

สทร. HSR-CT-4011-2568

มาตรฐานการทดสอบการขยายตัวอิสระของคอนกรีตขยายตัว สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง
(Standard Test Method for Free Expansion of Expansive Concrete in High-Speed
Rail Projects)

บทนำ

มาตรฐานการทดสอบนี้จัดทำขึ้นโดยใช้มาตรฐาน ASTM C157/C157M-24 Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete, ASTM C878/C878M-22 Standard Test Method for Restrained Expansion of Shrinkage-Compensating Concrete และ มอก. 2752 เล่ม 26-2566 วิธีทดสอบปูนซีเมนต์ เล่ม 26 วิธีทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก และคอนกรีตในสภาพแข็ง เป็นต้นแบบ

1. ขอบข่าย

- 1.1 การทดสอบตามมาตรฐานนี้ ใช้สำหรับการตรวจสอบการขยายตัวอิสระของคอนกรีตขยายตัวที่ใช้สารขยายตัวเป็นแร่ผสมเพิ่มในคอนกรีต และครอบคลุมเฉพาะการใช้สารขยายตัวที่ทำให้เกิดการขยายตัวได้หลังจากที่คอนกรีตก่อตัวระยะสุดท้ายแล้ว โดยตัวอย่างทดสอบคอนกรีตไม่ถูกยึดรั้งจากทั้งภายในและภายนอก
- 1.2 ใช้ระบบหน่วย SI (International System Unit) เป็นหน่วยสำหรับมาตรฐานนี้
- 1.3 การปฏิบัติตามมาตรฐานนี้ไม่ได้เป็นการรับรองความปลอดภัย ความปลอดภัยจากการใช้มาตรฐานนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้มาตรฐาน
- 1.4 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับการทดสอบในงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง สำหรับระบบรางอื่น ๆ เช่น รถไฟระหว่างเมือง รถไฟชานเมือง และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน สามารถนำมาตรฐานการทดสอบฉบับนี้ไปใช้ศึกษาอ้างอิงประกอบงานก่อสร้างได้ตามความเหมาะสม

2. มาตรฐานอ้างอิง

มาตรฐานอ้างอิงต่อไปนี้จะยึดตามฉบับปรับปรุงล่าสุดในทุก ๆ ครั้งที่มีการบังคับใช้ในมาตรฐาน แต่ต้องไม่ขัดกับมาตรฐานฉบับนี้

- 2.1 มอก. 1736 เล่ม 14 การทดสอบคอนกรีต เล่ม 14 ระยะเวลาก่อตัวของคอนกรีต โดยวิธีความต้านทานการแทรกผ่าน

- 2.2 มอก. 2752 เล่ม 26 วิธีทดสอบปูนซีเมนต์ เล่ม 26 วิธีทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกและคอนกรีตในสภาพแข็ง
- 2.3 สคท. 1206 คู่มือการทำงานคอนกรีตขยายตัว สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (TCA)
- 2.4 สทร. HSR-CT-4002 มาตรฐานการทดสอบค่าความยวบตัวของคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างโครงการรถไฟความเร็วสูง
- 2.5 ASTM C143/C143M Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete
- 2.6 ASTM C157/C157M Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete
- 2.7 ASTM C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- 2.8 ASTM C403/C403M Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance
- 2.9 ASTM C490/C490M Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete
- 2.10 ASTM C878/C878M Standard Test Method for Restrained Expansion of Shrinkage-Compensating Concrete

3. นิยาม

“การก่อดั้วระยะสุดท้าย” (final setting time) หมายถึง ระยะเวลานับจากการผสมปูนซีเมนต์และน้ำเข้าด้วยกันจนกระทั่งมอร์ตาร์ที่ร้อนจากคอนกรีตมีค่าแรงดัน 27.6 MPa เมื่อทดสอบตาม มอก. 1736 เล่ม 14 หรือ ASTM C403/C403M ซึ่งเป็นระยะเวลาที่คอนกรีตเริ่มเข้าสู่สภาพการแข็งตัวและเริ่มพัฒนากำลังอัด

