

บทที่ 9

การทดสอบความคงทนของมวลรวม (Soundness)

บทนำ

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความต้านทานการสลายตัวของมวลรวมในสารละลายโซเดียมซัลเฟตหรือแมกนีเซียมซัลเฟต ซึ่งความเสียหายที่เกิดจากเกลือเกลือของสารละลายในช่องว่างมวลรวม จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับความเสียหายของมวลรวมที่จุดเยือกแข็ง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

คุณสมบัติของมวลรวมที่เหมาะสมที่จะนำมาทำคอนกรีตนั้นนอกจากมีความแข็งแรงและสามารถต้านทานการขจัดสีแล้วนั้น ความคงทน (Soundness) ยังเป็นอีกคุณสมบัติที่สำคัญมาก ทั้งนี้เพราะคอนกรีตอาจต้องอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น สภาพเปียกและแห้งสลับกัน (Wetting and Drying) หรือต้องอยู่ในสภาวะที่สภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิที่จุดเยือกแข็ง (Freezing and Thawing) สภาพแวดล้อมดังกล่าวจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของมวลรวมอย่างมาก ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายในคอนกรีตได้ ตั้งแต่แตกร่อนเป็นแผ่น (local scaling, pop-outs) จนถึงก่อให้เกิดการวิบัติของโครงสร้าง

โดยทั่วไปแล้วดูเหมือนว่าความพรุนของมวลรวม (Porosity) จะแปรผกผันกับความคงทน (Soundness) นั่นคือ มวลรวมที่มีความพรุนมากจะมีความคงทนน้อย แต่จริงๆ กลับพบว่ามวลรวมที่มีความพรุนบางชนิด เช่น หินพูมิส (Pumice) ซึ่งมีความพรุนสูงกลับมีความคงทนเช่นกัน ดังนั้นความไม่คงทนของมวลรวมนั้น (Unsoundness) จึงเกี่ยวข้องกับรูปร่าง การเชื่อมต่อ และขนาดของช่องว่างภายในมวลรวม (Pore Size) มากกว่าความพรุนของมวลรวมเพียงปัจจัยเดียว โดยขนาดของช่องว่างภายในมวลรวม (Pore Size) ที่เล็กกว่า 4-5 ไมโครเมตรนั้น ถือเป็นขนาดช่องว่างวิกฤติที่ปล่อยให้ น้ำซึมเข้าไปในมวลรวมได้ แต่ไม่สามารถซึมออกเมื่อน้ำในมวลรวม

ช่องว่างนั้นแข็งตัวจากอุณหภูมิที่ต่ำลงและขยายตัวจะก่อให้เกิดแรงดันภายใน ทำให้มวลรวมเสียหาย

การทดสอบความคงทนของมวลรวมทำได้โดยการแช่มวลรวมให้อยู่ในสภาพแห้งและเปียกสลับกันในสารละลายโซเดียมซัลเฟตหรือแมกนีเซียมซัลเฟต 5 รอบ จากนั้นทำการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเพื่อวัดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของมวลรวม ซึ่งจะต้องมีค่าไม่เกิน 12% ถ้าใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือไม่เกิน 18% ถ้าใช้สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาผสมทำคอนกรีต

การทดสอบความคงทนของมวลรวม

มาตรฐานที่ใช้

ASTM C 88

Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

อุปกรณ์

1. ตะแกรกร่อนมาตรฐาน
2. ตะกร้าสำหรับใส่หินและทราย
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. เครื่องชั่งน้ำหนักที่อ่านค่าได้ละเอียดได้ถึง 0.1 กรัม หรือ 0.1% ของน้ำหนักวัสดุที่ใช้ทดสอบ
5. ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 110 ± 5 องศาเซลเซียส
6. ไฮโดรมิเตอร์สำหรับวัดความถ่วงจำเพาะของสารละลาย
7. สารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต
8. สารละลายแบเรียมคลอไรด์



รูปที่ 1 อุปกรณ์ทดสอบความคงทน

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำทรายมาร่อนแยกส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 3/8" จนถึงค้างตะแกรงเบอร์ 50 โดยเพื่อน้ำหนักทรายที่ค้างในแต่ละตะแกรงให้ได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดปริมาณมวลรวมละเอียดที่ใช้ในการทดสอบ

ผ่านตะแกรง	ค้างตะแกรง	น้ำหนัก (กรัม)
# 30 (600 μm)	# 50 (300 μm)	100 ± 0.1
# 16 (1.18 mm)	# 30 (600 μm)	100 ± 0.1
# 8 (2.36 mm)	# 16 (1.18 mm)	100 ± 0.1
# 4 (4.75 mm)	# 8 (2.36 mm)	100 ± 0.1
3/8" (95 mm)	# 4 (4.75 mm)	100 ± 0.1

2. นำทรายที่ได้จากการร่อนผ่านตะแกรงแต่ละขนาดมาล้างน้ำบนตะแกรงเบอร์ 50 แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักของทรายแต่ละขนาดให้ได้ 100 ± 0.1 กรัม

3. นำหินที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 ขึ้นไปล้างน้ำให้สะอาด อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส แยกขนาดและชั่งน้ำหนักให้ได้ตามที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 2 ในกรณีที่มีหินขนาดใหญ่กว่า 3/4" ให้นับจำนวนก้อนไว้ด้วย

