

บทที่ 5

สารผสมเพิ่ม

5.1 คำจำกัดความ

สารผสมเพิ่มหรือน้ำยาผสมคอนกรีต (Concrete Admixture) หมายถึง สารใด ๆ นอกเหนือไปจากน้ำ ปูนซีเมนต์ หิน และทราย อันใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตไม่ว่าจะก่อนหรือกำลังผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีต ขณะยังเหลวอยู่หรือคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพของวัสดุ, สิ่งแวดล้อม และสภาพการทำงาน วัตถุประสงค์ทั่ว ๆ ไปของการใช้น้ำยาผสมคอนกรีตก็คือ ปรับปรุงความสามารถ, เหนียวหรือหน่วงเวลา การก่อตัว, ควบคุมหรือตัดแปลงการพัฒนากำลังอัด, ปรับปรุงคุณสมบัติด้านการต้านทานการแตกร้าวเนื่องจากความร้อน การทนต่อกรดและซัลเฟต เป็นต้น หรือเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง แต่พึงระลึกไว้เสมอว่าสารผสมเพิ่มมิได้มีส่วนช่วยแก้ไขคอนกรีตที่มีส่วนผสมไม่ดีหรือการปฏิบัติงานที่ไม่ถูกต้อง

ในปัจจุบันได้มีการขยายการใช้สารผสมเพิ่มไปทดแทนการใช้ปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ กล่าวคือ ใช้ปูนซีเมนต์ทั่ว ๆ ไปผสมกับสารผสมเพิ่มที่เหมาะสม ซึ่งจะปรับปรุงหรือเปลี่ยนคุณสมบัติของคอนกรีตบางประการได้ สารผสมเพิ่มที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นของเหลว แต่บางชนิดเป็นผงซึ่งแตกต่างกันตามวัสดุพื้นฐานวัสดุเหล่านี้จะต้องไม่ทำลายคุณภาพของคอนกรีตทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมทั้งต้องไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารที่เป็นส่วนประกอบของซีเมนต์ แร่ธาตุในมวลรวมและต่อเหล็กเสริม ดังนั้นก่อนที่จะใช้น้ำยาผสมคอนกรีตควรมีการศึกษาข้อจำกัดการใช้งาน การตรวจสอบคุณภาพและทดสอบประสิทธิภาพรวมทั้งควรใช้ตามข้อแนะนำของผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด มิฉะนั้นอาจจะก่อให้เกิดผลเสียหายได้

5.2 ประเภทของสารผสมเพิ่ม

สารผสมเพิ่มที่ผลิตออกจำหน่ายทั่ว ๆ ไป มีหลายชนิด ซึ่งอาจแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 4 กลุ่ม คือ

1) สารกักกระจายฟองอากาศ (Air-Entraining Agent)

ใช้เพื่อเพิ่มความทนทาน กรณีที่คอนกรีตต้องสัมผัสกับสภาพที่เย็นจัด เช่น ในพื้นที่ห้องเย็น หรือในบริเวณที่มีหิมะปกคลุมบางช่วงเวลา และสารผสมเพิ่มนี้ยังปรับปรุงความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตที่อยู่ในสภาพเหลว

2) สารเคมีผสมคอนกรีต (Chemical Admixture)

เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำที่เติมลงไปในส่วนผสมคอนกรีตเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น เพื่อลดปริมาณน้ำในส่วนผสม ควบคุมการก่อตัวและการแข็งตัวหรือปรับปรุงความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตเหลว เป็นต้น

3) สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixture)

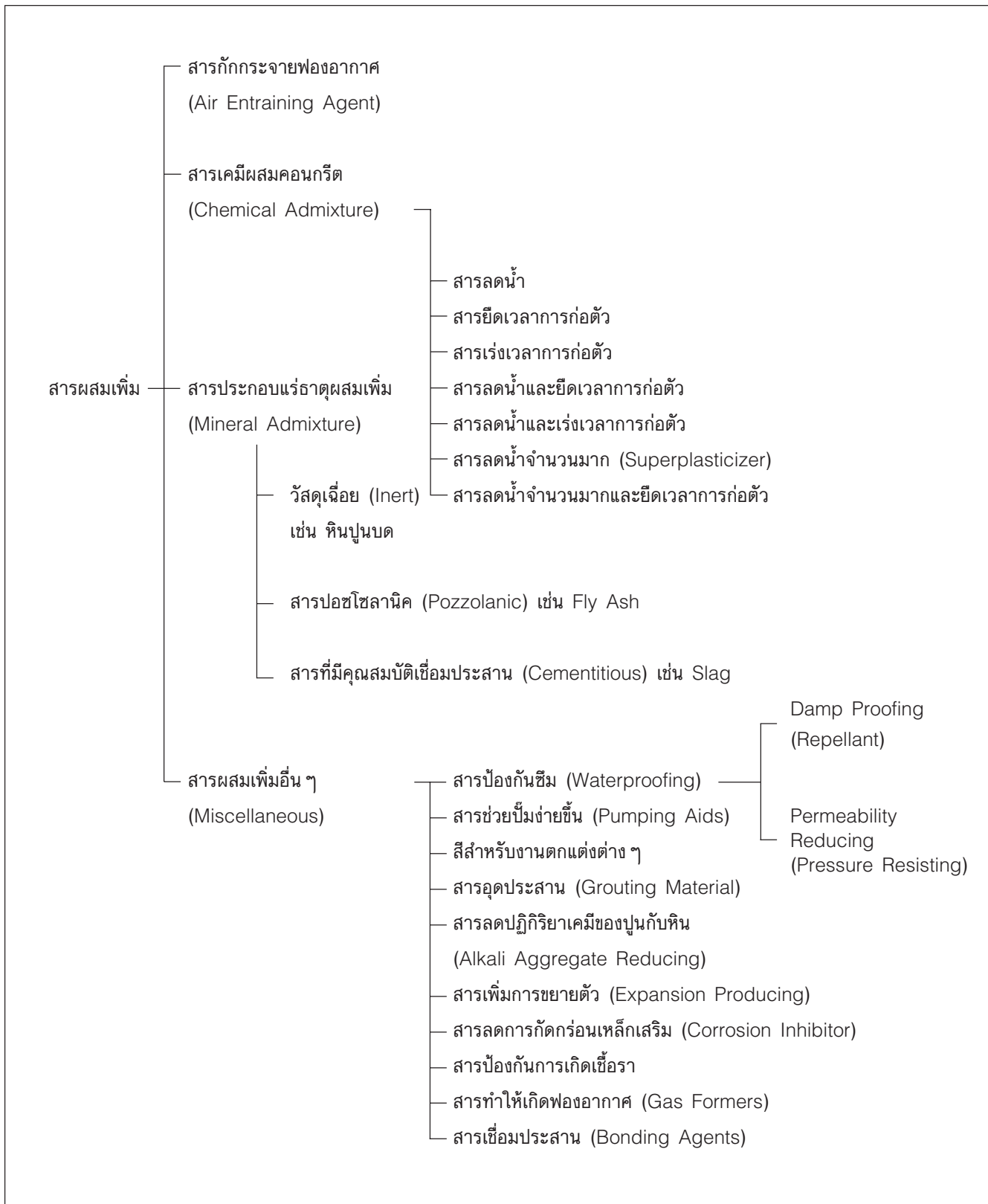
มีลักษณะเป็นผงละเอียด ใช้ปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน เพิ่มความคงทน ทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการเกาะตัวดีขึ้น และยังสามารถใช้ทดแทนปริมาณปูนซีเมนต์ได้บางส่วน

