

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบปูนซีเมนต์

เล่ม 14 วิธีทดสอบการขยายตัวของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์เนื่องจากซัลเฟต

บทนำ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยอาศัย ASTM C452-15 Standard Test Method for Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของ ASTM International ตั้งอยู่ที่เลขที่ 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, สหรัฐอเมริกา โดยได้รับอนุญาตจาก ASTM International

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดวิธีทดสอบการขยายตัวของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์เนื่องจากซัลเฟต สำหรับปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์เท่านั้น โดยการวัดการขยายตัวของแท่งมอร์ตาร์ที่มีปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์และยิปซัมเป็นส่วนผสม ในอัตราส่วนที่ทำให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO₃) 7.0% โดยมวล

2. เอกสารอ้างอิง

- 2.1 มาตรฐานอ้างอิง
- | | |
|-------------------|--|
| มอก. 15 เล่ม 12 | ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก |
| มอก. 15 เล่ม 1 | ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ |
| ASTM C219 | Terminology Relating to Hydraulic Cement |
| ASTM C230/C230M | Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement |
| มอก. 2752 เล่ม 17 | วิธีทดสอบปูนซีเมนต์ เล่ม 17 การผสมซีเมนต์ไฮดรอลิกเพสต์และมอร์ตาร์ในสภาพเหลวด้วยเครื่องผสม |
| ASTM C471M | Test Methods for Chemical Analysis of Gypsum and Gypsum products (Metric) |
| ASTM C490 | Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete |
| ASTM C511 | Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cement and Concretes |

ASTM C778	Specification for Standard Sand
ASTM C1005	Specification for Reference Masses and Devices for Determining Mass and Volume for Use in the Physical Testing of Hydraulic Cements
ASTM SI10	IEEE/ ASTM SI 10 American National Standards Practice

3. บทนิยาม

- 3.1 บทนิยาม ตาม ASTM C219

4. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบ

- 4.1 วิธีการทดสอบนี้ไม่เหมาะสำหรับใช้ในการทดสอบความทนทานต่อซัลเฟตของปูนซีเมนต์ชนิด blended hydraulic cement ปูนซีเมนต์ที่เกิดจากการรวมกันระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และปอซโซลาน และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กึ่งสูง

หมายเหตุ 1 การเพิ่มขึ้นของการทนทานต่อซัลเฟตของปูนซีเมนต์ชนิด blended hydraulic cement ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กึ่งสูง เกิดขึ้นในคอนกรีตเมื่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กึ่งสูงมีเวลาเพียงพอในการเกิดปฏิกิริยา

5. นัยสำคัญและการใช้งาน

- 5.1 วิธีทดสอบนี้ใช้สำหรับวัดการขยายตัวของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เนื่องจากซัลเฟต และใช้กำหนดว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ทนทานซัลเฟต เป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการตามข้อกำหนดของ มอก. 15 เล่ม 1

6. เครื่องมือทดสอบ

- 6.1 ต้มน้ำหนักและเครื่องชั่ง
ตาม ASTM C1005
- 6.2 แท่นทดสอบการไหลแผ่น
ตาม ASTM C230/C230M
- 6.3 เครื่องผสม อ่างผสม และใบพาย
ตาม มอก. 2752 เล่ม 17
- 6.4 เกรียงเหล็ก และแท่งกระทุ้ง
ตาม มอก. 15 เล่ม 12
- 6.5 กระจบกดตวง แบบหล่อ และเครื่องเปรียบเทียบความยาว
ตาม ASTM C490

7. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

- 7.1 ห้องทดสอบ วัสดุแห้ง และน้ำที่ใช้ผสม ต้องมีอุณหภูมิเป็น $23.0^{\circ}\text{C} \pm 4.0^{\circ}\text{C}$ ($73.5^{\circ}\text{F} \pm 7^{\circ}\text{F}$) และความชื้นสัมพัทธ์ของห้องทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 50%
- 7.2 ตู้ควบคุมความชื้น หรือห้องควบคุมความชื้น ตาม ASTM C511

