

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบปูนซีเมนต์

เล่ม 15 วิธีทดสอบการก่อตัวก่อนกำหนดของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (โดยใช้วิธีเพสต์)

บทนำ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยอาศัย ASTM C451-18 Standard Test Method for Early Stiffening of Hydraulic Cement (Paste Method) ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของ ASTM International ตั้งอยู่ที่เลขที่ 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, สหรัฐอเมริกา โดยได้รับอนุญาตจาก ASTM International

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดวิธีทดสอบการก่อตัวก่อนกำหนดของซีเมนต์ไฮดรอลิกเพสต์

2. เอกสารอ้างอิง

- 2.1 มาตรฐานอ้างอิง
- | | |
|-------------------|---|
| มอก. 15 เล่ม 1 | ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ |
| ASTM C183 | Practice for Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement |
| มอก. 2752 เล่ม 8 | วิธีทดสอบปูนซีเมนต์ เล่ม 8 วิธีทดสอบปริมาณน้ำที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความชื้นเหลวปกติของซีเมนต์ไฮดรอลิกเพสต์ |
| ASTM C219 | Terminology Relating to Hydraulic Cement |
| มอก. 2752 เล่ม 17 | วิธีทดสอบปูนซีเมนต์ เล่ม 17 การผสมซีเมนต์ไฮดรอลิกเพสต์ และมอร์ตาร์ในสภาพเหลวด้วยเครื่องผสม |
| ASTM C670 | Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials |
| ASTM C1005 | Specification for Reference Masses and Devices for Determining Mass and Volume for Use in the Physical Testing of Hydraulic Cements |

3. บทนิยาม

3.1 คำจำกัดความ

3.1.1 การก่อตัวก่อนกำหนด (Early stiffening)

การพัฒนาการก่อตัวในระยะแรกตามพฤติกรรมของซีเมนต์ไฮดรอลิกเพสต์ มอร์ตาร์ หรือคอนกรีต ประกอบไปด้วย การก่อตัวผิดปกติ (False set) และ การก่อตัวฉับพลัน (Flash set)

3.1.2 การก่อตัวผิดปกติ (False set)

การพัฒนาการก่อตัวในระยะแรกตามพฤติกรรมของซีเมนต์ไฮดรอลิกเพสต์ มอร์ตาร์ หรือคอนกรีต ทำให้แข็งตัวอย่างรวดเร็วโดยไม่เกิดความร้อนขึ้นมากนัก และสามารถคืนตัวได้อีกถ้าผสมต่อไปโดยไม่ต้องเติมน้ำเข้าไปในส่วนผสมนั้น ซึ่งอาจเรียกว่า grab set, premature stiffening, hesitation set, หรือ rubber set

3.1.3 การก่อตัวฉับพลัน (Flash set)

การพัฒนาการก่อตัวในระยะแรกตามพฤติกรรมของซีเมนต์ไฮดรอลิกเพสต์ มอร์ตาร์ หรือคอนกรีต มีการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปจะเกิดความร้อนขึ้นมากและไม่สามารถคืนตัวได้อีกถ้าผสมต่อไปโดยไม่ต้องเติมน้ำเข้าไปในส่วนผสมนั้น ซึ่งอาจเรียกว่า quick set

3.1.4 บทนิยามตาม ASTM C219

4. สรุปรวิธทดสอบ

4.1 เตรียมซีเมนต์เพสต์กับน้ำในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบระยะจมน้ำด้วยเครื่องทดสอบแบบไวแคตหลังจากผสมเสร็จ จากนั้นหาระยะจมน้ำตามเวลาที่กำหนด ให้คำนวณอัตราส่วนของระยะจมน้ำต่อระยะจมน้ำ เป็นร้อยละ

5. นัยสำคัญและการใช้งาน

5.1 วัตถุประสงค์ของวิธีทดสอบนี้เพื่อทดสอบอัตราการเกิดการก่อตัวก่อนกำหนด หรือเพื่อตรวจสอบว่าปูนซีเมนต์เป็นไปตามข้อกำหนดการก่อตัวก่อนกำหนด

