ระหว่าง 1.30 ถึง 1.40

6.6.3 เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อความล้า

เกณฑ์การทดสอบสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อความล้าที่กึ่งกลางตัวอย่างทดสอบ ภายหลังการให้น้ำหนักบรรทุกเป็นจำนวน 2×10^6 รอบ เป็นดังนี้

1) ความกว้างของรอยร้าวไม่เกิน 0.10 mm เมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fb_0
2) ความกว้างของรอยร้าวไม่เกิน 0.05 mm เมื่อนำน้ำหนักบรรทุกออก
3) $Fb_B > k_{bB} \times Fb_0$

ทั้งนี้สำหรับการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกที่กึ่งกลางตัวอย่างทดสอบจนกระทั่งเกิดการวิบัติ เมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ Fb_B นั้น ผู้ซื้อต้องเป็นผู้กำหนดค่า k_{bB}

7. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบ

7.1 ทั่วไป

การทดสอบยืนยันการออกแบบสำหรับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงประกอบด้วยการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ การทดสอบคอนกรีต และการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยผลการทดสอบยืนยันการออกแบบสำหรับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบทั้งหมดตามที่ระบุในมาตรฐานฉบับนี้

7.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์

การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบเป็นการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นว่าหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงมีสมรรถนะเป็นไปตามที่ออกแบบ โดยประกอบด้วยการทดสอบแบบสถิตและการทดสอบความต้านทานต่อความล้า ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การทดสอบแบบสถิต

1.1) การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 6.5.2.1

1.2) การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดลบต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 6.5.2.1

2) การทดสอบความต้านทานต่อความล้าต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 6.5.3

7.3 การทดสอบคอนกรีต

การทดสอบคอนกรีตที่ใช้ในการผลิตหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

7.4 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต้องดำเนินการกับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบยืนยันการออกแบบ ทั้งนี้ข้อกำหนดสำหรับการตรวจสอบผลิตภัณฑ์รวมถึงการตรวจวัดมิติ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ และการแต่งผิวคอนกรีตของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

8. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบประจำ

8.1 ทั่วไป

การทดสอบประจำสำหรับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงเป็นการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพการผลิต ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ การทดสอบคอนกรีต และการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยผลการทดสอบประจำสำหรับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบทั้งหมดตามที่ระบุในมาตรฐานฉบับนี้

8.2 การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์

การทดสอบการรับโมเมนต์ดัดบวกและโมเมนต์ดัดลบต้องเป็นไปตามที่ระบุในข้อ 6.5.2.2 ทั้งนี้หากทดสอบกับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงที่มีความยาวมากกว่า 3.00 m การเตรียมการทดสอบต้องคำนึงถึงน้ำหนักของส่วนที่ยื่นจากจุดรองรับแบบข้อต่อด้วย

8.3 การทดสอบคอนกรีต

การทดสอบคอนกรีตที่ใช้ในการผลิตหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

8.4 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำหรับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงต้องตรวจสอบตำแหน่งของส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวรางและความตรงในแนวดิ่งของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงดังกล่าว ตามข้อ 5.3.3 และข้อ 5.3.4 ตามลำดับ โดยมีความถี่ในการตรวจสอบตามรายละเอียดในแผนงานควบคุมคุณภาพการผลิต

นอกจากนี้การตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำหรับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงต้องตรวจสอบตำแหน่งในการติดตั้งลวดอัดแรงตามมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

9. ข้อกำหนดสำหรับการผลิต

9.1 ข้อกำหนดในการผลิต

ก่อนการเริ่มต้นการผลิต ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดทำรายงานที่ระบุข้อมูลที่เกี่ยวกับการผลิตให้เรียบร้อยและต้องนำส่งให้กับผู้ซื้อ โดยรายงานดังกล่าวต้องเป็นความลับและมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้
2) น้ำหนักของส่วนผสมคอนกรีต และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้
3) เส้นโค้งขนาดคละ (grading curve) ของมวลรวมแต่ละชนิด รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้
4) คุณสมบัติของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน
5) ค่าการคลายตัวสูงสุดสำหรับลวดอัดแรง หลังจาก 1,000 ชั่วโมง ซึ่งต้องเป็นไปตาม มอก. 95 ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง หรือ มอก. 420 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง หรือ FprEN 10138 Prestressing steels
6) รายละเอียดเกี่ยวกับระบบอัดแรง รวมถึงแรงที่ใช้ในการอัดแรงและค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของลวดอัดแรงแต่ละเส้น
7) รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการทำให้คอนกรีตแน่นตัว
8) วิธีการ ระยะเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม
9) กำลังอัดขั้นต่ำของคอนกรีตก่อนปล่อยลวดอัดแรง
10) วิธีการที่ใช้สำหรับการคลายแรงในการอัดแรง
11) วิธีการกองเก็บหลังจากการผลิต

