

สทร. HSR-CT-2001:2568

มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตสำหรับโครงการรถไฟ
ความเร็วสูง

Standards specifications for materials used in concrete mixtures for high-speed
rail projects

1. ขอบข่าย

- 1.1 ข้อกำหนดทางเทคนิคฉบับนี้กำหนดรายการคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตในงานก่อสร้างรถไฟความเร็วสูง ซึ่งมีความต้องการข้อกำหนดพิเศษบางประการที่ต่างจากโครงสร้างทั่วไป เช่น การกำหนดสมบัติของคอนกรีตที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานในระยะยาว อายุการใช้งานในสภาพแวดล้อมการใช้งานต่างๆ เป็นต้น ข้อกำหนดฉบับนี้ไม่ครอบคลุมคอนกรีตชนิดพิเศษบางประเภท เช่น คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตผสมเส้นใย คอนกรีตสมรรถนะสูงพิเศษ เป็นต้น
- 1.2 ใช้ระบบหน่วย SI (International System Unit) เป็นหน่วยสำหรับข้อกำหนดนี้
- 1.3 คุณลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตสำหรับโครงการรถไฟความเร็วสูงให้เป็นไปตามแบบแปลน ข้อกำหนดในรายการประกอบแบบเฉพาะงานสัญญาผู้ว่าจ้าง หากเอกสารดังกล่าวไม่ได้ระบุในเรื่องใดไว้ ก็สามารถใช้มาตรฐานฉบับนี้อ้างอิงได้

2. มาตรฐานอ้างอิง

มาตรฐานอ้างอิงต่อไปนี้จะยึดตามฉบับปรับปรุงล่าสุดในทุก ๆ ครั้งที่มีการบังคับใช้ในมาตรฐาน แต่ต้องไม่ขัดกับมาตรฐานฉบับนี้

- 2.1 มอก. 15 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
- 2.2 มอก. 849 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน
- 2.3 มอก. 2594 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
- 2.4 มอก. 2135 ใ้ล้อยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต
- 2.5 มอก. 566 มวลรวมผสมคอนกรีต
- 2.6 มอก. 733 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต
- 2.7 มอก. 874 สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต
- 2.8 มอก. 985 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล
- 2.9 มอก. 213 คอนกรีตผสมเสร็จ
- 2.10 วสท. 011014 ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต

2.11 มยพ. 1101 มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร - มาตรฐานงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.12 ASTM C1240 Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures

2.13 ASTM C989/C989M Standard Specification for Slag Cement for Use in Concrete and Mortars

2.14 ASTM C494/C494M Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete

3. นิยาม

“คอนกรีต” (concrete) หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน เช่น ปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุปอซโซลาน มวลรวมละเอียด เช่น ทราย มวลรวมหยาบ เช่น หินหรือกรวด และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารเคมีหรือแร่ผสมเพิ่ม

“ซิลิกาฟุ้ง” (silica fume) หมายถึง ผงซิลิกาที่มีความละเอียดสูงมากและมีองค์ประกอบของซิลิกาที่ไม่เป็นผลึกในปริมาณสูงที่ โดยผงซิลิกาเป็นผลพลอยได้จากเตา electric arc ของการผลิตธาตุซิลิกอน หรืออัลลอยด์ที่ประกอบด้วยซิลิกอน

“ตะกรันบดเตาถลุงเหล็ก” (blast furnace slag) หมายถึง วัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในลักษณะของแร่ผสมเพิ่มที่ได้จากการบดตะกรันเตาถลุงเหล็กที่ถูกทำให้เย็นโดยเร็วให้ละเอียด เมื่อใช้ผสมในคอนกรีตจะสามารถทำทั้งปฏิกิริยาไฮเดรชันในลักษณะเดียวกับปูนซีเมนต์ และปฏิกิริยาปอซโซลานิกในลักษณะเดียวกับสารปอซโซลานได้ โดยผลผลิตของปฏิกิริยามีลักษณะเดียวกับผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์กับน้ำ และสารปอซโซลานกับต่างในคอนกรีต หากใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้คอนกรีตมีกำลังและความทนทานหลายอย่างในระยะยาวที่ดีกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วนได้

“เถ้าลอย” (fly ash) หมายถึง วัสดุผงที่เหลือจากการเผาไหม้ของถ่านหินที่ถูกพาให้ลอยขึ้นโดยความร้อนของเตาเผา มีขนาดเล็กและมีคุณสมบัติในการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิก

“ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์” (Portland cement) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง ได้จากการบดปูนเม็ดกับแคลเซียมซัลเฟตรูปใดรูปหนึ่งหรือหลายรูป และมีคุณลักษณะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1

“ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน” (pozzolan Portland cement) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมอย่างสม่ำเสมอระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับปอซโซลานละเอียด โดยการบดปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับปอซโซลาน หรือการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับปอซโซลานที่บดละเอียด หรือทั้งการบดและการผสม

“ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก” (hydraulic cement) หมายถึง ปูนซีเมนต์ที่ก่อตัวและแข็งตัวเนื่องจากทำปฏิกิริยากับน้ำ และมีความสามารถทำนองเดียวกันนี้เมื่ออยู่ในน้ำ และมีคุณลักษณะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2594

“ผงหินปูน” (limestone powder) หมายถึง หินปูนที่ผ่านการบดจนมีความละเอียดเป็นผง หรือผงหินปูนที่ได้จากกระบวนการทำปฏิกิริยาของแคลเซียมไฮดรอกไซด์กับคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหลัก บางครั้งจึงอาจเรียกชื่อเป็นผงแคลเซียมคาร์บอเนต

“มวลรวม” (aggregate) หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตตั้งแต่ 0.075 มิลลิเมตรขึ้นไป ประกอบด้วย มวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียด

“มวลรวมละเอียด” (fine aggregate) หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดตั้งแต่ 0.075 ถึง 4.75 มิลลิเมตร เช่น ทรายแม่น้ำ ทรายบก หินบด เป็นต้น

“มวลรวมหยาบ” (coarse aggregate) หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตกว่า 4.75 มิลลิเมตรขึ้นไป เช่น หินปูน หินแกรนิต กรวด เป็นต้น

“แร่ผสมเพิ่ม” (mineral admixture) หมายถึง แร่ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดที่เติมลงไปในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน เช่น เพิ่มกำลัง เพิ่มความทนทาน หรือทดแทนปูนซีเมนต์ได้บางส่วน เป็นต้น

“วัสดุทดแทนปูนซีเมนต์” (cement replacing materials) หมายถึง วัสดุที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดที่สามารถใช้ทดแทนบางส่วน of ปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตได้ โดยอาจสามารถปรับปรุงสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น สมบัติเชิงกล สมบัติด้านความคงทน สมบัติด้านการรักษาสีสิ่งแวดล้อม ให้ดีขึ้นได้ ตัวอย่างวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ เช่น แกลบยัดกระเบื้องเตาถลุงเหล็ก ซิลิกาฟูม ผงหินปูน เป็นต้น

“วัสดุประสาน” (cementitious material หรือ binder) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมแร่ผสมเพิ่ม เมื่อนำมาผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้แข็งตัว เมื่อผสมกับมวลรวมจะเป็นคอนกรีต

“สารปอซโซลาน” (pozzolans) หมายถึง วัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในลักษณะของแร่ผสมเพิ่มซึ่งอาจเป็นวัสดุที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม หรือผลิตขึ้นมาโดยเฉพาะ ที่มีความสามารถในการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกกับด่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคอนกรีต โดยผลผลิตของปฏิกิริยามีลักษณะเดียวกับผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์กับน้ำ หากใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้คอนกรีตมีกำลังและความทนทานหลายอย่างในระยะยาวที่ดีกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วนได้

“สารเคมีผสมเพิ่ม” (chemical admixture) หมายถึง สารเคมีที่ใช้ผสมในคอนกรีต ไม่ว่าจะผสมในน้ำผสมคอนกรีตก่อนการผสมคอนกรีต หรือผสมในขณะที่ผสมคอนกรีต หรือผสมก่อนการเทคอนกรีตเพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น เพิ่มความสามารถในการทำงาน เพิ่มกำลัง หน่วงหรือเร่งการแข็งตัว เป็นต้น

“สารผสมเพิ่ม” (admixtures) หมายถึง สารใดๆ นอกเหนือไปจากวัสดุประสาน น้ำและมวลรวม อันใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตไม่ว่าก่อนหรือกำลังผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตให้ได้สมบัติตามที่ต้องการ

4. วัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีต

4.1 ปูนซีเมนต์ (cement)

ปูนซีเมนต์ที่สามารถใช้ในโครงการรถไฟความเร็วสูง กำหนดให้ใช้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ สมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 15 ซึ่งมี 5 ประเภทคือ

