

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบปูนซีเมนต์

เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

บทนำ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยอาศัย ASTM C109/C109M – 16a Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or [50-mm] Cube Specimens) ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของ ASTM International ตั้งอยู่ที่เลขที่ 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, สหรัฐอเมริกา โดยได้รับอนุญาตจาก ASTM International

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดวิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก โดยทำเป็นก้อนทดสอบรูปลูกบาศก์ขนาด 50 mm หรือ 2 in

2. เอกสารอ้างอิง

2.1 มาตรฐานอ้างอิง

มอก. 2595	ปูนซีเมนต์สำหรับงานก่อและงานฉาบ
มอก. 15 เล่ม 18	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 18 การวิเคราะห์ทางเคมีของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก. 15 เล่ม 1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ
ASTM C230/C230M	Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement
มอก. 2752 เล่ม 17	วิธีทดสอบปูนซีเมนต์ เล่ม 17 การผสมซีเมนต์ไฮดรอลิกเพสต์ และมอร์ตาร์ ในสภาพเหลวด้วยเครื่องผสม
ASTM C349	Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure)
ASTM C511	Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes
มอก. 849	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน
ASTM C618	Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete

ASTM C670	Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
ASTM C778	Specification for Standard Sand
มอก. 2587	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักอากาศจากเตาถลุงแบบพ่นลม
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 C1437	Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar
ASTM E4	Practice for Force Verification of Testing Machines
ASTM SI10	IEEE/ASTM SI 10 American National Standard for Metric Practice

3. สรุปรวิธทดสอบ

- 3.1 มอร์ตาร์ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ 1 ส่วนและทราย 2.75 ส่วนโดยมวล ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดกักอากาศ (air-entraining Portland cements) จะถูกผสมตามอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่เจาะจง สำหรับปูนซีเมนต์ชนิดอื่นปริมาณน้ำที่ใช้คือปริมาณที่เพียงพอที่ให้ค่าการไหลแผ่ 110 ± 5 โดยปล่อยให้แท่นทดสอบการไหลแผ่ตกกระทบ จำนวน 25 ครั้ง ก่อนทดสอบลูกบาศก์ขนาด 50 mm หรือ 2 in ถูกทำให้แน่นโดยการกระทุ้ง 2 ชั้น ก่อนทดสอบถูกบ่มในแบบหล่อ 1 d แล้วแกะ และแช่ในน้ำปูนใสตัวจนกระทั่งถึงเวลาทดสอบ

4. นัยสำคัญและการใช้งาน

- 4.1 การทดสอบนี้ใช้หาความต้านแรงอัดของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกและมอร์ตาร์ชนิดอื่น ๆ และผลทดสอบนี้อาจนำไปใช้พิจารณาร่วมกับเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้การทดสอบนี้ยังถูกอ้างอิงใช้ร่วมกับเกณฑ์กำหนดและการทดสอบอื่น ๆ ต้องระวังก่อนนำผลการทดสอบไปใช้ทำนายความต้านแรงอัดคอนกรีต

5. เครื่องมือทดสอบ

5.1 ต้มน้ำหนักและเครื่องชั่ง

ตาม ASTM C1005 และเครื่องชั่งต้องปรับเทียบให้มีความแม่นยำและความถูกต้องที่มวลรวม 2 000 g

5.2 กระจกตวงแก้ว

มีความจุที่เหมาะสม (สามารถตวงน้ำในการผสมได้ในครั้งเดียว) ที่อุณหภูมิ 20 °C มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 2 mL ชิดแบ่งต่ำสุดอย่างน้อย 5 mL ยกเว้นขนาด 250 mL ให้ชิดแบ่งต่ำสุด 10 mL และขนาด 500 mL ให้ชิดแบ่งต่ำสุด 25 mL เส้นขีดหลักต้องเป็นเส้นรอบกระจกตวงและมีตัวเลขแสดงปริมาตรระบุ เส้นขีดแบ่งเล็กที่สุดยาว 1 ใน 7 ของเส้นรอบวงและเส้นขีดแบ่งขนาดกลางต้องยาวอย่างน้อย 1 ใน 5 ของเส้นรอบวง

5.3 แบบหล่อก้อนทดสอบ สำหรับก้อนทดสอบลูกบาศก์ขนาด 50 mm หรือ 2 in

ต้องประกอบเข้ากันพอดี แบบหล่อต้องมีไม่เกิน 3 ช่อง และแยกออกได้ไม่เกิน 2 ส่วน ชั้นส่วนของแบบหล่อเมื่อประกอบจะต้องยึดเข้ากันได้ดี แบบหล่อต้องทำจากโลหะแข็งไม่ถูกกัดกร่อนด้วยมอร์ตาร์ สำหรับแบบหล่อใหม่ค่า Rockwell hardness number ของโลหะต้องไม่น้อยกว่า 55 HRB ด้านข้างของแบบหล่อจะต้องแน่นพอที่จะป้องกันการยัดตัวและการบิดงอ ผิวด้านในของแบบหล่อควรเป็นผิวราบและค่าการยอมรับต้องเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนของแบบหล่อ

(ข้อ 5.3)