4) สารผสมเพิ่มอื่น ๆ

ได้แก่ สารผสมเพิ่มอื่น ๆ ที่ไม่จัดอยู่ใน 3 ประเภทแรก ซึ่งผลิตขึ้นมาเพื่อใช้งานเฉพาะอย่างเท่านั้น

รายละเอียดของการแบ่งสารผสมเพิ่มแต่ละชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การแบ่งประเภทของสารผสมเพิ่ม



5.3 การใช้สารผสมเพิ่ม

สารผสมเพิ่มได้เข้ามามีบทบาทอย่างรวดเร็วในวงการก่อสร้าง ประเทศที่เจริญแล้ว ได้มีการนำสารผสมเพิ่มมาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตกันอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างเช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกาใช้คอนกรีตที่ใส่สารผสมเพิ่มถึง 90% ในออสเตรเลีย ญี่ปุ่น และเยอรมัน มียอดการใช้ 80%, 80% และ 60% ตามลำดับ ส่วนในประเทศไทยวงการก่อสร้างเพิ่งตื่นตัวเรื่องการใช้สารผสมเพิ่มอย่างจริงจังในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ทำให้ยอดคอนกรีตที่ผสมสารผสมเพิ่มยังมีปริมาณไม่มาก แต่ยอดปริมาณการใช้ในปัจจุบันได้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วมากก็ด้วยเหตุผลที่สำคัญ คือ คอนกรีตที่ใส่สารผสมเพิ่มจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสม

กับการทำงานมาก คือ คอนกรีตจะมีความสามารถเทได้หรือไหลอยู่นานกว่าคอนกรีตทั่วๆ ไป ทำให้สะดวกทั้งด้านการลำเลียงและการทำให้คอนกรีตอัดแน่นในแบบซึ่งส่งผลดีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลดลงด้วย สิ่งสำคัญที่พึงระลึกไว้เสมอ คือ สารผสมเพิ่มไม่สามารถช่วยแก้ไขคอนกรีตที่มีส่วนผสมไม่ดี หรือการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง หากแต่ใช้เมื่อไม่สามารถปรับปรุงคอนกรีตด้วยการปรับปรุงส่วนผสม

ในตารางที่ 5.2 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตที่สามารถปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงได้โดยสารผสมเพิ่มประเภทต่าง ๆ

ตารางที่ 5.2 คุณสมบัติของคอนกรีตที่ถูกปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงโดย สารผสมเพิ่มประเภทต่าง ๆ

คุณสมบัติที่ต้องการ	ประเภทของสารผสมเพิ่ม					
	สารลดน้ำ	สารเร่ง	สารหน่วง	สารลดน้ำจำนวนมาก	สารกักกระจายฟองอากาศ	อื่นๆ
การก่อตัวและแข็งตัว - เร่งอัตราการพัฒนากำลังอัดช่วงต้น - เร่งการก่อตัว - หน่วงการก่อตัว	**	*		*		
ความสามารถเทได้และคุณสมบัติของคอนกรีตเหลวอื่นๆ - เพิ่มความสามารถเทได้โดยกำลังอัดไม่สูญเสียไป - ลดอุณหภูมิจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน - ลดการเยิ้ม - ลดการแยกตัว - เพิ่มความสามารถบ่มได้	*		**	*	*	*
คอนกรีตแข็งตัวแล้ว - เพิ่มกำลังอัดโดยไม่ต้องเพิ่มปริมาณซีเมนต์หรือลดความสามารถเทได้ - ปรับปรุงความทนทาน - ปรับปรุงความสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำ - ปรับปรุงแรงยึดระหว่างคอนกรีต	*	**	*	*	**	*

* ผลทางตรง

** ผลทางอ้อม

5.4 ข้อระวังในการใช้งาน

ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อใช้สารผสมเพิ่ม มักเนื่องมาจากความไม่เข้าใจว่าสารผสมเพิ่มชนิดหนึ่ง ๆ มีผลต่อคอนกรีตอย่างไรบ้าง ข้อพึงระมัดระวังที่ผู้ใช้ควรยึดปฏิบัติคือ

1) สารผสมเพิ่มที่จะนำมาใช้ควรมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐาน เช่น ของประเทศไทยควรเป็นไปตาม มอก. 733-2530 “สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต” รวมทั้งต้องมีข้อมูลเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

- ผลของสารผสมเพิ่มต่อคอนกรีต
- อิทธิพลอื่น ๆ ที่สารผสมเพิ่มมีต่อคอนกรีตไม่ว่าจะเป็นทางที่เป็นประโยชน์หรือเป็นผลเสีย
- คุณสมบัติทางกายภาพของสารผสมเพิ่ม
- ความเข้มข้นของส่วนประกอบที่สำคัญ
- ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่อาจมีผลเสียต่อคอนกรีต เช่น คลอไรด์ ซัลเฟต ซัลไฟด์ ฟอสเฟต น้ำตาล ไนเตรต และ แอมโมเนีย
- PH
- ผลเสียต่อผู้ใช้ทั้งระยะสั้นและระยะยาว
- วิธีการเก็บและอายุการใช้งาน
- การเตรียมและวิธีการผสมเข้าไปในส่วนผสมคอนกรีต
- ปริมาณที่ควรใช้ ปริมาณสูงสุดที่อาจใช้ได้ และข้อเสียที่เกิดจากการใช้เกินปริมาณกำหนด

2) ควรใช้สารผสมเพิ่มในปริมาณที่ผู้ผลิตแนะนำพร้อมกับตรวจสอบดูว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบควรทำในสภาวะของการใช้งาน เพราะผลอันแท้จริงของสารผสมเพิ่มต่อคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ คือชนิดของซีเมนต์ คุณสมบัติของมวลรวมและสารไม่บริสุทธิ์ที่มีอยู่ ส่วนผสม วิธีและระยะเวลาการผสม ช่วงเวลาที่ใส่สารผสมเพิ่มอุณหภูมิของ คอนกรีตและสภาพการบ่ม

3) ควรใช้วิธีการวัดปริมาณสารผสมเพิ่มที่แน่นอน ซึ่งสำคัญมากในกรณีของสารกักกระจายฟองอากาศและสารผสมเพิ่มเคมี ทั้งนี้เพราะปริมาณที่ผสมมักต่ำกว่า 0.1% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ดังนั้นหากมีการผสมเกินปริมาณที่กำหนดอาจก่อให้เกิดผลเสียอย่างมาก

4) ผลของสารผสมเพิ่มต่อคุณสมบัติอื่น ๆ ของคอนกรีต สารผสมเพิ่มทั่ว ๆ ไปมักมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตหลายอย่างพร้อม ๆ กัน

5.5 สารกักกระจายฟองอากาศ

สารกักกระจายฟองอากาศ เป็นสารอินทรีย์ที่ทำปฏิกิริยาบนผิว (Organic Surfactants) โดยก่อให้เกิดฟองอากาศในปริมาณที่สามารถควบคุมได้ในเนื้อคอนกรีต ฟองอากาศขนาดเล็กกระจายตัวอยู่สม่ำเสมอและจะคงตัว โดยทั่วไปจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25-1 มม.

