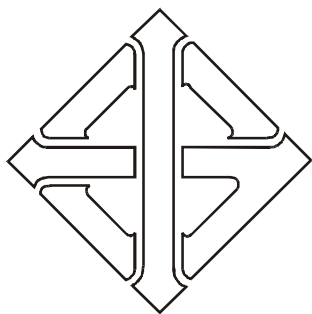




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2528 เล่ม 3 – 2553

หมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ

เล่ม 3 : การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ

PRESTRESSED CONCRETE SLEEPERS

PART 3 : METHODS OF TEST FOR PRESTRESSED CONCRETE SLEEPERS

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 91.100.23

ISBN 978-616-231-094-2

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
หมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ

เล่ม 3 : การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ

มอก. 2528 เล่ม 3 – 2553

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไปเล่ม 128 ตอนพิเศษ 18 ง
วันที่ 14 กุมภาพันธ์ พุทธศักราช 2554

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 906
มาตรฐานหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับใช้กับรางรถไฟ

ประธานกรรมการ

รศ.ชัชชาติ สิทธิพันธุ์

ผู้ทรงคุณวุฒิจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองประธานกรรมการ

ผศ.สรศักดิ์ สยามภักดิ์

ผู้ทรงคุณวุฒิจากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

กรรมการ

ผศ.ชัยศักดิ์ พิสิษฐ์ไพบูลย์

ผู้ทรงคุณวุฒิจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

นายบันลือไชย ชัยบัณฑิตย์

ผู้ทรงคุณวุฒิจากการรถไฟแห่งประเทศไทย

นายก้าพล บุญชม

นายนิติ สัจจิโส

ผู้ทรงคุณวุฒิจากบริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

นายเยี่ยมชาย ฉัตรแก้ว

ผู้ทรงคุณวุฒิจากการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย

นายกล่อม สวามิภักดิ์

ผู้ทรงคุณวุฒิจากบริษัท ไทยพีค่อนและอุตสาหกรรม จำกัด

นายยิ่งยศ เหลืองพิพัฒน์สร

นายจตุพร ชุตานา

ผู้ทรงคุณวุฒิจากบริษัท อิตาเลียนไทยดีเวลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน)

นายประสิทธิ์ สูงสว่าง

ผู้ทรงคุณวุฒิจากบริษัท คอนกรีตสลีปเปอร์ แมนูแฟคเจอร์ริง (2000) จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นางสาวนฤมล ธีรายน

ผู้ทรงคุณวุฒิจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ นี้ ประกาศใช้ครั้งแรกเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับทางรถไฟ : ขนาดทาง 1 เมตร มาตรฐานเลขที่ มอก.1737-2542 ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 117 ตอนพิเศษ 23 ง วันที่ 15 มีนาคม พุทธศักราช 2543

เนื่องจากหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับทางรถไฟ : ขนาดทาง 1 เมตร เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผู้ใช้เฉพาะการรถไฟแห่งประเทศไทยรายเดียว จึงเห็นควรยกเลิกมาตรฐานดังกล่าวตามเหตุผลที่อ้างในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3104 (พ.ศ.2545) เรื่องยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับทางรถไฟ : ขนาดทาง 1 เมตร ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 119 ตอนพิเศษ 130 ง วันที่ 17 ตุลาคม พุทธศักราช 2545

ปัจจุบันมีหน่วยงานผู้ใช้เพิ่มขึ้น ได้แก่ การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย (รถไฟฟ้า MRT) และบริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) (รถไฟฟ้า BTS) แต่ด้วยเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องการข้อกำหนดรายละเอียดที่เป็นลักษณะเฉพาะตามความต้องการของหน่วยงานผู้ใช้ จึงเห็นควรให้การกำหนดเกณฑ์ของคุณลักษณะที่ต้องการเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ และข้อตกลงในการซื้อขาย เพื่อให้คุณภาพและสมรรถนะที่ต้องการสามารถเปรียบเทียบกันได้โดยอาศัยการทดสอบที่ประกาศกำหนดขึ้นนี้ให้เป็นมาตรฐานกลาง เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้อ้างอิง และเปรียบเทียบคุณสมบัติกันได้

มาตรฐานนี้ แยกออกเป็น 3 เล่ม คือ

เล่ม 1 : บทนิยามเกี่ยวกับหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ

เล่ม 2 : วิธีชักตัวอย่างหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ

เล่ม 3 : วิธีทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยใช้เอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

AS 1085.14-2003

Railway track material Part 14 : Prestressed concrete sleepers

เอกสารการรถไฟแห่งประเทศไทย

การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงแบบติดตั้งเครื่องยึดเหนี่ยวราง
ครบชุด

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม
มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4283(พ.ศ. 2553)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

หมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ

เล่ม 3 : การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ เล่ม 3 : การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ มาตรฐานเลขที่ มอก.2528 เล่ม 3-2553 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2553

ชัยวุฒิ บรรณวัฒน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

หมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ

เล่ม 3 การทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดวิธีทดสอบหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟ
- 1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ครอบคลุมเฉพาะหมอนคอนกรีตอัดแรงสำหรับรางรถไฟที่กำหนดน้ำหนักบรรทุกทุกเพลลา (axle load) 20 t และระยะเรียงหมอนคอนกรีต 600 mm ถ้าข้อกำหนดนี้เปลี่ยนแปลงไป คำนำน้หนักบรรทุกที่ใช้ทดสอบให้เป็นข้อตกลงระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง

2. มิติ

2.1 ความยาว

2.1.1 เครื่องมือ

เครื่องมือวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

2.1.2 วิธีทดสอบ

ให้วัดความยาวด้านล่าง ที่ตำแหน่งกึ่งกลางความกว้างของหมอนคอนกรีต

2.1.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความยาวของหมอนคอนกรีต

2.2 ภาควัดขวาง

2.2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

2.2.2 วิธีทดสอบ

ให้วัดความกว้าง และความสูง ของหมอนคอนกรีต ทุกตำแหน่งตามแบบ (drawing)

2.2.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความกว้าง และความสูงของหมอนคอนกรีต ทุกตำแหน่งที่วัด

2.3 ตำแหน่งของลวดอัดแรงแต่ละเส้น

2.3.1 เครื่องมือ

แผ่นพลาสติกใสทำเป็นแผ่นแบบ (template) ของมิติภาควัดขวางของปลายหมอนคอนกรีตและตำแหน่งลวดอัดแรง

2.3.2 วิธีทดสอบ

2.3.2.1 ทาบแผ่นแบบเข้ากับปลายหมอนคอนกรีตโดยใช้ความกว้างด้านบนและเส้นกึ่งกลางเป็นแนวอ้างอิง แล้วทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งจริงของลวดอัดแรงลงบนแผ่นแบบ

2.3.2.2 บันทึกตำแหน่งของลวดอัดแรงแต่ละเส้นทั้ง 2 ปลายของหมอนคอนกรีต

2.3.3 การรายงานผล

รายงานค่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งลวดอัดแรงแต่ละเส้นทั้งแนวตั้ง และแนวระดับ ทั้ง 2 ปลายของหมอนคอนกรีต

2.4 ความตรงด้านข้าง

2.4.1 เครื่องมือ

2.4.1.1 เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

2.4.1.2 สายเอ็นที่ยาวไม่น้อยกว่าความยาวตัวอย่างและต้องไม่มีรอยต่อ

2.4.2 วิธีทดสอบ

2.4.2.1 ชึงสายเอ็นตามแนวยาวที่ตำแหน่งกึ่งกลางภาคตัดขวางด้านบนและด้านล่างของหมอนคอนกรีตให้ตึง

2.4.2.2 วัดระยะห่างระหว่างขอบหมอนคอนกรีตกับสายเอ็น ทุกตำแหน่งตามที่ระบุในแบบ ทั้งขอบด้านบน และขอบด้านล่าง

2.4.2.3 บันทึกระยะที่วัดได้ทุกตำแหน่ง

2.4.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความคลาดเคลื่อนด้านข้างของหมอนคอนกรีตจากการคำนวณผลต่างของระยะที่วัดได้กับ ระยะที่ระบุตามแบบ

2.5 ความเรียบของผิวที่พื้นที่ยังรองรับ

2.5.1 เครื่องมือ

2.5.1.1 ไม้บรรทัดโลหะ

2.5.1.2 ฟीलอร์เกจ (feeler gauge)