5.2 เมื่อนำมาใช้สำหรับการตั้งเป็นเกณฑ์คุณภาพคุณลักษณะของการก่อตัวก่อนกำหนดนั้น ตามปกติแล้วจะกล่าวในรูปของค่าขั้นต่ำสำหรับระยะจมน้ำ เป็นร้อยละดังแสดงในส่วนของการคำนวณ การประเมินแนวโน้มการก่อตัวก่อนกำหนดของปูนซีเมนต์ ข้อมูลเพิ่มเติมสามารถหาโดยใช้วิธีหาค่าระยะจมน้ำหลังผสมซ้ำตามที่อธิบายไว้ในส่วนวิธีทดสอบ เพื่อแยกความแตกต่างที่ค่อนข้างรุนแรงน้อยและมีแนวโน้มที่จะเกิดการก่อตัวผิดปกติ หรือส่งผลรุนแรงมากขึ้นจนเกิดการก่อตัวฉับพลัน

5.3 การก่อตัวผิดปกติของปูนซีเมนต์อาจก่อให้เกิดปัญหาในการเทหรือการขนย้าย อาจป้องกันได้โดยผสมคอนกรีตให้นานกว่าปกติโดยใช้รถผสมหรือรถกวน หรือโดยการผสมซ้ำที่หน้างาน

5.4 ปูนซีเมนต์ที่มีการก่อตัวผิดปกตินั้น โดยทั่วไปต้องการน้ำมาผสมมากกว่าปกติเล็กน้อยเพื่อให้ได้ความชื้นเหลวที่ต้องการซึ่งส่งผลให้คอนกรีตมีกำลังต่ำลง และเพิ่มการแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต

- 5.5 การก่อตัวผิปกติไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้คุณสมบัติในด้านระยะเวลาก่อตัวของปูนซีเมนต์นั้นไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้
- 5.6 การก่อตัวฉับพลันเป็นสาเหตุที่ทำให้คุณสมบัติในด้านระยะเวลาก่อตัวของปูนซีเมนต์นั้นไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด

6. เครื่องมือทดสอบ

- 6.1 เครื่องมือทดสอบแบบไวแคต
ตามที่กำหนดไว้ในข้อ 5.3 มอก. 2752 เล่ม 8
- 6.2 เกรียงเหล็ก
มีขอบคม สันตรง ยาว 100 ถึง 150 mm ขอบเมื่อวางบนพื้นราบจะแตกต่างจากแนวตรงได้ไม่เกิน 1 mm
- 6.3 เครื่องผสม อ่างผสม ใบพาย และพายชูด
ตามที่กำหนดไว้ในข้อ 4 มอก. 2752 เล่ม 17
- 6.4 กระจกตวง
มีความจุ 200 mL หรือ 250 mL และตาม ASTM C1005
- 6.5 ตูมน้ำหนักและเครื่องชั่ง
ตาม ASTM C1005 และเครื่องชั่งต้องมีการปรับเทียบให้มีความแม่นยำและความถูกต้องที่มวลรวม 1 000 g
- 6.6 วงแหวนรูปกรวย
ทำจากวัสดุที่ไม่เปลี่ยนรูป ไม่กัดกร่อน และไม่ดูดซึม มีความสูง 40 mm \pm 1 mm เส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ส่วนล่าง 70 mm \pm 3 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ส่วนบน 60 mm \pm 3 mm (ดูวงแหวนรูปกรวย G ในรูปที่ 1 ข้อ 5.3 มอก. 2752 เล่ม 8)
- 6.7 แผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึม
รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 100 mm \pm 5 mm มีความเรียบ ทนการกัดกร่อน และไม่ดูดซึมเช่นเดียวกับกระจก (ดู แผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึม H ในรูปที่ 1 ข้อ 5.3 มอก. 2752 เล่ม 8)
- 6.8 การตรวจสอบเครื่องมือทดสอบตามข้อ 6. ให้เป็นไปตามการทดสอบนี้อย่างน้อยทุก 2 ½ y

7. สารละลาย

- 7.1 น้ำผสม
น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำกลั่นหรือน้ำปราศจากไอออน

8. การชักตัวอย่าง

- 8.1 การชักตัวอย่างปูนซีเมนต์ ตาม ASTM C183

9. สภาพ

- 9.1 อุณหภูมิของห้อง วัสดุแห้ง ใบพาย อ่างผสม วงแหวนรูปกรวยและแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึม ที่ $23.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิของน้ำผสมที่ $23.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 9.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องผสมไม่น้อยกว่า 50%

10. วิธีทดสอบ

10.1 การเตรียมซีเมนต์เพสต์

ผสมปูนซีเมนต์ 500 g กับน้ำในปริมาณที่จะทำให้ซีเมนต์เพสต์มีระยะจมตัน (initial penetration) $32\text{ mm} \pm 4\text{ mm}$ โดยวิธีการดังต่อไปนี้

