

สทร. HSR-CT-4009-2568

มาตรฐานการทดสอบการคืบตัวของคอนกรีตภายใต้แรงอัด สำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง
(Standard Test Method for Creep of Concrete in Compression in High-Speed Rail
Projects)

บทนำ

มาตรฐานการทดสอบนี้จัดทำขึ้นโดยใช้มาตรฐาน ASTM C512/C512M-15 Standard Test Method for Creep of Concrete in Compression เป็นต้นแบบ

1. ขอบข่าย

- 1.1 วิธีการทดสอบนี้ครอบคลุมการทดสอบการคืบตัวของตัวอย่างทดสอบคอนกรีตทรงกระบอกที่ได้จากการหล่อ โดยทดสอบด้วยการอัดด้วยแรงอัดในแนวแกนอย่างต่อเนื่อง วิธีการทดสอบนี้เหมาะสำหรับคอนกรีตที่มีมวลรวมหยาบขนาดใหญ่ไม่เกิน 50 mm
- 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 สทร. HSR-CT-4001 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนามสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูง
- 2.2 ASTM C39/C39M Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- 2.3 ASTM C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- 2.4 ASTM C617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

3. นิยาม

“การคืบตัว” (creep) หมายถึง พฤติกรรมที่คอนกรีตมีความเครียดเพิ่มขึ้นตามเวลาภายใต้แรงกระทำ หรือน้ำหนักบรรทุกที่คงค้างเป็นระยะเวลานาน

“เพสต์” (paste) หมายถึง ส่วนผสมของวัสดุประสานกับน้ำ โดยอาจมีหรือไม่มีสารผสมเพิ่มก็ได้

4. การใช้มาตรฐาน

- 4.1 วิธีการทดสอบนี้วัดความเครียดภายใต้แรงอัดคงที่อย่างต่อเนื่องที่อายุที่ทดสอบของคอนกรีตภายใต้สภาวะสิ่งแวดล้อมที่ควบคุม
- 4.2 การทดสอบนี้สามารถใช้เปรียบเทียบการคืบตัวของคอนกรีตต่าง ๆ โดยสามารถนำผลการและกราฟมาใช้เพื่อคำนวณหน่วยแรงจากความเครียดในโครงสร้างของโครงการรถไฟความเร็วสูง สำหรับการใช้งานกับการออกแบบเฉพาะ สามารถปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการทดสอบในมาตรฐานนี้ได้เพื่อจำลองสภาพการบ่ม อุณหภูมิ สภาวะแวดล้อม และเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับอายุการรับน้ำหนักของโครงสร้างจริง

หมายเหตุ: ทฤษฎีในปัจจุบัน และผลของวัสดุและสิ่งแวดล้อมมีอธิบายไว้ใน ACI SP-135, Symposium on Creep and Shrinkage of Concrete: Effect of Materials and Environment

- 4.3 ในกรณีที่ไม่สามารถหาสมมติฐานในการอธิบายปรากฏการณ์การคืบตัวที่เกิดขึ้น สามารถใช้ข้อสมมติฐานที่ได้จากการทดสอบและประสบการณ์มาประกอบการพิจารณา
 - 4.3.1 การคืบตัวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเครียดในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 40% ของกำลังอัดของคอนกรีต
 - 4.3.2 การคืบตัวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของเพสต์ในคอนกรีต กล่าวคือ ยิ่งมีปริมาณเพสต์มากขึ้น ยิ่งมีโอกาสเกิดการคืบตัวมากขึ้นด้วย สำหรับคอนกรีตที่มีมวลรวมขนาดใหญ่กว่า 50 mm การทดสอบการคืบตัว สามารถทำได้โดยการใช้ส่วนผสมที่มีมวลรวมขนาดเล็กกว่า 50 mm ซึ่งได้มาจากการร่อนเปียก (wet-sieving) ที่เป็นไปตามมาตรฐาน สทร. HSR-CT-4001 โดยที่ค่าการคืบตัวของคอนกรีตที่มีมวลรวมขนาดใหญ่กว่า 50 mm ก่อนการร่อนแอมมวลรวมขนาดใหญ่กว่า 50 mm ออก สามารถหาได้จากค่าการคืบตัวของตัวอย่างทดสอบที่ได้จากส่วนผสมที่ผ่านการร่อนด้วยอัตราส่วนของปริมาณเพสต์ในส่วนผสมคอนกรีตจริงทั้งหมดต่อปริมาณเพสต์ของตัวอย่างทดสอบที่ผ่านการร่อน
- 4.4 การใช้สมการลอการิทึมในข้อ 9 ไม่ได้หมายความว่าความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างการคืบตัวกับเวลาเป็นฟังก์ชันลอการิทึม แต่ในช่วงเวลา 1 ปี สมการนี้สามารถประมาณพฤติกรรมการคืบตัวของคอนกรีตได้อย่างแม่นยำเพียงพอที่จะใช้หาพารามิเตอร์ที่เป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบสมบัติของคอนกรีตได้

- 4.5 ในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลที่สนับสนุนการนำผลลัพธ์จากการทดสอบนี้ไปใช้ในกรณีของแรงดึง หรือแรงบิด ซึ่งหมายความว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบนี้ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อวิเคราะห์หรือคาดการณ์พฤติกรรมของคอนกรีตเมื่อถูกแรงดึงหรือแรงบิดได้

5. อุปกรณ์และเครื่องมือ

5.1 แบบหล่อ

ต้องมีรูปทรงกระบอกที่มีขนาด 100 mm x 200 mm หรือ 150 mm x 300 mm หากต้องการเพิ่มความสะดวกในช่วงการทดสอบสามารถติดตั้งหมุดวัดและชิ้นส่วนเสริมอื่น รวมถึงติดแผ่นเหล็กรองที่ปลายทั้งสองของตัวอย่างทดสอบในขณะที่หล่อตัวอย่างทดสอบไปด้วยกัน

5.2 โครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุก (loading frame)

ต้องสามารถให้และรักษาแรงกระทำคงค้างที่ต้องการบนตัวอย่างทดสอบได้ สำหรับขนาดของตัวอย่างทดสอบใด ๆ ที่ต้องการทดสอบ

องค์ประกอบของโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุก มีดังต่อไปนี้

- แผ่นเหล็กกระจายน้ำหนักที่อยู่ด้านบนและด้านล่างของตัวอย่างทดสอบ ซึ่งช่วยในการกระจายแรงอัดให้เท่าๆ กันตลอดหน้าตัดของตัวอย่างทดสอบ
- ระยะห่างระหว่างแผ่นเหล็กกระจายน้ำหนักต้องไม่เกิน 1780 mm
- อุปกรณ์ช่วยรักษาแรงอัดให้คงที่ เช่น สปริง หรือระบบไฮดรอลิก เป็นต้น
- แท่งเกลียวที่ใช้รับแรงในโครงที่ถ่ายมาจากการอัดตัวอย่างทดสอบ (threaded rods)

