

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบปูนซีเมนต์

เล่ม 13 วิธีทดสอบปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

บทนำ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยอาศัย ASTM C185-15a Standard Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของ ASTM International ตั้งอยู่ที่เลขที่ 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, สหรัฐอเมริกา โดยได้รับอนุญาตจาก ASTM International

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดวิธีทดสอบปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

2. เอกสารอ้างอิง

2.1 มาตรฐานอ้างอิง

มอก. 2595	ปูนซีเมนต์สำหรับงานก่อและงานฉาบ
มอก. 15 เล่ม 12	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก. 15 เล่ม 1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ
ASTM C183	Practice for Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement
ASTM C185	Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar
ASTM C230/C230M	Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement
มอก.2752 เล่ม 17	วิธีทดสอบปูนซีเมนต์ เล่ม 17 การผสมซีเมนต์ไฮดรอลิกเพสต์ และมอร์ตาร์ในสภาพเหลวด้วยเครื่องผสม
มอก. 849-2556	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน
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
มอก. 2594	ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
ASTM C1328	Specification for Plastic (Stucco) Cement
ASTM C1329	Specification for Mortar Cement

ASTM E438	Specification for Glasses in Laboratory Apparatus
ASTM E694	Specification for Laboratory Glass Volumetric Apparatus
ASTM SI10	IEEE/ASTM SI 10 American National Standard for Metric Practice

3. สรุปรวิธทดสอบ

- 3.1 เตรียมมอร์ตาร์ดด้วยทรายมาตรฐานและปูนซีเมนต์เพื่อทำการทดสอบ โดยใช้ปริมาณน้ำที่เพียงพอที่จะทำให้การไหลแผ่เป็นไปตามที่ต้องการ ใส่มอร์ตาร์ดลงในกระบอกตวงโลหะที่ทราบปริมาตรแล้วนำไปหามวล เพื่อคำนวณปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ดจากค่าความหนาแน่นของมอร์ตาร์ดที่วัดได้และความหนาแน่นของส่วนประกอบและสัดส่วนของส่วนผสม

4. นัยสำคัญและการใช้งาน

- 4.1 วัตถุประสงค์ของวิธทดสอบนี้ เพื่อบ่งชี้ว่าปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกที่ทดสอบเป็นปูนซีเมนต์ชนิดกักอากาศ (Air - entraining) หรือชนิดไม่กักอากาศ (Non - air - entraining) ตามข้อกำหนดของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ทั้งนี้ ปริมาณอากาศในคอนกรีตอาจได้รับอิทธิพลมาจากหลายปัจจัยนอกเหนือจากปูนซีเมนต์

5. เครื่องมือทดสอบ

- 5.1 แท่นทดสอบการไหลแผ่ แบบหล่อ และคาลิเปอร์

ตาม ASTM C230/C230M

- 5.2 กระบอกตวงโลหะ

กระบอกตวงโลหะรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน $76 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ และลึกประมาณ 88 mm เทียบโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ปริมาตร $400 \text{ mL} \pm 1 \text{ mL}$ ปริมาตรของกระบอกตวงโลหะเป็น มิลลิลิตร (mL) จะคำนวณได้โดยหารมวลน้ำเต็มกระบอกตวงโลหะเป็นกรัมด้วย 0.99976 กระบอกตวงโลหะจะต้องมีผนังหนาเท่ากันตลอด ซึ่งทั้งผนังและก้นจะต้องหนาไม่น้อยกว่า 2.9 mm มวลของกระบอกตวงโลหะต้องไม่เกิน 900 g และกระบอกตวงโลหะต้องทำด้วยโลหะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับมอร์ตาร์ด