ตารางที่ 2 รายละเอียดปริมาณมวลรวมหยาบที่ใช้ในการทดสอบ

ขนาดของหิน (นิ้ว)	ผ่านตะแกรง (นิ้ว)	ค้างตะแกรง (นิ้ว)	น้ำหนัก (กรัม)
3/8	3/8	#4	300 ± 5
3/4 - 3/8	1/2	3/8	330 ± 5
	3/4	1/2	670 ± 10
1 1/2 - 3/4	1	3/4	500 ± 30
	1 1/2	1	1,000 ± 50
2 1/2 - 1 1/2	2	1 1/2	2,000 ± 200
	2 1/2	2	3,000 ± 300

วิธีทดสอบ

1. แช่ตัวอย่างที่เตรียมไว้ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต (Na₂SO₄) หรือแมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO₄) โดยให้สารละลายท่วมตัวอย่างอย่างน้อย 1/2" ทั้งไว้ไม่ต่ำกว่า 16 ชม. แต่ไม่เกิน 18 ชม. ปิดภาชนะให้มิดชิดควบคุมอุณหภูมิของสารละลายไว้ที่ 21 ± 1 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2 ตัวอย่างที่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต

2. นำตัวอย่างขึ้นจากสารละลาย เมื่อแช่ครบตามเวลา แล้วปล่อยให้สารละลายไหลออกจากตัวอย่างประมาณ 15 ± 5 นาที แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทั้งตัวอย่างให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วจึงนำไปแช่ในสารละลายเดิมอีก

3. ทำซ้ำกระบวนการแช่สารละลาย และนำมาอบแห้งสลับกันเช่นนี้ทั้งหมด 5 ครั้ง

4. หลังจากครบ 5 ครั้ง ล้างตัวอย่างให้สะอาดด้วยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 43 ± 6 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถทดสอบความสะอาดได้ โดยหยดสารละลายแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) ลงในน้ำล้างตัวอย่าง ถ้าน้ำยังขุ่นอยู่แสดงว่ายังล้างหินไม่สะอาด ถ้าวางหินสะอาดแล้วนำหินไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3 การเติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ลงในน้ำล้างตัวอย่าง

5. หลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส แล้วนำตัวอย่างไปร่อนผ่านตะแกรงดังนี้

- ทราบ นำไปร่อนผ่านตะแกรงชุดเดิมดังตารางที่ 1
- หิน นำไปร่อนผ่านตะแกรงด้วยมือดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3 ขนาดตะแกรงที่ใช้ร่อนมวลรวมหยาบ
หลังจากแช่สารละลาย**

ขนาดหิน (นิ้ว)	ตะแกรงขนาด (นิ้ว)
$2 \frac{1}{2} - 1 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{4}$
$1 \frac{1}{2} - \frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$
$\frac{3}{4} - \frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$
$\frac{3}{8} - \#4$	#5

ซึ่งน้ำหนักของตัวอย่างที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาด ผลต่างของน้ำหนักก่อนทดสอบกับน้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง คือน้ำหนักที่หายไป

การรายงานผล

ข้อมูลการรายงานผลประกอบด้วย

1. น้ำหนักของตัวอย่างแต่ละส่วนก่อนทดสอบ
2. เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละชุดที่ผ่านตะแกรงที่กำหนด
3. หาค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์ที่สูญเสียของตัวอย่างที่ทดสอบ โดยเปรียบเทียบตามสัดส่วนขนาดคละของตัวอย่างก่อนทดสอบ

ข้อยกเว้น

1. สำหรับทรายที่มีขนาดใหญ่กว่า $3/8$ " ไม่เกิน 10% ให้ถือว่าส่วนที่ละเอียดกว่าตะแกรงเบอร์ 50 มีการสูญเสีย 0% และส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่า $3/8$ " มีการสูญเสียเท่ากับขนาดถัดไปที่เล็กกว่า
2. หินที่มีส่วนที่ละเอียดกว่าตะแกรงเบอร์ 4 น้อยกว่า 10% ให้สมมุติว่า ส่วนที่ละเอียดกว่าเบอร์ 4 มีเปอร์เซนต์การสูญเสีย เท่ากับขนาดถัดไปที่ใหญ่กว่า

**ตัวอย่างที่ 1 ผลการทดสอบความคงทนต่อสารเคมี
ของมวลรวมหยาบ**

ขนาดตะแกรง (นิ้ว)	เปอร์เซนต์ที่ค้างบนตะแกรง	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	
		ก่อนแช่	หลังแช่
$1 \frac{1}{2}$	-	-	-
1	-	-	-
$\frac{3}{4}$	5.4	500.2	498.0
$\frac{1}{2}$	43.2	670.6	667.4
$\frac{3}{8}$	28.5	330.5	324.2
#4	20.2	300.1	295.6
ละเอียดกว่า #4	2.7	-	-
รวม	100	1,801.4	1,785.2

$$\text{เปอร์เซนต์การสูญเสีย} = \frac{1,801.4 - 1,785.2}{1,801.4} \times 100 = 0.90 \%$$

**ตัวอย่างที่ 2 ผลการทดสอบความคงทนต่อสารเคมี
ของมวลรวมละเอียด**

ขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ ที่ค้ำบนตะแกรง	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	
		ก่อนแช่	หลังแช่
$\frac{3}{8}$ "	0.5	-	-
# 4	1.9	-	-
# 8	8.3	100.00	98.53
# 16	16.8	100.04	98.48
# 30	27.6	100.07	98.89
# 50	28.1	100.03	99.53
ละเอียดกว่า #4	16.7	-	-
รวม	100	400.14	395.43

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย} &= \frac{400.14 - 395.43}{400.14} \times 100 \\ &= 1.18 \% \end{aligned}$$