

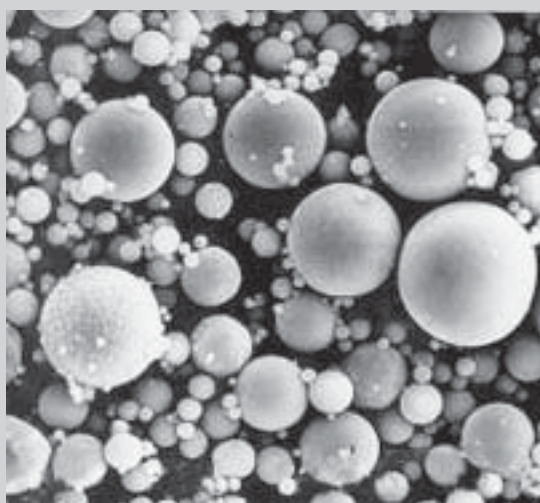
สารผสมเพิ่ม

บทที่

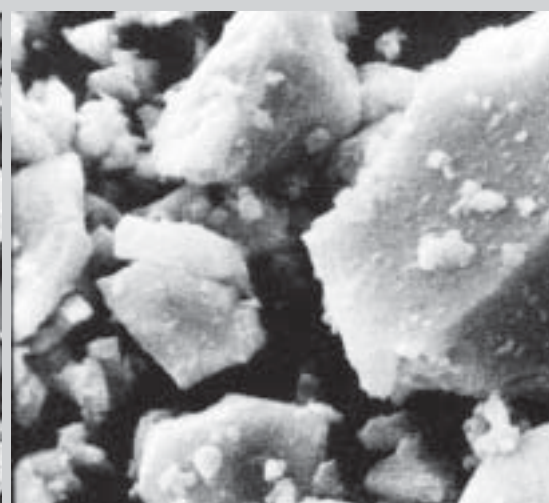
11



ก) สารเคมีผสมเพิ่ม : สารลดน้ำและหน่วงการก่อตัว



ข) แร่ผสมเพิ่ม ประเภทสารปอซโซลาน : เถ้าลอย



ค) แร่ผสมเพิ่ม ประเภทสารที่มีคุณสมบัติเชื่อมประสาน : GGBS

รูปที่ 11-1 สารผสมเพิ่มประเภทต่าง ๆ

บทคัดย่อ

สารผสมเพิ่ม หรือน้ำยาผสมคอนกรีต หมายถึง สารใด ๆ นอกเหนือไปจากปูนซีเมนต์, น้ำ, และมวลรวม อันใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตไม่ว่าจะก่อนหรือกำลังผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตสดหรือคอนกรีตแข็งตัวแล้วให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ

การจำแนกประเภทของสารผสมเพิ่ม อาจแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภท คือ

1. สารเคมีผสมเพิ่ม เป็นสารเคมีที่ใช้เติมลงในส่วนผสมคอนกรีตก่อนผสมหรือขณะผสม เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น ลดปริมาณน้ำในส่วนผสม, เร่งหรือหน่วงการก่อตัวและการแข็งตัว, และปรับปรุงความสามารถในการทำงานของคอนกรีตสด เป็นต้น

2. แร่ผสมเพิ่ม มีลักษณะเป็นผงละเอียด ที่เติมลงไปในส่วนผสมคอนกรีตเพื่อปรับปรุงความสามารถในการทำงาน เช่น เพิ่มกำลัง, เพิ่มความคงทน, ทำให้คอนกรีตสดมีคุณสมบัติในการยึดเกาะตัวดีขึ้น, และยังสามารถใช้ทดแทนปริมาณปูนซีเมนต์ได้บางส่วน เป็นต้น

3. สารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ ได้แก่ สารผสมเพิ่มอื่น ๆ ที่ไม่จัดอยู่ในสองประเภทแรก ซึ่งผลิตขึ้นมาเพื่อใช้งานเฉพาะอย่างเท่านั้น ก่อนที่จะใช้สารผสมเพิ่ม ควรมีการศึกษาข้อจำกัดการใช้งาน การตรวจสอบคุณภาพ และการทดสอบประสิทธิภาพ รวมทั้งควรใช้ตามคำแนะนำของผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด มิฉะนั้นอาจจะก่อให้เกิดผลเสียได้



11.1 บทนำ

สารผสมเพิ่ม หรือน้ำยาผสมคอนกรีต (Concrete Admixtures) หมายถึง สารใด ๆ นอกเหนือไปจากปูนซีเมนต์ น้ำ และมวลรวม อันใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตไม่ว่าจะก่อนหรือกำลังผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตสดหรือคอนกรีตแข็งตัวแล้วให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพของวัสดุ สิ่งแวดล้อม และสภาพการทำงาน วัตถุประสงค์โดยทั่วไปของการใช้สารผสมเพิ่ม เช่น ปรับปรุงความสามารถที่แข็งแรงหรือหน่วงการก่อตัวและการแข็งตัว, ควบคุมหรือดัดแปลงการพัฒนา กำลังอัด ปรับปรุงคุณสมบัติความต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความร้อน, การทนต่อการกัด, และเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง เป็นต้น สิ่งสำคัญที่พึงระลึกไว้เสมอ คือ สารผสมเพิ่มไม่สามารถช่วยแก้ไขคอนกรีตที่มีส่วนผสมไม่ดี หรือการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง

ในปัจจุบันได้มีการขยายการใช้สารผสมเพิ่มไปทดแทนการใช้ปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ กล่าวคือ ใช้ปูนซีเมนต์ทั่ว ๆ ไป ผสมกับสารผสมเพิ่มที่เหมาะสม ซึ่งจะปรับปรุงหรือเปลี่ยนคุณสมบัติของคอนกรีตบางประการได้ สารผสมเพิ่มที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นของเหลว แต่บางชนิดเป็นผงซึ่งแตกต่างกันตามวัสดุพื้นฐาน วัสดุเหล่านี้จะต้องไม่ทำลายคุณภาพของคอนกรีตทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมทั้งต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารที่เป็นส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ แร่ธาตุในมวลรวม และเหล็กเสริม ดังนั้นก่อนที่จะใช้สารผสมเพิ่ม ควรมีการศึกษาข้อจำกัด การใช้งาน การตรวจสอบคุณภาพ และการทดสอบประสิทธิภาพ รวมทั้งควรใช้ตามคำแนะนำของผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด มิฉะนั้นอาจจะก่อให้เกิดผลเสียได้

11.2 ประเภทของสารผสมเพิ่ม

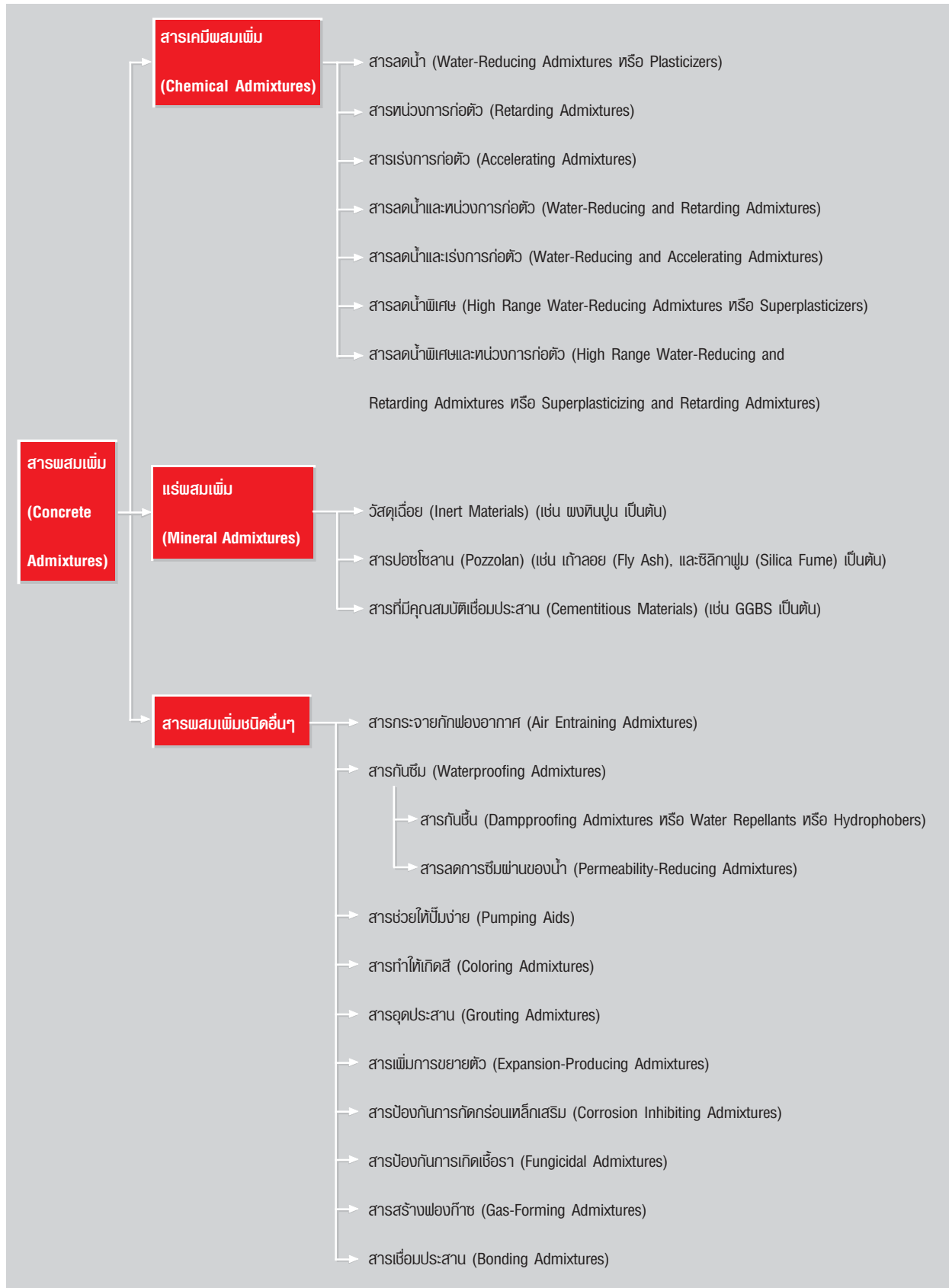
การจำแนกประเภทของสารผสมเพิ่ม อาจแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 3 ประเภท คือ

1. สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixtures) เป็นสารเคมีที่ใช้เติมลงในส่วนผสมคอนกรีตก่อนผสมหรือขณะผสม เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น ลดปริมาณน้ำในส่วนผสม, เร่งหรือหน่วงการก่อตัวและการแข็งตัว, และปรับปรุงความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตสด เป็นต้น สารเคมีผสมคอนกรีตส่วนมากเป็นชนิดเหลวที่มักเรียกกันว่า “น้ำยาผสมคอนกรีต” แต่ก็มีที่เป็นชนิดผงที่สามารถละลายน้ำได้