- 5.3 การทวนสอบกระบอกตวงโลหะ

ทวนสอบปริมาตรของกระบอกตวงโลหะจากข้อ 5.2 ทำได้โดยนำน้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิ $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ใส่ลงไปในกระตังมีว้น้ำนูนสูงกว่าขอบภาชนะ วางแผ่นกระจกบนขอบกระบอกตวงโลหะเพื่อให้น้ำล้นถ้าไม่มี ฟองอากาศปรากฏอยู่ใต้แผ่นกระจก แสดงว่าน้ำบรรจุเต็มภาชนะของกระบอกตวงโลหะ เช็ดผิววนอกของกระบอกตวงโลหะแล้วนำไปชั่ง ทำการทวนสอบอย่างน้อยทุก $2\frac{1}{2} \text{ y}$

- 5.4 เครื่องผสม อ่างผสม และใบพาย

ตาม มอก. 2752 เล่ม 17

- 5.5 บรรทัด
 บรรทัดที่ใช้ต้องทำด้วยเหล็ก ยาวไม่น้อยกว่า 200 mm หนาระหว่าง 1.5 mm ถึง 3.5 mm (หมายเหตุ 1)
หมายเหตุ 1 เกรียงตามที่ระบุไว้ใน มอก. 15 เล่ม 12
- 5.6 เกรียงเหล็ก
 ทำจากเหล็กกล้า มีขอบคมตรง ยาว 100 mm ถึง 150 mm ขอบเมื่อวางบนพื้นราบจะแตกต่างจากแนวตรงได้ไม่เกิน 1 mm (หมายเหตุ 1)
- 5.7 ตุ่มน้ำหนักและเครื่องชั่ง
 ตาม ASTM C1005 และเครื่องชั่งต้องมีการปรับเทียบให้มีความแม่นยำและความถูกต้องที่มวลรวม 2 000 g
- 5.8 กระจกบดทวงแก้ว
 มีความจุ 250 mL ตาม ASTM E438 และ ASTM E694
- 5.9 แท่งกระทุ้ง
 ตาม มอก. 15 เล่ม 12
- 5.10 ไม้เคาะ
 มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16 mm และความยาวประมาณ 152 mm
- 5.11 ซ้อน
 ทำด้วยโลหะ มีส่วนที่เป็นอุ้งยาวประมาณ 100 mm และ มีความยาวรวมทั้งด้ามไม่น้อยกว่า 230 mm

6. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

- 6.1 ห้องทดสอบและวัสดุแห้ง ต้องมีอุณหภูมิ $23.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 6.2 อุณหภูมิของน้ำผสมและกระจกบดทวงโลหะ ต้องมีอุณหภูมิ $23.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 6.3 ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องทดสอบ ต้องไม่น้อยกว่า 50%

7. วัสดุ

- 7.1 ทรายมาตรฐาน
 ใช้ทรายมาตรฐานตาม ASTM C778 ขนาด 20-30 sand

8. การชักตัวอย่าง

- 8.1 ชักตัวอย่างปูนซีเมนต์ ตาม ASTM C183
หมายเหตุ 2 ภาชนะที่ใช้บรรจุตัวอย่างที่เป็นโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) พบว่ามีโอกาสส่งผลกระทบต่อค่าปริมาณอากาศของตัวอย่างปูนซีเมนต์ ปัญหาเดียวกันนี้อาจจะเกิดขึ้นกับภาชนะบรรจุที่ทำจากพลาสติกชนิดอื่น ๆ ได้เหมือนกัน

9. วิธีทดสอบ

9.1 ส่วนผสม

มอร์ตาร์มาตรฐานประกอบด้วยปูนซีเมนต์ 350 g ทรายมาตรฐาน (20 – 30 sand) 1 400 g และน้ำเพียงพอที่จะทำให้การไหลแผ่มีค่า $87.5\% \pm 7.5\%$ บนแท่นทดสอบการไหลแผ่ ตามวิธีในข้อ 9.3

หมายเหตุ 3 วิธีทดสอบนี้อ้างอิงปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกที่สอดคล้องตามข้อกำหนด มอก. 15 เล่ม 1 มอก. 849 และ มอก. 2594 สำหรับ มอก. 2595 ASTM C1329 และ ASTM C1328 ต้องใช้ทราย มวล และอัตราการไหลแผ่ที่แตกต่างกัน อ้างอิงตามข้อกำหนดบังคับ