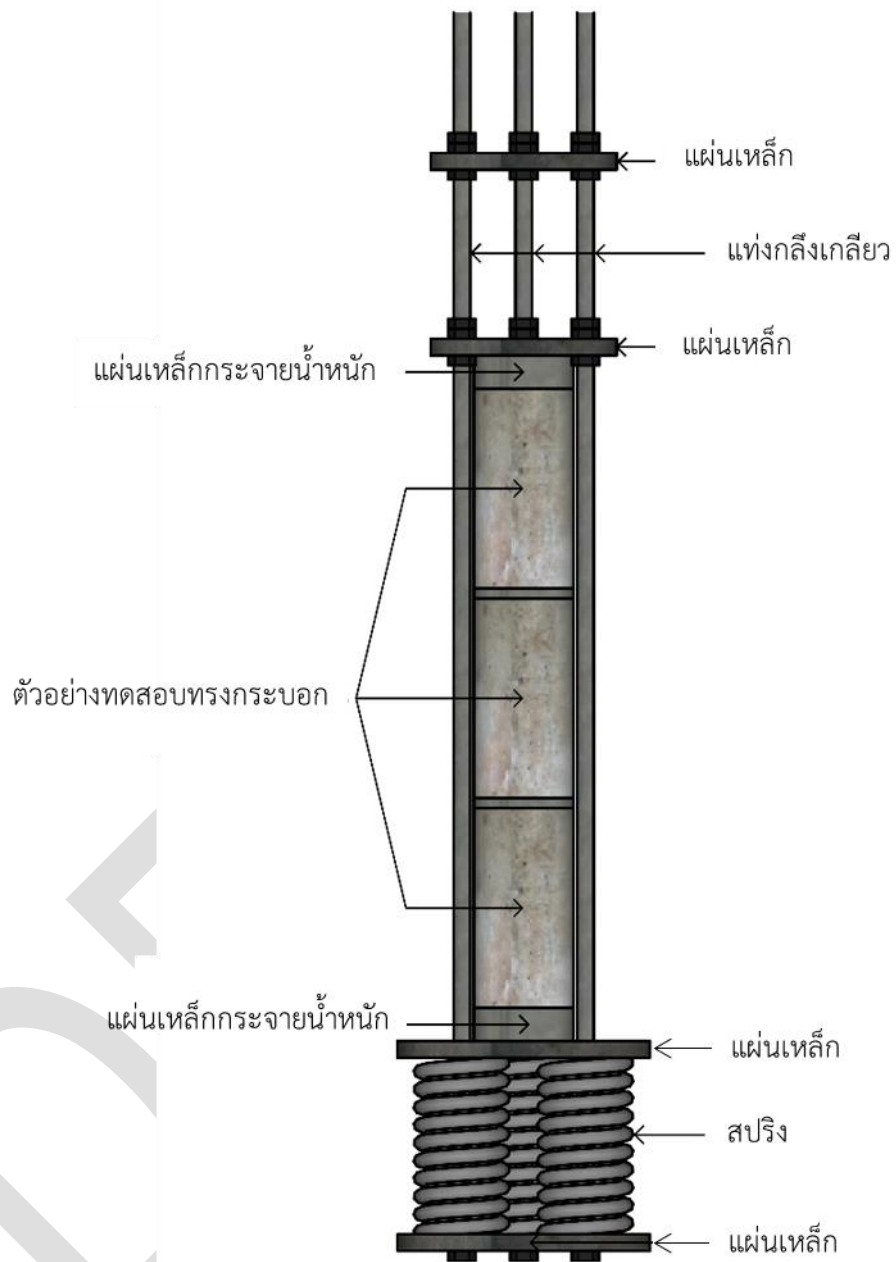
คุณสมบัติและข้อกำหนด

- ความเรียบของพื้นผิว พื้นผิวของแผ่นเหล็กกระจายน้ำหนักต้องมีความขรุขระไม่เกิน 0.025 mm เพื่อให้แรงกดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ
- การทดสอบหลายตัวอย่างทดสอบพร้อมกัน สามารถวางตัวอย่างทดสอบหลายตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบพร้อมกันได้ ในโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุกโครงเดียวกัน โดยจำนวนตัวอย่างทดสอบในโครงเดียวกันต้องไม่มากเกินไปจนทำให้แรงที่ให้กับตัวอย่างทดสอบมีการเยื้องศูนย์มากเกินไป โดยทั่วไปจำนวนตัวอย่างทดสอบในโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุกเดียวกันมักมีจำนวน 3 ตัวอย่างโดยเป็นตัวอย่างทดสอบที่มีส่วนผสมเดียวกัน
- สามารถใช้ระบบไฮดรอลิกเดียวเพื่อรักษาแรงกดที่ให้กับโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุกหลายโครงได้ โดยควบคุมผ่านอุปกรณ์ควบคุมแรงดัน ที่ประกอบไปด้วย ถังเก็บน้ำมันไฮดรอลิก (accumulator) อุปกรณ์ควบคุมแรงดัน (regulator) เครื่องมือวัดแรงดัน (indicating gages) และแหล่งกำเนิดแรงดันสูง (high pressure source) เช่น ถังไนโตรเจน หรือปั๊มแรงดันสูง