ทั้งนี้ตัวอย่างทดสอบของหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงสำหรับการทดสอบยืนยันการออกแบบต้องสอดคล้องกับข้อมูลการผลิต

9.2 ข้อกำหนดสำหรับการทำเครื่องหมายบนผลิตภัณฑ์

หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงแต่ละท่อนต้องมีเครื่องหมายถาวร ซึ่งแสดงข้อมูลทั้งหมดตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต และต้องมีเครื่องหมายถาวรที่เพียงพอต่อการระบุแผนผังของตำแหน่งในการวางหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงในทางรถไฟตามข้อกำหนดของผู้ซื้อ

10. ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

10.1 ข้อมูลที่ผู้ซื้อต้องจัดเตรียม

ผู้ซื้อต้องจัดเตรียมและระบุข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวกับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต และข้อมูลเพิ่มเติมดังนี้

1) ค่า k_b k_{bn} และ k_{bB} ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้ค่าดังกล่าว
2) แบบรายละเอียดที่แสดงรูปทรงเรขาคณิตและมิติของชิ้นส่วนที่หล่อในที่แต่ละชิ้นส่วน สำหรับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงแต่ละท่อน

10.2 ข้อมูลที่ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียม

ผู้จัดจำหน่ายต้องจัดเตรียมข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวกับหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงตามที่ระบุในมาตรฐานฉบับนี้ และมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

11. เอกสารอ้างอิง

11.1 สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน). (2569). *มาตรฐาน สทร. CT–8001:2569 มาตรฐานบทนิยามเกี่ยวกับหมอนรองรางและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง.*

11.2 The British Standards Institution. (2020). *EN 13230-4:2016+A1:2020 Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers Part 4: Prestressed bearers for switches and crossings.*

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-2010:2569
มาตรฐานชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง
(SPECIAL CONCRETE ELEMENTS FOR RAILWAY)

- กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
- ทีมมาตรฐาน

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

สทร. CT-2010:2569

มาตรฐานชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง

(SPECIAL CONCRETE ELEMENTS FOR RAILWAYS)

- กลุ่มวิจัยและมาตรฐาน
- ทีมมาตรฐาน

www.rtrda.or.th info@rtrda.or.th rtrda.thailand @RTRDA_Th
@rtrdathailand rtrda.thailand Rail Technology Research and Development Agency

สทร. CT-2010:2569
มาตรฐานชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง
(Special Concrete Elements for Railway)

1. ทั่วไป

หมอนรองรางและชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางถือเป็นองค์ประกอบหลักของทางรถไฟที่ทำหน้าที่รองรับรางรถไฟและควบคุมขนาดทางรถไฟ รวมทั้งถ่ายเทน้ำหนักบรรทุกและแรงกระทำต่าง ๆ ในแนวดิ่ง แนวด้านข้าง และตามแนวยาวจากรางลงสู่ชั้นหินโรยทางหรือส่วนรองรับอื่น ๆ

ชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง หมายถึง ชิ้นส่วนคอนกรีตใด ๆ ที่ทำหน้าที่รองรับรางรถไฟเหมือนหมอนรองราง แต่ไม่ได้รวมอยู่ในขอบข่ายของมาตรฐานที่เกี่ยวกับหมอนคอนกรีตหรือหมอนประแจคอนกรีต อันได้แก่ มาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว มาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ หรือมาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง ชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางมักถูกนำไปใช้ในส่วนของทางรถไฟที่มีลักษณะเฉพาะในการใช้งาน เช่น ทางรถไฟที่มีทางวิ่งมากกว่า 1 ทางวิ่งขึ้นไป ทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทางบนสะพาน หรือทางรถไฟที่มีการใช้รางกันประคองล้อรถไฟ (check rail) ดังนั้นเพื่อให้ชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางมีคุณภาพและสมรรถนะที่เชื่อถือได้ มาตรฐานนี้จึงครอบคลุมข้อกำหนดด้านเทคนิคสำหรับการควบคุมคุณภาพการผลิต ตลอดจนข้อกำหนดสำหรับการทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษดังกล่าว โดยผู้ซื้อต้องจัดเตรียมแบบรายละเอียดพร้อมค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ต่าง ๆ ทั้งนี้การผลิตและการทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางต้องอ้างอิงข้อกำหนดตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว มาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ หรือมาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง ที่เหมาะสมกับประเภทของชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางนั้น ๆ