“การขยายตัวอิสระ” (free expansion) หมายถึง การขยายตัวของคอนกรีตหลังจากการก่อดั้วระยะสุดท้าย โดยไม่มีการยึดรั้งทั้งภายในและภายนอก

“คอนกรีตขยายตัว” (expansive concrete) หมายถึง ส่วนผสมของวัสดุประสาน มวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบกับน้ำ โดยมีสารขยายตัวเป็นแร่ผสมเพิ่ม และอาจมีหรือไม่มีสารเคมีผสมเพิ่มก็ได้

“สารขยายตัว” (expansive additive) หมายถึง แร่ผสมเพิ่มที่เติมลงไปในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวเนื่องมาจากการเกิดผลึกของเอททริงไกต์ (ettringite) โมโนซัลเฟต (monosulfate) หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) หรืออื่น ๆ ซึ่งผลึกของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นนี้มีปริมาณมากกว่าสารตั้งต้น จึงทำให้เนื้อคอนกรีตเกิดการขยายตัวได้

4. การใช้มาตรฐาน

- 4.1 มาตรฐานการทดสอบนี้ใช้สำหรับการตรวจสอบการขยายตัวอิสระของคอนกรีตขยายตัวที่ใช้สารขยายตัวเป็นแร่ผสมเพิ่มในคอนกรีต และครอบคลุมเฉพาะการใช้สารขยายตัวที่ทำให้เกิดการขยายตัวได้หลังจากที่คอนกรีตผ่านการก่อตัวระยะสุดท้ายแล้ว โดยที่ตัวอย่างทดสอบคอนกรีตไม่ถูกยึดรั้งจากทั้งภายในและภายนอก
- 4.2 วิธีการทดสอบนี้สามารถนำไปใช้ในการศึกษาการขยายตัวของคอนกรีตขยายตัว เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของชนิดและปริมาณสารขยายตัว รวมถึงชนิดและปริมาณวัสดุปอซโซลาน สัดส่วนผสมคอนกรีต และสภาพเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน
- 4.3 วิธีการทดสอบนี้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการทดลองผสมคอนกรีตขยายตัวในห้องปฏิบัติการเพื่อกำหนดปริมาณสารขยายตัวให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานในขั้นตอนการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตขยายตัวเพื่อป้องกันการแตกร้าวหรือควบคุมการแตกร้าวของโครงสร้างคอนกรีตที่เกิดจากการหดตัวของคอนกรีตภายใต้การยึดรั้ง ตามคู่มือการทำงานคอนกรีตขยายตัว สคท. 1206 โดยใช้สารขยายตัวชนิดเดียวกันกับที่ใช้ก่อสร้างจริง เงื่อนไขส่วนผสมของคอนกรีตและควบคุมสภาพการบ่มให้ใกล้เคียงกับสภาพการบ่มในการก่อสร้างจริง

5. อุปกรณ์และเครื่องมือ

5.1 แบบหล่อคอนกรีต

ตาม มอก. 2752 เล่ม 26 หรือ ASTM C490/C490M อาจเป็นแบบหล่อ 1 ช่อง หรือหลายช่องก็ได้ โดยแบบหล่อตัวอย่างทดสอบแต่ละช่องต้องมีขนาด 75 mm x 75 mm x 285 mm และมีระยะความยาวเกจ 250 mm ดังรูปที่ 1

5.1.1 ระยะความยาวเกจ เป็นความยาวระหว่างปลายมุมที่ฝังอยู่ในตัวอย่างทดสอบ ส่วนของแบบหล่อเมื่อประกอบเข้าด้วยกันต้องติดและยึดกันอย่างแน่นหนา แบบหล่อต้องทำจากเหล็กหรือโลหะแข็ง ด้านข้างของแบบหล่อต้องแข็งแรงพอที่จะไม่เสียรูปหรือบิดงอจากการใช้งาน ผิวของแบบหล่อต้องเรียบและปราศจากรู