ประเภท 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะสำหรับโครงสร้างและงานคอนกรีตทั่วไป

ประเภท 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการให้เกิดความร้อนปานกลาง และทนซัลเฟตได้ปานกลาง

ประเภท 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ให้กำลังสูงเร็ว เหมาะสำหรับงานที่ต้องการกำลังอัดสูงในระยะเวลาสั้นๆ งานที่ต้องการถอดแบบเร็วในช่วงแรก หรืองานโครงสร้างประเภทคอนกรีตอัดแรง

ประเภท 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความร้อนต่ำ เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความร้อนต่ำ เช่น งานคอนกรีตหยาบ (Mass concrete)

ประเภท 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต เหมาะสำหรับงานที่ต้องการให้มีความต้านทานซัลเฟต เช่น งานคอนกรีตสัมผัสน้ำใต้ดินหรือน้ำเสียที่มีปริมาณซัลเฟตสูง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน

(2) ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก สมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2594 ซึ่งมี 6 ชนิดคือ

ชนิด GU สำหรับใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป

ชนิด HE สำหรับใช้ในงานก่อสร้างที่ต้องการกำลังอัดต้นสูง

ชนิด MS สำหรับใช้ในงานก่อสร้างที่ต้องการความทนซัลเฟตปานกลาง

ชนิด HS สำหรับใช้ในงานก่อสร้างที่ต้องการความทนซัลเฟตสูง

ชนิด MH สำหรับใช้ในงานก่อสร้างที่ต้องการความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันปานกลาง

ชนิด LH สำหรับใช้ในงานก่อสร้างที่ต้องการความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันต่ำ

(3) ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้ปูนซีเมนต์ชนิดอื่นๆ ให้ใช้ปูนซีเมนต์ที่มีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. ที่เกี่ยวข้อง

(4) ปริมาณต่างของปูนซีเมนต์

ปริมาณต่างของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในคอนกรีตชั้นกำลังอัด C40 ขึ้นไป ไม่ควรเกินร้อยละ 0.6 ชั้นกำลังอัดของคอนกรีตอ้างอิงตามตารางที่ 1

ในกรณีที่ใช้มวลรวมที่มีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยาอัลคาไลกับมวลรวม ปริมาณต่างของปูนซีเมนต์ไม่ควรเกินร้อยละ 0.6

ตารางที่ 1 ชั้นกำลังอัดของคอนกรีตที่มีการกำหนดในข้อกำหนดฉบับนี้

ชั้นกำลังอัด* คอนกรีต	ความต้านแรงอัดระบุ (ที่อายุ 28 วัน) MPa	
	ไม่น้อยกว่า	
	ตัวอย่างทดสอบทรงกระบอก Ø ขนาด 150 mm x 300 mm	ตัวอย่างทดสอบทรงลูกบาศก์ ขนาด 150 mm x 150 mm x 150 mm
C25	20.0	25.0
C30	25.0	30.0
C35	29.0	35.0
C40	32.0	40.0
C45	35.0	45.0
C50	40.0	50.0

หมายเหตุ * ตัวเลขชั้นกำลังอัดตามกำลังอัดของตัวอย่างทดสอบทรงลูกบาศก์

(5) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงประเภทและปริมาณของสารช่วยบด ผู้ผลิตปูนซีเมนต์ต้องแจ้งให้ลูกค้าทราบถึงชนิดและปริมาณของยิปซัม หากได้รับการร้องขอ

(6) ในกรณีที่โครงสร้างคอนกรีตอยู่ในสภาพแวดล้อมซัลเฟตทั่วไป (ระดับ ซฟ1) จะไม่มีข้อจำกัดในการเลือกใช้ปูนซีเมนต์ และวัสดุประสาน

(7) ในกรณีที่โครงสร้างคอนกรีตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนของสารเคมีซัลเฟตในระดับความรุนแรงปานกลาง (ระดับ ซฟ2) ควรเลือกใช้ปูนซีเมนต์ที่มีปริมาณไตรแคลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium aluminate, C_3A) น้อยกว่าร้อยละ 8 (ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 2) เป็นส่วนผสมคอนกรีต หรือสามารถใช้ปูนซีเมนต์ทุกประเภทตามมาตรฐาน มอก.15 หรือ มอก. 849 หรือ มอก. 2594 ร่วมกับวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์โดยเลือกใช้ชนิดและปริมาณที่เหมาะสมได้

