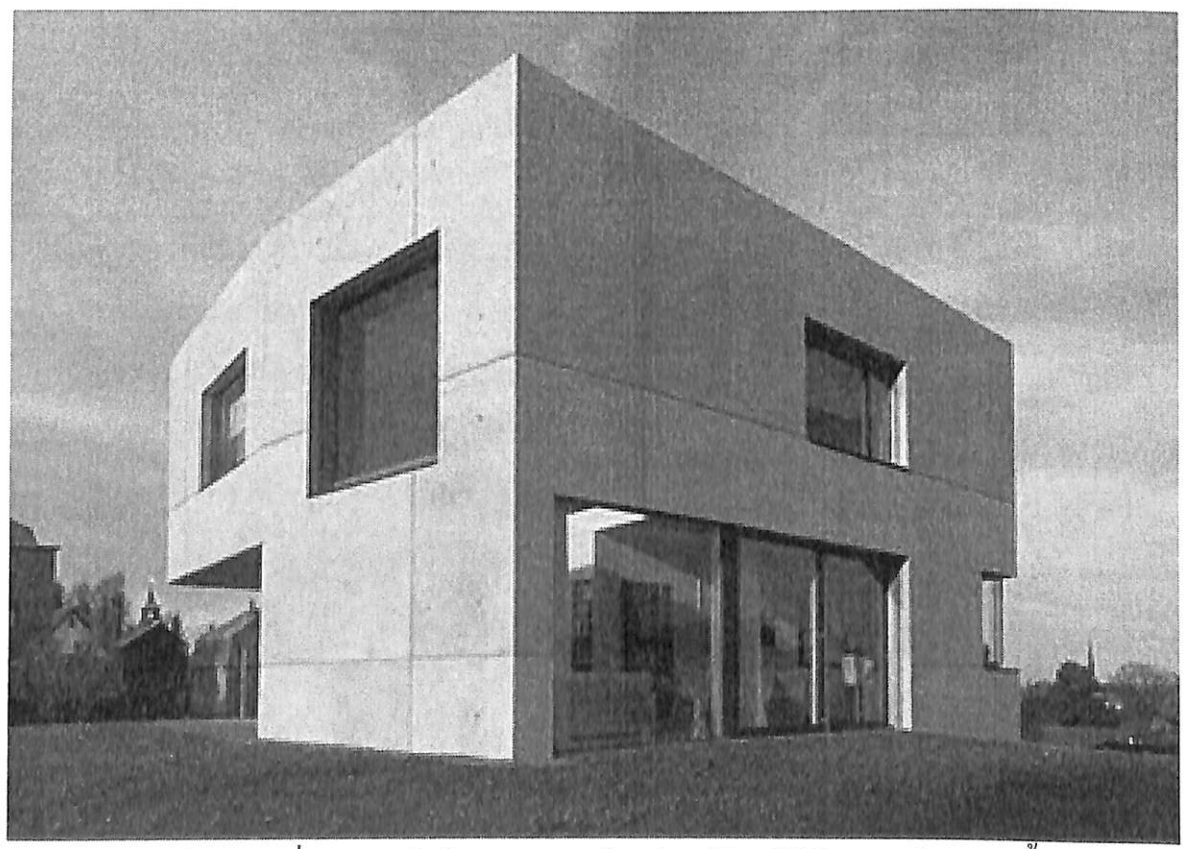
บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลพื้นฐาน

คอนกรีตเปลือย ก็คือลักษณะของคอนกรีตที่โชว์ผิวเดิมของคอนกรีตตามธรรมชาติ มีทั้งในรูปแบบของโครงสร้างที่ใช้รับน้ำหนัก และรูปแบบที่เป็นในส่วนของงานสถาปัตยกรรม โดยคอนกรีตเปลือยนั้นจะไม่มีการฉาบเพิ่ม ในส่วนขอผิวแต่อย่างไร นอกจากว่า ผิวที่เท ออกมาจะไม่สมบูรณ์ ก็จะมีการซ่อมแซมผิว ด้วยปูนชนิดพิเศษ ที่ใช้สำหรับงานฉาปแต่งซ่อมแซมผิวคอนกรีตเปลือยโดยเฉพาะ

คอนกรีตเปลือยในส่วนที่เป็นโครงสร้างรับน้ำหนัก ที่เห็นกันส่วนใหญ่ ได้แก่ งานตอหม้อสะพาน ทางด่วน หรืออาคารสาธารณะหลายๆแห่ง ที่เป็นผนังรับน้ำหนัก ผนังลิฟท์ ต่างๆ ส่วนในด้านงานสถาปัตยกรรมที่พบบ่อยๆคือ ชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปต่างๆ เป็นชิ้นส่วนมาประกอบกันตามแต่วัตถุประสงค์ของชิ้นส่วนนั้น



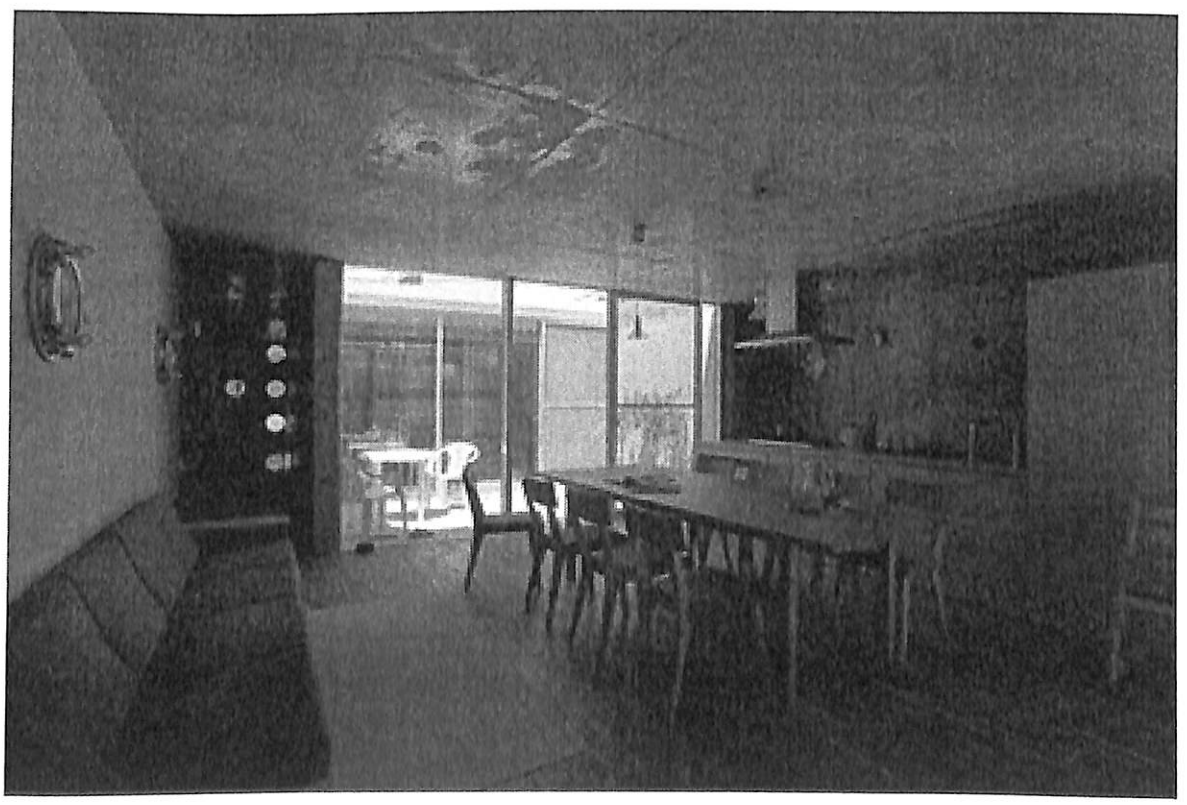
ภาพประกอบที่ 6 การแต่งบ้านภายนอกด้วยปูนเปลือย ได้รับความนิยมมากขึ้น

การทำการวิจัยนี้สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆในการผลิต ผิวคอนกรีตเปลือยหล่อในที่ ให้ได้คุณภาพเทียบเท่าผิวคอนกรีตเปลือยจากการหล่อด้วยระบบ PRECAST ปัจจุบันในการก่อสร้างงานปูนเปลือยมีข้อจำกัดในการหาช่างผู้เชี่ยวชาญ จึงทำให้งานก่อสร้างงานปูนเปลือยจำกัดอยู่ในวงของช่างที่มีความชำนาญ ไม่มีการเผยแพร่ในคนกลุ่มใหญ่ เป็นความชำนาญเฉพาะตัว การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษา เพื่อพัฒนาการก่อสร้างเฉพาะด้าน เผยแพร่เพื่อให้มีการพัฒนาต่อไปในวงกว้าง ทฤษฎีสำคัญในการวิจัย ดังนี้

1. ความต้องการของตลาดด้านงานคอนกรีตเปลือย
2. กรรมวิธีในการผลิต หรือหล่อคอนกรีตเปลือย
   - คอนกรีตเปลือยจากการหล่อด้วยระบบ PRECAST
   - คอนกรีตเปลือยที่หล่อในที่
3. เนื้อคอนกรีตต้องมีความข้นเหมาะสม (slump) ซึ่งสำหรับคอนกรีตเปลือยนั้น slump จะออกทาง เหลวมากกว่าข้น เพื่อให้มีความสะดวกในการเท
4. ส่วนผสมและสารเคมีในคอนกรีตมีผลกับการไหลและฟองอากาศบริเวณขอบมุมและผิวของคอนกรีตเปลือย
5. การจี้คอนกรีต รูปแบบการจี้ มีผลกับผิวคอนกรีตเปลือย ต้องใช้เครื่องจี้คอนกรีต มีลักษณะเป็นสายยาวๆ เพื่อให้ทั่วถึง
6. แบบหล่อคอนกรีต มีหลากหลายในการเลือกนำมาใช้ มีผลกับผิวคอนกรีตเปลือย ลักษณะเบื้องต้นต้องเรียบ โดยมากจะใช้แบบพวกที่มีการเคลือบ เพื่อให้คอนกรีตไม่ติดแบบ เวลาถอดแบบออก
7. การรัดแบบ ซึ่งจะมีการรัดเป็นระยะโดยใช้ ตัวรัดซึ่งจะมีลักษณะเฉพาะ (form tile) และการรัดแบบด้วยไม้หรือเหล็กรัดแบบ ต้องมีการรัดให้แน่น ในตำแหน่ง และระยะที่เหมาะสมเพื่อแบบหล่อจะไม่โก่ง หรือ ป่องออก เวลาแกะแบบแล้วคอนกรีตจะไม่บวม
8. การจัดระยะ หรือ แนวไม้แบบไว้แต่แรก (ก่อนตั้งแบบและเทคอนกรีต) เพื่อคุมระยะของรอยต่อ ต้องคำนึงถึงช่องเปิด เพื่อจะได้ไม่มาสกัดกันทีหลัง และจะทำให้ผิวงานเสีย
9. วิธีการถอดแบบ ต้องกำชับ หรือจัด process การถอดแบบให้เป็นระบบ เพื่อรักษาผิวแบบ รักษาเหลี่ยมมุมปูน ให้คงรูปไม่บิ่นแตก
10. การตกแต่งผิวหน้าคอนกรีตที่มีการใช้แบบหล่อ

ความต้องการของตลาดด้านงานคอนกรีตเปลือย

ลวดลายพื้นผิวของคอนกรีตเปลือยจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ทำแบบหล่อคอนกรีต พื้นผิวคอนกรีตเปลือยส่วนใหญ่ที่เราพบเห็นในนิตยสารต่างประเทศเกิดจากการใช้ แบบเหล็ก ซึ่งจะทำให้ผิวของคอนกรีตหลังจากถอดแบบแล้วมีความเรียบเนียนและมันวาวเล็กน้อย แต่สำหรับประเทศไทยยังนิยมการใช้แบบไม้ ซึ่งมีข้อจำกัด จากเรื่องขนาดของไม้แบบ เนื้อไม้ จำนวนครั้งที่ใช้ของไม้แบบ ซึ่งจะทำให้ผิวคอนกรีตไม่สวยงามเท่ากับการใช้แบบเหล็ก นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนของการใช้แบบเหล็กจะมีราคาแพงกว่าการใช้แบบไม้อีกด้วย ความลำบากในการทำคอนกรีตเปลือย ความยากของการทำคอนกรีตเปลือย ก็คือ ความสม่ำเสมอของสีคอนกรีต ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราส่วนในการผสมคอนกรีต หากส่วนผสมของ ซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำ ในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน ก็จะทำให้สีของคอนกรีตไม่เท่ากัน ปูนเปลือยแบบที่สอง คือผนังที่ก่อด้วยวัสดุก่อและฉาบปูนซีเมนต์ แบบขัดหยาบ หรือขัดมัน โดยไม่ทาสี โดยส่วนมากการใช้ผิวปูนเปลือยแบบที่สองนี้ มักจะเกิดความต้องการของผู้ออกแบบที่อยากได้พื้นผิวแบบคอนกรีตเปลือยแต่ด้วยข้อจำกัดดังที่กล่าวไปข้างต้น จึงทำให้นักออกแบบในบ้านเรามักจะเลือกใช้ผิวซีเมนต์ผิวมันแทน (Website บ้านและสวน, 2554, ปูนเปลือย, recommend)



ภาพประกอบที่ 7 การแต่งบ้านภายนอกด้วยปูนเปลือย ได้รับความนิยมมากขึ้น

กรรมวิธีในการผลิต หรือหล่อคอนกรีตเปลือย แยกเป็น 2 วิธี คือ

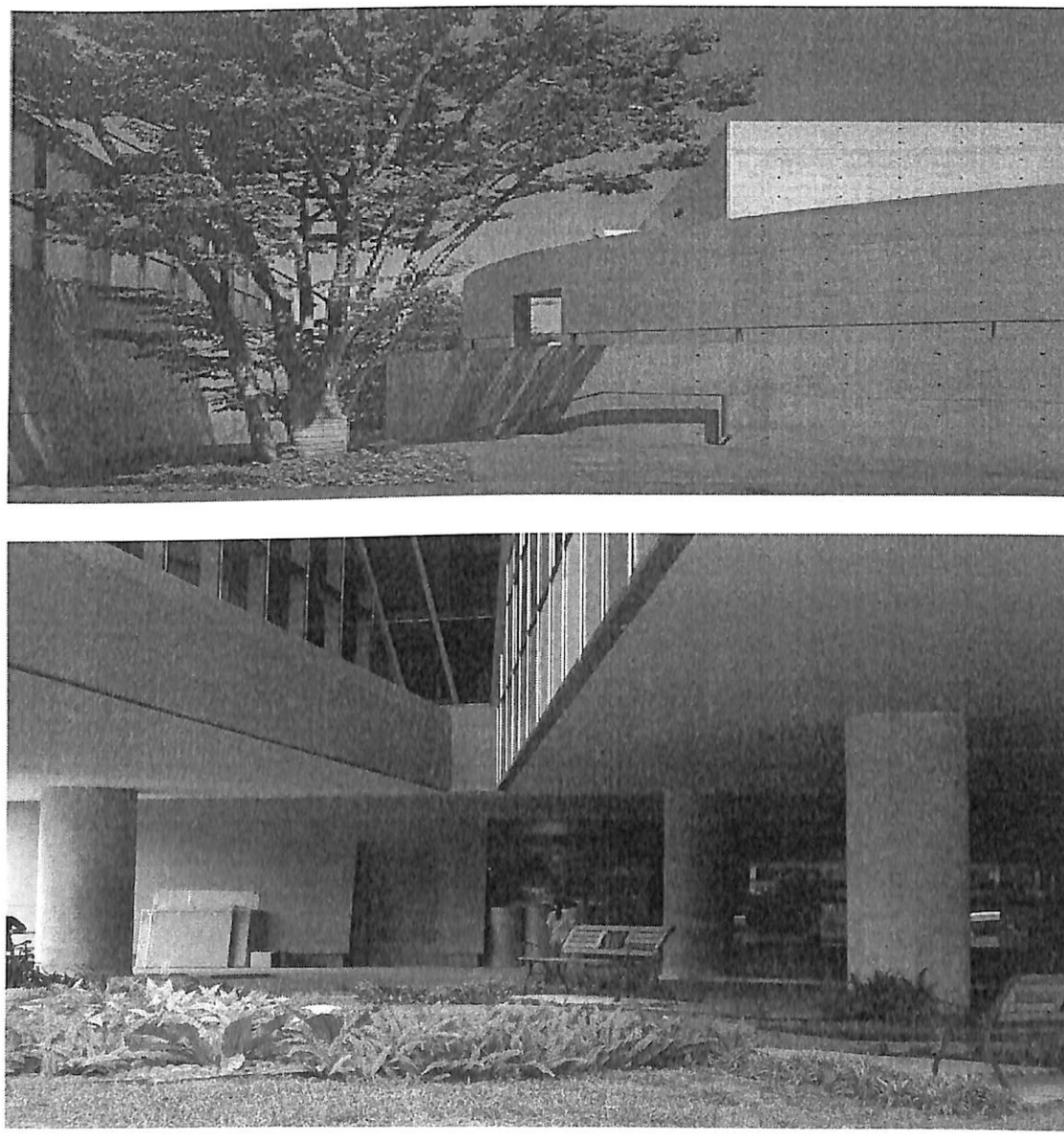
คอนกรีตเปลือยจากการหล่อด้วยระบบ PRECAST

ในส่วนของคอนกรีตเปลือยที่เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป ที่ผลิตจากโรงงาน ในส่วนนี้จะหล่อโดยแบบ แบบหล่อตามรูปแบบต่างๆ มาจากโรงงาน มีทั้งส่วนที่เป็นชิ้นส่วนโครงสร้างรับน้ำหนัก และชิ้นส่วนที่ใช้ในงานสถาปัตยกรรมเมื่อหล่อเสร็จก็จะทำการขนย้ายแล้วนำมาทำการติดตั้งประกอบที่หน้างาน ตามวิธีการติดตั้งต่อไป

ภาพประกอบที่ 8 คอนกรีตเปลือยจากการหล่อด้วยระบบ PRECAST

คอนกรีตเปลือยที่หล่อในที่

ซึ่งการหล่อในที่นั้น มีกรรมวิธีที่แตกต่างกัน ตามลักษณะของงาน หากเป็นงานโครงการใหญ่ๆ ที่เป็นพวกเสาตอหม้อสะพาน ทางด่วนใหญ่ๆ ก็จะใช้แบบหล่อ เป็นเหล็กซึ่งทำเฉพาะออกมาจากโรงงาน หากเป็นในส่วนของลิฟท์ในอาคารสูง หรือไซโลขนาดใหญ่ๆ ก็จะใช้แบบหล่อที่มีชื่อเรียกว่า สลิปฟอร์ม หากเป็นงานที่ไม่ใหญ่มาก หรือรูปแบบงานคอนกรีตเปลือยที่ มีหลากหลายรูปแบบในงานเดียว จะใช้แบบหล่อเป็นเหล็กซึ่งใช้เพียงครั้งหรือสองครั้ง จะเป็นการเพิ่มต้นทุนจนไม่สามารถก่อสร้างได้ จึงมีการพยายามจะใช้แบบหล่อ รูปแบบและวิธีอื่นๆมาผลิตคอนกรีตเปลือยที่หล่อในที่