5.1.2 แผ่นปลายโลหะแต่ละด้านของแบบหล่อจะต้องมีส่วนประกอบสำหรับยึดมุมวัดให้อยู่กับที่ในระหว่างประกอบ มุมวัดต้องทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 316 ตาม American Iron and Steel Institute (AISI) Type 316 stainless steel หรือ โลหะทนการกัดกร่อนชนิดอื่นที่มีคุณภาพเทียบเท่ากัน มุมวัดต้องไม่มีการหดหรือขยายตัวมากเกินไปจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพื่อไม่ให้ไปยึดรั้งตัวอย่างทดสอบจนมีผลต่อค่าการขยายตัวของตัวอย่างทดสอบที่วัดได้ ส่วนประกอบที่ยึดมุมวัดจะต้องทำให้สามารถคลายออกได้บางส่วนหรือทั้งหมดเมื่อจำเป็น ภายหลังจากการเติมคอนกรีตเข้าในแบบหล่อแล้ว

ต้องจัดให้แกนหลักของหมุดวัดตรงกับแกนหลักของตัวอย่างทดสอบ หมุดวัดจะต้องถูกฝังเข้าไปในตัวอย่างทดสอบ 17.5 ± 0.5 mm ระยะระหว่างปลายด้านที่ฝังของหมุดต้องเท่ากับ 250 ± 2.5 mm และใช้ระยะความยาวเกจเท่ากับ 250 mm สำหรับคำนวณความยาวที่เปลี่ยนแปลง

5.2 เครื่องเปรียบเทียบความยาว

ใช้สำหรับวัดความยาวของตัวอย่างทดสอบ โดยต้องถูกออกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของตัวอย่างทดสอบที่วัดและตำแหน่งของจุดสัมผัสกับหมุดวัด และสามารถอ่านค่าได้สะดวกและรวดเร็ว และให้เป็นไปตาม ASTM C490/490M ดังรูปที่ 2

