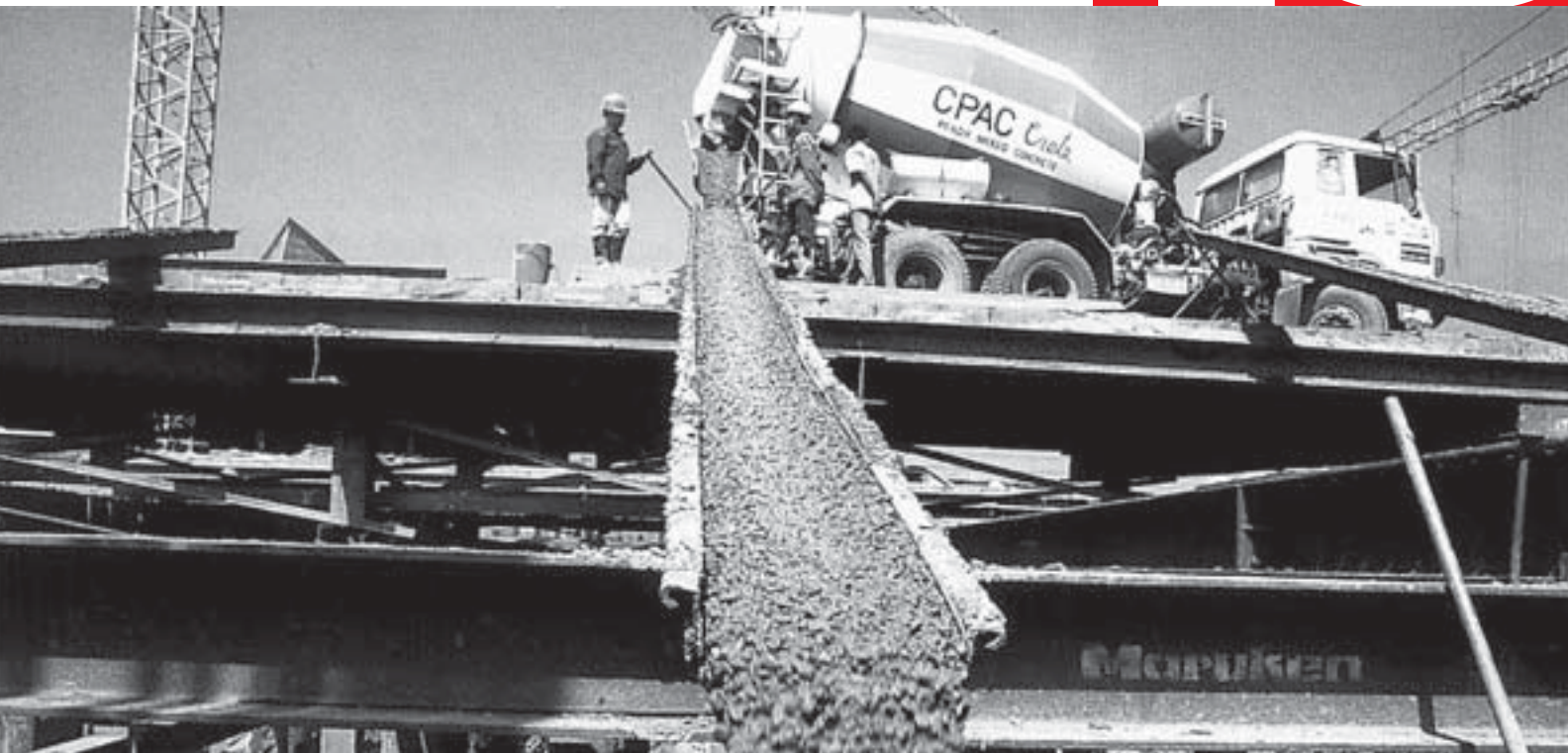


การเลือกใช้ส่วนผสม การชั่งตวง การผสม การลำเลียง การเท การอัดแน่น และการแต่งผิวหน้าคอนกรีต

บทที่

13



รูปที่ 13-1 การลำเลียงและการเทคอนกรีตงานฐานรากแผ่นขนาดใหญ่โดยวิธีการใช้รถคอนกรีตผสมเสร็จร่วมกับราง

บทคัดย่อ

การทำคอนกรีตสำหรับงานโครงสร้างให้มีคุณภาพดีตามข้อกำหนดนั้น นอกเหนือจากการเลือกใช้วัสดุผสมคอนกรีตชนิดต่าง ๆ ที่มีคุณภาพดีและสม่ำเสมอแล้ว ยังมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเลือกใช้ส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน และที่สำคัญคือ การควบคุมกระบวนการผลิตคอนกรีตที่ดีทุกขั้นตอน อันได้แก่ การชั่งตวงวัสดุผสมคอนกรีต, การผสมคอนกรีต, การลำเลียงคอนกรีต, การเทคอนกรีต, การอัดแน่นคอนกรีต, การแต่งผิวหน้าคอนกรีต, การบ่มคอนกรีต, และการถอดแบบหล่อคอนกรีต โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทุกขั้นตอน ยกเว้นการบ่มและการถอดแบบหล่อคอนกรีต ซึ่งจะได้กล่าวไว้ในบทถัดไป

ความผิดพลาดในการชั่งตวงวัสดุผสมคอนกรีตแต่ละชนิด จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของคอนกรีตโดยตรง ดังนั้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการชั่งตวงวัสดุผสมคอนกรีตแต่ละชนิดก่อนการผสมให้ถูกต้องและแม่นยำเพียงพอกับลักษณะงานก่อสร้างนั้น ๆ แล้วจึงทำการผสมคอนกรีต เพื่อให้คอนกรีตสดมีเนื้อสม่ำเสมอทุกส่วน และผิวมวลรวมทั้งหมดถูกเคลือบด้วยซีเมนต์เพสต์ ต่อจากนั้นจึงลำเลียงคอนกรีตจากบริเวณที่ผสมไปยังบริเวณที่จะเทลงแบบหล่อ ทำการเทคอนกรีตให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุด ในแบบหล่อ โดยต้องทำอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการแยกตัว ในขณะที่เดียวกันก็ทำการอัดแน่นคอนกรีต เพื่อไล่ฟองอากาศออกจากคอนกรีตสดที่เทแล้วให้มากที่สุด แล้วจึงทำการแต่งผิวหน้าคอนกรีต เพื่อให้ผิวหน้าคอนกรีตมีความสวยงาม ความแข็งแรง และมีความเรียบเหมาะสมกับการใช้งาน



13.1 บทนำ

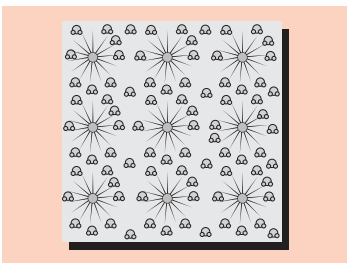
การทำคอนกรีตสำหรับงานโครงสร้างให้มีคุณภาพดีตามข้อกำหนดนั้น นอกเหนือจากการเลือกใช้วัสดุผสมคอนกรีตชนิดต่าง ๆ ที่มีคุณภาพดีและสม่ำเสมอแล้ว ยังมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเลือกใช้ส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน และที่สำคัญคือ การควบคุมกระบวนการผลิตคอนกรีตที่ดีทุกขั้นตอน อันได้แก่ การชั่งตวงวัสดุผสมคอนกรีต, การผสมคอนกรีต, การลำเลียงคอนกรีต, การเทคอนกรีต, การอัดแน่นคอนกรีต, การแต่งผิวหน้าคอนกรีต, การบ่มคอนกรีต, และการถอดแบบหล่อคอนกรีต โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทุกขั้นตอน ยกเว้นการบ่มและการถอดแบบหล่อคอนกรีต ซึ่งจะได้กล่าวไว้ในบทถัดไป

13.2 การเลือกใช้ส่วนผสมคอนกรีต

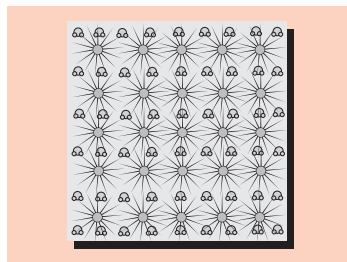
ส่วนผสมคอนกรีต คือ สัดส่วนโดยปริมาตรหรือโดยน้ำหนักของวัสดุต่าง ๆ ที่นำมาผสมเป็นคอนกรีต โดยทั่วไป ประกอบด้วย ปริมาณปูนซีเมนต์ น้ำผสมคอนกรีต มวลรวม และอาจมีน้ำยาผสมคอนกรีตหรือสารผสมเพิ่มชนิดอื่น ๆ ด้วย

ส่วนผสมคอนกรีตที่ดี จะใช้ปริมาณน้ำในส่วนผสมให้น้อยที่สุด โดยมีความสามารถในการเทได้พอเพียงกับลักษณะการใช้งาน รวมทั้งมีคุณสมบัติอื่น ๆ ตามที่ต้องการ เช่น กำลังรับแรง, ความคงทน, และความทึบน้ำ เป็นต้น

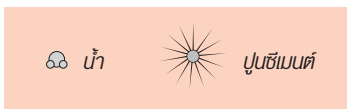
การเลือกใช้ส่วนผสมคอนกรีตอย่างถูกต้องถือเป็นสิ่งที่สำคัญมากไม่น้อยไปกว่าการเลือกใช้วัสดุผสมคอนกรีต ทั้งนี้เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีและมีต้นทุนหรือราคาที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน



ก) คอนกรีตที่มีปริมาณปูนซีเมนต์น้อยและมีปริมาณน้ำมาก



ข) คอนกรีตที่มีปริมาณปูนซีเมนต์มากและมีปริมาณน้ำน้อย



รูปที่ 13-2 คอนกรีตที่มีปริมาณปูนซีเมนต์มากและมีปริมาณน้ำน้อย จะมีความแข็งแรงมากกว่า เพราะมีการเชื่อมประสานกันระหว่างอนุภาคปูนซีเมนต์ที่อยู่ใกล้กันมากกว่า

● ประเภทของส่วนผสมคอนกรีต

สามารถแบ่งส่วนผสมคอนกรีตที่มีใช้อยู่โดยทั่วไปได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

1. ส่วนผสมคอนกรีตโดยปริมาตร

คือ สัดส่วนโดยปริมาตรของวัสดุผสมคอนกรีตชนิดต่าง ๆ โดยประมาณอย่างคร่าว ๆ โดยทั่วไปนิยมใช้เป็นอัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่างปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อหิน เช่น ส่วนผสมคอนกรีต สูตร 1 : 2 : 4 หมายถึง การผสมคอนกรีตในแต่ละครั้ง จะต้องใช้ปูนซีเมนต์มีปริมาตร 1 ส่วน, ทรายมีปริมาตร 2 ส่วน, และหินมีปริมาตร 4 ส่วน เป็นต้น ส่วนปริมาณน้ำซึ่งมิได้มีระบุในส่วนผสมนั้น มักขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ผสมคอนกรีต

ส่วนผสมคอนกรีตโดยปริมาตร นิยมใช้กันในงานก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตขนาดเล็กโดยทั่วไป ที่ไม่เคร่งครัดเรื่องคุณภาพ

ส่วนผสมคอนกรีต โดยปริมาตร (ปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน)	การใช้งานก่อสร้าง โครงสร้างคอนกรีต ขนาดเล็กโดยทั่วไป
สูตร 1 : 3 : 5	คอนกรีตหยาบ, ใช้ปรับระดับ, รับกำลังได้ต่ำ
สูตร 1 : 2 : 4	โครงสร้างคอนกรีตทั่วไป เช่น พื้น ลาน เสา คาน ตอม่อ เป็นต้น
สูตร 1 : 1.5 : 3	ถนน และโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรงมากขึ้น
สูตร 1 : 1.5 : 2 ⁽¹⁾	โครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรงและความทนทานมากขึ้น

ตารางที่ 13-1 ส่วนผสมคอนกรีตโดยปริมาตรและการใช้งาน

(1) การใช้ส่วนผสมคอนกรีตสูตรนี้ ร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน (เช่น ปูนตราช้างทนน้ำเค็ม ดินเค็ม เป็นต้น) และสารผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำ จะช่วยทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงและความทนทานสูงกว่าการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา อันเป็นผลทำให้โครงสร้างมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

2. ส่วนผสมคอนกรีตโดยน้ำหนัก

คือ สัดส่วนโดยน้ำหนักของวัสดุต่างๆ ที่นำมาผสมเป็นคอนกรีต มีหน่วยเป็นน้ำหนักของวัสดุชนิดนั้นๆ ต่อหน่วยปริมาตรคอนกรีต เช่น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นต้น

ส่วนผสมคอนกรีตโดยน้ำหนัก นิยมใช้กันในงานก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตขนาดกลางและขนาดใหญ่, อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูป, และอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จ เพราะมีความถูกต้องและความแม่นยำสูงกว่าการใช้ส่วนผสมคอนกรีตโดยปริมาตรมาก จึงทำให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีและสม่ำเสมอมากกว่า