(8) ในกรณีที่โครงสร้างคอนกรีตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนของสารเคมีซัลเฟตในระดับรุนแรงและรุนแรงมาก (ระดับ ซฟ3 และ ซฟ4) ควรเลือกใช้ปูนซีเมนต์ที่มีปริมาณไตรแคลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium aluminate, C_3A) น้อยกว่าร้อยละ 5 (ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 5) เป็นส่วนผสมคอนกรีต หรือสามารถใช้ปูนซีเมนต์ทุกประเภทตามมาตรฐาน มอก.15 หรือ มอก. 849 หรือ มอก. 2594 ร่วมกับวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์โดยเลือกใช้ชนิดและปริมาณที่เหมาะสมได้

ระดับความรุนแรงของสภาพแวดล้อมที่มีการกีดกร่อนของสารเคมีซัลเฟตอ้างอิงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับความรุนแรงของสภาพแวดล้อมที่มีการกีดกร่อนของสารเคมีซัลเฟต

สภาพแวดล้อม	ระดับความรุนแรงของสภาพแวดล้อม	รายละเอียด
ซัลเฟต	ซฟ1 : สภาวะทั่วไป	กรณีโซเดียมซัลเฟต: ความเข้มข้นของซัลเฟตไอออนในน้ำน้อยกว่า 150 ppm หรือ ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ในดินน้อยกว่าร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักของดิน
		กรณีแมกนีเซียมซัลเฟต: ความเข้มข้นของแมกนีเซียมซัลเฟตในน้ำน้อยกว่า 300 ppm
	ซฟ2 : ปานกลาง	กรณีโซเดียมซัลเฟต: ความเข้มข้นของซัลเฟตไอออนในน้ำตั้งแต่ 150 ppm ถึงน้อยกว่า 1,500 ppm หรือปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ในดิน ตั้งแต่ร้อยละ 0.1 ถึงน้อยกว่าร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักของดิน
		กรณีแมกนีเซียมซัลเฟต: ความเข้มข้นของแมกนีเซียมซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 300 ppm ถึงน้อยกว่า 1,000 ppm
	ซฟ3 : รุนแรง	กรณีโซเดียมซัลเฟต: ความเข้มข้นของซัลเฟตไอออนในน้ำตั้งแต่ 1,500 ppm ถึงน้อยกว่า 10,000 ppm หรือปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ในดิน ตั้งแต่ร้อยละ 0.2 ถึงน้อยกว่าร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักของดิน
		กรณีแมกนีเซียมซัลเฟต: ความเข้มข้นของแมกนีเซียมซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 1,000 ppm ถึงน้อยกว่า 3,000 ppm
	ซฟ4 : รุนแรงมาก	กรณีโซเดียมซัลเฟต: ความเข้มข้นของซัลเฟตไอออนในน้ำมากกว่า 10,000 ppm หรือ ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ในดินมากกว่าร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักของดิน
		กรณีแมกนีเซียมซัลเฟต: ความเข้มข้นของแมกนีเซียมซัลเฟตในน้ำมากกว่า 3,000 ppm ถึงค่าอิ่มตัว

4.2 วัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ (cement replacing materials)

ในโครงการรถไฟความเร็วสูง สามารถใช้วัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ชนิดเดียวหรือหลายชนิดร่วมกันเพื่อช่วยในการปรับปรุงสมบัติคอนกรีตที่ต้องการได้ โดยกำหนดให้อ้างอิงมาตรฐานอุตสาหกรรมของวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ที่สามารถใช้ได้ ตามรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 เถ้าลอย (fly ash)

เถ้าลอยสามารถใช้ในคอนกรีตเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการ เช่น กำลังอัดในระยะยาว ความทึบน้ำ ความต้านทานการเป็นสนิมเนื่องจากคลอไรด์ ความต้านทานโซเดียมซัลเฟต ลดอุณหภูมิในคอนกรีตหลา ลดการขยายตัวเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างต่างกับมวลรวม เป็นต้น สมบัติของเถ้าลอยที่ใช้ในโครงการรถไฟความเร็วสูง กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2135

4.2.2 ซิลิกาฟุ้ง (silica fume)

ซิลิกาฟุ้งสามารถใช้ในคอนกรีตเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการ เช่น ต้องการกำลังอัดสูง ความทึบน้ำ ความต้านทานการเป็นสนิมเนื่องจากคลอไรด์ เป็นต้น สมบัติของซิลิกาฟุ้งที่ใช้ในโครงการรถไฟความเร็วสูง กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐาน วสท. 011014 หรือมาตรฐาน ASTM C1240