- สามารถใช้สปริง เช่น สปริงที่ใช้กับรถไฟ ในการช่วยควบคุมแรงอัดในโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุก ควรบีบอัดสปริงก่อนด้วยแม่แรงไฮดรอลิกหรือเครื่องทดสอบ และควรใช้ชุดถ่วงน้ำหนักที่ประกอบด้วย แผ่นเหล็กหนาสองแผ่นและมีลูกเหล็กกลมตรงกลาง เพื่อใช้ในการปรับแรงกดให้สม่ำเสมอบนหน้าตัดของ ตัวอย่างทดสอบ

- ค่าแรงกดยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 2% ของแรงกดทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ และสามารถใช้แม่แรงไฮดรอลิกหรือโหลดเซล (load cell) ที่ติดตั้งแทรกไว้ในโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุก เพื่อช่วยในการวัด หรือปรับแรงกดได้

รูปที่ 1 แสดงภาพโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุกสำหรับทดสอบการคืบตัว โดยมีตัวอย่างทดสอบ คอนกรีตที่ทดสอบอยู่ด้วย



รูปที่ 1 โครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุกทุกสำหรับทดสอบการคืบตัว

5.3 อุปกรณ์วัดความเครียด

อุปกรณ์สำหรับวัดความเครียดตามแนวแกนของตัวอย่างทดสอบควรวัดได้ละเอียดถึง 10 μm หากใช้เครื่องมือแบบพกพาจุดวัดต้องได้รับการติดตั้งอย่างมั่นคง และไม่อนุญาตให้ใช้เกจสัมผัสชนิดใช้แรงเสียด

ทาน หากใช้เกจแบบฝังต้องติดตั้งในลักษณะที่การเปลี่ยนแปลงของความเครียดเกิดขึ้นตามแนวแกนยาวของตัวอย่างทดสอบ นอกจากนี้หากใช้เกจชนิดใช้ภายนอกต้องมีการวัดความเครียดอย่างน้อยสองตำแหน่งที่ติดตั้งห่างเท่าๆ กันรอบตัวอย่างทดสอบ โดยให้สามารถอ่านค่าความเครียดเฉลี่ยจากทุกตำแหน่งได้โดยตรง ความยาวของเกจ ต้องไม่น้อยกว่า 3 เท่าของขนาดโตสุดของหินในคอนกรีต และอุปกรณ์วัดความเครียดจะต้องสามารถทำการวัดได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปีโดยไม่ต้องมีการสอบเทียบ

5.4 อุปกรณ์และเครื่องมือควรได้รับการสอบเทียบให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

6. การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

6.1 ขนาดตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบขนาด 100 mm x 200 mm ต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 ± 1.5 mm และความยาวจะต้องไม่น้อยกว่า 190 mm ส่วนตัวอย่างทดสอบขนาด 150 mm x 300 mm ต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 ± 1.5 mm และความยาวจะต้องไม่น้อยกว่า 290 mm หากมีการใช้แผ่นเหล็กรับแรงแบกทาน (bearing plate) ที่ปลายของตัวอย่างทดสอบความยาวของตัวอย่างทดสอบจะต้องไม่น้อยกว่าความยาวเกจของอุปกรณ์วัดความเครียดบวกเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างทดสอบ หากปลายหน้าตัดของตัวอย่างทดสอบสัมผัสกับตัวอย่างทดสอบคอนกรีตอื่น ความยาวของตัวอย่างทดสอบจะต้องไม่น้อยกว่าความยาวเกจของอุปกรณ์วัดความเครียดบวก 40 mm นอกจากนี้ หากมีการใช้แผ่นเหล็กรับแรงแบกทาน ระหว่างตัวอย่างทดสอบและแผ่นเหล็กรับแรงแบกทานจะต้องคั่นด้วยคอนกรีตทรงกระบอกที่ไม่มีอุปกรณ์วัดและมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับตัวอย่างทดสอบทรงกระบอกที่ใช้ทดสอบ และมีความยาวไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางนั้น หากมีการเคลือบหัวตัวอย่างทดสอบ (capping) ก็ไม่จำเป็นต้องใช้คอนกรีตทรงกระบอกคั่น ทั้งนี้วัสดุที่ใช้ในการเคลือบหัวตัวอย่างทดสอบต้องมีกำลังอย่างน้อยเทียบเท่ากับกำลังของตัวอย่างทดสอบ