13.3 การชั่งตวงวัสดุผสมคอนกรีต

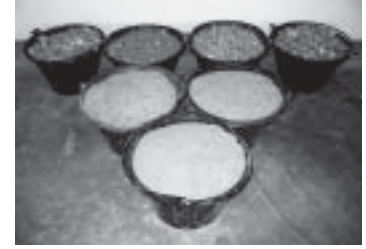
ความผิดพลาดในการชั่งตวงวัสดุผสมคอนกรีตแต่ละชนิด จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของคอนกรีตโดยตรง ดังนั้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการชั่งตวง (Measuring หรือ Batching) วัสดุผสมคอนกรีตแต่ละชนิดก่อนการผสมให้ถูกต้องและแม่นยำเพียงพอกับลักษณะงานก่อสร้างนั้นๆ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพตามต้องการ

● วิธีการชั่งตวงวัสดุผสมคอนกรีต

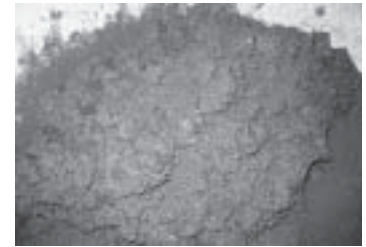
การชั่งตวงวัสดุผสมคอนกรีตอาจทำได้ 2 วิธีคือ การตวงปริมาตร และการชั่งน้ำหนัก

1. การตวงปริมาตรวัสดุผสมคอนกรีต

เหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดเล็ก และคอนกรีตที่มีกำลังอัดค่อนข้างต่ำ แต่หากทำให้ถูกต้องก็สามารถผลิตคอนกรีตที่มีคุณภาพได้พอสมควร โดยผู้รับเหมาควรใช้กระบอกมาตรฐานในการตวงปริมาตรของมวลรวม เพราะจะช่วยเพิ่มความแน่นอนในการวัดมากกว่าการใช้บุงกี้อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ยังมีความแม่นยำต่ำอยู่ เพราะความขึ้นบนผิวมวลรวมจะมีผลต่อหน่วยน้ำหนักอย่างมาก



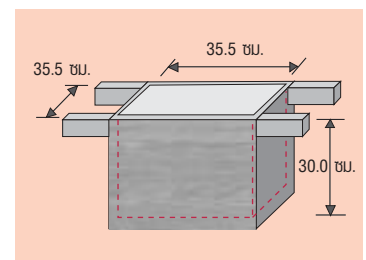
รูปที่ 13-3 การเตรียมส่วนผสมคอนกรีตโดยปริมาตร สูตร 1 : 2 : 4



รูปที่ 13-4 ลักษณะเนื้อคอนกรีตสดที่ใช้ส่วนผสมโดยปริมาตร สูตร 1 : 1.5 : 2



รูปที่ 13-5 งานก่อสร้างขนาดเล็ก มักนิยมใช้การตวงปริมาตรมวลรวมด้วยบุงกี ซึ่งเป็นวิธีการวัดที่มีความไม่แน่นอนสูง ทำให้มักได้คอนกรีตที่มีกำลังอัดต่ำ และมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 13-6 ถังไม้มาตรฐานใช้ในการตวงปริมาตรมวลรวม ช่วยให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอมากขึ้น



โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของมวลรวมละเอียด ซึ่งอาจมีหน่วยน้ำหนักเมื่อขึ้นต่างจากเมื่อแห้งถึง 30% ส่วนการวัดปริมาณปูนซีเมนต์โดยทั่วไป จะประมาณจากจำนวนถุง เพราะปูนซีเมนต์มีน้ำหนักแน่นอน คือ 1 ถุงหนัก 50 กิโลกรัม ส่วนปริมาณน้ำ อาจใช้ค้ำยูปตัวเป็นตัวควบคุม



รูปที่ 13-7 การชั่งน้ำหนักวัสดุผสมคอนกรีตในโรงงานอุตสาหกรรมคอนกรีต

2. การชั่งน้ำหนักวัสดุผสมคอนกรีต

เป็นวิธีที่แน่นอนกว่าการตวงปริมาตรมาก เหมาะสำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตทุกขนาด โดยเฉพาะงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ และเป็นที่ยอมรับใช้ในโรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป และโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ การวัดด้วยน้ำหนักยังมีผลดีต่อการปรับน้ำหนักส่วนผสมตามสภาพความชื้นของมวลรวมอีกด้วย มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตผสมเสร็จ มอก. 213 กำหนดขอบเขตความคลาดเคลื่อนของการชั่งน้ำหนักไว้ ดังสรุปใน ตารางที่ 13-2

วัสดุผสมคอนกรีต	ปริมาณ	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้
ปูนซีเมนต์	น้อยกว่า 200 กก.	± 2%
	มากกว่าหรือเท่ากับ 200 กก.	± 1%
มวลรวม	น้อยกว่า 500 กก.	± 3%
	มากกว่าหรือเท่ากับ 500 กก.	± 2%
น้ำ	-	± 3%
สารผสมเพิ่ม		
สารเคมีผสมเพิ่ม	-	± 3%
แร่ผสมเพิ่ม	-	± 3%

ตารางที่ 13-2 ขอบเขตของความคลาดเคลื่อนของการชั่งน้ำหนักวัสดุเพื่อใช้ผสมคอนกรีตตาม มอก. 213

13.4 การผสมคอนกรีต

การผสมคอนกรีต (Mixing) คือ การนำส่วนผสมคอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ หินหรือกรวด ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มอื่น ๆ (เช่น น้ำยาผสมคอนกรีต) ที่ได้ชั่งตวงตามส่วนผสมคอนกรีตแล้ว มาผสมคลุกเคล้าเข้าด้วยกัน เพื่อให้คอนกรีตสดมีเนื้อสม่ำเสมอทุกส่วน และผิวมวลรวมทั้งหมดถูกเคลือบด้วยซีเมนต์เฟส

การผสมคอนกรีตที่ดี จะทำให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดี แต่ถ้าหากทำการผสมคอนกรีตได้ไม่ดี จะทำให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ มีความสามารถในการรับกำลัง และมีความคงทนต่ำ

ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในงานขนาดเล็ก คือ การผสมคอนกรีตให้เหลวมากเกินไป เพื่อการเทและการอัดแน่นเข้าแบบหล่อได้ง่ายกว่า ส่งผลทำให้คอนกรีตสดเกิดการแยกตัวได้ง่าย เกิดการเยิ้มมากเกินไป และย่อมส่งผลเสียต่อความแข็งแรงและความคงทนของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

● ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิตคอนกรีต

การผลิตคอนกรีตที่ดี ทำได้โดยการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผสมและคุณภาพคอนกรีตให้ถูกต้องเหมาะสม ได้แก่

- **คอนกรีต** : การเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพดี, การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสม, และการผสมคอนกรีตในปริมาณที่เหมาะสมกับเครื่องผสม
- **วิธีการผสมคอนกรีต** : โดยทั่วไป วิธีการผสมด้วยเครื่องผสมจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการผสมด้วยมือ ทำให้ได้คอนกรีตที่มีความสม่ำเสมอมากกว่า
- **เครื่องผสม** : ชนิดและขนาดเครื่องผสม, สภาพเครื่องผสม อาทิ ใบกวน, ใบปาด, อัตราการหมุนของเครื่องผสม, ระยะห่างระหว่างใบกวนและใบปาดกับพื้นและผนังเครื่องผสม
- **ขั้นตอนการป้อนวัสดุลงเครื่องผสม** : ไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอนเกี่ยวกับลำดับการป้อนวัสดุลงเครื่องผสม แต่โดยทั่วไป อาจทำได้โดยการป้อนมวลรวมแล้วตามด้วยปูนซีเมนต์ และสุดท้ายตามด้วยน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีตพร้อมกัน
- **เวลาผสมคอนกรีต** : เลือกใช้เวลาผสมคอนกรีตที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้คอนกรีตมีเนื้อสม่ำเสมอทุก ๆ ครั้งที่ผสม

● วิธีการผสมคอนกรีต

วิธีการผสมคอนกรีตโดยทั่วไป มีอยู่ 3 วิธี ดังนี้

1. การผสมคอนกรีตด้วยมือ

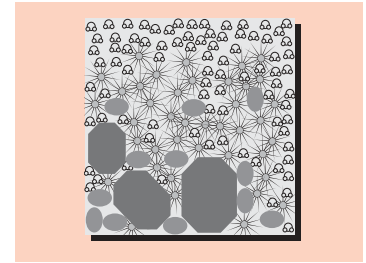
นิยมใช้วิธีการตวงปริมาตรวัสดุผสมคอนกรีต จึงมักทำให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังอัดต่ำและมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ เหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดเล็กที่ไม่เคร่งครัดเรื่องคุณภาพ วิธีการผสมทำได้โดยการผสมปูนซีเมนต์และทรายให้เข้ากันก่อนแล้วจึงใส่หิน สุดท้ายจะใส่น้ำในปริมาณที่กำหนด ปล่อยให้ น้ำซึมเข้าในส่วนผสมขณะหนึ่ง แล้วผสมจนเข้ากัน จึงนำไปใช้งาน โดยทั่วไป ควรใช้ให้หมดภายใน 30 นาทีนับตั้งแต่เติมน้ำ

2. การผสมคอนกรีตด้วยมือขนาดเล็ก

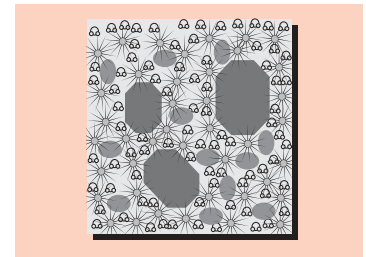
เป็นวิธีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในหน่วยงานก่อสร้างขนาดเล็กและขนาดกลาง คอนกรีตที่ได้มักมีคุณภาพดีกว่าการผสมด้วยมือ เพราะเครื่องผสมจะช่วยให้สามารถผสมคอนกรีตให้เข้ากันได้ดีกว่าการผสมด้วยมือ แต่อย่างไรก็ตามด้วยความนิยมในการตวงปริมาตรวัสดุผสมคอนกรีต ทำให้มักได้คอนกรีตที่มีกำลังอัดค่อนข้างต่ำและมีคุณภาพไม่ค่อยสม่ำเสมอ

3. การผสมคอนกรีตด้วยเครื่องจักร

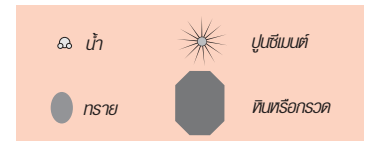
เหมาะสำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตทุกขนาด โดยเฉพาะงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ และเป็นที่นิยมใช้กันในโรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป และโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ สามารถผสมส่วนผสมคอนกรีตครั้งละปริมาณมากให้เข้ากันได้เป็นอย่างดี เพราะเครื่องผสมมีประสิทธิภาพสูงกว่าไม่ขนาดเล็ก และ



ก) การผสมคอนกรีตที่ไม่ดี เม็ดหินหรือกรวด กระจายตัวไม่สม่ำเสมอและอาจมีบางส่วนแยกตัวหรือเกิดการเยิ้มมากเกินไป



ข) การผสมคอนกรีตที่ดี เม็ดหินหรือกรวดกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 13-8 แผนภาพอย่างง่ายแสดงลักษณะเนื้อคอนกรีตภายหลังการผสมเปรียบเทียบระหว่างการผสมคอนกรีตที่ไม่ดีกับการผสมคอนกรีตที่ดี



รูปที่ 13-9 การผสมคอนกรีตด้วยมือ



รูปที่ 13-10 การผสมคอนกรีตด้วยมือขนาดเล็ก



รูปที่ 13-11 การผสมคอนกรีตด้วยเครื่องจักร เหมาะสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมคอนกรีต

ด้วยความนิยมใช้วิธีการชั่งน้ำหนักวัสดุผสมคอนกรีต จึงเป็นวิธีการผสมที่ทำให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีและสม่ำเสมอที่สุด

การผสมคอนกรีตด้วยเครื่องจักรนี้ อาจแบ่งเป็นประเภทย่อยได้ 3 ประเภท คือ

1. การผสมกบท์ (Central Mixing) คือ การผสมคอนกรีตซึ่งผสมเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์จากโรงงาน
2. การผสม 2 ช่วง (Shrink Mixing) คือ การผสมคอนกรีต 2 ช่วง โดยช่วงแรกผสมจากโรงงาน และช่วงหลังเป็นการผสมให้เสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์โดยรถผสม
3. การผสมโดยตรง (Truck Mixing) คือ การผสมคอนกรีตซึ่งผสมเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ในรถผสม

● เครื่องผสมคอนกรีต

สามารถจำแนกตามลักษณะการผสมได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. Batch Mixer

เป็นเครื่องผสมที่ผสมครั้งละ 0.5 หรือ 1 ลูกบาศก์เมตร หรืออื่น ๆ ตามที่เครื่องสามารถจุได้

2. Continuous Mixer

เครื่องผสมชนิดนี้จะผสมคอนกรีตอย่างต่อเนื่องส่วนมากจะออกแบบไว้ใช้กับงานเฉพาะ เช่น ใช้กับงานเทคอนกรีตถนน, พื้นสนามบิน, และเขื่อน เป็นต้น

หรืออาจจำแนกเครื่องผสมคอนกรีตตามรูปลักษณะของเครื่องผสมได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