2. ขอบข่าย

2.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมข้อกำหนดด้านเทคนิคสำหรับการควบคุมคุณภาพการผลิตและการทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง เช่น หมอนคอนกรีตหรือหมอนประแจคอนกรีตแบบพิเศษที่สามารถรองรับรางประคองลิ้น (stock rail) และรางกันประคองล้อรถไฟบริเวณคอสะพาน หรือหมอนคอนกรีตแบบพิเศษที่มีการเจาะช่องสำหรับวางสายเคเบิล โดยใช้กับทางรถไฟขนาด 1.000 m และ 1.435 m หรือขนาดทางอื่นตามที่ผู้ซื้อกำหนด

2.3 มาตรฐานฉบับนี้ใช้หน่วยตามระบบเอสไอ (SI units) เป็นหลัก

2.4 เกณฑ์ที่กำหนดสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางรางและกฎหมายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ซื้อ แต่หากมิได้มีการระบุเกณฑ์สำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการไว้ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานนี้

3. มาตรฐานอ้างถึง

ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับการทดสอบต่าง ๆ ซึ่งระบุไว้ในมาตรฐานฉบับนี้ให้เป็นไปตามมาตรฐานและเอกสารตามรายการดังต่อไปนี้

3.1 มาตรฐาน สทร. CT – 2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

3.2 มาตรฐาน สทร. CT – 2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว

3.3 มาตรฐาน สทร. CT – 2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่

3.4 มาตรฐาน สทร. CT – 2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง

มาตรฐานอ้างถึงในมาตรฐานฉบับนี้ให้ใช้ฉบับล่าสุด แต่ทั้งนี้ต้องไม่ขัดแย้งกับมาตรฐานฉบับนี้

4. นิยาม

คำศัพท์และนิยามที่ใช้ในมาตรฐานนี้อ้างอิงตามมาตรฐาน สทร. CT-8001:2569 มาตรฐานบทนิยามเกี่ยวกับหมอนรองรางและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง เป็นสำคัญ โดยมีนิยามเฉพาะสำหรับมาตรฐานนี้ ดังนี้

“ชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง” (special concrete elements for railway) หมายถึง ชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษที่ใช้สำหรับรองรับรางรถไฟที่ไม่ใช่หมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยวตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว หรือไม่ใช่หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ในมาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ หรือไม่ใช่หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงในมาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง ทั้งนี้ชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางไม่รวมถึงแผ่นพื้นรองรับทางรถไฟ (track slab) และคานตามแนวยาว (longitudinal beam)

5. ข้อกำหนดทั่วไป

ผู้ซื้อต้องระบุค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ทั้งหมดสำหรับชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางที่สัมพันธ์กับส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น รางรถไฟ อุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง และขนาดทางรถไฟ ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต โดยรายละเอียดรูปทรงเรขาคณิตและค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางต้องแสดงไว้ในแบบรายละเอียดของชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษนั้น

ผู้ซื้อต้องระบุค่าโมเมนต์ดัดบวกลักษณะเฉพาะและค่าโมเมนต์ดัดลบลักษณะเฉพาะที่พื้นที่รองรับรางและที่กึ่งกลางชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษ หรือ ณ ตำแหน่งอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

6. ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์

การทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางที่ทำหน้าที่รองรับรางในทางรถไฟให้เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต

การทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับประเภทของชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางซึ่งแบ่งเป็นคอนกรีตอัดแรงและคอนกรีตเสริมเหล็ก (ดังตัวอย่างในภาคผนวก ก.) โดยการทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางต้องเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว มาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ หรือมาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงตามความเหมาะสม

หากสามารถดำเนินการได้ ผู้ผลิตต้องทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางตามที่ผู้ซื้อกำหนดและตามแผนงานควบคุมคุณภาพการผลิต