6.2 การหล่อตัวอย่างทดสอบ

มวลรวมหยาบต้องมีขนาดไม่เกิน 50 mm (ตามข้อ 4.3) สำหรับการหล่อตัวอย่างทดสอบทรงกระบอกในแนวตั้งให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C192/C192M หน้าตัดของทรงกระบอกต้องเป็นไปตามข้อกำหนดเรื่องความเรียบที่ระบุในมาตรฐาน ASTM C617 โดยเกณฑ์ความขรุขระต้องไม่เกิน 0.05 mm วัดได้โดยการใช้สันไม้บรรทัดทาบนปลายหน้าตัดของตัวอย่างทดสอบแล้ววัดด้วยฟิลเลอร์เกจ โดยให้วัดผ่านเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าตัดในสามทิศทางเป็นอย่างน้อย ต้องทำตัวอย่างทดสอบให้แน่นด้วยวิธีที่เหมาะสมกับความชื้นเหลวของคอนกรีตตามมาตรฐาน C192/C192M ต้องระมัดระวังไม่ให้หัวสั่นหรือแท่งกระทุ้งกระทบกับอุปกรณ์วัดความเครียด หากใช้เครื่องสั่นคอนกรีตในการทำให้คอนกรีตแน่น ควรหล่อตัวอย่างทดสอบคอนกรีตเพียงชั้นเดียวและหัวสั่นต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 35 mm หากใช้แท่งเหล็กกระทุ้ง

ในการทำให้คอนกรีตแน่น ควรหล่อตัวอย่างทดสอบคอนกรีตโดยการเทเป็นสองชั้นในปริมาณที่เท่าๆ กันในแต่ละชั้น และจะต้องกระทุ้งคอนกรีตแต่ละชั้น 25 ครั้งอย่างสม่ำเสมอ เมื่อตัวอย่างทดสอบคอนกรีตแน่นแล้ว ควรปาดตัวอย่างทดสอบด้วยเกรียง

6.3 จำนวนตัวอย่างทดสอบ

ไม่น้อยกว่า 6 ตัวอย่างทดสอบต่อหนึ่งส่วนผสม โดยตัวอย่างทดสอบจำนวนสองตัวอย่างจะใช้เพื่อทดสอบกำลังอัด ตัวอย่างทดสอบอีกอย่างน้อยสองตัวอย่างจะใช้ในการทดสอบหาความเครียดรวมภายใต้แรงกระทำในโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุก และตัวอย่างทดสอบสองตัวอย่างสุดท้ายจะไม่ถูกให้แรงกระทำแต่จะใช้เป็นตัวอย่างทดสอบควบคุมเพื่อหาค่าความเครียดที่เกิดจากสาเหตุอื่นนอกเหนือจากแรงที่กระทำ เช่น จากการหดตัวแบบแห้ง ทั้งนี้ตัวอย่างทดสอบที่ใช้ทดสอบกำลังอัด และตัวอย่างทดสอบควบคุมต้องได้รับการบ่มและเก็บรักษาในลักษณะเดียวกับตัวอย่างทดสอบที่ถูกให้แรงกระทำในโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุก

7. การบ่มและการเก็บตัวอย่างทดสอบ

การบ่มและการเก็บตัวอย่างทดสอบให้ทำดังต่อไปนี้

7.1 การบ่มแบบมาตรฐาน (standard curing)