8. วัสดุ

- 8.1 ทรายมาตรฐาน

ต้องมีลักษณะตรงตามที่ระบุไว้ใน ASTM C778 สำหรับ Graded Sand

- 8.2 ยิปซัม

สำหรับยิปซัมที่ใช้ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ต้องเป็นยิปซัมตามธรรมชาติที่มีคุณภาพสูง และผ่านร่อนขนาด $150\ \mu\text{m}$ (เบอร์ 100) ได้ 100% ผ่านร่อนขนาด $75\ \mu\text{m}$ (เบอร์ 200) ได้อย่างน้อย 94% และผ่านร่อนขนาด $45\ \mu\text{m}$ (เบอร์ 325) ได้อย่างน้อย 90% การคำนวณปริมาณปูนซีเมนต์และยิปซัมที่ต้องการใช้ เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่มี SO_3 7.0% โดยมวล คำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปูนซีเมนต์, \%} &= [(g - 7.0)/(g - c)] \times 100 \\ \text{ยิปซัม, \%} &= [(7.0 - c)/(g - c)] \times 100 \end{aligned}$$

เมื่อ

c = ปริมาณ SO_3 ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นร้อยละ

g = ปริมาณ SO_3 ในยิปซัม เป็นร้อยละ

7.0 = ปริมาณ SO_3 ในของผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และยิปซัม เป็นร้อยละ

- 8.3 ปริมาณ SO_3 ในยิปซัม

ถ้าไม่ทราบปริมาณ SO_3 ในยิปซัม ต้องนำยิปซัมไปวิเคราะห์หาปริมาณ SO_3 ตาม ASTM C471M โดยวิเคราะห์ปริมาณ SO_3 ให้ละเอียดถึง 0.1%

- 8.4 น้ำ

น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำกลั่นหรือน้ำปราศจากไอออน

9. จำนวน และขนาดของแท่งทดสอบ

- 9.1 เตรียมแท่งทดสอบขนาด $25\ \text{mm} \times 25\ \text{mm} \times 285\ \text{mm}$ ($1\ \text{in} \times 1\ \text{in} \times 11\ \frac{1}{4}\ \text{in}$) จำนวน 6 แท่ง จากการผสม 2 ชุดทดสอบ ซึ่งแต่ละชุดทดสอบสามารถเตรียมแท่งทดสอบได้ 3 แท่ง
- 9.2 ในการทดสอบประจำ แท่งทดสอบที่มีขนาด $25\ \text{mm} \times 25\ \text{mm} \times 160\ \text{mm}$ ($1\ \text{in} \times 1\ \text{in} \times 6\ \frac{1}{4}\ \text{in}$) อาจใช้ทดสอบได้ แต่ในกรณีที่เกิดข้อขัดแย้ง ให้ถือเอาผลการทดสอบของแท่งทดสอบที่มีขนาด $25\ \text{mm} \times 25\ \text{mm} \times 285\ \text{mm}$ ($1\ \text{in} \times 1\ \text{in} \times 11\ \frac{1}{4}\ \text{in}$) เป็นเกณฑ์การตัดสิน

10. การเตรียมแบบหล่อ

10.1 เตรียมแบบหล่อให้เป็นไปตาม ASTM C490

11. อัตราส่วน ความชื้นเหลือ และการผสมมอร์ตาร์

- 11.1 การผสมแต่ละชุดทดสอบ ใช้ปูนซีเมนต์และยิปซัมรวมกัน 400 g ทราย 1 100 g น้ำ 194 mL สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดไม่กักอากาศ (non-air-entraining portland cements) ทุกประเภท และใช้น้ำ 184 mL สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดกักอากาศ (air-entraining portland cement) ทุกประเภท
- 11.2 การผสมมอร์ตาร์ ให้เทน้ำผสมลงในอ่างผสมแล้วเติมยิปซัมลงไปใต้น้ำ เดินเครื่องผสมด้วยความเร็วต่ำ 15 s หยุดเดินเครื่องผสม จากนั้นเติมปูนซีเมนต์ลงในอ่างผสมและดำเนินการต่อตาม มอก.2752 เล่ม 17