พารามิเตอร์	แบบหล่อ ขนาด 50 mm		แบบหล่อ ขนาด 2 in	
	ใหม่	เก่า	ใหม่	เก่า
ความเรียบด้านข้าง	< 0.025 mm	< 0.05 mm	< 0.001 in	< 0.002 in
ระยะห่างระหว่างด้านตรงข้าม	50 mm ± 0.13 mm	50 mm ± 0.50 mm	2 in ± 0.005 in	2 in ± 0.02 in
ความสูงของแต่ละช่อง	50 mm + 0.25 mm - 0.13 mm	50 mm + 0.25 mm - 0.38 mm	2 in + 0.01 in - 0.005 in	2 in + 0.01 in - 0.015 in
มุมระหว่างด้านที่ติดกัน ^A	90° ± 0.5°	90° ± 0.5°	90° ± 0.5°	90° ± 0.5°

หมายเหตุ ^A วัดที่จุดเชื่อมต่อของแบบหล่อที่สัมผัสกัน วัดแยกแต่ละช่องระหว่างผิวด้านในกับผิวที่สัมผัสกันและระหว่างผิวด้านในกับระนาบบนและระนาบล่างของแบบหล่อ

5.3.1 แบบหล่อต้องได้รับการตรวจพินิจลักษณะและขนาดอย่างน้อยทุก 2 ½ y

5.4 เครื่องผสม อ่างผสม และใบพาย

ตามมอก. 2752 เล่ม 17

5.5 แท่นทดสอบการไหลแผ่และแบบหล่อสำหรับทดสอบการไหลแผ่

ตาม ASTM C230/C230M

5.6 แท่งกระทุ้ง

ทำจากวัสดุไม่ดูดซึมน้ำ ไม่กร่อน ไม่เปราะ เช่น สารประกอบยางที่มีค่า Shore A durometer hardness 80 ± 10 หรือ ไม้โอ๊กตากแห้งที่ทำให้ไม่ดูดซึมน้ำโดยการจุ่มในพาราฟิน 15 min ที่อุณหภูมิประมาณ 200 °C หรือ 392 °F มีพื้นที่หน้าตัด 13 mm (± 1.6 mm) x 25 mm (± 1.6 mm) หรือ 0.5 in (± 0.06 in) x 1 in (± 0.06 in) และความยาว 120 mm ถึง 150 mm หรือ 5 in ถึง 6 in ผิวหน้าของแท่งกระทุ้งต้องแบนราบและทำมุมฉากกับความยาวของแท่งกระทุ้ง

5.6.1 แท่งกระทุ้ง ต้องได้รับการตรวจพินิจลักษณะและขนาดอย่างน้อยทุก 6 m

หมายเหตุ 1 การใช้แท่งกระทุ้งในแต่ละวัน ต้องมีการตรวจสอบภาพเพื่อยืนยันว่าแท่งกระทุ้งมีผิวหน้าแบนราบและทำมุมฉากกับความยาว หากผิวหน้าของแท่งกระทุ้งโค้งมนหรือลอกไม่ควรนำมาใช้งาน

5.7 เกรียงเหล็ก

มีสันตรง ยาว 100 mm ถึง 150 mm หรือ 4 in ถึง 6 in

5.8 ตู้ควบคุมความชื้นหรือห้องควบคุมความชื้น

ตาม ASTM C511

5.9 เครื่องทดสอบความต้านแรงอัด ประเภทไฮดรอลิกหรือประเภทสกรู

ระยะห่างระหว่างแป้นบนและแป้นล่างเพียงพอสำหรับใส่เครื่องมือสอบเทียบได้ แรงกดที่ใช้ทดสอบก่อนทดสอบมีความถูกต้อง $\pm 1.0\%$ ถ้าเครื่องทดสอบความต้านแรงอัดที่แสดงผลค่าแรงอัดเป็นแบบเข็ม หน้าปัดต้องมีขีดบ่งชี้ที่สามารถอ่านได้ละเอียดอย่างน้อย 0.1% ของแรงสูงสุดบนหน้าปัด (หมายเหตุ 2) และสามารถอ่านค่าแรงได้ละเอียดอย่างน้อย 1% ของแรงที่ใช้ทดสอบในช่วงนั้น ๆ หน้าปัดต้องมีเส้นขีดบ่งชี้เลขศูนย์และเลขอื่น ๆ เข็มชี้ตัวเลขต้องมีความยาวเพียงพอที่จะไปถึงขีดบ่งชี้ ความกว้างของปลายเข็มชี้จะต้องไม่เกินช่องว่างระหว่างขีดบ่งชี้ที่เล็กที่สุด หน้าปัดแต่ละเครื่องต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ปรับตั้งค่าศูนย์ที่สามารถเข้าถึงได้สะดวกจากด้านนอกของหน้าปัด และต้องมีอุปกรณ์ที่สามารถแสดงค่าแรงกดสูงสุดของก้อนทดสอบจนกระทั่งเริ่มตั้งค่าใหม่

5.9.1 ถ้าเครื่องทดสอบความต้านแรงอัดแสดงผลเป็นแบบดิจิทัล ตัวเลขใหญ่พอที่จะอ่านได้ง่าย ตัวเลขที่เพิ่มขึ้นต้องอ่านค่าได้เท่ากับหรือน้อยกว่า 0.10% ของแรงสูงสุด ค่าความถูกต้องของแรง $\pm 1.0\%$ ทุกจุดตลอดช่วงใช้งาน สามารถปรับค่าศูนย์ และสามารถแสดงค่าแรงกดสูงสุดของก้อนทดสอบตลอดเวลาจนกระทั่งเริ่มตั้งค่าใหม่