ก่อนถอดตัวอย่างทดสอบออกจากแบบ ต้องเก็บตัวอย่างทดสอบไว้ในที่อุณหภูมิ 23.0 ± 2.0 °C และต้องปิดคลุมเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ นำตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อในช่วงเวลาไม่น้อยกว่า 20 h และไม่เกิน 48 h หลังจากเทคอนกรีต จากนั้นนำตัวอย่างทดสอบไปเก็บไว้ในสภาพชื้นที่อุณหภูมิ 23.0 ± 2.0 °C จนกระทั่งอายุ 7 วัน ทั้งนี้สภาพชื้นหมายความว่า ต้องมีน้ำเกาะอยู่บนผิวตัวอย่างทดสอบตลอดเวลา ทั้งนี้ไม่ให้มีน้ำไหลผ่านหรือแช่ตัวอย่างทดสอบในน้ำ หลังการบ่มในสภาพชื้นแล้วให้เก็บตัวอย่างทดสอบไว้ในที่มีอุณหภูมิ 23.0 ± 1.0 °C และความชื้นสัมพัทธ์ $50 \pm 4\%$ จนกว่าจะเสร็จสิ้นการทดสอบ

7.2 การบ่มเพื่อทดสอบการคืบตัวพื้นฐาน (basic creep curing)

หากต้องการป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากหรือการได้รับน้ำเข้าสู่ตัวอย่างทดสอบคอนกรีตระหว่างการเก็บรักษาและการทดสอบ ให้ป้องกันการระเหยของน้ำออกจากตัวอย่างทดสอบคอนกรีตทันทีหลังจากหล่อตัวอย่างทดสอบ หลังจากถอดแบบหุ้มตัวอย่างทดสอบคอนกรีตด้วยวัสดุกันน้ำ (เช่น แผ่นทองแดงหรือยางบิวทิล) ตัวอย่างทดสอบที่หุ้มแล้วต้องอยู่ในสภาพถูกห่อหุ้มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและการทดสอบ

7.3 การบ่มแบบอุณหภูมิแปรผัน (variable curing temperature regimen)

เมื่อต้องการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อสมบัติยืดหยุ่น (elastic) และไม่ยืดหยุ่น (inelastic) ของคอนกรีต (เช่น สภาวะที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนหรือที่เรียกว่าสภาวะแบบอะเดียแบติก (adiabatic) ใน

คอนกรีตขนาดใหญ่ หรือสภาวะการบ่มแบบเร่งอุณหภูมิ) ต้องควบคุมอุณหภูมิในสถานที่เก็บตัวอย่างทดสอบให้สอดคล้องกับการแปรผันอุณหภูมิที่ต้องการ

7.4 เงื่อนไขการบ่มอื่นๆ

สามารถกำหนดอายุการทดสอบและสภาพการเก็บรักษาตัวอย่างทดสอบที่แตกต่างจากที่กำหนดนี้ได้สำหรับการใช้งานเฉพาะด้าน ในกรณีนี้ให้บันทึกรายละเอียดเงื่อนไขเหล่านี้ในรายงานด้วย

8. กระบวนการทดสอบ

8.1 อายุของตัวอย่างทดสอบ ณ เวลาที่เริ่มให้น้ำหนัก

หากวัตถุประสงค์ของการทดสอบคือการเปรียบเทียบการคืบตัวของคอนกรีตต่างชนิดกัน ให้เริ่มใส่น้ำหนักที่อายุตัวอย่างทดสอบคอนกรีต 28 วัน แต่หากต้องการศึกษาพฤติกรรมอย่างสมบูรณ์ของการคืบของคอนกรีต ส่วนผสมใดส่วนผสมหนึ่ง ให้เตรียมตัวอย่างทดสอบจำนวนมากพอที่จะใช้เริ่มใส่น้ำหนักที่หลายอายุ ดังต่อไปนี้ 2 วัน 7 วัน 28 วัน 90 วัน และ 1 ปี ทั้งนี้หากต้องการผลทดสอบที่อายุอื่นๆ ต้องระบุอายุนั้นในรายงานด้วย