4.2.3 ตะกรันบดเตาถลุงเหล็ก (blast furnace slag)

ตะกรันบดเตาถลุงเหล็กสามารถใช้ในคอนกรีตเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการ เช่น ความทึบน้ำ ความต้านทานการเป็นสนิมเนื่องจากคลอไรด์ ความต้านทานโซเดียมซัลเฟต ลดอุณหภูมิในคอนกรีตหลา ลดการขยายตัว เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างต่างกับมวลรวม เป็นต้น สมบัติของตะกรันบดเตาถลุงเหล็กที่ใช้ในโครงการรถไฟความเร็วสูง กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐาน วสท. 011014 หรือมาตรฐาน ASTM C989/C989M

4.2.4 ผงหินปูน (limestone powder) หรือผงแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate powder)

ผงหินปูนหรือผงแคลเซียมคาร์บอเนต สามารถใช้ในคอนกรีตเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการ เช่น ลดการหดตัว ลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของคอนกรีต เพิ่มความต้านทานแมกนีเซียมซัลเฟต เป็นต้น สมบัติของผงหินปูนที่ใช้ในโครงการรถไฟความเร็วสูง กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐาน วสท. 011014 หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

4.2.5 แร่ผสมเพิ่มอื่นๆ (mineral admixtures)

สมบัติของแร่ผสมเพิ่มอื่นๆ เช่น สารขยายตัว กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือมาตรฐาน ASTM หรือมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง

4.3 มวลรวมละเอียด (fine aggregate)

มวลรวมละเอียดที่ใช้ผสมคอนกรีตสามารถใช้ทรายแม่น้ำ ทรายบก หรือทรายที่ได้จากการบดหิน โดยต้องมีความแข็งแรง คงทน สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นเจือปน เช่น ก้อนดิน ถ่านคาร์บอน คลอไรด์ ซัลเฟต เป็นต้น ในปริมาณที่จะมีผลกระทบต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีตและเหล็กเสริม และมีขนาดคละที่เหมาะสม มวลรวมละเอียดที่จะนำมาผสมคอนกรีตต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 566 และควรมีค่ามอดุลัสความละเอียดระหว่าง 2.15 ถึง 3.45 โดยหากไม่อยู่ในช่วงดังกล่าว ต้องทำการทดลองผสมเพื่อยืนยันความสามารถในการเทได้ และกำลังอัดของคอนกรีต

4.4 มวลรวมหยาบ (coarse aggregate)

มวลรวมหยาบที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องมีความแข็งแรง คงทน สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นเจือปน เช่น ก้อนดิน ถ่านคาร์บอน คลอไรด์ ซัลเฟต เป็นต้น ในปริมาณที่จะมีผลกระทบต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีตและเหล็กเสริม

และมีขนาดคละที่เหมาเสมอ มวลรวมหยาบที่จะนำมาผสมคอนกรีตต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 566 โดยขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่ใช้ต้องไม่เกินกว่าร้อยละ 20 ของด้านในที่แคบที่สุดของแบบหล่อ และไม่ใหญ่กว่าร้อยละ 75 ของระยะช่องว่างระหว่างเหล็กเสริมแต่ละเส้นหรือแต่ละมัด และต้องไม่ใหญ่เกินกว่าที่กำหนดในตารางที่ 3 เมื่อใช้ในประเภทงานก่อสร้างที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ขั้แนะนำขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบตามประเภทงานก่อสร้าง (มาตรฐาน มยผ. 1101)

ประเภทงานก่อสร้าง	ขนาดใหญ่สุด (มม.)
ฐานราก เสา และคาน	40
ผนังที่มีความหนาตั้งแต่ 125 มม. ขึ้นไป	40
ผนังที่มีความหนาน้อยกว่า 125 มม.	25
แผ่นพื้นและคืบ	25

4.5 น้ำผสมคอนกรีต (mixing water)

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตสำหรับการก่อสร้างในโครงการรถไฟความเร็วสูงต้องไม่มีสารที่มีผลร้ายต่อสมบัติของคอนกรีต เช่น ระยะเวลาการก่อตัว การแข็งตัว กำลัง การเปลี่ยนแปลงปริมาตร ความสามารถเทได้ ความคงทน และต้องไม่มีผลทำให้เหล็กเสริมเป็นสนิม น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องมีสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 213