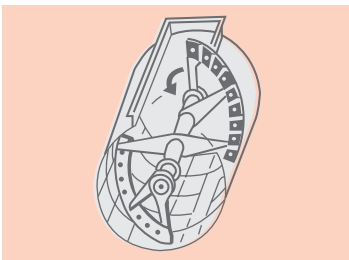
1. Drum Mixer

2. Pan Mixer

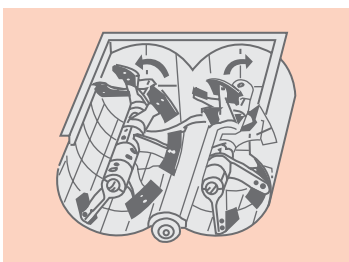
1. Drum Mixer

สามารถจำแนกออกได้อีก 4 ประเภท คือ

- Tilting Drum Mixer : เครื่องผสมแบบนี้ ตัว Drum สามารถเอียงได้สำหรับการเทคอนกรีตออก ไบวอนอยู่ภายใน การคายคอนกรีตออกทำได้รวดเร็ว และไม่เกิดการแยกตัว ดังนั้นเครื่องผสมแบบนี้จะเหมาะสำหรับการผสมคอนกรีตที่มีความสามารถเทได้ต่ำ ๆ หรือส่วนผสมที่ใช้หินขนาดใหญ่
- Non-Tilting Drum Mixer : แกนของเครื่องผสมจะอยู่ในแนวนอนตลอดเวลา การปล่อยคอนกรีตออกจากเครื่องผสมทำโดยการสอดรางเข้าไปใน Drum หรือโดยการหมุน Drum กลับทิศทาง เนื่องจากอัตราการคายคอนกรีตที่ช้า ดังนั้นอาจมีการแยกตัวเกิดขึ้นได้ เพราะหินอาจถูกปล่อยออกมาเข้าส่วนการใส่วัสดุผสมคอนกรีตลงในเครื่องผสมทำโดยใช้ Loading Skip
- Stationary Drum Mixer หรือ Horizontal Shaft Mixer : เครื่องผสมแบบนี้ ตัว Drum จะไม่เคลื่อนที่ มีเพียงไบวอนด้านในที่เคลื่อนที่ ซึ่งแตก



ก) ชนิดเพลาดียว



ข) ชนิดเพลาคู่

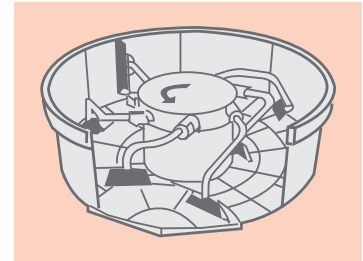
รูปที่ 13-12 Stationary Drum Mixer หรือ Horizontal Shaft Mixer

ต่างจากเครื่องผสม 2 ชนิดแรก ที่ตัว Drum และใบกวนหมุนไปพร้อม ๆ กัน เครื่องผสมชนิดนี้ ประกอบด้วย Drum ทรงกระบอกวางอยู่ในแนวนอนและมีเพลาวางตัวอยู่ในแนวนอน โดยมีใบกวนติดอยู่ซึ่งอาจเป็นเพลาดียวหรือเพลาคู่ดังแสดงใน รูปที่ 13-12 เครื่องผสมชนิดนี้ นิยมใช้ในโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ เพราะสามารถผสมได้ทีละมาก ๆ ใช้เวลาผสมน้อย และคายคอนกรีตออกได้ง่าย แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่เหมาะที่จะใช้ผสมคอนกรีตที่แห้งมาก ๆ

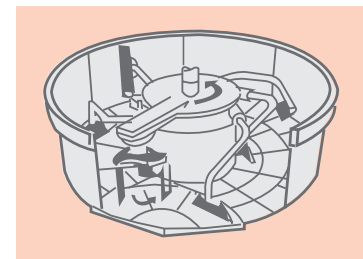
- Dual Drum Mixer : บางครั้งใช้ในงานก่อสร้างถนนโดยมี Drum อยู่ 2 ชุด คอนกรีตจะถูกผสมใน Drum ชุดที่ 1 ช่วงเวลาหนึ่ง แล้วถ่ายลงมาผสมต่อใน Drum ชุดที่ 2 ก่อนจะเทออก เพื่อนำไปใช้งาน ประโยชน์คือทำให้สามารถผลิตคอนกรีตได้ปริมาณมากเป็น 2 เท่า

2. Pan Mixer

เป็น Forced-Action Mixer แตกต่างจาก Drum Mixer ซึ่งคอนกรีตใน Drum จะตกลงอย่างอิสระ เครื่องผสมแบบนี้ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ คือ Circular Pan และมีใบกวนติดอยู่กับแกน และจะหมุนรอบแกนที่ตั้งได้จากกับแกนของ Pan Mixer บางชนิด Pan จะหมุน บางชนิดใบกวนจะหมุน และมีบางชนิดที่ ทั้ง 2 สิ่งหมุนสวนทิศทางกันในเวลาเดียวกัน คอนกรีตจะได้รับการผสมอย่างดีมาก เครื่องผสมแบบนี้จะมีอุปกรณ์ที่ปิดมอร์ตาร์ไม่ให้ติดข้างเครื่องผสม Pan Mixer นี้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพกับคอนกรีตที่แห้ง และส่วนผสมที่มีการยึดเกาะกันอย่างมาก เช่น คอนกรีตที่ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์มาก ดังนั้นจึงนิยมใช้สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงในโรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป และใช้ผสมคอนกรีตจำนวนน้อย ๆ หรือผสมมอร์ตาร์ในห้องปฏิบัติการได้



ก) ชนิดธรรมดา



ข) ชนิดที่มีใบกวนเพิ่ม
รูปที่ 13-13 Pan Mixer

นอกจากนี้ยังอาจจำแนกเครื่องผสมคอนกรีตตามสถานที่ติดตั้งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. Stationary Mixer

เป็นเครื่องผสมที่ติดตั้งอยู่กับที่ ที่โรงงานอุตสาหกรรมคอนกรีต

2. Truck Mixer

เป็นรถผสมคอนกรีต ซึ่งทำหน้าที่ทั้งผสมและขนส่งคอนกรีตไปพร้อม ๆ กัน โดยภายในตัวถังจะมีใบกวนและใบผสม ประสิทธิภาพการผสมจะขึ้นอยู่กับใบกวนและใบผสมรวมทั้งจำนวนวัสดุผสมคอนกรีตที่ใส่เข้าไป โดยทั่ว ๆ ไปจะผสมคอนกรีตครั้งละ 1 ลูกบาศก์เมตร จนครบจำนวน 5 - 6 ลูกบาศก์เมตร การผสมคอนกรีตต้องมีการหมุนไม่น้อยกว่า 70 รอบ และไม่เกิน 100 รอบ ตามความเร็วของการผสม (Mixing Speed) ที่กำหนดของเครื่อง

● ขั้นตอนการป้อนวัสดุลงเครื่องผสม

ไม่มีกฎเกณฑ์ทั่วไปเกี่ยวกับลำดับของการป้อนวัสดุผสมคอนกรีตลงในเครื่องผสม แต่โดยทั่วไปจะมีขั้นตอนดังนี้



1. เติมน้ำประมาณ 10 - 20% ลงในเครื่องผสมเสียก่อน
2. ป้อนมวลรวม อันได้แก่ หินและทราย เข้าเครื่องผสม
3. เริ่มเติมปูนซีเมนต์หลังจากป้อนมวลรวมเข้าไปแล้ว 10%
4. เติมน้ำ 60 - 80% ระหว่างการป้อนวัสดุอื่น ๆ และเติมน้ำ 10 - 20% สุดท้ายเมื่อป้อนวัสดุอื่น ๆ ทั้งหมดเข้าเครื่องแล้ว
5. หากมีการใส่สารผสมเพิ่มในคอนกรีตประเภทผง ควรผสมรวมกับปูนซีเมนต์ก่อน หากเป็นของเหลว ควรผสมน้ำยากับน้ำก่อน

ลำดับที่เหมาะสมในการใส่วัสดุผสมลงในเครื่องผสมจะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องผสม, ระยะเวลาการผสม, ขนาดคละและชนิดของมวลรวม, ปริมาณน้ำ, ปริมาณปูนซีเมนต์, และชนิดของสารผสมเพิ่ม ในทางปฏิบัติลำดับการใส่วัสดุจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ควบคุมการผสม หรือผลการทดสอบกำลังอัดและการยึดของคอนกรีต อย่างไรก็ตาม ไม่ควรใส่ปูนซีเมนต์กับน้ำลงไปผสมก่อน เพราะเครื่องผสมโดยทั่วไป จะไม่สามารถผสมซีเมนต์ได้ดีอย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ หากไม่มีมวลรวมอยู่ในเครื่องผสมด้วย

สำหรับในห้องปฏิบัติการ ลำดับก่อนหลังในการใส่วัสดุลงในเครื่องผสมก็มีความสำคัญเช่นกัน เพื่อให้ได้ส่วนผสมคอนกรีตที่ผสมอย่างถูกต้องและมีเนื้อสม่ำเสมอ โดยจะใส่มวลรวมหยาบ, มวลรวมละเอียด, ปูนซีเมนต์, และน้ำ ตามลำดับ ถ้ามีการใช้น้ำยาผสมคอนกรีต จะผสมน้ำยากับน้ำก่อนแล้วจึงเทลงในเครื่องผสม

● เวลาผสมคอนกรีต

เวลาผสมคอนกรีต (Mixing Time) คือ เวลาที่ใช้ในการผสมคอนกรีตจนมีเนื้อสม่ำเสมอทุกครั้งที่ทำการผสม

เวลาผสมคอนกรีตที่เหมาะสมที่สุด คือ เวลาที่ทำให้ได้ส่วนผสมที่สม่ำเสมอทุก ๆ ครั้ง ที่ผสม ซึ่งจะได้จากการทดลองผสมในสภาพใช้งานจริง เช่น ส่วนผสมที่แห้ง มีปริมาณปูนซีเมนต์น้อย จะต้องผสมเป็นเวลานาน, และส่วนผสมที่ใช้มวลรวมที่เป็นเหลี่ยมมุม ต้องผสมนานกว่ามวลรวมที่กลม

คอนกรีตที่ผสมด้วยเครื่องจักรโดยทั่วไป ควรใช้เวลาผสมคอนกรีตไม่น้อยกว่า 60 วินาที สำหรับการผสมครั้งละไม่เกิน 1 ลูกบาศก์เมตร แต่อาจเพิ่มขึ้นถึง 3 นาทีหรือมากกว่านี้ได้ เมื่อทำการผสมคอนกรีตที่ค่อนข้างแห้งมาก หรือคอนกรีตที่มีค่ายุบตัวไม่เกิน 3 เซนติเมตร หรือคอนกรีตที่ใส่สารลดน้ำพิเศษ (Superplasticizer) โดยเฉพาะในโรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป

มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา [ASTM C 94] แนะนำให้ใช้เวลาผสมอย่างน้อย 1 นาที ในการผสมคอนกรีตไม่เกิน 1 ลูกบาศก์ทลแรก (ประมาณ 0.75 ลูกบาศก์เมตร) และเพิ่มเวลา 15 วินาที ต่อปริมาณคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น 1 ลูกบาศก์ทล

โดยทั่วไป การผสมคอนกรีตจะถือว่าสมบูรณ์ เมื่อไม่มีการแยกตัวเกิดขึ้น ทำให้คอนกรีตที่ชั่งตัวอย่างมาทดสอบความสม่ำเสมอ มีคุณสมบัติแตกต่างกันไม่เกินข้อกำหนดที่แสดงไว้ใน ตารางที่ 13-3

ผลกระทบของเวลาผสมคอนกรีตน้อยเกินไป ทำให้คอนกรีตมีเนื้อไม่สม่ำเสมอ มีความแข็งแรงและความคงทนต่ำ ผิวคอนกรีตไม่สวยงาม เป็นลาย ไม่เรียบ มีช่องว่างอากาศมาก

การทดสอบ	2 ตัวอย่างมีค่าต่างกันไม่เกิน
ค่ายุบตัว (Slump) ไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร เกิน 7.5 เซนติเมตร	2.5 เซนติเมตร 4.0 เซนติเมตร
ปริมาณอากาศในคอนกรีต (Air Content)	1.0%
ปริมาณมวลรวมหยาบในคอนกรีต (Coarse Aggregate Content)	6.0%
หน่วยน้ำหนักของมอร์ตาร์ที่ปราศจากอากาศ (Unit Weight of Air-Free Mortar)	1.6%

ตารางที่ 13-3 ข้อกำหนดคุณสมบัติความสม่ำเสมอของคอนกรีต

ถ้าคอนกรีตถูกผสมเป็นเวลานาน น้ำจะระเหยออกจากคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีความสามารถต่ำลง และปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำจะเริ่มเกิดขึ้น ผลกระทบของเวลาผสมคอนกรีตนานเกินไป 3 ประการ คือ

1. มวลรวมที่ยาบที่ไม่แข็งแรงจะแตกออก ทำให้ปริมาณส่วนละเอียดเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้คอนกรีตมีความสามารถต่ำลง ถ้ามีการเติมน้ำเพิ่มเพื่อให้คอนกรีตสดเหลวขึ้น จะส่งผลทำให้คอนกรีตมีกำลังลดลง
2. ผลของแรงเสียดทานและปฏิกิริยาที่เริ่มเกิดขึ้น ทำให้อุณหภูมิของส่วนผสมเพิ่มขึ้น คอนกรีตสดจึงร้อนขึ้น
3. ปริมาณฟองอากาศลดลง