ฟองอากาศที่เกิดขึ้นนี้ (Entrain Air) แตกต่างจากโพรงอากาศ (Entrapped Air) ซึ่งมีขนาดใหญ่และจะเกิดในบางบริเวณอันเนื่องมาจากการจี้เขี่ยคอนกรีตไม่ดีพอ สารกักกระจายฟองอากาศนี้ช่วยทำให้คอนกรีตมีความคงทนต่อการแข็งตัวของน้ำ (Frost) หรือเกลือที่ทำให้น้ำแข็งละลาย (De-Icing Salts) นอกจากนี้ยังช่วยเสริมความสามารถเทได้ของคอนกรีตอีกด้วย

• วัตถุประสงค์

สารกักกระจายฟองอากาศนี้ผลิตขึ้นจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมทำกระดาษ, น้ำมันและอาหารสำเร็จรูปจากสัตว์ วัตถุประสงค์ที่สำคัญได้แก่ ยางไม้ ไชมัน หรือน้ำมันสัตว์และพืช หรือจากกรดซึ่งได้มาจากยางไม้หรือจากไขมันของสัตว์และพืช เป็นต้น

• ลักษณะการทำงาน

สารกักกระจายฟองอากาศ ประกอบด้วยตัวเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบนผิวของอนุภาคซึ่งมีกรรมกันอยู่ระหว่างผิวหน้าและอากาศ ทำให้แรงดึงผิวของน้ำลดลง ก่อให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กมากกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอในเนื้อคอนกรีต โดยฟองอากาศนี้จะถูกทำให้อยู่ตัวด้วย

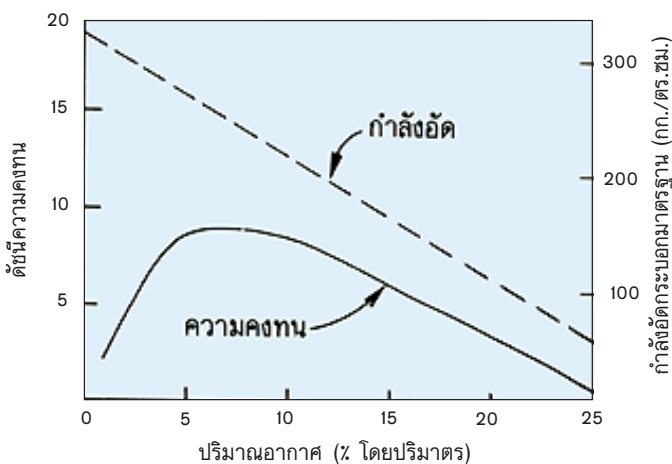
• ผลของสารกักกระจายฟองอากาศต่อคอนกรีตสด

การกักกระจายฟองอากาศมีผลดีต่อความสามารถในการใช้งานและการเกาะตัวของคอนกรีตเหลว โดยลดการแยกตัวและการเยิ้ม ไม่ว่าจะมีความยวบตัวมากหรือน้อยก็ตาม ในคอนกรีตที่มีค่ายวบตัวเดียวกัน คอนกรีตที่มีฟองอากาศจะใช้งานได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา เพราะเทลงแบบและบดอัดได้ง่ายกว่า หรือมีความสามารถเทได้ดีกว่านั่นเอง ในส่วนผสมที่เหลว ฟองอากาศจะช่วยลดการแยกแยะที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการขนส่งและการใช้งาน

การเพิ่มปริมาณอากาศ 5% จะทำให้ค่ายุบตัวเพิ่มขึ้น 15-50 มม. โดยมีปริมาณเพสต์คงที่ ทั้งนี้เป็นเพราะฟองอากาศขนาดเล็กเหล่านี้ทำหน้าที่เสมือนเป็นมวลรวมละเอียดขนาดเล็กซึ่งยึดหยุ่นได้และมีแรงเสียดทานต่ำ จึงช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างของแข็งภายในเนื้อคอนกรีตเหลว คอนกรีตจึงมีลักษณะคล้ายกับว่ามีทรายมาก คุณสมบัตินี้ใช้ได้ผลดีสำหรับส่วนผสมที่ขาดอนุภาคขนาดเล็ก ตามปกติจะไม่ใช้การกักกระจายฟองอากาศเพื่อเพิ่มค่ายุบตัว แต่ใช้เพื่อลดปริมาณทรายและน้ำสำหรับค่ายุบตัวหนึ่ง ๆ การเพิ่มปริมาณอากาศ 5% สามารถทำให้ลดปริมาณน้ำได้ 20-30 ลิตร/ลบ.ม ซึ่งทำให้เกิดกำลังอัดของคอนกรีตสูงขึ้น และเป็นส่วนหนึ่งที่ทดแทนกำลังอัดที่ลดลงเพราะปริมาณอากาศที่สูงขึ้น

● ผลของสารกักกระจายฟองอากาศต่อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

ปริมาณฟองอากาศภายในคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นมีผลเสียต่อกำลังอัดของคอนกรีต ตามปกติคอนกรีตที่มีฟองอากาศกำลังอัดจะลด 5% ทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของฟองอากาศ 1% รูปที่ 5.1 แสดงผลให้เห็นว่า ปริมาณอากาศที่มากเกินไปจะทำให้ทั้งกำลังอัดและความคงทนของคอนกรีตลดน้อยลง



รูปที่ 5.1 ผลของการกักกระจายฟองอากาศต่อกำลังและความคงทน

จะเห็นได้ว่าสารกักกระจายฟองอากาศจะมีผลกระทบต่อความสามารถได้ กำลังอัดและปริมาตรของคอนกรีต ดังนั้นผู้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตจึงต้องนำปัจจัยเหล่านี้มาพิจารณาด้วย

● ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการกักกระจายฟองอากาศ

ผลของการกักกระจายฟองอากาศขึ้นอยู่กับ

1) วัสดุผสมคอนกรีตและสัดส่วนผสม

- ส่วนละเอียด เช่น ทรายละเอียดหรือปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นจะยับยั้งการเกิดฟองอากาศ

- ปริมาณฟองอากาศจะเพิ่มขึ้นโดยลดขนาดของหิน
- สัดส่วนของทรายมีความสำคัญต่อปริมาณฟองอากาศ

การเพิ่มทรายขนาด 300-600 ไมโครเมตร จะก่อให้เกิดปริมาณฟองอากาศมากขึ้น แต่ถ้ามีทรายที่ละเอียดมาก โดยเฉพาะทรายที่ได้จากการบดหินจะยับยั้งการเกิดฟองอากาศ

- น้ำที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตไม่มีผลต่อปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้น แต่น้ำกระด้างจะยับยั้งการเกิดฟองอากาศ ดังนั้นจึงต้องใส่ปริมาณสารกักกระจายฟองอากาศเพิ่มขึ้น

- การใช้สารผสมเพิ่มอื่น ๆ ร่วมกับสารกักกระจายฟองอากาศจะต้องทำอย่างระมัดระวัง ในบางกรณีอาจจะยับยั้งการเกิดฟองอากาศ หรือในบางกรณีจะต้องใส่สารผสมเพิ่มอื่น ๆ หลังจากฟองอากาศเกิดขึ้นก่อนแล้ว เป็นต้น

2) การผสมและการจี้เข้า

- ปริมาณฟองอากาศจะถูกกระทบด้วย ชนิด อัตรา และเวลาที่ใช้ในการผสม รวมทั้งปริมาณคอนกรีตที่ถูกผสม การยัด เวลาการผสมจะส่งผลให้ฟองอากาศลดลง

- คอนกรีตที่มีความสามารถเทได้ต่ำมาก จะก่อให้เกิดฟองอากาศได้ยากมากและปริมาณฟองอากาศจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสามารถเทได้มากขึ้น ตลอดช่วงค่ายุบตัว 25-150 มม.