2. แร่ผสมเพิ่ม (Mineral Admixtures) มีลักษณะเป็นผงละเอียด ที่เติมลงไปในส่วนผสมคอนกรีตเพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน เช่น เพิ่มกำลัง, เพิ่มความคงทน, ทำให้คอนกรีตสดมีคุณสมบัติในการยึดเกาะตัวดีขึ้น, และยังสามารถใช้ทดแทนปริมาณปูนซีเมนต์ได้บางส่วน เป็นต้น

3. สารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ ได้แก่ สารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ ที่ไม่จัดอยู่ในสองประเภทแรก ซึ่งผลิตขึ้นมาเพื่อใช้งานเฉพาะอย่างเท่านั้น

รายละเอียดของการจำแนกประเภทของสารผสมเพิ่มแต่ละชนิดแสดงไว้ในรูปที่ 11-2



รูปที่ 11-2 การจำแนกประเภทของสารผสมเพิ่ม



11.3 การใช้สารผสมเพิ่ม

สารผสมเพิ่มได้เข้ามามีบทบาทอย่างรวดเร็วในวงการก่อสร้าง ประเทศที่เจริญแล้ว ได้มีการนำสารผสมเพิ่มมาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตกันอย่างแพร่หลาย ส่วนในประเทศไทยวงการก่อสร้างเพิ่งตื่นตัวเรื่องการใช้สารผสมเพิ่มอย่างจริงจังในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา และมีแนวโน้มการใช้คอนกรีตที่ผสมสารผสมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะคอนกรีตที่ใส่สารผสมเพิ่มจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการทำงานมากกว่าคอนกรีตที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มอย่างชัดเจน กล่าวคือ โดยทั่วไปคอนกรีตที่ใส่สารผสมเพิ่มจะมีความสามารถเทได้หรือเหลวอยู่นานกว่าคอนกรีตที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่ม ทำให้สะดวกทั้งด้านการลำเลียง การเท และการทำให้คอนกรีตอัดแน่นในแบบ ซึ่งส่งผลดีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลดลงด้วย

ใน ตารางที่ 11-1 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตที่สามารถปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงได้โดยการใช้สารผสมเพิ่มประเภทต่าง ๆ

คุณสมบัติที่ต้องการ	ประเภทของสารผสมเพิ่ม				
	สารลดน้ำ	สารเร่งการก่อตัว	สารทบวงการก่อตัว	สารลดน้ำพิเศษ	สารกระจายกักฟองอากาศ
การก่อตัวและการแข็งตัว - เร่งอัตราการพัฒนากำลังอัดช่วงต้น - เร่งการก่อตัว - ทนต่อการก่อตัว	○	● ●	○	●	
ความสามารถเกิดและคุณสมบัติของคอนกรีตสดอื่น ๆ - เพิ่มความสามารถเกิดโดยกำลังอัดไม่สูญเสียไป - ลดอุณหภูมิจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน - ลดการเย็บ - ลดการแยกตัว - เพิ่มความสามารถบีบได้	● ○		○	● ○ ○	○ ● ●
คอนกรีตแข็งตัวแล้ว - เพิ่มกำลังอัดโดยไม่ต้องเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์หรือลดความสามารถเกิด - ปรับปรุงความคงทน - ปรับปรุงความต้านทานการซึมผ่านของน้ำ	● ○ ●			● ● ●	○ ○

● พลาแกทรวง ○ พลาแกทอ้อม

ตารางที่ 11-1 คุณสมบัติของคอนกรีตที่ได้รับการปรับปรุงโดยการใช้สารผสมเพิ่มประเภทต่าง ๆ

11.4 ข้อควรระวังในการใช้งาน

ปัญหาการใช้สารผสมเพิ่มในคอนกรีต โดยมากมีสาเหตุมาจากความไม่เข้าใจว่าสารผสมเพิ่มชนิดนั้น ๆ ส่งผลกระทบต่อคอนกรีตอย่างไรบ้าง

ข้อพึงระมัดระวังที่ผู้ควรปฏิบัติในการใช้งานสารผสมเพิ่ม ได้แก่

1. สารผสมเพิ่มที่จะนำมาใช้ควรมีคุณสมบัติสอดคล้องตามมาตรฐาน เช่น มาตรฐานสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต รวมทั้งต้องมีข้อมูลเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

- คุณสมบัติทางกายภาพของสารผสมเพิ่ม เช่น ค่า pH, ค่าความถ่วงจำเพาะ เป็นต้น
- ชนิดและสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ และองค์ประกอบที่มีหรืออาจมีผลเสียต่อคอนกรีต เช่น คลอไรด์, ซัลเฟต, ซัลไฟด์, ฟอสเฟต, น้ำตาล, ไนเตรต, และแอมโมเนีย เป็นต้น
- การเตรียมและวิธีการผสมเข้าไปในส่วนผสมคอนกรีต
- ปริมาณที่ควรใช้, ปริมาณต่ำสุดและสูงสุดที่ใช้ได้, และข้อเสียที่เกิดจากการใช้เกินปริมาณกำหนด
- ผลกระทบของสารผสมเพิ่มที่มีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งในด้านที่เป็นประโยชน์และผลเสีย
- วิธีการเก็บและอายุการใช้งาน
- ผลเสียต่อผู้ใช้ทั้งระยะสั้นและระยะยาว

2. ควรใช้สารผสมเพิ่มในปริมาณที่ผู้ผลิตแนะนำ พร้อมกับตรวจสอบดูผลว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบควรทำในสภาวะของการใช้งาน เพราะผลอันแท้จริงของสารผสมเพิ่มต่อคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ อาทิเช่น ส่วนผสมคอนกรีต, ชนิดของปูนซีเมนต์, คุณสมบัติของมวลรวมและสารไม่บริสุทธิ์ที่เจือปนอยู่, วิธีการผสมและระยะเวลาการผสม, ช่วงเวลาที่ใส่สารผสมเพิ่ม, อุณหภูมิของคอนกรีต, และสภาพการบ่ม เป็นต้น

3. ควรใช้วิธีการวัดปริมาณสารผสมเพิ่มที่แน่นอน เพราะเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับการใช้สารผสมเพิ่มประเภทสารเคมีผสมเพิ่มและสารผสมเพิ่มอื่น ๆ อีกหลายชนิด เช่น สารกระจายกักฟองอากาศ ทั้งนี้เพราะช่วงปริมาณการใช้ที่เหมาะสมมักมีปริมาณน้อยมาก ดังนั้นหากมีการผสมเกินปริมาณที่กำหนดอาจก่อให้เกิดผลเสียอย่างมาก

4. ผลของสารผสมเพิ่มต่อคุณสมบัติอื่น ๆ ของคอนกรีต โดยทั่วไปสารผสมเพิ่มมักมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตหลายอย่างพร้อม ๆ กัน

11.5 สารเคมีผสมเพิ่ม

สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixtures) คือ สารเคมีที่ใช้เติมลงในส่วนผสมคอนกรีตก่อนผสมหรือขณะผสม เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น ลดปริมาณน้ำในส่วนผสม, เร่งหรือหน่วงการก่อตัวและการแข็งตัว, และปรับปรุงความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตสด เป็นต้น สารเคมีผสมคอนกรีตส่วนมากเป็นชนิดเหลวที่มักเรียกกันว่า “น้ำยาผสมคอนกรีต” แต่ก็มีที่เป็นชนิดผงที่สามารถละลายน้ำได้



รูปที่ 11-3 สารเคมีผสมเพิ่ม หรือน้ำยาผสมคอนกรีต



ประเภท	ชื่อ	นิยาม
A	สารลดน้ำ (Water-Reducing Admixtures หรือ Plasticizers)	สารผสมเพิ่มที่เติมลงในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อลดปริมาณน้ำที่จะต้องใช้อผสมคอนกรีต เพื่อให้ได้ความชื้นเหลวตามที่กำหนด
B	สารหน่วงการก่อตัว (Retarding Admixtures)	สารผสมเพิ่มที่เติมลงในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อหน่วงเวลาการก่อตัว
C	สารเร่งการก่อตัว (Accelerating Admixtures)	สารผสมเพิ่มที่เติมลงในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อลดเวลาการก่อตัว ทำให้คอนกรีตรับแรงได้เร็วขึ้น
D	สารลดน้ำและหน่วงการก่อตัว (Water-Reducing and Retarding Admixtures)	สารผสมเพิ่มที่เติมลงในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อลดปริมาณน้ำที่จะต้องใช้อผสมคอนกรีต และหน่วงเวลาการก่อตัว
E	สารลดน้ำและเร่งการก่อตัว (Water-Reducing and Accelerating Admixtures)	สารผสมเพิ่มที่เติมลงในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อลดปริมาณน้ำที่จะต้องใช้อผสมคอนกรีต และลดเวลาการก่อตัว ทำให้คอนกรีตรับแรงได้เร็วขึ้น
F	สารลดน้ำพิเศษ (High Range Water-Reducing Admixtures หรือ Superplasticizers)	สารผสมเพิ่มที่เติมลงในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อลดปริมาณน้ำตั้งแต่ 12% ขึ้นไป ที่จะต้องใช้อผสมคอนกรีต เพื่อให้ได้ความชื้นเหลวตามที่กำหนด
G	สารลดน้ำพิเศษและหน่วงการก่อตัว (High Range Water-Reducing and Retarding Admixtures หรือ Superplasticizing and Retarding Admixtures)	สารผสมเพิ่มที่เติมลงในส่วนผสมคอนกรีตเพื่อลดปริมาณน้ำตั้งแต่ 12% ขึ้นไป ที่จะต้องใช้อผสมคอนกรีต เพื่อให้ได้ความชื้นเหลวตามที่กำหนด และหน่วงเวลาการก่อตัว

ตารางที่ 11-2 ประเภทของสารเคมีผสมคอนกรีต



รูปที่ 11-4 การเก็บรักษาสารเคมีผสมเพิ่มไว้ในถังที่ปิดมิดชิด ในโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ

มาตรฐานสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต [มอก. 733], [ASTM C 494] ได้แบ่งสารเคมีผสมคอนกรีตออกเป็น 7 ประเภท ดังใน ตารางที่ 11-2

การบรรจุสารเคมีผสมเพิ่ม ควรบรรจุในภาชนะที่สะอาด แข็งแรง ปิดได้สนิท และป้องกันความชื้นได้

11.5.1 สารลดน้ำ (Water-Reducing Admixtures หรือ Plasticizers)

สารลดน้ำ หรือที่รู้จักในชื่อ “Plasticizer” หมายถึง สารเคมีผสมคอนกรีตที่เติมลงในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อลดปริมาณน้ำที่จะต้องใช้อผสม โดยได้ความชื้นเหลวตามที่กำหนด และไม่มีผลกระทบต่อปริมาณฟองอากาศและเวลาการก่อตัวของคอนกรีต อย่างไรก็ตาม อาจมีผลกระทบของทำให้คอนกรีตหน่วงหรือเร่งการก่อตัวได้ แต่ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด

การใช้สารลดน้ำให้เกิดประโยชน์ทำได้ดังนี้

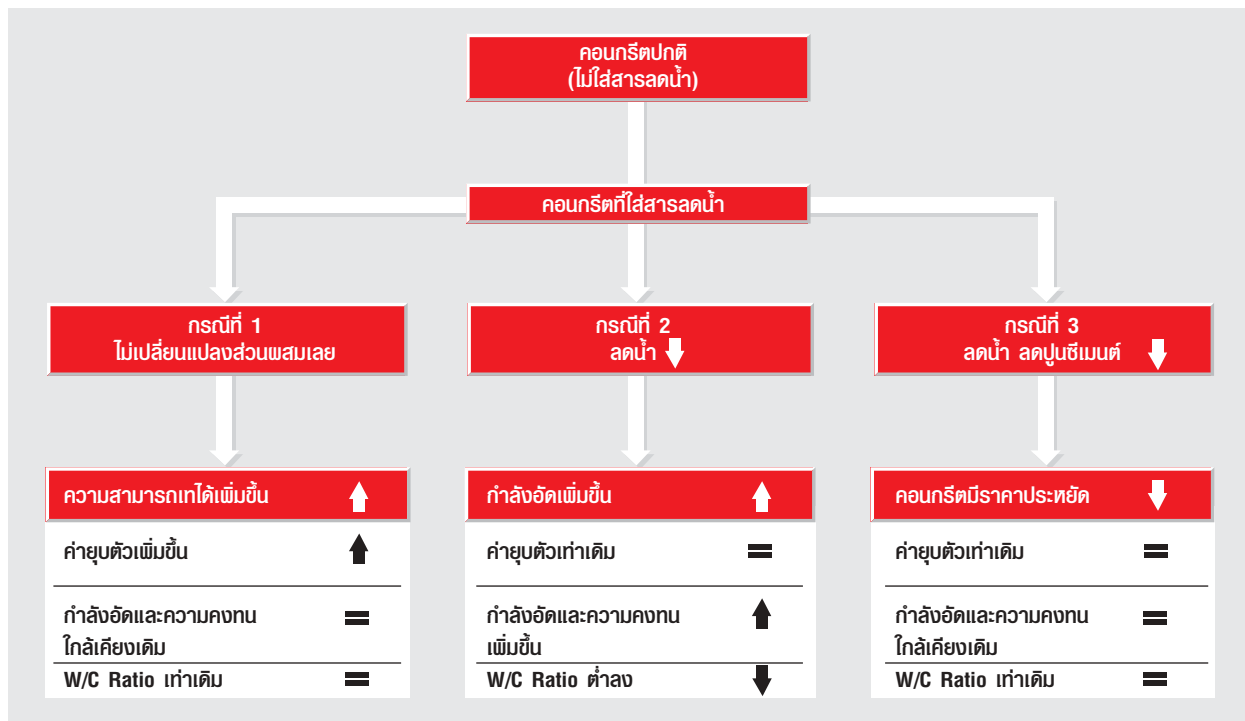
กรณีที่ 1 : ไม่เปลี่ยนแปลงส่วนผสมเลย ทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้เพิ่มขึ้น

ใช้เพื่อช่วยให้งานเทคอนกรีตที่ทำได้ยาก เช่น โครงสร้างที่บางหรือมีเหล็กเสริมค่อนข้างหนาแน่น คอนกรีตนี้จะมีความสามารถเทได้ดี ง่ายต่อการจี้เข้าเข้าแบบ โดยไม่ต้องเพิ่มปริมาณน้ำและปูนซีเมนต์

กรณีที่ 2 : ลดน้ำในส่วนผสม ทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดเพิ่มขึ้น

คอนกรีตจะมีความสามารถเทได้ตามที่ต้องการโดยใช้ปริมาณน้ำลดลงในขณะที่ปริมาณปูนซีเมนต์คงที่ นั่นคือ อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์จะลดลง ส่งผลทำให้กำลังอัดของคอนกรีตสูงขึ้น ความต้านทานการซึมผ่านของน้ำและความคงทนสูงขึ้น หรืออาจจะประยุกต์ใช้ในกรณีที่ต้องการเพิ่มกำลังอัดโดยไม่สามารถเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์ เพราะจะเกิดปัญหาด้านอุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือเกิดการหดตัวทำให้เกิดการแตกร้าว โดยเฉพาะโครงสร้างคอนกรีตมวล (Mass Concrete) เช่น ฐานรากแผ่ขนาดใหญ่ เป็นต้น

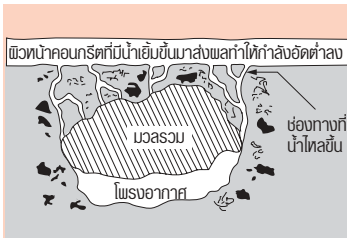
กรณีที่ 3 : ลดน้ำและปูนซีเมนต์ในส่วนผสม ทำให้คอนกรีตมีราคาประหยัด
 คอนกรีตจะมีความสามารถเท่าที่ต้องการโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนน้ำ
 ต่อปูนซีเมนต์ นั่นคือ เราสามารถลดปริมาณปูนซีเมนต์และน้ำลงได้



รูปที่ 11-5 ประโยชน์ของการใส่น้ำ

● วัตถุดิบ

- สารประกอบหลักที่ใช้ในการผลิตสารลดน้ำ แบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ได้แก่
1. กรดและเกลือลิกโนซัลโฟเนต (Lignosulphonates) ได้แก่ สารประกอบเกลือแคลเซียม (Ca), โซเดียม (Na) หรือแอมโมเนียม (NH₄) ของกรดลิกโนซัลโฟนิก (Lignosulphonic Acids)
 2. กรดและเกลือลิกโนซัลโฟเนต ที่ได้จากการตัดแปลงและพันธะที่เกี่ยวข้อง
 3. กรดไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิก (Hydroxycarboxylic Acids) และเกลือของมัน ได้แก่ สารประกอบเกลือโซเดียม (Na), แอมโมเนียม (NH₄) หรือไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine) ของกรดไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิก (Hydroxycarboxylic Acids)
 4. กรดไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิก (Hydroxycarboxylic Acids) และเกลือของมันที่ได้จากการตัดแปลงและพันธะที่เกี่ยวข้อง
 5. องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates) (เช่น Hydroxylated Polymers), สารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ (เช่น Acrylate and Methacrylate Polymers), และวัสดุหลายองค์ประกอบ (เช่น พันธะเมลามีน (Melamine Derivatives), และพันธะแนพทาลีน (Naphthalene Derivatives)) เป็นต้น



รูปที่ 11-6 แสดงลักษณะคอนกรีตที่ใช้น้ำมากเกินไป น้ำส่วนหนึ่งจะอยู่ในลักษณะเป็นแอ่งใต้หินและบางส่วนจะเคลื่อนที่ขึ้นสูผิวหน้าคอนกรีต หรือเกิดการเยิ้ม (Bleeding) ขึ้น เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแอ่งน้ำดังกล่าวจะกลายเป็นโพรงอากาศ ทำให้คอนกรีตมีกำลังและความคงทนลดลง

● ทำไมต้องลดปริมาณน้ำ

การลดปริมาณน้ำในส่วนผสมเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับงานคอนกรีต จากการจำแนกประเภทของสารเคมีผสมคอนกรีตทั้ง 7 ประเภทข้างต้น จะพบว่า มีประเภทที่มีคุณสมบัติลดปริมาณน้ำในส่วนผสมได้มากถึง 5 ประเภท

ก่อนที่จะอธิบายในรายละเอียด เราควรมาพิจารณาถึงหน้าที่ของน้ำในส่วนผสมคอนกรีตอีกทีเพื่อความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

น้ำเป็นองค์ประกอบของคอนกรีตที่สำคัญ โดยทำหน้าที่หลัก 3 ประการ ได้แก่

1. ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันกับปูนซีเมนต์
2. ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้
3. เคลือบมวลรวมให้เปียก เพื่อให้ซีเมนต์เพสต์สามารถเข้าเกาะได้โดยรอบ

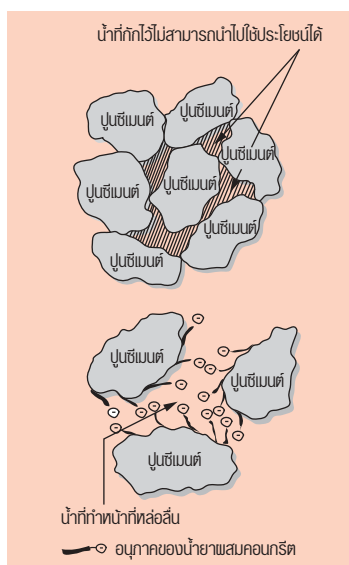
ปริมาณน้ำผสมคอนกรีตที่พอดีที่จะทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน คือประมาณ $28 \pm 1\%$ ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ หรืออัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) = 0.28 ± 0.01 แต่คอนกรีตทั่วไปมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์มากกว่า 0.35 น้ำที่เกินนี้จะเข้าไปทำหน้าที่ในข้อ 2 และข้อ 3 ข้างต้น ทำให้คอนกรีตเหลวทำงานได้สะดวกขึ้น น้ำส่วนนี้จะเรียกว่า “น้ำส่วนเกิน (Excess Water)”

น้ำส่วนเกิน ถ้ามีมากเกินไปจะมีผลเสียต่อคอนกรีต คือ

1. เกิดการเยิ้มของน้ำขึ้นมาที่ผิวหน้ามาก
2. เกิดการแยกตัว
3. เกิดการหดตัว
4. กำลังของคอนกรีตลดลง
5. ทำให้เกิดรูพรุน มีผลทำให้คอนกรีตขาดความคงทน

● ลักษณะการทำงาน

สารลดน้ำมีคุณสมบัติช่วยลดความต้องการน้ำของคอนกรีต ทั้งนี้เพราะมีคุณสมบัติในการช่วยเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผิวสัมผัสระหว่างของแข็งและน้ำในคอนกรีต ปกติอนุภาคของปูนซีเมนต์ในคอนกรีตจะมีประจุไฟฟ้าเหลือตกค้างบนผิว โดยอาจเป็นขั้วบวกหรือขั้วลบก็ได้ อนุภาคซึ่งมีประจุต่างกันจะดึงดูดกันเป็นกลุ่ม (Flocculate) ซึ่งสามารถดูดน้ำได้ปริมาณมาก ทำให้เหลือน้ำหล่อลื่นคอนกรีตเหลวอยู่น้อย โมเลกุลของสารผสมเพิ่มชนิดนี้ช่วยทำให้ประจุเป็นกลาง หรือทำให้ประจุบนผิวอนุภาคต่าง ๆ กลายเป็นประจุชนิดเดียวกัน จึงเกิดแรงผลักดันซึ่งกันและกัน ทำให้อนุภาคปูนซีเมนต์ในซีเมนต์เพสต์แยกตัวจากกัน น้ำที่ผสมไปในคอนกรีตส่วนใหญ่จึงทำหน้าที่ช่วยลดความหนืดของซีเมนต์เพสต์ มีผลทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้สูงขึ้น ดังแสดงใน รูปที่ 11-7



รูปที่ 11-7 ลักษณะการทำงานของสารลดน้ำ

● ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงาน

ปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่

1. ชนิดและปริมาณการใช้สารลดน้ำ เช่น องค์ประกอบทางเคมี, ความเข้มข้น เป็นต้น

2. ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุผสมคอนกรีตชนิดอื่น ๆ
 - 2.1 ชนิดและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ เช่น ปริมาณ C_3A , และ SO_3 เป็นต้น
 - 2.2 ชนิดและคุณสมบัติของมวลรวม เช่น ขนาดคละ, และรูปร่าง เป็นต้น
 - 2.3 ชนิดและคุณสมบัติของสารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ในส่วนผสม เช่น สารปอซโซลาน ซึ่งมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน อาทิ ซิลิกาฟูม มีความต้องการอัตราการใช้น้ำที่มากกว่า เนื่องจากมีการดูดยึดสารลดน้ำที่มากกว่า
3. ส่วนผสมคอนกรีต เช่น ปริมาณปูนซีเมนต์, และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เป็นต้น
4. วิธีการใส่สารลดน้ำในการผสมคอนกรีต
5. อุณหภูมิ

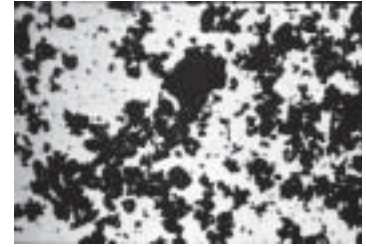
ถ้าใช้สารลดน้ำในปริมาณปกติ โดยทั่วไปปริมาณน้ำที่ลดลงจะอยู่ในช่วง 8 - 12% อย่างไรก็ตามควรทดสอบในห้องปฏิบัติการก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง เพื่อหาชนิดและปริมาณของสารลดน้ำที่จะทำให้บรรลุคุณสมบัติที่เหมาะสม

● ผลต่อคอนกรีตสด

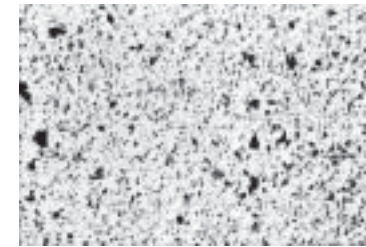
1. สารลดน้ำนี้จะเพิ่มความสามารถเทได้ ถ้าไม่มีการปรับส่วนผสมอื่น ๆ โดยปกติจะทำให้คอนกรีตมีค่ายุบตัวเพิ่มขึ้น 2.5 - 7.5 เซนติเมตร
2. สารลดน้ำที่มีสารประกอบของกรดไฮดรอกซีคาร์บอซิลิก จะสามารถลดปริมาณน้ำได้มากกว่าสารประกอบของลิกโนซัลโฟเนต
3. ค่าอัตราการสูญเสียค่ายุบตัว (Slump Loss) ในช่วงแรกของคอนกรีตที่ใส่สารลดน้ำจะมากกว่าคอนกรีตทั่วไป
4. สารลดน้ำที่ผลิตจากเกลือของกรดไฮดรอกซีคาร์บอซิลิก มีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดการเยิ้ม (Bleeding) ดังนั้นควรใช้ด้วยความระมัดระวังโดยเฉพาะกับคอนกรีตที่มีค่ายุบตัวมาก
5. สารลดน้ำที่ผลิตจากสารประกอบของลิกโนซัลโฟเนต จะลดการเยิ้มเนื่องจากสารประกอบพวกนี้ก่อให้เกิดฟองอากาศขึ้นเล็กน้อยคืออยู่ในช่วง 1 - 3%
6. โดยทั่วไปสารลดน้ำจะหน่วงการก่อตัวของคอนกรีตเล็กน้อย
7. ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมคอนกรีต สารลดน้ำจะไม่มีผลต่อความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

● ผลต่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

1. ถ้าอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากัน คอนกรีตที่ใส่สารลดน้ำจะให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตทั่วไปเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการกระจายตัวของอนุภาคปูนซีเมนต์ในส่วนผสม
2. สารลดน้ำช่วยลดปริมาณน้ำในส่วนผสมได้ ส่งผลทำให้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ลดลง คอนกรีตมีเนื้อแน่นขึ้น กำลังอัดของคอนกรีตจึงเพิ่มขึ้นทั้งที่อายุช่วงต้นและที่อายุ 28 วัน และยังช่วยให้มีความคงทนและความต้านทานการซึมผ่านของน้ำสูงขึ้นด้วย



ก) อนุภาคของปูนซีเมนต์จะจับตัวอยู่เป็นกลุ่มก่อนการใส่สารลดน้ำ



ข) การกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของอนุภาคปูนซีเมนต์หลังการใส่สารลดน้ำ

รูปที่ 11-8 การกระจายตัวของอนุภาคปูนซีเมนต์ก่อนและหลังการใส่สารลดน้ำ



3. เมื่อความสามารถหดตัวและกำลังอัดที่ 28 วันเท่ากัน การหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) และการคืบ (Creep) จะไม่เปลี่ยนแปลง

11.5.2 สารหน่วงการก่อตัว (Retarding Admixtures)

สารหน่วงการก่อตัว เป็นสารเคมีผสมเพิ่มประเภทที่หน่วงอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ซึ่งส่งผลหน่วงการก่อตัวของคอนกรีตด้วย สารผสมเพิ่มชนิดนี้โดยทั่วไปจะใช้กับงานคอนกรีตในเขตร้อน เช่น ในประเทศไทย เป็นต้น เพราะที่อุณหภูมิสูงปฏิกิริยาไฮเดรชันจะเกิดเร็วมาก คอนกรีตจึงก่อตัวเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังเหมาะกับการใช้งานคอนกรีตประเภทอื่น ๆ อีก เช่น



รูปที่ 11-9 งานเทคอนกรีตกำแพงพืด (Diaphragm Wall) จำเป็นต้องใช้สารผสมเพิ่มประเภทที่มีคุณสมบัติหน่วงการก่อตัวของคอนกรีต เพื่อให้มีระยะเวลาทำงานเพียงพอ

1. งานโครงสร้างขนาดใหญ่ โดยการช่วยหน่วงการก่อตัวเพื่อป้องกันการเกิด Cold Joint
2. งานเขื่อน โดยการช่วยลดความร้อนในคอนกรีตเพื่อป้องกันการแตกร้าว
3. งานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ ซึ่งบางครั้งต้องยืดเวลาการแข็งตัวของคอนกรีตออกไป 6 - 8 ชั่วโมง

● วัตถุประสงค์

สารหน่วงการก่อตัว แบ่งได้เป็น 4 ประเภท ตามองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

1. กรดและเกลือลิกโนซัลโฟเนต (Lignosulphonates)
2. กรดไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิก (Hydroxycarboxylic Acids) และเกลือของมัน
3. น้ำตาลและสารประกอบของน้ำตาล
4. เกลืออินทรีย์

สารเคมีหลาย ๆ ตัวจะเหมือนกับของสารลดน้ำแต่จะใช้ในปริมาณที่มากกว่า

● ลักษณะการทำงาน

มีหลายทฤษฎีที่พยายามอธิบายการทำงานของสารผสมเพิ่มชนิดนี้ แต่ทฤษฎีที่สำคัญที่สามารถอธิบายเรื่องนี้ได้ดีคือสารหน่วงการก่อตัวนี้จะถูกดูดซึมไว้บนผิวของอนุภาคปูนซีเมนต์ ส่งผลทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำเข้าไปทำปฏิกิริยาไฮเดรชันกับอนุภาคปูนซีเมนต์ลดลง จึงช่วยให้เกิดการหน่วงการก่อตัวของคอนกรีตได้นั่นเอง



รูปที่ 11-10 ผลของการใส่สารหน่วงการก่อตัวในคอนกรีตเกินปริมาณที่กำหนด ทำให้คอนกรีตมีเนื้ออยู่และไม่แข็งตัว

● ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงาน

ปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่

1. ชนิดและปริมาณการใช้สารหน่วงการก่อตัว
2. ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุผสมคอนกรีตชนิดอื่น ๆ
 - 2.1 ชนิดและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์
 - 2.2 ชนิดและคุณสมบัติของสารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ในส่วนผสม เช่น สารปอซโซลาน ซึ่งมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน
3. ส่วนผสมคอนกรีต

4. วิธีการใส่สารหน่วงการก่อตัวในการผสมคอนกรีต
5. อุณหภูมิ

สารหน่วงการก่อตัวจะยืดเวลาการก่อตัวของคอนกรีตทั้งเวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) และเวลาการก่อตัวสุดท้าย (Final Setting Time) โดยจะยืดเวลาการก่อตัวของคอนกรีตที่ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์น้อยได้นานกว่าคอนกรีตที่ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์มาก

การเติมสารประเภทนี้ 2 - 3 นาฬิกา หลังจากการใส่ปูนในการผสมคอนกรีต ความสามารถในการยืดเวลาการก่อตัวของสารผสมเพิ่มขึ้นจะดีขึ้น และจะให้ผลเต็มที่เมื่อเติม 10 นาฬิกา หลังผสม ถ้าเติมหลัง 2 - 4 ชั่วโมง สารผสมเพิ่มขึ้นจะไม่ก่อให้เกิดผลด้านการยืดเวลาการก่อตัว และปริมาณการใช้สารชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

● ผลต่อคอนกรีตสด

1. ผลโดยตรงคือ การเติมสารหน่วงการก่อตัว ทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ นาน รวมทั้งมีการสูญเสียค่ายุบตัวน้อยลง
2. ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันในช่วงอายุเริ่มต้นจะลดลง แต่ปริมาณความร้อนทั้งหมดยังคงเดิม
3. การเยิ้มของคอนกรีต น้ำยาประเภทกลูโคเนต จะเพิ่มการเยิ้ม, น้ำยาประเภท กลูโคส จะลดการเยิ้ม, และน้ำยาประเภทลิกโนซัลเฟต จะไม่มีผลกระทบต่อ การเยิ้ม
4. สารหน่วงการก่อตัวมีแนวโน้มจะเพิ่มการหดตัว (Plastic Shrinkage) เพราะว่าคอนกรีตจะเหลวอยู่นานกว่าปกติ ดังนั้นคอนกรีตที่ผสมสารหน่วงการก่อตัวจึง จำเป็นที่จะต้องบ่มอย่างถูกต้องและเพียงพอเพื่อป้องกันการแตกร้าว (Plastic Shrinkage Crack) ซึ่งจะเกิดขึ้นถ้าปล่อยให้คอนกรีตแห้งก่อนที่คอนกรีตจะมี กำลังเพียงพอ

● ผลต่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

1. กำลังอัดของคอนกรีตในช่วงต้นลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการยืดเวลาการก่อ ตัว แต่เมื่อคอนกรีตมีอายุ 2 - 3 วัน กำลังอัดจะใกล้เคียงกับคอนกรีตทั่ว ๆ ไป
2. อัตราการเกิดการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) และการคืบ (Creep) จะเพิ่มขึ้น แต่ค่ารวมจะไม่เปลี่ยนแปลง

11.5.3 สารเร่งการก่อตัว (Accelerating Admixtures)

สารเร่งการก่อตัว เป็นสารที่เร่งปฏิกิริยาไฮเดรชัน ส่งผลเร่งการก่อตัว และการพัฒนา กำลังอัดของคอนกรีตในช่วงต้น

โดยทั่วไปจะใช้สำหรับงานดังต่อไปนี้

1. งานก่อสร้างเร่งด่วน เช่น งานที่ต้องการถอดแบบหล่อเร็ว, และงานซ่อมแซมต่าง ๆ
2. งานหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตในโรงงาน เพื่อให้การหมุนเวียนแบบหล่อทำได้ อย่างรวดเร็ว



3. งานคอนกรีตในฤดูหนาว สำหรับในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นจัด สารผสมเพิ่มชนิดนี้จะแตกต่างจากสารที่ทำให้เกิดการก่อตัวอย่างกะทันหัน (Set Accelerating Admixtures) ซึ่งจะก่อตัวภายใน 2 - 3 นาที และเหมาะกับการ Shotcrete สำหรับการอุดรูรั่วภายใต้ความดันของน้ำ หรือการซ่อมแซมอย่างกะทันหัน

● วัตถุประสงค์

สารเร่งการก่อตัวส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสารเคมีดังนี้

1. แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium Chloride)
2. แคลเซียมฟอร์มเมต (Calcium Formate)
3. แคลเซียมไนเตรต (Calcium Nitrate)
4. สารอื่น ๆ เช่น แคลเซียมไนไตรต์ (Calcium Nitrite), และไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine หรือ TEA) เป็นต้น

ในอดีต แคลเซียมคลอไรด์เป็นสารเคมีที่ถูกนำมาใช้เร่งการก่อตัวของคอนกรีตอย่างกว้างขวางด้วยเหตุผลที่สำคัญ 2 ประการ คือ ราคาไม่แพง และหาได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันได้พบว่าแคลเซียมคลอไรด์จะก่อให้เกิดการกัดกร่อนเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนั้นจึงหันมาสนใจสารเคมีอื่นที่ไม่มีเกลือคลอไรด์ (Chloride-Free) เช่น แคลเซียมฟอร์มเมต, แคลเซียมไนเตรต, แคลเซียมไนไตรต์, และไตรเอทานอลามีน เป็นต้น

● ลักษณะการทำงาน

สารเร่งการก่อตัวของคอนกรีตทำหน้าที่เสมือนตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี (Catalyst) ระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ผลก็คือ จะเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันก่อให้เกิดความร้อนขึ้น และกำลังอัดจะเพิ่มขึ้นในเวลาอันรวดเร็ว

● ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงาน

ปัจจัยที่สำคัญได้แก่

1. ชนิดและปริมาณการใช้สารเร่งการก่อตัว
2. ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุผสมคอนกรีตชนิดอื่น ๆ
 - 2.1 ชนิดและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์
 - 2.2 ชนิดและคุณสมบัติของสารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ในส่วนผสม เช่น สารปอซโซลาน ซึ่งมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน
3. ส่วนผสมคอนกรีต
4. วิธีการใส่สารเร่งการก่อตัวในการผสมคอนกรีต
5. อุณหภูมิ

แคลเซียมคลอไรด์เป็นสารเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชันที่มีประสิทธิภาพดีกว่า แคลเซียมฟอร์มเมต และ แคลเซียมไนเตรต อีกทั้งยังมีราคาถูกกว่ามากด้วย และการเร่งปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณสารผสมนี้ในปริมาณที่มากขึ้น แต่อัตราการเพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับชนิดของปูนซีเมนต์และส่วนผสมคอนกรีต โดยส่วนใหญ่จะมีผลต่อส่วนผสมที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่ำมากกว่า

- ผลต่อคอนกรีตสด

ทำให้คอนกรีตสูญเสียค่ายุบตัวเร็วขึ้น เวลาการก่อตัวเริ่มต้นและเวลาการก่อตัวสุดท้ายเร็วขึ้น การเยิ้มลดลง โดยมีข้อกำหนดควบคุมไว้ไม่ให้เกิดเร็วมากจนไม่สามารถนำคอนกรีตนั้น ๆ ไปใช้งานได้

- ผลต่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

1. แม้ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรก แต่จะเท่ากันในระยะหลัง
2. แคลเซียมคลอไรด์จะทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดในช่วงต้นเพิ่มขึ้นอย่างมากแต่กำลังอัดในระยะยาว (Long Term Strength) ที่อายุมากกว่า 28 วัน จะต่ำกว่าคอนกรีตทั่ว ๆ ไป ซึ่งแตกต่างกับแคลเซียมฟอสเฟตที่ทำให้กำลังอัดที่ 28 วันเพิ่มขึ้น
3. แคลเซียมคลอไรด์จะทำให้คอนกรีตมีการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) และการคืบ (Creep) เพิ่มขึ้น
4. แคลเซียมคลอไรด์ที่ใส่ไปเร่งการก่อตัว ถ้าใส่มากเกินไปจะมีผลทำให้ความสามารถทนทานต่อซัลเฟตของคอนกรีตลดลง รวมทั้งยังกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างต่างกับมวลรวม (Alkali-Aggregate Reaction หรือ AAR) สำหรับในกรณีที่มีมวลรวมมีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยากับต่างในปูนซีเมนต์
5. คอนกรีตจะมีความสามารถทนทานต่อการกัดเซาะ (Erosion) และการขัดสี (Abrasion) ทุกช่วงอายุมากกว่าคอนกรีตทั่ว ๆ ไป
6. แคลเซียมคลอไรด์จะเร่งการสึกกร่อนของเหล็กเสริมที่ฝังในคอนกรีต เนื่องจากคลอไรด์ไอออนแพร่อยู่ในเนื้อคอนกรีต ด้วยเหตุนี้ข้อกำหนดงานก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและคอนกรีตอัดแรงในปัจจุบัน จึงมักมีข้อกำหนดการใช้แคลเซียมคลอไรด์ในสารผสมเพิ่มหรือในคอนกรีต ส่วนแคลเซียมไนไตรด์จะช่วยป้องกันเหล็กเสริมจากการเป็นสนิมได้

11.5.4 สารเคมีผสมคอนกรีตประเภทอื่น ๆ

1. สารลดน้ำและหน่วงการก่อตัว (Water-Reducing and Retarding Admixtures)

เป็นสารผสมเพิ่มที่ใช้มากที่สุดสำหรับงานคอนกรีตในประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับงานคอนกรีตผสมเสร็จ

2. สารลดน้ำพิเศษ (High Range Water-Reducing Admixtures หรือ Superplasticizers)

มักเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า “Superplasticizer” สารประเภทนี้สามารถลดปริมาณน้ำในส่วนผสมได้ 15 - 30% หรือมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากประจุไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดการผลัดกันมีแรงผลัดกันมากกว่าสารลดน้ำทั่ว ๆ ไป มีคุณสมบัติช่วยให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้สูงขึ้นอย่างมาก ในปัจจุบันสารประเภทนี้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในโรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป



เพราะการลดน้ำในปริมาณมาก ๆ ทำให้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่ำ ส่งผลทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดในช่วงต้นที่สูงมาก ทำให้สามารถตัดลวดอัดแรงและถอดแบบได้ในเวลารวดเร็ว รวมทั้งยังสามารถลดปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมได้ ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย

สารประเภทนี้โดยทั่วไปนิยมใช้กันอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ Sulphonated Melamine Formaldehyde (SMF), และ Sulphonated Naphthalene Formaldehyde (SNF), นอกจากนี้ยังมีชนิดอื่น ๆ อีก เช่น Polycarboxylate, และ Modified Lignosulphonates เป็นต้น

3. สารลดน้ำพิเศษและหน่วงการก่อตัว (High Range Water-Reducing and Retarding Admixtures หรือ Superplasticizing and Retarding Admixtures)

เหมาะสำหรับงานคอนกรีตผสมเสร็จที่ต้องการคอนกรีตที่เหลวมาก ๆ เช่น คอนกรีตงานฐานรากแผ่ขนาดใหญ่, และชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีเหล็กเสริมหนาแน่น เป็นต้น โดยคอนกรีตที่ใส่สารประเภทนี้จะมีค่ายุบตัวมากกว่า 15 เซนติเมตร ทำให้สามารถสั่นไหลเข้าไป

คุณลักษณะ:	เกณฑ์ที่กำหนด						
	ประเภท A	ประเภท B	ประเภท C	ประเภท D	ประเภท E	ประเภท F	ประเภท G
	สารลดน้ำ	สารหน่วงการก่อตัว	สารเร่งการก่อตัว	สารลดน้ำและหน่วงการก่อตัว	สารลดน้ำและเร่งการก่อตัว	สารลดน้ำพิเศษ	สารลดน้ำพิเศษและหน่วงการก่อตัว
น้ำ ร้อยละของปริมาณน้ำที่ผสมคอนกรีตควบคุม ⁽¹⁾ ไม่เกิน	95	-	-	95	95	88	88
ระยะเวลาการก่อตัว เทียบกับคอนกรีตควบคุม (ชั่วโมง : นาที)							
• การก่อตัวระยะต้น อย่างน้อย แต่ไม่เกิน	- เร็วขึ้น 1:00 หรือ ช้าลง 1:30	ช้าลง 1:00 ช้าลง 3:30	เร็วขึ้น 1:00 เร็วขึ้น 3:30	ช้าลง 1:00 ช้าลง 3:30	เร็วขึ้น 1:00 เร็วขึ้น 3:30	- เร็วขึ้น 1:00 หรือ ช้าลง 1:30	ช้าลง 1:00 ช้าลง 3:30
• การก่อตัวระยะปลาย อย่างน้อย แต่ไม่เกิน	- เร็วขึ้น 1:00 หรือ ช้าลง 1:30	- ช้าลง 3:30	เร็วขึ้น 1:00 -	- ช้าลง 3:30	เร็วขึ้น 1:00 -	- เร็วขึ้น 1:00 หรือ ช้าลง 1:30	- ช้าลง 3:30
ความต้านแรงอัด ร้อยละของคอนกรีตควบคุม ไม่น้อยกว่า							
• เมื่ออายุ 1 วัน	-	-	-	-	-	140	125
3 วัน	110	90	125	110	125	125	125
7 วัน	110	90	100	110	110	115	115
28 วัน	110	90	100	110	110	110	110
ความต้านแรงคด ร้อยละของคอนกรีตควบคุม ไม่น้อยกว่า							
• เมื่ออายุ 3 วัน	100	90	110	100	110	110	110
7 วัน	100	90	100	100	100	100	100
28 วัน	100	90	90	100	100	100	100

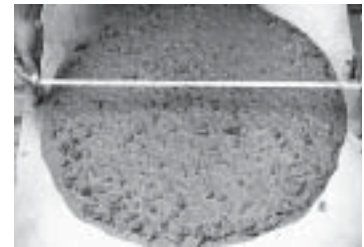
ตารางที่ 11-3 สรุปคุณลักษณะของสารเคมีผสมคอนกรีตประเภทต่าง ๆ ตามข้อกำหนดมาตรฐาน

(1) คอนกรีตควบคุม หมายถึง คอนกรีตที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่ม

ในทุกซอกทุกมุมของเหล็กเสริมและแบบหล่อโดยไม่ต้องทำการจี้เขย่าคอนกรีตมากนัก คอนกรีตประเภทนี้มีชื่อเรียกทั่วไปว่า “Flowing Concrete”

นอกจากนี้ในปัจจุบัน ได้มีการนำสารประเภทนี้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับแร่ผสมเพิ่มในการทำคอนกรีตสำหรับงานชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีเหล็กเสริมหนาแน่นมากจนไม่สามารถจี้เขย่าได้ หรืองานซ่อมแซมโครงสร้างที่ไม่สามารถเทด้วยวิธีการปกติได้และไม่สามารถจี้เขย่าได้ โดยรู้จักกันในชื่อ “คอนกรีตไหลเข้าแบบง่าย (Self Compacting Concrete)”

คุณลักษณะของสารเคมีผสมคอนกรีต ควรเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานดังแสดงใน ตารางที่ 11-3



รูปที่ 11-11 สารลดน้ำพิเศษและหน่วงการก่อตัว เป็นสารผสมเพิ่มสำคัญสำหรับการทำคอนกรีตไหลเข้าแบบง่าย ทำให้ได้คอนกรีตที่สามารถลื่นไหลเข้าไปในแบบหล่อโดยไม่ต้องทำการจี้เขย่า

11.6 แร่ผสมเพิ่ม

แร่ผสมเพิ่ม (Mineral Admixtures) มักจะเป็นผงละเอียด ซึ่งใส่รวมในคอนกรีตเพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตสด และเพิ่มความคงทนของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. วัสดุที่มีความไวต่อปฏิกิริยาดำหรือวัสดุเฉื่อย (Inert Materials)
2. สารปอซโซลาน (Pozzolan)
3. สารที่มีความสามารถเป็นตัวเชื่อมประสาน (Cementitious Materials)

11.6.1 วัสดุที่มีความไวต่อปฏิกิริยาดำหรือวัสดุเฉื่อย (Inert Materials)

สารผสมเพิ่มชนิดนี้ใช้เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตสด โดยเฉพาะในคอนกรีตที่ขาดอนุภาคขนาดเล็ก เช่น คอนกรีตที่ทำจากทรายหยาบ หรือที่มีปริมาณปูนซีเมนต์อยู่น้อย คอนกรีตนี้อาจยกตัวได้ง่ายไม่เหมาะสำหรับการลำเลียงและการเทลงแบบ การปรับปรุงการเกาะตัวและความเหลวของคอนกรีตนี้ด้วยการเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์อาจทำไม่ได้ด้วยเหตุผลทางด้านเทคนิค เช่น ทำให้เกิดความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันมาก เป็นต้น วิธีการที่ทำได้คือการใส่แร่ เช่น ผงหินปูน หรือฝุ่นหินปูน ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความไวต่อปฏิกิริยาดำ ไม่มีคุณสมบัติเป็นตัวเชื่อมประสาน เหมาะสำหรับการปรับปรุงความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตที่ไม่ต้องการกำลังสูงเท่านั้น

11.6.2 สารปอซโซลาน (Pozzolan)

สารปอซโซลาน หรือ วัสดุปอซโซลาน คือ วัสดุที่มีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นซิลิกา หรือซิลิกาและอลูมินา มีคุณสมบัติในการยึดประสานเล็กน้อยหรือไม่มีเลย แต่เมื่อบดจนเป็นผงละเอียดจะสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำที่อุณหภูมิปกติ ร่วมกับความชื้น ก่อให้เกิดสารเชื่อมประสานใหม่ซึ่งมีคุณสมบัติในการยึดประสาน นั่นคือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate) เพิ่มขึ้น เรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ว่า “ปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction)”



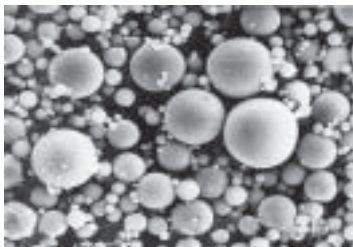
การใช้สารปอซโซลาน อาจใช้ในรูปของสารผสมเพิ่มในคอนกรีต เช่น คอนกรีตปอซโซลาน (Pozzolan Concrete) เป็นต้น หรืออาจใช้ในรูปของปูนซีเมนต์ผสมสารปอซโซลานก็ได้ เช่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน (Portland-Pozzolan Cement) เป็นต้น

การใช้สารปอซโซลานโดยทั่วไป จะช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตสดที่มีปริมาณปูนซีเมนต์อยู่น้อย มีผลทำให้กำลังอัดของคอนกรีตต่ำในระยะแรก แต่กำลังจะสูงขึ้นเมื่อคอนกรีตมีอายุมากขึ้นและจะสูงกว่าคอนกรีตธรรมดาที่อายุมากกว่า 28 วัน และยังช่วยทำให้คอนกรีตมีความคงทนต่อสารเคมีสูงขึ้น เพราะปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ลดลง นอกจากนี้ สารปอซโซลานยังช่วยลดปริมาณและอัตราความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ทำให้สามารถใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ผสมสารผสมเพิ่มชนิดนี้แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 4 สำหรับโครงสร้างคอนกรีตหยาบ (Mass Concrete)

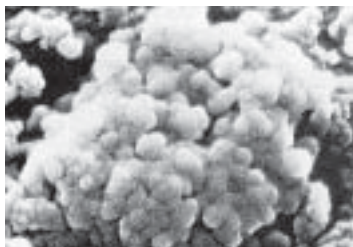
คุณสมบัติของคอนกรีตผสมสารปอซโซลานจะขึ้นอยู่กับประเภทและปริมาณสารปอซโซลานในส่วนผสมคอนกรีต การบ่ม และอุณหภูมิ การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตอาจจำเป็นต้องมีการทดลองผสม ต้องควบคุมการบ่มให้ได้ดีและนานกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 3 วันแรก และควรมีการทดสอบคุณภาพคอนกรีตก่อนใช้งานจริงด้วย

ปริมาณการใช้ย่อมขึ้นอยู่กับประเภทและลักษณะงานโครงสร้าง และชนิดและคุณสมบัติของสารปอซโซลาน โดยอาจใช้ได้ปริมาณมากถึง 15 - 40% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ หรืออาจมากกว่านี้

สารปอซโซลาน เช่น เถ้าลอย, ซิลิกาฟุ้ง, วัสดุปอซโซลานธรรมชาติ, และ Metakaolin เป็นต้น



รูปที่ 11-12 ภาพถ่ายกำลังขยายสูงของอนุภาคเถ้าลอย



รูปที่ 11-13 ภาพถ่ายกำลังขยายสูงของอนุภาคซิลิกาฟุ้ง

เถ้าลอย (Coal Fly Ash หรือ Pulverized Fuel Ash หรือ PFA) เป็นเถ้าอนินทรีย์ที่เหลือจากการเผาถ่านหิน วัสดุนี้เป็นที่นิยมมากเพราะมีลักษณะเป็นผงละเอียดอยู่แล้ว เถ้าลอยที่มีคุณสมบัติที่ดี จะสามารถใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีต เช่น เพิ่มความสามารถเทได้, ลดปริมาณน้ำ, ลดปริมาณความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน, เพิ่มกำลังในระยะยาว, ลดการหดตัว, เพิ่มความทึบหน้า, และเพิ่มความคงทนต่อสารเคมี เป็นต้น แต่เนื่องจากคุณสมบัติของเถ้าลอยจะเปลี่ยนแปลงตามชนิดและแหล่งของถ่านหินและกระบวนการเผาไหม้ ดังนั้น เถ้าลอยที่จะนำมาใช้ในในงานคอนกรีตจึงควรมีคุณสมบัติสอดคล้องกับข้อกำหนด

ซิลิกาฟุ้ง (Silica Fume หรือ Microsilica) คือ สารปอซโซลานประเภทหนึ่งที่ได้จากกระบวนการผลิต Silicon Alloy เนื่องจากซิลิกาฟุ้งมีลักษณะเป็นผงที่มีความละเอียดสูงมากกว่าปูนซีเมนต์มาก ทำให้ปริมาณน้ำที่ต้องการในคอนกรีตเพิ่มขึ้น และมีผลทำให้การหดตัวเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้ร่วมกับสารลดน้ำพิเศษ (Superplasticizer) โดยสามารถใช้ผสมในคอนกรีตเพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีต เช่น เพิ่มกำลังในคอนกรีตกำลังสูง, ลดการแยกตัว, เพิ่มความทึบหน้า, และเพิ่มความคงทนต่อสารเคมี เป็นต้น

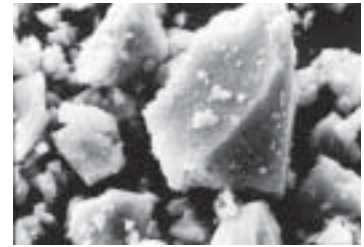
วัสดุปอซโซลานธรรมชาติ (Natural Pozzolan) คือ วัสดุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่สามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้ เช่น เถ้าภูเขาไฟและหิน Tuff, Pumicite, Opaline, Chert, ดินเหนียว, และหิน Shale เป็นต้น โดยปกติต้องนำมาบดให้ละเอียดและเผา

Metakaolin เป็นสารปอซโซลานประเภทหนึ่งที่ได้จากดิน Kaolin ซึ่งผ่านกระบวนการ Calcined และเผาที่อุณหภูมิสูง มีลักษณะเป็นผงที่มีความละเอียดสูงมากกว่าปูนซีเมนต์มาก และกระจายตัวในน้ำได้ดีกว่าซิลิกาฟูม สามารถใช้ผสมในคอนกรีตเพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีต เช่น เพิ่มกำลังในคอนกรีตกำลังสูง ช่วยทำให้คอนกรีตมีเนื้อแน่นมากขึ้น, เพิ่มความทึบน้ำ, และเพิ่มความคงทนต่อสารเคมี เป็นต้น

11.6.3 สารที่มีคุณสมบัติเชื่อมประสาน (Cementitious Materials)

สารที่มีคุณสมบัติเชื่อมประสาน คือ สารซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาไฮเดรชันเมื่อผสมน้ำ เช่น GGBS และเถ้าลอยบางประเภท เป็นต้น

GGBS (Ground Granulated Blast-furnace Slag) สามารถใช้ปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีต เช่น เพิ่มกำลังในระยะยาว, ลดปริมาณความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน, เพิ่มความทึบน้ำ, เพิ่มความต้านทานต่อซัลเฟตและน้ำทะเล, และลดปฏิกิริยาระหว่างต่างกับมวลรวม (Alkali-Aggregate Reaction) เป็นต้น



รูปที่ 11-14 ภาพถ่ายกำลังขยายสูงของอนุภาค GGBS

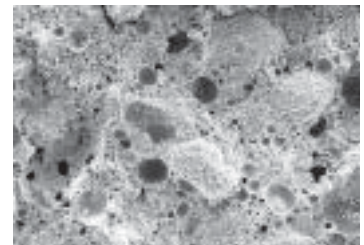
11.7 สารผสมพิเศษอื่น ๆ

สารผสมเพิ่มประเภทนี้ ผลิตขึ้นเพื่อใช้งานจำเพาะเจาะจงบางอย่าง

11.7.1 สารกระจายกักฟองอากาศ (Air-Entraining Admixtures)

สารกระจายกักฟองอากาศ เป็นสารอินทรีย์ที่ทำปฏิกิริยาบนผิว (Organic Surfactants) ที่เติมลงในคอนกรีตก่อนผสมหรือขณะผสม เพื่อก่อให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กกระจายตัวและคงตัวอยู่ในปริมาณที่ต้องการ ทำให้เทคอนกรีตได้ง่ายขึ้น และคอนกรีตแข็งตัวแล้วมีความคงทนสูงขึ้น

ฟองอากาศที่ถูกกักกระจาย (Entrained Air) ที่เกิดขึ้นนี้ แตกต่างจากโพรงอากาศของน้ำที่ถูกกักไว้ (Entrapped Air) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า และจะเกิดในบางบริเวณอันเนื่องมาจากการจีเขย่าคอนกรีตไม่ดีพอหรือมีน้ำส่วนเกินอยู่ภายในคอนกรีต สารกระจายกักฟองอากาศนี้ ช่วยทำให้คอนกรีตมีความคงทนต่อการแข็งตัวของน้ำ หรือเกลือที่ทำให้น้ำแข็งละลาย (De-icing Salts) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความสามารถเทได้ของคอนกรีตสดด้วย



รูปที่ 11-15 ภาพถ่ายกำลังขยายสูงของฟองอากาศที่ถูกกักกระจายอยู่ในเนื้อมอร์ตาร์

● วัตถุประสงค์

สารกระจายกักฟองอากาศนี้ผลิตขึ้นจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมทำกระดาษ, น้ำมันและอาหารสำเร็จรูปจากสัตว์ วัตถุประสงค์ที่สำคัญ ได้แก่ ยางไม้, น้ำมันสัตว์, น้ำมันพืช, กรดซึ่งได้มาจากยางไม้, หรือจากไขมันของสัตว์และพืช เป็นต้น

● ลักษณะการทำงาน

สารกระจายกักฟองอากาศ ประกอบด้วยตัวเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบนผิวของอนุภาคซึ่งมักรวมกันอยู่ระหว่างผิวหน้าและอากาศ ทำให้แรงดึงผิวของน้ำลดลง ก่อให้เกิด



ฟองอากาศขนาดเล็กมากกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอในเนื้อคอนกรีต โดยฟองอากาศนี้จะถูกทำให้ยุบตัวด้วย

งานก่อสร้างบางประเภท เช่น งานก่อสร้างพื้นที่ห้องเย็น มีข้อกำหนดให้ใช้คอนกรีตที่มีปริมาณอากาศ 3 - 5% ทั้งนี้เพราะในการใช้งานห้องเย็น ที่จุดเยือกแข็ง (Freezing) น้ำในโพรงคาปิลลารี (Capillary Pores) ในคอนกรีตจะเริ่มเปลี่ยนเป็นน้ำแข็งซึ่งมีปริมาตรเพิ่มขึ้น จึงเกิดการขยายตัวจนเต็ม แล้วน้ำส่วนเกินจะถูกผลักดันไปยังโพรงอากาศ (Air Voids) ผ่านทางเนื้อซีเมนต์เฟส ความดันที่เกิดขึ้นภายในเนื้อคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการไหลของน้ำจากโพรงคาปิลลารีไปยังโพรงอากาศ ถ้าความดันมีค่ามากอาจส่งผลทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้ การใส่สารกระจายกักฟองอากาศจะเป็นการเพิ่มโพรงอากาศให้กระจายอยู่ทั่วเนื้อคอนกรีตและมีปริมาณมากเพียงพอ ทำให้น้ำจากโพรงคาปิลลารีสามารถไหลไปยังโพรงอากาศได้สะดวกขึ้น ดังนั้นความดันภายในคอนกรีตจึงลดลง ขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นน้ำในโพรงอากาศจะละลาย (Thawing) และไหลกลับเข้าสู่เนื้อซีเมนต์เฟส ทำให้คอนกรีตสามารถคงทนอยู่ในสภาวะที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จุดเยือกแข็งได้อย่างต่อเนื่อง

● ผลของสารกระจายกักฟองอากาศที่มีต่อคอนกรีตสด

คอนกรีตที่ใส่สารกระจายกักฟองอากาศ จะมีความสามารถเทได้ดีขึ้น, มีการยึดเกาะดีขึ้น, ทำให้เนื้อซีเมนต์เฟสมีความสม่ำเสมอมากขึ้น, ลดโอกาสเกิดการแยกตัว, มีการเยิ้มลดลง, และมีหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตลดลง ดังนั้นในคอนกรีตที่มีค่ายุบตัวเดียวกัน คอนกรีตที่ใส่สารกระจายกักฟองอากาศจะใช้งานได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา เพราะเทลงแบบและอัดแน่นได้ง่ายกว่า ในส่วนผสมที่เหลว ฟองอากาศจะช่วยลดการแยกตัวที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการขนส่งและการใช้งาน

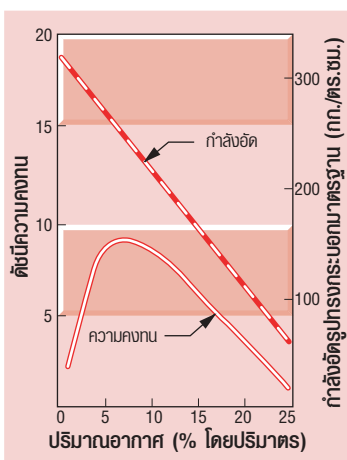
การเพิ่มปริมาณอากาศ 5% จะทำให้ค่ายุบตัวเพิ่มขึ้น 1.5 - 5.0 เซนติเมตร ทั้งนี้เป็นเพราะฟองอากาศขนาดเล็กเหล่านี้ทำหน้าที่เสมือนเป็นมวลรวมละเอียดขนาดเล็ก ซึ่งยึดหยุ่นได้และมีแรงเสียดทานต่ำ จึงช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างของแข็งภายในเนื้อคอนกรีตเหลว คอนกรีตจึงมีลักษณะคล้ายกับว่ามีทรายมาก คุณสมบัตินี้ใช้ได้ผลดีสำหรับส่วนผสมที่ขาดอนุภาคขนาดเล็ก ตามปกติจะไม่ใส่สารกระจายกักฟองอากาศเพื่อเพิ่มค่ายุบตัว แต่ใช้เพื่อลดปริมาณทรายและน้ำสำหรับค่ายุบตัวหนึ่ง ๆ การเพิ่มปริมาณอากาศสามารถทำให้ลดปริมาณน้ำได้ ซึ่งทำให้เกิดกำลังอัดของคอนกรีตสูงขึ้น และเป็นส่วนหนึ่งที่ทดแทนกำลังอัดที่ลดลงเนื่องจากปริมาณอากาศในคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น

● ผลของสารกระจายกักฟองอากาศที่มีต่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

การใส่สารกระจายกักฟองอากาศ จะช่วยเพิ่มความคงทนให้แก่คอนกรีตที่มีการใช้งานในสภาวะน้ำกลายเป็นน้ำแข็งและละลายสลับกัน (Freeze-Thaw Resistance)

ปริมาณฟองอากาศภายในคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นมีผลเสียต่อกำลังอัดของคอนกรีต โดยฟองอากาศที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 1% จะมีผลทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดลดลงประมาณ 5%

รูปที่ 11-16 แสดงผลให้เห็นว่าปริมาณอากาศที่มากเกินไปจะทำให้ทั้งกำลังอัดและความคงทนของคอนกรีตลดน้อยลง



รูปที่ 11-16 ผลของปริมาณอากาศในคอนกรีตที่มีต่อกำลังและความคงทน

โดยสรุป แม้ว่าประเทศไทยจะไม่ใช่ว่าประเทศที่มีอากาศหนาวจัด สารกระจายกักฟองอากาศก็มีความจำเป็นสำหรับงานที่ต้องการความต้านทานการแข็งตัวของน้ำกลายเป็นน้ำแข็ง เช่น งานก่อสร้างพื้นคอนกรีตห้องเย็น เป็นต้น สารกระจายกักฟองอากาศจะมีผลกระทบต่อความสามารถเทได้ กำลังอัด และความคงทนของคอนกรีต ดังนั้นผู้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตจำเป็นต้องนำปัจจัยเหล่านี้มาพิจารณา โดยเฉพาะการออกแบบเพื่อกำลังที่ลดลงเนื่องจากการเติมฟองอากาศเข้าไปในคอนกรีตด้วย



รูปที่ 11-17 งานก่อสร้างพื้นคอนกรีตห้องเย็น จำเป็นต้องใช้คอนกรีตที่ใส่สารกระจายกักฟองอากาศ

● ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสารกระจายกักฟองอากาศ

ผลของการกระจายกักฟองอากาศในคอนกรีตขึ้นอยู่กับ

1. ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุผสมคอนกรีต

- 1.1 มวลรวมทราย : การลดขนาดของหินหรือกรวด จะทำให้ปริมาณฟองอากาศเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลทางอ้อมมาจากปริมาตรมอร์ตาร์ในคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น
- 1.2 น้ำ : น้ำที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีต จะไม่มีผลต่อปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้น แต่น้ำกระด้างจะยับยั้งการเกิดฟองอากาศ ดังนั้นจึงต้องใส่ปริมาณสารกระจายกักฟองอากาศเพิ่มขึ้น
- 1.3 สารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ : การใช้สารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ ร่วมกับสารกระจายกักฟองอากาศจะต้องทำอย่างระมัดระวังในบางกรณีอาจจะยับยั้งการเกิดฟองอากาศ เช่น การใช้สารลดน้ำพิเศษ (Superplasticizer) อาจทำให้ฟองอากาศไม่คงตัวในคอนกรีตได้ เป็นต้น หรือในบางกรณีจะต้องใส่สารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ หลังจากที่ฟองอากาศเกิดขึ้นก่อนแล้ว

2. ส่วนผสมคอนกรีต

- 2.1 ปริมาณส่วนละเอียด : ปริมาณปูนซีเมนต์หรือทรายละเอียดที่เพิ่มขึ้นจะยับยั้งการเกิดฟองอากาศ สัดส่วนของทรายมีความสำคัญต่อปริมาณฟองอากาศ การเพิ่มทรายขนาด 300 - 600 ไมครอน (ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30 แต่ค้างอยู่บนเบอร์ 50) จะก่อให้เกิดปริมาณฟองอากาศมากขึ้น แต่ถ้ามีทรายที่ละเอียดมาก โดยเฉพาะทรายที่ได้จากการบดหินจะยับยั้งการเกิดฟองอากาศ
- 2.2 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ : การเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ จะทำให้ปริมาณฟองอากาศเพิ่มขึ้นและขนาดฟองอากาศใหญ่ขึ้น

3. การทำคอนกรีต

- 3.1 การผสม : ชนิดและประสิทธิภาพของเครื่องผสม, อัตราและเวลาที่ใช้ในการผสม, วิธีการใส่สารกระจายกักฟองอากาศในการผสมคอนกรีต, รวมทั้งปริมาณคอนกรีตที่ผสม จะส่งผลกระทบต่อปริมาณฟองอากาศในคอนกรีต เช่น การผสมคอนกรีตเป็นเวลานาน จะส่งผลทำให้ฟองอากาศลดลง เป็นต้น



รูปที่ 11-18 คอนกรีตที่มีความสามารถ
เทได้ต่ำมาก จะก่อให้เกิดฟองอากาศได้
ยากมาก

3.2 การลำเลียง : การขนส่งระยะเวลานานจะส่งผลทำให้ปริมาณฟองอากาศ
ลดลง

3.3 การจี้เขย่า : การจี้เขย่าคอนกรีตมากเกินไปจะส่งผลทำให้ปริมาณฟอง
อากาศลดลง

4. ความสามารถเทได้

คอนกรีตที่มีความสามารถเทได้ต่ำมาก จะก่อให้เกิดฟองอากาศได้ยากมาก และ
ปริมาณฟองอากาศจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสามารถเทได้มากขึ้น ตลอดช่วงค่ายุบตัว 2.5 - 15.0
เซนติเมตร

5. สภาพแวดล้อม

ปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตจะเป็นปฏิภาคผกผันกับอุณหภูมิกล่าวคือเมื่ออุณหภูมิ
สูงขึ้นจาก 10 °C เป็น 32 °C ปริมาณฟองอากาศจะลดลงประมาณ 50%

11.7.2 สารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ

1. สารกันซึม (Waterproofing Admixtures)

1.1 สารกันซึม (Dampproofing Admixtures หรือ Water Repellants หรือ Hydrophobers)

โดยทั่วไป สารประเภทนี้ทำมาจากวัสดุประเภทสบู่ หรือ Butyl
Stearate หรือกรดไขมัน หรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียม
ทำให้น้ำไม่จับที่ผิวคอนกรีต และช่วยลดอัตราการซึมผ่านของน้ำเข้าไป
ในคอนกรีตที่แห้งหรือยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ แต่จะไม่สามารถทนน้ำที่มี
แรงดันมากได้

1.2 สารลดการซึมผ่านของน้ำ (Permeability-Reducing Admixtures)

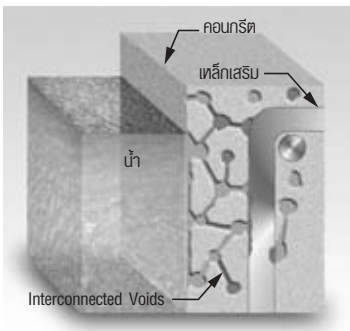
ใช้ป้องกันการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่อิ่มตัวด้วยน้ำภายใต้แรงดันน้ำ
จากภายนอก โดยทั่วไป สารประเภทนี้ทำมาจากสารที่มีคุณสมบัติช่วย
ลดน้ำ, หรือสารที่มีคุณสมบัติเร่งการก่อตัว, หรือวัสดุที่มีอนุภาคละเอียด
มาก โดยอาจเป็นผงวัสดุเฉื่อยที่ละเอียดมาก หรือเป็นผงที่ทำปฏิกิริยากับ
แคลเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งมีผลึกทาบเกิดเป็นแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต
ในซีเมนต์เมตริกซ์ได้ จึงช่วยลดช่องว่างในเนื้อคอนกรีต และช่วยลดการซึม
ผ่านของน้ำได้

2. สารช่วยให้บีบง่าย (Pumping Aids)

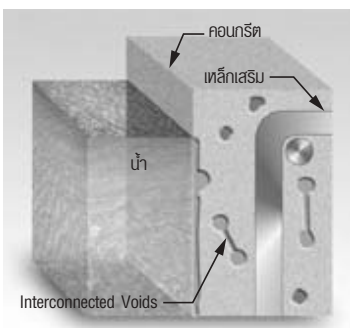
ช่วยให้คอนกรีตยึดเกาะตัวกัน เคลื่อนผ่านท่อบีบไปได้ถึงแม้ว่าคอนกรีตนั้นจะมี
ปริมาณปูนซีเมนต์ต่ำ

3. สารทำให้เกิดสี (Coloring Admixtures)

สารทำให้เกิดสี ใช้เพื่อทำให้เกิดสีในคอนกรีตหรือมอร์ตาร์ โดยไม่ควรมีผลกระทบ
ทางด้านกายภาพอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการของส่วนผสม มีทั้งที่เป็นวัสดุธรรมชาติและที่สังเคราะห์
ขึ้น



ก) คอนกรีตทั่วไป



ข) คอนกรีตที่ใส่สารลดการซึมผ่าน
ของน้ำ

รูปที่ 11-19 คอนกรีตที่ใส่สารลดการ
ซึมผ่านของน้ำ จะมีปริมาณช่องว่างที่
ต่อเนื่องกัน (Interconnected Voids)
ภายในเนื้อคอนกรีตลดลงมาก จึงช่วย
ลดการซึมผ่านของน้ำได้

4. สารอุดประสาน (Grouting Admixtures)

ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อการอัดฉีดเข้าไปในซอกหรือบริเวณแคบ ๆ โดยป้องกันการแยกตัว การเยิ้ม รวมทั้งเพิ่มการยึดเกาะเพื่อให้บีบได้สะดวก เหมาะที่จะนำไปใช้กับงานต่าง ๆ เช่น งานเสริมความแข็งแรงให้แก่ฐานราก, อุดรอยร้าวหรือรอยต่อในงานคอนกรีต, อุดช่องว่างในงานคอนกรีตอัดแรงระบบ Bonding เป็นต้น

5. สารเพิ่มการขยายตัว (Expansion-Producing Admixtures)

มีสารเคมีหลัก คือ Calcium Sulpho-Aluminate ซึ่งจะขยายตัวในระหว่างช่วงการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของคอนกรีต หรือทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบอื่น ๆ ในคอนกรีต ก่อให้เกิดการขยายตัว เพื่อลดผลกระทบจากการเกิดการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) ให้เหลือน้อยที่สุด ใช้ทดแทนการหดตัวของคอนกรีตในการก่อสร้างทั่ว ๆ ไปทั้งงานเทคอนกรีตชนิดที่มีการยัดรังและที่ไม่มีการยัดรัง

6. สารป้องกันการกัดกร่อนเหล็กเสริม (Corrosion Inhibiting Admixtures)

เป็นเกลือของสารเคมี เช่น แคลเซียมไนไตรต์ (Calcium Nitrite) ที่มีประจุที่เกิดออกซิไดส์ได้ ใช้เป็นสารผสมเพิ่มในคอนกรีตเพื่อป้องกันการกัดกร่อนเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตที่ต้องสัมผัสกับสภาพแวดล้อมทะเลซึ่งมีปริมาณสารคลอไรด์มาก

7. สารป้องกันการเกิดเชื้อรา (Fungicidal Admixtures)

ใช้เพื่อยับยั้งและควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและราในพื้นที่คอนกรีตกำแพงหรือรอยต่อ

8. สารสร้างฟองก๊าซ (Gas-Forming Admixtures)

เป็นสารช่วยสร้างฟองก๊าซในเนื้อคอนกรีตสดในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันในชวงก่อนเวลาการก่อตัวเริ่มต้น เพื่อควบคุมการทรุดตัวและการเยิ้ม, ควบคุมการขยายตัวชดเชยการหดตัว, เพิ่มแรงยึดเหนี่ยว, ทำให้มีหน่วยน้ำหนักเบา, หรือเป็นฉนวนกันความร้อนหรือกันเสียง นิยมนำไปใช้งานต่าง ๆ เช่น งานอุดท่อ (Grouting) ลวดอัดแรงชนิดอัดแรงที่หลัง (Post-tensioned), งานซ่อมรอยต่อหรือการยัดระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป, งานซ่อมแซมคอนกรีต, งานผลิตคอนกรีตฉนวนความร้อนหรือกันเสียง (Cellular Concrete), และงานผลิตคอนกรีตมวลเบาหรืออิฐมวลเบา เป็นต้น

9. สารเชื่อมประสาน (Bonding Admixtures)

ส่วนใหญ่ทำมาจาก Organic Polymer Emulsion ที่รู้จักกันในชื่อ "Latex" ใช้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่ หรือระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม



มาตรฐานอ้างอิง

- มอก. 733-2530 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต
- มอก. 850-2532 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปอซโซลาน
- มอก. 874-2532 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สารกระจายกักฟองอากาศสำหรับคอนกรีต
- มอก. 985-2533 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล
- E.I.T.Standard 1014-46 : ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต, คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- ASTM C 260 : 2001 : Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete
- ASTM C 494 : 2004 : Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete
- ASTM C 618 : 2003 : Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete
- ASTM C 979 : 1999 : Standard Specification for Pigments for Integrally Colored Concrete
- ASTM C 989 : 2004 : Standard Specification for Ground Granulated Blast-Furnace Slag for Use in Concrete and Mortars
- ASTM C 1017 : 2003 : Standard Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete
- ASTM C 1240 : 2004 : Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures
- BS EN 934-2 : 2001 : Admixtures for concrete, mortar and grout---Part 2: Concrete admixtures---Definitions, requirements, conformity, marking and labelling

เอกสารอ้างอิง

- 1 ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร์, “คอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology)”, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2537.
- 2 เอกสารวิชาการของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2545.
- 3 ACI Committee 212, “ACI 212.3R-91 : Chemical Admixtures for Concrete”, 2002.
- 4 ACI Committee 212, “ACI 212.4R-93 : Guide for the Use of High Range Water-Reducing Admixtures (Superplasticizers) in Concrete”, 2002.
- 5 A. M. Neville, “Properties of Concrete”, Fourth Edition, 1999.
- 6 P. Kumar Mehta and Paulo J.M. Monteiro, “Concrete Structure, Properties, and Materials”, Second Edition, 1993.
- 7 Peter C. Hewlett, “Leas Chemistry of Cement and Concrete”, Fourth Edition, 1998.
- 8 V. S. Ramachandran, “Concrete Admixtures Handbook”, Second Edition, 1995.