5.9.2 เครื่องทดสอบความต้านแรงอัด ต้องได้รับการสอบเทียบอย่างน้อยทุก 1 y เพื่อตรวจสอบว่ามีความถูกต้อง $\pm 1.0\%$ ของช่วงใช้งาน

หมายเหตุ 2 ช่องว่างระหว่างขีดบ่งชี้ที่สามารถอ่านได้ คือ 0.5 mm หรือ $1/50$ in ตามแนวโค้งของหน้าปัดที่เข็มชี้ นอกจากนี้สามารถอ่านได้ครึ่งหนึ่งเมื่อระยะห่างของช่องว่างระหว่างขีดบ่งชี้อยู่ระหว่าง 1 mm หรือ $1/25$ in ถึง 1.6 mm หรือ $1/16$ in สามารถอ่านได้หนึ่งในสาม เมื่อระยะห่างของช่องว่างระหว่างขีดบ่งชี้อยู่ระหว่าง 1.6 mm หรือ $1/16$ in ถึง 3.2 mm หรือ $1/8$ in และสามารถอ่านได้หนึ่งในสี่ เมื่อระยะห่างของช่องว่างระหว่างขีดบ่งชี้เป็น 3.2 mm หรือ $1/8$ in หรือมากกว่า

5.9.3 แป้นบนมีป่าทรงกลมทำด้วยโลหะชุบแข็งยึดติดแน่นตรงศูนย์กลางของแท่นบน จุดศูนย์กลางของป่าทรงกลมกับจุดศูนย์กลางผิวหน้าของแป้นบนต้องตรงกัน โดยคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm 5\%$ ของรัศมีป่าทรงกลม ถ้าผู้ผลิตไม่ได้กำหนดการดูแลรักษาส่วนของทรงกลมของแท่นอัดและตำแหน่งที่ตั้งของส่วนนี้ ต้องได้รับการทำความสะอาดและใช้น้ำมันหล่อลื่น เช่น Motor oil อย่างน้อยทุก 6 m แป้นนี้จะต้องยึดติดกับป่าทรงกลมแต่สามารถเอียงได้ทุกทิศทาง แป้นโลหะแข็งจะถูกนำมาใช้เป็นแป้นล่างเพื่อลดการสึกหรอเพื่อความสะดวกในการวางก้อนทดสอบแป้นหนึ่งในสองจะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือเส้นทแยงมุมระหว่าง 70.7 mm (2.83 in) (หมายเหตุ 3) ถึง 73.7 mm (2.9 in) เมื่อแป้นบนได้ตามข้อกำหนดนี้แล้วแป้นล่างต้องใหญ่กว่า 70.7 mm (2.83 in) เมื่อแป้นล่างได้ตามข้อกำหนดนี้แล้วเส้นผ่านศูนย์กลางหรือเส้นทแยงมุมของแป้นบนต้องอยู่ระหว่าง 70.7 mm (2.83 in) ถึง 79.4 mm (3 1/8 in) เมื่อมีเพียงแป้นล่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือเส้นทแยงมุมระหว่าง 70.7 mm (2.83 in) ถึง 73.7 mm (2.9 in) วางก้อนทดสอบให้อยู่กึ่งกลางของแป้นล่าง ในกรณีที่แป้นล่างเป็นศูนย์กลางของแป้นบน และจัดให้อยู่ในตำแหน่ง

โดยวิธีการที่เหมาะสม ผิวหน้าของแป้นที่สัมผัสก่อนทดสอบมีค่า Rockwell hardness number ไม่น้อยกว่า 60 HRC เมื่อเป็นแป้นใหม่ผิวหน้าคลาดเคลื่อนจากระนาบได้ไม่เกิน 0.013 mm (0.0005 in) และแป้นเก่าคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.025 mm (0.001 in)

- 5.9.3.1 แป้นทดสอบความต้านแรงอัด ต้องได้รับการตรวจพินิจความระนาบอย่างน้อยทุก 1 y โดยใช้บรรทัดเหล็ก และ feeler stock และจะต้องได้รับการแก้ไขหากพบว่าเกินเกณฑ์ที่กำหนด

หมายเหตุ 3 เส้นทแยงมุมของลูกบาศก์ขนาด 50 mm (2 in) คือ 70.7 mm (2.83 in)

6. วัสดุ

6.1 ทรายมาตรฐาน

- 6.1.1 ทราย (หมายเหตุ 4) ที่ใช้สำหรับทำก้อนทดสอบเป็นทรายซิลิกาธรรมชาติชนิด Graded Sand ตาม ASTM C778

หมายเหตุ 4 Graded sand ต้องถูกจัดเก็บอย่างดีเพื่อป้องกันการแยกตัว เนื่องจากเป็นสาเหตุให้ความชื้นเหลวของมอร์ตาร์ผิดปกติ การนำทรายออกจากถังเก็บหรือถุงเก็บ ระวังอย่าทำให้เป็นกองหรือเป็นหลุมในทราย เพราะทรายเม็ดโตจะไหลไปรวมกัน ถังเก็บต้องมีขนาดพอเหมาะเพื่อจะไม่เกิดสภาพเช่นนี้ ไม่ใช่เครื่องมือที่เอาทรายออกจากถังเก็บโดยวิธีไหลออกมาเอง