10.1.1 ติดตั้งใบพายและอ่างผสมที่แห้งในตำแหน่งที่ใช้ผสมบนเครื่องผสม

10.1.2 เติมน้ำส่วนผสมต่างๆ ลงในอ่างผสม และผสมด้วยวิธีการต่อไปนี้

10.1.2.1 เทน้ำที่จะใช้ผสมทั้งหมดลงในอ่างผสม

10.1.2.2 เติมน้ำปูนซีเมนต์ลงในน้ำและปล่อยให้ 30 s เพื่อให้ดูดซึมน้ำ

10.1.2.3 เดินเครื่องผสมด้วยความเร็วช้า $140\text{ r/min} \pm 5\text{ r/min}$ เป็นเวลา 30 s

10.1.2.4 หยุดเครื่องผสม 15 s ในระหว่างหยุดให้ชุดซีเมนต์เพสต์ที่ติดขอบอ่างผสมลงไว้รวมกัน

10.1.2.5 เดินเครื่องผสมด้วยความเร็วปานกลาง $285\text{ r/min} \pm 10\text{ r/min}$ เป็นเวลา $2\frac{1}{2}\text{ min}$

10.2 การหล่อขึ้นทดสอบ

ปั้นซีเมนต์เพสต์ให้เป็นก้อนกลมโดยเร็วด้วยมือที่สวมถุงมือยาง วางวงแหวนรูปกรวยโดยวางด้านปลายเล็กลงบนฝ่ามือข้างหนึ่ง แล้วใช้มืออีกข้างกดซีเมนต์เพสต์ลงด้านปลายใหญ่จนเต็มวงแหวน ส่วนที่เกินด้านปลายใหญ่ใช้ฝ่ามือปาดออกให้หมดในครั้งเดียว วางวงแหวนด้านปลายใหญ่ลงบนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึม และปาดซีเมนต์เพสต์ที่ล้นมาทางด้านปลายเล็กออกโดยใช้เกรียงเหล็กตัดเฉียง ๆ กับด้านบนของวงแหวน และถ้าจำเป็นให้ใช้ปลายเกรียงเหล็กตะเบาๆ เพื่อทำให้ผิวเรียบ ระหว่างที่ตัดและทำผิวให้เรียบห้ามกดบนตัวอย่างซีเมนต์เพสต์นั้น

10.3 การหาการระยะจมตัน (initial penetration)

วางซีเมนต์เพสต์ในวงแหวนที่อยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึม H ใต้แท่ง B ที่จุดประมาณ $\frac{1}{3}$ ของเส้นผ่านศูนย์กลางจากขอบของวงแหวนรูปกรวย ในรูปที่ 1 มอก. 2752 เล่ม 8 แล้วเลื่อนปลาย C มาสัมผัสกับผิวของซีเมนต์เพสต์และชั้นสกรู E ให้แน่น จากนั้นปรับเข็ม F ให้อยู่ที่ขีดศูนย์ หลังจากผสมปูนซีเมนต์แล้วเสร็จ 20 s จึงปล่อยแท่ง B ลงมาอย่างอิสระ โดยไม่ให้ถูกรบกวนจากการสั่นสะเทือนในขณะทดสอบ ถ้าแท่ง B จมลงไปจากผิวหน้าของซีเมนต์เพสต์ เป็นระยะ $32\text{ mm} \pm 4\text{ mm}$ ภายในเวลา 30 s หลังจากปล่อย ให้ถือว่าซีเมนต์เพสต์นั้นมีความชื้นเหลวที่เหมาะสมของระยะจมตัน การทดลองนี้ให้เตรียมตัวอย่างโดยใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกันจนกระทั่งได้ความชื้นเหลวที่เหมาะสม ในช่วงเวลา 30 s ที่กำลังหาระยะจมตัน ให้นำซีเมนต์เพสต์ส่วนที่เหลือใส่คั้นลงในอ่างผสมและปิดฝอ่างผสมและใบพายไว้ด้วย

10.4 การหาค่าระยะจมปลาย (final penetration)