12. วิธีทดสอบ

12.1 การหล่อแท่งทดสอบ

12.1.1 ในทันทีที่ทดสอบการไหลแผ่เสร็จให้นำมอร์ตาร์กลับมาใส่ในอ่างผสม ชูมมอร์ตาร์ที่ติดอยู่บริเวณผิวข้างของอ่างผสม แล้วเดินเครื่องผสมด้วยความเร็วปานกลาง ($285 \text{ r/min} \pm 10 \text{ r/min}$) 15 s จากนั้นนำใบพายและอ่างผสมออกจากเครื่องผสม เขย่าใบพายให้มอร์ตาร์ที่ติดใบพายลงในอ่างผสม ใส่มอร์ตาร์ลงในแบบหล่อ 2 ชั้น แต่ละชั้นใช้แท่งกระทุ้งกระทุ้งให้มอร์ตาร์กระจายทั่วแบบหล่อ ให้เข้าไปถึงตามมุมต่าง ๆ รอบหมดวัดความยาวและตามผิวหน้าของแบบหล่อจนกระทั่งได้แท่งทดสอบเป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากกระทุ้งชั้นบนจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว ปาดมอร์ตาร์ที่ล้นขอบแบบหล่อแล้วใช้เกรียงเหล็กแต่งผิวหน้าให้เรียบ

12.2 การเก็บรักษาแท่งทดสอบ

12.2.1 การเก็บแท่งทดสอบช่วงแรก

เก็บแท่งทดสอบซึ่งยังอยู่ในแบบหล่อไว้ในห้องควบคุมความชื้นที่อุณหภูมิ $23.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($73.5 \text{ }^{\circ}\text{F} \pm 3.5 \text{ }^{\circ}\text{F}$) เป็นเวลา 22 h ถึง 23 h เสร็จแล้วนำแท่งทดสอบออกจากแบบหล่อ ทำเครื่องหมายไว้ แล้วแช่ลงในน้ำที่มีอุณหภูมิ $23.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($73.5 \text{ }^{\circ}\text{F} \pm 3.5 \text{ }^{\circ}\text{F}$) เป็นเวลาอย่างน้อย 30 min ก่อนที่จะทำการวัดความยาวครั้งแรก

12.2.2 การเก็บแท่งทดสอบช่วงหลัง

หลังจากนำแท่งทดสอบออกจากแบบหล่อและวัดความยาวแล้ว ต้องแช่แท่งทดสอบทุกแท่งไว้ในน้ำที่มีอุณหภูมิ $23.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($73.5 \text{ }^{\circ}\text{F} \pm 3.5 \text{ }^{\circ}\text{F}$) วางแท่งทดสอบในแนวนอนให้ผิวทุกด้านห่างจากผิวอื่นอย่างน้อย 6 mm ($\frac{1}{4}$ in) ยกเว้นจุดที่รองรับ โดยให้น้ำที่แช่ท่วมแท่งทดสอบไว้อย่างน้อย 13 mm ($\frac{1}{2}$ in) ปริมาณน้ำที่ใช้ต้องไม่เกิน 5 เท่าของปริมาตรแท่งทดสอบ รักษาระดับน้ำโดยการเติมน้ำทุก ๆ 7 d ในช่วงระยะ 28 d แรก และหลังจากนั้นเติมทุก ๆ 28 d

13. การวัดความยาว

13.1 วัดความยาวแท่งทดสอบเป็นค่าเฉลี่ยโดยเครื่องเปรียบเทียบความยาว (length comparator) นำแท่งทดสอบออกมาจากที่แช่ครั้งละ 1 แท่ง ใช้ผ้าชื้นเช็ดน้ำส่วนเกินก่อนนำไปวัด

- 13.2 วัดครั้งแรกเมื่ออายุครบ 24 h \pm 15 min นับจากเมื่อปูนซีเมนต์กับน้ำเริ่มผสมกัน นำมาวัดอีกครั้ง เมื่อแห้งทดสอบมีอายุครบ 14 d

หมายเหตุ 2 อาจวัดความยาวเพิ่มเติมได้ โดยนำแท่งทดสอบที่วัดความยาวเมื่อมีอายุครบ 14 d แล้ว นำไปแช่น้ำต่อไปอีก และวัดความยาวที่ต้องการเพิ่มเติมในเวลาต่อมา

14. การคำนวณ

- 14.1 คำนวณความแตกต่างของความยาวของแท่งทดสอบเมื่อครบ 24 h และ 14 d ให้ละเอียดถึง 0.001% ของระยะการวัด และรายงานเป็นค่าการขยายตัวของแท่งทดสอบในช่วงเวลาการทดสอบนั้น แท่งทดสอบทั้งหมดที่เหลืออยู่เมื่อครบอายุ 14 d ต้องมีอย่างน้อย 3 แท่งทดสอบ และช่วงค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับได้ขึ้นกับจำนวนแท่งทดสอบที่เหลืออยู่ ดังนี้