7. อุณหภูมิและความชื้น

- 7.1 อุณหภูมิของอากาศ เครื่องผสม ทรายมาตรฐาน ปูนซีเมนต์แห้ง แบบหล่อ แผ่นฐานและหม้อผสม ต้องรักษาไว้ระหว่าง $23.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ หรือ $73.5\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 5.5\text{ }^{\circ}\text{F}$ อุณหภูมิของน้ำผสม ห้องบ่ม และน้ำในอ่างเก็บต้องตั้งไว้ที่ $23.0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ หรือ $73.5\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 3.5\text{ }^{\circ}\text{F}$
- 7.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปฏิบัติการต้องไม่น้อยกว่า 50% ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ของตู้ควบคุมความชื้นหรือห้องควบคุมความชื้น ตาม ASTM C511

8. จำนวนตัวอย่าง

- 8.1 เตรียมก้อนทดสอบ 2 หรือ 3 ก้อน จากการผสมมอร์ตาร์ครั้งเดียวกัน สำหรับแต่ละช่วงการทดสอบหรืออายุการทดสอบ

9. การเตรียมแบบหล่อ

- 9.1 ใช้สารเคลือบ (Release agent) เคลือบบาง ๆ ที่ผิวด้านในของแบบหล่อและแผ่นฐาน ใช้ผ้าหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสมชุบน้ำมันทาแบบหล่อและแผ่นฐาน ให้เช็ดน้ำมันส่วนเกินออกเพื่อให้น้ำมันเคลือบที่ผิวด้านในบางลง กรณีที่ใช้สารหล่อลื่นพ่น ให้พ่นลงบนผิวแบบหล่อและแผ่นฐาน โดยเว้นระยะห่าง 150 mm ถึง 200 mm หรือ 6 in ถึง 8 in เพื่อให้สารหล่อลื่นเคลือบผิวได้อย่างสมบูรณ์ หลังจากพ่นแล้วใช้ผ้าเช็ดสารหล่อลื่นส่วนเกินออกจากบริเวณผิวแบบ ปริมาณสารหล่อลื่นที่เคลือบต้องเพียงพอที่จะทำให้เกิดรอยนิ้วมือเมื่อมีการสัมผัสเบา ๆ (หมายเหตุ 5)

- 9.2 ทารอยต่อของแบบหล่อที่จะประกบกัน โดยใช้ Light cup grease เช่น petrolatum เคลือบผิวให้มีปริมาณเพียงพอที่จะลื่นออกมาได้เล็กน้อยเมื่อแบบหล่อทั้งสองชิ้นประกบกันอย่างแน่นหนาแล้ว เช็ดส่วนเกินออกด้วยผ้า
- 9.3 อุดรอยต่อของแบบหล่อกับแผ่นฐานด้วยสารอุดกันรั่วใช้ไมโครคริสตัลไลน์แวกซ์ หรือของผสมระหว่างพาราฟินแวกซ์ 3 ส่วน กับชันสน 5 ส่วนโดยมวล สามารถใช้พาราฟินแวกซ์เป็นสารอุดกันรั่วกับแบบหล่อที่ยึดกับแผ่นฐาน โดยทำให้เป็นของเหลวด้วยความร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 110 °C ถึง 120 °C หรือ 230 °F ถึง 248 °F ผลกระทบจากการอุดกันรั่วโดยใช้ของเหลวเคลือบที่ผิวภายนอกเส้นที่สัมผัสระหว่างแบบหล่อและแผ่นฐาน (หมายเหตุ 6)
- 9.4 สามารถเลือกใช้สารอุดกันรั่วที่เป็นปิโตรเลียมเจลสำหรับยึดแบบหล่อได้ โดยใช้ปริมาณเล็กน้อยทาผิวทั้งหมดของแบบหล่อที่จะสัมผัสกับแผ่นฐาน เมื่อยึดแบบหล่อกับฐานแล้ว เช็ดสารอุดกันรั่วส่วนเกินออกจากผิวด้านในของแบบหล่อและแผ่นฐาน

หมายเหตุ 5 เนื่องจากสารหล่อลื่นที่พ่นสามารถระเหยได้ จึงควรตรวจเช็คแบบหล่อว่ามีปริมาณสารหล่อลื่นเคลือบผิวเพียงพอก่อนนำไปใช้งาน ถ้าเคลือบทิ้งไว้นานแล้วอาจต้องเคลือบซ้ำ

หมายเหตุ 6 วิธีป้องกันน้ำรั่วจากแบบหล่อ การผสมพาราฟินแวกซ์และชันสนที่ใช้อุดรอยต่อระหว่างแบบหล่อและแผ่นฐานอาจทำให้ยากต่อการแยกแบบหล่อเพื่อทำความสะอาด ถ้ารอยต่อถูกปิดอย่างแน่นหนาดีแล้ว ให้ใช้พาราฟินแวกซ์อย่างเดียวยังได้ แต่พาราฟินแวกซ์มีความแข็งแรงน้อยกว่าจึงควรใช้กับรอยต่อที่ไม่ได้ยึดระหว่างแบบหล่อกับแผ่นฐาน เมื่อแบบหล่อถูกยึดอย่างแน่นหนาด้วยพาราฟินแวกซ์สามารถทำให้แน่นมากยิ่งขึ้น โดยการอุ่นแบบหล่อและแผ่นฐานเล็กน้อยก่อนปิดรอยต่อ แล้วปล่อยให้เย็นในอุณหภูมิห้องก่อนใช้งาน