การเพิ่มปริมาณน้ำเพื่อทำให้คอนกรีตมีความสามารถต่ำได้เหมือนเดิม ที่เรียกว่า “Retempering” จะทำให้กำลังอัดต่ำลง และมีการหดตัว (Shrinkage) เพิ่มขึ้น โดยผลนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใส่เพิ่มเข้าไป



รูปที่ 13-14 เวลาผสมคอนกรีตน้อยเกินไป ทำให้ผิวคอนกรีตมีช่องว่างอากาศ (ตามด) มาก

13.5 การลำเลียงคอนกรีต

การลำเลียงคอนกรีต (Transporting หรือ Conveying) คือ การนำคอนกรีตจากเครื่องผสมหรือบริเวณที่ผสมภายหลังจากที่ผสมคอนกรีตเสร็จเรียบร้อย ไปยังบริเวณที่จะเทลงแบบหล่อ การลำเลียงที่ถูกต้องควรทำในลักษณะที่จะให้ได้คอนกรีตที่สม่ำเสมอ ไม่แยกตัวก่อนเทลงแบบ และต้องมีวิธีป้องกันคอนกรีตจากสภาพแวดล้อมที่มีผลเสีย เช่น ความร้อน, และความชื้น เป็นต้น

การลำเลียงคอนกรีตที่ดีนั้น ทำได้โดยการเลือกใช้วิธีการลำเลียงคอนกรีตที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ทำให้คอนกรีตยังคงมีคุณสมบัติตามต้องการที่จุดเท คอนกรีตมีเนื้อสม่ำเสมอ ไม่เกิดการแยกตัว ไม่เกิดการเยิ้มมากเกินไป ใช้เวลาลำเลียงน้อย และประหยัด

● ปัจจัยในการเลือกวิธีการลำเลียง

การเลือกวิธีการลำเลียงคอนกรีตที่เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

- งานก่อสร้าง : ชนิดและขนาดงานก่อสร้าง, และลักษณะของโครงสร้างที่เท
- สถานที่เท : สภาพสถานที่เท (ความยากง่ายในการเข้าถึงจุดเท, จุดเทอยู่ระดับเดียวกัน สูงกว่าหรือต่ำกว่าบริเวณผสมคอนกรีต), ระยะทาง สภาพเส้นทาง และสภาพภูมิอากาศในการขนส่ง
- คอนกรีต : วัสดุผสม, ส่วนผสม, และสภาพความชื้นเหลวของคอนกรีต
- การเท : ปริมาณและอัตราการเท
- ค่าใช้จ่าย : ค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์, และค่าแรงงาน

● วิธีการลำเลียงและการเทคอนกรีต

วิธีการลำเลียงและการเทคอนกรีตที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน อาทิเช่น การใช้รถเข็น, การใช้ราง, การใช้ครนยกถังเหล็ก, การใช้รถคอนกรีตผสมเสร็จหรือรถโม้, และการใช้ปั๊มคอนกรีต เป็นต้น



1. บริเวณที่ต้องการเทคอนกรีตอยู่ในระดับเดียวกับที่ผสมคอนกรีต



รูปที่ 13-15 การลำเลียงคอนกรีต โดยใช้คนหิ้วถังใส่คอนกรีต

ถังใส่คอนกรีต		
ลักษณะการใช้งาน	ข้อได้เปรียบ	ข้อควรระวัง
<ul style="list-style-type: none"> ใช้คนหิ้วหรือหามถังใส่คอนกรีต 	<ul style="list-style-type: none"> เหมาะกับงานก่อสร้างขนาดเล็ก เหมาะกับจุดเทที่เข้าถึงได้ยาก 	<ul style="list-style-type: none"> ควรเลือกใช้ถังใส่คอนกรีตที่มีขนาดเหมาะสม ซึ่งคนงานสามารถหิ้วหรือหามได้สะดวก ลำเลียงได้ปริมาณน้อย ใช้คนงานจำนวนมาก



รูปที่ 13-16 การลำเลียงคอนกรีต โดยใช้รถเข็น

รถเข็น (Wheelbarrow)		
ลักษณะการใช้งาน	ข้อได้เปรียบ	ข้อควรระวัง
<ul style="list-style-type: none"> ใช้คนเข็นรถเข็นซึ่งบรรจุคอนกรีตไปยังจุดเทในระยะทางใกล้ๆ ในระดับค่อนข้างราบ 	<ul style="list-style-type: none"> เหมาะกับงานก่อสร้างขนาดเล็ก เหมาะกับจุดเทที่เข้าถึงได้ยาก 	<ul style="list-style-type: none"> เมื่อเข็นไปถึงที่ก่อสร้างแล้วควรที่จะใส่กระบะแล้วคลุกเคล้าอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะนำไปเท ลำเลียงได้ปริมาณน้อย ใช้คนงานจำนวนมาก



ก) รถบรรทุกถึงเหล็กใส่คอนกรีตในโรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป

รถขนส่ง (Truck) คือ รถซึ่งสามารถขนส่งคอนกรีตที่ผสมเรียบร้อยแล้ว		
ลักษณะการใช้งาน	ข้อได้เปรียบ	ข้อควรระวัง
<ul style="list-style-type: none"> ผสมคอนกรีตเสร็จแล้วคายคอนกรีตใส่ถังเหล็กซึ่งวางอยู่บนรถแล้วลำเลียงด้วยรถขนส่งไปยังบริเวณที่เทคอนกรีต แล้วใช้ครันช่วยยกถังเหล็กไปที่ยังจุดเทที่ต้องการต่อไป ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในโรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป อาจใช้รถบรรทุกเทท้ายหรือรถตัมพ์ (Dump Truck) 	<ul style="list-style-type: none"> เหมาะกับงานลำเลียงคอนกรีตในระยะทางใกล้ๆ ในโรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป เหมาะกับงานเทเขื่อน, พื้นสนามบิน, ถนน, และลานกว้างๆ ที่ใช้คอนกรีตที่แห้ง เช่น No-Slump Concrete, คอนกรีตบดอัด (Roller Compacted Concrete หรือ RCC) เป็นต้น 	<ul style="list-style-type: none"> รถขนส่งคอนกรีตสามารถเข้าถึงบริเวณที่เทได้ จุดผสมคอนกรีตไม่ควรอยู่ไกลจากจุดที่เทคอนกรีตมากนัก ไม่เหมาะกับคอนกรีตที่เหลว ต้องระมัดระวังคอนกรีตแยกตัวในระหว่างการขนส่ง



ข) รถบรรทุกเทท้ายใช้ในการลำเลียงและการเทคอนกรีตงานเขื่อน และงานพื้นสนามบิน

รูปที่ 13-17 การลำเลียงและการเทคอนกรีตด้วยรถขนส่ง

2. บริเวณที่ต้องการเทคอนกรีตอยู่ในระดับต่ำกว่าที่ผสมคอนกรีต

ราง (Chute)		
ลักษณะการใช้งาน	ข้อดีเปรียบ	ข้อควรระวัง
<ul style="list-style-type: none"> ใช้รางลำเลียงคอนกรีตไปยังจุดเทที่อยู่ในระดับต่ำกว่า อาจใช้รางเหล็กหรือรางไม้ก็ได้ 	<ul style="list-style-type: none"> เป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนต่ำและใช้งานง่าย ไม่ต้องจัดหาแหล่งไหลพลังงาน เพราะใช้แรงโน้มถ่วงโลก 	<ul style="list-style-type: none"> ส่วนผสมคอนกรีตจะต้องไม่แห้งหรือเหลวเกินไป จะต้องเหลวพอดีที่จะไหลในรางได้ง่ายและสม่ำเสมอ โดยไม่เกิดการแยกตัว ความชันของรางควรอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 2 และ 1 ต่อ 3 และต้องมีจุดรองรับรางที่เพียงพอ จัดเตรียมก่อนปล่อยคอนกรีตที่ปลายราง เพื่อป้องกันการแยกตัว



ก) การเตรียมรางก่อนการเท



ข) การลำเลียงและการเทคอนกรีตผ่านราง

รูปที่ 13-18 การลำเลียงและการเทคอนกรีตโดยใช้ราง

3. บริเวณที่ต้องการเทคอนกรีตอยู่ในระดับสูงกว่าที่ผสมคอนกรีต

ถังเหล็ก (Bucket หรือ Hopper) และทาวเวอร์เครนหรือรถเครน (Tower Crane) หรือลิฟต์ (Lift) หรือรอก (Pulley)		
ลักษณะการใช้งาน	ข้อดีเปรียบ	ข้อควรระวัง
<ul style="list-style-type: none"> ใช้เครนหรือลิฟต์ติดตั้งถังเหล็กขึ้นไปใช้ลำเลียงคอนกรีตเหนือระดับพื้นดินไปที่แบบหล่อหรือจุดลำเลียงถัดไป งานก่อสร้างอาคารหลายๆ ชั้นไม่สามารถนำเครื่องผสมคอนกรีตขึ้นไปผสมในแต่ละชั้นได้ จึงอาจใช้รอกเข้าช่วยในการติดตั้งคอนกรีตขึ้นไปยังอาคารชั้นบน 	<ul style="list-style-type: none"> เหมาะกับการใช้งานขนาดกลางและขนาดใหญ่ เช่น อาคารสูง, และเขื่อน ใช้ประโยชน์จากเครนและรอกได้หลากหลาย เช่น ขนย้ายแบบหล่อ, และวัสดุก่อสร้างอื่นๆ กรณีใช้เครน จะช่วยให้ลำเลียงได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน ถังเหล็กมีความจุหลายขนาดและป้องกันคอนกรีตแยกตัวได้ดี 	<ul style="list-style-type: none"> เลือกขนาดความจุของถังเหล็กให้เหมาะสม ไม่ควรทิ้งคอนกรีตไว้ในถังนานเกินไป คอนกรีตเหลวพอที่จะสามารถปล่อยออกจากถังได้ ควรมีการวางแผนการใช้เครนยก นั่งร้านที่รับรอกต้องแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักคอนกรีตในถังและการดึงเชือกได้



ก) คายคอนกรีตจากรถโมโตไซด์ในถังเหล็ก



ข) ใช้ทาวเวอร์เครนยกถังเหล็กในการลำเลียงคอนกรีตไปเทยังอาคารชั้นบน ๆ

รูปที่ 13-19 การลำเลียงคอนกรีตโดยใช้เครนยกถังเหล็ก



ประเภทของรถคอนกรีตผสมเสร็จ	ปริมาณคอนกรีตที่ใส่ได้เทียบกับปริมาตรไม่
รถผสม	
การผสมทันที	ไม่เกิน 80%
การผสม 2 ชั่วโมง	ไม่เกิน 70%
การผสมโดยรถ	ไม่เกิน 65%
รถกวน	ไม่เกิน 80%

ตารางที่ 13-4 ปริมาณคอนกรีตที่ใส่ในไม้อของรถคอนกรีตผสมเสร็จ



ก) รถคอนกรีตผสมเสร็จ เหมาะสำหรับงานก่อสร้างทุกขนาด โดยเฉพาะงานขนาดกลาง และขนาดใหญ่



ข) รถคอนกรีตผสมเสร็จยังเหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดเล็กด้วย



ค) รถคอนกรีตผสมเสร็จที่ได้รับการออกแบบให้เหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดเล็กโดยเฉพาะ

รูปที่ 13-20 การลำเลียงคอนกรีตโดยใช้รถคอนกรีตผสมเสร็จ

4. บริเวณที่ต้องการเทคอนกรีตอยู่ห่างไกลจากที่ผสมคอนกรีต

รถคอนกรีตผสมเสร็จหรือรถโม (Ready Mixed Concrete Truck)

ประเภทของรถคอนกรีตผสมเสร็จ

- รถผสม (Truck Mixer) :** รถโมซึ่งสามารถขนส่งคอนกรีตและป้องกันน้ำรั่วได้ และยังสามารถผสมคอนกรีตให้เข้ากันได้ดี เหมาะสำหรับใช้กับโรงงานคอนกรีตประเภทผสมแห้ง (Dry Mix) ที่ใช้รถโมเป็นอุปกรณ์ในการผสมคอนกรีต ลักษณะของโมจะมีใบกวนเพื่อให้คอนกรีตคลุกเคล้ากันได้ดี ซึ่งอาจเป็นแบบที่มีใบกวนอยู่ภายใน หรือเป็นแบบใบเกลียว 2 ชั้นตลอดทั้งโม
- รถกวน (Truck Agitator) :** รถโมซึ่งสามารถขนส่งคอนกรีตที่ผสมเรียบร้อยแล้วและป้องกันน้ำรั่วได้ เหมาะสำหรับใช้กับโรงงานคอนกรีตประเภทผสมเปียก (Wet Mix) ที่มีเครื่องผสมอยู่ที่โรงงาน ลักษณะของโมจะมีใบเกลียวสำหรับลำเลียงคอนกรีตเข้า และคายคอนกรีตออกเท่านั้น