จำนวนแท่งทดสอบ	ช่วงค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับได้ (%)
3	0.010
4	0.011
5	0.012
6	0.012

15. การรายงานผล

- 15.1 ให้รายงานค่าเฉลี่ยของค่าการขยายตัวของมอร์ตาร์ ให้ละเอียดถึง 0.001%

16. ความแม่นยำ

- 16.1 การขยายตัวของมอร์ตาร์ ช่วงระหว่าง 0.01% ถึง 0.04% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ทดสอบคนเดียว (ในห้องปฏิบัติการ) มีค่า 0.003% ดังนั้นผลที่ได้จากการทดสอบ 2 ครั้ง โดยผู้ทดสอบคนเดียวกันของตัวอย่างปูนซีเมนต์ชุดเดียวกันต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.009%
- 16.2 การขยายตัวของมอร์ตาร์ ช่วงระหว่าง 0.01% ถึง 0.04% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของห้องปฏิบัติการต่างแห่ง (ระหว่างห้องปฏิบัติการ) มีค่า 0.005% ดังนั้นผลที่ได้จากการทดสอบ 2 ครั้ง จากห้องปฏิบัติการ 2 แห่งของตัวอย่างปูนซีเมนต์ชุดเดียวกันต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.014%

17. คำสำคัญ

- 17.1 แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulfate) การขยายตัว (expansion) ยิปซัม (gypsum) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (portland cement) ความทนทานต่อซัลเฟต (sulfate resistance)

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1 รายละเอียดการตัดแปรระหว่าง ASTM C452-15 กับ มอก. 2752 เล่ม 14 – 25xx

ข้อกำหนด	ASTM C452-15	มอก. 2752 เล่ม 14 – 25xx
1. ขอบข่าย	มีจำนวน 3 ข้อย่อย	มีจำนวน 1 ข้อย่อย โดยตัดข้อ 1.2 และข้อ 1.3
2. เอกสารอ้างอิง	มีเอกสารอ้างอิงจำนวน 12 ฉบับ	มีเอกสารอ้างอิงจำนวน 12 ฉบับ โดยมีแก้ไข ดังนี้ - แก้ไข ASTM C109 เป็น มอก. 15 เล่ม 12 - แก้ไข ASTM C150 เป็น มอก. 15 เล่ม 1 - แก้ไข ASTM C305 เป็น มอก. 2752 เล่ม 17
6. เครื่องมือทดสอบ	ข้อ 6.3 เครื่องผสม อ่างผสม และใบพาย ตาม ASTM C305	ข้อ 6.3 เครื่องผสม อ่างผสม และใบพาย ตาม มอก. 2752 เล่ม 17
	ข้อ 6.4 เกรียงเหล็ก และแท่งกระทุ้ง ตาม ASTM C109/109M	ข้อ 6.4 เกรียงเหล็ก และแท่งกระทุ้ง ตาม มอก. 15 เล่ม 12
8. วัสดุ	ข้อ 8.4 น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำประปาที่ 4 ตาม ASTM D1193	ข้อ 8.4 น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำกลั่น หรือน้ำปราศจากไอออน
11. การวัดความยาว	ข้อ 11.2 การผสมมอร์ตาร์ให้เหนียวผสมลงในอ่างผสมแล้วเติมยิปซั่มลงไปใต้น้ำ เดินเครื่องผสมด้วยความเร็วต่ำ 15 s หยุดเดินเครื่องผสม จากนั้นเติมปูนซีเมนต์ลงไปใอ่างผสมและดำเนินการต่อตาม ASTM C305	ข้อ 11.2 การผสมมอร์ตาร์ให้เหนียวผสมลงในอ่างผสมแล้วเติมยิปซั่มลงไปใต้น้ำ เดินเครื่องผสมด้วยความเร็วต่ำ 15 s หยุดเดินเครื่องผสม จากนั้นเติมปูนซีเมนต์ลงไปใอ่างผสมและดำเนินการต่อตาม มอก. 2752 เล่ม 17
16. ความแม่นยำ	มีจำนวน 2 ข้อย่อย	มีจำนวน 1 ข้อย่อย โดย -ตัดข้อ 16.2 ออก -ตัดข้อ 16.1.3 ออก และแก้ไขข้อ 16.1.1 และ 16.1.2 เป็น 16.1 และ 16.2 ตามลำดับ