10. วิธีทดสอบ

10.1 ส่วนผสมของมอร์ตาร์

- 10.1.1 อัตราส่วนผสมสำหรับมอร์ตาร์มาตรฐานคือ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ต่อทรายมาตรฐาน 2.75 ส่วนโดยมวล ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.485 สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทุกประเภท และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.460 สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดกักอากาศทุกประเภท ปริมาณน้ำผสมสำหรับปูนซีเมนต์ชนิดอื่นนอกจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดกักอากาศให้ใช้วิธีหาค่าการไหลแผ่ให้ได้ 110 ± 5 ตามวิธีในข้อ 10.3 และคิดเป็นร้อยละของมวลปูนซีเมนต์
- 10.1.2 ปริมาณของวัสดุที่ใช้ในการผสมหนึ่งครั้งของมอร์ตาร์สำหรับทำก้อนทดสอบ 6 ก้อน 9 ก้อน และ 12 ก้อน จะต้องเป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณของวัสดุที่ใช้ผสม

(ข้อ 10.1.2)

วัสดุ	จำนวนก้อนทดสอบ		
	6	9	12
ปูนซีเมนต์ เป็นกรัม	500	740	1 060
ทราย เป็นกรัม	1 375	2 035	2 915
น้ำ เป็นมิลลิลิตร			
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (0.485)	242	359	514
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดกักอากาศ (0.460)	230	340	488
- ปูนซีเมนต์ชนิดอื่น (ค่าการไหลแผ่น 110 ± 5)

10.2 การเตรียมมอร์ตาร์

10.2.1 ให้ผสมมอร์ตาร์ด้วยเครื่องผสมตาม มอก.2752 เล่ม 17

10.3 การหาค่าการไหลแผ่น

10.3.1 หาค่าการไหลแผ่นตาม ASTM C1437

10.3.2 สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดกักอากาศ ให้บันทึกเพียงค่าการไหลแผ่น

10.3.3 ในกรณีที่เป็ปูนซีเมนต์ชนิดอื่นนอกเหนือจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดกักอากาศ ให้ทดลองผสมมอร์ตาร์ โดยใช้ปริมาณน้ำต่างกันจนกระทั่งได้ค่าการไหลแผ่นตามที่ระบุไว้ การทดลองแต่ละครั้งให้ใช้มอร์ตาร์ที่ผสมขึ้นใหม่

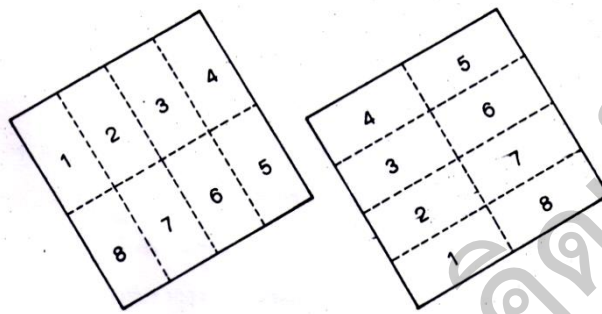
10.3.4 ทันทีกที่ทดสอบค่าการไหลแผ่นเสร็จให้นำมอร์ตาร์จากแท่นหาค่าการไหลแผ่นใส่กลับไปนหม้อผสม ขูดมอร์ตาร์ข้างหม้อผสมอย่างรวดเร็ว จากนั้นผสมอีกครั้งด้วยอัตราเร็วปานกลางเป็นเวลา 15 s เมื่อผสมเสร็จเขย่าใบพายเพื่อเอามอร์ตาร์ที่ติดอยู่ลงในหม้อผสม

10.3.5 เมื่อต้องการเพิ่มจำนวนตัวอย่างโดยการผสมใหม่ (duplicate batch) ไม่ต้องหาค่าการไหลแผ่น แต่ให้ทิ้งมอร์ตาร์ไว้ในหม้อผสม 90 s โดยไม่มีอะไรปิด ในระหว่างเวลา 15 s สุดท้ายของช่วงเวลาที่ทิ้งไว้นี้ ให้ขูดมอร์ตาร์ข้างหม้อผสม จากนั้นผสมอีกครั้งด้วยอัตราเร็วปานกลางเป็นเวลา 15 s

10.4 การหล่อก้อนทดสอบโดยใช้มือกระทุ้ง

เริ่มต้นหล่อก้อนทดสอบในช่วงเวลาไม่เกิน 2 min 30 s หลังจากผสมมอร์ตาร์เสร็จ ใส่มอร์ตาร์เป็นชั้นประมาณ 25 mm หรือ 1 in (ประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของแบบหล่อ) ในทุกช่อง กระทุ้งมอร์ตาร์ในแต่ละช่อง 32 ครั้ง ประมาณ 10 s ใน 4 รอบ แต่ละรอบทำมุมฉากซึ่งกันและกันและกระทุ้ง 8 ครั้ง ตัดกันเหนือผิวหน้าของมอร์ตาร์ ตามรูปที่ 1 ความแรงของการกระทุ้งเพียงพอที่จะทำให้มอร์ตาร์กระจายทั่วแบบหล่อ การกระทุ้งมอร์ตาร์ 4 รอบ (32 ครั้ง) ต้องกระทุ้งให้เสร็จใน 1 ช่องก่อนกระทุ้งช่องต่อไป เมื่อกระทุ้งชั้นแรกเสร็จครบทุกช่องแล้วให้เติมแต่ละช่องด้วยมอร์ตาร์ที่เหลือและกระทุ้งเหมือนชั้นแรก ระหว่างการกระทุ้งชั้นที่ 2 ให้นำมอร์ตาร์ที่ล้นออกจากด้านบนของแบบหล่อหลังการกระทุ้งแต่ละรอบด้วยมือที่สวมถุงมือและกระทุ้งจนเสร็จ