- การจี้เข้าคอนกรีตมากเกินไปจะส่งผลให้ปริมาณฟองอากาศลดลง

3) สภาพแวดล้อม

- ปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตจะเป็นปฏิกิริยาผกผันกับอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 10°C เป็น 32°C ปริมาณฟองอากาศจะลดลงประมาณ 50%

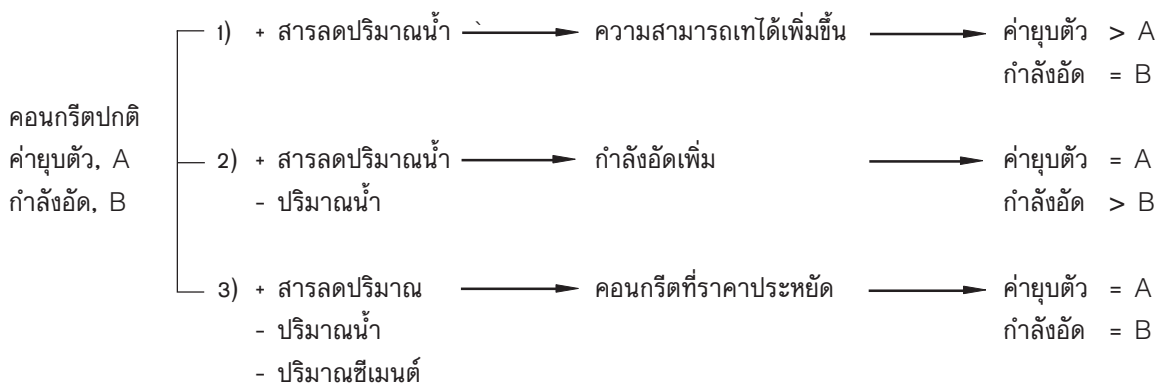
5.6 สารเคมีผสมคอนกรีต

สารเคมีผสมคอนกรีต คือ สารละลายเคมีชนิดต่างๆ ที่ใส่ผสมลงในคอนกรีตเพื่อเปลี่ยนเวลาการก่อตัวและลดปริมาณน้ำในส่วนผสมคอนกรีต ตามมาตรฐาน ASTM C494 แบ่งสารเคมีผสมเพิ่มเหล่านี้ออกเป็น 7 ประเภท คือ

- ประเภท A สารลดปริมาณน้ำ (Water Reducing)
- ประเภท B สารยืดเวลาการก่อตัว (Retarding)
- ประเภท C สารเร่งเวลาการก่อตัวและแข็งตัว (Accelerating)
- ประเภท D สารลดปริมาณน้ำและยืดเวลาการก่อตัว (Water Reducing and Retarding)
- ประเภท E สารลดปริมาณน้ำและเร่งเวลาการก่อตัว (Water Reducing and Accelerating)
- ประเภท F สารลดปริมาณน้ำจำนวนมาก (Water Reducing-High Range)
- ประเภท G สารลดปริมาณน้ำจำนวนมากและยืดเวลาการก่อตัว (Water Reducing-High Range and Retarding)

1. สารลดปริมาณน้ำ

สารลดปริมาณน้ำหรือที่รู้จักในชื่อ Plasticizer หมายถึง สารผสมเพิ่มที่เติมลงในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อลดปริมาณน้ำที่จะต้องใช้ผสม โดยได้ความชื้นเหลวตามกำหนด และไม่มีผลกระทบต่อปริมาณฟองอากาศหรือเวลาการก่อตัวของคอนกรีต การใช้สารลดปริมาณน้ำให้เกิดประโยชน์ทำได้ดังนี้



รูปที่ 5.2 ประโยชน์การใช้สารลดปริมาณน้ำ

กรณีที่ 1 ใช้เพื่อช่วยให้งานเทคอนกรีตที่ทำได้ยาก เช่น โครงสร้างที่บางหรือมีเหล็กเสริมจำนวนมาก คอนกรีตนี้จะมีคุณสมบัติที่ดี ช่วยต่อการจี้เข้าเข้าแบบ โดยไม่ต้องเพิ่มปริมาณน้ำและซีเมนต์

กรณีที่ 2 คอนกรีตจะมีความสามารถเทได้ตามที่ต้องการโดยใช้ปริมาณน้ำลดลงในขณะที่ปริมาณซีเมนต์คงที่ นั่นคือ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จะลดลง ส่งผลให้กำลังอัดคอนกรีตสูงขึ้น การต้านทานการซึมผ่านของน้ำและความคงทนสูงขึ้นหรืออาจจะประยุกต์ใช้ในกรณีที่ต้องการเพิ่มกำลังอัดโดยไม่สามารถเพิ่มปริมาณซีเมนต์ เพราะจะเกิดปัญหาด้านอุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือเกิดการหดตัวทำให้เกิดการแตกร้าว โดยเฉพาะโครงสร้างคอนกรีตขนาดใหญ่ เช่น ฐานรากแผ่ เป็นต้น

กรณีที่ 3 คอนกรีตจะมีความสามารถเทได้ตามที่ต้องการโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ นั่นคือ เราสามารถลดปริมาณซีเมนต์ลงได้

• วัตถุประสงค์

สารลดปริมาณน้ำได้มาจากสารประกอบหลัก 3 ชนิด คือ

- 1) เกลือและสารประกอบของ Lignosulphonate
- 2) เกลือและสารประกอบของ Hydroxycarboxylic Acid
- 3) Polymer เช่น Hydroxylated Polymers

2 ชนิดแรก

• ทำไมต้องลดปริมาณน้ำ

การลดปริมาณน้ำในส่วนผสม เป็นสิ่งที่สำคัญมาก สำหรับงานคอนกรีตจะพบว่าสารเคมีผสมคอนกรีต 5 ใน 7 ชนิด จะมีคุณสมบัติลดปริมาณน้ำ ก่อนที่จะอธิบายในรายละเอียด เราควรมาพิจารณาถึงหน้าที่ของน้ำในส่วนผสมคอนกรีตอีกทีเพื่อความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

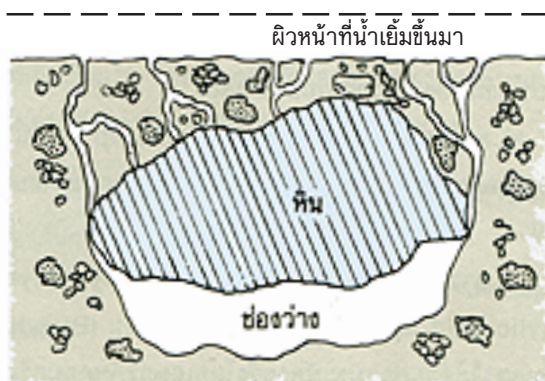
น้ำเป็นส่วนผสมที่สำคัญมากส่วนหนึ่งในการผลิตคอนกรีตโดยจะทำหน้าที่ 3 อย่าง คือ