2.5.2 วิธีทดสอบ

ใช้สันไม้บรรทัดโลหะวางทาบบนพื้นผิวบริเวณพื้นที่รองรับ แล้วสอดฟीलอร์เกจเพื่อหาระยะห่างสูงสุด ระหว่างสันไม้บรรทัดกับพื้นผิวคอนกรีต เป็นค่าความไม่เรียบของผิวที่พื้นที่รองรับ

2.5.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าสูงสุดค่าความไม่เรียบของผิวที่พื้นที่รองรับทั้ง 2 ข้าง

2.6 ความเอียงของพื้นที่รองรับ

2.6.1 เครื่องมือ

แท่งโลหะที่มีความยาวเพียงพอที่จะให้ปลายทั้ง 2 ข้าง วางอยู่บนบริเวณพื้นที่รองรับได้ ปลายข้างหนึ่ง ติดเครื่องวัดชนิดหน้าปัด (dial gauge) 2 ตัว และเหล็กแหลม 1 ขา และปลายอีกข้างหนึ่งติดเหล็กแหลม 2 ขา ดังรูปที่ 1

2.6.2 วิธีทดสอบ

2.6.2.1 ปรับเครื่องวัดชนิดหน้าปัดบนแท่นระดับให้อ่านค่าที่ศูนย์

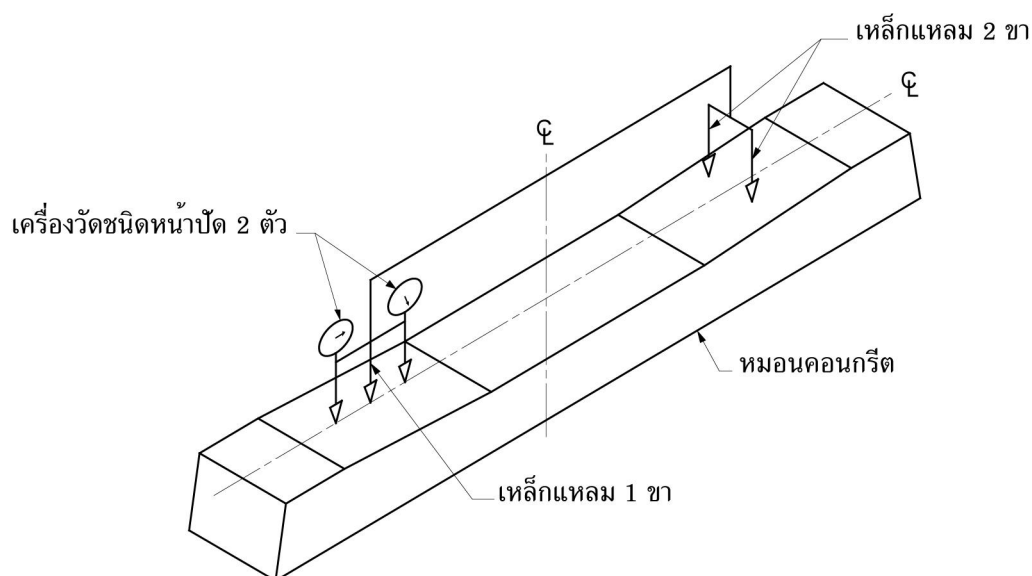
2.6.2.2 วางเครื่องมือทดสอบคร่อมบนพื้นที่รองรับราง ดังรูปที่ 1 ให้กึ่งกลางเครื่องมือทดสอบตรงกับกึ่งกลางหมอนคอนกรีต แล้วหาความเอียงของพื้นที่รองรับรางของหมอนคอนกรีตข้างที่หนึ่ง จากสูตร

$$\text{ความเอียงของพื้นที่รองรับราง} = \frac{\text{ผลต่างของค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดชนิดหน้าปัด ทั้ง 2 ตัว}}{\text{ระยะห่างระหว่างเครื่องวัดชนิดหน้าปัด 2 ตัว นั้น}}$$

2.6.2.3 ทำซ้ำโดยกลับปลายเครื่องมือทดสอบเพื่อหาความเอียงของพื้นที่รองรับรางของหมอนคอนกรีตอีกข้างหนึ่ง

2.6.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความเอียงของพื้นที่รองรับราง ทั้ง 2 ข้าง



รูปที่ 1 การทดสอบความเอียงของพื้นที่รองรับราง
(ข้อ 2.6.1 และข้อ 2.6.2.2)

2.7 ความเอียงของพื้นที่รองรับรางในทิศตั้งฉากกับแนวแกนของราง

2.7.1 เครื่องมือทดสอบ

แท่งโลหะที่มีความยาวเพียงพอที่จะให้ปลายทั้ง 2 ข้าง วางอยู่บนบริเวณพื้นที่รองรับรางได้ ปลายข้างหนึ่งติดเครื่องวัดชนิดหน้าปัด 2 ตัว และเหล็กแหลม 1 ขา และปลายอีกข้างหนึ่งติดเหล็กแหลม 2 ขา ดังรูปที่ 2

2.7.2 วิธีทดสอบ

2.7.2.1 ปรับเครื่องวัดชนิดหน้าปัดบนแท่นระดับให้อ่านค่าที่ศูนย์

2.7.2.2 วางเครื่องทดสอบคร่อมบนพื้นที่รองรับราง ดังรูปที่ 2 อ่านค่าจากเครื่องวัดชนิดหน้าปัดทั้ง 2 ตัว แล้วหาความเอียง ของพื้นที่รองรับรางในทิศตั้งฉากกับแนวแกนของรางของหมอนคอนกรีตข้างที่หนึ่ง จากสูตร

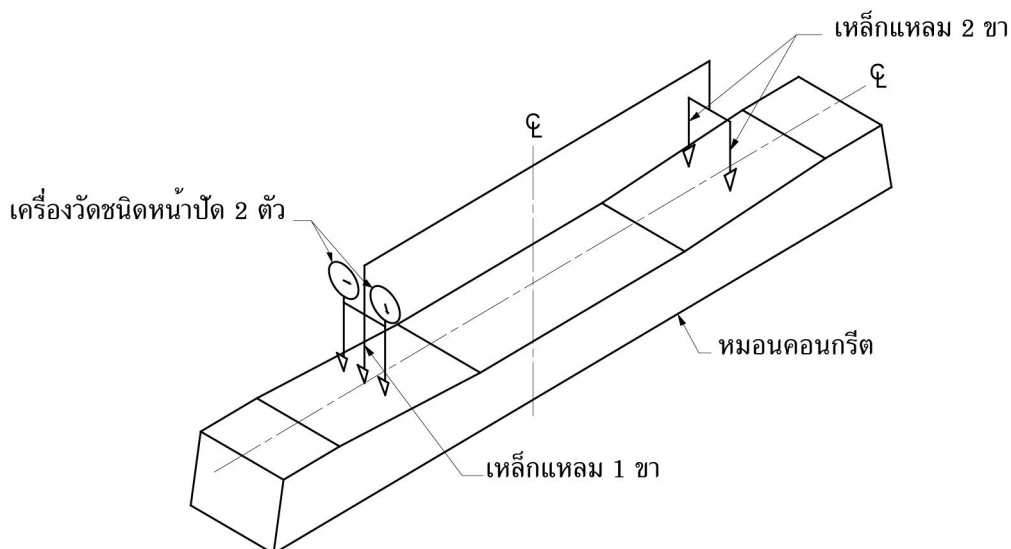
ความเอียงของพื้นที่รองรับรางในทิศตั้งฉากกับแนวแกนของราง

$$= \frac{\text{ผลต่างของค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดชนิดหน้าปัดทั้ง 2 ตัว}}{\text{ระยะห่างระหว่างเครื่องวัดชนิดหน้าปัดทั้ง 2 ตัว นั้น}}$$

2.7.2.3 ทำซ้ำโดยกลับปลายเครื่องทดสอบเพื่อหาความเอียงของพื้นที่รองรับรางในทิศตั้งฉากกับแนวแกนของรางของหมอนคอนกรีตอีกข้างหนึ่ง

2.7.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความเอียงของพื้นที่รองรับรางในทิศตั้งฉากกับแนวแกนของรางทั้ง 2 ข้าง



รูปที่ 2 การทดสอบความเอียงของพื้นที่รองรับรางในทิศตั้งฉากกับแนวแกนของราง
(ข้อ 2.7.1 และข้อ 2.7.2.2)

3. การรับแรงในแนวตั้งที่พื้นที่รองรับราง

3.1 การรับแรงในแนวตั้งโมเมนต์ลบที่พื้นที่รองรับราง

3.1.1 เครื่องมือ

เครื่องทดสอบการรับแรงในแนวตั้ง ตามรูปที่ 3

3.1.2 วิธีทดสอบ

วางตัวอย่างหมอนคอนกรีต และกำหนดน้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_1 ตามสูตร โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทดสอบในอัตรา 25 kN/min จนได้น้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_1 แล้วคงน้ำหนักบรรทุกทดสอบนี้ไว้เป็นเวลา 3 min ตรวจพินิจชั้นทดสอบ แล้วคลายแรงออก