8.2 รายละเอียดการให้น้ำหนัก

- ก่อนให้น้ำหนักตัวอย่างทดสอบ ให้ทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM C39/C39M
- นำตัวอย่างทดสอบวางในโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุก (loading frame) หลังจากนำตัวอย่างทดสอบวางในโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุกแล้ว ให้คลุมด้านหัวท้ายของตัวอย่างทดสอบที่ใช้วัดค่าการหดตัวแห้ง โดยอาจใช้การเคลือบด้วยอีพ็อกซี หรือโพลีเมอร์ ก็ได้ เพื่อไม่ให้สูญเสียความชื้นของตัวอย่างทดสอบออกจากพื้นผิวทั้งสองปลาย (ให้สูญเสียความชื้นออกจากผิวด้านข้างได้เท่านั้น)
- เมื่อวางตัวอย่างทดสอบในโครงสำหรับให้น้ำหนักบรรทุก ต้องจัดตำแหน่งตัวอย่างทดสอบให้ตรงแนวเพื่อหลีกเลี่ยงการรับน้ำหนักเยื้องศูนย์
- หากใช้ตัวอย่างทดสอบทรงกระบอกที่วางซ้อนกันและใช้เครื่องมือวัดความเครียดภายนอก ควรให้น้ำหนักเบื้องต้นเล็กน้อย โดยให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นไม่เกิน 1380 kPa จากนั้นสังเกตการกระจายความเครียดรอบๆ ตัวอย่างทดสอบแต่ละชิ้น หากพบความไม่สม่ำเสมอ ให้ยกน้ำหนักออกและจัดตำแหน่งตัวอย่างทดสอบใหม่ เพื่อให้ความเครียดกระจายตัวสม่ำเสมอมากขึ้น
- ให้น้ำหนักที่ระดับไม่เกิน 40% ของกำลังอัดที่อายุที่เริ่มทดสอบ
- อ่านค่าความเครียดทันทีก่อนและหลังการรับน้ำหนัก
- อ่านค่าอีกครั้งในระหว่างรับน้ำหนักผ่านไปแล้วในช่วง 2 h ถึง 6 h
- อ่านค่าทุกวันเป็นเวลา 1 สัปดาห์

- อ่านค่าทุกสัปดาห์จนสิ้นสุด 1 เดือน
- อ่านค่าทุกเดือนจนสิ้นสุด 1 ปี
- ก่อนอ่านค่าความเครียดแต่ละครั้ง ให้วัดค่าน้ำหนัก (แรง) ที่คงค้าง หากน้ำหนักที่คงค้างเปลี่ยนแปลงเกิน $\pm 2\%$ จากค่าที่กำหนด ต้องปรับน้ำหนักให้ถูกต้อง
- อ่านค่าความเครียดของตัวอย่างทดสอบควบคุมตามตารางเวลาเดียวกันกับตัวอย่างทดสอบที่ให้น้ำหนัก
- หากใช้สปริงเพื่อรักษาน้ำหนัก สามารถปรับน้ำหนักโดยการขันน็อตบนแท่งเกลียวที่ใช้รับแรง

9. การคำนวณ

9.1 คำนวณความเครียดรวมต่อหน่วยแรงที่เกิดจากการให้น้ำหนัก ณ เวลาใดๆ โดยหาผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความเครียดของตัวอย่างทดสอบที่รับน้ำหนักกับตัวอย่างทดสอบควบคุม แล้วหารด้วยค่าเฉลี่ยของหน่วยแรง