แต่ละรอบและก่อนเริ่มการกระทุ้งรอบต่อไป การกระทุ้งที่เสร็จสมบูรณ์ด้านบนของแต่ละก้อนทดสอบควรสูงกว่าด้านบนของแบบหล่อเล็กน้อย นำมอร์ตาร์ส่วนเกินออกจากด้านบนของแบบหล่อด้วยเกรียงและทำให้เรียบโดยใช้ด้านข้างของเกรียงปาด (โดยเฉยเกรียงด้านหน้าเล็กน้อย) 1 ครั้งผ่านด้านบนของก้อนทดสอบทำมุมฉากกับความยาวของแบบหล่อ และเพื่อปรับระดับมอร์ตาร์และทำให้มอร์ตาร์ที่ขึ้นออกมาเหนือแบบหล่อมีความหนาสม่ำเสมอยิ่งขึ้นให้ปาดด้วยด้านข้างของเกรียง (โดยเฉยเกรียงด้านหน้าเล็กน้อย) เบา ๆ 1 ครั้งตลอดความยาวของแบบหล่อ ตัดมอร์ตาร์เพื่อให้ผิวหน้าเรียบเสมอด้านบนของแบบหล่อโดยปาดด้วยขอบด้านตรงของเกรียง (วางเกือบตั้งฉากกับแบบหล่อ) ขยับเกรียงแบบเลื่อยตลอดความยาวของแบบหล่อ



รอบที่ 1 และ 3

รอบที่ 2 และ 4

รูปที่ 1 ลำดับการกระทุ้งในการหล่อก้อนทดสอบ

(ข้อ 10.4)

10.5 การเก็บก้อนทดสอบ ให้เก็บทันทีที่หล่อก้อนทดสอบเสร็จ วางก้อนทดสอบในตู้ควบคุมความชื้นหรือห้องควบคุมความชื้น โดยเก็บก้อนทดสอบทั้งหมดทันทีหลังจากหล่อก้อนทดสอบเสร็จ ก้อนทดสอบอยู่ในแบบหล่อบนแผ่นฐานในตู้ควบคุมความชื้นหรือห้องควบคุมความชื้น เป็นเวลา 20 h ถึง 72 h ให้ผิวหน้าด้านบนสัมผัสกับความชื้นในอากาศแต่ป้องกันไม่ให้น้ำหยดลงบนผิวก้อนทดสอบ ถ้าก้อนทดสอบถูกแกะจากแบบหล่อก่อน 24 h ให้เก็บก้อนทดสอบไว้ที่ชั้นของตู้ควบคุมความชื้นหรือห้องควบคุมความชื้นจนกระทั่งอายุครบ 24 h หลังจากนั้น นำก้อนทดสอบแช่ในน้ำปูนใสอิมิตัว ยกเว้นก้อนทดสอบที่จะทดสอบเมื่ออายุครบ 24 h น้ำปูนใสอิมิตัวจะบรรจุอยู่ในอ่างที่ทำจากวัสดุทนการกัดกร่อน ใช้น้ำที่ใช้แช่ให้สะอาดอยู่เสมอโดยการเปลี่ยนเมื่อต้องการ

10.6 วิธีทดสอบความต้านแรงอัด

10.6.1 ทดสอบก้อนทดสอบทันทีหลังจากที่นำก้อนทดสอบออกจากตู้ควบคุมความชื้นหรือห้องควบคุมความชื้นในกรณีที่จะทดสอบเมื่ออายุครบ 24 h และนำออกจากอ่างน้ำปูนใสอิมิตัวในกรณีของก้อนทดสอบอื่น ก้อนทดสอบทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบจะต้องทำให้เสร็จภายในอายุที่กำหนด โดยยอมให้ระยะเวลาคลาดเคลื่อนได้ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของอายุทดสอบ

(ข้อ 10.6.1)

อายุทดสอบ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
24 h	$\pm \frac{1}{2} h$
3 d	$\pm 1 h$
7 d	$\pm 3 h$
28 d	$\pm 12 h$

ถ้านำก้อนทดสอบออกจากตู้ควบคุมความชื้นหรือห้องควบคุมความชื้นครั้งหนึ่ง ๆ มากกว่า 1 ก้อน สำหรับการทดสอบเมื่ออายุครบ 24 h ให้เก็บรักษาก้อนทดสอบโดยใช้ผ้าชื้นคลุมไว้จนกระทั่งถึงเวลาทดสอบ ถ้าจำเป็นต้องนำก้อนทดสอบออกจากอ่างแช่มากกว่า 1 ก้อน ให้เก็บรักษาก้อนทดสอบโดยนำมาแช่ในน้ำธรรมดาที่อุณหภูมิ $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($73.5 \text{ }^{\circ}\text{F} \pm 3.5 \text{ }^{\circ}\text{F}$) และลึกลงที่จะท่วมก้อนทดสอบแต่ละก้อนทดสอบจนกระทั่งถึงเวลาทดสอบ