หากไม่สามารถดำเนินการได้ ผู้ผลิตต้องทำข้อตกลงพิเศษกับผู้ซื้อเพื่อระบุถึงวิธีการทดสอบชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง

7. ข้อกำหนดสำหรับการผลิต

ข้อกำหนดสำหรับการผลิตจะขึ้นอยู่กับประเภทของชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางซึ่งแบ่งเป็นคอนกรีตอัดแรงและคอนกรีตเสริมเหล็ก (ดังตัวอย่างในภาคผนวก ก.) โดยกระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษดังกล่าวต้องเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับการผลิตที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว มาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ หรือมาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง ตามความเหมาะสม

ข้อกำหนดเพิ่มเติมใด ๆ หรือข้อกำหนดพิเศษสำหรับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางให้เป็นไปตามที่ผู้ซื้อกำหนด

8. ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียม

ผู้ซื้อต้องจัดเตรียมข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวกับชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2006 มาตรฐานทั่วไปของหมอนคอนกรีตและหมอนประแจคอนกรีต รวมทั้งข้อมูลตามที่ระบุในมาตรฐาน สทร. CT-2007 มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงแท่งเดี่ยว หรือมาตรฐาน สทร. CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ หรือมาตรฐาน สทร. CT-2009 มาตรฐานหมอนประแจคอนกรีตอัดแรง และข้อมูลอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับข้อกำหนดเพิ่มเติมใด ๆ หรือข้อกำหนดพิเศษ

9. เอกสารอ้างอิง

9.1 สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน). (2569). *มาตรฐาน สทร. CT–8001:2569 มาตรฐานบทนิยามเกี่ยวกับหมอนรองรางและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง.*

9.2 British Standards Institution. (2016). *EN 13230-2:2016 Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 2: Prestressed monoblock sleepers*.

9.3 British Standards Institution. (2016). *EN 13230-5:2016 Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 5: Special elements.*

ภาคผนวก ก.
ตัวอย่างชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบราง
(ข้อ 6 และข้อ 7)

ภาคผนวกนี้แสดงตัวอย่างชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คอนกรีตอัดแรง และคอนกรีตเสริมเหล็ก

ก.1 ตัวอย่างชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางประเภทคอนกรีตอัดแรง

ก.1.1 หมอนคอนกรีตอัดแรงแบบพิเศษ

หมอนคอนกรีตอัดแรงแบบพิเศษ ได้แก่ หมอนคอนกรีตอัดแรงที่มีการออกแบบเพิ่มเติมเพื่อใช้สำหรับวัตถุประสงค์หรือใช้ในงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

ก) ใช้กับรางนำไฟฟ้า (conductor rail)
ข) ใช้กับรางกันประคองล้อรถไฟ
ค) ใช้สำหรับทางรถไฟที่มีขนาดทางร่วม 2 ขนาด (dual gauge)
ง) ใช้สำหรับทางตัดเสมอระดับ (level crossing)
จ) ใช้สำหรับจุดต่อเผื่อขยาย (expansion joint)
ฉ) ใช้กับรางกันเพื่อป้องกันรถไฟออกนอกเขตทางโครงสร้าง (รูปที่ ก.1)
ช) ใช้สำหรับทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง
ซ) ใช้สำหรับติดตั้งสายเคเบิล

ก.1.2 หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงแบบพิเศษ

หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงแบบพิเศษ ได้แก่ หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงที่มีการออกแบบเพิ่มเติมเพื่อใช้สำหรับวัตถุประสงค์หรือใช้ในงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

ก) ใช้สำหรับทางรถไฟที่มีขนาดทางร่วม 2 ขนาด
ข) ใช้สำหรับจุดต่อเผื่อขยาย
ค) ใช้สำหรับทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง
ง) ใช้สำหรับติดตั้งเครื่องตรวจจับเพลาร้อน (hot-box detector)
จ) ใช้สำหรับทางรถไฟบริเวณสะพาน
ฉ) หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงที่มีความยาวเกินกว่า 8.50 m
ช) ใช้สำหรับติดตั้งสายเคเบิล

ตัวอย่างหมอนประแจคอนกรีตอัดแรงแบบพิเศษซึ่งใช้บริเวณทางตัดที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมป้าน (diamond crossing) แสดงดังรูปที่ ก.2