9.2 การผสมมอร์ตาร์

ให้ผสมมอร์ตาร์ตามวิธีที่ระบุไว้ใน มอก. 2752 เล่ม 17

9.3 การวัดค่าการไหลแผ่

ขีดผิวบนของแท่นทดสอบการไหลแผ่ให้แห้ง เอาแบบหล่อวางตรงกลาง ใช้ช้อนตักมอร์ตาร์ใส่แบบหล่อเป็นชั้น ๆ ชั้นแรกหนาประมาณ 25 mm แล้วกระทุ้งให้ทั่วด้วยแท่งกระทุ้ง 20 ครั้ง เพื่อให้มอร์ตาร์กระจายทั่วแบบหล่อ เติมมอร์ตาร์ให้เต็มแบบหล่อโดยให้มอร์ตาร์สูงเหนือขอบบนแบบหล่อประมาณ 20 mm แล้วกระทุ้งให้ทั่วด้วยแท่งกระทุ้งอีก 20 ครั้ง เหมือนกับชั้นแรก จากนั้นใช้เกรียงเหล็กปาดมอร์ตาร์ให้เรียบเสมอขอบแบบหล่อโดยขยับเกรียงเหล็กไปมาเหมือนเลื่อยไม้ ขีดผิวแท่นทดสอบการไหลแผ่ให้สะอาดและแห้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเช็ดน้ำตามขอบด้านล่างของแบบหล่อให้หมด เมื่อครบ 1 min หลังจากผสมมอร์ตาร์แล้วให้ยกแบบหล่อออก แล้วปล่อยให้แท่นทดสอบการไหลแผ่ตกกระทบจำนวน 10 ครั้ง ตามข้อกำหนด ASTM C230/C230M ค่าการไหลแผ่คือค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้น โดยวัดด้วยคาลิเปอร์ 4 ตำแหน่ง ซึ่งห่างเป็นระยะเท่า ๆ กัน มีค่าเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้น ให้ทดสอบหลาย ๆ ครั้งโดยเปลี่ยนปริมาณน้ำที่ใช้ผสมมอร์ตาร์ จนกระทั่งได้ค่าการไหลแผ่ตามที่กำหนด โดยทุกครั้งที่หาค่าการไหลแผ่ต้องใช้มอร์ตาร์ที่ผสมใหม่