4.6 สารเคมีผสมเพิ่ม (chemical admixtures)

คอนกรีตสำหรับใช้ก่อสร้างในโครงการรถไฟความเร็วสูงสามารถใช้สารเคมีผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงสมบัติของคอนกรีตให้ได้ตามความต้องการ เช่น ปรับปรุงความสามารถในการทำงานได้ ปรับระยะเวลาการก่อตัว ปรับความหนืด หรือช่วยป้องกันการแตกร้าว เป็นต้น สารเคมีผสมเพิ่มที่ใช้ผสมคอนกรีตสำหรับการก่อสร้างในโครงการรถไฟความเร็วสูงควรมีสมบัติดังนี้

(1) สมบัติของสารเคมีผสมเพิ่ม กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 733 นอกจากนี้ สารเคมีผสมเพิ่มอื่นๆ เช่น สารกักกระจายฟองอากาศสำหรับคอนกรีต กำหนดสมบัติให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 874 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล กำหนดสมบัติให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 985

(2) สำหรับสารเคมีผสมเพิ่มที่มีคุณสมบัติเฉพาะ เช่น สารลดความหนืด (viscosity reducer) สารป้องกันการแตกร้าว (anti-cracking agent) กำหนดสมบัติให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C494/C494M (Type S - Specific performance admixtures)

(3) สารเคมีผสมเพิ่มบางชนิดจะมีสมบัติเร่งหรือหน่วงการก่อตัวของคอนกรีตที่ใช้สารเคมีผสมเพิ่มประเภทนี้ ปริมาณที่ใช้ของสารเคมีผสมเพิ่มประเภทนี้ ควรควบคุมให้อยู่ในปริมาณที่ไม่มากเกินไป เนื่องจากอาจทำให้เกิดการ

ก่อตัวผิดปกติขึ้นได้ บางครั้งอาจทำให้คอนกรีตแข็งตัวช้าไปมาก ให้ปฏิบัติตามข้อแนะนำในการใช้รวมถึงปริมาณที่มากที่สุดที่จะใช้ได้ของผู้ผลิต หรือทำการทดสอบเพื่อยืนยันหากมีข้อสงสัย

(4) การใช้สารเคมีผสมเพิ่มมากกว่า 1 ชนิด ในส่วนผสมเดียวกันต้องคำนึงถึงผลที่มีต่อกันของสารเคมีผสมเพิ่มแต่ละชนิดด้วย ดังนั้น จึงควรปรึกษาผู้ผลิตหรือทำการทดลองผสมเพื่อยืนยันหากมีข้อสงสัย

(5) กรณีที่ไม่มีข้อมูลของสารเคมีผสมเพิ่มที่จะใช้หรือสารเคมีผสมเพิ่มที่จะใช้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ยังไม่เคยมีประวัติการใช้งาน และข้อมูลการทดสอบมาก่อน ควรทำการทดลองผสมและทดสอบสมบัติของคอนกรีต เช่น ความสามารถในการเท กำลังที่ระยะต้น กำลังระยะยาว และความคงทน ตามที่จำเป็นก่อนการใช้ในงานก่อสร้างจริง

(6) ในการใช้สารเคมีผสมเพิ่มกับคอนกรีตที่ผสมสารปอซโซลาน เช่น เถ้าลอย ควรพิจารณาเลือกชนิดและสมบัติของสารเคมีผสมเพิ่มเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลเสียต่อสมบัติของคอนกรีตที่ต้องการ เช่น สารลดน้ำชนิดหน่วงการก่อตัว (สารเคมีผสมเพิ่มชนิด D หรือ ชนิด G) อาจทำให้การก่อตัวและการพัฒนากำลังของคอนกรีตผสมเถ้าลอยช้าเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้สารปอซโซลานและสารเคมีผสมเพิ่มดังกล่าวในปริมาณสูง

(7) สามารถอ้างอิงคู่มือ สทท. 1201 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับงานคอนกรีต เพิ่มเติมได้สำหรับการใช้สารเคมีผสมเพิ่มในคอนกรีต

4.7 น้ำบ่มคอนกรีต

น้ำที่ใช้บ่มคอนกรีตนั้นไม่จำเป็นจะต้องเป็นน้ำที่มีมาตรฐานสูงทัดเทียมกับน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต อย่างไรก็ตาม จะต้องไม่ปนเปื้อนน้ำมัน กรด หรือเกลือในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต เช่น กัดกร่อนผิวหน้าของคอนกรีต เป็นต้น