รูปที่ ก.1 หมอนคอนกรีตอัดแรงแบบพิเศษที่ใช้กับรางกันเพื่อป้องกันรถไฟออกนอกเขตทางโครงสร้าง

(ข้อ ก.1.1)

รูปที่ ก.2 หมอนประแจคอนกรีตอัดแรงแบบพิเศษบริเวณทางตัดรูปสี่เหลี่ยมมุมป้าน

(ข้อ ก.1.2)

ก.2 ตัวอย่างชิ้นส่วนคอนกรีตแบบพิเศษสำหรับระบบรางประเภทคอนกรีตเสริมเหล็ก

ก.2.1 หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบพิเศษ

หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบพิเศษ ได้แก่ หมอนคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการออกแบบเพิ่มเติมเพื่อใช้สำหรับวัตถุประสงค์หรือใช้ในงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

ก) ใช้กับรางนำไฟฟ้า
ข) ใช้กับรางกันประคองล้อรถไฟ
ค) ใช้สำหรับทางรถไฟที่มีขนาดทางร่วม 2 ขนาด
ง) ใช้สำหรับทางตัดเสมอระดับ
จ) ใช้กับรางกันเพื่อป้องกันรถไฟออกนอกเขตทางโครงสร้าง
ฉ) ใช้สำหรับทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง
ช) ใช้สำหรับติดตั้งสายเคเบิล

ก.2.2 บล็อกคอนกรีตเสริมเหล็กแบบพิเศษสำหรับทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง

บล็อกคอนกรีตเสริมเหล็กแบบพิเศษ ได้แก่ บล็อกคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการออกแบบเพิ่มเติมสำหรับใช้กับทางรถไฟชนิดไม่มีหินโรยทาง ทั้งนี้ให้เป็นไปตามมาตรฐาน สทร.CT-2008 มาตรฐานหมอนคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแท่งคู่ โดยให้ยกเว้นข้อกำหนดทั้งหมดที่เกี่ยวกับแท่งเหล็กต่อหมอนที่ระบุในมาตรฐานดังกล่าว

รายนามผู้เชี่ยวชาญ
โครงการพัฒนามาตรฐานชิ้นส่วนระบบรางของประเทศ : หมอนคอนกรีตและอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง

รศ. ดร.ชัยณรงค์ อธิสกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา**
รศ. ดร.ศักดิรัตน์ แก้วอุ่นเรือน University of Birmingham	**ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบขนส่งทางราง**
รศ. ดร.ภัทรมน จงประดิษฐ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้เชี่ยวชาญด้านอุปกรณ์ยึดเหนี่ยวราง**
ผศ. ดร.ชูชัย สุจิวรกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้เชี่ยวชาญด้านคอนกรีตอัดแรง**
รศ. ดร.บวรโชค ผู้พัฒน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิต**
ดร.สมพร เพียรสุขมณี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้เชี่ยวชาญด้านโลหะการ**
ผศ. ดร.เอกชัย อยู่ประเสริฐชัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบ**
ดร.ธีระวุฒิ มูฮำหมัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบ**
ผศ. ดร.อภินัติ อัชกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้เชี่ยวชาญด้านโครงสร้าง**
ศ. ดร.พรเกษม จงประดิษฐ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคธรณี**
ผศ. ดร.ชาญชัย เตชะวัชราภัยกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า**
ผศ. ดร.ประพัทธ์ พงษ์เกียรติกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม**
ดร.พีรสิทธิ์ มหาสุวรรณชัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้ช่วยผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา**
ดร.นครินทรา สิงหรัตน์ นักวิชาการอิสระ	**ผู้ช่วยผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบ**
นายชนาธิป บินซาอิส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้ช่วยผู้เชี่ยวชาญด้านระบบขนส่งทางราง**
นางสาวอัญชลี รอดภัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	**ผู้ประสานงาน**

กระทรวงคมนาคม
สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

แบบสอบถามแสดงความคิดเห็น

www.rtrda.or.th info@rtrda.or.th rtrda.thailand @RTRDA_Th
@rtrdathailand rtrda.thailand Rail Technology Research and Development Agency

สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)
Rail Technology Research and Development Agency (Public Organization)

www.rtrda.or.th info@rtrda.or.th rtrda.thailand @RTRDA_Th
@rtrdathailand rtrda.thailand Rail Technology Research and Development Agency