

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีทดสอบปูนซีเมนต์

เล่ม 2 วิธีทดสอบความหนาแน่นของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

บทนำ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยอาศัย ASTM C188-17 Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของ ASTM International ตั้งอยู่ที่เลขที่ 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, สหรัฐอเมริกา โดยได้รับอนุญาตจาก ASTM International

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดวิธีทดสอบความหนาแน่นของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบและการควบคุมการผลิตคอนกรีต

2. เอกสารอ้างอิง

- 2.1 มาตรฐานอ้างอิง
- | | |
|-----------------|--|
| มอก. 15 เล่ม 18 | ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 18 การวิเคราะห์ทางเคมีของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก |
| ASTM C125 | Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates |
| ASTM C604 | Test Method for True Specific Gravity of Refractory Materials by Gas-Comparison Pycnometer |
| ASTM C670 | Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials |
| ASTM D2638 | Test Method for Real Density of Calcined Petroleum Coke by Helium Pycnometer |

3. นัยสำคัญและการใช้งาน

- 3.1 วัตถุประสงค์ของวิธีทดสอบนี้ เพื่อจัดเตรียมขั้นตอนในการทดสอบความหนาแน่นของตัวอย่างปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก โดยใช้ขวดเลอซาเตอลิเออร์

4. เครื่องมือทดสอบ

4.1 ขวดเลอซาเตอลิเออร์

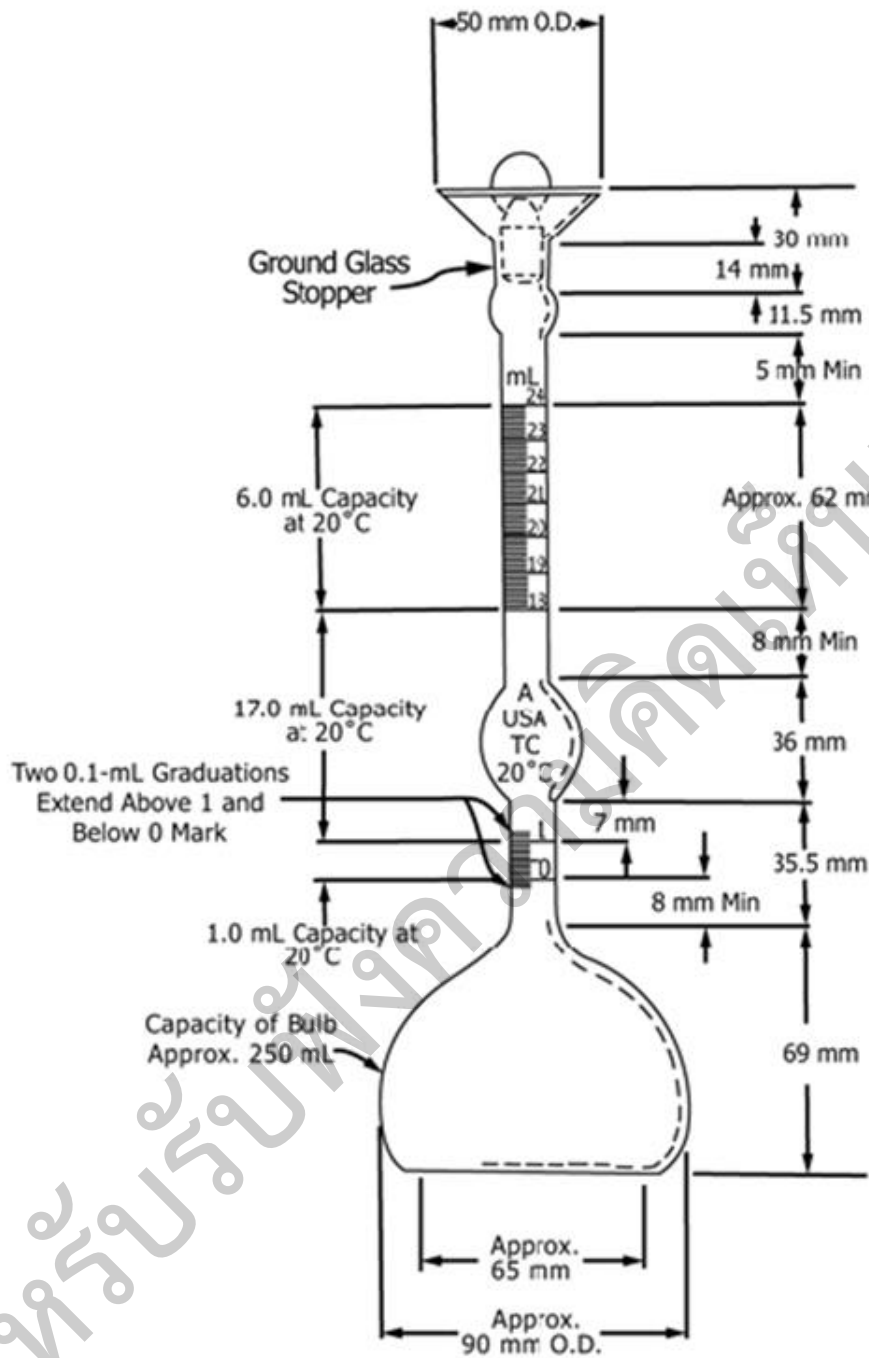
เป็นขวดมาตรฐานซึ่งมีหน้าตัดเป็นวงกลม รูปทรงและขนาด ดังรูปที่ 1 (หมายเหตุ 1) ต้องมีเส้นขีด ความยาวของเส้นขีด การเว้นระยะห่างและความสม่ำเสมอของเส้นขีดที่ชัดเจน อ่านได้ง่าย ระยะห่างระหว่างขีดระดับ ปริมาตรบนสุดกับจุดต่ำสุดของจุกปิด ต้องห่างกันอย่างน้อย 10 mm