ภาพประกอบที่ 9 คอนกรีตเปลือยที่หล่อในที่

คอนกรีต (CONCRETE)

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่เป็นส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ มวลละเอียด (ทราย) มวลรวมหยาบ (หินหรือ กรวด) และน้ำ ผสมกันในอัตราส่วนที่พอเหมาะโดยให้มวลรวมละเอียด คือทรายแทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างมวลรวมหยาบคือ หินหรือกรวด และมีส่วนผสมของน้ำกับปูนซีเมนต์ซึ่งเราเรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement paste) เป็นตัวประสานให้มวลละเอียดกับมวลหยาบยึดติดกันแน่น คอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ๆ เราเรียกว่า คอนกรีตสด (Fresh Concrete) เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วจะแข็งแรง และทนทานคล้ายหินธรรมชาติ

ชนิด และประเภทของคอนกรีต

1. ประเภทของคอนกรีตโครงสร้าง

1.1 คอนกรีตล้วน (Plane Concrete)

เป็นโครงสร้างที่ใช้คอนกรีตอย่างเดียวล้วนๆ ไม่มีวัสดุอื่นมาเสริมหรือประกอบเลย ใช้กับโครงสร้างที่รับเฉพาะแรงอัด เช่น เขื่อนกั้นดิน ทำฐานคอนกรีตที่มีความหนามากๆ ใช้รองรับโครงสร้าง หรือเครื่องจักร

1.2 คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete)

นิยมเรียกโดยย่อว่า ค.ส.ล. เป็นโครงสร้างทั้งคอนกรีต และเหล็กเสริมประกอบกัน เพื่อให้สามารถรับได้ทั้งแรงอัดและแรงดึง โดยคอนกรีตเป็นส่วนรับแรงอัด ส่วนเหล็กเป็นส่วนรับแรงดึง ปัจจุบันนี้โครงสร้างอาคารโดยทั่วไป จะเป็นโครงสร้างค.ส.ล. แทบทั้งสิ้น

1.3 คอนกรีตอัดแรง (Pre-Stressed Concrete)

เป็นคอนกรีตที่ใช้เหล็กเสริมที่ต้านทานแรงดึงได้สูง โดยการดึงเหล็กให้ยืดออกแล้วตัดเหล็กปล่อยให้เหล็กหดตัวกลับแล้วอัดคอนกรีต จึงเรียกคอนกรีตอัดแรง สามารถรับแรงได้ดีกว่าคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา นิยมใช้กับงานท่อน้ำ ถังน้ำ สะพาน ระบบพื้น และเข็มคอนกรีตอัดแรง คอนกรีตอัดแรงทำได้ 2 วิธี คือ วิธีดึงก่อน และวิธีดึงทีหลัง

1.4 คอนกรีตหล่อก่อน (Precast Concrete)

เป็นการทำคอนกรีตในโรงงานผลิต หมายถึงการผลิตเป็นจำนวนมาก ฉะนั้นแบบหล่อต้องสร้างอย่างแข็งแรง บางทีทำด้วยเหล็ก เป็นงานทำอยู่กับที่ เช่น เข็ม คาน และท่อคอนกรีต ทั้งยังนำมาใช้กับงานอาคารสำเร็จรูป

1.5 คอนกรีตน้ำหนักเบาและการผลิต (Light weight Concrete and Manufacture)

ปรกติคอนกรีตมีน้ำหนักมาก สำหรับโครงสร้างที่ใหญ่ต้องสิ้นเปลืองวัสดุใช้ในการทำฐานรากเป็นจำนวนมาก เพื่อลดขนาดฐานรากให้เล็กลง โดยทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต (aerated concrete) หมายถึงทำให้เกิดฟองแก๊ส (ไฮโดรเจน) ในคอนกรีตสดด้วยการใส่อลูมิเนียมผงหรือสังกะสีผงลงไป นอกจากนี้ยังมีการหาวัสดุมวลหยาบที่มีน้ำหนักเบา เช่นหินรูพรุนจากภูเขาไฟ เพื่อลดน้ำหนักคอนกรีต แต่มีความแข็งแรงเท่ากัน คอนกรีตชนิดนี้มีน้ำหนักประมาณ 300-800ก.ก. ซึ่งคอนกรีตธรรมดาจะมีน้ำหนักประมาณ 2000 ก.ก. / ลูกบาศก์เมตร

1.6 คอนกรีตไร้มวลละเอียด (No - fines Concrete)

คอนกรีตชนิดนี้ประกอบด้วยซีเมนต์ และมวลหยาบ อาจเป็นหินหรือกรวดที่มีขนาด 10-20 ม.ม. หรือใช้วัสดุเบาอื่น ๆ จะทำให้น้ำหนักลดลง 3/4 - 2/3 เท่าของน้ำหนักคอนกรีตธรรมดา ส่วนผสมที่ใช้กัน 1 : 8 มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.45 คอนกรีตชนิดนี้รับน้ำหนักได้ต่ำ จึงนิยมใช้เป็นผนังหรือเสริมเป็นไส้ในพื้น การหดตัวเมื่อแห้งของคอนกรีตชนิดนี้ น้อยกว่าคอนกรีตน้ำหนักเบาชนิดอื่น

1.7 คอนกรีตต้านทานน้ำทะเล (Concrete Resistance Sea-water)

เป็นคอนกรีตที่สามารถต้านทานการกัดกร่อนจากน้ำทะเลได้ เนื่องจากคอนกรีตสามารถดูดซึมน้ำทะเลได้ การดูดซึมและการระเหยของน้ำทะเล จะทำให้เกิดการตกตะกอนของเกลือ และจะพอกเป็นก้อนเกลือในที่สุด ซึ่งเกลือนี้จะเป็นตัวทำปฏิกิริยาเคมีกับเนื้อคอนกรีต ทำให้ผุกร่อนไปถึงเหล็กเสริม แล้วจะทำให้เหล็กเสริมผุไป เป็นคอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างทางทะเล และบริเวณทะเล เช่น อู่ต่อเรือ ท่าจอดเรือ เป็นต้น

2. ผิวคอนกรีตในงานสถาปัตยกรรม

2.1 คอนกรีตเปลือย

เมื่อนำแบบหล่อออกแล้ว จะปล่อยให้ผิวคอนกรีตเป็นไปตามรูปแบบหล่อนั้นโดยตรง จะมีการแต่งผิวขั้นสุดท้ายโดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมทรายละเอียดที่ร่อนจากตะแกรงตาถี่ๆ ใส่น้ำเหลวมาก เอาแปรงไม้กวาดจุ่มปูนปาดตามผิวคอนกรีต ทรายจะเข้าไปอุดในรูพรุนเล็กๆ ทำให้ผิวเรียบไม่เปลืองสีรองพื้น สำหรับไม้แบบของคอนกรีตเปลือยจะต้องประณีต และแข็งแรง

2.2 คอนกรีตฉาบผิวด้วยปูนทราย

ผิวแบบหล่อจะต้องหยาบเพื่อให้ปูนฉาบจับได้แน่นไม่หลุดร่อน ปูนฉาบประกอบด้วยทรายละเอียดร่อนพร้อมปูนขาวหมักด้วยน้ำ และผสมปูนซีเมนต์ ในกรณีนี้แบบหล่อไม่จำเป็นต้องประณีต แต่ต้องแข็งแรงเพื่อไม่ให้ลำบากในการฉาบ

หลักการทำงานกับคอนกรีต

การผลิตคอนกรีต (Concrete Manufacture)

<u>ส่วนผสมของคอนกรีต (Concrete Mixtures)</u>

คอนกรีตประกอบด้วยวัสดุต่าง ๆ ผสมกันดังกล่าวแล้วข้างต้น กำลังของคอนกรีตขึ้นอยู่กับตัวประกอบหลายอย่าง เช่น อัตราส่วนการผสม การผสม การบ่ม การเท ตลอดจนคุณภาพของปูนซีเมนต์ น้ำ และวัสดุผสม ส่วนผสมของคอนกรีตประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1. ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสมสำคัญในการผลิตคอนกรีต เป็นวัสดุที่ใช้ในการเคลือบวัสดุละเอียด และวัสดุหยาบ ให้เป็นเนื้อเดียวกัน คอนกรีตยังแบ่งตามประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทั้ง 5 ประเภท ดังนี้

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา สำหรับทำคอนกรีตที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา ใช้สำหรับการก่อสร้างตามปกติทั่วไป ได้แก่ ปูนตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว ตราเพชรเม็ดเดียว

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สำหรับทำคอนกรีต ที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง ได้แก่ ปูนตราพญานาคเจ็ดเศียร

3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งเร็ว ให้กำลังสูงในระยะแรก ได้แก่ ปูนตราเอราวัณ ตราพญานาคสีแดง ตราสามเพชร

4. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เกิดความร้อนต่ำ ใช้มากในการก่อสร้างคอนกรีตเสา

5. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตได้สูง มีระยะการแข็งตัวช้ากว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1

2. วัสดุผสมหยาบ

วัสดุหยาบโดยมากเป็นหินย่อย กรวด หินเป็นส่วนช่วยในการประหยัดปูนซีเมนต์ เพราะปูนแพงกว่าหิน สามารถแบ่งประเภทของงานตามลักษณะของหินได้ดังนี้

1. หินหนึ่ง มีขนาด 1/2" - 3/4" ใช้สำหรับงานเทคอนกรีตในที่แคบ ๆ หรือบริเวณที่เหล็กเรียงถี่ ๆ เช่น ครีบ พื้น เสา และคาน

2. หินสอง มีขนาด 3/4" - 1 1/2" ใช้สำหรับคอนกรีตทั่ว ๆ ไป

3. วัสดุผสมละเอียด

ทราย ทรายจะต้องเป็นทรายน้ำจืด เม็ดคมและสะอาด ทรายที่ใช้ในงานคอนกรีตเป็นทรายหยาบ คือส่วนที่ลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งวัสดุผสมหยาบ และละเอียดนั้นต้องสะอาด ปราศจากสารอินทรีย์

น้ำ น้ำเป็นสารที่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ทำให้เกิดความร้อน ทำให้ผงปูนกลายเป็นวุ้นเข้ายึดเกาะวัสดุหยาบและละเอียด ทำให้เกิดความเหลวสามารถเท และกระทุ้งได้ น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำสะอาดหรืออาจถึงสามารถดื่มได้ จำนวนน้ำที่ใช้ขึ้นอยู่กับส่วนผสม และคุณสมบัติของปูนซีเมนต์และวัสดุผสมอื่น ทั้งนี้ควรให้มีความเหมาะสม ไม่ข้น และเหลวจนเกินไป จำนวนน้ำที่ใช้จะบอกเป็นอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนัก โดยจะต้องไม่น้อยกว่า 0.35 ของน้ำหนังปูนซีเมนต์ หรือใช้น้ำประมาณ 14 - 21 % ของปริมาตรคอนกรีตทั้งหมด

ตัวเติมคอนกรีต เป็นสารที่ใช้ผสมลงไปในคอนกรีต เพื่อให้คอนกรีตใช้งานได้ดีขึ้น (workability) ตามประเภทหรือคุณสมบัติของสารที่เติมลงไป ดังนี้

แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) เป็นตัวต้านทานอากาศหนาวเย็น ทำให้เกิดการก่อตัวได้เร็วขึ้น ทั้งเป็นตัวช่วยบ่มในระยะต้นด้วย ควรใช้แคลเซียมคลอไรด์จำนวน 2%โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ในอากาศหนาวจัดอาจเพิ่มเป็น 4%

สารผสมที่จะทำให้เกิดการทำงานที่ดี (Workability admixtures) เป็นผงประกอบขึ้นด้วย hydrated lime, diatomaceous earth, bentonite, และ fly ash นำผสมในโม่ หรือผสมกับปูนซีเมนต์แห้ง

ตัวเติมดูดอากาศ (air - entraining agent) เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาเป็นแก๊ส โดยดึงอากาศเข้าไปในส่วนนั้นประมาณ 30 - 60% ใช้ประโยชน์ในการเป็นฉนวนกันความร้อน แต่ไม่เหมาะเป็นวัสดุโครงสร้าง ตัวเติมนี้ได้แก่ ยางธรรมชาติ ไขสัตว์ สบู่ซัลฟอเนท น้ำมัน ผงอลูมิเนียม สังกะสี เป็นต้น

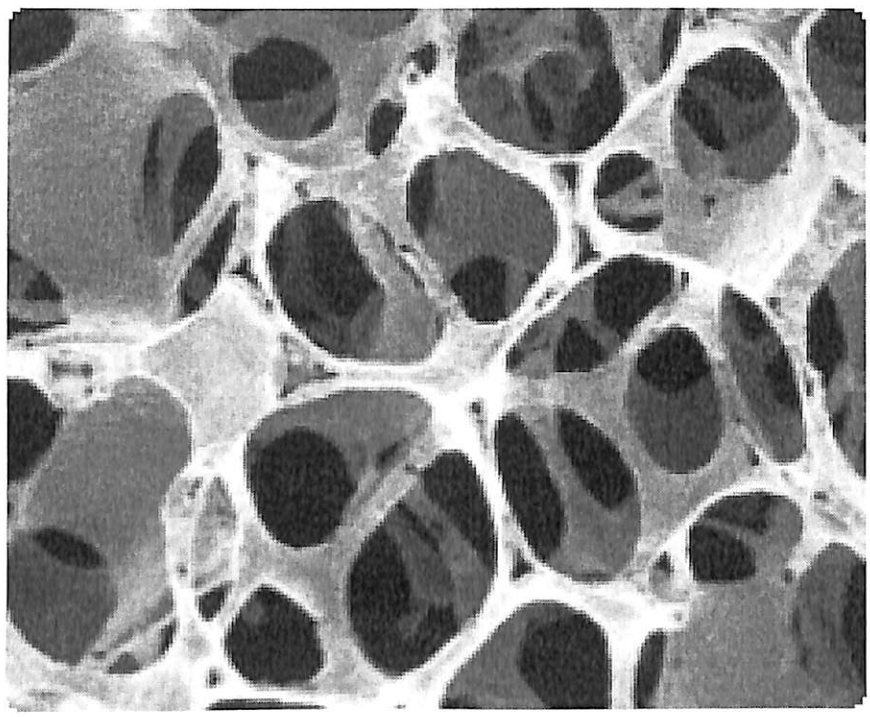
ตัวหน่วง (retarders) ใช้ในช่วงการทำงานที่มีอากาศร้อน ช่วยให้คอนกรีตเกิดความร้อนขึ้นช้าๆ เพื่อไม่ให้คอนกรีตที่เทในช่วงแรกแข็งตัวก่อนการเทครั้งต่อไป โดยเฉพาะงานคอนกรีตหลา (mass -concrete) บางประเทศใช้ขี้เถ้าจากถ่านหินบดละเอียด หรือใช้หินหรือทรายบดละเอียดผสมในปูนซีเมนต์

เนื้อคอนกรีต CPAC Self-Compacting Concrete

นวัตกรรมของคอนกรีตที่ซีแพควิจัยและพัฒนาขึ้นให้มีคุณสมบัติของความสามารถในการเปลี่ยนรูปร่าง (Deformability) ความสามารถในการแทรกตัว (Filling Ability) และความสามารถในการต้านทานการแยกตัว (Segregation Resistance) สูง สามารถไหลผ่านเหล็กเสริมที่ซับซ้อนและหนาแน่นมากๆ ได้อย่างง่ายดาย และเนื้อคอนกรีตยังสามารถอัดแน่นเข้าไปยังทุกมุมมองแบบหล่อด้วยน้ำหนักของคอนกรีตเองโดยไม่ต้องมีการจี้เขย่า นอกจากนี้เนื้อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วยังมีความทึบน้ำและความคงทนสูงทำให้โครงสร้างมีอายุการใช้งานยาวนาน *(Cpacacademy, 2554, คอนกรีตไหลเข้าแบบง่ายซีแพค)*

สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต (Chemical Admixtures for Concrete)

สารผสมเพิ่มคืออะไร สารผสมเพิ่มได้จากธรรมชาติหรือผลิตจากกรรมวิธีสังเคราะห์ทางเคมี โดยสารผสมเพิ่มจะใช้ผสมเพิ่มลงไปในส่วนผสมคอนกรีตก่อนผสมหรือขณะผสม เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต ที่มักนิยมนำมาใช้ในประเทศไทย ได้แก่ สารกักกระจายฟองอากาศ สารลดน้ำ สารลดน้ำและหน่วงการก่อตัว และสารเร่งการก่อตัว



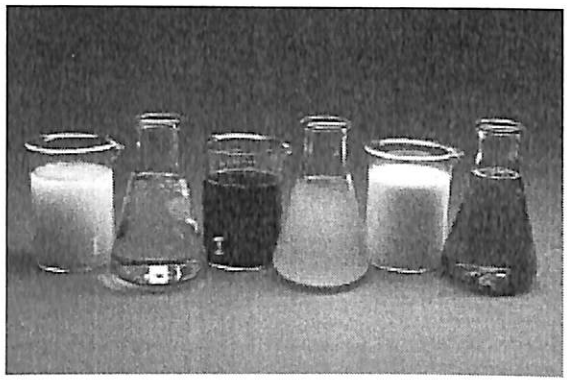
ภาพประกอบที่10 ลักษณะโครงสร้างแบบเซลล์เปิด ซึ่งผนังฟองอากาศมีรูเชื่อมกันหมด

เพราะเหตุใดจึงใช้สารผสมเพิ่ม สารผสมเพิ่มถูกใช้เพิ่มปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตสดหรือคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว สารผสมเพิ่มสามารถปรับปรุงคุณสมบัติคอนกรีตให้มีความทนทาน ความสามารถเทได้หรือคุณลักษณะของคอนกรีตทางด้านต่างๆ ให้ดียิ่งขึ้น สารผสมเพิ่มถูกนำมาใช้เพื่อเอาชนะขีดจำกัดของการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นการเทคอนกรีตในสภาวะที่มีอากาศร้อนหรืออากาศหนาว ใช้เพิ่มความสามารถทำให้ปั๊มได้ง่าย เร่งกำลังอัดช่วงต้นให้ได้ตามที่ต้องการ หรือการทำคอนกรีตให้มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) ที่ต่ำมากๆ เพื่อเพิ่มกำลังอัดหรือความทึบน้ำ *(ดร.ปัณฑ์ ปานถาวร, อภินันท์ บัณฑิตนุกูล, 2554, Cpacacademy,* อ้างอิงจาก Chemical Admixtures for Concrete, National Ready Mixed Concrete Association U.S.A. *)*

สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต Concrete Admixture

สารเคมีผสมเพิ่ม (Concrete Admixture) เพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต

1. เพิ่มความสามารถในการทำงาน
2. เพิ่มกำลัง
3. เร่งการแข็งตัว
4. หน่วงการแข็งตัว



แบ่งตาม มาตรฐาน ม.อ.ก. 733 ได้ 8 ประเภท

1. ประเภท A สารลดปริมาณน้ำ (Water Reducers หรือ Plasticizers) หมายถึง สารเคมีผสมเพิ่มซึ่งเมื่อใช้ผสมคอนกรีต แล้ว สามารถลดปริมาณน้ำต่อต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีตได้ โดยที่ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตคงเดิม

2. ประเภท B สารหน่วงการแข็งตัว (Retarders) หมายถึง สารเคมีผสมเพิ่มซึ่งเมื่อใช้ผสมคอนกรีตแล้ว ทำให้ระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตยาวนานขึ้น

3. ประเภท C สารเร่งการก่อตัว (Accelerators) หมายถึง สารเคมีผสมเพิ่มซึ่งเมื่อใช้ผสมคอนกรีตทำให้ระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตสั้นลง

4. ประเภท D สารลดน้ำ และ หน่วงการก่อตัว (Water Reducing And Set Tetarding Admixtures) หมายถึง สารเคมีผสมเพิ่มซึ่งเมื่อใช้ผสมคอนกรีตแล้ว สามารถลดปริมาณน้ำต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต โดยความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตคงเดิม และ ทำให้ระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตยาวนานขึ้น

5. ประเภท E สารลดน้ำ และ เร่งการก่อตัว (Water Reducing And Set Accelerating Admixtures) หมายถึง สารเคมีผสมเพิ่มซึ่งเมื่อใช้ผสมคอนกรีตแล้วสามารถลดปริมาณน้ำต่อหน่วย

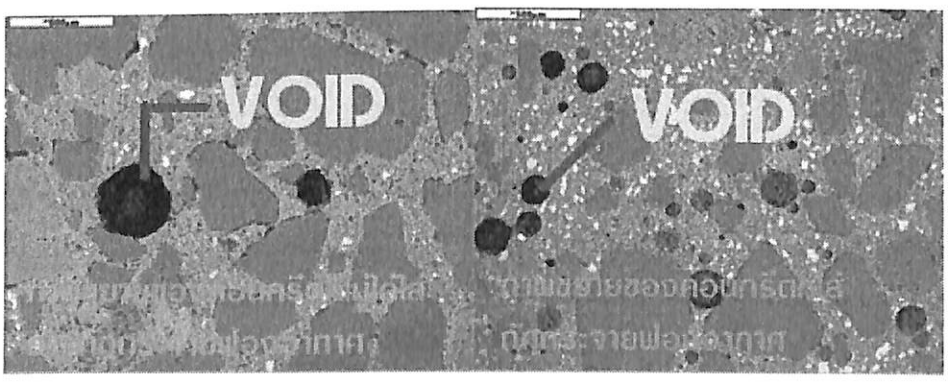
ปริมาตรของคอนกรีตโดยที่ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตคงเดิม และ ทำให้ระยะเวลาการก่อสตัวของคอนกรีตสั้นลง

6. ประเภท F สารลดน้ำระดับสูง (High Range Water Reducing Admixtures หรือ Superplasticizer) หมายถึง สารเคมีผสมเพิ่มซึ่งเมื่อใช้ผสมคอนกรีตแล้ว สามารถลดปริมาณน้ำต่อหน่วยปริมาตรคอนกรีตได้ อย่างน้อยร้อยละ 12 โดยที่ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตคงเดิม

7. ประเภท G สารลดน้ำระดับสูงและหน่วงการแข็งตัว (High Range Water Reducing And Set Retarding Admixture หรือ Set tetarding Superplasticizer) หมายถึง สารเคมีผสมเพิ่มซึ่งเมื่อใช้ผสมคอนกรีตแล้ว สามารถลดปริมาณน้ำต่อหน่วยปริมาตรคอนกรีตได้ อย่างน้อยร้อยละ 12 โดยที่ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตคงเดิมและ ระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตยาวนานขึ้น

8. ประเภทอื่นๆ

- สารป้องกันการเกิดสนิมในเหล็กเสริม
- สารกันซึม
- สารกักกระจายฟองอากาศ (Air Entraining Agents)
- สารเพิ่มความหนืด (Thickening)
- สารผสมเพิ่มเพื่อช่วยในการปั๊มคอนกรีต (Pumping Aids)



ภาพประกอบที่11 รูพรุนในคอนกรีต

อัตราส่วนผสมของงานประเภทต่าง ๆ

ปกติส่วนผสมคอนกรีตจะบอกเป็น อัตราส่วนของซีเมนต์ : ทราย : หิน เป็นต้นว่า อัตราส่วน 1 : 2 : 3 หมายถึงคอนกรีตมีส่วนผสมของ ซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน และหิน 3 ส่วน อัตราส่วนนี้เป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนัก หรือปริมาตรก็ได้ คอนกรีตมีส่วนผสมวัสดุต่างๆ มากน้อยขึ้นอยู่กับประเภทของงานที่จะใช้ ต่อไปนี้เป็นตารางแสดงอัตราส่วนผสมสำหรับงานประเภทต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 1 ส่วนผสมคอนกรีต

อัตราส่วนผสมโดยปริมาตร	ประเภทของงาน
1 : 1 1/2: 3	สำหรับเสาและส่วนของโครงสร้างที่ต้องการความทึบน้ำ หรือที่อยู่ในภาวะอากาศรุนแรง
1 : 2 : 4	สำหรับงาน คสล. ทั่วไป ได้แก่ พื้น ดาน เสา
1 : 2 1/2: 4	สำหรับงานพื้นถนน เขื่อนกั้นดิน ตอม่อ ผนังตึก ฐานราก ทางเท้า
1 : 3 : 5	สำหรับงานคอนกรีตขนาดใหญ่ ผนังหนัก ฐานรากใหญ่

การผสมคอนกรีต (Concrete Mixing)

การผสมด้วยแรงคน (hand mixing)

เป็นการผสมที่ใช้กำลังคนคลุกส่วนผสมให้เข้ากัน เป็นการยากและใช้เวลามากที่จะให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดี ทำโดยนำทรายเกลี่ยบนกะบะแล้วนำซีเมนต์ใส่เกลี่ยทับลงไปคลุกจนเป็นสีเดียวกัน แล้วนำหินหรือกรวดที่ล้างแล้วเททับหน้าลงไปเกลี่ย โดยเฉลี่ยให้ความหนาเท่ากัน ใส่น้ำลงไปส่วนใดก็คลุกส่วนนั้นให้เข้ากัน เมื่อได้ที่ก็ตักใส่ภาชนะไปเทยังที่ต้องการ ข้อเสียคือจะมีความเหลวที่ต่างกัน

การผสมด้วยเครื่อง (machine mixing)

ทำการผสมให้คอนกรีตเข้ากันอย่างทั่วถึง ได้กำลังของคอนกรีตสูงกว่าวิธีแรก จากการทดลองพบว่าโม่ผสมหมุนช้ามาก กำลังจะลดลง ส่วนการผสมวัสดุลงโม่นั้น ควรทยอยใส่มวลหยาบและน้ำลงไป

ก่อน แล้วจึงค่อยเติมมวลละเอียดและซีเมนต์ลงไป เวลาที่ใช้สำหรับการผสม 1 นาที สำหรับเครื่องผสมธรรมดาที่จุ 1 ลูกบาศก์หลาหรือน้อยกว่า และจะเพิ่มขึ้นทุก 15 วินาที เมื่อส่วนผสมเพิ่ม 1 ลูกบาศก์หลา ส่วนขนาดของเครื่องมีตั้งแต่ 3 ? ลบ.ฟุต - 6 ลบ.หลา

การขนส่งคอนกรีตไปที่ทำงาน (Transporting concrete to the job)

การขนส่งคอนกรีตสามารถกระทำได้หลายวิธี ด้วยเครื่องมือหลายชนิด เช่น รถเข็น รถผสม รถราง ท่อ สายพาน และปั้ม แต่ละชนิดของการขนส่งมีข้อได้เปรียบ เสียเปรียบ ขึ้นอยู่กับชนิดของงาน สิ่งแวดล้อม บริเวณที่ก่อสร้าง และระยะทางจากเครื่องผสมถึงงานก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง สิ่งที่จะต้องระมัดระวังในการขนส่ง หรือลำเลียงคอนกรีตคือ

1) คอนกรีตต้องไม่แห้งไปกว่าที่ควรเทได้ เป็นการสูญเสียน้ำในส่วนผสม โดยเกิดจากอากาศร้อน หรือมีลดพัดจัด หรือการระเหยไป มีผลต่อความข้นเหลว คอนกรีตอาจข้นเกินไปจนเทไม่ได้ วิธีการลำเลียงควรใช้รางทำด้วยโลหะให้คอนกรีตไหลได้สะดวก หรือเติมสารหน่วงการก่อตัว

2) คอนกรีตต้องไม่แยกตัวจากกัน มักเกิดจากจุดที่คอนกรีตถูกเปลี่ยนจากภาชนะหนึ่งไปอีกภาชนะหนึ่ง ตามจุดต่าง ๆ เหล่านี้ต้องมีอุปกรณ์ช่วยให้รวมตัวกัน ดังแสดงในภาพ

3) คอนกรีตต้องไม่หกตกหล่น นอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองแล้ว คอนกรีตจะสูญเสียความเหลวทำให้ทำงานยาก

ภาพประกอบที่ 12 การขนส่งคอนกรีตไปที่ทำงาน

กรรมวิธีในการผลิต หรือหล่อคอนกรีตเปลือย

1. คอนกรีตเปลือยจากการหล่อด้วยระบบ PRECAST

ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป มี 10 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำความสะอาด เคลือบน้ำมัน (Cleaning & Oiling Station) โต๊ะหล่อจะเคลื่อนที่ไปตาม Roller Block ผ่านไปยังเครื่องจักรทำความสะอาดและพ่นน้ำยาทาแบบ

ขั้นตอนที่ 2 วางอุปกรณ์และของฝัง (Embedding) ทำการวางอุปกรณ์และวัสดุฝังตามจุดที่กำหนด เช่น ท่อน้ำ ท่อประปา วงกบประตู วงกบหน้าต่าง เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3 วางเหล็กแบบกั้นข้าง (Shuttering) ทำการวางเหล็กแบบกั้นข้าง ตามแนวที่กำหนดเพื่อให้คอนกรีตคงรูปร่างตามแบบ

ขั้นตอนที่ 4 วางเหล็กเสริม (Reinforcement) ทำการยกโครงเหล็กเสริมที่ทำการผูกเรียบร้อยแล้วติดตั้งลงบนโต๊ะหล่อทำการตรวจสอบความถูกต้องก่อนเทคอนกรีต

ขั้นตอนที่ 5 เทคอนกรีต (Concrete Placing) กระสวยบรรจุคอนกรีตจะรับคอนกรีตผสมเสร็จมาเทลงในเครื่องเทคอนกรีต (Concrete Spreader) เพื่อเทคอนกรีตลงบนโต๊ะหล่อฯ ตามรูปร่างของชิ้นงาน

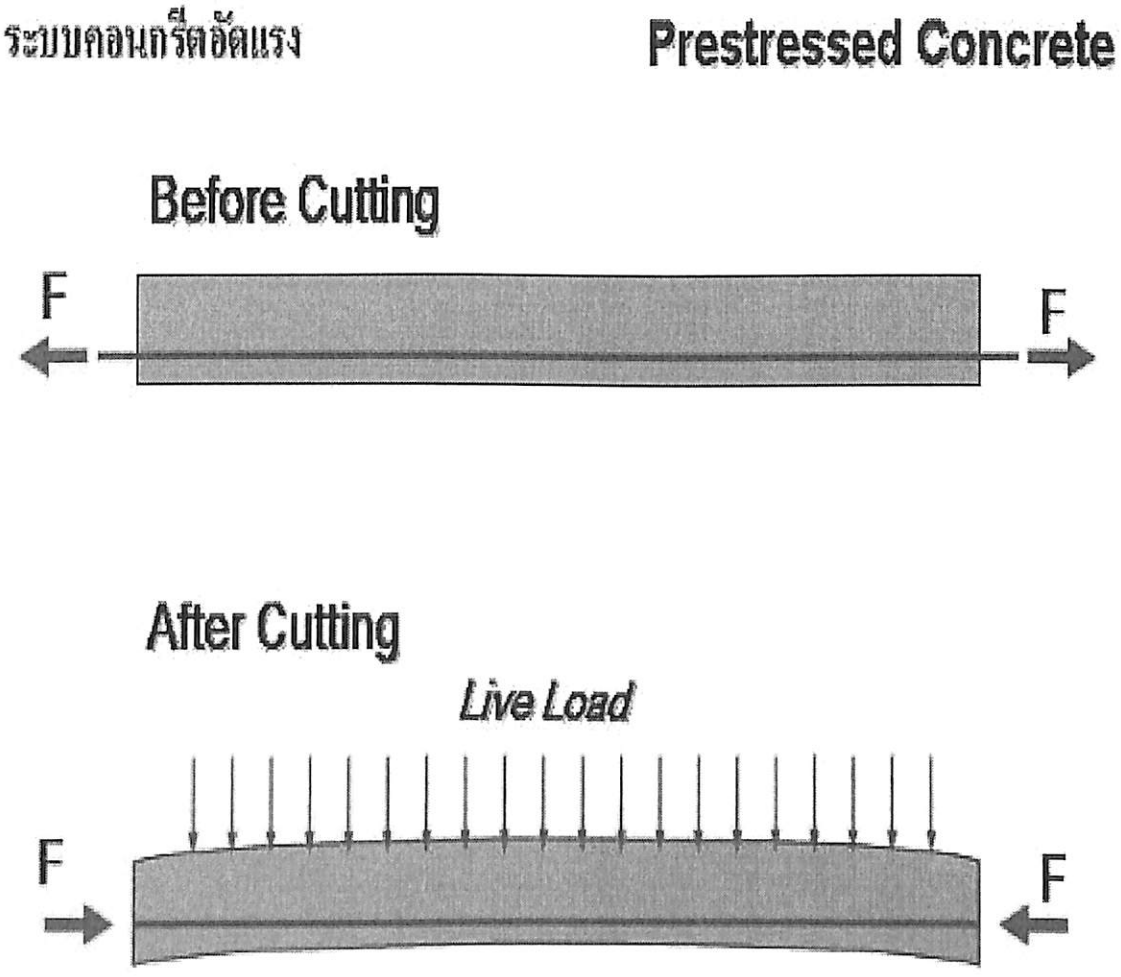
ขั้นตอนที่ 6 ปาดหน้าคอนกรีต (Screeding Station) โต๊ะหล่อจะเคลื่อนที่ผ่านเครื่องปาดหน้าชิ้นงาน เพื่อควบคุมระดับความหนาของชิ้นงานให้ได้มาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 7 ขัดผิวหน้าคอนกรีตโดย Helicopter

ขั้นตอนที่ 8 บ่มคอนกรีต (Curin Station) ห้องบ่มคอนกรีต ทำการเก็บโต๊ะหล่อพร้อมชิ้นงานไว้เพื่อเร่งชิ้นงานให้ได้กำลังของคอนกรีตเร็วขึ้น

ขั้นตอนที่ 9 ถอดแบบ (Shuttering Removing Station) จุดถอดแบบข้าง จะทำการถอดเหล็กแบบข้างที่วางไว้ออก

ขั้นตอนที่ 10 ยกชิ้นงาน (Tilting) โต๊ะหล่อฯ จะถูกยกขึ้นจากแนวราบเป็นแนวตั้ง 85 องศา เพื่อยกชิ้นงานออกจากโต๊ะหล่อฯ ในแนวดิ่งและบรรจุลงในกล่องเก็บชิ้นงาน (Rack) เพื่อทำการจัดส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างต่อไป



ภาพประกอบที่ 13 รูปแสดงหลักการระบบ Pre-Stressed Concrete

2. คอนกรีตเปลือยที่หล่อในที่

ขั้นตอนที่ 1 วางเหล็กเสริม (Reinforcement) ทำการยกโครงเหล็กเสริมที่ทำการผูกเรียบร้อยแล้วติดตั้งลงบนโต๊ะหล่อทำการตรวจสอบความถูกต้องก่อนเทคอนกรีต

ขั้นตอนที่ 2 วางแบบกั้นข้าง ตามแนวที่กำหนดเพื่อให้คอนกรีตคงรูปร่างตามแบบ

ขั้นตอนที่ 3 เทคอนกรีต (Concrete Placing) กระสวยบรรจุคอนกรีตจะรับคอนกรีตผสมเสร็จมาเทลงในเครื่องเทคอนกรีต (Concrete Spreader) เพื่อเทคอนกรีตแบบหล่อฯ ตามรูปร่างของชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 4 จี้คอนกรีตขณะเท เพื่อลดช่องว่าง โพง ของชิ้นงานให้ได้มาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 5 ทิ้งระยะเวลา แกะแบบ ตรวจสอบงาน

ขั้นตอนที่ 6 บ่มคอนกรีต (Curin Station) เพื่อเร่งชิ้นงานให้ได้กำลังของคอนกรีตเร็วขึ้น

ขั้นตอนที่ 7 เก็บรายละเอียดชิ้นงาน ก่อสร้างต่อไป

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของการผลิตที่ถูกนำมาทำการเปรียบเทียบ

ข้อมูล	Precast	หล่อในที่	หมายเหตุ
เนื้อคอนกรีต	คอนกรีตสำเร็จ	คอนกรีตสำเร็จ	ไม่แตกต่าง
ส่วนผสมและสารเคมีในคอนกรีต	ไม่ทราบ	ข้อมูลจากศูนย์	แตกต่าง
การจี้คอนกรีต	จี้แนวราบ	จี้แนวดิ่ง	แตกต่าง
แบบหล่อคอนกรีต	โต๊ะเหล็ก	ไม้แบบ/แบบเหล็ก	แตกต่าง
การรัดแบบ	ไม่รัด	ต้องรัด	แตกต่าง
การจัดระยะ หรือ แนวไม้แบบ	ไม่จัด	ต้องจัด	แตกต่าง
วิธีการถอดแบบ	ยกคอนกรีตออก	แกะแบบ	แตกต่าง
เครื่องมืออื่นๆ	ขัดด้วยเครื่อง	ไม่ได้ขัด	แตกต่าง
อื่นๆ	น้ำไม่หายจากระบบ	น้ำหายจากระบบ	แตกต่าง

เนื้อคอนกรีตต้องมีความข้นเหมาะสม

ในอดีตที่ผ่านมาการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มีการกำหนดข้อกำหนดของคอนกรีตเป็น ลักษณะเดียวกัน แม้ว่าสภาพแวดล้อมของโครงสร้างจะมีความแตกต่างกัน ทำให้โครงสร้างคอนกรีตที่อยู่ใน สภาพแวดล้อมที่รุนแรงมีอายุการใช้งานสั้นลง ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และซ่อมแซมสูง หากสามารถกำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตโดยให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่โครงสร้างจะต้องเผชิญก็จะทำให้คอนกรีตมีอายุการใช้งานยาวนาน ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และซ่อมแซมในอนาคต ดังนั้น ในโครงการก่อสร้างที่มีเงื่อนไขหรือก่อสร้างในพื้นที่ที่ต้องพิจารณาความคงทนของสิ่งก่อสร้างคอนกรีตให้มีอายุการใช้งานที่ปลอดการบำรุงรักษา (Maintenance-Free Service Life) ไม่น้อยกว่า 25 ปี โดยในแบบและรายละเอียดการก่อสร้างไม่ได้ระบุลักษณะความต้องการด้านความคงทนเอาไว้ ให้พิจารณาลักษณะของความคงทนตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อม

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องคำนึงถึงตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมของ โครงสร้าง

ลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อม	การออกแบบให้คำนึงถึงหัวข้อความคงทนต่อไปนี้เป็นหลัก
1.น้ำจืด ก) ได้น้ำ ข) เผชิญวัฏจักรเปียกสลับแห้ง ค) บรรยากาศบริเวณที่สัมผัสละอองน้ำได้	 ไม่มี การเป็นสนิมของเหล็กเสริม การต้านทานคาร์บอเนชั่น และ/หรือ การเป็นสนิมของเหล็กเสริม
2.น้ำกร่อย ก) ได้น้ำ ข) เผชิญวัฏจักรเปียกสลับแห้ง ค) บรรยากาศบริเวณที่สัมผัสละอองน้ำได้	 การต้านทานซัลเฟตและการเป็นสนิมของเหล็กเสริมเนื่องจากคลอไรด์ การเป็นสนิมของเหล็กเสริมเนื่องจากคลอไรด์ การต้านทานคาร์บอเนชั่น และ/หรือ การเป็นสนิมของเหล็กเสริมเนื่องจากคลอไรด์
3.น้ำทะเล ก) ได้น้ำ ข) เผชิญวัฏจักรเปียกสลับแห้ง ค) บรรยากาศบริเวณที่สัมผัสละอองน้ำได้	 การต้านทานซัลเฟตและการเป็นสนิมของเหล็กเสริมเนื่องจากคลอไรด์ การเป็นสนิมของเหล็กเสริมเนื่องจากคลอไรด์ การเป็นสนิมของเหล็กเสริมเนื่องจากคลอไรด์ หรือ การเป็นสนิมของเหล็กเสริมเนื่องจากคลอไรด์และคาร์บอเนชั่น
4.น้ำเสีย	การต้านทานกรดซัลฟุริก และ การต้านทานซัลเฟต หรือ สารเคมีอื่นๆ
5.ได้ดิน และ ได้พื้นท้องทะเล ก) มีซัลเฟต ข) ไม่มีซัลเฟต	 การต้านทานซัลเฟต ไม่มี

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อม	การออกแบบให้คำนึงถึงหัวข้อความคงทนต่อไปนี้เป็นหลัก
6. ติดผิวดิน (เช่น ดอม่อ กานดอดิน โครงสร้างบริเวณติดผิวดิน ก) สัมผัสคลอไรด์ ข) ไม่สัมผัสคลอไรด์	 การเป็นสนิมของเหล็กเสริมเนื่องจากคลอไรด์ การเป็นสนิมของเหล็กเสริม
7. บรรยากาศ (สัมผัสกับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์)	การเป็นสนิมของเหล็กเสริมเนื่องจากคาร์บอเนชั่น
8. ในบรรยากาศที่ต้องคำนึงถึงการหดตัว แบบแห้ง (มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 100%)	การแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวแบบแห้ง
9. คอนกรีตหลา เช่น เขื่อน ฐานรากขนาด ใหญ่ และโครงสร้างที่มีความหนามาก	การแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิ
10. ชิ้นส่วนบางต่อเนื่องที่มีการยึดรั้ง	การแตกร้าวเนื่องจากการหดตัว
11. งานก่อสร้างที่สัมผัสสารเคมีอื่น	ความสามารถในการต้านทานสารเคมีที่เกี่ยวข้อง

ข้อแนะนำ

หากโครงสร้างคอนกรีตได้รับการเคลือบผิวในด้านที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อม เช่น เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่ ฉาบปูน ติดกระเบื้อง หรือทาสี โดยมีการบำรุงรักษาวัสดุเคลือบผิวเป็นอย่างดีในช่วงการใช้งานโครงสร้างจะทำให้โครงสร้างคอนกรีตที่ได้รับการเคลือบผิวนั้นมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น ยกเว้นการแตกร้าว เนื่องจากอุณหภูมิของคอนกรีตหลา

ตารางที่4 ระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไป ( ) สำหรับโครงสร้างคอนกรีตทั่วไป 0 C

ลักษณะของส่วนต่อสร้าง	ระยะหุ้มต่ำสุด
(ก) คอนกรีตหล่อในที่	
1) คอนกรีตที่หล่อติดกับดินโดยใช้ดินเป็นแบบ และผิวคอนกรีตสัมผัสกับดินตลอดเวลาที่ใช้งาน	75
2) คอนกรีตที่สัมผัสดิน หรือถูกแดดฝน	
สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มม.	50
สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า	40
3) คอนกรีตที่ไม่สัมผัสดิน หรือไม่ถูกแดดฝน	
ในแผ่นพื้น ผนัง และคาน	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป	40
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า	20
ในคาน	
- เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้ง	40
ในเสา	
- เหล็กปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว	40
(ข) คอนกรีตหล่อสำเร็จ (ควบคุมคุณภาพจากโรงงาน)	
1) คอนกรีตที่สัมผัสดิน หรือถูกแดดฝน	
ในแผ่นผนัง	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป	40
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า	20
ในองค์อาคารอื่น	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป	50
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มม. ถึง 36 มม.	40
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า	30
2) คอนกรีตที่ไม่สัมผัสดิน หรือไม่ถูกแดดฝน	
ในแผ่นพื้น ผนัง และคาน	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป	30
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า	15
ในคาน	
- เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้งในเสา	25
- เหล็กลูกตั้ง เหล็กปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว	30
(ค) คอนกรีตที่หล่อในน้ำ	100

การเตรียมคอนกรีต วัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีต และคอนกรีตผสมสำเร็จ

วัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีต

1. ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างต้องเป็นปูนซีเมนต์ที่บรรจุถุงเรียบร้อยตามมาตรฐาน ม.อ.ก. หรือเป็นปูนซีเมนต์ที่เก็บในภาชนะบรรจุของบริษัทผู้ผลิตห้ามใช้ปูนซีเมนต์เสื่อมคุณภาพ เช่น ปูนซีเมนต์ซึ่งแข็งตัวจับกันเป็นก้อน เป็นต้น

2. มวลรวมละเอียด ส่วนมากจะเป็นทราย ทรายที่ใช้ผสมคอนกรีตจะต้องมีความละเอียดพอดี ๆ โดยมี Fineness Modulus ระหว่าง 2.3 และ 3.1 ถ้าน้อยกว่า 2.3 จะเข้าลักษณะทรายละเอียด ต้องสะอาดไม่มีฝุ่นหรือขยะปะปนมากเกินไป

3. มวลรวมหยาบ ธรรมดาเราใช้ทั้งหินย่อยและกรวดเป็นมวลรวมหยาบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการหาวัสดุ ปกติวิศวกรจะระบุไว้ในข้อกำหนดว่าให้ใช้อย่างใด ผู้ควบคุมงานจะต้องคอยตรวจวัสดุที่ส่งเข้ามาอยู่เสมอเป็นประจำเพราะอาจไม่ใช่วัสดุจากแหล่งเดียวกัน และอาจมีสิ่งแปลกปนได้ เช่น หินผุ หรือหินอื่นที่มีคุณภาพด้วยกว่าที่กำหนด

4. น้ำ ในข้อกำหนดต้องเป็นน้ำสะอาดสามารถใช้ดื่มได้ ซึ่งโดยมากมักหมายถึงน้ำประปา ในกรณีที่ไม่สามารถหาน้ำที่สะอาดได้ จำเป็นต้องใช้น้ำที่ขุ่นในการผสมคอนกรีต ต้องทำให้ใสก่อนจึงจะนำมาใช้ได้ โดยอาจใช้ปูนซีเมนต์ 1 ลิตร ต่อน้ำขุ่น 200 ลิตร ผสมทิ้งไว้ 5 นาที หรือจนตกตะกอนนอนก้นหมดแล้ว จึงตักเอาน้ำใสมาใช้ได้ แต่ทั้งนี้น้ำต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติอื่นๆ ก่อนนำมาใช้

5. บางกรณีข้อกำหนดระบุไว้ให้ใช้สารผสมเพิ่มบางชนิด เช่น สารกันซึม สารกระจายกักฟองอากาศ สารหน่วง และสารเร่งการก่อตัว เป็นต้น ผู้ควบคุมงานจะต้องดูว่าสารผสมเพิ่มที่นำมาใช้จะต้องตรงกับชนิดที่ได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้รับผิดชอบแล้ว

การผสมคอนกรีต ในโครงการก่อสร้างขนาดเล็ก

อาจทำการผสมคอนกรีตในสถานที่ก่อสร้าง อาจผสมด้วยมือ หรือเครื่องผสมคอนกรีตก็ได้ ถ้าใช้เครื่องผสมคอนกรีต ที่มีความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือน้อยกว่า ต้องใช้เวลาผสมนานอย่างน้อย 1.5 นาที และให้เพิ่มระยะการผสม 15 วินาที ทุก ๆ ความจุที่เพิ่มขึ้น 0.5 ลูกบาศก์เมตร ใส่วัสดุ

ผสมแห้งก่อนและทำการผสมวัสดุแห้ง จากนั้นจึงค่อยใส่น้ำประมาณร้อยละ 10 ลงไปในเครื่องผสม ส่วนวัสดุและน้ำที่เหลือค่อย ๆใส่อย่างสม่ำเสมอ และอีกร้อยละ 10 สุดท้ายค่อยเติมไปหลังจากใส่วัสดุผสมหมดแล้ว โดยที่เครื่องผสมต้องหมุนด้วยความเร็วสม่ำเสมอตามที่ผู้ผลิตกำหนดอัตราความเร็ว การผสมคอนกรีตส่วนใหญ่ จะใช้นับปุ้งกี๋ ซึ่งทำให้ส่วนผสมคลาดเคลื่อนได้ ควรทำกะบะ ตวง หิน ทราย

คอนกรีตผสมสำเร็จ (Ready Mixed Concrete)

สถานที่ก่อสร้างใดที่มีถนนดีพอที่รถบรรทุกเข้าถึงได้ ในการก่อสร้างก็มักจะใช้คอนกรีตผสมเสร็จ เพราะรวดเร็ว ต้องการเมื่อไรส่งได้ทันที สามารถควบคุมคุณภาพของส่วนผสมได้คงที่แน่นอน ทำให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพตามที่กำหนด ไม่ต้องเสียพื้นที่กองวัสดุ เช่น ปูนซีเมนต์ ทราย และหิน ตลอดจนแหล่งน้ำ นอกจากนั้นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียคอนกรีตในระหว่างการผสมลำเลียงและเทย่อมลดน้อยลงด้วย ทั้งหน่วยงานก่อสร้างก็สะอาดไม่เลอะเทอะ

อย่างไรก็ดีผู้ควบคุมงาน ไม่ควรประมาทอย่าถือว่าเป็นคอนกรีตผสมเสร็จแล้วจะต้องดีเสมอไป เพราะหากผู้รับเหมาก่อสร้างขาดความรู้ทางด้านเทคโนโลยีคอนกรีต ก็อาจสั่งการผิด ๆ ได้ เช่น กรณีที่เกิดความล่าช้าในการขนส่ง เมื่อคอนกรีตมาถึงสถานที่ก่อสร้างปรากฏว่าน้ำระเหยไปมากจนคอนกรีตกระด้างคนงานอาจเทน้ำลงไปในโม่ผสม โดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์อันจะเป็นเหตุให้คอนกรีตมีกำลังต่ำได้ในบางกรณีที่ต้องการเทคอนกรีตปริมาณมากๆ เช่น ฐานรากขนาดใหญ่ ซึ่งจำเป็นต้องใช้คอนกรีตจากโรงผสมหลายๆโรง หากการสื่อสารหรือสื่อความหมายไม่ดี อาจเกิดความเข้าใจผิดขึ้นได้ มีกรณีตัวอย่างที่เกิดขึ้นคือ คอนกรีตที่ส่งมามีกำลังอัดสูงสุด (Crushing Strength) ต่าง ๆ กันทำให้เกิดความเสียหายอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าผู้ควบคุมงานไม่รอบคอบพอ ไม่ได้ตรวจสอบ ปล่อยให้เทคอนกรีตที่มีกำลังและคุณภาพต่างกันผสมกันลงไป จะทำให้เกิดข้อสงสัยในคุณภาพของคอนกรีตนั้น จะต้องมีการพิสูจน์ สุดท้ายอาจลงเอยที่ต้องทุบออกทั้งหมด ซึ่งเป็นการเสียเวลาและเงินทองเป็นจำนวนมาก ฉะนั้นในกรณีเช่นนี้ผู้ควบคุมงานต้องเอาใจใส่เป็นพิเศษ

คุณลักษณะเด่นของคอนกรีตผสมเสร็จ

1.วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานงานก่อสร้างทั่วไป

2.การควบคุมสัดส่วนผสมของคอนกรีต ด้วยการชั่งน้ำหนักทำให้ได้ส่วนผสมคอนกรีตที่ถูกต้องแน่นอนและสม่ำเสมอ

3.โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จได้รับการพัฒนาจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอยู่เสมอ และสามารถผลิตคอนกรีตได้ตั้งแต่ 30 -150 ลบ.ม./ชั่งโมง สามารถช่วยให้งานเทคอนกรีตดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว และลดจำนวนคนงานที่ใช้ในการผสมคอนกรีตและเทคอนกรีตลงอย่างมาก

4.แก้ปัญหางานก่อสร้างที่มีบริเวณงานก่อสร้างจำกัด ไม่สามารถเก็บกองหิน ทราย หรือในงานก่อสร้างที่จะต้องเปลี่ยนสถานที่ที่เทคอนกรีตตลอดเวลา เช่น งานถนน งานคลองส่งน้ำ เป็นต้น

5.แก้ปัญหางานก่อสร้างที่ต้องการใช้คอนกรีตปริมาณครั้งละมาก ๆ หรืองานที่ต้องการใช้คอนกรีตเป็นระยะเวลาห่าง ๆ กันซึ่งไม่คุ้มกับการลงทุนซื้อวัสดุผสมมาเก็บไว้ใช้งานเอง

6.ในงานก่อสร้างที่อัตราเทคอนกรีตค่อนข้างช้าสามารถแก้ไขได้โดยการเติมน้ำยาผสมคอนกรีตที่มีคุณลักษณะยืดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต

7.โดยคอนกรีตผสมเสร็จจะมีราคาแพงกว่า คอนกรีตผสมเองอยู่บ้างเล็กน้อย แต่สามารถทดแทนด้วยคุณภาพของคอนกรีตที่ดีและสม่ำเสมอ และที่สำคัญคือประหยัดเวลาในการก่อสร้าง

8.เป็นหน้าที่ของผู้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จที่ต้องรับรองคุณภาพของคอนกรีตผสมเสร็จที่จัดส่งให้กับหน่วยงานก่อสร้างภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น กำลังอัดประลัย การยุบตัวเป็นต้น

ข้อแนะนำในการใช้คอนกรีตผสมเสร็จ

1. เพื่อให้ได้คอนกรีตที่สดเสมอ ระยะทางจากโรงงานก่อสร้างไม่ควรเกิน 15 กิโลเมตร

2. เพื่อให้รถคอนกรีตเข้าถึงหน่วยงานได้อย่างสะดวก ถนนเข้าหน่วยงานก่อสร้างต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 3 เมตร สายไฟ สายโทรศัพท์ หรือสิ่งกีดข้างอื่นๆ ควรอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 4 เมตร

3. หากรถผสมคอนกรีตเข้าถึงบริเวณที่จะเทไม่ได้ ควรจัดกะบะขนาดความจุ 0.5-1.0 ลบ.ม. ไว้รองรับคอนกรีต

4. เพื่อให้การเทคอนกรีตทำได้อย่างประสิทธิภาพและต่อเนื่องหน่วยงานควรสั่งคอนกรีตในปริมาณที่เหมาะสมกับวิธีการทำงานดังแสดงในตารางที่ 4.1

5. เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพควรใช้คอนกรีตให้หมดภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากรถผสมคอนกรีตมาถึงหน่วยงาน

6. เพื่อความสะดวกในการจัดส่งคอนกรีตควรเขียนแผนที่แสดงตำแหน่งของหน่วยงานก่อสร้างอย่างละเอียด ส่งให้โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จก่อนการเริ่มการใช้งาน

ตารางที่ 4.1 ปริมาณคอนกรีตที่เหมาะสมกับวิธีการทำงาน

วิธีการเทคอนกรีต	อัตราการเทคอนกรีตที่เหมาะสม
ใช้ลิฟท์	10 ลบ.ม./ชม.
ใช้เครน	15 ลบ.ม./ชม.
ใช้คอนกรีตปั๊ม	40 ลบ.ม./ชม.

ที่มา : ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, คอนกรีตเทคโนโลยี 2543, หน้า 162

ส่วนผสมและสารเคมีในคอนกรีตมีผลกับการไหลและฟองอากาศบริเวณขอบมุมและผิวของคอนกรีตเปลือย

ลักษณะและประเภทของ Self-Compacting Concrete (SCC) ในปัจจุบัน

Self-Compacting Concrete (SCC) หมายถึง คอนกรีตที่มีความสามารถในการไหลเข้าไปยังทุกมุมของแบบได้ด้วยน้ำหนักของตัวมันเองโดยไม่ต้องการการจี้เขย่าใดๆ และไม่เกิดการแยกตัวของส่วนผสมในคอนกรีตโดยเฉพาะอย่างยิ่งมวลรวม ซึ่งเพื่อให้คอนกรีตสามารถทำเช่นนั้นได้ คอนกรีตจำเป็นที่จะต้องมีความสามารถหลัก 3 อย่าง คือ

1. ความสามารถการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสูง (Deformation)
2. ความสามารถในการไหลผ่านสิ่งกีดขวาง (Passing Ability)
3. ความต้านทานการแยกตัวของมวลรวมสูง (Segregation Resistance)

ในปัจจุบันเราสามารถจำแนกประเภทของ SCC ออกได้เป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของส่วนผสมของคอนกรีต ดังนี้

(1) ประเภท Powder based

SCC ประเภทนี้จะใช้ปริมาณวัสดุประสาน ซึ่งได้แก่ ปูนซีเมนต์, วัสดุพอซโซลาน และวัสดุ filler ชนิดต่างๆในปริมาณที่มากกว่าคอนกรีตทั่วไป และใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานในปริมาณที่ต่ำเพื่อเพิ่มความหนืด (Viscosity) และความต้านทานการแยกตัวของมวลรวม (Seggregation Resistance) ให้แก่คอนกรีต และด้วยการใช้ปริมาณวัสดุประสานที่มีจำนวนมากในคอนกรีตนี้เองทำให้จำเป็นต้องใช้สารเคมีลดน้ำ Superplasticizer ในปริมาณที่มากตามไปด้วยเพื่อให้คอนกรีตมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสูง(Deformation)SCC ประเภทนี้ถูกมองว่าน่าจะมีความคงทน (Durability) สูงที่สุด เพราะสามารถให้กำลังอัดได้สูง(ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุและปริมาณที่ใช้ด้วย) และมีความพรุนต่ำซึ่งเป็นผลมาจากอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่ต่ำนั่นเอง SCC ประเภทนี้จะมีราคาที่ค่อนข้างสูงกว่าราคาของคอนกรีตทั่วไปเนื่องจากมีการใช้วัสดุประสานและสารเคมีลดน้ำ Superplasticizer ในปริมาณที่มาก ขอ้ ควรระวงั ของ SCC ประเภทนคี้ อื ความสามารถในการไหล (Self-compactability) ค่อนข้างที่จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและขนาดคละของมวลรวมละเอียด SCC ต้นแบบที่ญี่ปุ่นได้พัฒนาขึ้นมานั้นจัดอยู่ในประเภทนี้ และปัจจุบันก็ยังคงเป็นที่นิยมในญี่ปุ่นในประเทศไทยเองก็นิยมใช้ SCC ประเภทนี้

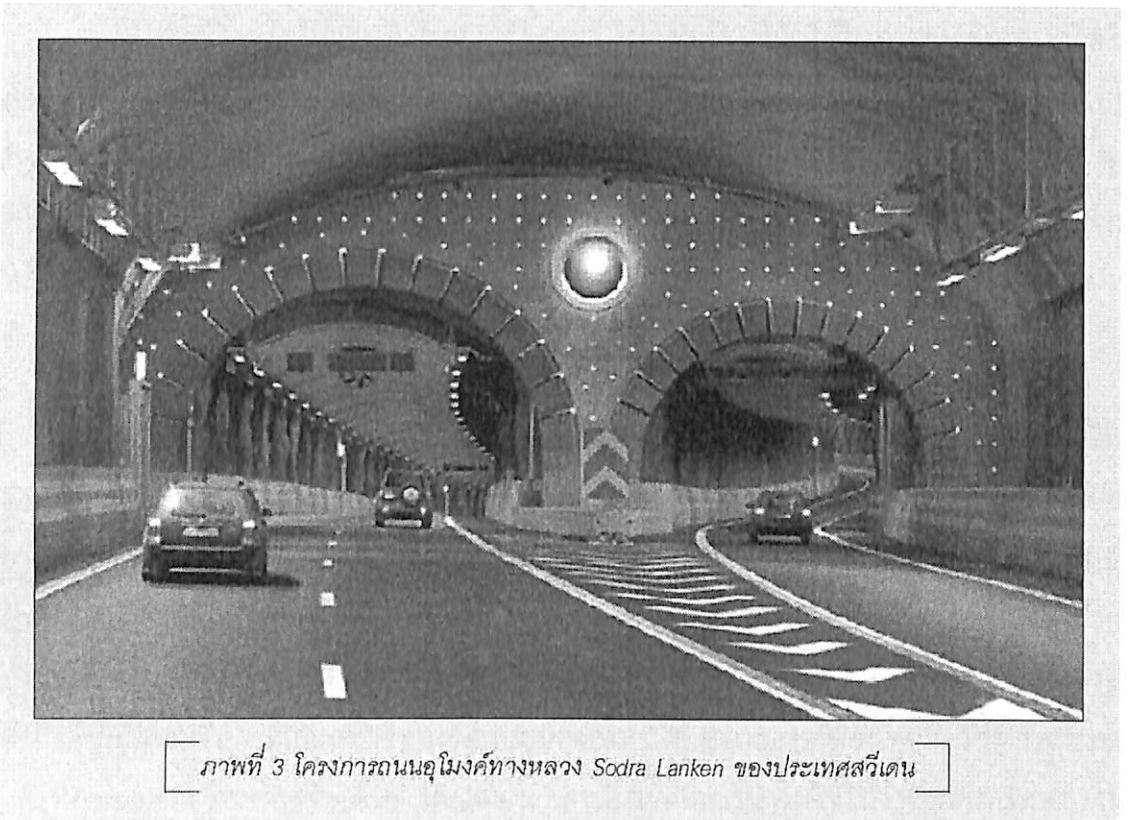
(2) ประเภท Viscosity agent based

สารเคมีผสมเพิ่มประเภท Viscosity agent ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความหนืด (Viscosity) ให้แก่คอนกรีต ทำให้คอนกรีตไม่จำเป็นต้องใช้ปริมาณวัสดุประสานในปริมาณที่มาก ส่วนผสมของ SCC ประเภทนี้มีความใกล้เคียงกับคอนกรีตปกติที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งทำให้ความคงทนของ SCC ประเภทนี้ไม่มีความแตกต่างไปจากคอนกรีตทั่วไปมากนัก ราคาของ SCC ประเภทนี้ก็สูงกว่าคอนกรีตทั่วไปไม่มาก SCC ประเภทนี้เป็นที่นิยมในสหรัฐอเมริกาและกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป

(3) ประเภท Combination type

SCC ประเภทนี้เป็นลูกผสมที่เกิดจากคอนเซปท์ของ SCC ทั้งสองประเภทที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมารวมกัน คือมีทั้งการใช้วัสดุประสาน และ Viscosity Agent จุดประสงค์เพื่อช่วยลดความไว

ของ SCC ต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและขนาดคละของมวลรวมละเอียด นอกจากนี้ยังช่วยในเรื่องของสมดุลย์ระหว่างราคาและความคงทนของคอนกรีตที่ต้องการอีกด้วย



ภาพที่ 3 โครงการถนนอุโมงค์ทางหลวง Sodra Lanken ของประเทศสวีเดน

ภาพประกอบที่ 14 การใช้งาน Self-Compacting Concrete

ข้อควรระวังในการใช้งาน Self-Compacting Concrete (SCC)

ในการใช้งาน SCC นั้น ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องมีความเข้าใจถึงคุณสมบัติและพฤติกรรมของคอนกรีตอันเป็นผลมาจากส่วนผสมของคอนกรีตด้วย เนื่องจากพฤติกรรมบางอย่างของ SCC ที่แตกต่างจากคอนกรีตทั่วไปนั้นส่งผลต่อขั้นตอนในการก่อสร้างด้วย คุณสมบัติและพฤติกรรมของคอนกรีตส่วนหนึ่งที่มักจะถูกมองข้ามไปแล้วก่อให้เกิดปัญหาในภายหลัง ได้แก่

- แรงดันด้านข้าง (Hydrostatic Pressure) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ของเหลวทั่วไปกระทำต่อภาชนะที่บรรจุ SCC ในขณะที่เป็นคอนกรีตสดนั้นก็มีความดันไฮดรอลิกกระทำต่อแบบด้านข้างในลักษณะเช่นเดียวกันกับของเหลวอื่นๆทั่วไป ทำให้การเข้าแบบหรือการเตรียมแบบ (Formwork Setting) ตามปกติทั่วไปอาจจะไม่แน่นหนาเพียงพอที่จะสามารถรับแรงดันดังกล่าวได้

- การไหลออกมาตามรรู อยรวั่ ตามรอยต่อต่างๆของแบบ (Leakage) ก็เป็นปัญหาได้เช่นกันเพราะ SCC มีลักษณะเป็นของเหลวสามารถที่จะไหลออกตามรูรั่วเล็กๆเหล่านั้นได้

- การปั้มหรือใช้แรงดันในการส่ง SCC ไปตามท่อ ที่มักใช้ในการขนส่งคอนกรีตไปยังตำแหน่งที่ห่างไกล หรือการขนส่งไปยังตำแหน่งที่อยู่สูงขึ้นไป เช่น การปั้มคอนกรีตขึ้นไปบนตกึสงูๆ มผี ลทำใหค้ วามสามารถในการไหลของ SCC ลดลงได้ (Slump flow ลดลงหรือ Slump loss สูง)- การลดลงของความความสามารถในการเท (Slump loss) เมื่อเวลาผ่านไปหรือเมื่อ SCCอยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เช่นเดียวกับคอนกรีตทั่วไปแต่ไม่ควรแก้ไขด้วยการเติมน้ำโดยเด็ดขาด

- ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดขึ้นในคอนกรีตสูงตามปริมาณของและชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 การใช้วัสดุพอซโซลาน หรือ filler ต่างๆนั้น ส่วนหนึ่งก็เพื่อลดความร้อนจากปฏิริริยาไดเดรชั่นนี้ด้วย ในญี่ปุ่นปูนซีเมนต์ความร้อนต่ำ (Low heat Portland cement) มักจะถูกนำมาใช้ในงาน SCC มากกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 อย่างไรก็ตามในทุกๆงานก่อสร้างที่ใช้ SCC ควรที่จะต้องมีการคำนึงถึงวิธีการหรือกระบวนการในการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับชนิดของวัสดุประสานที่ใช้และลักษณะของงานก่อสร้างด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการนำมาใช้ในงานคอนกรีตหลา (Mass concrete)

- ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและขนาดคละของมวลรวมละเอียดโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีของ SCC ที่เป็นประเภท Powder based

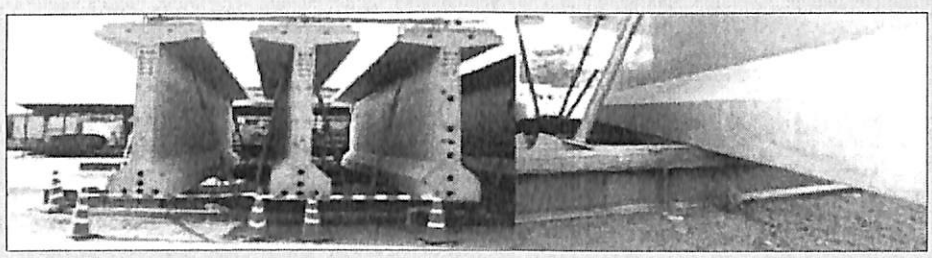
- การหดตัวของคอนกรีต ซึ่งได้แก่ การหดตัวแบบแห้ง (drying shrinkage) และการหดตัวแบบออโตจีเนียส (Autogeneous shrinkage) โดยทั่วไปแล้วการหดตัวของคอนกรีตจะเกิดขึ้นกับส่วนที่เป็นซีเมนต์เพสต์ ดังนั้น SCC ซึ่งเป็นคอนกรีตที่มีซีเมนต์เพสต์มากกว่าคอนกรีตทั่วไป จึงมีความเสี่ยงมากกว่าคอนกรีตทั่วไป อย่างไรก็ตามปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย วัสดุพอซโซลานหรือวัสดุ Filler ต่างๆในสัดส่วนที่เหมาะสมและออกแบบส่วนผสมให้มีการหดตัวต่ำ ในบางกรณีสารเคมีที่ทำให้คอนกรีตขยายตัว Expansive Agent อาจจะถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาการหดตัวเหล่านี้ได้

- การที่คอนกรีตไม่ยอมเซ็ตตัว ในกรณีที่มีการใช้ Superplasticizer ในปริมาณที่มากจนเกินไปหรือการที่ Loss on Ignition (LOI) ในเถ้าลอย มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของ Superplasticizer

- สีของคอนกรีตที่อาจเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดและปริมาณของวัสดุประสานที่ใช้

- การเกิดฟองอากาศบริเวณผิวคอนกรีตที่มีแบบด้านบน อันเนื่องมาจากการสะสมของฟองอากาศ เป็นต้น

ประเทศญี่ปุ่น



ภาพที่ 5 ชิ้นส่วนสำเร็จรูปของ T girder ที่หล่อด้วย SCC ในงาน Higashi-Oozu Viaduct ประเทศญี่ปุ่น

ตารางที่ 1 ราคาของSCC เทียบกับราคาของคอนกรีตปกติที่ใช้ในงาน Higashi-Oozu Viaduct

Ingredient	Conventional concrete	SCC
Material	100	104.1
Labor	100	67.2
Total	100	92.5

ภาพประกอบที่15 อุตสาหกรรม Precast Concrete

5. Self-Compacting Concrete และอุตสาหกรรม Precast Concrete

ด้วยคุณสมบัติเฉพาะอันโดดเด่นในด้านการไหลเข้าแบบได้ด้วยตัวเองของ SCC ทำให้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป Precast concrete ข้อดีของ SCC ที่เหนือกว่าคอนกรีตทั่วไปในงาน precast concrete ได้แก่

- มีความเหมาะสมอย่างยิ่งกับแบบที่มีความซับซ้อนและ/หรือ มีการใช้เหล็กเสริมในปริมาณมากๆ

- สามารถออกแบบใหช้ นิ้ งานมขี นาดลดลงได้ เนอื่ งจากความสามารถในการให้กำลังอัดสูง

- สามารถใช้งานในโครงสร้างปิดที่คนงานไม่สามารถเข้าไปทำงานหรือมองไม่เห็นได้

- ลดมลภาวะทางเสียงที่เกิดขึ้นได้ทั้งในสถานที่ก่อสร้างและสถานที่หล่อชิ้นส่วนสำเร็จ

- ลดปัญหาทั้งปวงอันสืบเนื่องมาจากการจี้เขย่าคอนกรีตมากหรือน้อยเกินไป

- ลดระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างและจำนวนคนงานลง

- ช่วยยืดอายุการใช้งานของแบบ เนื่องจากการไม่ต้องจี้เขย่า

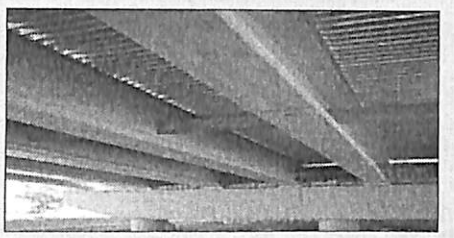
- ลดต้นทุนในการผลิต จากค่าอุปกรณ์เครื่องจี้เขย่าและค่าซ่อมบำรุงของอุปกรณ์เหล่านั้น

- มักจะไม่จำเป็นต้องมีการตกแต่งพื้นผิวให้แก่ชิ้นงาน หรือลดงานตกแต่งพื้นผิวชิ้นงานได้

- ให้การกระจายตัวของส่วนผสมคอนกรตี และฟองอากาศทดีส่งผลดีคณุ ภาพองชนิ้ งาน ตัวอย่างของการใช้งาน Self-Compacting Concrete (SCC) ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป Precast concreteในต่างประเทศ

ในส่วนของประเทศไทยปัจจุบันก็มีการใช้ SCC ในงานก่อสร้างอยู่บ้างแต่ก็ยังไม่เป็นจำนวนมากนัก (ดูภาพที่ 8) การใช้งานมีทั้งในส่วนของงานคอนกรีตผสมเสร็จ และงานคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น โรงงานหล่อเสาเข็มและโรงงานทำชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปขนาดใหญ่ (Segment) บางโรงงาน

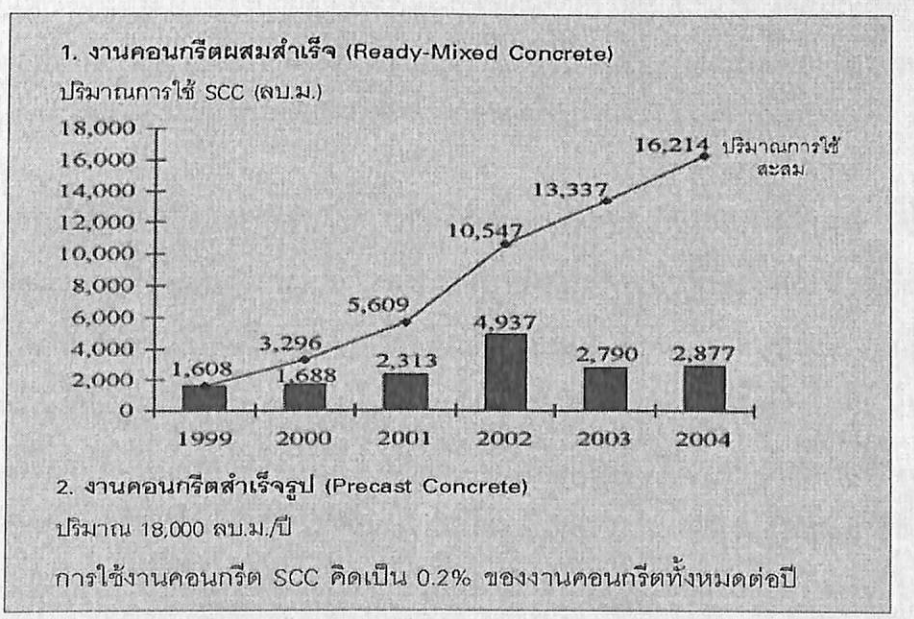
ประเทศสหรัฐอเมริกา



ภาพที่ 6 สะพานข้ามแม่น้ำ Pamunkey และชิ้นส่วนสำเร็จใน Virginia ประเทศสหรัฐอเมริกา

ภาพที่ 7 สะพาน Skyline Bridge และชิ้นส่วนสำเร็จใน Nebraska ประเทศสหรัฐอเมริกา

ประเทศไทย



ภาพที่ 8 ประมาณการปริมาณการใช้คอนกรีต SCC ในประเทศไทย

ภาพประกอบที่ 16 อุตสาหกรรม Precast Concrete

การเทคอนกรีต (Concrete Placing)

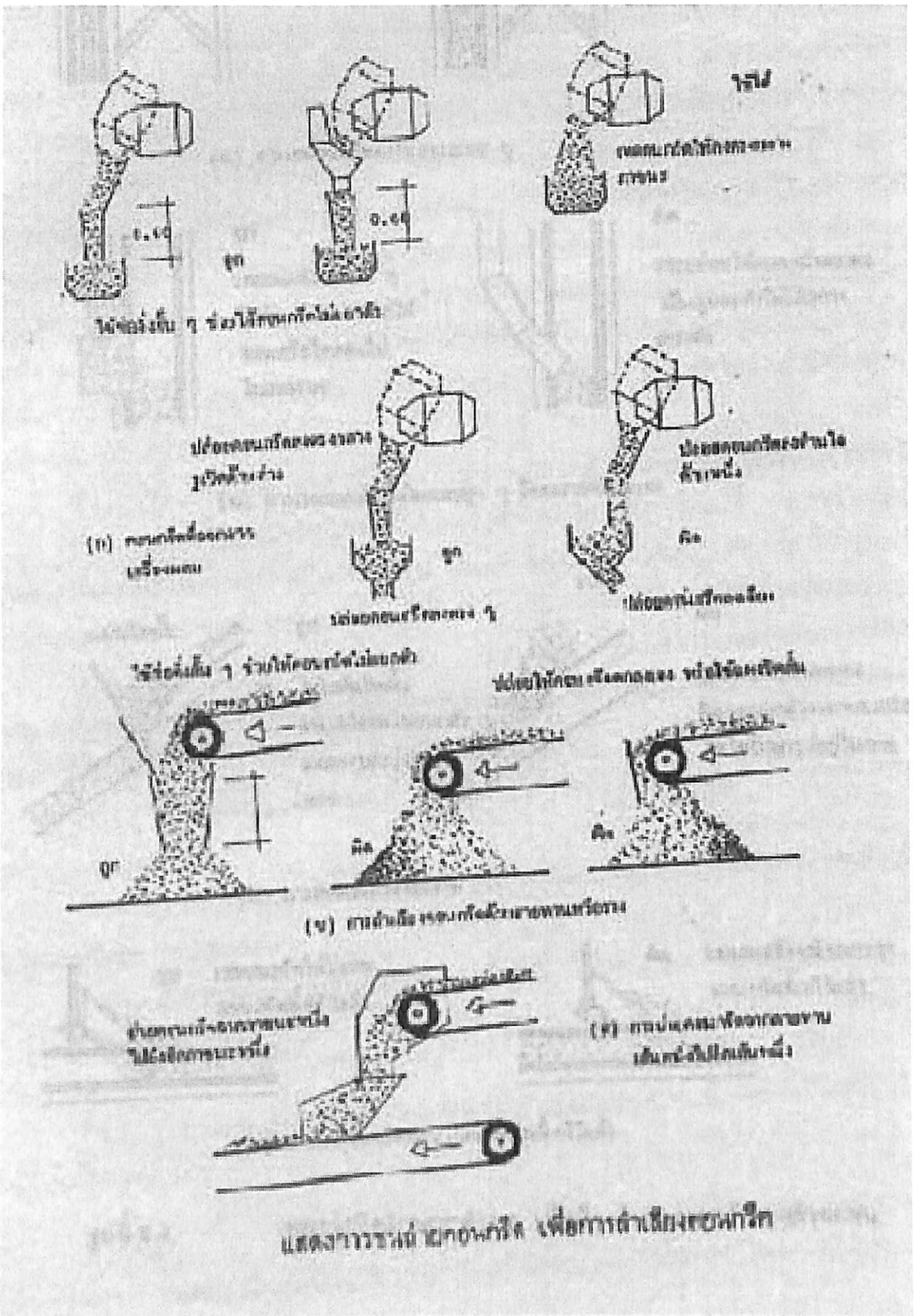
ควรมีการวางแผนการเทคอนกรีตเพื่อให้สามารถเทได้อย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพที่สุด โดยไม่ก่อให้เกิดอุปสรรคต่องานที่ไม่เกี่ยวข้อง การเทคอนกรีตที่ดี คือการเทเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีส่วนผสมสม่ำเสมอ ไม่มีการแยกตัว และไม่เกิดรูพรุน ไม่ควรเทคอนกรีตให้กระทบโดยตรงกับเหล็กเสริมหรือข้างแบบ ควรเทคอนกรีตลงมาตรงๆ และไม่ควรให้คอนกรีตไหลไปในแนวราบเป็นระยะทางไกล ยกเว้นในกรณีของคอนกรีตไหล ซึ่งถูกออกแบบโดยมีการควบคุมการแยกตัว ถ้าพบว่ามีการแยกตัวของคอนกรีตหลังเริ่มการเทคอนกรีต จะต้องมีการแก้ไขทันที

ในกรณีที่แบ่งเทคอนกรีตต่อเนื่องกันเป็นชั้นๆ คอนกรีตที่เทใหม่ในชั้นบนควรเททับก่อนที่คอนกรีตชั้นล่างจะเริ่มก่อตัว ในกรณีที่แบบมีความสูงมากไม่ควรเทคอนกรีตโดยปล่อยให้คอนกรีตตกอิสระจากส่วนบนที่สุดของแบบ แต่ควรใช้วิธีการใด ๆ เช่น สายพาน รางเท (Chute) ถัง หรือต่อท่อ เพื่อให้ระยะตกอิสระของคอนกรีตไม่เกิน 1.5 เมตร

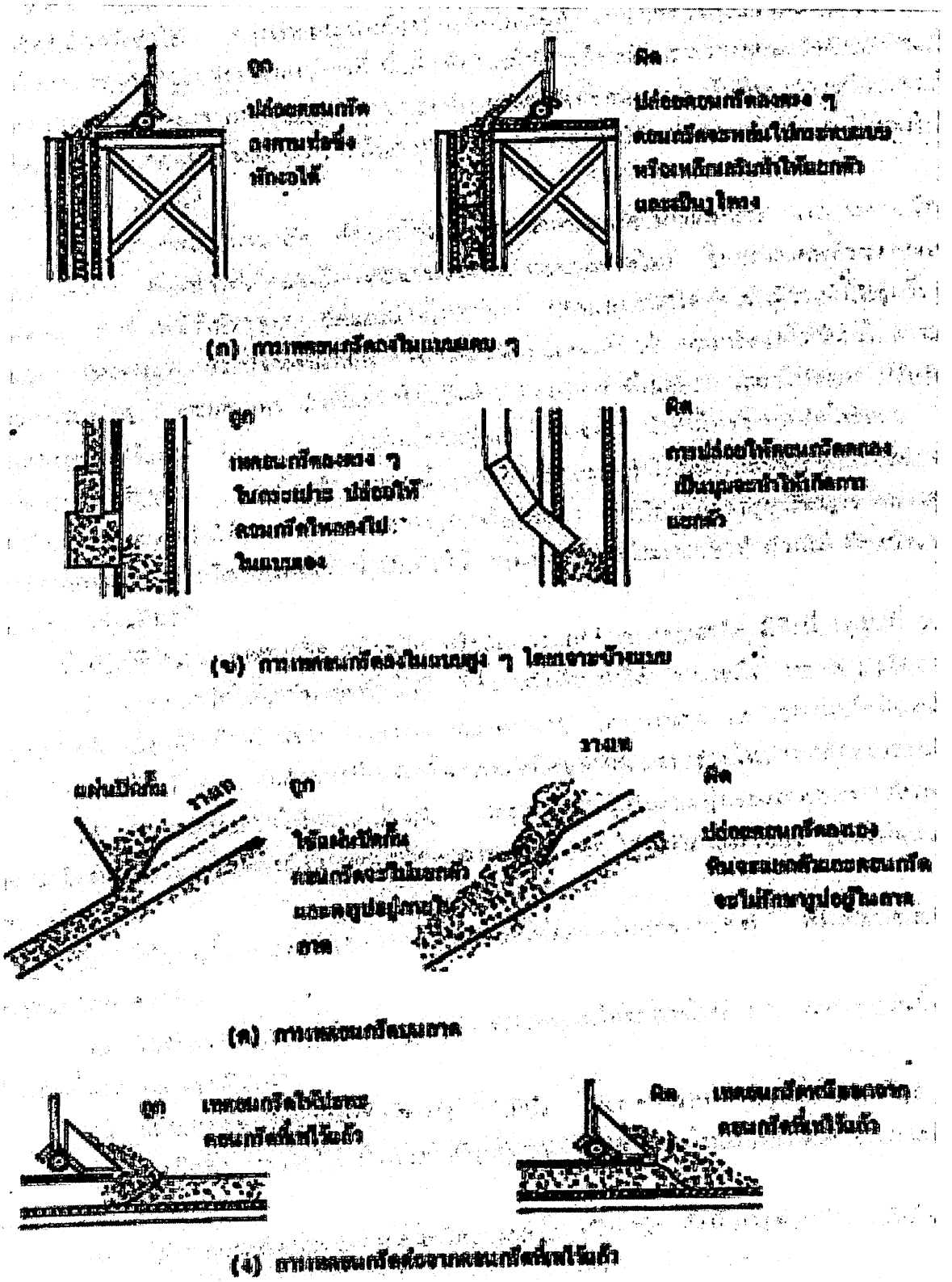
ถ้าตรวจพบการเยิ้มของคอนกรีตระหว่างการเทคอนกรีควรหยุดเทจนกว่าจะกำจัดน้ำที่เยิ้มออกมาบนผิวคอนกรีตให้หมดก่อนที่จะเทคอนกรีตทับชั้นบนต่อไป การเทคอนกรีตต่อเนื่องกันในองค์อาคารที่มีความสูง เช่น เสา หรือกำแพง ควรเทด้วยอัตราที่ไม่เร็วเกินไป โดยปกติอัตราการเทที่เหมาะสมจะอยู่ที่ประมาณ 2 ถึง 3 เมตร (ความสูง) ต่อชั่วโมง *(Cpacacademy,2554,มาตรฐานและวิธีการทำงานสำหรับคอนกรีต)*

ควรเทให้คอนกรีตรวมตัวกันเป็นกลุ่มเป็นก้อน โดยปราศจากการแผ่กระจายซึ่งจะทำให้เกิดเป็นรวงผึ้ง กำหนดให้คอนกรีตสูง 30 - 60 ซ.ม. เท่านั้น ควรเทเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นไม่ควรลึกเกิน 45 ซ.ม. การเทควรเทจากปลายหรือมุมเข้าหาศูนย์กลางของแบบคอนกรีต แบบที่มีความลึกควรเปิดเป็นช่องทางด้านข้างแบบ เมื่อเทถึงระดับช่องเปิดนั้นแล้วก็ปิด และทำการเทต่อจนเต็ม หากมีฝนตกก็ควรเทคอนกรีตให้ข้นขึ้น เทลาดไม่ให้มีน้ำท่วมขัง เว้นการแต่งผิวไว้ก่อนแล้ว จึงค่อยมาทำต่อเมื่อฝนหยุด ก่อนการเทคอนกรีตต้องมีการเตรียมงานก่อน ต้องตรวจไม้แบบ เหล็กเสริม และตำแหน่งของการวางเหล็กเสริมให้เรียบร้อย ราดไม้แบบให้ชุ่ม วิธีการเทคอนกรีตในงานโครงสร้างต่างๆ ให้ปฏิบัติดังนี้

- การหล่อคานยาวให้เทจากเสาทั้ง 2 ข้าง ไปบรรจบกันที่กลางคาน
- การหล่อคานยื่น ให้เทจากโคนคานไปหาปลายคาน
- การเทพื้นหรือกันสาดที่ติดกับคาน ต้องเทให้เสร็จในคราวเดียวกัน



ภาพประกอบที่17 แสดงการขนถ่านคอนกรีต เพื่อการลำเลียงคอนกรีต



ภาพประกอบที่18 แสดงการเทคอนกรีตลักษณะต่างๆ เพื่อป้องกันการแยกตัวของส่วนผสม

การจี้คอนกรีต (Compaction)

การทำให้แน่นในขณะที่กำลังเทคอนกรีตอยู่นั้น จำเป็นต้องทำคอนกรีตให้แน่นโดยทั่วถึง โดยใช้อุปกรณ์ที่ใช้มือ ใช้เครื่องเขย่า หรือจะใช้เครื่องตบแต่ง ทั้งนี้เพื่อให้ได้คอนกรีตที่แน่น มีการยึดหน่วงกับเหล็กเสริมดีและได้ผิวเรียบรอบๆ เหล็กเสริม และสิ่งที่จะฝังติดในคอนกรีต และตามมุมของแบบหล่อควรจะทำคอนกรีตให้แน่นเป็นพิเศษ แต่ไม่ควรจะทำมากเกินไป เพราะจะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัว โดยน้ำและส่วนที่ละเอียดทั้งหลายจะเคลื่อนตัวขึ้นข้างบน น้ำที่ขึ้นมานี้มักจะรวมตัวอยู่ใต้เหล็กเสริมและใต้มวลรวมขนาดใหญ่ซึ่งจะทำให้แรงยึดหน่วงน้อยลง และกลายสภาพเป็นร่องขึ้นจนน้ำสามารถไหลผ่านคอนกรีตได้ ในการทดลองนี้ใช้การจี้ 2 แบบ ดังนี้

1 การกระทุ้งคอนกรีตด้วยมือ เป็นการใช้เหล็ก หรือไม้กระทุ้งให้คอนกรีตแน่น ใช้สำรับคอนกรีตที่เหลว มีน้ำมากกำลังของคอนกรีตที่ได้จะต่ำ การกระทุ้งจะต้องให้สุดความหนาของชั้นที่กำลังเท และควรกระทุ้งให้ถึงคอนกรีตชั้นที่อยู่ข้างใต้ด้วยถ้ามี ควรใช้เครื่องมือที่มีหน้าแบนและหนัก ตบตรงผิว จนกระทั่งปูนสอหรือซีเมนต์สดปรากฏเป็นแผ่นบางๆ ขึ้นที่ผิวนั้น แสดงว่าช่องว่างในมวลคอนกรีตนั้นเต็มหมดแล้ว

2.การสั่นหรือเขย่าคอนกรีตด้วยเครื่อง เครื่องสั่นหรือเขย่าคอนกรีตมีหลายประเภท ตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

2.1) เครื่องสั่นชนิดจุ่มในคอนกรีต (Immersion Vibrator) เป็นชนิดนิยมใช้กันมาก โดยเฉพาะโครงสร้างที่เป็นคาน สำหรับหัวจุ่มที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ซ.ม.ต้องมีความเร็ว(speed) ไม่น้อยกว่า 7,000 รอบ/นาที สำหรับหัวจุ่มที่มีขนาดโตกว่า 10 ซ.ม.ต้องไม่น้อยกว่า 6,000 รอบ/นาที การสั่นคอนกรีตต้องให้ตลอดความหนาของชั้นคอนกรีต จุ่มในแนวดิ่ง มีระยะห่างในจุดที่จุ่ม 45 - 75 ซ.ม. แต่ละจุดใช้เวลาประมาณ 5 - 15 วินาที หรือการฟังเสียงเครื่องสั่นเป็นเสียงเดียวสม่ำเสมอ และสังเกตผิวหน้าและเนื้อคอนกรีต พยายามอย่าให้โดยไม้แบบ เพราะจะเป็นรอยที่ผิวคอนกรีตหลังถอดแบบ

2.2) เครื่องสั่นชนิดติดข้างแบบ (Form Vibrator) ใช้ในกรณีไม่สามารถใช้เครื่องสั่นชนิดจุ่มได้ เช่น หล่อท่อคาดอุโมงค์ งานหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรง งานหล่อเสาหรือโครงสร้างบางมาก ๆ ควรมีความเร็ว 8,000 รอบ/นาที และติดยึดแน่นกับแบบหล่อคอนกรีต ต้องเปลี่ยนจุดที่ยึดเครื่องสั่นอยู่เสมอ และต้องสั่นจนกระทั่งหินหินใหญ่จมในปูนสอทั้งหมด

ภาพประกอบที่19 การสั่นหรือเขย่าคอนกรีตด้วยเครื่อง

การบ่มคอนกรีต

คอนกรีตจำเป็นต้องได้รับการบ่มทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการเท และควรบ่มต่อไปจนกระทั่งคอนกรีตมีกำลังอัดตามต้องการ หลักการทั่วไปของการบ่มที่ดีจะต้องสามารถป้องกันคอนกรีตไม่ให้เกิดการสูญเสียความชื้นไม่ว่าจะด้วยความร้อนหรือลม ไม่ให้คอนกรีตร้อนหรือเย็นมากเกินไป ไม่ให้สัมผัสกับสารเคมีที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีตและไม่ถูกชะล้างโดยน้ำฝนหลังจากเทคอนกรีตเสร็จใหม่ๆ เป็นต้น *(ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต", คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์,มาตรฐานว.ส.ท. E.I.T Standard 1014-40)*

การบ่มเปียก ในกรณีทั่วไปคอนกรีตต้องได้รับการป้องกันจากการสูญเสียความชื้นจากแสงแดดและลมหลังจากเสร็จสิ้นการเทจนกระทั่งคอนกรีตเริ่มแข็งแรง และหลังจากที่คอนกรีตเริ่มแข็งแรงแล้วผิวหน้าของคอนกรีตที่สัมผัสกับบรรยากาศยังต้องคงความเปียกชื้นอยู่ ซึ่งอาจทำได้ด้วยการปกคลุมด้วยกระสอบเปียกน้ำ ผ้าเปียกน้ำ หรือฉีดน้ำให้ชุ่ม เป็นต้น คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ควรบ่มเปียกติดต่อกันอย่างน้อย 7 วัน ส่วนคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 ควรบ่มอย่างน้อย 3 วัน ในกรณีของคอนกรีตที่มีวัสดุปอซโซลานผสมควรบ่มมากกว่า 7 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัสดุปอซโซลานที่ใช้คอนกรีตที่ไม่ได้รับการบ่มอย่างถูกต้องจะไม่มีการพัฒนากำลังเท่าที่ควรเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นต้องการน้ำ นอกจากนั้นการสูญเสียความชื้นจากผิวหน้าของคอนกรีตที่ไม่ได้รับการบ่มจะทำให้เกิดการแตกร้าวด้วยกรณีใช้กระสอบหรือผ้าในการบ่มคอนกรีต กระสอบหรือผ้าที่ใช้ควรเป็นวัสดุที่มีความหนาพอสมควรเพื่อไม่ให้แห้งเร็วเกินไป และต้องรดน้ำให้เปียกชุ่มอยู่ตลอดเวลาการบ่มด้วย

การบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิ การบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิมีความจำเป็นต่องานบางประเภทโดยเฉพาะงานคอนกรีตหลา สำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในที่มีอุณหภูมิสูงมากหรืองานคอนกรีตหลา ซึ่งอาจเกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในคอนกรีตกับสิ่งแวดล้อมภายนอกการลดอุณหภูมิเริ่มต้นอาจทำการบ่มเปียกได้หลายวิธี เช่น ลดอุณหภูมิของคอนกรีตเอง โดยใช้ทรายและหินที่มีอุณหภูมิต่ำ หรือใช้น้ำเย็นในการผสม หรือใช้วัสดุผสมที่ช่วยลดความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น เช่น ใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเป็นต้น หรืออาจมีการฝังท่อน้ำเย็นสำหรับหมุนเวียนน้ำเย็น เพื่อลดอุณหภูมิภายในคอนกรีต หรือห่อหุ้มรอบคอนกรีตด้วยฉนวนกันความร้อนเพื่อลดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเนื้อคอนกรีต หรือหลายอย่างประกอบกัน

ภาพประกอบที่20 การบ่มคอนกรีต บ่มเปียก

การบ่มแบบเร่งกำลัง ในงานบางประเภท เช่น การผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป อาจมีความจำเป็นต้องใช้การบ่มแบบเร่งกำลัง เช่น บ่มไอน้ำหรือบ่มไอน้ำความดันสูง เป็นต้น การบ่มแบบเร่งกำลังนั้นควรคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้ระยะเวลาที่จะเริ่มบ่ม อัตราการเร่งอุณหภูมิ อุณหภูมิสูงสุดของการบ่ม ระยะเวลาการคงอุณหภูมิสูงสุดไว้ อัตราการลดอุณหภูมิ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ควรได้มาจากผลการทดสอบหรือประสบการณ์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลเสียต่อคอนกรีตที่บ่ม การบ่มแบบเร่งกำลังนี้ต้องให้คอนกรีตมีกำลังไม่น้อยกว่ากำลังที่ออกแบบไว้และต้องไม่มีผลเสียต่อความคงทนของคอนกรีตด้วย

สารเคมีสำหรับการบ่ม โดยปกติสารเคมีสำหรับการบ่มจะใช้ต่อเมื่อไม่สามารถบ่มคอนกรีตแบบเปียกได้สารเคมีสำหรับการบ่มนั้นจะใช้ฉีดพ่นลงบนผิวหน้าของคอนกรีตที่ต้องการบ่มโดยควรฉีดพ่นซ้ำมากกว่า 1 เที่ยว เพื่อให้แผ่นฟิล์มเคลือบผิวหน้าคอนกรีตมีความหนาเพียงพอ และควรฉีดพ่นทันทีที่ผิวหน้าคอนกรีตเริ่มแห้งเพื่อไม่ให้น้ำที่ค้างบนผิวหน้าคอนกรีตผสมกับสารเคมีถ้ายังไม่สามารถฉีดพ่นทันทีที่ผิวหน้าคอนกรีตเริ่มแห้งก็ให้ฉีดน้ำบนผิวคอนกรีตให้เปียกชุ่มไว้ก่อนการใช้สารเคมีสำหรับการบ่ม ไม่ควรจะฉีดพ่นสารเคมีเหล่านั้นลงบนเหล็กเสริม หรือที่รอยต่อของการก่อสร้าง เป็นต้น เนื่องจากบริเวณดังกล่าวต้องการการยึดเกาะที่ดีกับคอนกรีตที่จะเทต่อไปภายหลังสารเคมีสำหรับบ่ม

การบ่มคอนกรีต คือการบำรุงรักษาคอนกรีต และป้องกันปริมาณน้ำที่ผสมในคอนกรีตไม่ให้ระเหยเร็วเกินไป เป็นการทำให้คอนกรีตชื้นอยู่เสมอในช่วงหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงคอนกรีตจะเกิดการหดตัวเร็วกว่าปกติ ทำให้เกิดแรงดึงที่ผิวของคอนกรีต และมีผลให้เกิดรอยร้าว กำลังคอนกรีตที่ได้ต่ำ หลังการเทคอนยกรีต เมื่อผิวหน้าคอนกรีตหมาดและแข็งตัว ครบรีบดำเนินการบ่มทันที เพื่อป้องกันไม่ให้ถูกแดด และลม

วิธีการบ่ม

1) การขังน้ำ หรือหล่อน้ำ (Ponding) เหมาะกับงานพื้นราบ โดยการใช้ดินเหนียว หรือก่ออิฐรอบแผ่นคอนกรีต ขังน้ำสูงอย่างน้อย 2 ซ.ม. วิธีนี้ราคาถูก แต่ต้องคอยตรวจสอบขอบที่ขังไม่ให้รั่ว และหลังเสร็จงานต้องทำความสะอาดขอบที่ดิน หรืออิฐก่อไว้อีก

2) การใช้วัสดุเปียกชื้น เหมาะกับงานแนวดิ่ง และราบ โดยใช้กระสอบป่านคลุมผิวคอนกรีต ราดน้ำให้ชุ่ม และอาจใช้วัสดุได้อีกหลายอย่างเช่น ทราย ขี้เลื่อย ฟางข้าว กระดาษ วิธีนี้ราคาถูก แต่ต้องคอยราดน้ำอยู่ตลอดเวลา

3) การใช้แผ่นพลาสติกคลุม (Plastic Film) ป้องกันการระเหยของน้ำในคอนกรีต ปฏิบัติงานง่าย ไม่แพง และไม่ต้องราดน้ำ แต่ต้องระวังไม่ให้พลาสติกฉีกขาด หรือปลิวลม

4) การใช้สารเคมี (Curing Compound) เหมาะกับงานช่วงกว้าง ๆ ที่มีความลำบากกว่าวิธีอื่น เป็นการพ่นเคลือบผิวคอนกรีตเป็นเยื่อบาง ๆ ต่อเนื่องกัน

ภาพประกอบที่ 21 การป้องกันด้วยการเพิ่มน้ำหรือป้องกันการระเหยที่มากเกินไป

ปริมาณความชื้นที่เพียงพอ ปริมาณของน้ำที่ผสมในคอนกรีตโดยทั่วไปแล้วจะมีมากพอสำหรับการบ่ม อย่างไรก็ตามการสูญเสียน้ำจากการระเหยมากเกินไปอาจลดปริมาณน้ำในคอนกรีตจนน้อยกว่าปริมาณน้ำที่จำเป็นสำหรับใช้พัฒนาคุณสมบัติที่ต้องการ ผลกระทบของการระเหยที่รวดเร็วควรได้รับการป้องกันด้วยการเพิ่มน้ำหรือป้องกันการระเหยที่มากเกินไป

ระยะเวลาบ่ม ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตขึ้นอยู่กับชนิดของปูนซีเมนต์ กำลังคอนกรีตที่ต้องการ ขนาดรูปร่าง และอุณหภูมิความชื้นที่บ่ม แต่โดยทั่วประมาณ 7 - 28 วัน หรืออาจใช้เกณฑ์ดังตารางนี้

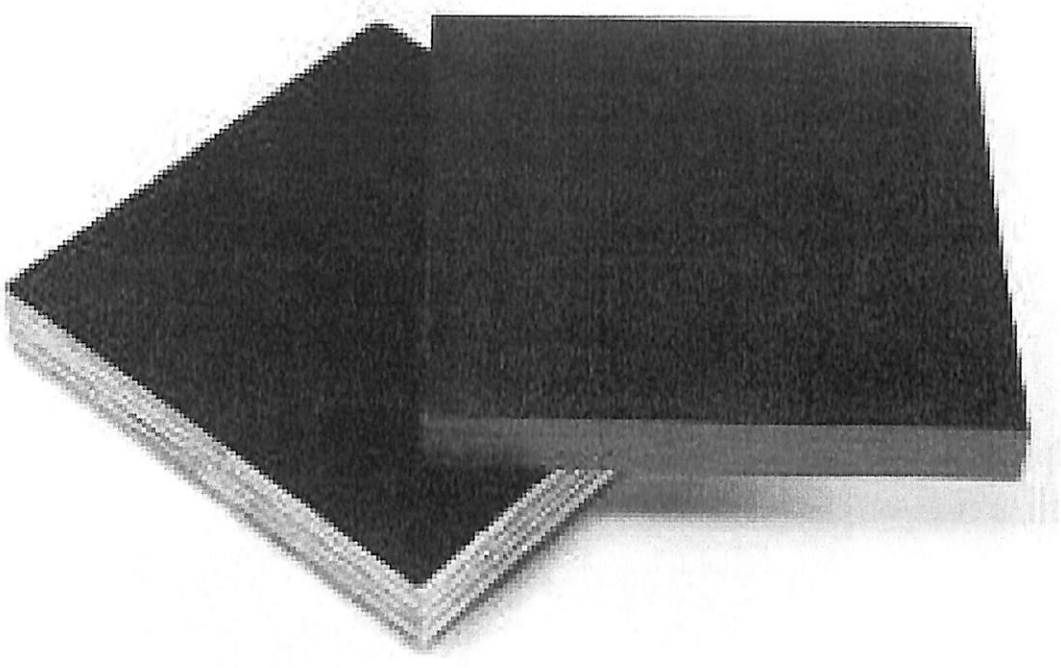
ตารางที่ 6 ประเภทของงานคอนกรีต

ประเภทของงานคอนกรีต	เวลาในการบ่ม (วัน)		
	ปูนซีเมนต์ตรา เสือ งูเห่า นกอินทรีย์	ปูนซีเมนต์ช้างพญานาคสีเขียวและเพชร	ปูนซีเมนต์เอราวัณ พญานาคสีแดงและสามเพชร
-งานธรรมดา			
เสา คาน กำแพง	7	7	4
พื้นบ้าน	8	8	4
ถนนในบ้านถนนชั้นหนึ่ง	-	14	7
ทางวิ่งของเครื่องบินเข็มสำหรับจะนำไปตอกเป็นฐาน	21	14	7
-งานพิเศษ			
แผ่นพื้นบาง ๆ	14	14	7
รูหล่อที่เล็กบาง ซึ่งมีปูนซีเมนต์จำนวนมาก	-	21	7

งานแบบไม้หล่อคอนกรีต

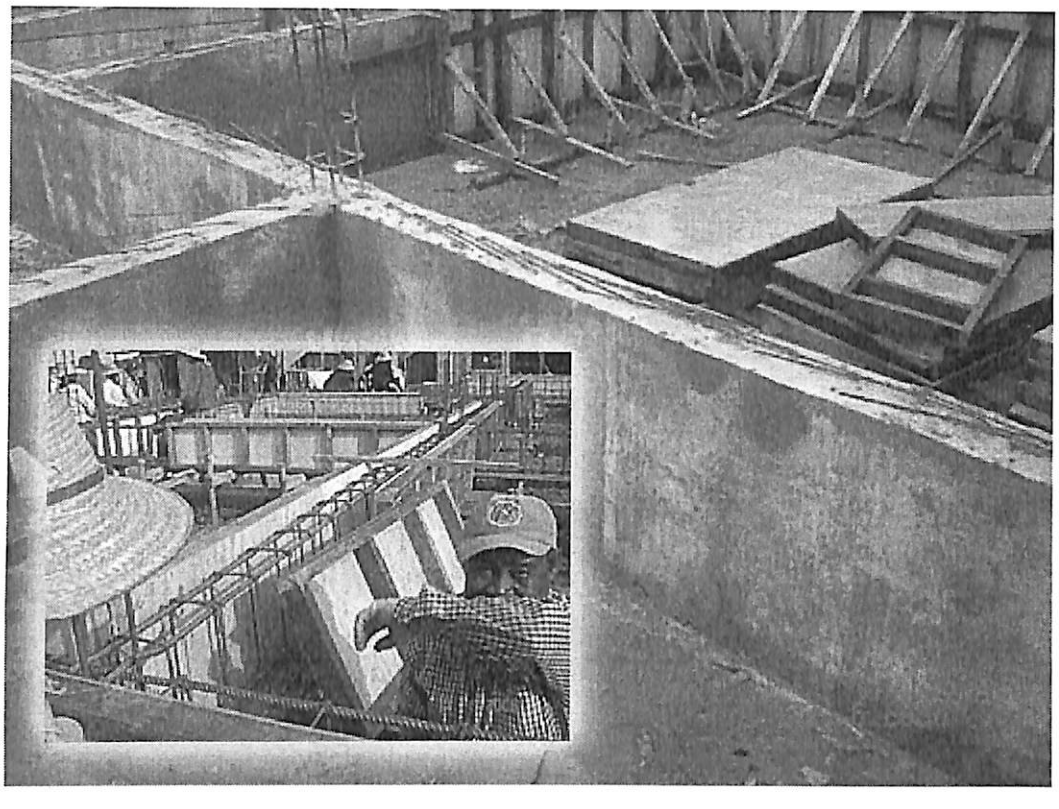
ไม้อัดชนิดไม้บาง (Plywood) แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

1. แบบแผ่นไม้อัด ซึ่งมีลักษณะเป็นไม้แผ่นบางๆมาอัดกาวทาเรียงต่อกันเป็นชั้นๆ
2. แบบแผ่นไม้อัดไส้ระแนง มีลักษณะเป็นแผ่นไม้อัดประกบหน้าหลัง ส่วนตรงกลางเป็นไม้ระแนง



ภาพประกอบที่ 22 แบบแผ่นไม้อัด

ไม้อัดชนิดบางนี้มักจะถูกนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป เพราะมีราคาไม่แพง เรื่องของความหนาของไม้อัดก็เป็นอีกเรื่องหนึ่งที่มีความสำคัญและควรรู้เอาไว้ว่า ขนาดความหนาของไม้อัดที่นิยมเรียกกันจะอยู่ที่ 3, 4, 6, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร แต่ให้พึงระลึกไว้เสมอว่าตัวเลขความหนาเหล่านี้เป็นเพียงตัวเลขที่ใช้เรียกกันเท่านั้น ส่วนความหนาจริงๆ มักจะไม่เป็นไปตามตัวเลขที่ใช้เรียกกัน (แน่นอนครับว่า) มักจะน้อยกว่า ดังนั้นหากเราต้องการไม้อัดมาใช้สำหรับทำงานที่มีความละเอียดเราควรเตรียมเครื่องมือวัดติดตัวไปด้วย เมื่อจะไปทำการซื้อไม้อัด



ภาพประกอบที่ 23 แบบแผ่นไม้อัดไส้ระแนง

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งเกรดของไม้อัดออกเป็นเกรด A, B และ C ซึ่งพอจะแบ่งอธิบายได้คร่าวๆดังนี้

เกรด A คือไม้อัดที่มีขนาดและความหนาได้มาตรฐาน และมีผิวหน้าเรียบสวย และสามารถใช้ในงานโชว์ผิวไม้ได้ทั้งสองด้าน

เกรด B คือไม้อัดที่อาจมีขนาดความหนาไม้ได้ตามที่ระบุไว้ ผิวหน้าเรียบพอสมควร บางครั้งอาจเรียบสวยเพียงแค่ด้านเดียว

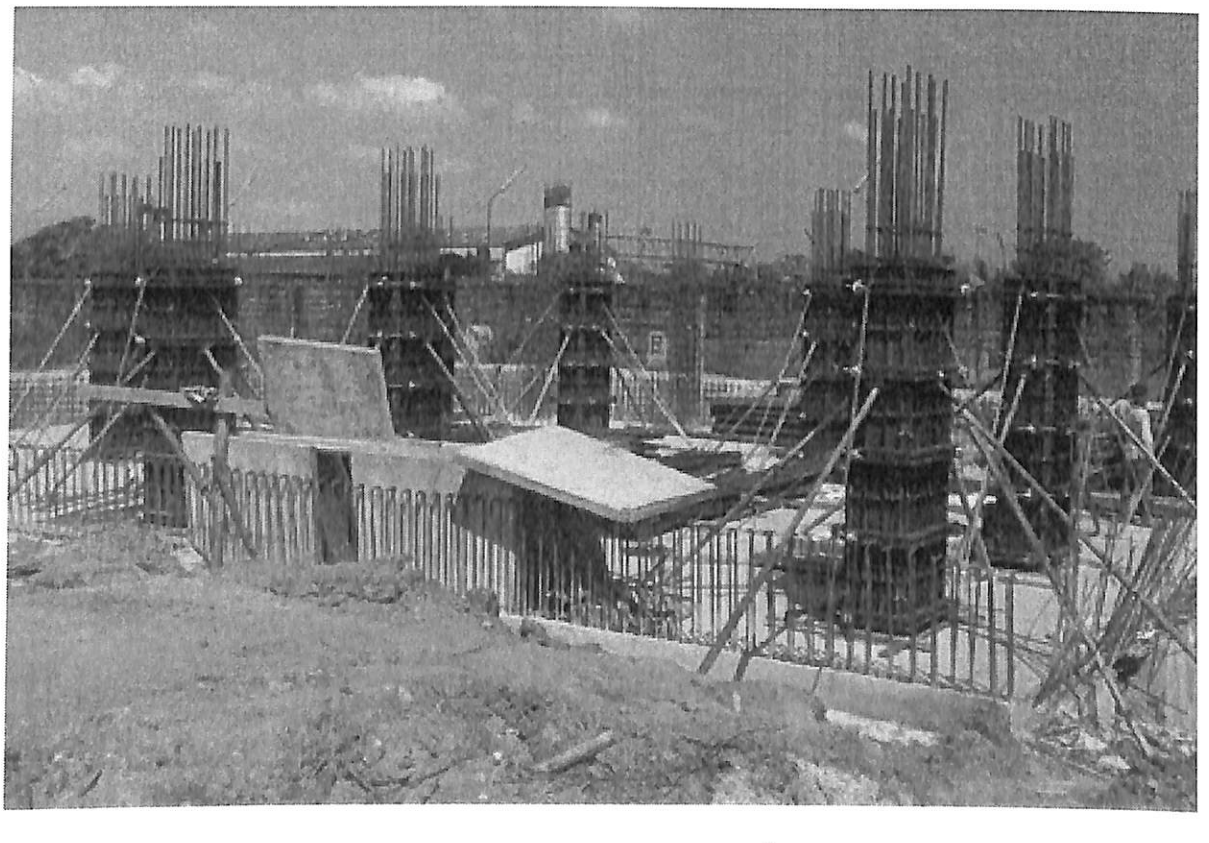
เกรด C คือไม้อัดที่อาจมีขนาดความหนาไม้ได้ตามที่ระบุไว้ ผิวหน้าอาจเห็นเป็นชิ้นไม้ต่อๆ กัน ไม่นิยมนำมาใช้ทำผนังอาคาร แต่มักนำไปใช้ทำแบบหล่อสำหรับเทคอนกรีต *(Website บ้านและสวน, 2554, ไม้อัด, recommend)*

การถอดแบบหล่อและค้ำยัน

1) จะถอดแบบหล่อและค้ำยันออกได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดเพียงพอที่จะสามารถรับน้ำหนักของคอนกรีตและน้ำหนักอื่นๆ ที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างต่อไป

2) ขั้นตอนและระยะเวลาในการถอดแบบและค้ำยัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ ส่วนผสมของคอนกรีต ความสำคัญของโครงสร้าง ชนิดและขนาดของโครงสร้าง น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง อุณหภูมิ และอื่นๆ

3) กรณีโครงสร้างทั่วไปซึ่งมิได้มีข้อกำหนดระบุไว้ สามารถถอดแบบหล่อและค้ำยัน โดยมีค่ากำลังอัดของคอนกรีตขั้นต่ำ *(ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต", คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, มาตรฐานว.ส.ท. E.I.T Standard 1014-40)*



ภาพประกอบที่ 24 แบบหล่อและค้ำยัน

การถอดแบบ

การถอดแบบหล่อและที่รองรับ ให้กระทำโดยถือความปลอดภัยของโครงสร้างเป็นสำคัญ หลังจากเทคอนกรีตแล้วจะต้องคงที่รองรับไว้กับที่เป็นเวลาไม่น้อยกว่าที่กำหนดข้างล่าง ในกรณีที่ใช้ปูนซีเมนต์ชนิดให้กำลังสูงเร็ว อาจลดระยะเวลาดังกล่าวลงได้ตามความเห็นชอบของวิศวกร

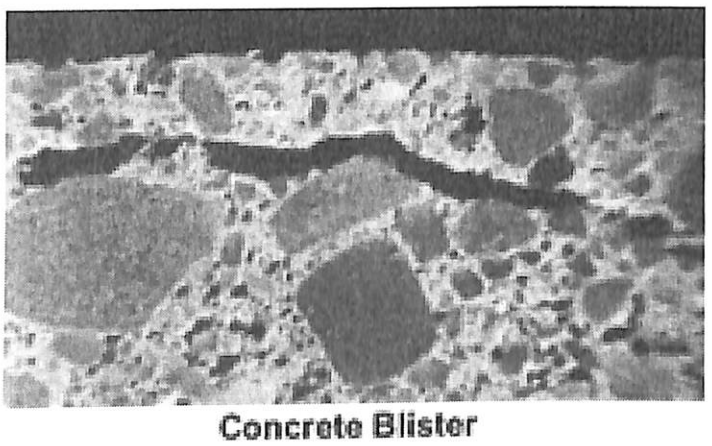
แบบหล่อท้องคาน	21 วัน
แบบหล่อใต้แผ่นพื้น	21 วัน
ผนัง	48 ชั่วโมง
เสา	48 ชั่งโมง
ข้างคานและส่วนอื่นๆ	48 ชั่วโมง