1. เข้าทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ หรือปฏิกิริยา Hydration
2. ทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียกเพื่อซีเมนต์จะเข้าเกาะและแข็งยึดติดกัน
3. ทำหน้าที่หล่อลื่นให้หิน ทราย ซีเมนต์ อยู่ในสภาพเหลวสามารถไหลเข้าแบบได้ง่าย

น้ำจำนวนพอดีที่จะทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน คือประมาณ $28 \pm 1\%$ ของน้ำหนักซีเมนต์ หรืออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) = 0.28 ± 0.01 แต่คอนกรีตทั่วไปใช้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มากกว่า 0.35 น้ำเกินนี้จะเข้าไปทำหน้าที่ในข้อ 2 และ 3 ทำให้คอนกรีตเหลว ทำงานได้สะดวกขึ้น น้ำส่วนนี้ถูกเรียกว่า “น้ำส่วนเกิน” (Excess Water)

น้ำส่วนเกิน ถ้ามีมากเกินไปจะมีผลเสียต่อคอนกรีต คือ

- 1) เกิดการแยกตัวของน้ำขึ้นมาที่ผิวหน้ามาก (Bleeding)
- 2) เกิดการแยกตัว
- 3) กำลังอัดต่ำลง
- 4) เกิดการหดตัว
- 5) ทำให้เกิดรูพรุน มีผลทำให้คอนกรีตขาดความทนทาน



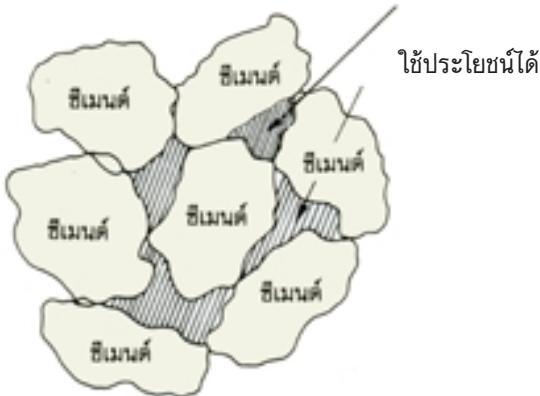
รูปที่ 5.3 คอนกรีตที่ใช้ปริมาณน้ำมากเกินไป

ในรูปที่ 5.3 แสดงลักษณะคอนกรีตที่ใช้น้ำมากเกินไป น้ำส่วนหนึ่งจะอยู่ในลักษณะเป็นแอ่งใต้หินและบางส่วนจะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวหน้าคอนกรีต ซึ่งคือการแยก (Bleeding) เมื่อคอนกรีตแข็งตัวเองน้ำดังกล่าว จะกลายเป็นโพรงอากาศทำให้ความทนทานและกำลังอัดคอนกรีตต่ำลง

• ลักษณะการทำงาน

สารผสมเพิ่มชนิดนี้ช่วยลดความต้องการน้ำของคอนกรีตทั้งนี้เพราะมีคุณสมบัติในการช่วยเปลี่ยนคุณสมบัติของผิวต่อระหว่างของแข็งและน้ำในคอนกรีต ปกติอนุภาคซีเมนต์ต่าง ๆ ในคอนกรีตจะมีประจุไฟฟ้าเหลือตกค้างบนผิว ซึ่งอาจเป็นขั้วบวกหรือลบก็ได้อนุภาคซึ่งมีประจุต่างกันจะดึงดูดกันเป็นกลุ่ม (Flocculate) ซึ่งสามารถดูดน้ำได้จำนวนมากทำให้เหลือน้ำหล่อลื่นคอนกรีตเหลวอยู่น้อย โมเลกุลของสารผสมเพิ่มชนิดนี้ช่วยทำให้ประจุเป็นกลาง หรือทำให้ประจุบนผิวอนุภาคต่าง ๆ กลายเป็นประจุชนิดเดียวกันจึงเกิดแรงผลักดันซึ่งกันและกัน ทำให้แยกตัวกันในเนื้อพาสต์ น้ำที่ผสมไปในคอนกรีตส่วนใหญ่จึงสามารถถูกใช้ลดความหนืดของพาสต์ ดังแสดงในรูปที่ 5.4

น้ำที่ถูกกักไว้ไม่สามารถนำไป



น้ำที่ทำหน้าที่หล่อลื่น



อนูภาคของน้ำยา

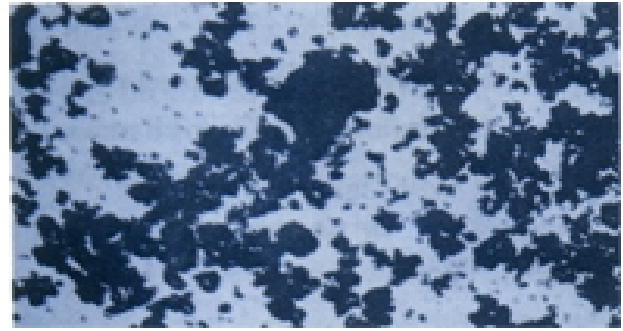
รูปที่ 5.4 ลักษณะการทำงานของสารลดปริมาณน้ำ

● ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงาน

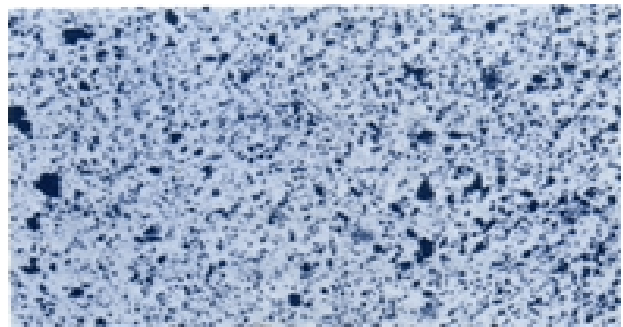
ปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่

- 1) ชนิดและปริมาณการใช้ของสารลดปริมาณน้ำ
- 2) ชนิดของซีเมนต์และสารประกอบ
- 3) ชนิดของมวลรวมและส่วนคละ
- 4) สัดส่วนผสม
- 5) อุณหภูมิ

ถ้าใช้สารลดปริมาณน้ำในปริมาณปกติ ปริมาณน้ำที่ลดลงจะอยู่ในช่วง 5-10% อย่างไรก็ตามควรทดสอบในห้องปฏิบัติการก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง เพื่อหาชนิดและปริมาณของสารผสมเพิ่มที่จะให้บรรลุคุณสมบัติที่เหมาะสม



a)



b)

รูปที่ 5.5 a) อนุภาคของซีเมนต์จะจับตัวอยู่เป็นกลุ่มก่อนการใส่สารผสมเพิ่มประเภทลดน้ำ
b) การกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของอนุภาคซีเมนต์หลังการใส่สารผสมเพิ่มประเภทลดน้ำ