- 4.1.1 วัสดุที่ใช้ต้องเป็นแก้วคุณภาพสูง โปร่งใส ไม่มีรอย หนานานต่อสารเคมี และมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้น้อยเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ขวดจะถูกหลอมอย่างสมบูรณ์ มีสภาพอยู่ตัวก่อนการระบุขีดระดับปริมาตร และต้องมีความหนาเพียงพอที่จะทนทานต่อการแตกร้าว
- 4.1.2 คอขวดต้องระบุขีดระดับปริมาตรจาก 0 mL ถึง 1 mL และจาก 18 mL ถึง 24 mL โดยมีความละเอียดของเส้นขีดระดับปริมาตร 0.1 mL และมีความคลาดเคลื่อนของขีดระดับปริมาตรในแต่ละขีด ต้องไม่เกิน 0.05 mL
- 4.1.3 ที่ขวดและจุกปิดแต่ละชิ้นต้องมีเลขชี้บ่ง ซึ่งหากเป็นแบบไม่สามารถสลับชิ้นส่วนกันได้ ให้ชี้บ่งเป็นหมายเลขเดียวกัน แต่หากสามารถสลับชิ้นส่วนกันได้ ให้ชี้บ่งทั้ง 2 ส่วนด้วยสัญลักษณ์มาตรฐานและขนาดที่ขวดให้ระบุอุณหภูมิมาตรฐาน ส่วนการระบุหน่วยของความจุเป็น “mL” นั้นต้องระบุไว้เหนือขีดระดับปริมาตรบนสุด
- 4.2 น้ำมันก๊าดที่ไม่มีน้ำเจือปนหรือแนฟทา (naphtha) ที่มีความหนาแน่นมากกว่า 0.73 g/mL ที่ $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ใช้ในการทดสอบความหนาแน่น
- 4.3 การใช้เครื่องมือหรือวิธีทางเลือกอื่น ๆ สำหรับการทดสอบความหนาแน่นอนุญาตให้ใช้ได้ภายใต้การทดสอบ โดยผู้ทดสอบคนเดียวซึ่งมีผลการทดสอบอยู่ในช่วงระหว่าง $\pm 0.03 \text{ g/cm}^3$ จากการทดสอบหาความหนาแน่นโดยใช้ขวดเลอซาเตอลิเออร์

หมายเหตุ 1 การออกแบบขวดเพื่อให้มั่นใจว่าสามารถเทน้ำออกจากขวดจนหมดและมีความคงที่ของระดับพื้นผิวตลอดจนมีความถูกต้องและแม่นยำในการอ่านค่า

4.3.1 วิธีทางเลือกอื่นที่ใช้ฮีเลียมสำหรับการทดสอบความหนาแน่น อนุญาตให้ใช้วิธีทดสอบ ดังต่อไปนี้

- 4.3.1.1 วิธีทดสอบตาม ASTM C604
- 4.3.1.2 วิธีทดสอบตาม ASTM D2638



หมายเหตุ

ไม่สามารถใช้ความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยในหน่วยมิลลิเมตรของมิติ เช่น ความสูงรวมของขวด เส้นผ่านศูนย์กลางของฐาน และอื่น ๆ เป็นเหตุผลในการไม่ยอมรับ