9.4 มวลของมอร์ตาร์ 400 mL

เมื่อทดสอบได้มอร์ตาร์ซึ่งมีค่าการไหลแผ่ $87.5\% \pm 7.5\%$ แล้ว ให้รับซึ่งมวลของมอร์ตาร์ 400 mL จากมอร์ตาร์ที่เหลืออยู่ในอ่างผสม ห้ามใช้มอร์ตาร์ที่นำไปหาค่าการไหลแผ่แล้ว โดยใช้ช้อนตักมอร์ตาร์ใส่กระบอกตวงโลหะขนาด 400 mL ใส่เป็นชั้น ๆ จำนวน 3 ชั้น โดยกระทุ้งแต่ละชั้นให้ทั่วด้วยแท่งกระทุ้ง 20 ครั้ง ให้ทั่วผิวในกระบอกตวงโลหะ สำหรับชั้นสุดท้ายให้ใส่มอร์ตาร์จนมอร์ตาร์สูงเหนือขอบประมาณ 20 mm การกระทุ้งแต่ละชั้นให้กระทุ้งขึ้นลงในแนวตั้งกับผิวมอร์ตาร์ โดยให้ด้านกว้างที่สุดของหน้าตัดแท่งกระทุ้งขนานกับแนวรัศมี และกระทุ้งให้ครบจำนวนครั้งตามที่กำหนด แรงที่ใช้กระทุ้งต้องเพียงพอที่จะทำให้ไม่มีช่องว่างระหว่างมอร์ตาร์เมื่อใส่มอร์ตาร์เต็มและใช้แท่งกระทุ้งเสร็จทั้ง 3 ชั้น แล้วให้ใช้ไม้เคาะเคาะข้างกระบอกตวงโลหะ 5 แห่ง ซึ่งมีระยะห่างเท่า ๆ กันโดยรอบ แต่ละแห่งเคาะเพียงครั้งเดียว ทั้งนี้เพื่อไล่อากาศที่ถูกกักอยู่ (หมายเหตุ 4) ต้องระวังอย่าให้มีช่องว่างเกิดขึ้นได้ระหว่างมอร์ตาร์กับผิวในกระบอกตวงเนื่องจากการกระทุ้ง ใช้บรรทัดปาดมอร์ตาร์ให้เรียบเสมอขอบกระบอกตวงโลหะ โดยขยับบรรทัดไปมาเหมือนเลื่อยไม้ ให้ทำเช่นนี้ 2 ครั้ง การปาดครั้งที่ 2 ให้ทำในแนวตั้งฉากกับครั้งแรก ถ้ามีเม็ดทรายปรากฏอยู่บนผิวมอร์ตาร์ซึ่งอาจดันให้บรรทัดลอยขึ้นเหนือขอบกระบอกตวงโลหะ ให้นำออกแล้วปาดใหม่ การบรรจุมอร์ตาร์ลงในกระบอกตวงโลหะ และการปาดให้ผิวเรียบ

ต้องทำให้เสร็จภายใน 1 ½ min เช็ดมอร์ตาร์และน้ำที่ติดอยู่นอกกระบอกตวงโลหะ แล้วชั่งกระบอกตวงโลหะพร้อมทั้งมอร์ตาร์ บันทึกมวลของมอร์ตาร์เป็นกรัม โดยหักมวลกระบอกตวงโลหะออก

หมายเหตุ 4 การดำเนินการนี้ จะทำให้สะดวกขึ้นมาก หากเอากระบอกตวงตั้งบนอุปกรณ์ที่มีพื้นที่ยึดแน่น แต่มีเส้นผ่านศูนย์กลางสั้นกว่ากระบอกตวงโลหะ ในขณะที่ทำการบรรจุและเช็ดมอร์ตาร์

10. การคำนวณ

- 10.1 ในการคำนวณปริมาณอากาศในมอร์ตาร์โดยใช้สูตร ซึ่งได้มาจากการใช้ค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เท่ากับ 3.15 และทรายมาตรฐาน (20 – 30 sand) เท่ากับ 2.65 และเมื่อมีการใช้ปูนซีเมนต์ประเภทอื่น ๆ ในการคำนวณต้องใช้ค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์นั้นแทนค่า 3.15 ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

$$\text{ปริมาณอากาศ ร้อยละโดยปริมาตร} = 100 - W [(182.7 + P) / (2000 + 4P)]$$

เมื่อ

W = มวลของมอร์ตาร์ปริมาตร 400 mL เป็นกรัม

P = ร้อยละของน้ำที่ใช้ผสม คิดโดยเทียบกับมวลของปูนซีเมนต์ที่ใช้

หมายเหตุ 5 สูตรการคำนวณ ได้มาจาก

$$\text{ปริมาณอากาศ ร้อยละโดยปริมาตร} = 100 [1 - (W_o / W_c)]$$

เมื่อ

W_o = มวลต่อปริมาตรที่แท้จริง ที่ถูกวัดได้จากวิธีทดสอบนี้

= $W/400$ g/mL เมื่อ W = มวลของมอร์ตาร์ปริมาตร 400 mL เป็นกรัม

W_c = มวลต่อปริมาตรตามทฤษฎี ที่คำนวณมาจากมวล และค่าความถ่วงจำเพาะของส่วนผสม ตามข้อ 9.1 และ ข้อ 10.1

$$= \frac{350 + 1400 + 350 \times P \times 0.01}{\frac{350}{3.15} + \frac{1400}{2.65} + \frac{350 \times P \times 0.01}{1}}$$

$$= \frac{(5 + 0.01P)}{(1.827 + 0.01P)}$$

P = ร้อยละของน้ำที่ใช้ผสม คิดโดยเทียบกับมวลของปูนซีเมนต์ที่ใช้
เมื่อทำการแทนค่า W_o และ W_c