หลังจากเสร็จการอ่านค่าระยะจมต้นแล้วให้เลื่อนแท่ง B ขึ้นจากซีเมนต์เพสต์และทำความสะอาด เลื่อนแบบวงแหวนพร้อมแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมไปในตำแหน่งใหม่ การปฏิบัติดังกล่าวนี้ต้องระวังให้เกิดการกระทบกระเทือนต่อซีเมนต์เพสต์ในแบบวงแหวนน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ แล้วเลื่อนปลาย C ลงมาสัมผัสผิวหน้าซีเมนต์เพสต์ใหม่ ชันหมดสกรูให้แน่น ตั้งเข็มให้อยู่ในตำแหน่งศูนย์บนแผ่นสเกลอีกครั้ง จับเวลานับจากหยุดผสมแล้วครบ 5 min ± 10 s จึงปล่อยแท่ง B ให้กดลงบนซีเมนต์เพสต์ รอจนครบ 30 s หลังจากปล่อยแท่ง B แล้วอ่านค่าระยะจมปลาย

10.5 การหาค่าระยะจมหลังผสมซ้ำ (remix penetration)

ถ้าหากการหาระยะจมซึ่งทำตามวิธีทดสอบก่อนหน้านี้นี้แสดงให้เห็นว่าซีเมนต์แข็งตัวอย่างรวดเร็ว จะต้องทดสอบหาสภาพของการแข็งตัว ดังต่อไปนี้

- 10.5.1 หลังจากเสร็จการหาระยะจมเมื่อครบ 5 min แล้ว ให้นำซีเมนต์เพสต์ในวงแหวนรูปกรวยใส่คืนกลับลงในอ่างผสมทันที
- 10.5.2 เดินเครื่องผสม เลื่อนอ่างผสมขึ้นไว้ในตำแหน่งผสม ให้ส่วนผสมได้รับการผสมซ้ำด้วยความเร็วปานกลาง 285 r/min ± 10 r/min อีก 1 min
- 10.5.3 บรรจุซีเมนต์เพสต์ลงในแบบวงแหวนแล้วหาระยะจมด้วยวิธีการทดสอบดังที่ระบุไว้ในข้อ 10.2 และ 10.3

11. การคำนวณ

11.1 คำนวณร้อยละของระยะจมปลายโดยอาศัยอัตราส่วนของระยะจมปลายต่อระยะจมต้น ดังสูตรต่อไปนี้

$$P, \% = \frac{B}{A} \times 100$$

เมื่อ

P = ร้อยละของระยะจมปลาย

A = ระยะจมต้น เป็นมิลลิเมตร

B = ระยะจมปลาย เป็นมิลลิเมตร

12. การรายงานผล

12.1 ให้รายงานผลการทดสอบดังต่อไปนี้

ระยะจมต้น mm
ระยะจมปลาย mm
ร้อยละของระยะจมปลาย %
ระยะจมหลังผสมซ้ำ mm

13. ความแม่นยำ

13.1 ความแม่นยำ

- 13.1.1 การก่อดัชนีผิดปกติของตัวอย่างซีเมนต์เพสต์ช่วงระหว่าง 8% ถึง 89% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ทดสอบคนเดียว (ในห้องปฏิบัติการ) มีค่า 10% (1s) ดังนั้นผลที่ได้จากการทดสอบ 2 ครั้ง โดยผู้ทดสอบคนเดียวกันของตัวอย่างเดียวกัน ต้องแตกต่างกันไม่เกิน 28% (1s และ d2s ตาม ASTM C670)
- 13.1.2 การก่อดัชนีผิดปกติของตัวอย่างซีเมนต์เพสต์ช่วงระหว่าง 8% ถึง 89% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของห้องปฏิบัติการต่างแห่ง (ระหว่างห้องปฏิบัติการ) มีค่า 12% (1s) ดังนั้นผลที่ได้จากการทดสอบ 2 ครั้ง จากห้องปฏิบัติการ 2 แห่ง ของตัวอย่างเดียวกัน ต้องแตกต่างกันไม่เกิน 34% (1s และ d2s ตาม ASTM C670)

14. คำสำคัญ

- 14.1 การก่อดัชนีก่อนกำหนด (early stiffening) การก่อดัชนีผิดปกติ (false set) การก่อดัชนีพลัน (flash set) ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกเพสต์ (hydraulic-cement paste) ไวแคต (vicat)

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1 รายละเอียดการตัดแปรระหว่าง ASTM C451-18 กับ มอก. 2752 เล่ม 15 – 25XX