ขนาดของขวดที่แสดงไว้ในรูปที่ 1 ใช้เฉพาะขวดใหม่ และไม่ใช้ขวดที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดอื่น ๆ ของวิธีทดสอบนี้

รูปที่ 1 ขวดเลอซาเตอลิเออร์สำหรับทดสอบความหนาแน่น

(ข้อ 4.1)

5. วิธีทดสอบ

- 5.1 ให้ทดสอบความหนาแน่นของปูนซีเมนต์ตามสภาพที่ได้รับมา ยกเว้นที่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น แต่ถ้าต้องการทดสอบความหนาแน่นในตัวอย่างที่สูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา จะต้องทำการเผาตัวอย่างนั้นก่อน ตามวิธีการทดสอบน้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผาตาม มอก. 15 เล่ม 18
- 5.2 เติมน้ำของเหลวที่ระบุในข้อ 4.2 (หมายเหตุ 2) ลงในขวดให้อยู่ในช่วงที่ระบุขีดระดับปริมาตรระหว่าง 0 mL ถึง 1 mL ภายในขวดในส่วนที่เหนือระดับของเหลวนี้จะต้องแห้งหลังจากการเท ซึ่งขวดที่มีของเหลวนั้นแล้ว บันทึกมวล (M_a) ให้ละเอียดอย่างน้อย 0.05 g บันทึกค่าแรกที่อ่านระดับความสูงของของเหลวหลังจากจุ่มขวดลงในอ่างน้ำ (หมายเหตุ 3) ตามข้อ 5.4

หมายเหตุ 2 แนะนำให้ใช้แผ่นยางรองบนโต๊ะขณะเติมและหมุนขวด

หมายเหตุ 3 ก่อนที่จะเติมปูนซีเมนต์ลงในขวด ควรใช้วงแหวนหลวม ๆ สวมรอบคอขวดให้หนักพอที่จะช่วยให้ขวดตั้งตรงในอ่างน้ำ หรือจะใช้คีมจับบีวเรียดัดขวดในอ่างน้ำก็ได้

- 5.3 เติมน้ำปูนซีเมนต์ที่ละน้อยที่อุณหภูมิเดียวกันกับของเหลว (หมายเหตุ 2) ที่เพียงพอจะทำให้ระดับของของเหลวขึ้นไปสู่จุดๆ หนึ่งในช่วงขีดระดับตอนบน (หมายเหตุ 4) ต้องระมัดระวังไม่ให้ของเหลวกระเด็นและไม่ให้ปูนซีเมนต์เกาะติดอยู่ภายในขวดเหนือระดับของเหลว (หมายเหตุ 5) อาจใช้เครื่องสั่นสะเทือนเพื่อช่วยเร่งการเติมปูนซีเมนต์ลงในขวดและป้องกันการเกาะติดของปูนซีเมนต์กับคอขวด หลังจากเติมน้ำปูนซีเมนต์ทั้งหมด ซึ่งขวดอีกครั้งให้ละเอียดถึง 0.05 g และจดบันทึกมวล (M_t) จากนั้นให้ปิดจุกขวดและหมุนขวดในแนวเอียง (หมายเหตุ 2) หรือหมุนเป็นวงกลมในแนวนอนเพื่อไล่อากาศออกจากปูนซีเมนต์กระทั่งไม่มีฟองอากาศลอยขึ้นสู่ผิวของเหลว อ่านค่าสุดท้ายหลังจากจุ่มขวดลงในอ่างน้ำตามข้อ 5.4

หมายเหตุ 4 ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องการประมาณ 64 g สำหรับปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ และจำนวนน้อยกว่าสำหรับปูนซีเมนต์ชนิดอื่น

หมายเหตุ 5 ใช้กรวยในการกรอกปูนซีเมนต์เพื่อให้มั่นใจว่าปูนซีเมนต์ทั้งหมดถูกกรอกลงในขวดโดยไม่หก และช่วยลดการเกาะติดส่วนบนภายในขวด

- 5.4 จุ่มขวดลงในอ่างที่มีน้ำอุณหภูมิคงที่ตามระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างการอ่านค่าแรกและค่าสุดท้าย ต้องไม่ให้อุณหภูมิแตกต่างกันเกิน 0.2 °C