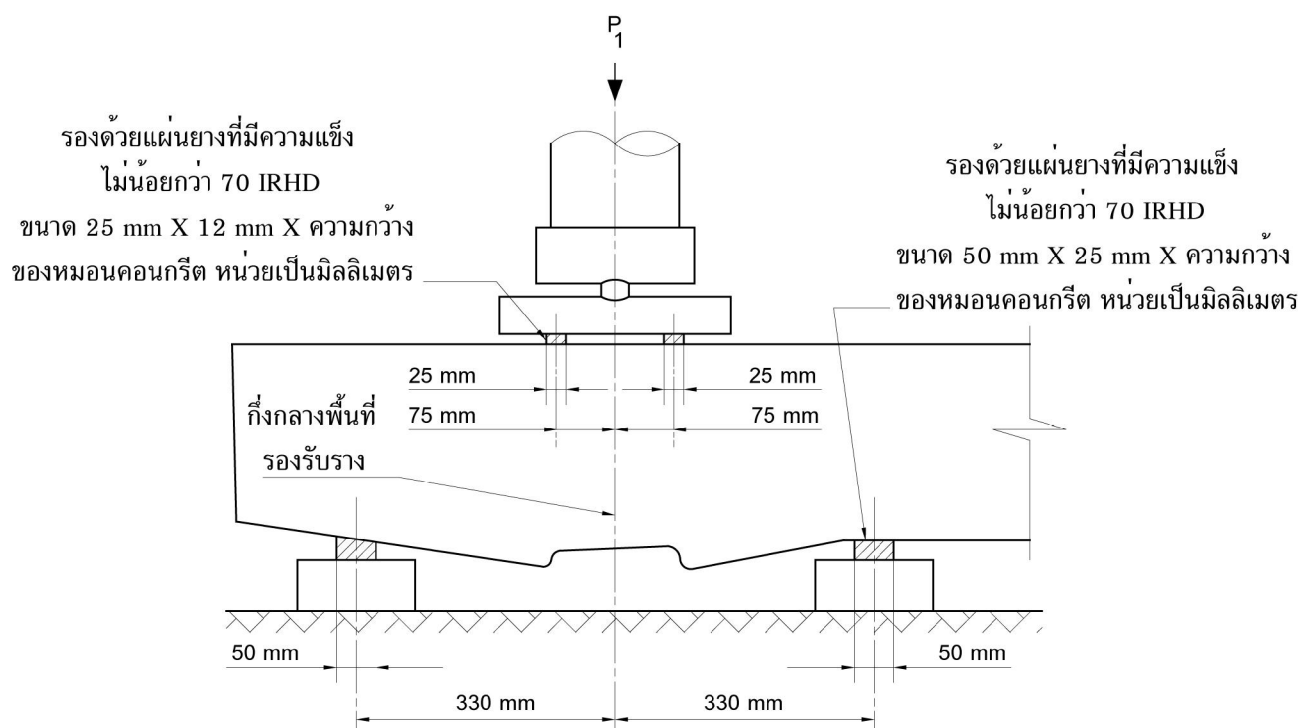
$$P_1 = \frac{2 M_{R-}^{CR}}{(0.330 - 0.075)}$$

เมื่อ P_1 คือ น้ำหนักบรรทุกทดสอบ หน่วยเป็นกิโลนิวตัน

M_{R-}^{CR} คือ โมเมนต์แตกร้าวลบที่พื้นที่รองรับราง หน่วยเป็นกิโลนิวตันเมตร

3.1.3 การรายงานผล

ให้รายงานการแตกร้าวและบันทึกลักษณะการแตกร้าวที่เกิดขึ้นขณะที่กำลังรับแรงกระทำอยู่



รูปที่ 3 การทดสอบการรับแรงในแนวตั้งโมเมนต์ลบที่พื้นที่รองรับราง
(ข้อ 3.1.1)

3.2 การรับแรงในแนวตั้งโมเมนต์บวกที่พื้นที่รองรับราง

3.2.1 เครื่องมือ

เครื่องทดสอบการรับแรงในแนวตั้ง ตามรูปที่ 4

3.2.2 วิธีทดสอบ

วางตัวอย่างหมอนคอนกรีต และกำหนดน้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_2 ตามสูตร โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทดสอบในอัตรา 25 kN/min จนได้น้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_2 แล้วคงน้ำหนักบรรทุกทดสอบนี้ไว้เป็นเวลา 3 min ตรวจพินิจ ชี้นทดสอบ แล้วคลายแรงออก

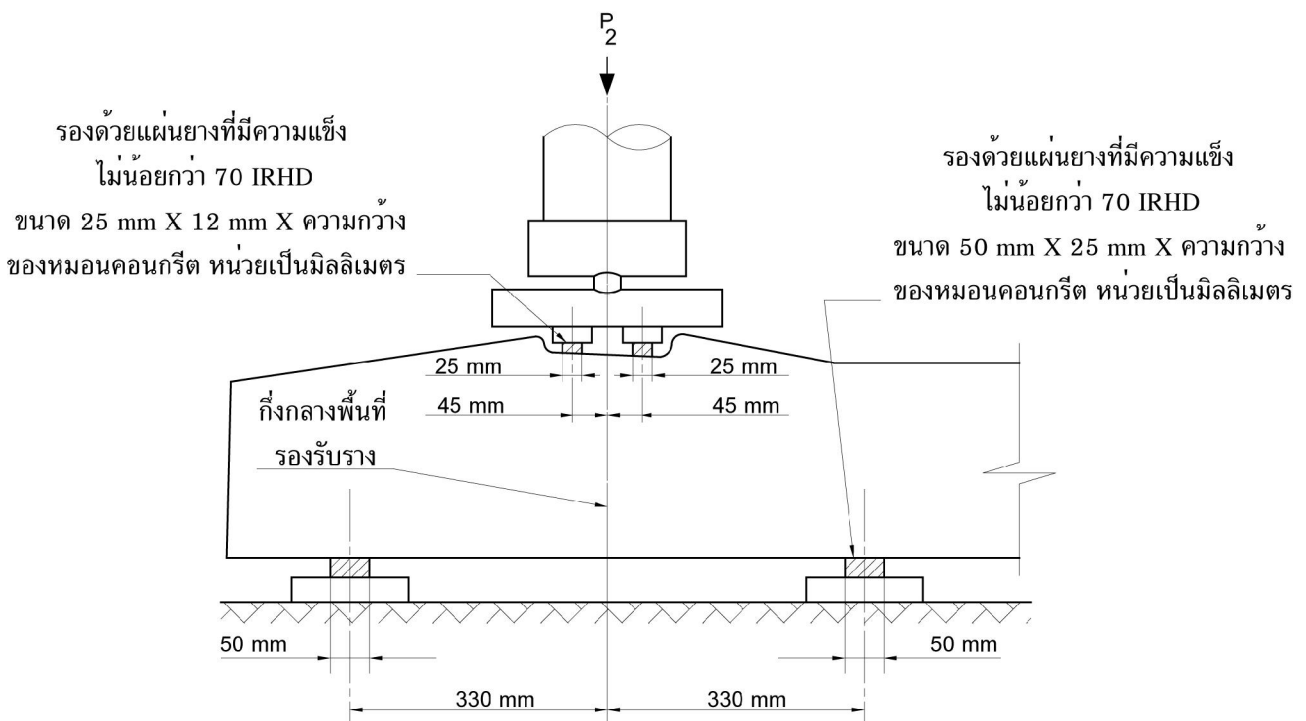
$$P_2 = \frac{2 M_{R+}^{CR}}{(0.330 - 0.045)}$$

เมื่อ P_2 คือ น้ำหนักบรรทุกทดสอบ หน่วยเป็นกิโลนิวตัน

M_{R+}^{CR} คือ โมเมนต์แตกร้าวบวกที่พื้นที่รองรับราง หน่วยเป็นกิโลนิวตันเมตร

3.2.3 การรายงานผล

ให้รายงานการแตกร้าวและบันทึกลักษณะการแตกร้าวที่เกิดขึ้นขณะที่กำลังรับแรงกระทำอยู่



รูปที่ 4 การทดสอบการรับแรงในแนวตั้งโมเมนต์บวกที่พื้นที่รองรับราง
(ข้อ 3.2.1)