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณอากาศ ร้อยละโดยปริมาตร} &= 100 \left(1 - \frac{W}{400} \times \frac{(1.827 + 0.01P)}{(5 + 0.01P)} \right) \\ &= 100 - \frac{W}{4} \times \frac{(1.827 + 0.01P)}{(5 + 0.01P)} \\ &= 100 - 2.5W \frac{(182.7 + P)}{(5000 + 10P)} \\ &= 100 - W \frac{(182.7 + P)}{(2000 + 4P)} \end{aligned}$$

10.2 ให้หาค่าปริมาณอากาศเพียงครั้งเดียวต่อการผสม 1 ครั้ง

หมายเหตุ 6 ในกรณีที่สงสัยว่าค่าปริมาณอากาศในมอร์ตาร์มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ให้ใช้วิธีการนำทรายมาล้างด้วยน้ำต้ม โดยค่อย ๆ เทจนกระทั่งน้ำที่ผ่านการล้างใสไม่มีสี แล้วนำทรายนั้นมาอบให้แห้งก่อนนำไปทดสอบหาปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ใหม่ เพื่อนำผลการทดสอบมายืนยันความถูกต้อง

11. การรายงานผล

11.1 ให้รายงานผลปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ ให้ละเอียดถึง 1%

12. ความแม่นยำ

12.1 ปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ช่วงระหว่าง 8% ถึง 19% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ทดสอบคนเดียว (ในห้องทดสอบ) มีค่า 0.56% ดังนั้นผลที่ได้จากการทดสอบ 2 ครั้ง โดยผู้ทดสอบคนเดียวกันของตัวอย่างปูนซีเมนต์ชุดเดียวกันต้องแตกต่างกันไม่เกิน 1.6%

12.2 ปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ช่วงระหว่าง 8% ถึง 19% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของห้องทดสอบต่างแห่ง (ระหว่างห้องทดสอบ) มีค่า 1.0% ดังนั้นผลที่ได้จากการทดสอบ 2 ครั้ง จากห้องปฏิบัติการ 2 แห่งของตัวอย่างปูนซีเมนต์ชุดเดียวกันต้องแตกต่างกันไม่เกิน 2.8%

13. คำสำคัญ

13.1 ปริมาณอากาศ (air content) มอร์ตาร์ซีเมนต์ไฮดรอลิก (hydraulic cement mortar)

ภาคผนวก ก.

ตารางเปรียบเทียบประเด็นทางวิชาการระหว่าง ASTM C185 - 15a กับ มอก. 2752 เล่ม 13 – 25xx

ข้อกำหนด	ASTM C185 - 15a	มอก. 2752 เล่ม 13 – 25xx
1. ขอบข่าย	มีจำนวน 5 ซ้อย่อย	มีจำนวน 1 ซ้อย่อย โดยตัดข้อ 1.2 ถึงข้อ 1.5
2. เอกสารอ้างอิง	มีเอกสารอ้างอิงจำนวน 16 ฉบับ	มีเอกสารอ้างอิงจำนวน 16 ฉบับ โดยมีแก้ไข ดังนี้ - แก้ไข ASTM C91 เป็น มอก.2595 - แก้ไข ASTM C109/C109M เป็น มอก.15 เล่ม 12 - แก้ไข ASTM C150 เป็น มอก.15 เล่ม 1 - แก้ไข ASTM C305 เป็น มอก.2752 เล่ม 17 - แก้ไข ASTM C595 เป็น มอก.849 - แก้ไข ASTM C1157 เป็น มอก. 2594