(Website ห้างหุ้นส่วนจำกัด วงษ์ทิพย์ เอ็นจิเนียริ่ง, 2554, งานแบบหล่อคอนกรีต, สาระน่ารู้)

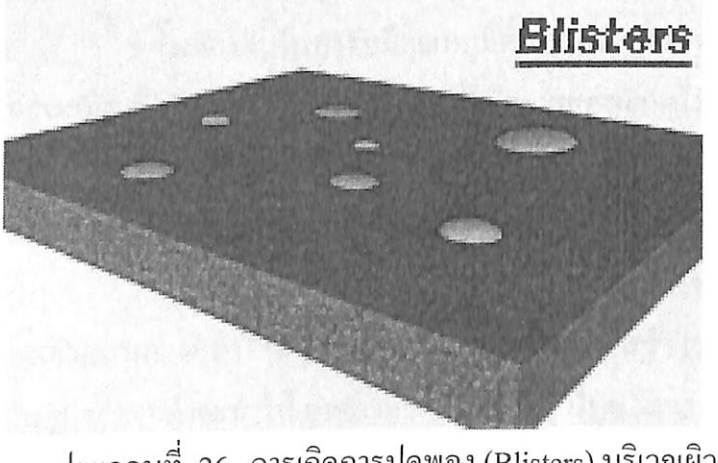
ภาพประกอบที่ 25 แบบหล่อและค้ำยัน

การเกิดผิวหน้าคอนกรีตปูดพอง (Concrete Blisters)

การเกิดการปูดพอง (Blisters) บริเวณผิวหน้าคอนกรีตจริงๆ แล้วคือโพรงอากาศที่ถูกกักไว้ภายใต้ผิวหน้าของคอนกรีต ซึ่งจะทำให้บริเวณผิวหน้าคอนกรีตมีลักษณะตะปุ่มตะป่ำมีขนาดตั้งแต่เท่าเหรียญห้าสิบสตางค์ไปจนถึงขนาด 1 นิ้ว แต่บางครั้งอาจจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 2-3 นิ้ว ก็เป็นไปได้ ในขั้นตอนการแต่งผิวหน้าคอนกรีตถ้าใช้เกรียงปาดผิวหน้าคอนกรีตซ้ำไปซ้ำมามากๆ ชั้นของมอร์ต้าบางๆ ซึ่งมีความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร ก็จะกักฟองอากาศให้อยู่ข้างใต้นั้น โดยการเกิดผิวหน้าปูดพองมักจะเกิดขึ้นภายหลังการแต่งผิวหน้าคอนกรีตไม่นานนักเป็นการยากมากที่จะสังเกตเห็นการเกิดผิวหน้าปูดพองที่มีขนาดเล็กๆในการเทคอนกรีตในสถานที่ที่มีแสงสว่างไม่เพียงพอ ซึ่งส่วนใหญ่จะทราบก็ต่อเมื่อพบว่าผิวหน้าคอนกรีตเกิดความเสียหายแล้ว



Concrete Blister



ภาพประกอบที่ 26 การเกิดการปูดพอง (Blisters) บริเวณผิวหน้าคอนกรีต

สาเหตุของการเกิดผิวหน้าคอนกรีตปูดพอง

ผิวหน้าคอนกรีตปูดพองจะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าในขณะที่คอนกรีตยังไม่แข็งตัว โดยจะเกิดขึ้นเนื่องจากฟองอากาศที่ถูกกักเอาไว้ หรือเกิดจากน้ำที่เยิ้มขึ้นมา (Bleeding) บริเวณผิวหน้าของคอนกรีตแต่ได้ถูกกักเอาไว้เนื่องจากการแต่งผิวหน้าคอนกรีตก่อนเวลาอันควร โดยการเกิดผิวหน้าคอนกรีตปูดพองโดยทั่วไปมักจะเกิดขึ้นจากปัจจัยเหล่านี้

1.การจี้เขย่าคอนกรีตที่น้อยเกินไปหรือมากจนเกินไป โดยการจี้เขย่าที่น้อยเกินไปนั้นจะทำให้ฟองอากาศยังคงอยู่ภายในเนื้อคอนกรีต ส่วนการจี้เขย่าที่มากจนเกินไปนั้นอาจเกิดขึ้นจากการใช้เครื่องเขย่าชนิดวางบนผิวคอนกรีต (vibrating screeds) ถ้าเขย่ามากเกินไปจะทำให้มอร์ต้าลอยขึ้นมาอยู่บริเวณผิวหน้าของคอนกรีตเป็นจำนวนมาก

2.การใช้เครื่องมือที่ไม่เหมาะสมกับการแต่งผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบ หรือการใช้อย่างไม่ถูกวิธี โดยควรมีการทดสอบปาดหน้าคอนกรีตด้วยเกรียงที่ทำจากวัสดุต่างๆ โดยเกรียงที่เลือกใช้ควรเรียบไม่ขรุขระ

3.ในสภาวะอากาศที่ร้อน ลมแรง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะทำให้ผิวหน้าของคอนกรีตสูญเสียน้ำออกไปอย่างรวดเร็วจนทำให้ผิวหน้าแข็งจนสามารถแต่งผิวหน้าคอนกรีตได้ (ขณะที่ในความเป็นจริงยังต้องรอ) แต่ภายในเนื้อคอนกรีตยังไม่แข็งตัวดี ลักษณะเช่นนี้จะเป็นการปิดกั้นน้ำและฟองอากาศที่จะลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของคอนกรีต

4.การใช้คอนกรีตที่ผสมสารกักกระจายฟองอากาศหรือการใช้ปริมาณมากกว่าปกติ ซึ่งอัตราการเยิ้มและปริมาณของน้ำที่เยิ้ม จะลดลงอย่างมากเมื่อใส่สารกักกระจายฟองอากาศในคอนกรีต จึงอาจเป็นสาเหตุของการแต่งผิวหน้าคอนกรีตก่อนเวลาอันควร

5.ชั้นของดินที่รองรับมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณภูมิอากาศมาก สภาพเช่นนี้จะทำให้ผิวหน้าของคอนกรีตแข็งตัวเร็วกว่าด้านล่างจึงทำให้เกิดการแต่งผิวหน้าคอนกรีตก่อนเวลาอันควร

6.ความหนาของพื้นจะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาของการเยิ้มน้ำและฟองอากาศที่จะขึ้นมาที่ผิวหน้า ฉะนั้นพื้นที่หนาๆ ก็จะใช้เวลาที่นานกว่าระยะเวลาที่เคยทำงานตามปกติ

7.คอนกรีตที่มีความข้นเหลว (Slump) ต่ำๆ เนื่องจากมีปริมาณวัสดุประสานหรือใช้ทรายที่ละเอียดมากๆ จะทำให้มีอัตราการเยิ้มน้อยหรือเกิดขึ้นช้า กลับกันถ้าส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ปริมาณวัสดุประสานต่ำจะทำให้เกิดการเยิ้มอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาที่สั้นกว่า สำหรับคอนกรีตที่มีแนวโน้มที่จะมีอัตราการเยิ้มช้าจะต้องยืดเวลาการแต่งผิวหน้าออกไป

8.การสาดปูนซีเมนต์ผงลงบนผิวหน้าคอนกรีตเพื่อทำการขัดหน้านั้นเป็นการแต่งผิวหน้าคอนกรีตโดยทำเร็วกว่าเวลาอันสมควรโดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ควรทำในคอนกรีตที่ผสมสารกักกระจายฟองอากาศ

9.การเทคอนกรีตโดยตรงบนวัสดุกันน้ำหรือที่รองรับที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้นั้นจะทำให้น้ำที่เยิ้มขึ้นมาบนผิวหน้าคอนกรีตมากขึ้นเนื่องจากชั้นดินที่รองรับไม่สามารถดูดซึมน้ำในคอนกรีตบางส่วนไว้ได้

วิธีการป้องกันการเกิดผิวหน้าคอนกรีตปูดพอง

1.ควรใช้ความระมัดระวังในการแต่งผิวหน้าคอนกรีตเพิ่มมากขึ้น เพราะบางครั้งผิวหน้าของคอนกรีตอาจดูเหมือนพร้อมสำหรับการแต่งผิวหน้าได้ก่อนเวลาปกติที่สามารถทำได้ อีกทั้งไม่ควรปาดหน้าคอนกรีตซ้ำไปซ้ำมาจนมอร์ต้าลอยขึ้นมาอยู่บริเวณผิวหน้ามากเกินไป

2.ในสภาวะอากาศที่มีอัตราการระเหยสูงถ้ายังไม่สามารถแต่งผิวหน้าคอนกรีตได้ภายหลังจากที่เทคอนกรีตเสร็จแล้ว ให้คลุมผิวหน้าด้วยพลาสติกหรือวัสดุกันน้ำอื่นๆ ไว้ในช่วงระหว่างที่รอเพื่อป้องกันน้ำที่ผิวหน้าระเหยออกเร็วเกินไป โดยเหลือเปิดไว้เฉพาะส่วนที่คาดว่ายังเกิดการเยิ้มอยู่

3.ในการปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยแปรงปาด ควรเลือกใช้ใบปาดที่มีความเรียบไม่ขรุขระเพื่อหลีกเลี่ยงการกระจายน้ำหนักที่ไม่เท่ากันลงบนผิวหน้าคอนกรีต

4.ใช้น้ำยาเร่งการก่อตัวหรือใช้คอนกรีตที่มีความร้อนสูงกว่าปกติ เพื่อป้องกันการเกิดผิวหน้าคอนกรีตปูดพองเนื่องจากอากาศที่หนาวเย็น

5.ควรหลีกเลี่ยงการใช้คอนกรีตที่ผสมสารกักกระจายฟองอากาศในการเทพื้นภายในอาคาร และไม่ควรใช้เกรียงเหล็กในการแต่งผิวหน้าของคอนกรีตที่ผสมสารกักกระจายฟองอากาศ

6.ในขณะการแต่งผิวหน้าคอนกรีตถ้าเกิดการปูดพองขึ้นให้พยายามใช้เกรียงขัดซ้ำบริเวณที่เกิดให้เรียบหรือใช้เกรียงฉีกรอยที่ปูดออกแล้วขัดซ้ำด้วยเกรียงที่ทำจากไม้ รวมทั้งยืดเวลาการแต่งผิวหน้าให้นานออกไป

7.ในการเทคอนกรีตในสภาวะที่มีอัตราการระเหยสูงควรจะต้องมีการป้องกัน โดยการทำที่กั้นลม (wind breaks) เพื่อไม่ให้ลมสัมผัสกับผิวหน้าคอนกรีตโดยตรง รวมทั้งทำการฉีดพ่นน้ำให้เป็นละอองฝอยทันทีหลังการแต่งผิวหน้าเสร็จและคลุมด้วยกระสอบเปียกหรือใช้แผ่นพลาสติกคลุมทันทีที่ทำได้ ซึ่งข้อแนะนำอื่นๆ สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก ACI 302.1R และ ACI 305

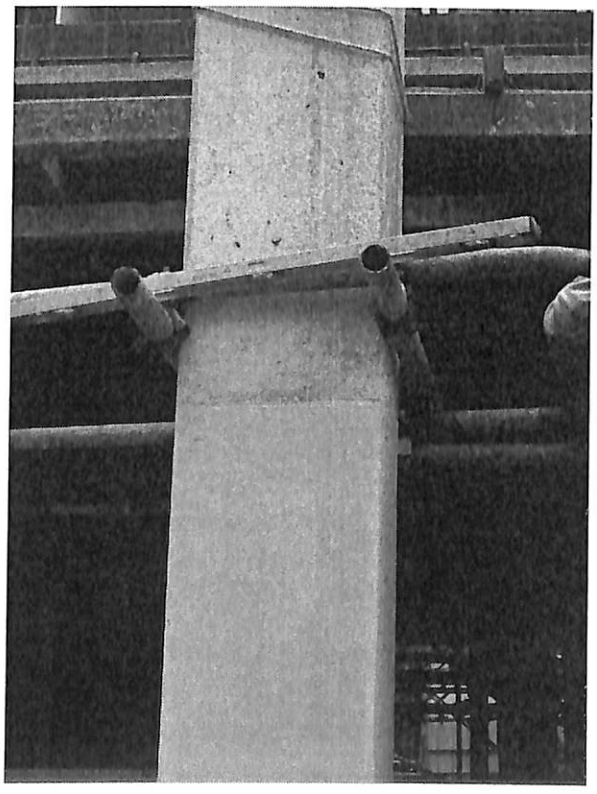
ที่มา : Concrete Blisters, National Ready Mixed Concrete Association U.S.A.
เรียบเรียงโดย : ดร.ปัณฑ์ ปานถาวร, อภินันท์ บัณฑิตนุกูล

การตกแต่งผิวหน้าคอนกรีตที่มีการใช้แบบหล่อ

1.โครงสร้างหรือองค์อาคารที่เป็นคอนกรีตเปลือย จะต้องมีการควบคุมการคอนกรีตและการทำให้คอนกรีตแน่น เพื่อให้ได้ผิวหน้าที่มีมอร์ต้าร์ปกคลุมจนทั่ว

2.รอยสันหรือนูนบนผิวคอนกรีตควรได้รับการกำจัดเพื่อให้ได้ผิวหน้าคอนกรีตที่เรียบ ส่วนรูพรุนหรือรอยแตกควรทำการซ่อมแซมด้วยมอร์ต้าร์หรือคอนกรีตที่มีส่วนผสมที่เหมาะสม โดยการสกัดคอนกรีตส่วนที่ไม่แข็งแรงออก พรมน้ำให้เปียกแล้วจึงซ่อมด้วยมอร์ต้าร์หรือคอนกรีตที่เตรียมไว้

3.ในกรณีที่เกิดรอยแตกร้าวอย่างรุนแรงเนื่องจากการหดตัว หรือจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ต้องทำการซ่อมแซมโดยวิธีที่เหมาะสม *(ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต", คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, มาตรฐาน ว.ส.ท. E.I.T Standard 1014-40)*



ภาพประกอบที่ 27 การตกแต่งผิวหน้าคอนกรีตที่มีการใช้แบบหล่อ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ชาคริต วิชชาบุญศิริ (2553)) การศึกษาเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างโครงหลังคาสำเร็จรูปและเหล็กรูปพรรณสำหรับบ้านเดี่ยวขนาดกลาง โดยผู้วิจัยสนใจศึกษาข้อดีของการนำโครงหลังคาสำเร็จรูปมาใช้แทนโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกัน โดยมีขอบเขตของเนื้อหาเป็นบ้านเดี่ยวขนาดกลาง ขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการศึกษาส่วนประกอบต่างๆ และการติดตั้งโครงหลังคา จากนั้นสำรวจและเก็บข้อมูลจากตัวอย่างบ้านจำนวน 4 ตัวอย่าง โดยใช้แบบสังเกต จดบันทึกและถ่ายรูปแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกัน ผลการวิจัยสรุปว่า โครงหลังคาสำเร็จรูปใช้ระยะเวลาน้อยกว่าโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ 55.56 % และใช้ต้นทุนมากกว่า โครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ 27.19 % แต่มีคุณภาพดีกว่าโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ 37.14 % ผลการวิจัยที่ได้สามารถใช้เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการเลือกใช้ระบบการก่อสร้างโครงหลังคาโดยสามารถลดระยะเวลาก่อสร้าง ควบคุมต้นทุนและคุณภาพของงานแน่นอนยิ่งขึ้น จึงเป็นที่มาของแนวคิดที่จะทำงานวิจัยนี้และผู้วิจัยจึงได้นำมาเป็นต้นแบบของงานวิจัยและ ทำการค้นคว้าเพิ่งเติมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการทำวิจัยเพิ่มเติมได้แก่ งานวิจัยของ ธรรมนูญ สังขรักษ์ (2551)ที่กล่าวถึงการประมาณค่าเวลามาตรฐานและค่าอัตราผลผลิต โดยวิธีการสังเคราะห์ กรณีศึกษา : งานประกอบและงานติดตั้ง โครงหลังคาเหล็กแบบสมาร์ททรัส (Smart Truss) และงานมุงหลังคาด้วยกระเบื้องซีแพคโมเนีย (CPAC Monier) สามารถนำไปใช้ในการประมาณช่วงเวลาที่เหมาะสมให้กับโครงการก่อสร้างบ้านต่างๆ ที่ใช้โครงหลังคาแบบสมาร์ททรัส (Smart Truss) และการใช้กระเบื้องหลังคาซีแพคโมเนีย (CPAC Monier) ซึ่งจะทำให้การวางแผนของงานดังกล่าวมีความแม่นยำมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการวางแผนแบบการใช้การวางแผนเพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังสามารถใช้อัตราผลผลิตที่คำนวณได้เป็นเครื่องมือในการควบคุมการปฏิบัติงานได้อีกด้วยและงานวิจัยของธีรพล กลมสวรรค์ (2549)การประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมงานก่อสร้าง โดยวิธี Work Study : โครงหลังคาเหล็ก ซึ่งศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากพฤติกรรมแรงงานที่ทำให้เกิดความล่าช้าของงาน ที่อาจเกิดขึ้นจากความยากง่ายของงานอันเนื่องมาจากชนิด และความแตกต่างของโครงสร้างปัญหาทางด้านวัสดุอุปกรณ์ในการทำงาน ปัญหาจากข้อจำกัดของสภาพภูมิอากาศที่ไม่อำนวยต่อการปฏิบัติงาน รวมไปถึงปัจจัยด้านอื่นๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้เปรียบเทียบให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ

แรงงาน ซึ่งสามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนและปรับปรุงระบบการทำงานก่อสร้าง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานมากขึ้นต่อไปทั้งหมดมาเป็นแนวทางในการเขียนงานวิจัยนี้

สรุปแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยโครงหลังคาสำหรับอาคารคลังสินค้าขนาดใหญ่ ที่ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างโครงหลังคาแบบโครงข้อแข็งสามมิติ (Space Rigid Frame)และ โครงสร้างหลังคาแบบโครงถักหรือโครงข้อหมุน (Steel Truss) ส่วนประกอบจะแตกต่างกันบ้างแต่มีวัตถุประสงค์ของการใช้งานตรงกัน เนื่องจากการออกแบบ และวิธีการก่อสร้างมีผลต่อต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้าง จึงทำให้ข้อมูลข้างต้น นำไปสู่การเปรียบเทียบในเรื่องของ ระยะเวลาในการก่อสร้าง ต้นทุนในการก่อสร้างโดยได้แนวทางในการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลการวิจัยในเรื่องศึกษาการเปรียบเทียบระบบการก่อสร้างโครงหลังคาสำเร็จรูปและเหล็กรูปพรรณสำหรับบ้านเดี่ยวขนาดกลาง เป็นแนวทางในบทต่อไป

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(กัมปนาท สมัครการ, กิตติ มหาวงศนันท์ , อธิปรัชญ์ คงคาสวรรค์, และดร.ปิติวัฒน์ วัฒนชัย.

(2553). การศึกษาผลของหินปูนชั้นระดับนคุณภาพทั่วไปในมอร์ต้าร์ปรับระดับต่อการไหล)