4. การรับแรงกระทำซ้ำที่พื้นที่รองรับราง

4.1 เครื่องมือ

เครื่องทดสอบแรงกระทำซ้ำ ตามรูปที่ 4 ที่น้ำหนักบรรทุกทดสอบให้รองด้วยแผ่นไม้อัดความหนา 12 mm แทนแผ่นยาง

4.2 วิธีทดสอบ

- 4.2.1 วางตัวอย่างหมอนคอนกรีต และกำหนดน้ำหนักบรรทุกทดสอบตามรูปที่ 4 โดยเพิ่มแรงกระทำในอัตรา 25 kN/min จนตัวอย่างเกิดรอยร้าว (crack) จากผิวคอนกรีตด้านล่าง ถึงชั้นล่างสุดของลวดอัดแรง บันทึกค่าน้ำหนักบรรทุกทดสอบนี้ไว้ แล้วคลายแรงออก
- 4.2.2 ให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบซ้ำที่ตำแหน่งเดิมด้วยความถี่ไม่เกิน 600 รอบต่อนาที โดยที่น้ำหนักบรรทุกทดสอบแต่ละรอบ ให้เพิ่มโดยสม่ำเสมอ จาก 15 kN ถึง 1.15 เท่าของน้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_2 จนครบ 3 000 000 รอบ แล้ว คำน้ำหนักบรรทุกทดสอบนี้ไว้ เป็นเวลา 3 min แล้วตรวจพินิจชั้นทดสอบ

4.3 การรายงานผล

ให้รายงานลักษณะตัวอย่างขณะที่ยังคงแรงกระทำอยู่

5. แรงยึดเหนี่ยว (bond development) ของลวดอัดแรง และการรับแรงสูงสุด

5.1 แรงยึดเหนี่ยวของลวดอัดแรง

5.1.1 เครื่องมือ

- 5.1.1.1 เครื่องทดสอบการรับแรงในแนวตั้ง ตามรูปที่ 4
- 5.1.1.2 เครื่องวัดชนิดหน้าปัด ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.0025 mm

5.1.2 วิธีทดสอบ

- 5.1.2.1 ติดเครื่องวัดชนิดหน้าปัด ที่ปลายลวดอัดแรงเส้นล่างสุดของตัวอย่าง อย่างน้อย 2 เส้น
- 5.1.2.2 วางตัวอย่างหมอนคอนกรีต และกำหนดน้ำหนักบรรทุกทดสอบตามรูปที่ 4 โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทดสอบในอัตรา 25 kN/min จนถึง 1.5 เท่าของน้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_2 แล้วคำน้ำหนักบรรทุกทดสอบนี้ไว้เป็นเวลา 3 min แล้ว บันทึกตำแหน่งของลวดอัดแรงที่เคลื่อนไปเมื่อเทียบกับผิวคอนกรีตส่วนที่ติดกับลวดอัดแรง

5.1.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าการเคลื่อนที่ของลวดอัดแรงที่ติดเครื่องวัดชนิดหน้าปัด เป็น หน่วยมิลลิเมตร

5.2 การรับแรงสูงสุด

5.2.1 เครื่องมือ

เครื่องทดสอบการรับแรงในแนวตั้ง ตามรูปที่ 4

5.2.2 วิธีทดสอบ

ให้ทดสอบต่อจากข้อ 5.1 โดยถอดเครื่องวัดชนิดหน้าปัดออก แล้วเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทดสอบ จนกระทั่งตัวอย่างเสียหาย แล้วบันทึกน้ำหนักบรรทุกที่กระทำสูงสุด

5.2.3 การรายงานผล

ให้รายงานแรงกระทำสูงสุด

6. โมเมนต์ลบกึ่งกลางหมอนคอนกรีต

6.1 เครื่องมือ

เครื่องทดสอบโมเมนต์ลบ ตามรูปที่ 5

6.2 วิธีทดสอบ

วางตัวอย่างหมอนคอนกรีต และกำหนดน้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_3 ตามสูตร โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทดสอบ ในอัตรา 25 kN/min จนได้น้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_3 แล้วคงค่าน้ำหนักบรรทุกทดสอบนี้ไว้ เป็นเวลา 3 min ตรวจพินิจชั้นทดสอบ แล้วคลายแรงออก

$$P_3 = \frac{2 M^{CR}_{C-}}{(0.5g - 0.075)}$$

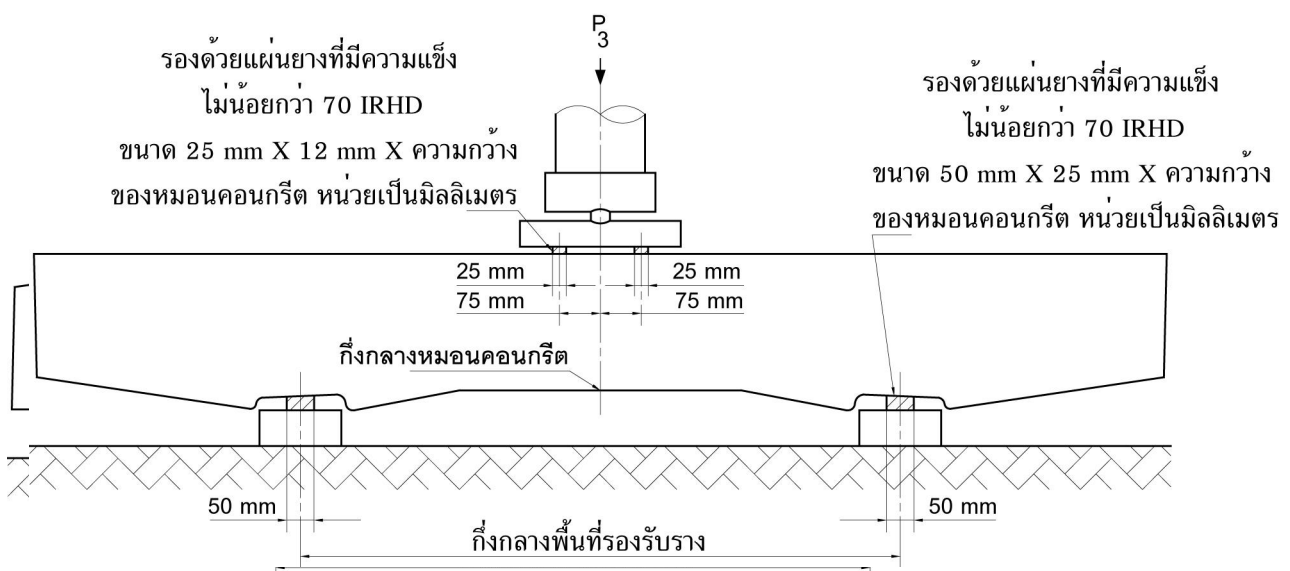
เมื่อ P_3 คือ น้ำหนักบรรทุกทดสอบ หน่วยเป็นกิโลนิวตัน

M^{CR}_{C-} คือ โมเมนต์แตกร้าวลบที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต หน่วยเป็นกิโลนิวตันเมตร

g คือ ระยะห่างระหว่างราง หน่วยเป็นเมตร

6.3 การรายงานผล

ให้รายงานการแตกร้าวและบันทึกลักษณะการแตกร้าวที่เกิดขึ้นขณะที่กำลังรับแรงกระทำอยู่



รูปที่ 5 การทดสอบโมเมนต์ลบกึ่งกลางหมอนคอนกรีต

(ข้อ 6.1)

7. โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต

7.1 เครื่องมือ

เครื่องทดสอบโมเมนต์บวก ตามรูปที่ 6

7.2 วิธีทดสอบ

วางตัวอย่างหมอนคอนกรีต และกำหนดน้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_4 ตามสูตร โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทดสอบ ในอัตรา 25 kN/min จนได้น้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_4 แล้วคงค่าน้ำหนักบรรทุกทดสอบนี้ไว้ เป็นเวลา 3 min ตรวจพินิจขึ้นทดสอบ แล้วคลายแรงออก

$$P_4 = \frac{2 M_{C+}^{CR}}{(0.59-0.075)}$$

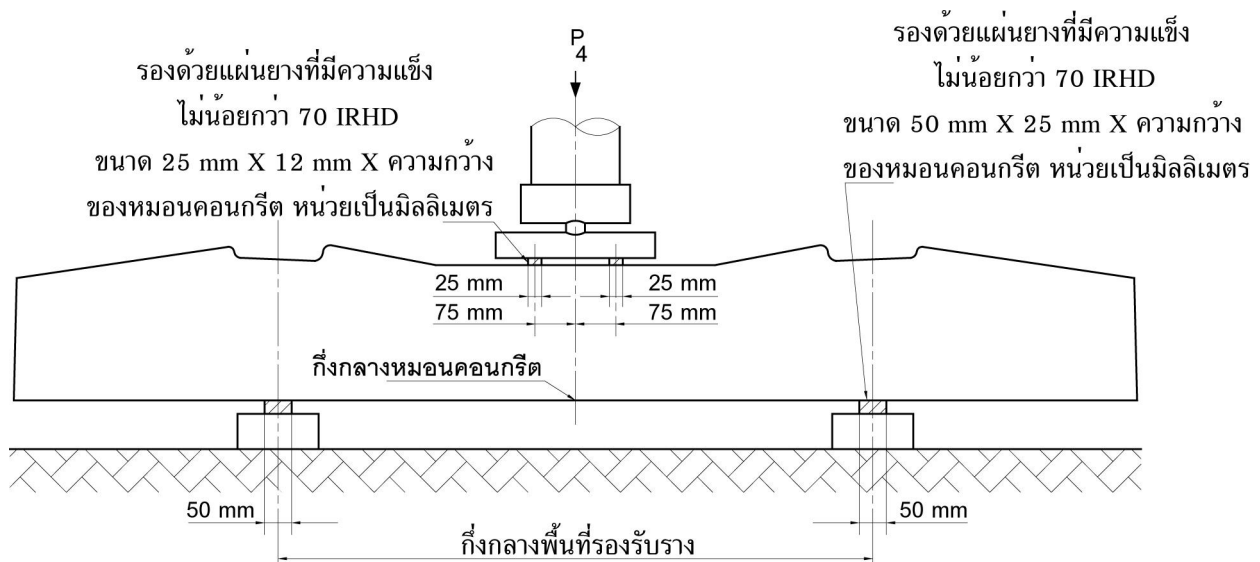
เมื่อ P_4 คือ น้ำหนักบรรทุกทดสอบ หน่วยเป็นกิโลนิวตัน

M_{C+}^{CR} คือ โมเมนต์แตกร้าวกวักที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต หน่วยเป็นกิโลนิวตันเมตร

g คือ ระยะห่างระหว่างราง หน่วยเป็นเมตร

7.3 การรายงานผล

ให้รายงานการแตกร้าและบันทึกลักษณะการแตกร้าที่เกิดขึ้นขณะที่กำลังรับแรงกระทำอยู่



รูปที่ 6 การทดสอบโมเมนต์บวกที่กึ่งกลางหมอนคอนกรีต

(ข้อ 7.1)

8. แรงกดเครื่องยึดเหนี่ยวที่ฐานราง (clamping force test)

8.1 เครื่องมือ

8.1.1 เครื่องทดสอบแรงกดเครื่องยึดเหนี่ยว (fastener) ที่ฐานราง

8.1.2 ฟิเลอร์เกจที่มีความหนา 0.1 มิลลิเมตร

8.2 การเตรียมตัวอย่าง

8.2.1 ประกอบตัวอย่างหมอนคอนกรีต 1 ท่อน เข้ากับรางรถไฟ 2 รางที่มีความยาวรางมากกว่าความกว้างของหมอนคอนกรีต ด้วยเครื่องยึดเหนี่ยวรางครบชุด ตามลักษณะการประกอบจริง

8.2.2 ติดตั้งเครื่องทดสอบ ที่ตำแหน่งเครื่องยึดเหนี่ยวกวดราง

8.3 วิธีทดสอบ

8.3.1 ให้แรงดึงที่เครื่องยึดเหนี่ยวราง โดยเพิ่มแรงดึงจนกระทั่งสามารถสอดฟิเลอร์เกจเข้าไปได้ที่บริเวณเครื่องยึดเหนี่ยวกวดราง

8.3.2 บันทึกค่าแรงดึงที่ได้ แล้วคลายแรงออก

8.3.3 ทดสอบดึงเครื่องยึดเหนี่ยวรางกับ ตำแหน่งที่เหลือ โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 8.3.1 และ ข้อ 8.3.2

8.4 การรายงานผล

ค่าแรงกดเครื่องยึดเหนี่ยวที่ฐานราง ให้รายงานค่าเฉลี่ยของผลรวมค่าแรงกดเครื่องยึดเหนี่ยวเฉลี่ยของแต่ละราง

9. ความต้านการคืบ (creep resistance test)

9.1 เครื่องมือ

9.1.1 แม่แรงดันราง

9.1.2 เครื่องวัดชนิดหน้าปัด จำนวน 3 ตัว ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.05 mm

9.2 การเตรียมตัวอย่าง

9.2.1 ประกอบตัวอย่างหมอนคอนกรีต 2 ท่อนที่มีระยะเรียงหมอนคอนกรีต 600 mm เข้ากับรางรถไฟ 2 รางที่มีความยาว 2 000 mm ด้วยเครื่องยึดเหนี่ยวรางครบชุดตามลักษณะการประกอบจริง และติดตั้งบนแท่นธารที่มั่นคงไม่มีการขยับตัว

9.2.2 ที่หัวรางด้านหนึ่งติดตั้งแม่แรงโดยให้แรงกระทำส่งผ่านเข้ารางรถไฟทั้ง 2 รางได้ และที่ปลายรางอีกด้านหนึ่งให้ติดเครื่องวัดชนิดหน้าปัด รางละ 1 ตัว สำหรับอ่านค่าระยะการเคลื่อนที่ของราง

9.2.3 ติดเครื่องวัดชนิดหน้าปัด 1 ตัว ที่กึ่งกลางด้านข้างของหมอนคอนกรีต สำหรับอ่านค่าระยะการเคลื่อนที่ของหมอนคอนกรีต

9.3 วิธีทดสอบ

9.3.1 ให้แม่แรงดันหัวราง ด้วยแรงกระทำ 24.5 kN เป็นเวลา 15 min

9.3.2 อ่านค่าจากเครื่องวัดชนิดหน้าปัดทั้ง 3 ตัว เมื่อครบเวลา 3 min และครบเวลา 15 min ระยะการเคลื่อนที่ของราง คือผลต่างค่าเฉลี่ยของระยะการเคลื่อนที่ของทั้ง 2 ราง กับค่าระยะการเคลื่อนที่ของหมอนคอนกรีต

11. ความต้านแรงบิดวัสดุฝังยึด (fastening insert torque test)

11.1 เครื่องมือ

11.1.1 เครื่องทดสอบแรงบิด

11.1.2 อุปกรณ์จับวัสดุฝังยึดที่เหมาะสม

11.2 วิธีทดสอบ

เมื่อทดสอบแรงถอนวัสดุฝังยึด แล้วเสร็จ ให้ทดสอบด้วยแรงบิด หน่วยเป็นนิวตันเมตร ที่เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง ตามแบบและวัสดุที่ใช้ทำ ตามแนวตั้งวัสดุฝังยึด แล้วคงแรงไว้เป็นเวลา 3 min

11.3 การรายงานผล

11.3.1 ให้รายงานการบิดตัว (insert rotation) ของวัสดุฝังยึด

11.3.2 ให้รายงานความเสียหายของเนื้อคอนกรีตโดยรอบ

11.3.3 ให้รายงานการเสียรูปถาวรของวัสดุฝังยึด

12. ความต้านแรงยกขึ้นของเครื่องยึดเหนี่ยววาง (fastening uplift test)

12.1 เครื่องมือ

12.1.1 เครื่องทดสอบ ตามรูปที่ 8

12.1.2 ฟิลเลอร์เกจ ที่มีความหนา 0.25 mm 2 ชิ้น

12.2 การเตรียมตัวอย่าง

12.2.1 ประกอบตัวอย่างหมอนคอนกรีต 1 ท่อน เข้ากับรางรถไฟ 1 ราง ที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 450 mm ด้วยเครื่องยึดเหนี่ยววางครบชุด ตามลักษณะการประกอบจริง โดยมีฟิลเลอร์เกจวางไว้ใต้รางทั้ง 2 ด้าน ที่อยู่ตรงข้ามกัน

12.2.2 ติดตั้งเครื่องทดสอบ ตามตัวอย่างรูปที่ 8

12.3 วิธีทดสอบ

12.3.1 ให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบตามตัวอย่างรูปที่ 8 โดยค่อย ๆ เพิ่มน้ำหนักบรรทุกทดสอบจนกระทั่งรางแยกออกจากหมอนคอนกรีตบริเวณที่รองรับราง และสามารถดึงฟิลเลอร์เกจออกได้อย่างอิสระจากใต้รางทั้ง 2 ด้าน บันทึกค่าน้ำหนักบรรทุกทดสอบที่สามารถดึงฟิลเลอร์เกจแต่ละชิ้นออกได้ แล้วคลายแรงออก