- 10.6.2 เช็ดผิวก้อนทดสอบแต่ละก้อนให้สภาพผิวหน้าแห้งและปิดเม็ดทรายหรือสะเก็ดที่ติดผิวหน้าด้านที่สัมผัสกับแป้นของเครื่องทดสอบออกให้หมด ตรวจสอบผิวหน้าทั้ง 2 ด้านนั้นโดยใช้บรรทัดเหล็กทาบ (หมายเหตุ 7) หากพบว่า ผิวหน้าโค้งต้องฝนผิวหน้าให้เรียบหรือทิ้งก้อนทดสอบนั้นไป ทำการวัดพื้นที่หน้าตัดของก้อนทดสอบในช่วงเวลาการตรวจเช็ค

หมายเหตุ 7 ผิวหน้าก้อนทดสอบ ผลการทดสอบความต้านแรงอัดจะต่ำกว่าค่าจริงถ้าผิวหน้าของก้อนทดสอบที่รับแรงไม่ราบเรียบจริง ดังนั้นจะต้องระมัดระวังในการเก็บรักษาแบบหล่อให้สะอาด มิฉะนั้นผิวหน้าแบบหล่ออาจจะไม่สม่ำเสมอ อุปกรณ์ที่ใช้ทำความสะอาดควรมีเนื้ออ่อนกว่าโลหะที่ทำแบบหล่อเพื่อป้องกันการสึกหรอ ในกรณีที่ต้องฝนผิวหน้าก้อนทดสอบ สามารถทำได้โดยฝนก้อนทดสอบบนกระดาษทรายน้ำชนิดละเอียดหรือผ้าทรายเพื่อให้ผิวราบเรียบ และควรใช้แรงปานกลาง ถ้าหากก้อนทดสอบขรุขระมากกว่า 0.002 in (0.05 mm) ควรทิ้งก้อนทดสอบนี้เพราะเสียเวลาในการฝนมาก

- 10.6.3 ใช้แรงกดบนก้อนทดสอบด้านที่มีหน้าสัมผัสที่เรียบได้ระนาบจริง ๆ ใช้ความระมัดระวังในการวางก้อนทดสอบที่เครื่องทดสอบให้ได้ศูนย์กลางใต้แป้นบน ก้อนทดสอบแต่ละก้อนทดสอบต้องแน่ใจว่ารูปร่างกลมนั้นเอียงได้อย่างอิสระ ห้ามใช้วัตถุกันกระแทกหรือหมอนรอง นำรูปร่างกลมสัมผัสให้เสมอกับผิวหน้าของก้อนทดสอบ ใช้อัตรากดในช่วง 900 N/s ถึง 1800 N/s (200 lbs/s ถึง 400 lbs/s) เมื่อเป็นทดสอบสัมผัสกับก้อนทดสอบ

11. การคำนวณ

- 11.1 บันทึกแรงอัดสูงสุดที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบและคำนวณดังสูตรต่อไปนี้

$$fm = P/A$$

เมื่อ

fm = ค่าความต้านแรงอัด เป็นเมกะพาสคัล หรือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

P = ค่าแรงอัดสูงสุด เป็นนิวตัน หรือปอนด์-แรง

A = พื้นที่ผิวรับแรงอัด เป็นตารางมิลลิเมตร หรือตารางนิ้ว

ทั้งก่อนทดสอบขนาด 50 mm หรือ 2 in อาจถูกใช้สำหรับหาค่าความต้านแรงอัด ในหน่วยเอสไอ หรือหน่วย นิ้ว-ปอนด์ อย่างไรก็ตามหน่วยที่ประกอบของแรงอัดและพื้นที่ที่จะถูกใช้เพื่อคำนวณความต้านแรงอัด ถ้าพื้นที่หน้าตัดของก่อนทดสอบคลาดเคลื่อนมากกว่า 1.5% จากค่าปกติ ให้ใช้ค่าพื้นที่จริงคำนวณค่าความต้านแรงอัด ค่าความต้านแรงอัดของก่อนทดสอบทั้งหมดที่มาจากตัวอย่างเดียวกันและทดสอบในช่วงเวลาเดียวกัน ถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยและรายงานละเอียดถึง 0.1 MPa (10 psi)

12. การรายงานผล

- 12.1 รายงานผลค่าการไหลแต่ละเอียงถึง 1% และปริมาณน้ำที่ใช้ละเอียดถึง 0.1% ค่าเฉลี่ยความต้านแรงอัดของ ก่อนทดสอบทุกก่อนจากตัวอย่างเดียวกันละเอียดถึง 0.1 MPa (10 psi)

13. ความผิดพลาดของตัวอย่างและการทดสอบซ้ำ

- 13.1 ในการทดสอบหาค่าความต้านแรงอัด ห้ามใช้ก่อนทดสอบที่มีลักษณะไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด
- 13.2 ค่าการยอมรับสูงสุดระหว่างตัวอย่างจากการเตรียมปูนซีเมนต์เดียวกันที่อายุทดสอบเดียวกันคือ 8.7% ของค่าเฉลี่ย เมื่อใช้ก่อนทดสอบ 3 ก้อน และ 7.6% ของค่าเฉลี่ย เมื่อใช้ก่อนทดสอบ 2 ก้อน
- 13.3 ถ้าค่าความต้านแรงอัดของตัวอย่างทั้ง 3 ก้อน มากกว่าค่าการยอมรับสูงสุดในข้อ 13.2 ให้ยกเลิกค่าที่ต่างจากค่าเฉลี่ยมากที่สุดและพิจารณาค่าการยอมรับสูงสุดของ 2 ก้อน ที่เหลืออยู่ ให้ทำการทดสอบซ้ำถ้าก่อนทดสอบ เหลือน้อยกว่า 2 ก้อน หลังตัดก่อนทดสอบที่มีลักษณะไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทิ้งหรือตัดผลการทดสอบที่ไม่ผ่านค่าการยอมรับสูงสุดของ 2 ก้อนทดสอบ