ลักษณะการใช้งาน	ข้อได้เปรียบ	ข้อควรระวัง
<ul style="list-style-type: none"> รถคอนกรีตผสมเสร็จลำเลียงคอนกรีตไปจัดส่งที่หน่วยงานก่อสร้าง เมื่อถึงที่ก่อสร้างก็จะทำการผสมหรือกวนอีกครั้งก่อนเทลงแบบหรือภาชนะที่รองรับต่อไป 	<ul style="list-style-type: none"> หน่วยงานก่อสร้างมีพื้นที่จำกัด การใช้คอนกรีตผสมเสร็จจึงช่วยลดปัญหาเรื่องพื้นที่ได้ เหมาะกับการขนส่งคอนกรีตทุกขนาด สามารถขนส่งคอนกรีตได้ไกลในปริมาณมาก และคอนกรีตมีคุณภาพสม่ำเสมอ กรณีใช้รถผสมคอนกรีต ก็ไม่จำเป็นต้องมีเครื่องผสมคอนกรีตที่โรงงาน เพราะสามารถผสมคอนกรีตภายในรถได้ 	<ul style="list-style-type: none"> เหมาะกับการก่อสร้างที่รถคอนกรีตผสมเสร็จสามารถเข้าเทได้ถึงหน่วยงาน เวลาขนส่งควรเหมาะสมกับแผนงานการเท ต้องมีการเตรียมรับคอนกรีตที่หน่วยงานก่อสร้าง

5. วิธีการลำเลียงและการเทอื่น ๆ

บีมคอนกรีต (Concrete Pump)

ประเภทของบีมคอนกรีต

- Stationary Pump :** เป็นบีมลาก สามารถลากไปตรงจุดที่จะลำเลียงคอนกรีต และใช้ท่อบีมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-15 เซนติเมตร ต่อจากบีมขึ้นไปบนอาคาร สามารถลำเลียงคอนกรีตด้วยอัตราที่ต่ำกว่า Mobile Pump และด้วยแรงดันที่สูงกว่า แต่จะยุ่งยากในการเคลื่อนย้ายจุดและการต่อท่อ
- Mobile Pump :** เป็นบีมคอนกรีตที่ติดอยู่กับรถ เคลื่อนย้ายได้ง่าย แต่จะถูกจำกัดด้วยความสูงในการลำเลียง



ก) Stationary Pump
รูปที่ 13-21 ประเภทของบีมคอนกรีต



ข) Mobile Pump

ลักษณะการใช้งาน	ข้อได้เปรียบ	ข้อควรระวัง
<ul style="list-style-type: none"> ใช้สำหรับคอนกรีตผ่านท่อบีบ โดยตรงไปยังจุดเทที่แบบหล่อหรือจุดสำหรับอัดไป 	<ul style="list-style-type: none"> เหมาะกับการก่อสร้างขนาดใหญ่ ที่ต้องใช้ปริมาณคอนกรีตมาก มีพื้นที่จำกัด หรือยากต่อการเทด้วยวิธีการอื่นๆ สามารถลำเลียงคอนกรีตได้ทั้งในแนวตั้งและแนวราบ ใช้แรงงานน้อย จึงช่วยลดค่าแรงได้ 	<ul style="list-style-type: none"> เลือกประเภทและขนาดของบีบให้เหมาะสมกับลักษณะโครงสร้าง, อัตราการเท, และความสูงในการลำเลียง เลือกใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อบีบที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงน้ำหนักของท่อ และขนาดของมวลรวมทรายโคสคูไม่ควรเกิน 1/5 ของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ระมัดระวังการติดตั้งท่อบีบ, สดระยะบีบในแนวตั้ง, สดการใช้ช่อง และส่วนที่คดเคี้ยวให้เหลือน้อยที่สุด ทำการเคลือบภายในท่อด้วยมอร์ตาร์ก่อนการใช้งานทุกครั้ง และต้องบีบคอนกรีตผ่านท่ออย่างต่อเนื่อง



ก) งานฐานรากแผ่ขนาดใหญ่



ข) งานอาคาร



ค) งานถนน

รูปที่ 13-22 การลำเลียงและการเทคอนกรีตโดยใช้ปั๊มคอนกรีต

สายพานลำเลียง (Belt Conveyor)		
ลักษณะการใช้งาน	ข้อได้เปรียบ	ข้อควรระวัง
<ul style="list-style-type: none"> ลำเลียงคอนกรีตไปบนสายพานลำเลียง 	<ul style="list-style-type: none"> สามารถใช้ได้ผลดีกับบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีตทั้งที่อยู่ในระดับเดียวกัน สูงกว่า หรือต่ำกว่าที่ผสมคอนกรีต การแยกตัวของมวลรวมมีไม่มาก เพราะทุกจุดจะเคลื่อนไปพร้อมกันบนสายพาน 	<ul style="list-style-type: none"> ระวังการสูญเสียของน้ำเนื่องจากแสงแดดและลม

13.6 การเทคอนกรีต

การเทคอนกรีต (Placing หรือ Placement) คือ การนำคอนกรีตจากเครื่องมือลำเลียงไปเทให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุดแบบหล่อ โดยต้องทำอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการแยกตัว และคอนกรีตสามารถถูกอัดแน่นในแบบหล่อได้อย่างเต็มที่

การเทและการอัดแน่นคอนกรีต เป็นขั้นตอนการทำคอนกรีตที่ดำเนินไปพร้อม ๆ กัน แต่เป็นอิสระต่อกัน และเป็นขั้นตอนการทำคอนกรีตที่สำคัญที่สุดในกระบวนการผลิตคอนกรีต โดยควรถือว่าการเทและการอัดแน่นเป็นขั้นตอนเดียวเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ในบทนี้จะแยกพิจารณาเป็นสองขั้นตอนเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

การเทคอนกรีตที่ดีนั้น จำเป็นต้องมีการวางแผนและการเตรียมการก่อนการเทที่ดี และทำการเทคอนกรีตอย่างถูกวิธี



รูปที่ 13-23 การเทและการอัดแน่นคอนกรีต เป็นขั้นตอนการทำคอนกรีตที่ดำเนินไปพร้อม ๆ กัน



● การวางแผนและการเตรียมการก่อนการเท

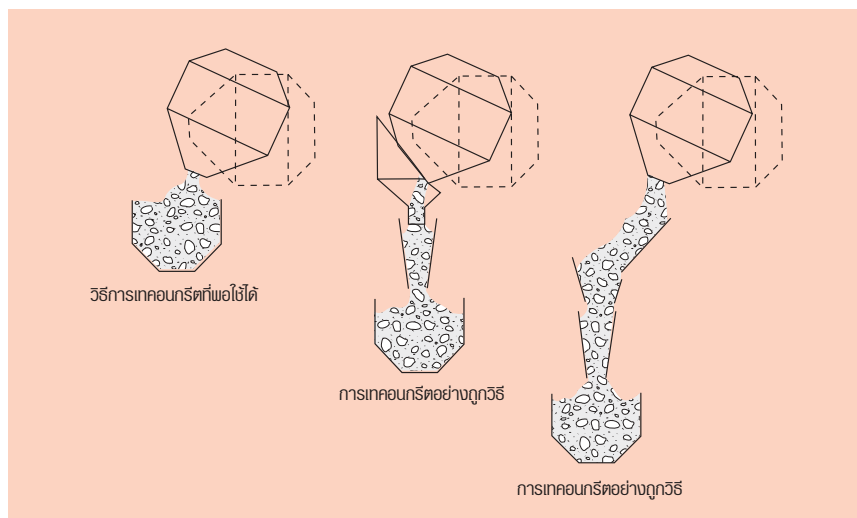
- คอนกรีต : คอนกรีตมีคุณภาพสม่ำเสมอและมีปริมาณเพียงพอ, และมีอัตราความเสี่ยงที่เหมาะสมกับอัตราการเท
- เครื่องมือ : เครื่องมือที่เทมีเพียงพอ สะอาด และพร้อมใช้งาน, มีอัตราการเทที่เหมาะสม, สามารถเข้าถึงจุดที่ต้องการเทมากที่สุด, และไม่ทำให้คอนกรีตแยกตัว
- การเตรียมการอื่น ๆ : มีคนงานเพียงพอ, ถ้าเทกลางคืน ควรมีแสงไฟเพียงพอ, และตรวจสอบรายละเอียดต่าง ๆ เช่น รอยต่อ, แบบหล่อ, เหล็กเสริม, และสิ่งที่จะฝังติดในคอนกรีต ให้พร้อมก่อนการเท



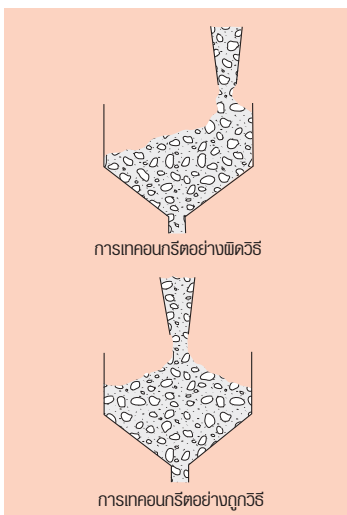
รูปที่ 13-24 การเทคอนกรีตให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุดในแบบหล่อ เพื่อป้องกันการแยกตัว

● วิธีการเทคอนกรีต

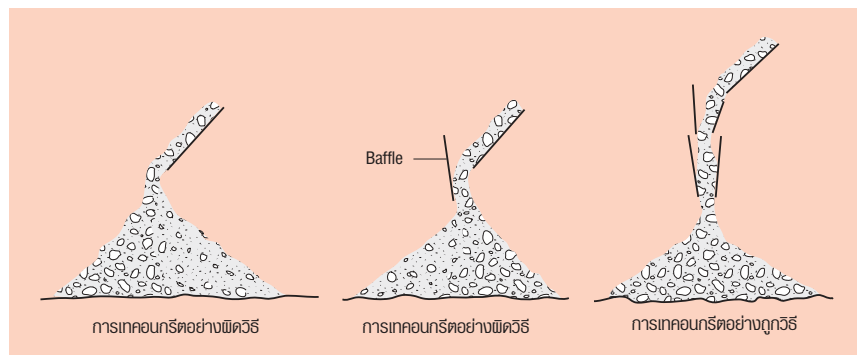
- ตำแหน่งและทิศทางการเท : การเทคอนกรีตให้เคลื่อนที่ลงไปในแนวตั้งให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุดในแบบหล่อ และหลีกเลี่ยงการทำให้คอนกรีตเคลื่อนที่ในแนวราบ เช่น การใช้เครื่องจักรเขี่ยดินคอนกรีตให้เคลื่อนที่ เป็นต้น เพื่อป้องกันการแยกตัวของคอนกรีต



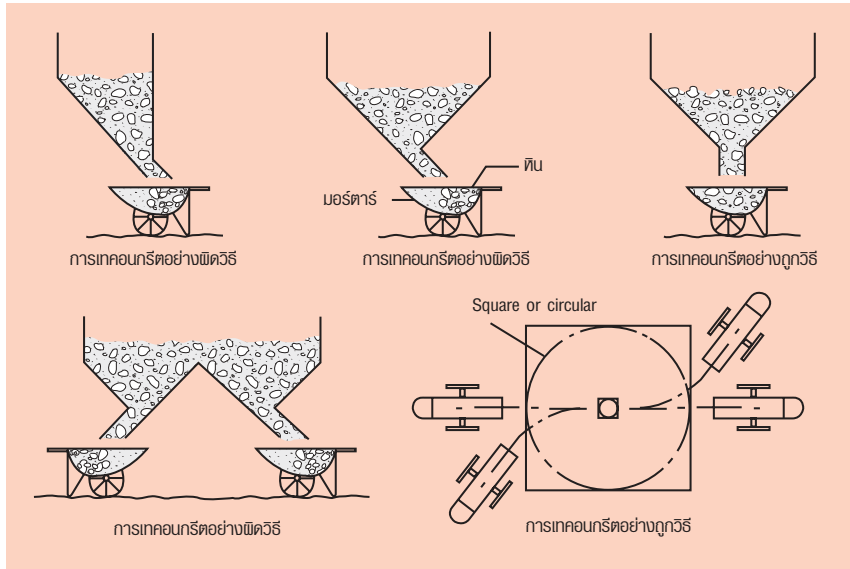
รูปที่ 13-25 การป้องกันการแยกตัวจากการเทคอนกรีตออกจากเครื่องผสม



