วัสดุผสมคอนกรีต

อนนท์ ป้อมประสิทธิ์

วัสดุผสมคอนกรีต (concrete aggregate) เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญอย่างหนึ่งของคอนกรีต ซึ่งมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญได้แก่ ปูนซีเมนต์วัสดุผสมคอนกรีต น้ำ และสารเคมีผสมเพิ่ม วัสดุผสมคอนกรีตเป็นองค์ประกอบส่วนที่เป็นก้อนและเม็ดแทรกตัวอยู่ในเนื้อคอนกรีต มีขนาดต่างๆกัน และเป็นวัสดุที่เฉื่อยเกิดปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ได้น้อยมาก โดยมากจะเป็นวัสดุอนินทรีย์จำพวกหิน หรือวัสดุประเภทเดียวกับหิน ตัวอย่างเช่น ทราย กรวด หินบด และตะกอนจากเตาหลอมเหล็ก การใช้วัสดุผสมคอนกรีตนอกจากจะมีผลต่อคุณภาพของคอนกรีตแล้ว ยังทำให้ประหยัดต้นทุนในการก่อสร้างอีกด้วยเนื่องจากในการผสมคอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว ปูนซีเมนต์ที่อยู่ระหว่างก้อนหรืออนุภาคของวัสดุผสมจะยึดวัสดุผสมให้ติดกันอย่างแข็งแรงฝังตัวอยู่ในเนื้อคอนกรีต วัสดุผสมคอนกรีตเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาตรประมาณสามในสี่ของปริมาตรคอนกรีต ดังนั้นคุณภาพของวัสดุผสมคอนกรีตจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของคอนกรีตมาก การใช้วัสดุผสมคอนกรีตจะช่วยลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ลงซึ่งจะเป็นผลทำให้ลดการคืบตัว (creep) และการหดตัวของคอนกรีตอันเนื่องมาจากปูนซีเมนต์ และในขณะเดียวกันยังทำให้คอนกรีตมีราคาถูกลงด้วยเนื่องจากวัสดุผสมคอนกรีตมีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์มาก

การจัดประเภทของวัสดุผสมสามารถทำได้หลายวิธี เช่น จัดตามกรรมวิธีการผลิตว่าได้มาจากธรรมชาติหรือผลิตขึ้นมา จัดตามค่าความถ่วงจำเพาะ หรือจัดตามความสามารถในการทำปฏิกิริยา แต่วิธีที่เป็นที่นิยมกันมากที่สุดได้แก่ การจัดประเภทตามขนาดการจัดประเภทตามวิธีนี้สามารถแบ่งวัสดุผสมออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- วัสดุผสมหยาบ (coarse aggregate) เป็นวัสดุผสมที่มีขนาดใหญ่กว่า 4.75 มิลลิเมตรหรือมีส่วนผสมที่ค้างบนตะแกรงร่อน (sieve) ขนาด 4.75 มิลลิเมตร

- วัสดุผสมละเอียด (fine aggregate) เป็นวัสดุผสมที่มีขนาดเล็กกว่า 4.75 มิลลิเมตรหรือมีส่วนผสมที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 4.75 มิลลิเมตร

- วัสดุผสมคละ (combined or mixed aggregate) เป็นวัสดุผสมที่ประกอบด้วยวัสดุผสมหยาบและวัสดุผสมละเอียดรวมกัน

ตัวอย่างวัสดุผสมละเอียด ได้แก่ ทรายและทรายบด ตัวอย่างวัสดุผสมหยาบได้แก่ กรวด หินบด และตะกรันบด เป็นต้น วัสดุผสม ที่ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 16 (1.18 มิลลิเมตร) อาจเรียกว่าเป็นทรายละเอียด และวัสดุที่ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 200 (0.075 มิลลิเมตร) เรียกว่า ตะกอน (silt) หรือถ้ามีขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร มักจะเรียกว่าดิน (clay)

วัสดุผสมคอนกรีตที่ใช้ควรมีความลดหลั่นของขนาดเพื่อช่วยให้เรียงตัวกันได้แน่นและมีช่องว่างน้อย ช่วยให้ทำงานได้ง่าย และยังช่วยลดปริมาณปูนซีเมนต์ลง มาตรฐาน ASTM ได้กำหนดความลดหลั่นของขนาดของวัสดุผสมคอนกรีตโดยการทดสอบการผ่านตะแกรงร่อน ตามตารางที่ 1 และ 2 ซึ่งค่าร้อยละของการผ่านตะแกรงร่อนอาจเปลี่ยนแปลงไปจากที่กำหนด โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน สำหรับวัสดุผสมละเอียดร้อยละของวัสดุผสมที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาดใดขนาดหนึ่งและไปค้างบนตะแกรงถัดไป ไม่ควรเกินร้อยละ 45 และค่าโมดูลัส ความละเอียด (fineness modulus) ควรอยู่ในช่วง 2.3-3.1