6. การคำนวณ

- 6.1 ส่วนต่างระหว่างปริมาตรของของเหลวค่าแรกและค่าสุดท้ายที่อ่านได้คือปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่ด้วยมวลของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบนี้

- 6.2 การคำนวณความหนาแน่นของปูนซีเมนต์

- 6.2.1 คำนวณมวลของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบ, M_c

$$M_c = M_t - M_a$$

เมื่อ

M_c = มวลของปูนซีเมนต์ที่ใช้ เป็นกรัม

M_t = มวลของขวดที่บรรจุของเหลวและปูนซีเมนต์ (ตามข้อ 5.3) เป็นกรัม

M_a = มวลของขวดที่บรรจุของเหลวที่อ่านค่าแรก (ตามข้อ 5.2) เป็นกรัม

6.2.2 คำนวณความหนาแน่นของปูนซีเมนต์, ρ

$$\rho = M_c / V$$

เมื่อ

ρ = ความหนาแน่นของปูนซีเมนต์ เป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

M_c = มวลของปูนซีเมนต์ที่ใช้จากการคำนวณ ตามข้อ 6.2.1 เป็นกรัม

V = ปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

หมายเหตุ 6 ปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่ในหน่วยมิลลิลิตร เทียบเท่าปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่ในหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตร

หมายเหตุ 7 คำนวณความหนาแน่นของปูนซีเมนต์, ρ ด้วยทศนิยมสามตำแหน่งและปัดเศษให้ละเอียด 0.01 g/cm³

หมายเหตุ 8 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนและการควบคุมการผสมคอนกรีต ความหนาแน่นอาจมีประโยชน์มากกว่าเมื่อแสดงเป็นความถ่วงจำเพาะซึ่งไม่มีหน่วย คำนวณความถ่วงจำเพาะ (sp. gr.) ได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \text{ความหนาแน่นของปูนซีเมนต์} / \text{ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ } 4^{\circ}\text{C}$$

(เมื่อความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 4°C เท่ากับ 1 g/cm³)

7. ความแม่นยำ

- 7.1 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ทดสอบคนเดียว (ในห้องทดสอบ) สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีค่า 0.012 ดังนั้นผลที่ได้จากการทดสอบ 2 ครั้ง โดยผู้ทดสอบคนเดียวกันของตัวอย่างปูนซีเมนต์ชุดเดียวกัน ต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.03
- 7.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของห้องทดสอบต่างแห่ง (ระหว่างห้องทดสอบ) สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีค่า 0.037 ดังนั้นผลที่ได้จากการทดสอบ 2 ครั้ง จากห้องปฏิบัติการ 2 แห่ง ของตัวอย่างปูนซีเมนต์ชุดเดียวกัน ต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.10

8. คำสำคัญ

- 8.1 ความหนาแน่น (density) ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (hydraulic cement) ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1 รายละเอียดการดัดแปรระหว่าง ASTM C188-17 กับ มอก. 2752 เล่ม 2 - 25xx

ข้อกำหนด	ASTM C188-17	มอก. 2752 เล่ม 2 - 25xx
1. ขอบข่าย	มีจำนวน 4 ข้อย่อย	มีจำนวน 1 ข้อย่อย โดยตัดข้อ 1.2 ข้อ 1.3 ข้อ 1.4 และข้อ 1.5
2. เอกสารอ้างอิง	มีเอกสารอ้างอิงจำนวน 5 ฉบับ	มีเอกสารอ้างอิงจำนวน 5 ฉบับ - แก้ไข ASTM C114 เป็น มอก.2752 เล่ม 18
-	ข้อ 3. บทนิยาม	ไม่มี โดยเลื่อนข้อขึ้นตามลำดับ
4. เครื่องมือทดสอบ	ข้อ 5.3.1.1 วิธีทดสอบตาม ASTM C604 ยกเว้นหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการบดตัวอย่างเนื่องจากปูนซีเมนต์เป็นผง	ข้อ 4.3.1.1 วิธีทดสอบตาม ASTM C604
	ข้อ 5.3.1.2 วิธีทดสอบตาม ASTM D2638 ยกเว้นหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการบดตัวอย่างเนื่องจากปูนซีเมนต์เป็นผง	ข้อ 4.3.1.2 วิธีทดสอบตาม ASTM D2638
7. ความแม่นยำ	มีจำนวน 3 ข้อย่อย	มีจำนวน 2 ข้อย่อย โดยตัดข้อ 8.3 ออก