รูปที่ 13-26 การป้องกันการแยกตัวเมื่อเทคอนกรีตลงถึงเหล็ก

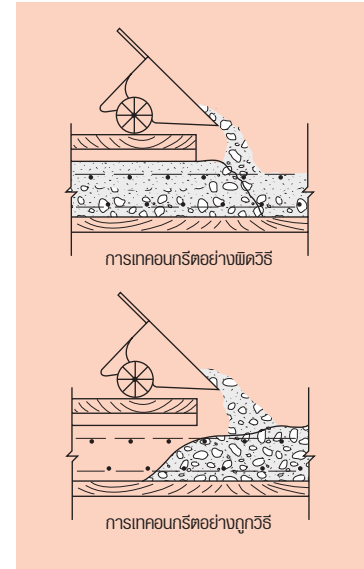


รูปที่ 13-27 การป้องกันการแยกตัวบริเวณปลายราง

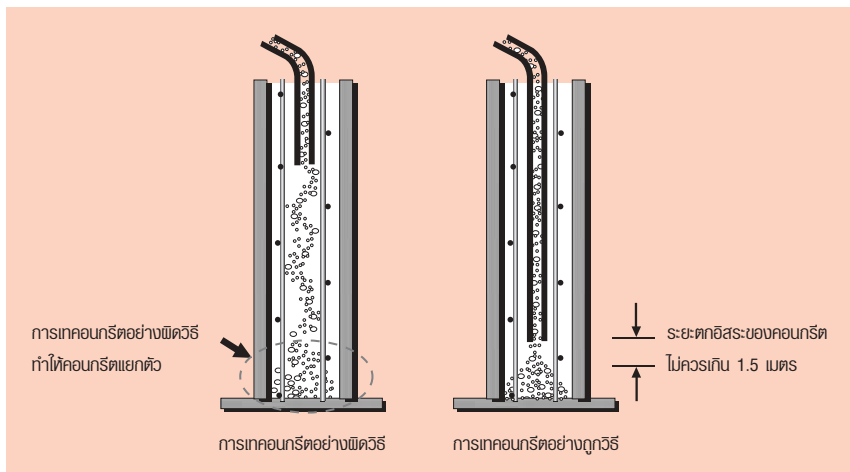


รูปที่ 13-28 การป้องกันการแยกตัวจากการเทคอนกรีตออกจากถังเหล็ก

- ระยะห่างในการเท : ระยะตกอิสระของคอนกรีต ไม่ควรสูงเกิน 1.5 เมตร เพื่อให้มั่นใจว่าคอนกรีตได้ถูกตำแหน่งที่ต้องการ และเพื่อลดการแยกตัวของคอนกรีต

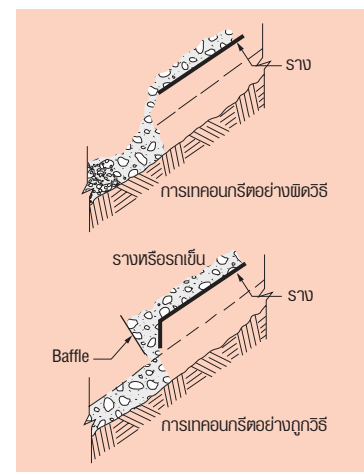


รูปที่ 13-29 การเทคอนกรีตจากรถเข็น



รูปที่ 13-30 การเทคอนกรีตส่วนโครงสร้างเสาหรือกำแพง

- อัตราการเท : ควรเหมาะสมกับอัตราการอัดแน่นคอนกรีต
- ความหนาของชั้นคอนกรีตที่เท : ควรเทคอนกรีตเป็นชั้น ๆ อย่างสม่ำเสมอ ไม่ควรเทเป็นกองสูง ความหนาของการเทแต่ละชั้นควรเหมาะสมกับวิธีการอัดแน่น เพื่อให้สามารถไล่ฟองอากาศออกจากคอนกรีตได้มากที่สุด โดยทั่วไปไม่ควรหนาเกินชั้นละ 30 - 45 เซนติเมตร



รูปที่ 13-31 การเทคอนกรีตส่วนโครงสร้างที่เอียง

วิธีการเทคอนกรีต	อัตราการเทคอนกรีต (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)
ใช้ฟัด	10
ใช้ครน	15
ใช้บีบ	40

ตารางที่ 13-5 อัตราการเทคอนกรีต



รูปที่ 13-32 การเทคอนกรีตเป็นชั้น ๆ อย่างสม่ำเสมอ 9



รูปที่ 13-33 การเทคอนกรีตทับบนชั้นคอนกรีตซึ่งเริ่มก่อตัวแล้ว ทำให้เกิดรอยต่อระหว่างชั้นการเท (Cold Joint) ขึ้น 10



รูปที่ 13-34 การเทคอนกรีตเข้าไปในแบบหล่อที่มีเหล็กเสริมหนาแน่นมาก ควรระมัดระวังไม่ให้คอนกรีตตกกระทบกับเหล็กเสริม เพราะอาจทำให้คอนกรีตแยกตัวได้



รูปที่ 13-35 การใช้แบบหล่อเคลื่อนที่ (Slipforming) ในการก่อสร้างอาคารสูง

• รอยต่อระหว่างชั้นการเทคอนกรีต :

- คอนกรีตในแต่ละชั้น ควรได้รับการอัดแน่นก่อนที่จะเทชั้นถัดไป และควรเทชั้นถัดไปในขณะที่ชั้นล่างยังไม่เริ่มก่อตัว เพื่อให้คอนกรีตทุกชั้นเชื่อมต่อเป็นเนื้อเดียวกัน และหลีกเลี่ยงการเกิดรอยต่อระหว่างชั้นการเท (Cold Joint)
- ถ้าตรวจสอบพบการเอี่ยมของน้ำขึ้นมาบนผิวคอนกรีตชั้นที่เทก่อนแล้ว ควรหยุดเทและกำจัดน้ำที่เอี่ยมออกให้หมด ก่อนที่จะเทคอนกรีตชั้นถัดไป
- เมื่อไม่สามารถเทคอนกรีตส่วนใดให้แล้วเสร็จได้ ให้หยุดเทตามตำแหน่งที่ทำให้โครงสร้างเสียความแข็งแรงน้อยที่สุด

• ใช้อุปกรณ์ช่วยในการเท อาทิ ท่อปล่อยคอนกรีต (Dropchute) :

- ใช้เทคอนกรีตโดยตรงลงไปยังด้านล่างของแบบหล่อในแนวตั้งโดยป้องกันการแยกตัวได้ และป้องกันคอนกรีตหกหล่นข้างแบบหล่อ
- ควรมีด้านบนที่บานออกและใหญ่เพียงพอ ซึ่งจะช่วยให้คอนกรีตได้โดยไม่หกหล่น และมีขนาดหน้าตัดที่สามารถใส่เข้าไปในแบบหล่อได้

• ข้อควรระวัง : ไม่ควรเทคอนกรีตตกกระทบกับแบบหล่อ เหล็กเสริม หรือสิ่งที่จะฝังติดในคอนกรีต เพราะอาจทำให้คอนกรีตแยกตัวได้

● การเทคอนกรีตที่ใช้เทคนิคพิเศษ

งานคอนกรีตในปัจจุบัน มีวิธีการเทที่ใช้เทคนิคพิเศษ เช่น การใช้แบบหล่อเคลื่อนที่ (Slipforming), และการเทคอนกรีตใต้น้ำ (Underwater Concreting) การใช้ท่ออัดฉีด (Shotcreting), เทคนิคคอนกรีตบดอัด (Roller Compacted Concrete หรือ RCC) เป็นต้น

การใช้แบบหล่อเคลื่อนที่ (Slipforming)

- เป็นวิธีการเทคอนกรีตและการเขย่าแบบอย่างต่อเนื่อง ที่นิยมใช้กับโครงสร้างที่มีหน้าตัดแบบเดี่ยวยาวตลอดความสูงหรือความยาวมากๆ
- ข้อดี คือ ผิวคอนกรีตมีคุณภาพสูง สวยงาม ไม่มีรอยต่อ, ก่อสร้างได้รวดเร็ว, และประหยัดค่าแรงและแบบหล่อในระยะยาว
- ใช้แบบหล่อพิเศษ ประเภทแบบหล่อเคลื่อนที่ (Slipform) ซึ่งมีทั้งแบบหล่อเคลื่อนที่แนวตั้งและแบบหล่อเคลื่อนที่แนวราบ
- แบบหล่อเคลื่อนที่แนวตั้ง (Vertical Slipform) จะเคลื่อนที่อย่างช้าๆ รอให้คอนกรีตมีกำลังเพียงพอ เพื่อรองรับคอนกรีตใหม่ที่เทลงอย่างต่อเนื่อง นิยมใช้ก่อสร้างโครงสร้าง เช่น ปล่องลิฟต์ของอาคารสูง, ไซโล, ตอม่อสะพานสูงๆ, ปล่องไฟ, หอคอย, ถังน้ำ, และผนังส่วนนอกของอาคาร เป็นต้น
- แบบหล่อเคลื่อนที่แนวราบ (Horizontal Slipform) นิยมใช้ก่อสร้างโครงสร้าง เช่น ดาดกลอง หรือริเวณที่ลาดเอียง, ถนน, พื้นอุโมงค์, การผลิตพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปหน้าตัดกลวง, ทางเท้า, และราวสะพาน (Parapet) เป็นต้น
- ใช้คอนกรีตที่มีความสามารถไหลได้ต่ำ มีปริมาณวัสดุละเอียดสูงเพียงพอ และจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณสมบัติของคอนกรีตเป็นอย่างดี
- จำเป็นต้องทำการทดลองก่อนการเริ่มต้นเลื่อนแบบหล่อ เพื่อกำหนดค่าความสามารถไหลได้ เวลาการก่อตัว และกำลังอัด และควรทราบความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของคอนกรีตและการปรับส่วนผสมคอนกรีตกับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง เพื่อหาความเร็วของการเลื่อนแบบที่เหมาะสม

การใช้ท้ออัดฉีด (Shotcreting)	<ul style="list-style-type: none"> • ใช้เครื่องฉีดหรือพ่นคอนกรีตหรือมอร์ตาร์ที่ละน้อยด้วยความเร็วสูง สู่บริเวณที่ต้องการ จากนั้นต้องทำการตกแต่งผิวหน้าอีกครั้ง • โดยทั่วไป ใช้กับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความหนาไม่เกิน 15 เซนติเมตร และเหมาะกับการควบคุมสมบัติพิเศษเฉพาะงาน เช่น ทำตาด (Lining) อุโมงค์, ห้องใต้ดิน, โครงสร้างเปลือกบาง, โครงสร้างที่มีส่วนโค้งเว้ามากๆ, โครงสร้างที่ต้องการกันไฟ หรือทนต่อความร้อน, และโครงสร้างที่ต้องการนำหนักเบา เป็นต้น • มี 2 ประเภท คือ กระบวนการผสมแห้ง (Dry-Mix Process) และ กระบวนการผสมเปียก (Wet-Mix Process) • ควรมีการทดลองที่หน่วยงาน และทดสอบคุณภาพ Shotcrete ก่อนใช้งานจริง
--------------------------------------	--



รูปที่ 13-36 เทคนิคการใช้ท้ออัดฉีด (Shotcreting) ในการเทผนัง

เทคนิคคอนกรีตบดอัด (Roller Compacted Concrete หรือ RCC)	<ul style="list-style-type: none"> • เป็นเทคนิคการทำคอนกรีตแห้งมาก ที่อัดแน่นโดยการไ้รถบดอัด • คอนกรีตมีส่วนผสมคล้ายกับคอนกรีตทั่วไปแต่ใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่ามาก คอนกรีตสดมีลักษณะเนื้อแห้งมาก ไม่มีค่ายุบตัว • เทและอัดแน่นคอนกรีตโดยใช้เครื่องมือและเทคนิคคล้ายกับการก่อสร้างถนนลาดยางแล้ว บ่มด้วยน้ำ เพื่อให้คอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีความแข็งแรง ความทนน้ำ และความคงทนตามที่ออกแบบไว้ • ใช้ในงานก่อสร้าง 2 โครงสร้างหลัก ได้แก่ <ol style="list-style-type: none"> 1. เขื่อนคอนกรีตบดอัด (Roller Compacted Concrete Dams หรือ RCD) 2. ถนนคอนกรีตบดอัด (Roller Compacted Concrete Pavements หรือ RCCP) <ol style="list-style-type: none"> 2.1 ลานคอนกรีต 2.2 ถนนที่มีสภาพการจราจรที่มีความเร็วต่ำถึงปานกลาง 2.3 ใช้เป็นชั้นรองพื้นทางร่วมกับชั้นคอนกรีตกับหน้าหรือชั้นลาดยางกับหน้าสำหรับถนนที่มีสภาพการจราจรที่มีความเร็วสูง • ข้อดี คือ ความประหยัด และการลดเวลาการก่อสร้างลงได้อย่างมาก เนื่องจากใช้เครื่องจักรกลเกือบทั้งหมด จึงใช้แรงงานน้อย และมีขั้นตอนการทำงานที่ง่ายกว่าวิธีการก่อสร้างโดยทั่วไป • นิยมใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และสารปอซโซลาน เช่น เถ้าลอย เป็นวัสดุเชื่อมประสานร่วมกันในส่วนผสมคอนกรีต เพราะจะช่วยให้การบดอัดแน่นเพียงพอมากขึ้น และที่สำคัญสำหรับงานเขื่อนคอนกรีต คือ การช่วยลดปริมาณความร้อนสะสมในตัวเขื่อน ซึ่งช่วยป้องกันการแตกร้าวได้
--	---



ข) เนื้อคอนกรีตสดของ RCC มีลักษณะแห้งมาก



ก) สภาพการก่อสร้างเขื่อนคอนกรีตบดอัด

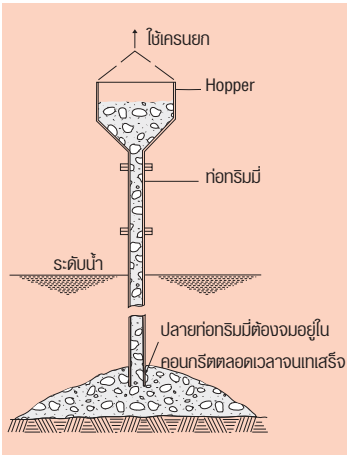
รูปที่ 13-37 การใช้เทคนิคคอนกรีตบดอัด (Roller Compacted Concrete หรือ RCC) ในการก่อสร้างเขื่อน