● ผลต่อคอนกรีตสด

- 1) สารลดปริมาณน้ำนี้จะเพิ่มความสามารถได้ ถ้าไม่มีการปรับส่วนผสมอื่น ๆ โดยปกติจะทำให้คอนกรีตมีค่ายุบตัวเพิ่มขึ้น 25-50 มม.
- 2) สารลดปริมาณน้ำที่มีสารประกอบของ Hydroxy-carboxylic Acid จะสามารถลดปริมาณน้ำได้มากกว่าสารประกอบของ Lignosulphonate
- 3) ค่าอัตราการสูญเสียการยุบตัว (Slump Loss) ในช่วงแรกของคอนกรีตที่ใส่สารลดปริมาณน้ำจะมากกว่าคอนกรีตทั่วไป
- 4) สารลดปริมาณน้ำที่มาจากเกลือของ Hydroxy-carboxylic Acid มีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดการแฉิม (Bleeding) ดังนั้นควรใช้ด้วยความระมัดระวังโดยเฉพาะกับคอนกรีตที่มีค่ายุบตัวมาก

5) สารลดปริมาณน้ำที่มาจาก Lignosulphonate จะลดการยึดเหนี่ยวจากสารประกอบพวกนี้ก็จะก่อให้เกิดฟองอากาศขึ้นเล็กน้อย คืออยู่ในช่วง 1-3%

6) โดยทั่วไปสารลดปริมาณน้ำจะมีผลต่อเวลาการก่อตัวคือจะหน่วยเวลาการก่อตัวเล็กน้อย

7) ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมคอนกรีต สารลดปริมาณน้ำจะไม่มีผลต่อความร้อนจากปฏิกิริยาของคอนกรีต (Heat of Hydration)

• ผลต่อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

1) ถ้าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากัน คอนกรีตที่ใส่สารลดปริมาณน้ำจะให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตทั่วไปเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการกระจายตัวที่ดีของเม็ดปูนซีเมนต์ในส่วนผสม

2) เนื่องจากสารลดปริมาณน้ำส่งผลให้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลดลง นั่นคือ กำลังอัดที่อายุ 28 วันจะสูงขึ้น ผลทางอ้อมก็คือ กำลังอัดช่วงต้นก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

3) การหดตัว (Drying Shrinkage) และ Creep จะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อความสามารถเทได้และกำลังอัดที่ 28 วันเท่ากัน

4) ผลของการลดปริมาณน้ำในส่วนผสม ทำให้ความทนทานและการกันซึมสูงขึ้น เพราะคอนกรีตมีเนื้อแน่นขึ้น

2. สารยึดเวลาการก่อตัว

สารยึดเวลาการก่อตัวเป็นสารเคมีที่หน่วงอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ซึ่งส่งผลหน่วงการก่อตัวของคอนกรีตด้วย สารผสมเพิ่มชนิดนี้โดยทั่วไปจะใช้ในงานคอนกรีตในเขตร้อน เช่น ในประเทศไทยเป็นต้น เพราะที่อุณหภูมิสูงปฏิกิริยาไฮเดรชันจะเกิดเร็วมาก เวลาการก่อตัวของซีเมนต์จะลดลง นอกจากนี้ยังเหมาะกับการใช้งานคอนกรีตประเภทอื่น ๆ อีกเช่น

1) งานโครงสร้างขนาดใหญ่ โดยยึดเวลาการก่อตัวเพื่อป้องกันการเกิด Cold Joint

2) งานเขื่อน โดยลดความร้อนในคอนกรีตเพื่อป้องกันการแตกร้าว

3) งานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ ซึ่งบางครั้งต้องยึดเวลาการแข็งตัวของคอนกรีตออกไป 6-8 ชั่วโมง

• วัตถุประสงค์

สารผสมเพิ่มชนิดยึดเวลาการก่อตัวแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ตามส่วนประกอบทางเคมี ดังนี้

- 1) กรด Lignosulphonic และเกลือของมัน
- 2) กรด Hydroxycarboxylic และเกลือของมัน
- 3) น้ำตาลและสารประกอบของน้ำตาล
- 4) เกลืออนินทรีย์

สารเคมีหลาย ๆ ตัวจะเหมือนกับของสารลดปริมาณน้ำแต่จะใช้ในปริมาณที่มากกว่า

• ลักษณะการทำงาน

มีหลายทฤษฎีที่พยายามอธิบายการทำงานของสารผสมเพิ่มชนิดนี้ แต่ทฤษฎีที่สำคัญที่สามารถอธิบายเรื่องนี้ได้ดีคือ สารผสมเพิ่มชนิดยึดเวลาการก่อตัวนี้จะถูกดูดซึมไว้บนผิวของอนุภาคซีเมนต์ส่งผลให้อัตราการซึมผ่านของน้ำเข้าไปทำปฏิกิริยาไฮเดรชันกับอนุภาคซีเมนต์ลดลง นั่นคือ การหน่วงเวลาการก่อตัวของคอนกรีต

• ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงาน

ปัจจัยที่สำคัญได้แก่

- 1) ชนิดและปริมาณการใช้สารยึดเวลาการก่อตัว
- 2) ชนิดของซีเมนต์และสารประกอบ
- 3) เวลาที่เติมสารยึดเวลาการก่อตัว
- 4) อุณหภูมิ

สารยึดเวลาการก่อตัวจะขยายเวลาการแข็งตัวของคอนกรีตทั้งเวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) และเวลาการก่อตัวสุดท้าย (Final Setting Time) ส่วนผลด้านการยึดเวลาพบว่า คอนกรีตที่ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์น้อย จะยึดเวลาได้นานกว่าคอนกรีตที่ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์สูง

ความสามารถในการยึดเวลาการก่อตัวของสารผสมเพิ่มนี้จะดีขึ้นหากว่าเติมน้ำยาประเภทนี้ 2-3 นาที หลักจากการใส่น้ำผสม และจะให้ผลเต็มที่เมื่อเติม 10 นาที หลังผสม ถ้าเติมหลัง 2-4 ชั่วโมง สารผสมเพิ่มนั้นจะไม่ก่อให้เกิดผลด้านการยึดเวลาการก่อตัว ปริมาณการใช้สารผสมเพิ่มชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

• ผลต่อคอนกรีตสด

1) ผลโดยตรงคือ หน่วงเวลาการก่อตัวและแข็งตัวของคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้นาน รวมทั้งมีค่าการสูญเสียค่ายุบตัวน้อยลง

2) หน่วงการเกิดความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน แต่ปริมาณความร้อนทั้งหมดยังคงเดิม

3) สารยึดเวลาการก่อตัวมีแนวโน้มจะเพิ่มการหดตัว (Plastic Shrinkage) เพราะคอนกรีตจะเหลวอยู่นานกว่าปกติ ดังนั้นคอนกรีตที่ผสมสารยึดเวลาการก่อตัวจึงจำเป็นต้องบ่มอย่างถูกต้องและเพียงพอเพื่อป้องกันการแตกร้าว (Plastic Cracking) ซึ่งจะเกิดขึ้นถ้าปล่อยให้คอนกรีตแห้งก่อน คอนกรีตจะมีกำลังอัดเพียงพอ

• ผลต่อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

1) กำลังอัดของคอนกรีตในช่วงต้นลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการยึดเวลาการก่อตัว แต่เมื่อคอนกรีตมีอายุ 2-3 วัน กำลังอัดจะใกล้เคียงกับคอนกรีตทั่ว ๆ ไป