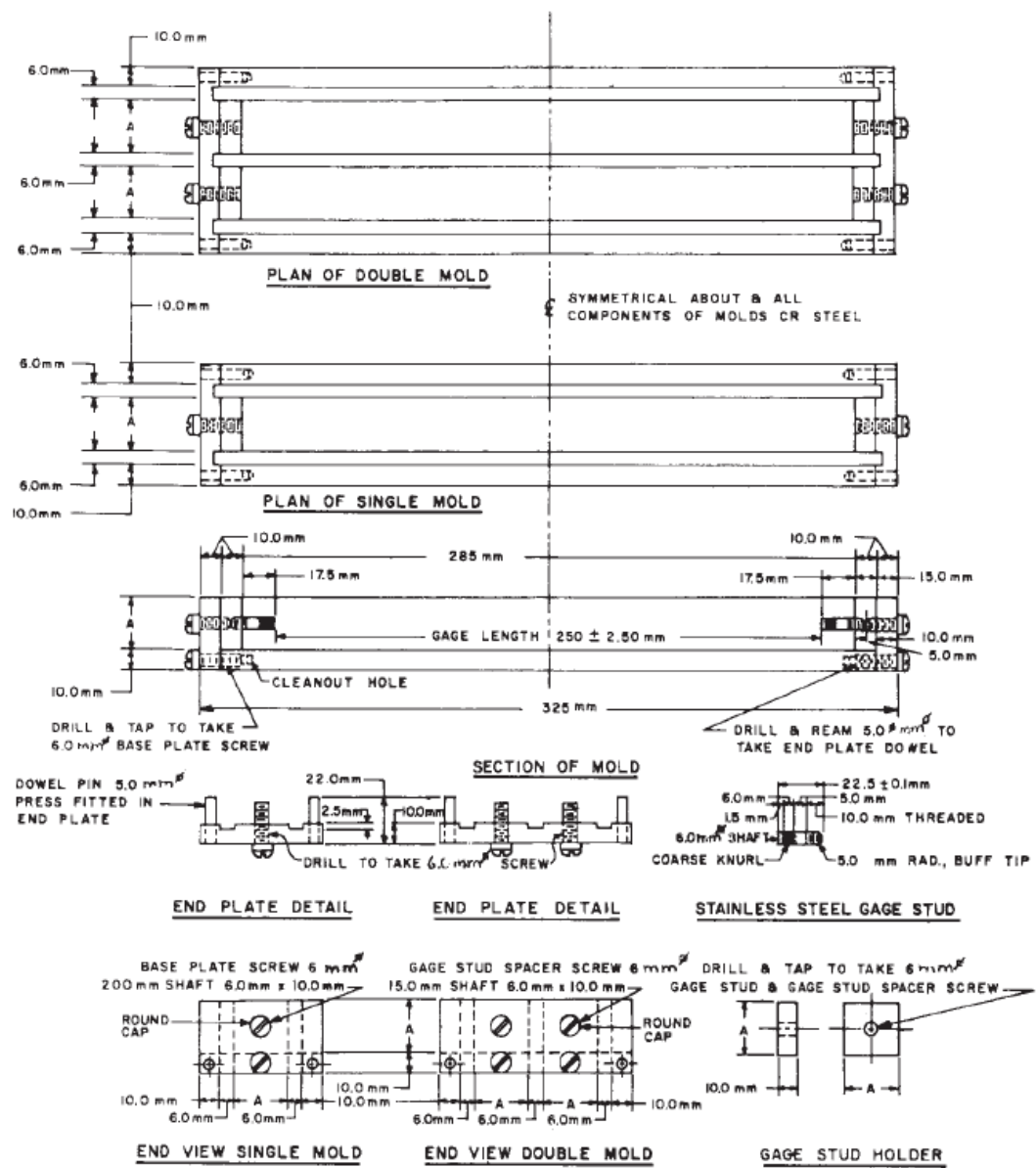
5.2.1 เครื่องเปรียบเทียบความยาว สำหรับวัดความยาวที่เปลี่ยนแปลงของตัวอย่างทดสอบ ต้องใช้ไดอัลไมโครมิเตอร์ (dial micrometer) หรือเครื่องวัดที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.002 mm หรือละเอียดกว่า และมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 0.002 mm ในทุกระยะวัด 0.020 mm และไม่เกิน 0.004 mm ในทุกระยะวัด 0.200 mm นอกจากนี้ต้องมีช่วงวัดเพียงพอ (อย่างน้อย 8.00 mm) สำหรับวัดตัวอย่างทดสอบที่มีขนาดความยาวแตกต่างกันด้วย ส่วนปลายของเครื่องเปรียบเทียบความยาวต้องเรียบ มัน และผ่านการชุบแข็ง ต้องถูกสวมด้วยปลอกซึ่งยึดด้วยสกรู ปลอกต้องห่างจากผิวระนาบของปลายเครื่องเปรียบเทียบความยาว 1.5 ± 0.1 mm ปลอกต้องสามารถให้ปลายหมุดหมุนได้อย่างอิสระและมีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายหมุดเฉลี่ยไม่เกิน 0.5 mm ซึ่งเข้าได้พอดีกับปลอก

5.2.2 แท่งอ้างอิง

ต้องมีความยาวทั้งหมด 295 ± 3.0 mm ซึ่งเหมาะกับตัวอย่างทดสอบที่ใช้ แท่งอ้างอิงทำด้วยเหล็กอัลลอยที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวโดยความร้อนไม่เกิน 2 ส่วนในล้านส่วนต่อองศาเซลเซียส ปลายแต่ละด้านของแท่งอ้างอิงต้องมีรูปร่าง (ความโค้ง) เหมือนปลายหมุดของตัวอย่างทดสอบ ปลายของแท่งอ้างอิงที่สวมเข้าไปในปลอกของเครื่องเปรียบเทียบความยาวจะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 ± 0.25 mm แท่งอ้างอิงต้องไม่ถูกชุบแข็งยกเว้นส่วนปลาย ส่วนกลางของแท่งอ้างอิงต้องถูกหุ้มด้วยท่ออย่างยาว 100 mm ผนังหนาอย่างน้อย 3 mm เพื่อให้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีน้อยที่สุดในขณะถือ แท่งอ้างอิงต้องถูกทำเครื่องหมายที่ใกล้ปลายด้านหนึ่ง

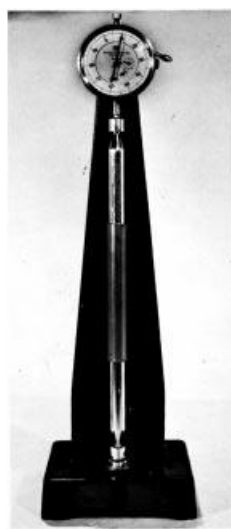
5.3 เหล็กกระทุ้ง

เป็นแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm ความยาวไม่น้อยกว่า 250 mm ปลายด้านที่ใช้กระทุ้งมีลักษณะกลมมน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเดียวกัน



หมายเหตุ $A = 75 \pm 0.7$ mm

รูปที่ 1 แบบหล่อ



รูปที่ 2 ตัวอย่างเครื่องเปรียบเทียบความยาวของตัวอย่างทดสอบ

6. การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

6.1 ตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบคอนกรีตต้องเป็นปริซึมขนาด 75 mm x 75 mm x 285 mm เตรียม 3 ตัวอย่างทดสอบ สำหรับแต่ละสภาวะทดสอบ

6.2 การผสมคอนกรีต

6.2.1 นำวัสดุทั้งหมดเก็บที่อุณหภูมิระหว่าง 18 °C ถึง 24 °C (สำหรับการเปรียบเทียบการขยายตัวของคอนกรีตในสภาพแวดล้อมมาตรฐาน) หรืออุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงก่อนนำไปใช้ผสมคอนกรีต (สำหรับใช้ในการออกแบบคอนกรีตขยายตัวที่ใช้ในการก่อสร้างจริง) สัดส่วนวัสดุที่เป็นของแข็งให้วัดปริมาณโดยมวล อนุญาตให้วัดปริมาณน้ำหรือสารเคมีผสมเพิ่มโดยมวลหรือโดยปริมาตรก็ได้ สำหรับการคำนวณปริมาณมวลรวมในส่วนผสมให้ใช้มวลรวมที่สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (saturated surface-dry)

6.2.2 ผสมคอนกรีตในเครื่องผสมตาม ASTM C192/192M

6.2.3 หาค่าความยุบตัวของคอนกรีตตาม สทร. HSR-CT-4002 หรือ ASTM C143/143M

6.2.4 ทหาระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตตาม มอก. 1736 เล่ม 14 หรือ ASTM C403/C403M

6.3 การหล่อตัวอย่างทดสอบ

นำคอนกรีตใส่ในแบบหล่อ โดยแบ่งเป็น 2 ชั้นเท่า ๆ กัน ตาม ASTM C192/192M ทำให้แต่ละชั้นเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เหล็กกระทุ้ง ยกเว้น ถ้าค่าความยุบตัวน้อยกว่า 75 mm ให้ใช้ตะสันคอนกรีตตาม ASTM C192/192M นอกจากนี้ เมื่อเติมคอนกรีตชั้นบนสุดแล้ว ให้ใช้นิ้วทำให้คอนกรีตเข้าไปในขอบแกนหมุดวัด

แต่ละหมุดอย่างทั่วถึง เติมชั้นบนสุดให้ล้นแบบหล่อเล็กน้อย หลังจากทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ปาดส่วนที่เกินออกและแต่งผิวให้เรียบด้วยเกรียง

7. กระบวนการทดสอบ

7.1 คลุมแบบหล่อตัวอย่างคอนกรีตด้วยแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนหรือวัสดุที่เหมาะสมอื่น ๆ เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำหรือได้รับความชื้นที่ผิวของตัวอย่างทดสอบ หรือวางแบบหล่อในตู้ควบคุมความชื้นหรือห้องควบคุมความชื้นที่อุณหภูมิ 23 ± 2.0 °C หรืออุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงและความชื้นสัมพัทธ์ไม่น้อยกว่า 95%

7.2 นำตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อ เมื่ออายุ 2 h หลังจากการก่อตัวระยะสุดท้าย ตัวอย่างทดสอบทั้งหมดที่จะนำมาเปรียบเทียบความยาวต้องอยู่ภายใต้สภาวะการบ่มเดียวกัน การแกะตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อให้ใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ อย่าออกแรงกดที่หมดวัดโดยตรง ทำเครื่องหมายไว้ที่ด้านหนึ่งของตัวอย่างทดสอบเพื่อกำหนดตำแหน่งโดยใช้ดินสอหรือของเหลวที่มีองค์ประกอบของกราไฟต์เป็นหลักโดยไม่มีสารยัดเกาะหรือใช้หมึกชนิดกันน้ำที่ลบไม่ออก

7.3 อ่านค่าความยาวเริ่มต้นของตัวอย่างทดสอบภายในเวลา 30 ± 2 min หลังจากนำตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อ

7.4 หลังจากอ่านค่าความยาวเริ่มต้นแล้ว ให้ปฏิบัติดังนี้

7.4.1 การบ่มในน้ำ

แช่ตัวอย่างทดสอบในภาชนะที่บรรจุน้ำป้อนใส่อิมมersion ที่ควบคุมอุณหภูมิ 23.0 ± 2.0 °C จนกระทั่งอายุครบ 7 วัน นับจากเวลาในการผสมปูนซีเมนต์และน้ำเข้าด้วยกัน เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาการบ่มตัวอย่างทดสอบ ให้อ่านค่าความยาวเปรียบเทียบอีกครั้งเช่นเดียวกับการอ่านค่าความยาวเริ่มต้น โดยนำตัวอย่างทดสอบออกจากภาชนะครั้งละ 1 ตัวอย่าง เช็ดเฉพาะหมดวัดด้วยผ้าชุบน้ำหมาด ๆ และอ่านค่าความยาวทันที

7.4.2 การบ่มชื้น

ห่อตัวอย่างทดสอบด้วยผ้าชุบน้ำหมาด ๆ แล้วหุ้มด้วยแผ่นพลาสติกหรือวัสดุที่เหมาะสมอื่น ๆ เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำที่ผิวตัวอย่างทดสอบ หรือเก็บตัวอย่างทดสอบในตู้ควบคุมความชื้นหรือห้องควบคุมความชื้นที่อุณหภูมิ 23 ± 2.0 °C และความชื้นสัมพัทธ์ไม่น้อยกว่า 95% จนกระทั่งอายุครบ 7 วัน นับจากเวลาในการผสมปูนซีเมนต์และน้ำเข้าด้วยกัน เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาการบ่มตัวอย่างทดสอบ ให้อ่านค่าความยาวเปรียบเทียบอีกครั้งเช่นเดียวกับการอ่านค่าความยาวเริ่มต้น

7.4.3 การบ่มแบบห่อหุ้ม

หุ้มตัวอย่างทดสอบด้วยแผ่นพลาสติกหรือวัสดุที่เหมาะสมอื่น ๆ เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำหรือได้รับความชื้นที่ผิวของตัวอย่างทดสอบ เก็บตัวอย่างทดสอบในตู้หรือห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 23 ± 2.0 °C จนกระทั่งอายุ

ครบ 7 วัน นับจากเวลาในการผสมปูนซีเมนต์และน้ำเข้าด้วยกัน เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาการบ่มตัวอย่างทดสอบให้อ่านค่าความยาวเปรียบเทียบอีกครั้งเช่นเดียวกับการอ่านค่าความยาวเริ่มต้น

7.4.4 การอ่านค่าความยาวเปรียบเทียบที่อายุก่อนครบ 7 วัน สามารถทำได้เช่นกัน โดยสามารถปรับความถี่ในการอ่านค่าความยาวเปรียบเทียบได้ตามความเหมาะสม