ค) การเกลี่ย RCC เป็นชั้น ๆ ด้วยรถมอเตอร์เกรดเดอร์



ง) การบดอัด RCC ให้แน่นด้วยรถบดล้อเหล็ก



รูปที่ 13-38 การเทคอนกรีตใต้น้ำ (Underwater Concreting)



รูปที่ 13-39 ผิวคอนกรีตเป็นรูโพรง (Honeycomb)

การเทคอนกรีตใต้น้ำ (Underwater Concreting)

- นิยมใช้วิธีการเทคอนกรีตผ่านท่อนรีมี (Tremie Method) อย่างช้าๆเพื่อหล่อส่วนโครงสร้างที่อยู่ใต้น้ำ หรืออาจใช้วิธีการบ่มคอนกรีตผ่านท่อบ่มก็ได้
- วิธีนี้ใช้ในงานก่อสร้างส่วนโครงสร้างที่อยู่ใต้น้ำ เช่น ตอม่อสะพาน, กำแพง, ท่อคอนกรีตใต้น้ำ, เขื่อน, ฐานรากใต้น้ำหรือทะเล, เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ และที่ไม่ใช่ส่วนโครงสร้าง เช่น Cofferdam หรือ Caisson Seal
- วิธีใช้ท่อนรีมีทำได้โดยการเทคอนกรีตให้ไหลลงผ่านท่อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20-30 เซนติเมตร ในแนวตั้ง ยกเว้นที่ละเล็กละน้อย คอนกรีตใหม่จะเข้าไปแทนที่คอนกรีตที่อยู่ใต้ปากท่อทำให้เกิดการไหลลงสำคัญคือคอนกรีตใต้น้ำนี้จะต้องไม่สัมผัสกับน้ำโดยตรง และต้องแน่ใจว่าปลายท่อนอยู่ใต้คอนกรีตตลอดเวลา
- ต้องใช้คอนกรีตที่มีความสามารถยกได้สูง ส่วนผสมควรจะมีการเกาะยึดกันดี ไม่แยกตัว โดยทั่วไปใช้ปริมาณปูนซีเมนต์และทรายมาก ขนาดหินโตสุดไม่เกิน 3/4 นิ้ว สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก รวมทั้งมีการใช้น้ำยาช่วยเพิ่มความสามารถยกได้ด้วย

13.7 การอัดแน่นคอนกรีต

การอัดแน่นคอนกรีต (Compacting หรือ Consolidation) คือ กระบวนการไล่ฟองอากาศ (Entrapped Air) ออกจากคอนกรีตสดที่เทแล้วให้มากที่สุด ทำให้อนุภาคของแข็งในคอนกรีตเข้าใกล้กัน เพื่อให้คอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีช่องว่างน้อยที่สุดหรือมีความหนาแน่นสูงสุดเท่าที่เป็นไปได้

ผลของการอัดแน่นคอนกรีตที่ดี จะทำให้ได้คอนกรีตที่มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ ไม่แยกตัวไม่เป็นรูโพรง รวมถึงการป้องกันไม่ให้แบบหล่อ เหล็กเสริม และสิ่งที่จะฝังติดเคลื่อนที่ การยึดเหนี่ยวที่ดีระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต และระหว่างคอนกรีตชั้นต่าง ๆ มีรอยแตกร้าว น้อยที่สุด มีผิวเรียบสม่ำเสมอ ไม่มีรอยตำหนิ มีกำลัง ความคงทน และมีอายุใช้งานได้นาน

โดยปกติ ถ้าไม่มีการอัดแน่นคอนกรีตสดภายหลังการเท จะทำให้เกิดรูโพรง (Honeycomb) และช่องว่างอากาศ (Entrapped Air) ขึ้น เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วจะมีเนื้อไม่สม่ำเสมอ มีกำลังต่ำ มีความพรุนสูง มีความทึบน้ำต่ำ มีแรงยึดเหนี่ยวกับเหล็กเสริมต่ำ มีความคงทนต่ำ และมีผิวไม่สวย

● **วิธีการอัดแน่นคอนกรีต**

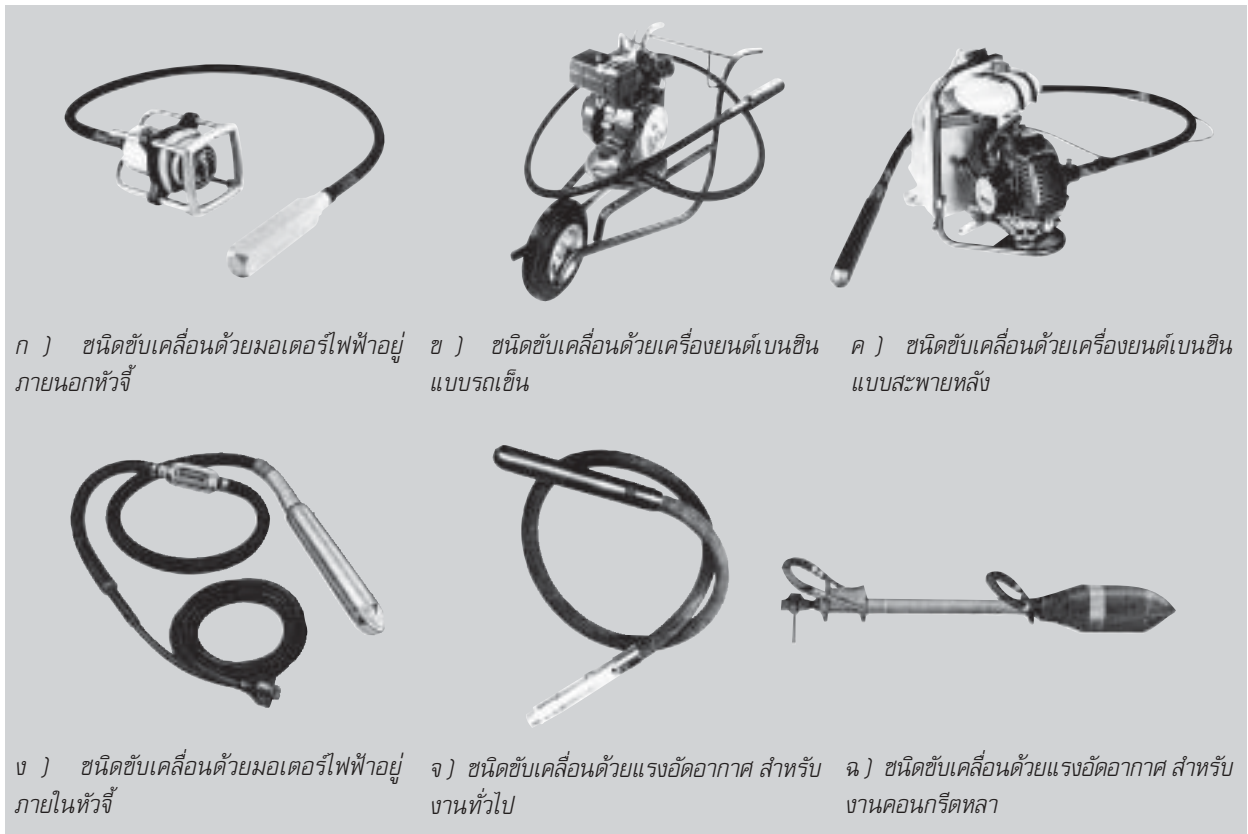
ควรเหมาะสมกับความสามารถเทได้ของคอนกรีตสด, เครื่องมือที่ใช้ล่าเสียงและเท, อัตราการเทและวิธีการเท, ขนาดและรูปร่างของแบบหล่อ, ความหนาแน่นของเหล็กเสริม และสิ่งที่จะฝังติดในแบบหล่อ โดยอาจแบ่งวิธีการอัดแน่นเป็น 5 วิธี ได้แก่

1. การอัดแน่นคอนกรีตโดยใช้อุปกรณ์ที่ใช้มือ

เหมาะสำหรับการเทคอนกรีตสดที่ค่อนข้างเหลวในปริมาณน้อย อัดแน่นโดยใช้การใช้อุปกรณ์ค้ำหรือกระทันบริเวณรอบ ๆ เหล็กเสริมและสิ่งที่จะฝังติดในคอนกรีต

2. การอัดแน่นคอนกรีตโดยใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตแบบภายใน หรือเครื่องจี้เขย่าคอนกรีต (Internal Vibrators)

เครื่องจี้เขย่าคอนกรีตทั้งหมดในปัจจุบันเป็นชนิดหมุน ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายประกอบด้วยหัวจี้ Poker ซึ่งต่อสายมาจากมอเตอร์ วิธีนี้จะจุ่มหัวนี้ลงในคอนกรีตสด โดยหัวจี้จะปล่อยคลื่นความถี่ที่เหมาะสม โดยทั่วไปใช้ความถี่ 70 - 200 Hz ทำให้คอนกรีตสดถูกอัดแน่นในแบบหล่อ บางทีเรียกเครื่องจี้เขย่าแบบนี้ว่า Poker Vibrator หรือ Immersion Vibrator



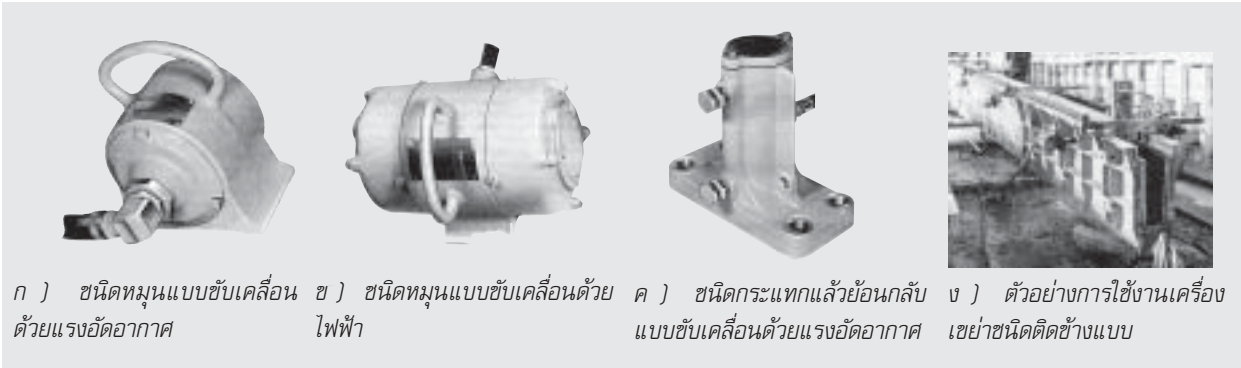
รูปที่ 13-40 เครื่องเขย่าคอนกรีตแบบภายในหรือเครื่องจี้เขย่าคอนกรีตชนิดต่าง ๆ 9

3. การอัดแน่นคอนกรีตโดยใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตแบบภายนอก หรือเครื่องเขย่าคอนกรีตชนิดติดตั้งแบบ (External Vibrators)

เครื่องเขย่าแบบนี้จะติดอยู่กับแบบหล่อ ซึ่งวางอยู่บนจุดวางที่ยึดหยุ่นได้ ดังนั้นทั้งแบบหล่อและคอนกรีตจะถูกเขย่าไปพร้อม ๆ กัน ผลคือ คอนกรีตจะถูกอัดแน่นโดยการเขย่าของแบบหล่อ ซึ่งแบบหล่อประเภทนี้จะต้องออกแบบให้มีความแข็งแรง ไม่บิดงอหรือมีการรั่วไหลของน้ำปูน

เครื่องเขย่าประเภทนี้จะใช้ความถี่ในช่วง 50 - 150 Hz ส่วนมากมักใช้ในงานคอนกรีตอัดแรง หรือโครงสร้างขนาดบาง ที่มีรูปร่างและความหนาไม่เหมาะที่จะใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตแบบภายใน

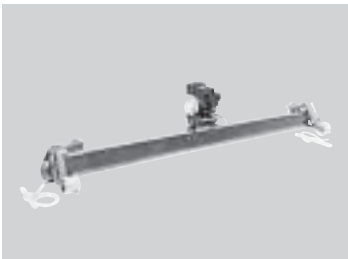
การทำงานต้องเทคอนกรีตใส่แบบเป็นชั้นบาง ๆ เนื่องจากฟองอากาศไม่สามารถถูกขับออกจากคอนกรีตที่มีความหนามาก ๆ ได้ และตำแหน่งของเครื่องเขย่าอาจเปลี่ยนแปลงได้ในขณะเทคอนกรีต



รูปที่ 13-41 เครื่องเขย่าคอนกรีตแบบภายนอกหรือเครื่องเขย่าคอนกรีตชนิดติดตั้งแบบชนิดต่าง ๆ และตัวอย่างการใช้งาน 9



รูปที่ 13-42 ไม้เขย่าคอนกรีต 9



ก) Vibrating Screed ชนิดคานเดี่ยว



ข) Vibrating Screed ชนิดคานคู่

รูปที่ 13-43 เครื่องเขย่าชนิดวางบนผิวคอนกรีต 9

4. การอัดแน่นคอนกรีตโดยใช้โต๊ะเขย่าคอนกรีต (Vibrating Table)