ข้อกำหนด	ASTM C451-18	มอก. 2752 เล่ม 15 – 25xx
1. ขอบข่าย	มีจำนวน 4 ข้อย่อย	มีจำนวน 1 ข้อย่อย โดยตัดข้อ 1.2 ถึงข้อ 1.4
2. เอกสารอ้างอิง	มีเอกสารอ้างอิงจำนวน 8 ฉบับ	มีเอกสารอ้างอิงจำนวน 8 ฉบับ โดยมีแก้ไข ดังนี้ - แก้ไข ASTM C150 เป็น มอก. 15 เล่ม 1 - แก้ไข ASTM C187 เป็น มอก. 2752 เล่ม 8 - แก้ไข ASTM C305 เป็น มอก. 2752 เล่ม 17
6. เครื่องมือทดสอบ	ข้อ 6.1 เครื่องมือทดสอบแบบไวแคต ตาม ASTM C187	ข้อ 6.3 เครื่องมือทดสอบแบบไวแคต ตาม มอก. 2752 เล่ม 8
	ข้อ 6.3 เครื่องผสม อ่างผสม และใบพาย ตาม ASTM C305	ข้อ 6.3 เครื่องผสม อ่างผสม และใบพาย ตาม มอก. 2752 เล่ม 17
	6.5 ต้มน้ำหนักและเครื่องชั่ง ตาม ASTM C1005 และ เครื่องชั่ง ต้องมีการปรับ เทียบให้มีความแม่นยำอย่างสม่ำเสมอโดยดำเนินการตาม ASTM C1005 ภาคผนวก X1 มวลที่สอบเทียบ 1 000 g โดยประมาณ	ข้อ 6.5 ต้มน้ำหนักและเครื่องชั่ง ตาม ASTM C1005 และเครื่องชั่งต้องมีการปรับ เทียบให้มีความแม่นยำและความถูกต้องที่มวลรวม 1 000 g
	ข้อ 6.6 วงแหวนรูปกรวย ทำจากวัสดุที่ไม่เปลี่ยนรูป ไม่กัดกร่อน และไม่ดูดซึม มีความสูง 40 mm ± 1 mm เส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ส่วนล่าง 70 mm ± 3 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ส่วนบน 60 mm ± 3 mm (ดู วงแหวนรูปกรวย G ในรูปที่ 1 ข้อ 5.3 ASTM C187)	ข้อ 6.6 วงแหวนรูปกรวย ทำจากวัสดุที่ไม่เปลี่ยนรูป ไม่กัดกร่อน และไม่ดูดซึม มีความสูง 40 mm ± 1 mm เส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ส่วนล่าง 70 mm ± 3 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ส่วนบน 60 mm ± 3 mm (ดู วงแหวนรูปกรวย G ในรูปที่ 1 ข้อ 5.3 มอก.2752 เล่ม 8)

ข้อกำหนด	ASTM C451-18	มอก. 2752 เล่ม 15 – 25xx
	ข้อ 6.7 แผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึม รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 100 mm ± 5 mm มีความเรียบ ทน การกัดกร่อน และไม่ดูดซึม เช่นเดียวกับกระจก (ดู แผ่น วัสดุที่ไม่ดูดซึม H ในรูปที่ 1 ข้อ 5.3 ASTM C187)	ข้อ 6.7 แผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึม รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 100 mm ± 5 mm มีความ เรียบ ทนการกัดกร่อน และไม่ ดูดซึมเช่นเดียวกับกระจก (ดู แผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึม H ในรูป ที่ 1 ข้อ 5.3 มอก.2752 เล่ม 8)
	ข้อ 6.8 การตรวจสอบเครื่องมือ ทดสอบตามข้อ 6. ให้เป็น ไป ตามการทดสอบอย่างน้อยทุก 2 ½ y	ข้อ 6.8 การตรวจสอบเครื่องมือ ทดสอบตามข้อ 6. ให้เป็น ไป ตามการทดสอบอย่างน้อยทุก 2 ½ y <i>หมายเหตุ</i> ตาม ASTM C1005 ให้ ตรวจสอบความเป็นไป ตามข้อกำหนดของมวล อ่างอิงและเครื่องชั่งทุก ปี
7. สารละลาย	ข้อ 7.1 น้ำผสม น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำประเภที่ 3 หรือ ประเภที่ 4 ตาม ASTM D1193	ข้อ 7.1 น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำกลั่น หรือน้ำ ปราศจากไอออน
13. ความแม่นยำ	มีจำนวน 2 ข้อย่อย	มีจำนวน 1 ข้อย่อย โดยตัดข้อ 13.2 และหมายเหตุท้ายข้อ ออก