12.3.1 หาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักบรรทุกทดสอบที่สามารถดึงฟิลเลอร์เกจได้แต่ละชิ้น

12.3.2 บันทึกค่าน้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_5 ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของค่าน้ำหนักบรรทุกทดสอบเฉลี่ยกับน้ำหนักบรรทุกที่เกิดจากมวลของหมอนคอนกรีต (ที่ไม่รวมแท่นธาร) และอุปกรณ์ให้แรง

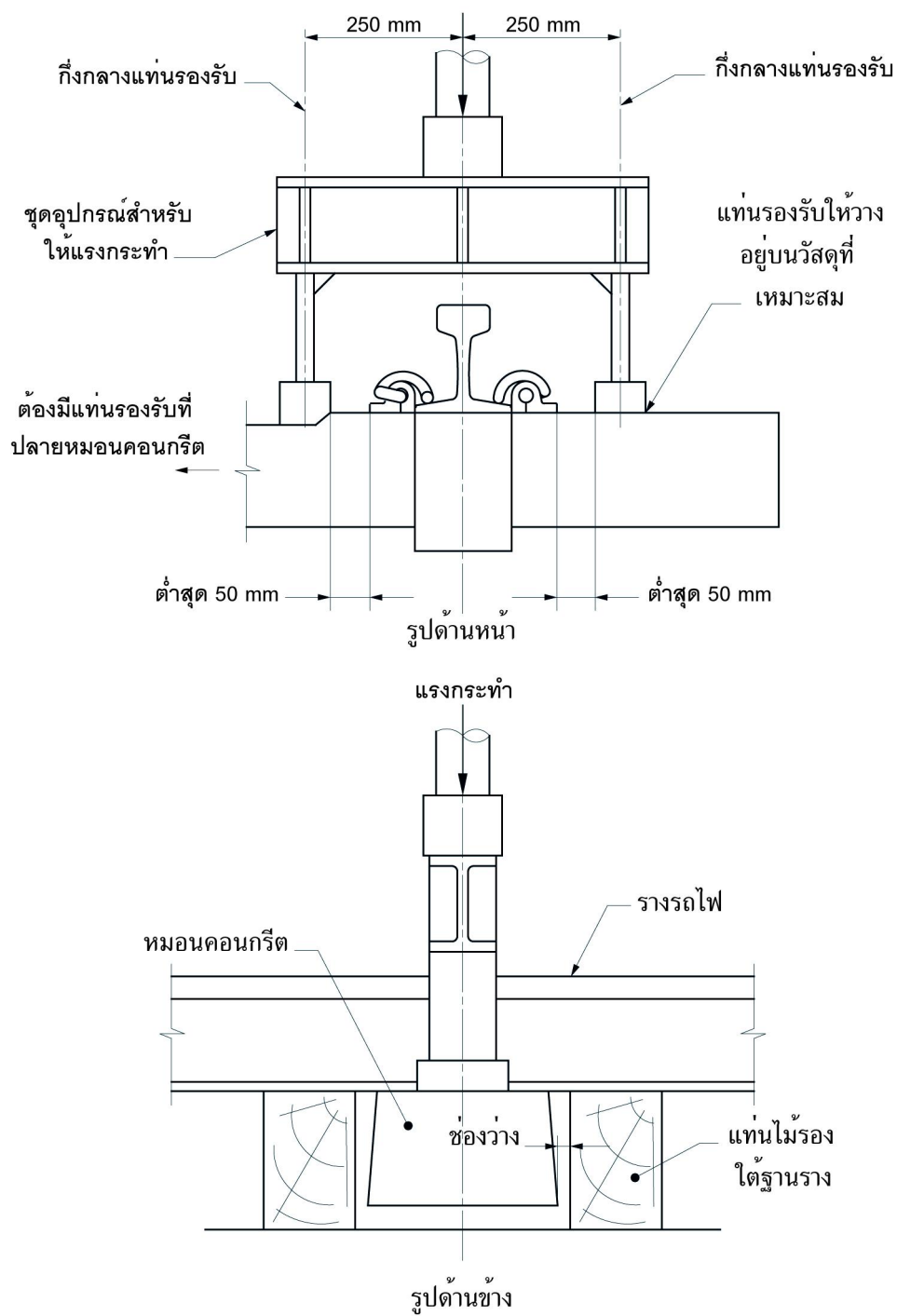
12.3.3 ทดสอบต่อโดยให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบ 1.5 เท่าของน้ำหนักบรรทุกทดสอบ P_5 แต่ต้องไม่มากกว่า 50 kN แล้วคลายแรงออก

12.4 การรายงานผล

12.4.1 ให้รายงานความเสียหายของวัสดุฝังยึด

12.4.2 ให้รายงานความเสียหายของเครื่องยึดเหนี่ยววาง

12.4.3 ให้รายงานสภาพการยึดเหนี่ยวของราง



รูปที่ 8 การทดสอบความต้านแรงยกขึ้นของเครื่องยึดเหนี่ยวราง
(ข้อ 12.1.1 ข้อ 12.2.2 และข้อ 12.3.1)

13. ความต้านการล้าของเครื่องยึดเหนี่ยวราง (fastening repeated load test)

13.1 เครื่องมือ

เครื่องทดสอบความต้านการล้าของเครื่องยึดเหนี่ยวราง ที่ให้แรงกระทำลง หน่วยเป็นกิโลนิวตัน ที่เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง และแรงกระทำขึ้นเป็น 0.6 เท่าของค่าแรงกระทำ P_5 ตามข้อ 12.3.2 (ด้วยการติดสปริง 2 ตัวที่ใต้รางรถไฟ เพื่อให้เกิดแรง 0.3 P_5 ที่แต่ละข้าง) ด้วยอัตรา 300 รอบต่อนาที

13.2 การเตรียมตัวอย่าง

13.2.1 หลังจากทดสอบความต้านแรงยกขึ้นของเครื่องยึดเหนี่ยวราง ตามข้อ 12.3.1 ถึง ข้อ 12.3.3 แล้วติดตั้งหมอนคอนกรีตพร้อมเครื่องยึดเหนี่ยวรางครบชุดตามลักษณะการประกอบจริง บนแท่นรองรับที่มั่นคง และไม่มีการขยับตัว ตามรูปที่ 9

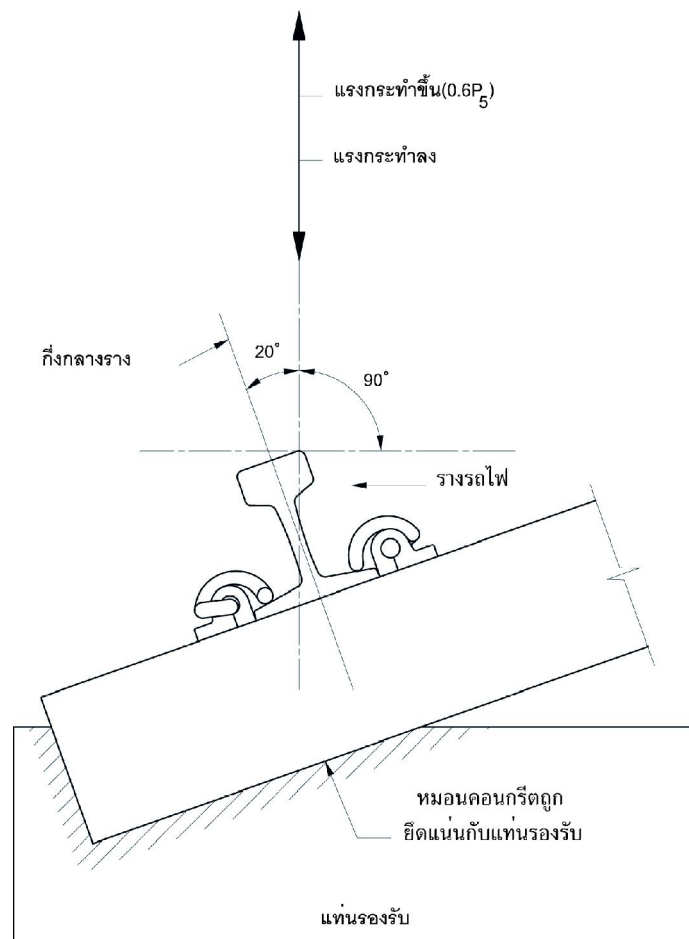
13.2.2 ติดตั้งเครื่องทดสอบแรงกระทำ ที่หัวรางให้ทำมุม 20 องศา กับแนวตั้ง ตามตัวอย่างรูปที่ 9

13.3 วิธีทดสอบ

ให้แรงกระทำตามรูปที่ 9 จำนวน 3 000 000 รอบ แล้วตรวจพินิจเนื้อคอนกรีต และเครื่องยึดเหนี่ยวราง

13.4 การรายงานผล

ให้รายงานความเสียหายของเนื้อคอนกรีต และเครื่องยึดเหนี่ยวราง



รูปที่ 9 การทดสอบความต้านการล้าของเครื่องยึดเหนี่ยวราง
(ข้อ 13.2 และข้อ 13.3)

14. ความต้านแรงด้านข้าง

14.1 เครื่องมือ

14.1.1 เครื่องมือทดสอบ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 10

14.1.2 เครื่องวัดชนิดหน้าปัด จำนวน 2 ตัว ที่สามารถอ่านได้ละเอียด 0.1 mm

14.2 การเตรียมตัวอย่าง

14.2.1 ประกอบตัวอย่างหมอนคอนกรีต 1 ท่อน เข้ากับรางรถไฟ 1 รางที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 450 mm ด้วยเครื่องยึดเหนี่ยวรางครบชุดตามลักษณะการประกอบจริง

14.2.2 ติดตั้งตัวอย่างเข้ากับเครื่องมือทดสอบ ตามรูปที่ 10

14.2.3 ติดเครื่องวัดชนิดหน้าปัด A ที่ฐานราง และเครื่องวัดชนิดหน้าปัด B ที่หัวราง

14.3 วิธีทดสอบ

14.3.1 ให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบเริ่มต้น 90 kN กระทำที่ราง

14.3.2 คลายน้ำหนักบรรทุกทดสอบเริ่มต้นออก แล้วปรับเครื่องวัดชนิดหน้าปัด A ให้อ่านที่ศูนย์

14.3.3 ให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบหน่วยเป็นกิโลนิวตัน ที่เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง หรือฐานราง เคลื่อนที่ไป 3 mm แล้วแต่ว่าสิ่งใดจะปรากฏขึ้นก่อน

14.3.4 บันทึกน้ำหนักบรรทุกทดสอบ และค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดชนิดหน้าปัด A แล้วคลายแรงออก

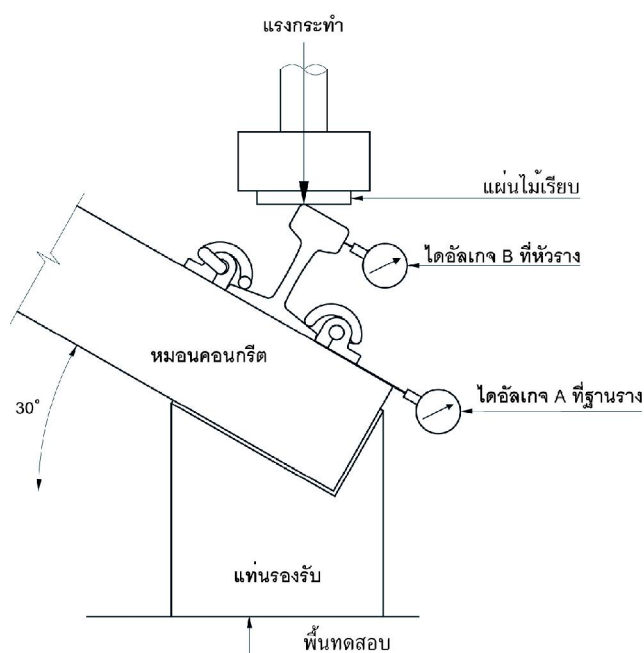
14.3.5 หลังจากคลายน้ำหนักบรรทุกทดสอบออกแล้ว ปรับเครื่องวัดชนิดหน้าปัด B ให้อ่านที่ศูนย์

14.3.6 ให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบในอัตรา 20 kN/min จนได้น้ำหนักบรรทุกทดสอบ 90 kN

14.3.7 บันทึกค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดชนิดหน้าปัด B

14.4 การรายงานผล

ให้รายงานระยะที่ฐานรางเคลื่อนที่ไป จากผลต่างของค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดชนิดหน้าปัด A และเครื่องวัดชนิดหน้าปัด B



รูปที่ 10 การทดสอบความต้านแรงด้านข้าง

(ข้อ 14.1.1 และข้อ 14.2.2)

15. ความต้านการเคลื่อนที่ตามแนวรางของเครื่องยึดเหนี่ยวราง

15.1 เครื่องมือ

15.1.1 เครื่องมือทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 11

15.1.2 เครื่องวัดชนิดหน้าปัด จำนวน 2 ตัว ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.025 mm

15.2 การเตรียมตัวอย่าง

15.2.1 ประกอบตัวอย่างหมอนคอนกรีต 1 ท่อน เข้ากับรางรถไฟ 1 รางที่มีความยาวรางมากกว่าความกว้างของหมอนคอนกรีต ด้วยเครื่องยึดเหนี่ยวรางครบชุด ตามลักษณะการประกอบจริง

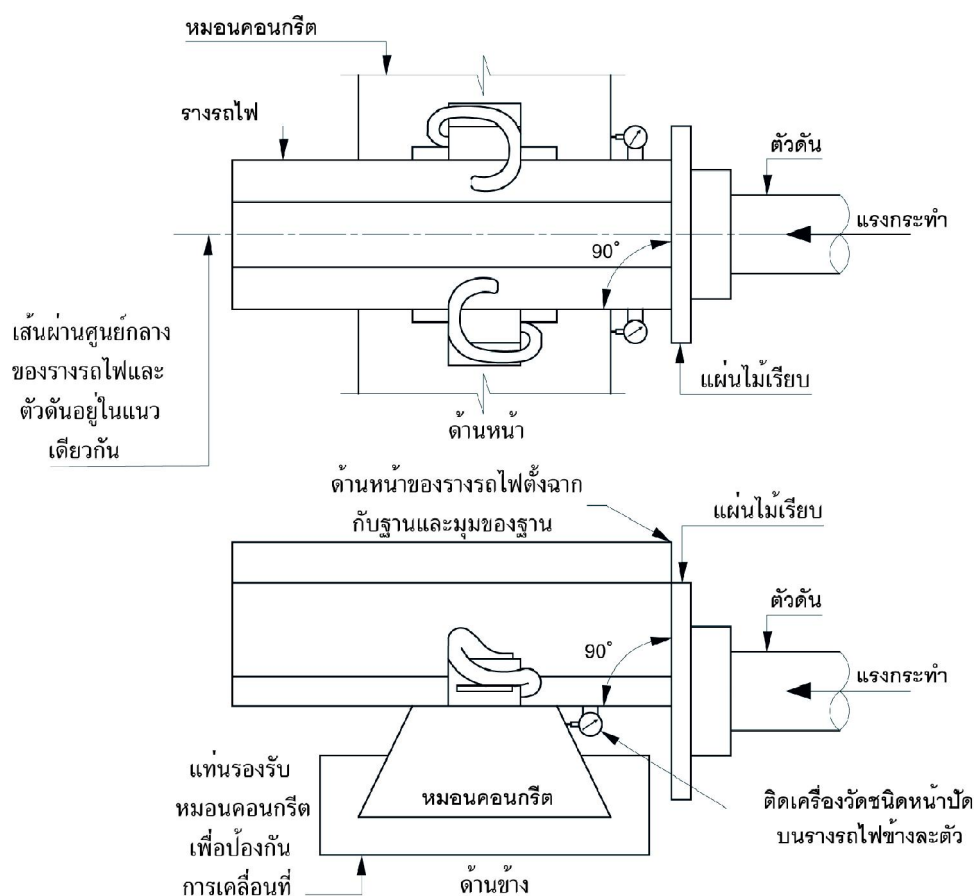
15.2.2 ติดตั้งเครื่องมือทดสอบเข้ากับรางรถไฟ ตามรูปที่ 11

15.3 วิธีทดสอบ

ให้แรงดันกระทำเริ่มต้นที่ 2 kN แล้วเพิ่มแรงดันจนถึง 10 kN แล้วคงไว้เป็นเวลา ไม่น้อยกว่า 15 min

15.4 การรายงานผล

ให้รายงานระยะการเคลื่อนที่ของราง ระหว่าง 3 minแรกที่เริ่มทดสอบ และรายงานอีกครั้งในช่วงหลังจากทดสอบไปแล้ว 3 min ตามข้อตกลงของผู้ที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 11 การทดสอบความต้านการเคลื่อนที่ตามแนวรางของเครื่องยึดเหนี่ยวราง

(ข้อ 15.1.1 และข้อ 15.2.2)

16. ความต้านแรงกระทำด้านข้างวัสดุฝังยึด (สำหรับวัสดุฝังยึดที่มีลักษณะเป็นเกลียว)

16.1 เครื่องมือ

เครื่องมือทดสอบที่ให้แรงด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 12

16.2 การเตรียมตัวอย่าง

16.2.1 ประกอบชุดวัสดุฝังยึดตามลักษณะการประกอบจริง

16.2.2 ติดตั้งเครื่องมือทดสอบให้แรงด้านข้างกระทำที่ชุดประกอบสลักเกลียว ตามรูปที่ 12

16.3 วิธีทดสอบ

16.3.1 ให้แรงกระทำด้านข้าง 70 kN เป็นเวลา 5 min

16.3.2 บันทึกระยะเคลื่อนที่ด้านข้างของสลักเกลียวแต่ละตัว ตามแนวแรงกระทำ

16.3.3 คลายแรงออก และสังเกตการกลับคืนของสลักเกลียวแต่ละตัว

16.3.4 บันทึกระยะเคลื่อนที่ถาวรของสลักเกลียวแต่ละตัว

16.3.5 ทดสอบซ้ำตามข้อ 16.3.1 ถึง ข้อ 16.3.4 อีก 5 รอบ

16.3.6 ให้แรงกระทำซ้ำที่ตำแหน่งเดิมด้วยอัตราไม่เกิน 600 รอบต่อนาที โดยที่แรงกระทำแต่ละรอบให้เพิ่มโดยสม่ำเสมอ จาก 5 kN ถึง 50 kN จนครบ 3 000 000 รอบ

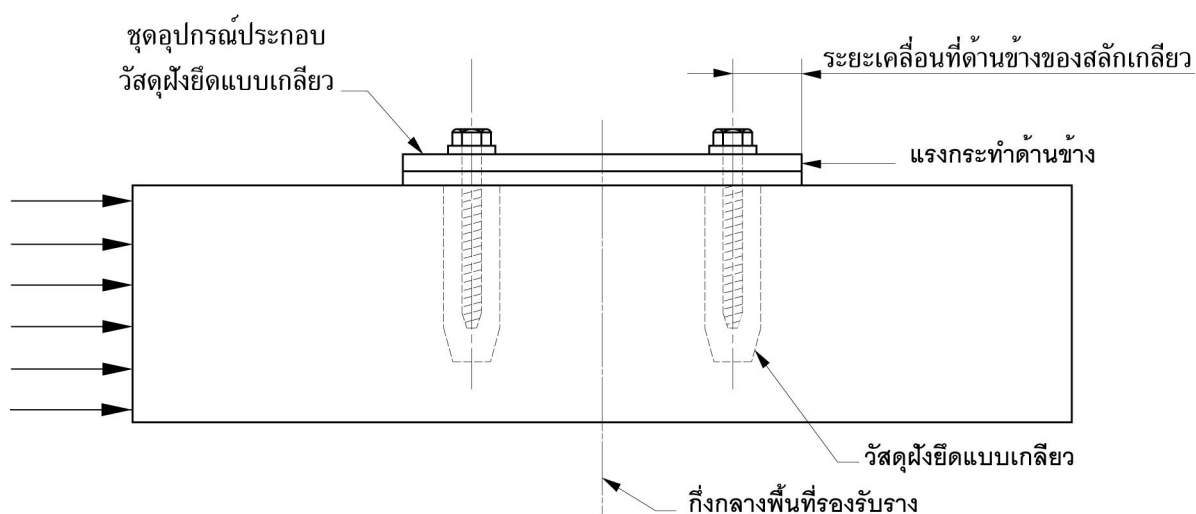
16.3.7 บันทึกระยะเคลื่อนที่ถาวรของสลักเกลียวแต่ละตัว

16.4 การรายงานผล

16.4.1 รายงานระยะเคลื่อนที่สูงสุดของสลักเกลียว ในขณะที่มีแรงกระทำ 70 kN กระทำอยู่ ตามข้อ 16.3.2

16.4.2 รายงานระยะเคลื่อนที่ถาวรสูงสุดของสลักเกลียว ในขณะที่คลายแรงกระทำ 70 kN ออกแล้ว ตามข้อ 16.3.4

16.4.3 รายงานระยะเคลื่อนที่ถาวรของสลักเกลียวแต่ละตัวเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ ตามข้อ 16.3.7



รูปที่ 12 การทดสอบความต้านแรงกระทำด้านข้างวัสดุฝังยึด

(ข้อ 16.1 และข้อ 16.2.2)

17. ขนาดทาง

17.1 เครื่องมือ

เครื่องมือวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 mm

17.2 วิธีทดสอบ

17.2.1 ประกอบตัวอย่างหมอนคอนกรีต จำนวน 6 ท่อน ที่มีระยะหมอนคอนกรีต 600 mm เข้ากับรางรถไฟ 2 ราง ด้วยเครื่องยึดเหนี่ยวรางครบชุด ตามลักษณะการประกอบจริง

17.2.2 วัดขนาดทางที่ระยะห่างภายในของขอบรางที่ระยะต่ำกว่าระดับสันราง 14 mm จำนวน 3 ตำแหน่ง

17.3 การรายงานผล

ให้รายงานผลค่าขนาดทางทุกค่า

18. ความต้านทานไฟฟ้า และความต้านไฟฟ้าลัดวงจร

18.1 ความต้านทานไฟฟ้า

18.1.1 เครื่องมือ

18.1.1.1 อุปกรณ์ให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 V หรือกระแสสลับ 12 V

18.1.1.2 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หรือกระแสสลับ

18.1.2 การเตรียมตัวอย่าง

ประกอบตัวอย่างหมอนคอนกรีต จำนวน 2 ท่อน ที่มีระยะเรียงหมอนคอนกรีต 600 mm เข้ากับรางรถไฟ 2 รางที่มีความยาวราง 1 500 mm ด้วยเครื่องยึดเหนี่ยวรางครบชุดตามลักษณะการประกอบจริง และต้องอัดหินโรยทางรอบบริเวณชุดตัวอย่างนี้ โดยให้มีช่องว่างใต้รางรถไฟอย่างน้อย 20 mm

18.1.3 วิธีทดสอบ

18.1.3.1 พ่นน้ำรอบบริเวณนี้ในลักษณะเหมือนฝนตก ในอัตรา 150 mm/h เป็นเวลา 4 h

18.1.3.2 พื้นผิวสัมผัสรางบริเวณที่จะติดตั้งอุปกรณ์ให้กระแสไฟฟ้า ถ้ามีสนิม สิ่งสกปรก ให้ทำความสะอาด ก่อนช่วง 15 min สุดท้าย

18.1.3.3 ติดตั้งอุปกรณ์แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หรือกระแสสลับผ่านเข้ารางรถไฟ

18.1.3.4 ปลอຍกระแสไฟฟ้าแรงดัน 12 V เข้ารางรถไฟ ในช่วงเวลา 15 min สุดท้ายก่อนจะครบเวลาพ่นน้ำ 4 h

18.1.3.5 บันทึกค่ากระแสไฟฟ้า หน่วยเป็นแอมแปร์

18.1.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความต้านทานไฟฟ้า หน่วยเป็นโอห์ม โดยการคำนวณจากค่าแรงดันไฟฟ้าหารด้วยค่ากระแสไฟฟ้า

18.2 ความต้านไฟฟ้าลัดวงจร

18.2.1 เครื่องมือ

18.2.1.1 อุปกรณ์ให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 V หรือกระแสสลับ 12 V

18.2.1.2 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หรือกระแสสลับ

18.2.2 การเตรียมตัวอย่าง

18.2.2.1 ให้ใช้ตัวอย่างหมอนคอนกรีตจำนวน 1 ท่อน ที่มีอายุการผลิตไม่เกิน 24 h หรือสามารถเลือกใช้ตัวอย่างที่มีอายุ 28 d

18.2.2.2 ติดตั้งอุปกรณ์ให้กระแสไฟฟ้าเข้ากับวัสดุฝังยึดทั้งสองของพื้นที่รองรับรางแต่ละข้าง

18.2.3 วิธีทดสอบ

ปล่อยกระแสไฟฟ้าแรงดัน 12 V เข้าสู่ตัวอย่าง แล้วบันทึกค่ากระแสไฟฟ้า หน่วยเป็นแอมแปร์

18.2.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความต้านทานไฟฟ้า หน่วยเป็นโอห์ม โดยการคำนวณจากค่าแรงดันไฟฟ้าหารด้วยค่ากระแสไฟฟ้า