7.5 เงื่อนไขการทดสอบอื่น ๆ

ในกรณีที่ต้องการควบคุมสภาพการบ่มให้ใกล้เคียงกับสภาพการบ่มในการก่อสร้างจริง สามารถกำหนดสภาพการบ่ม เช่น อุณหภูมิและระยะเวลาการบ่มตัวอย่างทดสอบที่แตกต่างจากที่กำหนดนี้ได้ โดยที่ระยะเวลาการบ่มต้องไม่น้อยกว่า 3 วัน และให้บันทึกรายละเอียดเงื่อนไขเหล่านี้ในรายงานด้วย

8. การเก็บตัวอย่างทดสอบสำหรับวัดการหดตัวหลังการขยายตัว

ในกรณีที่ต้องการประเมินการหดตัวของคอนกรีตขยายตัวหลังสิ้นสุดช่วงเวลาการบ่มตัวอย่างทดสอบ ให้เก็บตัวอย่างทดสอบโดยไม่มีการห่อหุ้มด้วยผ้าหรือแผ่นพลาสติกในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ $23 \pm 2^\circ\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ $50 \pm 4\%$ โดยที่แต่ละด้านของตัวอย่างทดสอบห่างจากผนังหรือวัสดุข้างเคียงอย่างน้อย 25 mm และวัดค่าเปลี่ยนแปลงความยาว ตาม มอก. 2752 เล่ม 26 หรือ ASTM C157/C157M โดยความถี่ในการอ่านค่าความยาวเปรียบเทียบสามารถปรับได้ตามความเหมาะสม

9. การคำนวณ

9.1 ค่าการขยายตัวอิสระ

คำนวณค่าการขยายตัวอิสระจากการเปลี่ยนแปลงความยาวของตัวอย่างทดสอบที่อายุต่าง ๆ ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta L = \{ (L_x - L_i) / L_g \} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ ΔL คือ ค่าการขยายตัวอิสระที่อายุ x หน่วยเป็น %

L_x คือ ความยาวของตัวอย่างทดสอบที่อายุ x ลบด้วยความยาวของแท่งอ้างอิงที่อายุ x หน่วยเป็น mm

L_i คือ ความยาวเริ่มต้นของตัวอย่างทดสอบลบด้วยความยาวเริ่มต้นของแท่งอ้างอิง หน่วยเป็น mm

L_g คือ ระยะความยาวเกจเท่ากับ 250 mm ตาม ASTM C490/C490M

9.2 คำนวณค่าการขยายตัวอิสระของตัวอย่างทดสอบละเอียดถึง 0.0001%

10. การรายงานผล

รายงานผลดังต่อไปนี้

- 10.1 มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ
- 10.2 หน่วยงานที่ทดสอบ
- 10.3 วัน และเวลาที่ผสมคอนกรีต
- 10.4 ชนิดและแหล่งของวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีต
- 10.5 ชนิด ขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบ
- 10.6 สัดส่วนผสมคอนกรีต
- 10.7 วิธีการทำคอนกรีตให้แน่นโดยใช้เหล็กกระทุ้งหรือโต๊ะสั่นคอนกรีต
- 10.8 ระยะเวลาการก่อตัวระยะสุดท้าย
- 10.9 วัน และเวลาที่วัดค่าเริ่มต้น
- 10.10 สภาพและระยะเวลาการบ่ม
- 10.11 ค่าการขยายตัวอิสระเฉลี่ยที่อายุที่ต้องการ ระบุละเอียดถึง 0.001%

เอกสารอ้างอิง

- Nguyen T. B. T, Chatchawan, R., Saengsoy, W., Tangtermsirikul, S. and Sugiyama, T. (2019). Influences of Different Types of Fly Ash and Confinement on Performances of Expansive Mortars and Concretes, Construction & Building Materials, Volume 209, pp. 176-186.
- Prayuda, H., Dumar, R., Tanapornraweekit, G., Tangtermsirikul, S., Saengsoy, W., and Matsumoto, K. (2022). Estimation of Restrained Expansion Strain of Reinforced Expansive Concrete considering Mixture and Curing Conditions, Construction and Building Materials, Vol. 322 (2022) 126386, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126386>.