ในการหาความเครียดการคืบต่อหน่วยแรงที่อายุใดๆ สามารถหาได้จากความเครียดรวมที่เกิดจากแรงกระทำต่อหน่วยแรง ณ อายุนั้นลบด้วยความเครียดต่อหน่วยแรงที่เกิดขึ้นทันทีหลังการให้น้ำหนัก หากต้องการ สามารถเขียนกราฟความเครียดรวมต่อหน่วยแรงบนกระดาษพิกัดเซมิลอการิทึม โดยที่แกนลอการิทึมแสดงเวลา เพื่อหาค่าคงที่ $1/E$ และ $F(K)$ ดังสมการต่อไปนี้

$$\epsilon = (1/E) + F(K) \ln(t+1) \quad (1)$$

โดยที่ ϵ คือ ความเครียดรวมต่อหน่วยแรง (MPa^{-1})

E คือ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (MPa)

$F(K)$ คือ อัตราการคืบตัว ซึ่งคำนวณได้จากความชันของเส้นตรงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการคืบตัวกับเวลาบนกราฟเซมิลอการิทึม (เวลาแสดงในแกนลอการิทึม)

t คือ เวลาหลังจากเริ่มให้น้ำหนัก (วัน)

10. การรายงานผล

10.1 รายงานผลดังต่อไปนี้

10.1.1 มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

10.1.2 หน่วยงานที่ทดสอบ

10.1.3 วัน และเวลาที่ผสมคอนกรีต

- 10.1.4 ปริมาณปูนซีเมนต์ อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ขนาดหินใหญ่สุด ค่ายุบตัว และปริมาณอากาศในคอนกรีต
- 10.1.5 ชนิดและแหล่งของปูนซีเมนต์ มวลรวม สารผสมคอนกรีต น้ำ
- 10.1.6 สภาพแวดล้อมของตัวอย่างทดสอบก่อนและหลังเริ่มให้น้ำหนัก
- 10.1.7 อายุของตัวอย่างทดสอบ ณ อายุที่เริ่มให้น้ำหนัก
- 10.1.8 กำลังอัด ณ อายุที่เริ่มให้น้ำหนัก
- 10.1.9 ชนิดของอุปกรณ์วัดความเครียด
- 10.1.10 ค่าของน้ำหนักเบื้องต้นที่ใส่ลงหน้า (เพื่อปรับความเครียดให้กระจายตัวสม่ำเสมอในหน้าตัดของตัวอย่างทดสอบ)
- 10.1.11 ค่าของน้ำหนักที่ให้ (แรงที่กระทำต่อตัวอย่างทดสอบ)
- 10.1.12 ความเครียดยืดหยุ่นช่วงเริ่มต้นของการให้น้ำหนัก
- 10.1.13 ความเครียดการคืบตัวต่อหน่วยแรงที่อายุที่กำหนดจนถึง 1 ปี
- 10.1.14 อัตราการคืบตัว $F(K)$

11. ความแม่นยำ

- 11.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนของการทดสอบโดยผู้ปฏิบัติงานคนเดียวในกลุ่มตัวอย่างทดสอบกลุ่มเดียว (single-operator single-batch coefficient of variation) มีค่าเท่ากับ 4.0% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดสอบโดยผู้ปฏิบัติงานคนเดียวในกลุ่มตัวอย่างทดสอบหลายกลุ่ม (single-operator multi-batch coefficient of variation) มีค่าเท่ากับ 9.0% ในช่วงของความเครียดการคืบตัวตั้งแต่ 250 μm ถึง 2000 μm ผลที่ได้จากการทดสอบสองครั้งที่ดำเนินการอย่างถูกต้องโดยผู้ปฏิบัติงานคนเดียวกันโดยใช้วัสดุเดียวกันไม่ควรแตกต่างกันเกินกว่า 6% ของค่าเฉลี่ย ส่วนที่ได้จากการทดสอบสองครั้งที่ดำเนินการอย่างถูกต้องโดยผู้ปฏิบัติงานคนเดียวกันโดยใช้วัสดุที่หล่อคนละครั้ง ไม่ควรแตกต่างกันเกินกว่า 13% ของค่าเฉลี่ย
- 11.2 ค่าที่ได้จากการทดสอบนี้เป็นค่าที่จำกัดโดยวิธีทดสอบที่กำหนดนี้เท่านั้น