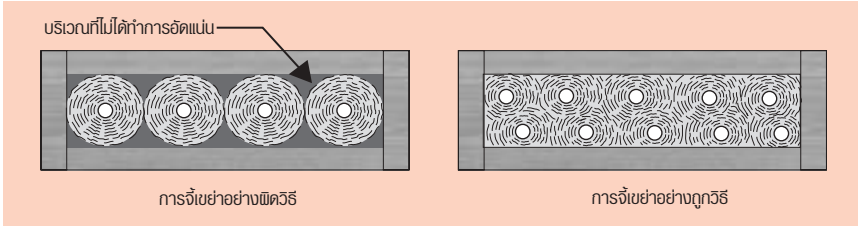
โต๊ะเขย่าเป็นวิธีการอัดแน่นคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับการทำคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้คอนกรีตสดที่แห้งมาก โดยมีประโยชน์ในแง่ที่การเขย่าทำได้อย่างสม่ำเสมอ วิธีการอาจพิจารณาได้เหมือนกับแบบหล่อยึดติดกับเครื่องเขย่า ซึ่งตรงข้ามกับเครื่องเขย่าคอนกรีตแบบภายนอก แต่หลักการในการเขย่าคอนกรีตและแบบหล่อไปพร้อม ๆ กันจะเหมือนกัน ความถี่ที่ใช้อยู่ในช่วง 25 - 120 Hz

5. การอัดแน่นคอนกรีตโดยใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตประเภทอื่น ๆ

เครื่องเขย่าคอนกรีตประเภทอื่น ๆ มีอยู่หลายประเภทด้วยกัน อาทิเช่น เครื่องเขย่าชนิดวางบนผิวคอนกรีต ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการก่อสร้างแผ่นพื้น, รถบดอัดเหมาะสำหรับการอัดแน่นผิวทางในการทำถนน และการก่อสร้างเขื่อนคอนกรีตบดอัด, เครื่องเขย่าชนิดปั่น นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีต เสาค้ำกมลแรงเหวี่ยง (Spun Piles) และผลิตภัณฑ์ที่มีหน้าตัดกลวงอื่น ๆ

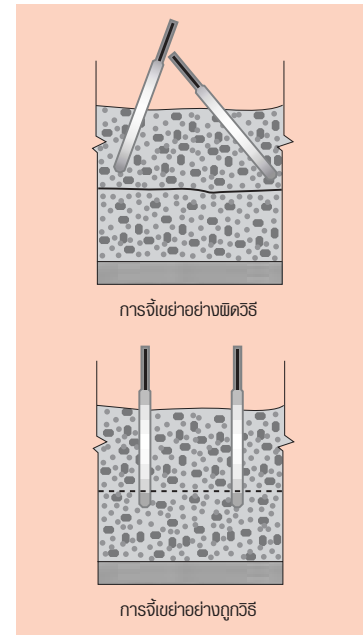
● วิธีการใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตแบบภายใน

- ตำแหน่งและระยะห่างในการจุ่มหัวจี้ : ควรกำหนดระยะห่างการจี้ที่เหมาะสม เพื่อให้คอนกรีตทุกบริเวณในแบบหล่อได้รับการอัดแน่น ระยะห่างในการจุ่มหัวจี้ขึ้นอยู่กับขนาดของหัวจี้และรัศมีทำการหรือระยะห่างจากหัวจุ่มที่คอนกรีตสดยังสามารถได้รับการอัดแน่นเป็นอย่างดี



รูปที่ 13-44 การจี้เขย่าคอนกรีต ควรกำหนดระยะห่างการจี้ที่เหมาะสม เพื่อให้คอนกรีตทุกบริเวณในแบบหล่อได้รับการอัดแน่น

- **ทิศทางการจุ่มหัวจี้:** ควรจุ่มหัวจี้ในแนวตั้งลงไปตลอดความลึกของชั้นการเทคอนกรีตสด และทะลุผ่านถึงชั้นการเทชั้นล่างซึ่งยังไม่เริ่มก่อตัว เพื่อให้เนื้อคอนกรีตทั้งสองชั้นเชื่อมเป็นเนื้อเดียวกัน
- **ระยะเวลาการจุ่มหัวจี้:** เวลาในการจี้เขย่าที่เหมาะสมเพื่อให้คอนกรีตได้รับการอัดแน่นเป็นอย่างดี สังเกตได้จากพฤติกรรมของคอนกรีตสดในขณะจี้เขย่า อาทิ การจมลงของหินหรือกรวดเม็ดใหญ่, จี้เขย่าจนผิวหน้าคอนกรีตได้ระดับหรือมีลักษณะเรียบ, เกิดฟิล์มของมอร์ตาร์บาง ๆ บนผิวหน้าคอนกรีต, สังเกตเห็นซีเมนต์เพสต์บริเวณรอยต่อระหว่างคอนกรีตกับแบบหล่อ, และไม่สังเกตเห็นฟองอากาศขนาดใหญ่ลอยขึ้นมาที่ผิวหน้าคอนกรีตอีกต่อไป โดยปกติการจี้เขย่าจะให้ผลที่ต้องการภายใน 5 - 15 วินาที
- **การถอนหัวจี้กลับขึ้นมา :** เมื่อจี้เขย่าแล้วเสร็จควรถอนหัวจี้กลับขึ้นมาอย่างช้า ๆ เพื่อให้ช่องเปิดที่เกิดจากการใช้หัวจี้ปิดตัวเองได้สนิทไม่มีฟองอากาศซึ่งอยู่



รูปที่ 13-45 ควรจุ่มหัวจี้ในแนวตั้งลงไปตลอดความลึกของชั้นการเทคอนกรีตสด และทะลุผ่านถึงชั้นการเทชั้นล่าง

ขนาดของหัวจี้ (เซนติเมตร)	รัศมีทำการ (เซนติเมตร)	อัตราการใช้เขย่า (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	การใช้งาน
2.0 - 3.0	8.0 - 15.0	0.8 - 2	โครงสร้างบางๆ หรือในที่ทำงานยาก ที่ใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวมากกว่า 5 เซนติเมตร ในบางครั้งจะใช้ร่วมกับเครื่องจี้เขย่าขนาดใหญ่ในบริเวณที่มีเหล็กเสริมท่อน หรืออุปสรรคที่ยากต่อการอัดแน่น
3.5 - 4.0	13.0 - 25.0	2 - 4	สำหรับเสา กำแพง ที่ใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวมากกว่า 5 เซนติเมตร
5.0 - 7.5	18.0 - 35.0	3 - 8	โครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีเหล็กเสริมไม่มากนักที่ใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวตั้งแต่ 2.5 เซนติเมตรขึ้นไป

ตารางที่ 13-6 สรุปรูปขนาดที่เหมาะสมของ Poker สำหรับงานแต่ละประเภท

● การจี้เขย่าคอนกรีตซ้ำ (Revibration)

การจี้เขย่าเพื่อให้คอนกรีตอัดแน่นที่กล่าวมาทั้งหมด เป็นการจี้เขย่าคอนกรีตทันทีทันใดหลังการเทคอนกรีต เพื่อจะทำให้คอนกรีตอัดตัวกันแน่น ก่อนที่คอนกรีตจะแข็งตัว แต่เพื่อให้มั่นใจว่าเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวคอนกรีต 2 ผิว คอนกรีตด้านล่างควรได้รับการเขย่าซ้ำ (Revibrated) ซึ่งเป็นที่สงสัยกันว่าอาจทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลง

ในความเป็นจริง การเขย่าซ้ำที่ 1 - 2 ชั่วโมง หลังจากการเทคอนกรีต จะช่วยเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตถึง 15% เนื่องจากน้ำที่ถูกซังไว้จะถูกขับออกจากกระบวนการเขย่าซ้ำนี้ด้วยเหตุผลเดียวกัน แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมจะปรับปรุงขึ้นอย่างมาก และยังช่วยลดการแตกร้าวด้วย ถึงแม้ว่าจะมีประโยชน์ กระบวนการจี้เขย่าซ้ำกลับไม่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นการเพิ่มงานอีกขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุน และถ้าการจี้เขย่าซ้ำเข้าไป กระบวนการนี้อาจก่อให้เกิดคอนกรีตเสียหายได้



13.8 การแต่งผิวหน้าคอนกรีต



รูปที่ 13-46 การแต่งผิวหน้าคอนกรีต

การแต่งผิวหน้าคอนกรีต (Finishing) คือ การทำผิวหน้าคอนกรีตให้ประสานเป็นเนื้อเดียวกันกับเนื้อคอนกรีตภายในที่อัดแน่นแล้วในแบบหล่อในขณะที่คอนกรีตยังไม่เริ่มแข็งตัว เพื่อให้ผิวหน้าคอนกรีตมีความสวยงาม มีความแข็งแรงของผิวใกล้เคียงหรืออาจมากกว่าเนื้อคอนกรีตภายใน และมีความเรียบหรือลักษณะผิวคอนกรีตเหมาะสมกับการใช้งาน หากมีน้ำปูนลอยอยู่บนผิวหน้าคอนกรีต ควรดูดซับน้ำออกก่อน การโรยผงปูนซีเมนต์หรือปูนทรายลงบนผิวหน้าเพื่อดูดซับน้ำส่วนเกินออก อาจทำให้ผิวหน้ากะเทาะออกมาเป็นฝุ่นหรือเกิดรอยแตกกลายงาเนื่องจากการหดตัวได้

● วิธีการแต่งผิวหน้าคอนกรีต

การแต่งผิวหน้าคอนกรีตอย่างถูกต้องนั้น ทำได้โดยการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผิวคอนกรีต ได้แก่

- **อุปกรณ์และเครื่องมือแต่งผิวหน้า :** เลือกใช้ชนิดอุปกรณ์และเครื่องมือที่เหมาะสมกับลักษณะงานคอนกรีต และตรวจสอบสภาพให้พร้อมใช้งาน
- **เวลาในการแต่งผิวหน้า :** ภายหลังจากการอัดแน่นคอนกรีตแล้ว จำเป็นต้องยึดเวลาการแต่งผิวหน้าคอนกรีตออกไป จนกระทั่งสังเกตเห็นไม่พบน้ำเยิ้มอยู่บนผิวหน้าคอนกรีตอีกต่อไป หรืออาจมีความจำเป็นต้องเอาน้ำออกจากผิว แล้วจึงค่อยทำการแต่งผิวหน้าก่อนคอนกรีตเริ่มแข็งตัว โดยเวลาที่ยึดออกไปนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม ซึ่งส่งผลกระทบต่อการระเหยของน้ำที่เยิ้มอยู่บนผิวคอนกรีต
- **ข้อควรระวัง :** ไม่ควรเติมน้ำ เพื่อทำให้คอนกรีตเหลวและทำการแต่งผิวหน้าได้ง่ายขึ้น เพราะเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วจะทำให้ผิวหน้าคอนกรีตมีความแข็งแรงลดลง และเกิดเป็นชั้นหรือแผ่นมอร์ตาร์บาง ๆ ที่อ่อนแอ ที่เรียกว่า “Laitance” ขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผิวหน้าคอนกรีตหลุดล่อนได้ในระหว่างการใช้งาน

ผลกระทบของการแต่งผิวหน้าคอนกรีตเร็วเกินไป หรือการแต่งผิวหน้าคอนกรีตในขณะที่ยังมีน้ำเยิ้มอยู่ จะทำให้ผิวหน้าคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้วมีความแข็งแรงลดลง เกิดการแตกร้าวหรือหลุดล่อนได้ง่าย

ผลกระทบของการแต่งผิวหน้าคอนกรีตช้าเกินไป อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการฟองปุดและหลุดล่อนเป็นชั้นบาง ๆ ของผิวหน้าคอนกรีตหรือมอร์ตาร์ภายหลังจากการแต่งผิวหน้าแล้วเสร็จไม่นานนัก

มาตรฐานอ้างอิง

- มอก. 213-2520 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตผสมเสร็จ
- E.I.T.Standard 1014-46 : ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต, คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- ASTM C 94 : 2004 : Standard Specification for Ready-Mixed Concrete

เอกสารอ้างอิง

- 1 ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร์, “คอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology)”, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2537.
- 2 บริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด, “10 ขั้นตอนในการทำคอนกรีตที่ดี ตอนที่ 1”, 2546.
- 3 บริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด, “10 ขั้นตอนในการทำคอนกรีตที่ดี ตอนที่ 2”, 2546.
- 4 พิภพ สุนทรสมัย, “วัสดุวิศวกรรมการก่อสร้าง”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2546.
- 5 วินิต ช่อวิเชียร, “คอนกรีตเทคโนโลยี”.
- 6 เอกสารวิชาการของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2545.
- 7 เอกสิทธิ์ ลีสมบูรณ์, “แบบหล่อคอนกรีต”.
- 8 ACI Committee 304, “ACI 304R-00 : Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete”, 2002.
- 9 ACI Committee 309, “ACI 309R-96 : Guide for Consolidation of Concrete”, 2002.
- 10 ACI Committee 309, “ACI 309.2R-98 : Identification and Control of Visible Effects of Consolidation on Formed Concrete Surfaces”, 2002.
- 11 ACI Committee 506, “ACI 506R-90 : Guide to Shotcrete”, 2002.
- 12 A. M. Neville, “Properties of Concrete”, Fourth Edition, 1999.
- 13 P. Kumar Mehta and Paulo J.M. Monteiro, “Concrete Structure, Properties, and Materials”, Second Edition, 1993.
- 14 R. G. Batterham, “Slipform Concrete”.