2) อัตราการเกิด Drying Shrinkage และ Creep เพิ่มขึ้น แต่ค่ารวมจะไม่เปลี่ยนแปลง

3. สารเร่งเวลาการก่อตัว และแข็งตัว

สารเร่งเวลาการก่อตัวและแข็งตัวเป็นสารที่เร่งปฏิกิริยาไฮเดรชัน ส่งผลเร่งการก่อตัว และการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตในช่วงต้น โดยทั่วไปจะใช้สำหรับงานดังต่อไปนี้

1) งานก่อสร้างเร่งด่วน เช่น งานที่ต้องการถอดไม้แบบเร็ว, งานซ่อมแซมต่าง ๆ

2) งานหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตในโรงงาน เพื่อจะให้การหมุนเวียนแบบหล่อทำได้อย่างรวดเร็ว

3) งานคอนกรีตในฤดูหนาว สำหรับในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นจัด

สารผสมเพิ่มชนิดนี้จะแตกต่างจากสารที่ทำให้เกิดการก่อตัวอย่างกะทันหัน (Set Accelerating Admixture) ซึ่งจะก่อตัวภายใน 2-3 นาที และเหมาะในงาน Shotcrete สำหรับอุดรูรั่วภายใต้ความดันของน้ำ หรือการซ่อมแซมอย่างกะทันหัน

• วัตถุดิบ

สารเร่งเวลาการก่อตัวส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสารเคมี ดังนี้

- 1) Calcium Chloride
- 2) Calcium Formate
- 3) Calcium Nitrate

คลอไรด์เป็นสารเคมีที่ถูกนำมาใช้เร่งการก่อตัวของคอนกรีตอย่างกว้างขวางด้วยเหตุผลที่สำคัญ 2 ประการคือ ราคาไม่แพง และ หาได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันได้พบว่าคลอไรด์จะก่อให้เกิดการกัดกร่อนเหล็กเสริมคอนกรีต ดังนั้นจึงหันมาสนใจสารเคมีอื่นที่ไม่มีเกลือคลอไรด์ (Chloride-Free) อันได้แก่ Calcium Formate และล่าสุดได้มีการพัฒนาสารเร่งการก่อตัวที่มีสารเคมีหลักคือ Calcium Nitrate ขึ้นใช้อย่างแพร่หลาย

ลักษณะการทำงาน

สารเร่งเวลาการก่อตัวของคอนกรีตทำหน้าที่เสมือนตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี (Catalyst) ระหว่างซีเมนต์กับน้ำ ผลก็คือ จะเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันก่อให้เกิดความร้อนขึ้นและกำลังอัดจะเพิ่มขึ้นในเวลาอันรวดเร็ว

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงาน

ปัจจัยที่สำคัญได้แก่

- 1) ชนิดและปริมาณการใช้สารเร่งการก่อตัว
- 2) ชนิดของซีเมนต์และสารประกอบ
- 3) อุณหภูมิ

คลอไรด์เป็นสารเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชันที่ดีกว่า Calcium Formate และ Calcium Nitrate รวมทั้งราคาถูกกว่าอย่างมากด้วย และการเร่งปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณสารผสมนี้ในปริมาณที่มากขึ้น แต่อัตราการเพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับชนิดของซีเมนต์ สัดส่วนผสม ซึ่งส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำมากกว่าส่วนผสมที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูง

• ผลต่อคอนกรีตสด

เวลาการก่อตัวและแข็งตัวจะลดลง แต่ทั้งนี้ต้องมีข้อกำหนดควบคุมไว้ ไม่ให้การก่อตัวเกิดเร็วมากจนไม่สามารถนำคอนกรีตนั้น ๆ ไปใช้งานได้

• ผลต่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

1) กำลังอัดในช่วงต้นจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก แต่กำลังอัดในระยะยาว (Long Term Strength) ที่มีอายุมากกว่า 28 วันจะต่ำกว่าคอนกรีตทั่ว ๆ ไป

2) Calcium Chloride จะเพิ่มทั้ง Drying Shrinkage และ Creep

3) Calcium Chloride ที่ใส่ไปเร่งการก่อตัว จะมีผลทำให้ความสามารถทนทานต่อ ซัลเฟตของคอนกรีตลดลง รวมทั้งยังกระตุ้นให้เกิด Alkali Aggregate Reaction สำหรับในกรณีที่มีมวลรวมมีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์

4) คอนกรีตจะมีความสามารถทนทานต่อ Erosion และ Abrasion ทุกช่วงอายุมากกว่าคอนกรีตทั่ว ๆ ไป

5) คัลเซียมคลอไรด์จะเร่งการสึกกร่อนของเหล็กเสริมที่ฝังในคอนกรีตจึงจำเป็นที่จะต้องใช้ความระมัดระวัง

4. สารเคมีผสมคอนกรีตอื่น ๆ

เราได้กล่าวถึง สารเคมีผสมคอนกรีตที่สำคัญ 3 ชนิดไปแล้ว ที่เหลืออีก 4 ประเภทคงจะไม่กล่าวในรายละเอียด ทั้งนี้เพราะสารผสมเพิ่มที่เหลือจะเป็นการรวมสาร 3 ประเภทต้นเท่านั้น เราจะพิจารณาเฉพาะประเด็นที่สำคัญเท่านั้น คือ

1) สารลดปริมาณน้ำและยืดเวลาการก่อตัว

เป็นสารผสมเพิ่มที่ใช้มากที่สุดสำหรับงานคอนกรีตในประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับงานคอนกรีตผสมเสร็จ

2) สารลดปริมาณน้ำจำนวนมาก

มักเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า “Superplasticizer” สารผสมนี้สามารถลดปริมาณน้ำในส่วนผสมได้ 15-30% ทั้งนี้เนื่องจากประจุไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดการผลัดกัน มีแรงผลัดกันมากกว่าสารผสมเพิ่มประเภทลดน้ำทั่ว ๆ ไป ในปัจจุบันสารผสมเพิ่มประเภทนี้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเพราะการลดน้ำในปริมาณมาก ๆ ทำให้อัตราน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ ส่งผลให้คอนกรีตมีกำลังอัดในช่วงต้นที่สูงมาก ทำให้สามารถถอดแบบและตัดลวด Pre-Stressed ได้ในเวลารวดเร็ว รวมทั้งยังสามารถลดปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมได้ ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย

3) สารลดปริมาณน้ำจำนวนมากและยืดเวลาการก่อตัว

เป็นสารผสมเพิ่มที่พัฒนาล่าสุด เหมาะสำหรับงานคอนกรีตผสมเสร็จที่ต้องการคอนกรีตที่เหลวมาก ๆ เช่นในงานฐานรากแผ่ขนาดใหญ่ หรือเสา คาน และชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีเหล็กเสริมจำนวนมาก คอนกรีตที่ใส่สารผสมเพิ่มนี้จะมีค่ายุบตัวมากกว่า 15 ซม. ทำให้สามารถลื่นไหลเข้าไปในทุกซอกทุกมุมของเหล็กเสริมและไม้แบบ โดยไม่ต้องทำการจี้เขย่าคอนกรีตมากนัก คอนกรีตประเภทนี้มีชื่อเรียกทั่ว ๆ ไปว่า “Flow Concrete”