หมายเหตุ 8 ความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบค่าความต้านแรงอัดขึ้นอยู่กับความระมัดระวังในการปฏิบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดและวิธีทดสอบ ผลการทดสอบที่ผิดพลาดบ่งบอกถึงการไม่ใส่ใจในเกณฑ์ที่กำหนดและวิธีทดสอบในบางครั้ง ตัวอย่างเช่น การทดสอบในข้อ 10.6.2 และ 10.6.3 การวางก่อนทดสอบไม่อยู่ตรงกลางเป็นทดสอบ ทำให้ก่อนทดสอบแตกแบบเอียง และทำให้ค่าความต้านแรงอัดลดลง

14. ความแม่นยำ

14.1 ความแม่นยำ สำหรับวิธีการทดสอบนี้ให้เป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์กำหนดค่าความแม่นยำของวิธีทดสอบความต้านแรงอัดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

(ข้อ 14.1)

	อายุทดสอบ, วัน	ค่าเบี่ยงเบน, 1s%	ช่วงค่าที่ยอมรับ, d2s%
อัตราส่วนน้ำกับปูนซีเมนต์คงที่ ผู้ทดสอบห้องปฏิบัติการเดียว	1	3.1	8.7
	3	3.9	10.9
	7	3.9	10.9
	28	3.8	10.6
	ค่าเฉลี่ย	...	3.7
ผู้ทดสอบต่างห้องปฏิบัติการ	1	7.3	20.4
	3	6.8	19.0
	7	6.6	18.5
	28	6.5	18.2
	ค่าเฉลี่ย	...	6.6

15. คำสำคัญ

15.1 ความต้านแรงอัด (compressive strength) มอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (hydraulic cement mortar)

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1 รายละเอียดการตัดแปรระหว่าง ASTM C109/C109M-16a กับ มอก. 2752 เล่ม 12 - 25xx

ข้อกำหนด	ASTM C109/C109M-16a	มอก. 2752 เล่ม 12 - 25xx
1. ขอบข่าย	มีจำนวน 4 ข้อย่อย	มีจำนวน 1 ข้อย่อย โดยตัดข้อ 1.2 ถึงข้อ 1.4 ตัดหมายเหตุ 1 และเรียงลำดับหมายเหตุใหม่
2. เอกสารอ้างอิง	มีเอกสารอ้างอิงจำนวน 19 ฉบับ	มีเอกสารอ้างอิงจำนวน 19 ฉบับ โดยมีแก้ไข ดังนี้ - แก้ไข ASTM C91 เป็น มอก.2595 - แก้ไข ASTM C114 เป็น มอก.15 เล่ม 18 - แก้ไข ASTM C150 เป็น มอก.15 เล่ม 1 - แก้ไข ASTM C305 เป็น มอก.2752 เล่ม 17 - แก้ไข ASTM C595 เป็น มอก.849 - แก้ไข ASTM C989 เป็น มอก.2587 - แก้ไข ASTM C1157 เป็น มอก. 2594
5. เครื่องมือทดสอบ	ข้อ 5.4 เครื่องผสม อ่างผสม และใบพาย ตาม ASTM C305	ข้อ 5.4 เครื่องผสม อ่างผสม และใบพาย ตามมอก. 2752 เล่ม 17
10. การเตรียมมอร์ตาร์	10.2.1 ให้ผสมมอร์ตาร์ด้วยเครื่องผสม ตาม ASTM C305	10.2.1 ให้ผสมมอร์ตาร์ด้วยเครื่องผสม ตาม มอก.2752 เล่ม 17
	10.4 การหล่อก้อนทดสอบโดยใช้มือ กระทั่ง มีจำนวน 4 ข้อย่อย	10.4 การหล่อก้อนทดสอบโดยใช้มือ กระทั่ง มีจำนวน 1 ข้อย่อย โดยตัดข้อ 10.4.1 ข้อ 10.4.3 และข้อ 10.4.4
	ตารางที่ 2 ความแม่นยำ	ตัดตารางที่ 2 และเรียงลำดับตารางใหม่
	หมายเหตุ 10	ตัดหมายเหตุ 10 และเรียงลำดับหมายเหตุใหม่
13. ความผิดพลาดของ ตัวอย่างและการทดสอบ ซ้ำ	หมายเหตุ 12 และหมายเหตุ 13	ตัดหมายเหตุ 12 และหมายเหตุ 13 และเรียงลำดับหมายเหตุใหม่

ข้อกำหนด	ASTM C109/C109M-16a	มอก. 2752 เล่ม 12 - 25xx
14. ความแม่นยำ	มีจำนวน 3 ข้อย่อย	มีจำนวน 1 ข้อย่อย โดยตัดข้อ 14.2 และข้อ 14.3 และเพิ่ม ตาราง A1.2
15. คำสำคัญ	มีจำนวน 5 คำ	มีจำนวน 2 คำ โดยตัดคำว่า - hydraulic cement strength - mortar strength - strength
ภาคผนวก	ภาคผนวก	ตัดภาคผนวก