ตารางที่ 1 เกณฑ์กำหนดการคัดขนาดของมวลผสมละเอียด

Sieve (Specification E 11)	Percent Passing
3/8-in (9.5-mm)	100
No.4 (4.75-mm)	95-100
No.8 (2.36-mm)	80-100
No.16 (1.18-mm)	50-85
No.30 (600-μm)	25-60
No.50 (300-μm)	10-30
No.100 (150-μm)	2-10

ตารางที่ 2 เกณฑ์กำหนดการคัดขนาดของวัสดุผสมหยาบ

Size Number	Nominal Size (Sieves with Square Openings)	Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square-Openings). Weight percent												
		4 in. (100 mm)	3 1/2 in. (90 mm)	3 in. (75 mm)	2 1/2 in. (63 mm)	2 in. (50 mm)	1 1/2 in. (37.5 mm)	1 in. (25.0 mm)	3/4 in. (19.0 mm)	1/2 in. (12.5 mm)	3/8 in. (9.5 mm)	No.4 (4.75 mm)	No.8 (2.36 mm)	No.16 (1.18 mm)
1	3 1/2 to112 in. (90to37.5 mm)	100	90 to 100	...	25 to 60	...	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...
2	2 1/2 to 1 1/2 in. (63 to 37.5 mm)	...	...	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...
3	2 to 1 in. (50 to 25.0 mm)	...	...	...	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...
357	2 in to No. 4 (50 to 4.75 mm)	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	10 to 30	...	0 to 5	...	...
4	1 1/2 to 3/4 in (37.5 to 19.0 mm)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...
467	1 1/2 in. to No. 4 (37.5 to 4.75 mm)	...	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	10 to 30	0 to 5	...	...
5	1 to 1/2 in. (25.0 to 12.5 mm)	...	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 10	0 to 5	...	...	...
56	1 to 3/4 in. (25.0 to 9.5 mm)	...	...	...	...	...	100	90 to 100	40 to 85	10 to 40	0 to 15	0 to 5	...	...
57	1 in. to No. 4 (25.0 to 4.75 mm)	...	...	...	...	...	100	95 to 100	...	25 to 60	...	0 to 10	0 to 5	...
6	3/4 to 3/8 in. (19.0 to 9.5 mm)	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	0 to 5	...	...
67	3/4 tn. to No. 4 (19.0 to 4.75 mm)	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	...	20 to 55	0 to 10	0 to 5	...
7	1/2 in. to No. 4 (12.5 to 4.75 mm)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	...
8	3/8 in. to No. 8 (9.5 to 2.36 mm)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 to 100	10 to 30	0 to 10	0 to 5

วัสดุผสมคอนกรีตที่จะนำมาใช้งานควรมีคุณสมบัติที่เหมาะสมคือจะต้องเป็นวัสดุที่แข็งแน่น ทนทาน สะอาด ไม่มีส่วนผุกร่อน หรือ วัชพืชปนอยู่ไม่ควรมีลักษณะแบนหรือยาว หรือมีรูพรุนที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

วัสดุผสมคอนกรีตที่ดีควรมีคุณสมบัติทางกลดังต่อไปนี้คือ

- ค่าสึกกร่อนของวัสดุผสม วัสดุผสมคอนกรีตสำหรับงานทนการขัดสีควรมีค่าสึกกร่อนไม่เกินร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก และวัสดุผสมคอนกรีตสำหรับงานคอนกรีตทั่วไปควรมีค่าสึกกร่อนไม่เกินร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

- ความคงตัวของวัสดุผสม วัสดุผสมละเอียดเมื่อทดสอบกับโซเดียมซัลเฟตหรือแมกนีเซียมซัลเฟต น้ำหนักที่หายไปไม่ควรเกินร้อยละ 10 และ 15 โดยน้ำหนักตามลำดับ วัสดุผสมหยาบเมื่อทดสอบกับโซเดียมซัลเฟตหรือแมกนีเซียมซัลเฟตน้ำหนักที่หายไปไม่ควรเกินร้อยละ 12 และ 18 โดยน้ำหนักตามลำดับ การทดสอบความคงตัวของวัสดุผสมอาจไม่มีความจำเป็นถ้าหากวัสดุผสมคอนกรีตนั้นไม่ได้ถูกนำไปใช้ในโครงสร้างที่มีสภาพเหมือนชายทะเล

วัสดุผสมละเอียดที่ได้มาจากแหล่งตามธรรมชาติอาจจะมีสารอินทรีย์จำพวกกรดแทนนิก (tannic acid) และสารประกอบของกรดแทนนิก ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของซากพืชจะมีผลทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตเสียไป โดยอาจทำให้คอนกรีตแข็งตัวช้า หรือไม่แข็งตัวเลยก็ได้ การตรวจสอบสารอินทรีย์ที่เจือปนอยู่ทำโดยแช่วัสดุผสมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารละลายมาเทียบสีกับกระจกสีมาตรฐานของการ์ดเนอร์สีของสารละลายต้องไม่เข้มกว่าสีของกระจกหมายเลข 3 วัสดุผสมคอนกรีตต้องไม่มีวัสดุอันตราย เช่น ถ่านหิน ลิกไนต์ หรือวัสดุที่คล้ายคลึงกัน ก้อนดินสะเก็ดวัสดุอ่อน หรือวัสดุที่ละเอียดกว่า 75 ไมโครเมตรปนอยู่เกินขีดจำกัดตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ขีดจำกัดของวัสดุอันตราย

วัสดุอันตราย	ปริมาณที่ยอมให้มีได้สูงสุด, ร้อยละโดยน้ำหนัก	
	วัสดุผสมละเอียด	วัสดุผสมหยาบ
ก้อนดินและสะเก็ดวัสดุอ่อน	3.0	5.0
วัสดุที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 75 ไมโครเมตร		
- สำหรับคอนกรีตทนการขัดสี	3.0	1.0
- สำหรับคอนกรีตทั่วไป	5.0	1.0
ถ่านหินและลิกไนต์ [2,3]		
- สำหรับคอนกรีตในงานอวดผิวหน้า	0.5	0.5
- สำหรับคอนกรีตทั่วไป	1.0	1.0

วัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 75 ไมโครเมตร ซึ่งอาจอยู่ในรูปของ ดิน ตะกอน หรือฝุ่นหิน ถ้ามีวัสดุพวกนี้อยู่มาก จะทำให้ คอนกรีตเสียความสามารถในการเทได้ (workability) คอนกรีตจะเกิดการหดตัวมากขึ้น และยังทำให้ความทนทานของคอนกรีตต่ำลง วัสดุจำพวกถ่านหินและลิกไนต์จะทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตต่ำลงหรือทำให้เกิดรอยเปื้อนและรูโพรงในเนื้อคอนกรีตซึ่งจะก่อให้เกิดผลเสียหายต่อการใช้งานได้

นอกจากสิ่งเจือปนต่างๆ ที่ได้กล่าว มาแล้วยังมีสิ่งเจือปนอื่นๆ อีก เช่น แร่ต่างๆที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไฮเดรชัน หรือคาร์บอร์เนชัน เมื่อสัมผัสกับอากาศซึ่งปฏิกิริยาเหล่านี้มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต ตัวอย่างเช่น แร่ pyrite และ marcasite (FeS_2) จะถูกออกซิไดส์และเกิดไฮเดรชันเมื่อมีออกซิเจนและน้ำเกิดเป็นกรดซัลฟิวริก และ Hydrated iron oxides แล้วมีปริมาตรเพิ่มขึ้นทำให้เกิดความเสียหายต่อผิวของคอนกรีต ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในที่ที่มีอุณหภูมิและชื้นสูง นอกจากแร่ pyrite แล้วการเกิดปฏิกิริยาของ ferric oxide, ferrous oxide, magnesia (MgO) และ lime (CaO) ที่ปนอยู่กับวัสดุผสมก็ก่อให้เกิดความเสียหายได้เช่นเดียวกัน ควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุผสมคอนกรีตที่มี mica ในปริมาณที่สูงเพราะ mica อาจจะไม่คงตัวในคอนกรีตสารประกอบพวกยิปซัมและซัลเฟตต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในวัสดุผสมอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อคอนกรีตได้เช่นเดียวกัน สารประกอบของตะกั่วและโบรอนบางชนิดอาจมีผลทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในระยะต้นลดต่ำลงได้อย่างมาก วัสดุผสมที่มีปริมาณต่างสูงควรหลีกเลี่ยงที่จะนำมาใช้ในงานคอนกรีต เพราะจะทำให้เกิดความเสียหายได้ ถ้านำเอาทรายทะเลซึ่งเป็นวัสดุผสมละเอียดที่มีเกลือ (sodium chloride) ปนอยู่ด้วยในปริมาณที่สูง มาใช้งานก็อาจทำให้เกิดผลที่ไม่ต้องการได้ เช่น ในงานคอนกรีตเสริมเหล็กจะทำให้เหล็กเสริมเป็นสนิมและผุเร็ว

ถึงแม้ว่าจะจัดวัสดุผสมคอนกรีตเป็นวัสดุที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยา แต่ยังมีปฏิกิริยาหลายอย่างเกิดขึ้นระหว่างต่างใน ปูนซีเมนต์ และวัสดุผสม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้อาจทำให้เกิดการแตกร้าวอันเนื่องมาจากการขยายตัวของคอนกรีตได้ ปฏิกิริยาที่รู้จักกันดี ได้แก่ ปฏิกิริยาที่รู้จักกันดี ได้แก่ปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับสารประกอบซิลิคอน (opal หรือ silica พวก low-crystalline) ซึ่งเรียกว่า ปฏิกิริยา alkali-silica การขยายตัวของคอนกรีตอาจมากถึง 0.5% และทำให้เกิดรอยร้าวกว้างถึง 1 นิ้ว รอยร้าวนี้เกิดจากการพองตัวของเจลที่เกิดจากซิลิกาของโซเดียมและโพแทสเซียม อาจป้องกันหรือทำให้การขยายตัวลดลงโดยการใช้ปูนซีเมนต์ที่มีด่างต่ำ (คิดเป็นโซเดียมออกไซด์ไม่เกิน 0.6%) ลดปริมาณปูนซีเมนต์ลง หรือใช้ปอซโซลาน (pozzolan) ทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน

ปฏิกิริยาอีกชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดความเสียหายได้เช่นเดียวกัน ได้แก่ ปฏิกิริยา alkali-carbonate rock ในกรณีนี้หินปูนที่มี dolomite เป็นองค์ประกอบจะทำปฏิกิริยากับด่างในปูนซีเมนต์ ทำให้เกิดการขยายตัวและการแตกร้าวของคอนกรีตได้มาก การขยายตัวนี้ไม่สามารถแก้ไขได้โดยการเติมปอซโซลาน

ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีตรวจสอบทางห้องปฏิบัติการที่แน่นอนที่จะตัดสินว่าตัวอย่างวัสดุผสมที่ได้รับมาจะทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวมากเกินไปหรือไม่ แม้แต่วิธีตรวจสอบตามมาตรฐาน ASTM เองก็เป็นเพียงการคาดคะเนว่าวัสดุผสมมีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยาจนทำให้เกิดการขยายตัวของคอนกรีตหรือไม่เท่านั้น มีวิธีตรวจสอบอยู่หลายวิธีบางวิธีใช้เวลาน้อยแต่มีความน่าเชื่อถือน้อยกว่าวิธีที่ใช้เวลาตรวจสอบนาน เช่น การตรวจสอบปฏิกิริยา alkali-silica โดยวิธีหล่อวัสดุผสมกับปูนซีเมนต์เป็นแท่ง (motar bar test) ตาม ASTM C 227 แล้ววัดการขยายตัวของแท่งมอร์ตาร์ตามระยะเวลาที่กำหนดซึ่งอาจใช้ระยะเวลาในการตรวจผลตั้งแต่ 14 วัน จนถึง 6 เดือน

เนื่องจากวัสดุผสมมีความสำคัญต่อคุณภาพของคอนกรีตมาก ดังนั้นจึงควรมีความระมัดระวังมากในการใช้งาน การขนย้ายวัสดุผสมตั้งแต่เริ่มผลิตจนถึงกองเก็บต้องควบคุมไม่ให้เกิดการแยกตัวของวัสดุผสมแต่ละขนาด ตลอดจนป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกอื่นๆมาเจือปน ถ้าหากมีการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกเช่น มีดินหรือโคลนติดมาด้วย หรือมีวัชพืช เปลือกหอย หรือเศษวัสดุต่างๆ ปะปน ก็ควรร่อนหรือล้างให้สะอาดเสียก่อนเพราะจะช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพดีขึ้น นอกจากนี้ควรมีการตรวจสอบคุณภาพและเลือกใช้วัสดุผสมให้ถูกต้องตามประเภทของคอนกรีตและวัตถุประสงค์ในการใช้งาน เพื่อเป็นการลดความเสียหาย อันเนื่องมาจากการใช้วัสดุไม่เหมาะสมได้อีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารอ้างอิง

American Society for Testing and Materials. Standard specification for concrete aggregates. 1996 Annual book of ASTM standards, Volume 04, 02 Section 4 : Construction. West Conshohocken, PA : ASTM., 1996. p. 10-16

Popovics, Sandor. Concrete materials. 2 nd ed. New Jersey : Noyes Publication, 1992. p. 274-374.

วินิต ช่อวิเชียร. คอนกรีตเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร : ป.สัมพันธ์ 2529

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีต มอก. 566-2528. 2539.