คุณลักษณะของสารเคมีผสมคอนกรีต (Chemical Admixture) ควรเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 สรุปคุณลักษณะของสารเคมีผสมคอนกรีตประเภทต่าง ๆ ตามข้อกำหนดมาตรฐาน

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด						
	สารลดน้ำ	สารหน่วงการก่อตัว	สารเร่งการก่อตัว	สารลดน้ำและหน่วงการก่อตัว	สารลดน้ำและเร่งการก่อตัว	สารลดน้ำพิเศษ	สารลดน้ำพิเศษและหน่วงการก่อตัว
น้ำ ร้อยละของปริมาณน้ำที่ผสมคอนกรีตควบคุมไม่เกิน	95			95	95	88	88
ระยะเวลาการก่อตัว เทียบกับคอนกรีตควบคุม ชั่วโม่ง:นาที่ 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 ไม่น้อยกว่าเมื่ออายุ							
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
ความต้านแรงดัด ร้อยละของคอนกรีตควบคุม ไม่น้อยกว่าเมื่ออายุ							
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

5.7 สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixture)

สารผสมเพิ่มชนิดนี้มักจะเป็นผงละเอียด ซึ่งใส่รวมในคอนกรีตเพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งานคอนกรีตเหลว และเพิ่มความทนทานของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- 1) วัสดุที่มีความไวต่อปฏิกิริยาต่ำ หรือวัสดุเฉื่อย (Inert)
- 2) วัสดุชนิด Pozzolana
- 3) วัสดุที่มีความสามารถเป็นตัวเชื่อมประสาน (Cementitious)

1. วัสดุที่มีความไวต่อปฏิกิริยาต่ำหรือวัสดุเฉื่อย

สารผสมเพิ่มชนิดนี้ใช้เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตเหลว โดยเฉพาะในคอนกรีตที่ขาดอนุภาคขนาดเล็ก เช่น คอนกรีตที่ทำจากทรายหยาบ หรือที่มีปริมาณซีเมนต์อยู่น้อย คอนกรีตแบบนี้อาจแยกตัวได้ง่ายไม่เหมาะสำหรับการลำเลียงและเทลงแบบ การปรับปรุงการเกาะตัวและความเหลวของคอนกรีตนี้ด้วยการเพิ่มปริมาณซีเมนต์ อาจทำไม่ได้ เพราะเหตุผลทางด้านราคาหรือทางเทคนิค เช่น ทำให้มีความร้อนจากไฮเดรชันมากในคอนกรีตเหลว วิธีการที่ทำได้คือการใส่แร่ธาตุ เช่นผงหินปูน หินเขี้ยวหนูมาน เศษหิน ลงผสมคอนกรีต ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้มีความไวต่อปฏิกิริยาต่ำ ไม่มีคุณสมบัติเป็นตัวเชื่อมโยงเหมาะสำหรับการปรับปรุงความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตที่ไม่ต้องการกำลังสูงเท่านั้น

2. วัสดุชนิด Pozzolana

Pozzolana คือวัสดุประเภทซิลิกา ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเกิดตัวเชื่อมประสาน หรือ Calcium Silicate Hydrate เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังลดปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ส่งผลให้คอนกรีตมีความทนทานต่อสารเคมีสูงขึ้นเราอาจใช้ Pozzolana ในรูปของสารผสมเพิ่มซึ่งใส่ในสถานที่ก่อสร้าง หรือในรูปของซีเมนต์ผสม

นอกเหนือจากการเพิ่มความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตที่ขาดซีเมนต์แล้วมันยังช่วยลดปริมาณและอัตราความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน เราสามารถใช้ซีเมนต์ประเภทที่หนึ่งผสมสารผสมเพิ่มชนิดนี้แทนซีเมนต์ประเภทที่สี่สำหรับโครงสร้างคอนกรีตขนาดใหญ่ปริมาณการใช้ย้อมขึ้นอยู่กับชนิดของงานและอาจสูงถึง 15-35% โดยน้ำหนักของซีเมนต์

วัสดุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยซิลิกาที่ทำปฏิกิริยาดังกล่าว ได้แก่ ซี้้ถ้าภูเขาไฟและหิน Tuff, Pumicite, Opaline, Chert ดินเหนียว และหิน Shale โดยปกติต้องนำมาบดให้ละเอียดและเผา, Fly Ash เป็นซี้้ถ้าถ่านหินที่เหลือจากการเผาถ่านหิน วัสดุนี้เป็นที่นิยมมากเพราะมีลักษณะเป็นผงละเอียดอยู่แล้ว

การใช้สาร Pozzolana มักจะมีผลทำให้กำลังอัดของคอนกรีตต่ำในระยะแรก แต่กำลังจะสูงขึ้นเมื่อคอนกรีตมีอายุมากขึ้นและจะสูงกว่าคอนกรีตธรรมดาที่อายุมากกว่า 28 วัน

รายละเอียดของ Fly Ash หรือที่มีชื่อเรียกทางการว่า Pulverized Fuel Ash (PFA) จะได้กล่าวโดยละเอียดในบทต่อไป

5.8 สารผสมเพิ่มอื่น ๆ

สารผสมเพิ่มประเภทนี้ ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในงานจำเพาะเจาะจงบางอย่าง เช่น

1. สารป้องกันซึม

ใช้ป้องกันการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่มีรูพรุนจำนวนมากใหญ่ทำมาจากวัสดุประเภทสปูหรือน้ำมัน

2. สารกันความชื้น

เป็นพวกกรดไขมันหรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมอาจจะทำให้หน้าไม้จับที่ผิวคอนกรีต แต่จะไม่สามารถทนน้ำที่มีแรงดันมากได้

3. สารช่วยให้ปัมง่าย

ช่วยให้คอนกรีตยึดเกาะตัวกัน เคลื่อนผ่านท่อปัมไปได้ ถึงแม้ว่าคอนกรีตนั้นจะมีปริมาณซีเมนต์ต่ำ

4. สารอุดประสานหรือสารกรอกฉีดยึด

ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อการอัดฉีดเข้าไปในช่องหรือบริเวณแคบๆ โดยป้องกันการแยกตัว การเยิ้ม รวมทั้งเพิ่มการยึดเกาะเพื่อให้ปัมได้สะดวกเหมาะที่จะนำไปใช้กับงาน Stabilize ฐานราก อุดรอยร้าวหรือรอยต่อในงานคอนกรีต อุดช่องว่างในงานคอนกรีตอัดแรงระบบ Bonding เป็นต้น

5. สารเพิ่มการขยายตัว

มีสารเคมีหลัก คือ Calcium Sulpho-Aluminate จะทำให้ซีเมนต์ธรรมดาเป็นซีเมนต์แบบขยายตัว เพื่อใช้ทดแทนการหดตัวของคอนกรีตในการก่อสร้างทั่วไป

6. สารลดการกักความร้อนเหล็กเสริม

เป็นเกลือของสารเคมีที่มีประจุที่เกิดออกไซด์ได้

7. สารเชื่อมประสาน

ส่วนใหญ่ทำมาจาก Polymer Latex ใช้เพิ่มเสริมการยึดเกาะตัวระหว่างคอนกรีตเก่าและคอนกรีตใหม่หรือระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม