

บทที่ 8

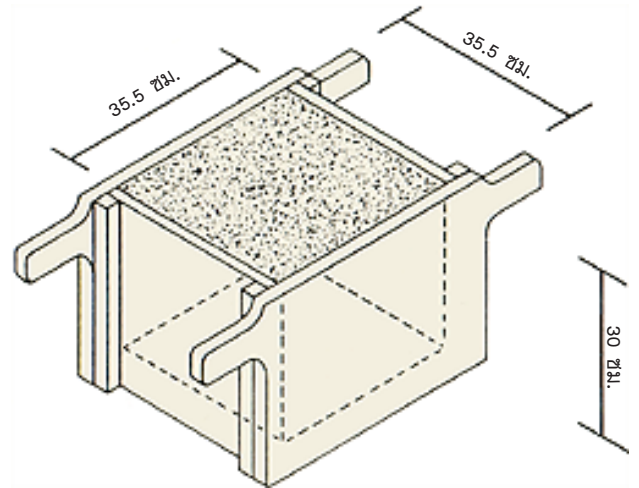
การผสม, การลำเลียง, การเทลงแบบ และการอัดแน่น

การที่จะทำให้คอนกรีตในโครงสร้างที่มีคุณภาพสม่ำเสมอปราศจากช่องว่างและรอยต่อ ได้กำลังอัดและความทนทานตามข้อกำหนด ไม่ได้เกิดจากการออกแบบสัดส่วนผสมของคอนกรีตที่ดี และการทดสอบตามวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงวิธีการและขั้นตอนในการทำงาน อันได้แก่ การชั่งตวงสัดส่วนผสม วิธีการผสม การลำเลียง การเตรียมการสำหรับการเทคอนกรีต การเท การทำให้คอนกรีตอัดแน่น การแต่งผิวตลอดจนการบ่ม

8.1 การวัดส่วนผสม

การวัดส่วนผสมอาจทำได้ 2 วิธีคือ การตวงส่วนผสมโดยปริมาตร และการชั่งส่วนผสมโดยน้ำหนัก

- การวัดส่วนผสมโดยปริมาตร เหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดเล็ก และคอนกรีตที่กำลังอัดค่อนข้างต่ำ แต่หากทำให้ถูกต้องก็สามารถผลิตคอนกรีตที่มีคุณภาพได้พอสมควร โดยผู้รับเหมาควรใช้กะเบาะมาตรฐานในการตวงปริมาตรของหินทราย อย่างไรก็ตาม ความขึ้นบนผิวมวลรวม จะมีผลต่อหน่วยน้ำหนักอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของมวลรวมละเอียดซึ่งอาจมีหน่วยน้ำหนักเมื่อขึ้นต่างจากเมื่อแห้งถึง 30% การวัดปริมาณปูนซีเมนต์โดยทั่วไปจะประมาณจากจำนวนถุง เพราะปูนซีเมนต์มีน้ำหนักแน่นอน คือ 1 ถุง น้ำหนัก 50 กก. ส่วนปริมาณน้ำอาจใช้คำพูดว่าเป็นตัวควบคุม



รูปที่ 8.1 ถังไม้มาตรฐานใช้ในการตวงปริมาตร หิน ทราย

- การวัดส่วนผสมด้วยการชั่งน้ำหนัก เป็นวิธีที่แน่นอนกว่าการตวงปริมาตรมาก เหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่ งานคอนกรีตกำลังอัดปานกลาง-สูง การวัดด้วยน้ำหนักยังมีผลดีต่อการปรับน้ำหนักส่วนผสมตามสภาพความชื้นของมวลรวมอีกด้วย มาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จ มอก.213 กำหนดขอบเขตความคลาดเคลื่อนของการชั่งน้ำหนักไว้ดังสรุปในตารางที่ 8.1

วัสดุ	ปริมาณ	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้
1) ปูนซีเมนต์	น้อยกว่า 200 กก. มากกว่าหรือเท่ากับ 200 กก.	± 2% ± 1%
2) มวลรวม	น้อยกว่า 500 กก. มากกว่าหรือเท่ากับ 500 กก.	± 3% ± 2%
3) น้ำ	-	± 3%
4) สารผสมเพิ่ม	-	± 3%

ตารางที่ 8.1 ขอบเขตความคลาดเคลื่อนของการชั่งน้ำหนักวัสดุเพื่อใช้ผสมคอนกรีตตาม มอก.213 - 2520

8.2 การผสมคอนกรีต

การผสมคอนกรีต เป็นการนำปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ น้ำยาผสมคอนกรีตและวัสดุผสมอื่น ๆ ผสมคลุกเคล้าเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่พอเหมาะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเคลือบหรือหุ้มผิวของมวลรวมทั้งหมดด้วยซีเมนต์เพสต์ และเพื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกันอันจะส่งผลให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดี ถ้าการผสมไม่ทั่วถึง จะทำให้คุณภาพของคอนกรีตไม่สม่ำเสมอ กำลังและคุณสมบัติต่าง ๆ ไม่เป็นไปตามต้องการ

• **วิธีการผสมคอนกรีต** สามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

1) การผสมด้วยมือ เหมาะกับงานขนาดเล็กที่ไม่เคร่งครัดเรื่องคุณภาพเพราะคุณภาพคอนกรีตที่ได้มักไม่ค่อยสม่ำเสมอ วิธีการจะทำโดยผสมปูนและทรายให้เข้ากันก่อนแล้วจึงใส่หินสุดท้ายจะใส่น้ำในปริมาณที่กำหนดปล่อยให้ส่วนผสมเข้ากันแล้วผสมจนเข้ากัน ตักนำไปใช้งาน

2) การผสมด้วยเครื่อง เครื่องที่ใช้ทั่ว ๆ ไปจะเป็นแบบ Batch Mixer คือส่วนผสมจะถูกลำเลียงเข้าไปผสม จากนั้นจะถูกปล่อยออก แล้วจึงลำเลียงส่วนผสมอีกส่วนหนึ่งเข้าไปใหม่

• เครื่องผสมคอนกรีต

เครื่องผสมคอนกรีต ถ้าจำแนกตามลักษณะการผสม สามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ

1) Batch Mixer เป็นเครื่องผสมที่ผสมครั้งละ 0.5, 1 ลบ.ม หรืออื่น ๆ ตามที่เครื่องสามารถจุได้

2) Continuous Mixer เครื่องผสมชนิดนี้ จะผสมคอนกรีตอย่างต่อเนื่องส่วนมากจะออกแบบไว้ใช้กับงานเฉพาะเช่น ใช้กับงานเทคอนกรีตถนน หรือสนามบิน เป็นต้น

แต่ถ้าจำแนกตามรูปลักษณะของเครื่องผสม สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทคือ

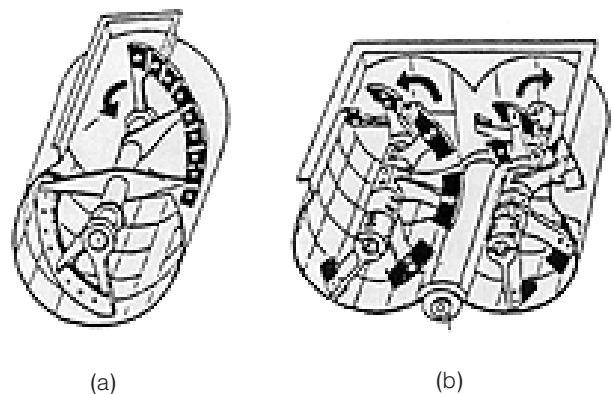
Drum Mixer และ Pan Mixer

1) Drum Mixer สามารถจำแนกออกได้อีก 4 ประเภท คือ

- Tilting Drum Mixer เครื่องผสมแบบนี้ ตัว Drum สามารถเอียงได้สำหรับการเทคอนกรีตออก ไบกวานอยู่ภายในการคายคอนกรีตออกทำได้รวดเร็ว และไม่เกิดการแยกตัว ดังนั้นเครื่องผสมแบบนี้จะเหมาะสำหรับผสมคอนกรีตที่มีความสามารถเทได้ต่ำ ๆ หรือส่วนผสมที่ใช้หินขนาดใหญ่

- Non-Tilting Drum Mixer แกนของเครื่องผสมจะอยู่ในแนวอนตลตลอดเวลา การปล่อยคอนกรีตออกจากเครื่องผสมทำได้โดยการสอดรางเข้าไปใน Drum หรือโดยการหมุน Drum กลับทิศทาง เนื่องจากอัตราการคายคอนกรีตที่ช้า ดังนั้นอาจมีการแยกตัวเกิดขึ้นได้ เพราะหินอาจถูกปล่อยออกมาช้า ส่วนการใส่วัสดุติบลงในเครื่องผสมทำโดยใช้ Loading Skip

- Stationery Drum Mixer หรือ Horizontal Shaft Mixer เครื่องผสมแบบนี้ ตัว Drum จะไม่เคลื่อนที่ มีเพียงไบกวานด้านในที่เคลื่อนที่ ซึ่งแตกต่างจากเครื่องผสม 2 ชนิดแรกที่ตัว Drum และไบกวานหมุนไปพร้อม ๆ กัน เครื่องผสมชนิดนี้ประกอบด้วย Drum ทรงกระบอกวางอยู่ในแนวอนและมีเพลาวางตัวอยู่ในแนวอน โดยมีไบกวานติดอยู่ซึ่งอาจเป็นเพลาดียวหรือเพลาคู่ดังแสดงในรูปที่ 8.2 เครื่องผสมชนิดนี้ นิยมใช้ในโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ เพราะสามารถผสมได้ที่ละมาก ๆ ใช้เวลาผสมน้อย และคายคอนกรีตออกได้ง่าย แต่มีข้อจำกัดคือไม่เหมาะที่จะใช้คอนกรีตที่แห้งมาก ๆ



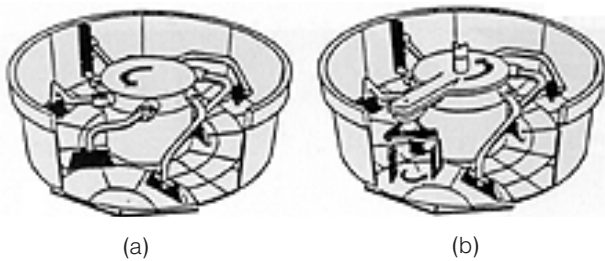
รูปที่ 8.2 Drum Mixer แบบเพลาดียว (a) และแบบเพลาคู่ (b)

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

2) Pan-Type Mixer เป็น Forced-Action Mixer ซึ่งแตกต่างจาก Drum Mixer ซึ่งคอนกรีตใน Drum จะตกลงอย่างอิสระ เครื่องผสมแบบนี้ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ คือ

Circular Pan และมีใบกวนติดอยู่กับแกน และจะหมุนรอบแกนที่ตั้งได้จากกับแกนของ Pan Mixer บางชนิด Pan จะหมุน บางชนิดใบกวนจะหมุน และมีบางชนิดที่ทั้ง 2 สิ่งหมุนสวนทิศทางกันในเวลาเดียวกัน คอนกรีตจะถูกผสมอย่างดีมาก เครื่องผสมแบบนี้จะมีอุปกรณ์ที่ปิดมอร์ต้าไม่ให้ติดข้าง Pan

Pan Mixer นี้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพกับคอนกรีตที่แข็ง และมีส่วนผสมที่มีการยึดเกาะกันอย่างมาก เช่นในคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์มาก ดังนั้นจะใช้สำหรับงานคอนกรีตอัดแรง และใช้ผสมคอนกรีตจำนวนน้อย ๆ หรือ ผสมมอร์ต้าในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 8.3 Pan Mixer แบบธรรมดา (a) และแบบที่มีใบกวนเพิ่ม (b)

นอกจากเครื่องผสมที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการใช้ผสมคอนกรีต ผสมคอนกรีตอีกด้วย โดยภายในตัวไม่มีใบกวนและใบผสม ประสิทธิภาพการผสมจะขึ้นอยู่กับใบกวนและใบผสม รวมทั้งจำนวนวัตถุที่ใส่เข้าไป โดยทั่ว ๆ ไปจะผสมคอนกรีตครั้งละ 1 ลบ.ม. จนครบจำนวน 5-6 ลบ.ม.

• การป้อนวัตถุดิบลงเครื่องผสม

ไม่มีกฎทั่วไปเกี่ยวกับลำดับของการป้อนวัตถุดิบลงเครื่องผสม แต่ทั่ว ๆ ไป จะมีขั้นตอนดังนี้

- 1) เติมน้ำประมาณ 10% ลงในเครื่องผสมเสียก่อน
- 2) ป้อนมวลรวม อันได้แก่หินและทราย เข้าเครื่องผสม
- 3) เริ่มเติมปูนซีเมนต์หลังจากป้อนมวลรวมเข้าไปแล้ว 10%
- 4) เติมน้ำ 80% ระหว่างการป้อนวัสดุอื่น ๆ และเติมน้ำ 10% สุดท้าย เมื่อป้อนวัสดุอื่น ๆ ทั้งหมดเข้าเครื่องแล้ว
- 5) หากมีการใส่น้ำยาผสมคอนกรีตประเภทผง ควรผสม รวมกับปูนซีเมนต์ก่อน หากเป็นของเหลว ควรละลายน้ำยาผสม กับน้ำ

สำหรับในห้องปฏิบัติการ จะเริ่มจากการใส่ทรายก่อนตามด้วยหินบางส่วน ปูนซีเมนต์และน้ำ และใส่หินที่เหลือลงไปสุดท้าย เพื่อที่จะทำให้มอร์ต้าที่จับกันอยู่แตกตัวออก

• เวลาในการผสม

เวลาที่ใช้ในการผสมขึ้นอยู่กับ

- ชนิดและขนาดของเครื่องผสม
- สภาพของเครื่องผสม
- อัตราการหมุนของเครื่อง
- ปริมาณคอนกรีตที่ผสม
- ลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้

เวลาที่เหมาะสมที่สุด คือเวลาที่ทำให้ได้ส่วนผสมที่สม่ำเสมอทุก ๆ ครั้งที่ผสม ซึ่งจะได้จากการทดสอบผสมในสภาพที่ใช้งานจริง โดยสรุปได้ดังนี้

- 1) ส่วนผสมที่แห้ง ขาดซีเมนต์ จะต้องผสมเป็นเวลานาน
- 2) มวลรวมที่เป็นเหลี่ยมมุม ต้องผสมนานกว่ามวลรวมที่กลม

ตามมาตรฐานของอเมริกา แนะนำให้ใช้เวลาอย่างน้อย 1 นาที ในการผสมคอนกรีตภายใน 1 ลบ.ม. แรก และเพิ่มเวลา 20 วินาทีต่อปริมาณคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น 1 ลบ.ม. เวลาผสมสูงสุดไม่ควรเกิน 5 นาที ดังแสดงในตารางที่ 8.2

ความจุของเครื่องผสม (ลบ.ม.)	เวลาขั้นต่ำในการผสม (นาที)
1	1.00
1.5	1.25
2.5	1.50
3.0	1.75
4.0	2.00
4.5	2.25

ตารางที่ 8.2 เวลาขั้นต่ำในการผสมคอนกรีตตามมาตรฐานอเมริกา

• การผสมนานเกินไป

ถ้าคอนกรีตถูกผสมเป็นเวลานาน น้ำจะระเหยออกจากคอนกรีตนั้น ซึ่งทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ลดลง และกำลังจะเริ่มพัฒนาขึ้น ผลที่เกิดขึ้น 3 ประการคือ

- 1) มวลรวมที่อ่อนจะแตก ทำให้ส่วนละเอียดเพิ่มขึ้นและความสามารถเทได้ลดลง
 - 2) ผลของแรงเสียดทานก่อให้เกิดอุณหภูมิของส่วนผสมเพิ่มขึ้น
 - 3) ปริมาณฟองอากาศลดลง
- การผสมช้าเป็นช่วง ๆ จนถึง 2-3 ชั่วโมง จะไม่เป็นอันตรายต่อกำลังและความทนทาน แต่ความสามารถเทได้จะลดลง

ถ้าไม่มีการป้องกันการสูญเสียหรือความชื้นจากเครื่องผสม การเพิ่มปริมาณน้ำ เพื่อให้ค่าความสามารถเทได้เหมือนเดิม ที่เรียกว่า Re-Tempering จะก่อให้เกิดกำลังอัดต่ำลง และมีการหดตัว (Shrinkage) เพิ่มขึ้น โดยผลนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใส่เพิ่มเข้าไป

8.3 การลำเลียง

เมื่อผสมคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยแล้ว จำเป็นที่จะต้องทำการลำเลียงคอนกรีตจากเครื่องผสม หรือจากบริเวณที่ผสมไปยังบริเวณที่จะเทลงแบบ การลำเลียงที่ถูกต้องควรทำในลักษณะที่จะให้ได้คอนกรีตที่สม่ำเสมอ ไม่แยกตัวก่อนเทลงแบบ และต้องมีวิธีป้องกันคอนกรีตจากสภาพแวดล้อมที่จะมีผลเสีย เช่น ความร้อนและความชื้น เป็นต้น

การเลือกวิธีการลำเลียง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

- ปริมาณและอัตราความเร็วในการเทคอนกรีต
- ขนาดและชนิดของงานก่อสร้าง
- ลักษณะภูมิประเทศ, สถานที่ทำงาน, เส้นทางในการขนส่ง

ค่าใช้จ่าย อันได้แก่ ค่าแรงงาน, ราคาค่าเครื่องจักร วิธีการลำเลียงที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน มีดังนี้ การใช้รถเข็น, รถดั้มพ์, รถคอนกรีตผสมเสร็จ, สายพาน และคอนกรีตปั๊ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

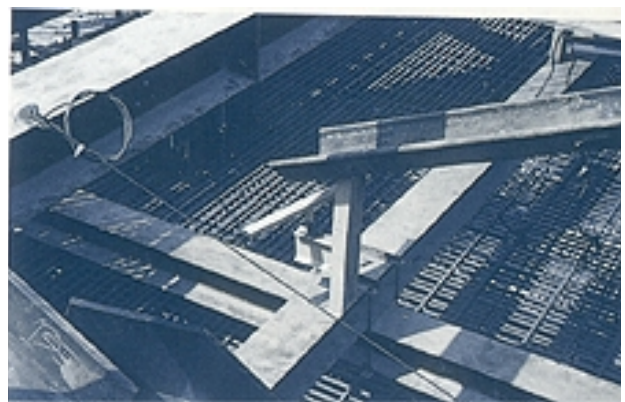
1) ที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับเดียวกับบริเวณที่ต้องการจะเทคอนกรีต

- โดยการใช้คนหาม ควรเลือกใช้ถังใส่คอนกรีตที่มีขนาดเหมาะสม ซึ่งคนงานสามารถหอบได้สะดวก ลักษณะนี้เหมาะกับ งานก่อสร้างขนาดเล็ก
- โดยการใช้รถเข็น เมื่อเข็นไปถึงที่ก่อสร้างแล้วควร จะเทใส่กะบะแล้วคลุกเคล้าอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะนำไปเท แต่ถ้าระยะทางสั้น ๆ ไม่จำเป็นต้องทำการคลุกเคล้าอีกสำหรับพื้นที่ ๆ ไม่มีการเสริมเหล็กจำนวนมากและยุ่งยาก ก็จัดการเทลงไปในแบบได้เลย

- โดยการใช้รถคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งเหมาะกับงานก่อสร้างที่รถผสมคอนกรีตสามารถเข้าไปได้ถึงหน่วยงาน

2) ที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับสูงกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต

สำหรับงานก่อสร้างบางชนิดจำเป็นต้องตั้งเครื่องผสมคอนกรีตไว้สูงกว่างานที่ต้องการเทคอนกรีต วิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขนคอนกรีต มักจะใช้รางลำเลียง อาจจะเป็นรางเหล็กหรือไม้ก็ได้ สิ่งที่ต้องระวังสำหรับการขนคอนกรีตด้วยวิธีนี้ก็คือนั่นคือ ส่วนผสมของคอนกรีตจะต้องไม่แห้งหรือเหลวเกินไป จะต้องเหลวพอดีที่จะไหลในรางได้ง่ายและไม่เกิดการแยกตัว และคอนกรีตสามารถที่จะไหลลงไปในที่ ๆ ต้องการอย่างสม่ำเสมอได้



รูปที่ 8.4 การลำเลียงคอนกรีตโดยใช้ราง

3) ที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับต่ำกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต

- โดยการใช้รถยกเข้าช่วย งานก่อสร้างอาคารหลาย ๆ ชั้นไม่สามารถนำเครื่องผสมคอนกรีตขึ้นไปผสมแต่ละชั้นได้ จำเป็นจะต้องผสมชั้นล่างแล้วใช้เชือกดึงถังเหล็กที่มีคอนกรีตอยู่เต็มขึ้นไป ข้อควรระวังในการใช้วิธีใช้รถยกนี้ หนึ่งร้านที่รับรถต้องแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักคอนกรีตในถังและการดึงเชือกได้
- โดยการใช้คนยืนเรียงแถวโดยใช้วิธีการส่งถังเหล็กที่บรรจุคอนกรีตขึ้นไปเป็นช่วง ๆ จากคนหนึ่งไปยังอีกคนหนึ่ง
- อาจจะใช้ลิฟท์ ทาวเวอร์เครน หรือรถเครน เป็นต้น



รูปที่ 8.5 การลำเลียงคอนกรีตโดยใช้เครน

4) ที่ผสมคอนกรีตอยู่ห่างจากบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต

ปัจจุบันสถานที่ก่อสร้างมีจำกัดไม่สามารถผสมคอนกรีต ณ หน่วยงานก่อสร้างได้ จำเป็นต้องใช้คอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งมีโรงงานที่ใช้ในการผสมคอนกรีตอยู่นอกหน่วยงานก่อสร้างแล้ว ลำเลียงโดยรถผสมคอนกรีตสู่บริเวณที่ต้องการเทคอนกรีตวิธีการปฏิบัติคือ คอนกรีตจะถูกผสมเสร็จเรียบร้อยจากโรงงาน ลำเลียงใส่รถ และจัดส่งไปที่หน่วยงานก่อสร้าง เมื่อถึงที่ก่อสร้างก็จะทำการผสมอีกครั้งก่อนเทลงแบบหรือภาชนะที่รองรับ

5) การใช้คอนกรีตปั๊ม

การเทด้วยวิธีนี้เหมาะกับการงานขนาดใหญ่ และต้องใช้ปริมาณของคอนกรีตเป็นจำนวนมาก และสถานที่ทำงานจำกัด โดยการต่อท่อส่ง ซึ่งท่อส่งนี้ออกจะเลี้ยวหรือโค้งได้ตามต้องการ สำหรับระยะทางที่จะปั๊มคอนกรีต จะขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องปั๊ม



รูปที่ 8.6 การลำเลียงคอนกรีตโดยใช้คอนกรีตปั๊ม

6) การใช้สายพานส่งคอนกรีต

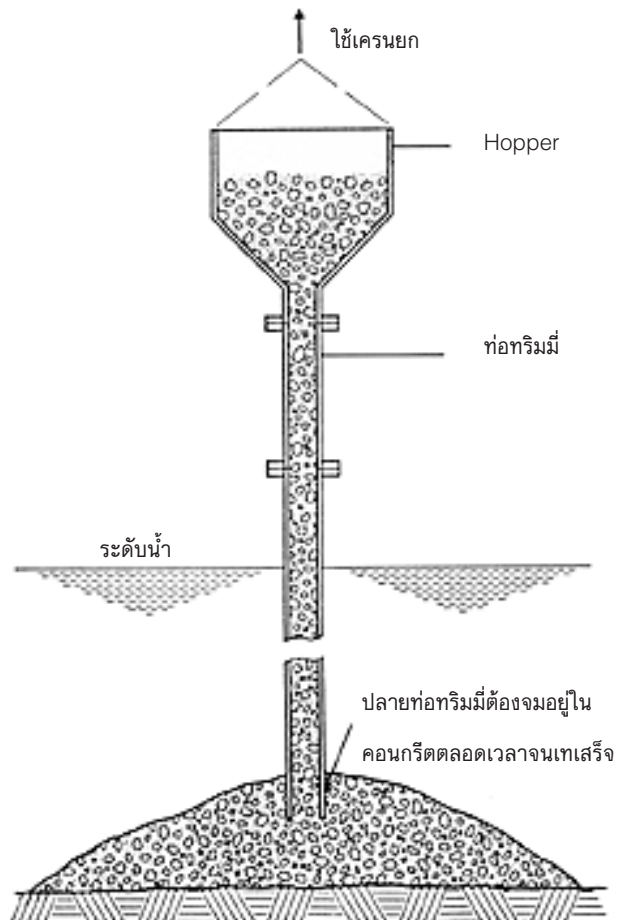
การใช้วิธีนี้สามารถใช้ได้ผลดีทั้งระดับที่อยู่ต่ำและสูงกว่า หรือระดับราบ การแยกตัวของมวลรวมมีไม่มาก เพราะทุกจุดจะเคลื่อนไปพร้อมกันบนสายพาน สำหรับการส่งคอนกรีตด้วยวิธีนี้ ต้องหาทางระงับการสูญเสียของน้ำ เนื่องจากแสงแดดและลม

7) การใช้ท่ออัดส่งหรือฉีด (Shotcrete)

สำหรับวิธีนี้เหมาะกับการทำท่ออุโมงค์ ห่องใต้ดิน โครงสร้างเปลือกบางหรือโครงสร้างที่มีส่วนโค้ง เว้ามาก ๆ โดยใช้เครื่องฉีดหรือพ่นคอนกรีต ที่ละน้อยสู่บริเวณที่ต้องการจากนั้นต้องทำการตกแต่งผิวคอนกรีตอีกครั้ง

8) การเทคอนกรีตใต้น้ำ (Underwater Concreting)

วิธีนี้ใช้ในงานก่อสร้างท่าเรือ หรือเขื่อน หรือรากฐานก่อสร้างในทะเลหรือแม่น้ำ ซึ่งต้องทำอย่างระมัดระวัง เพื่อให้คอนกรีตแยกตัว ก็ต้องใช้วิธีเทคอนกรีตลงไปตามท่อหรือสูบลง คอนกรีตนั้นลงไปยังที่ก่อสร้างนั้นอย่างช้า ๆ



รูปที่ 8.7 การเทคอนกรีตใต้น้ำ

8.4 การเทและการอัดแน่น

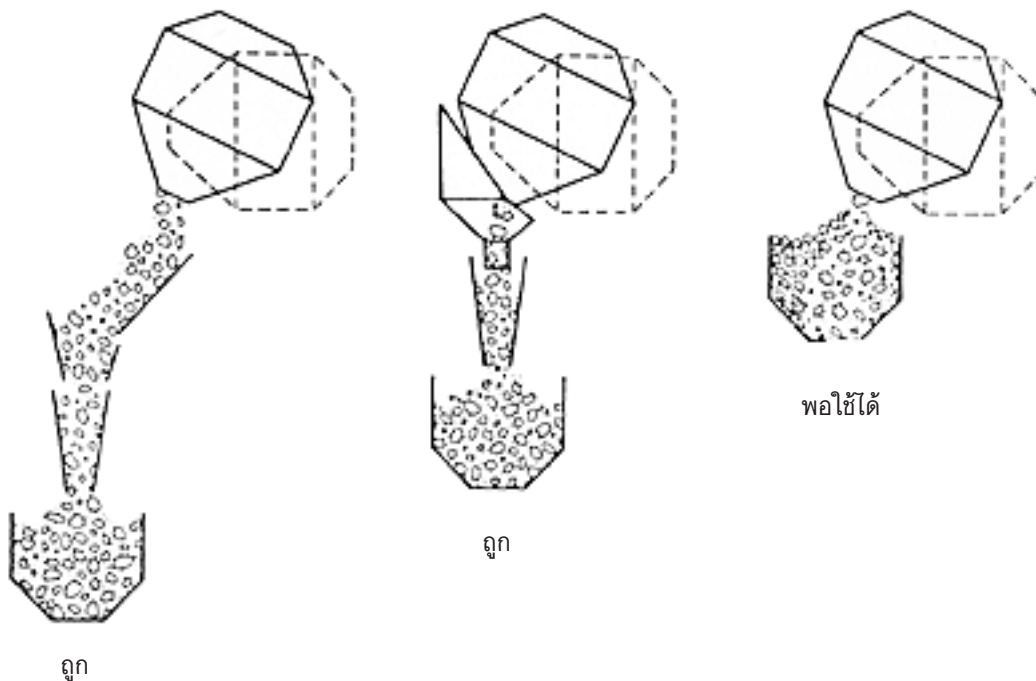
การเทและการอัดแน่นคอนกรีตที่ถูกต้องวิธี จะเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในขบวนการผลิตคอนกรีต อันรวมถึงตั้งแต่การขังตวง ส่วนผสม, การผสม, การลำเลียง และการบ่มคอนกรีต ความสำเร็จของการเทและการอัดแน่นจะเกิดได้เฉพาะหน่วยงานก่อสร้างที่มีการวางแผน และการเตรียมงานที่ดีเท่านั้น เนื่องจากวิธีการทั้ง 2 ดำเนินไปพร้อม ๆ กัน และเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นควรถือว่า การเทและการอัดแน่นเป็นขั้นตอนเดียวเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามในที่นี้ เราจะแยกพิจารณาเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

• การเทคอนกรีต

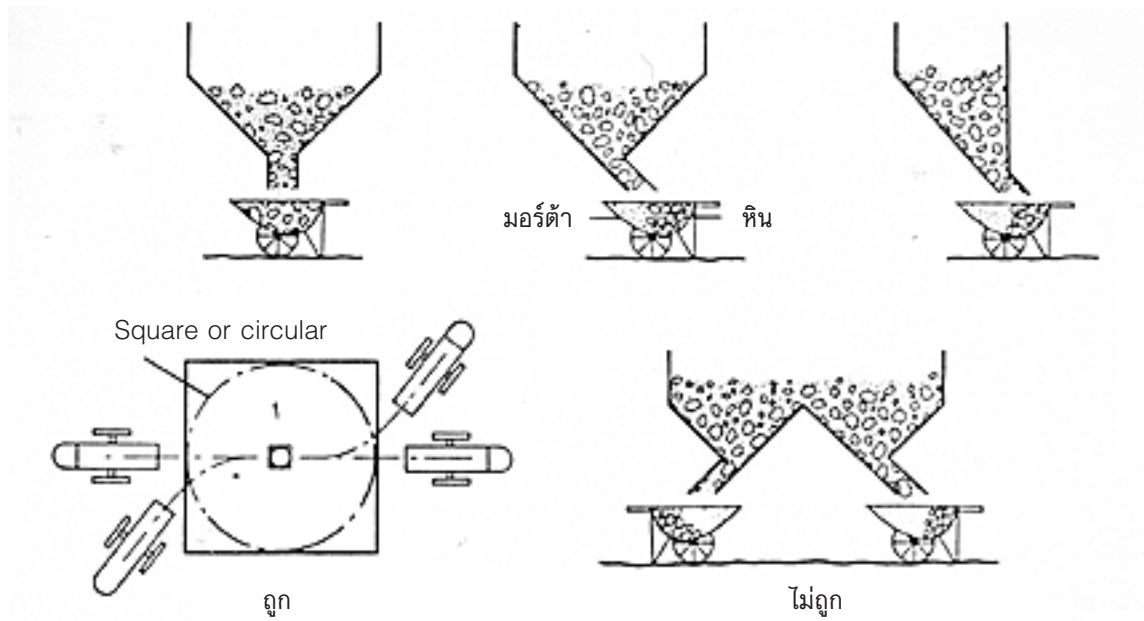
วัตถุประสงค์หลักของการเทคอนกรีตคือ การนำคอนกรีตไปให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุด โดยต้องทำอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการแยกตัวและคอนกรีตสามารถถูกอัดแน่นได้อย่างเต็มที่ วิธีการเทคอนกรีตที่ถูกและไม่ถูกแสดงดังในรูปที่ 8.8 ถึง 8.14

การลำเลียงคอนกรีตอาจทำได้หลายวิธีตั้งแต่การใช้รถเข็น, Drumper, รถผสมคอนกรีต หรือใช้ปัม โดยต้องการเทให้ตรงจุดที่ต้องการมากที่สุด แต่ในหลายกรณีไม่สามารถทำได้ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ข้างต้น ข้อเสนอแนะเหล่านี้ควรระลึกร่วม

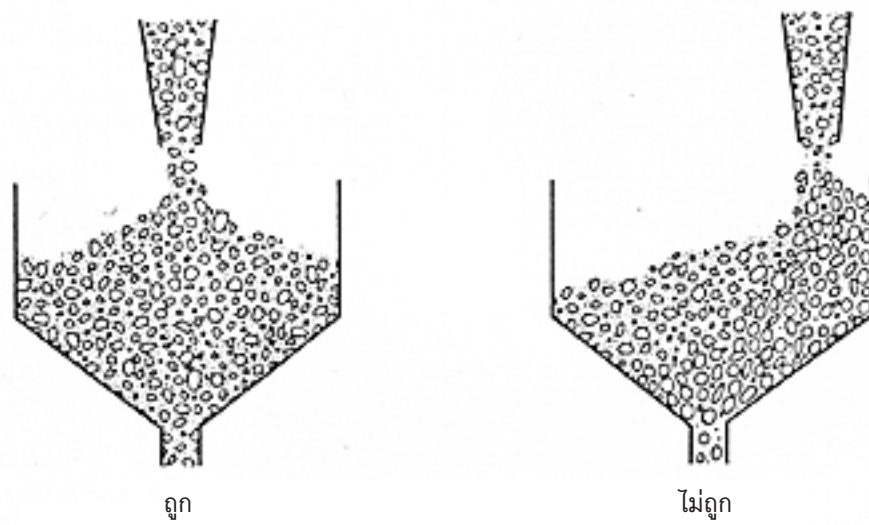
- หลีกเลี่ยงการใช้มือดันหรือใช้เครื่องจี้เขย่า ดันคอนกรีตให้เคลื่อนที่
- ควรเทคอนกรีตให้เป็นชั้นที่สม่ำเสมอ ไม่ใช่กองเป็นภูเขาหรือเป็นชั้นตามแนวเอียง
- ความหนาของการเทแต่ละชั้น ควรเหมาะสมกับวิธีการจี้เขย่า เพื่อให้มั่นใจว่าฟองอากาศหนีออกจากด้านล่างของชั้นนั้น ๆ ได้
- อัตราการเทคอนกรีตลงแบบ และอัตราการเขย่าเข้าแบบควรเท่ากัน
- โครงสร้างที่สามารถเห็นได้ชัดเจน เช่น เสาค้ำ, กำแพงของสะพาน หรือทางยกระดับ ควรเทคอนกรีตเข้าแบบด้วยอัตราอย่างน้อย 2 เมตร/ชั่วโมง และหลีกเลี่ยงการล่าช้าอันจะทำให้เกิด Cold Joint



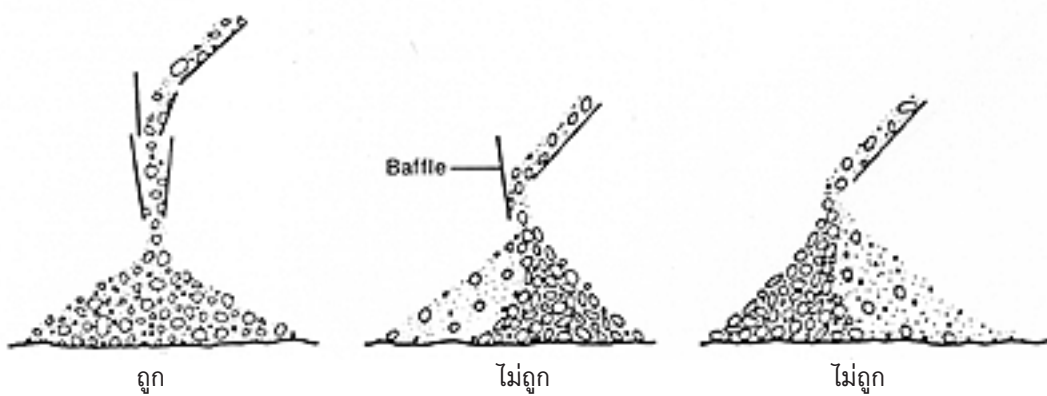
รูปที่ 8.8 การป้องกันการแยกตัวจากการเทคอนกรีตออกจากเครื่องผสม



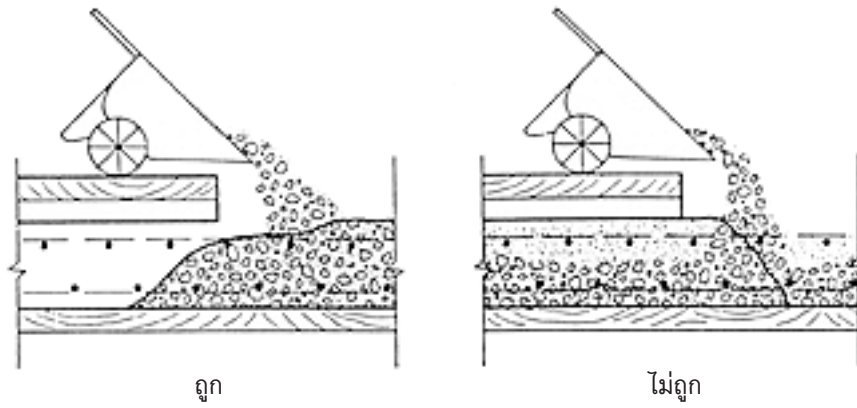
รูปที่ 8.9 การป้องกันการแยกตัวจากการเทคอนกรีตออกจาก Hopper



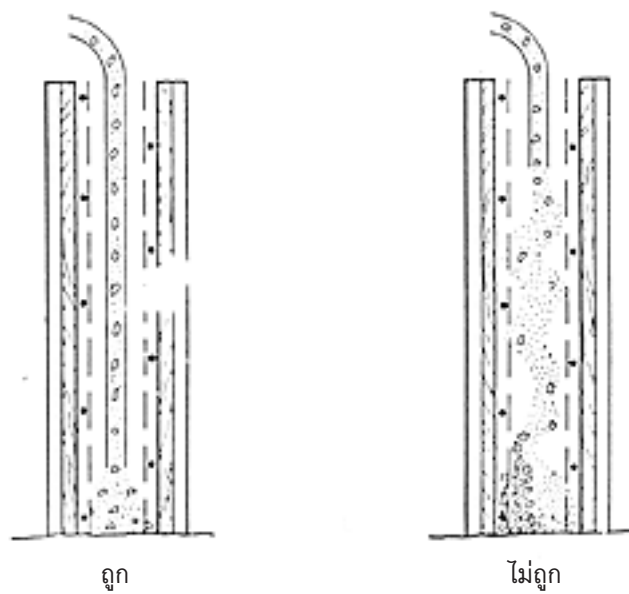
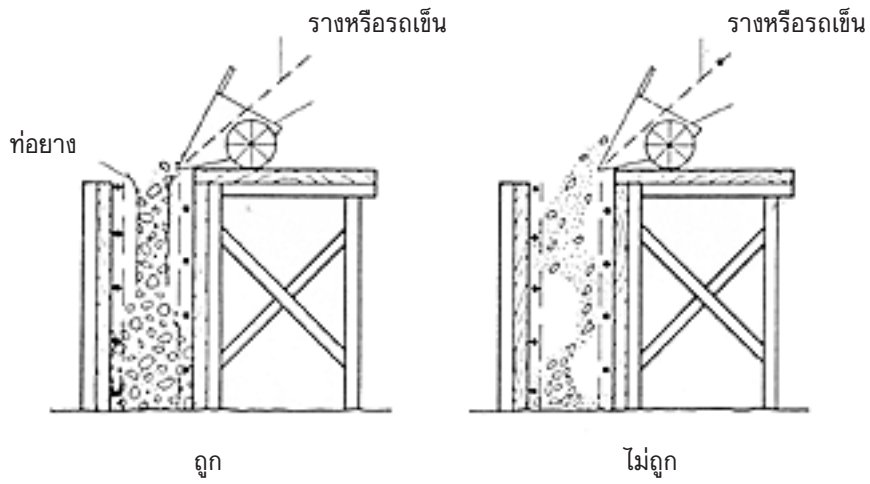
รูปที่ 8.10 การป้องกันการแยกตัวเมื่อเทคอนกรีตลงภาชนะ (Bucket)



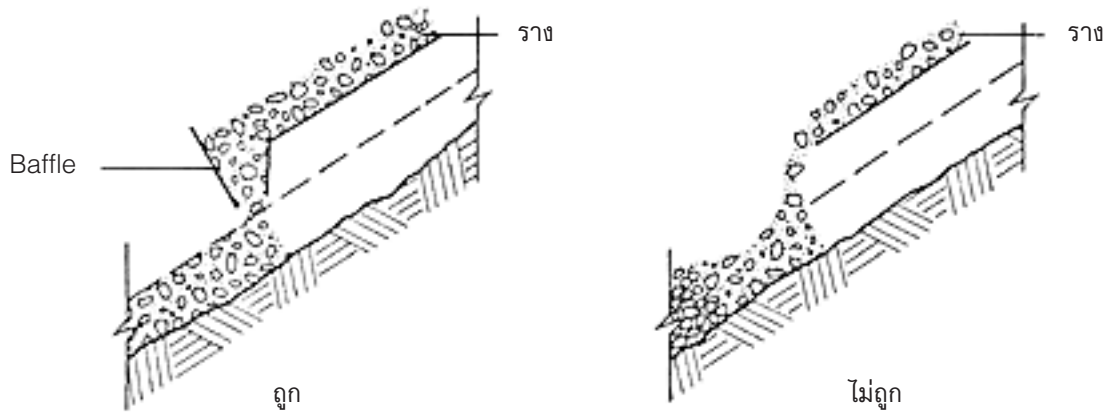
รูปที่ 8.11 การป้องกันการแยกตัวบริเวณปลายราง



รูปที่ 8.12 การเทคอนกรีตจากกรวดเข็น



รูปที่ 8.13 การเทคอนกรีตสำหรับเสาหรือกำแพง



รูปที่ 8.14 การเทคอนกรีตพื้นเอียง

- คอนกรีตในแต่ละชั้น ควรจะได้รับการจี้เขย่าให้อัดแน่นก่อนที่จะเทคอนกรีตชั้นต่อไป และชั้นต่อไป ควรเทในขณะที่คอนกรีตชั้นล่างยังเหลวอยู่ เพื่อจะได้โครงสร้างที่มีเนื้อเดียวกัน
- ควรหลีกเลี่ยงการเทคอนกรีตให้ไปปะทะไม้แบบหรือเหล็กเสริม สำหรับโครงสร้างที่มีความสูง ควรต่อท่อคอนกรีต (Tremie) เพื่อให้มั่นใจว่าเทคอนกรีตได้ถูกตำแหน่งที่ต้องการและลดการแยกตัว
- ควรเทคอนกรีตในแนวตั้งจากกับแกนของโครงสร้างงานคอนกรีตในปัจจุบัน มีวิธีการเทที่ใช้เทคนิคพิเศษ เช่น Slip-forming, Tremie Method, Shotcreting, Preplaced Aggregate หรือ Roller Compacted Concrete ซึ่งรายละเอียดบางเรื่องอยู่ที่ส่วนสุดท้ายในเรื่องคอนกรีตพิเศษ ต่างๆ
- Slip-Forming เป็นวิธีการเทคอนกรีตและการเขย่าแบบอย่างต่อเนื่อง โดยใช้คอนกรีตที่มีความสามารถเทได้ต่ำ ซึ่งต้องมีการควบคุมคุณสมบัติอย่างดี วิธีนี้สามารถเทคอนกรีตได้ในแนวตั้งและแนวนอน Slip-Forming ในแนวตั้งจะเคลื่อนตัวอย่างช้าๆ รอให้คอนกรีตมีกำลังเพียงพอ เพื่อรองรับคอนกรีตใหม่ที่เทลงอย่างต่อเนื่อง
- Tremie Method เหมาะสำหรับเทคอนกรีตในที่ลึกๆ ที่การอัดแน่น โดยวิธีทั่วไปทำไม่ได้ และในกรณีที่เทคอนกรีตได้น้ำ การเทโดยวิธีนี้ต้องใช้คอนกรีตที่มีความสามารถเทได้สูง ไหลลงผ่านท่อด้วยแรงดึงดูด ไปในแนวตั้งของท่อ ซึ่งจะตั้งขึ้นทีละเล็กน้อย ส่วนผสมควรจะมีการเกาะยึดกันดี ไม่แยกตัว โดยทั่วไปใช้ปริมาณซีเมนต์ที่สูงและใช้ทรายมากรวมทั้งมีการใช้น้ำยาช่วยเพิ่มความสามารถเทได้ด้วย

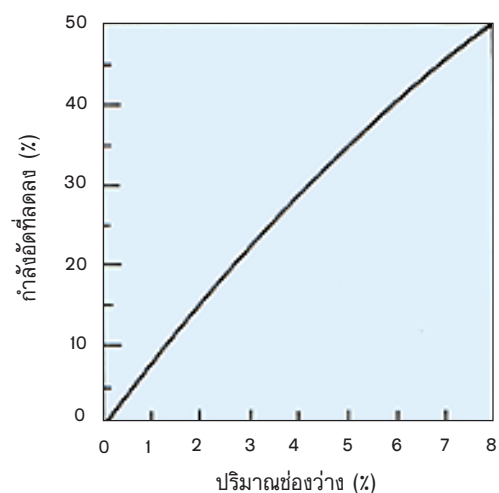
• การอัดแน่น

วัตถุประสงค์ของการอัดแน่นก็เพื่อที่จะไล่อากาศ (Entrapped Air) ออกจากส่วนผสมคอนกรีตให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และบังคับให้ส่วนผสมต่างๆ เข้าใกล้กัน เพื่อจะได้คอนกรีตที่แข็งตัวแล้วที่มีช่องว่างน้อยที่สุด

ปริมาณของ Entrapped Air จะสัมพันธ์โดยตรงต่อความสามารถเทได้ของคอนกรีต ตัวอย่างเช่น คอนกรีตที่มีค่ายุบตัว 7.5 ซม. จะมีอากาศอยู่ประมาณ 5% ในขณะที่คอนกรีตที่มีค่ายุบตัว 2.5 ซม. จะมีอากาศอยู่ถึง 20% นั่นคือเหตุผลที่จะต้องทำการอัดแน่นอย่างดี สำหรับคอนกรีตที่มีค่ายุบตัวน้อย

เหตุผลที่สำคัญในการที่จะต้องขจัดฟองอากาศออกไปจากคอนกรีต คือ

- 1) ช่องว่าง (Void) จะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลง โดยทุกๆ 1% ของอากาศ (Entrapped Air) จะทำให้กำลังอัด ลดลง 5-6%



รูปที่ 8.15 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดที่ลดลงกับช่องว่างในเนื้อคอนกรีต

2) ช่องว่างจะเพิ่มความสามารถซึมผ่านได้ของน้ำ (Permeability) ซึ่งส่งผลให้ความทนทานลดลง

3) ช่องว่างที่อยู่ใต้เหล็กเสริมจะลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับมอร์ต้า

4) ช่องว่างทำให้ผิวคอนกรีตดูไม่สวยงามหรืออาจก่อให้เกิดรูโพรง (Honeycombing)

สรุป คอนกรีตที่อัดแน่นอย่างสมบูรณ์จะมีเนื้อแน่น มีความแข็งแรง ทนทาน และป้องกันการซึมผ่านของน้ำสู่คอนกรีต ส่วนคอนกรีตที่อัดแน่นไม่ดี จะไม่แข็งแรง ไม่ทนทาน เกิดรูโพรง และมีความพรุนมาก

• เครื่องจี้เขย่า

เครื่องจี้เขย่าคอนกรีต อาจแบ่งตามการใช้งานได้ 3 ประเภทคือ

1) Internal Vibrators

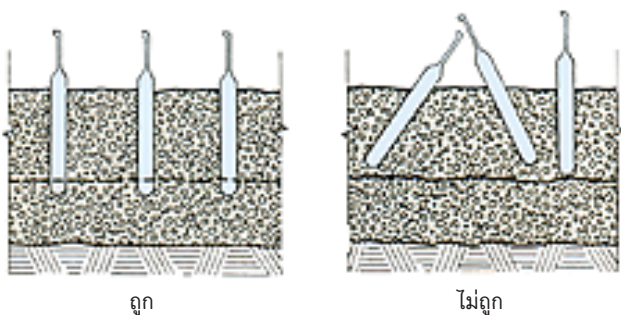
เป็นเครื่องมือที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ประกอบด้วยหัวจี้ Poker ซึ่งต่อสายมาจากมอเตอร์ วิธีใช้จะจุ่มหัวจี้ลงในคอนกรีตที่เหลว โดยหัวจี้จะปล่อยคลื่นความถี่ที่เหมาะสมลงไปข้างที่เรียก เครื่องจี้เขย่าแบบนี้ว่า Poker Vibrator หรือ Immersion Vibrator

ความถี่ที่ใช้ทั่วไปคือ 70-200 Hz อุปกรณ์นี้ควรจะง่ายต่อการเคลื่อนย้าย เพื่อที่ว่าคอนกรีตจะได้ถูกเขย่าทุก ๆ 0.5-1 เมตร ในเวลา 5 วินาที-2 นาที ขึ้นอยู่กับความชื้นเหลวของส่วนผลสม การพิจารณาว่าคอนกรีตอัดแน่นสมบูรณ์ ทำได้โดยดูจากผิวหน้าของคอนกรีตซึ่งจะต้องไม่เป็นรูพรุนและต้องไม่มีมอร์ต้ามากเกินไป

ใช้เครื่องจี้เขย่าคอนกรีตอย่างถูกต้อง

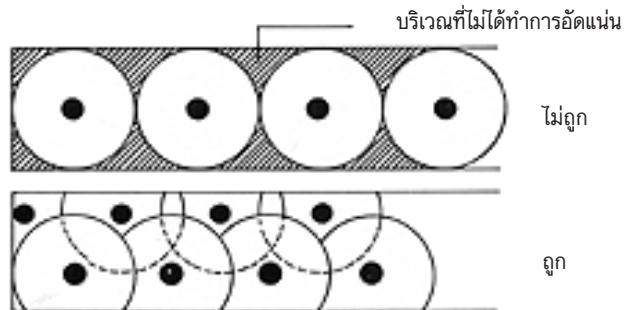
วิธีการ

1) ต้องจุ่มหัวจี้ลงไปตลอดความลึกของคอนกรีตสด และจี้ไปถึงชั้นล่างด้วย ถ้าคอนกรีตในชั้นล่างยังเหลวอยู่



รูปที่ 8.16 การใช้เครื่องจี้เขย่า

2) การจี้เขย่าต้องให้ทั่วบริเวณคอนกรีต โดยต้องกำหนดระยะการจี้ที่ถูกต้อง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการอัดแน่น



รูปที่ 8.17 การจี้เขย่าคอนกรีต

3) เมื่อจี้เขย่าเสร็จแล้ว ควรดึงหัวจี้ขึ้นอย่างช้า ๆ เพื่อให้ช่องเปิดที่เกิดจากหัวจี้ปิดตัวเองได้สนิท ไม่มีฟองอากาศขังอยู่

ขนาดของหัวจี้ (มม.)	รัศมีทำการ (มม.)	อัตราการใช้ ลบ.ม./ ชั่วโมง	การใช้งาน
20-30	180-150	0.8-2	โครงสร้างบาง ๆ หรือในที่ ๆ ทำงานยาก ที่ใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวมากกว่า 5 ซม. ในบางครั้ง จะใช้ร่วมกับเครื่องจี้เขย่าขนาดใหญ่ ในบริเวณที่มีเหล็กเสริม, ท่อ หรืออุปสรรคต่อการอัดแน่น
35-40	130-250	2-4	สำหรับเสา กำแพง ที่ใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวมากกว่า 5 ซม.
50-75	180-350	3-8	โครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีเหล็กเสริมไม่มากนักที่ใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวตั้งแต่ 2.5 ซม. ขึ้นไป

ตารางที่ 8.3 สรุปขนาดที่เหมาะสมของ Poker สำหรับงานแต่ละประเภท

2) External Vibrators

เครื่องเขย่าแบบนี้จะติดอยู่กับไม้แบบ ซึ่งวางอยู่บนจุดวางที่ยึดหยุ่นได้ ดังนั้นทั้งไม้แบบและคอนกรีตจะถูกเขย่าไปพร้อม ๆ กัน ผลคือ คอนกรีตจะถูกอัดแน่นโดยการเขย่าของไม้แบบ ซึ่งไม้แบบประเภทนี้จะต้องออกแบบให้มีความแข็งแรง ไม่บิดงอ หรือมีการรั่วไหลของน้ำปูน

เครื่องเขย่าประเภทนี้จะใช้ความถี่ในช่วง 50-150 Hz ส่วนมากมักใช้งานคอนกรีตอัดแรง หรือโครงสร้างขนาดบาง ที่มีรูปร่างและความหนาไม่เหมาะที่จะใช้ Internal Vibrator

การทำงานต้องเทคอนกรีตใส่แบบเป็นชั้นบาง ๆ เนื่องจากฟองอากาศไม่สามารถถูกขับออกจากคอนกรีตที่มีความหนามาก ๆ ได้ และตำแหน่งของเครื่องจี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ในขณะเทคอนกรีต

3) Vibrating Table

Vibrating Table หรือโต๊ะเขย่า เป็นวิธีการเขย่าที่เหมาะสมสำหรับงานชั้นล่างคอนกรีตอัดแรง โดยมีประโยชน์ในแง่ที่การเขย่าทำได้อย่างสม่ำเสมอวิธีการนี้อาจพิจารณาได้เหมือนกับกล่องหรือไม้แบบยึดติดกับเครื่องจี้เขย่า ซึ่งตรงข้ามกับ External Vibrators แต่หลักการในการเขย่าคอนกรีตและไม้แบบไปพร้อม ๆ กันเหมือนกับ ความถี่ที่ใช้อยู่ในช่วง 25-120 Hz

8.5 การเขย่าคอนกรีตซ้ำ (Revibration)

การจี้เขย่าเพื่อให้คอนกรีตอัดแน่นที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นการเขย่าคอนกรีตทันทีทันใด หลังการเทคอนกรีต เพื่อจะทำให้คอนกรีตอัดตัวกันแน่น ก่อนที่คอนกรีตจะแข็งตัว แต่เพื่อให้มั่นใจว่าเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวคอนกรีต 2 ผิว คอนกรีตด้านล่างควรได้รับการเขย่าซ้ำ (Revibrated) ซึ่งเป็นที่สงสัยกันว่าอาจทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลง

ในความเป็นจริง การเขย่าซ้ำที่ 1-2 ชั่วโมง หลังจากการเทคอนกรีต จะช่วยเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตถึง 15% เนื่องจากน้ำที่ถูกขังไว้จะถูกขับออกจากขบวนการเขย่าซ้ำนี้ ด้วยเหตุผลเดียวกัน แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมจะปรับปรุงขึ้นอย่างมาก และยังช่วยลดการแตกร้าว (Plastic Shrinkage) ด้วย

ถึงแม้ว่าจะมีประโยชน์ ขบวนการจี้เขย่าซ้ำไม่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นการเพิ่มงานอีกขั้นตอนหนึ่งของการเทคอนกรีต ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุน และถ้าการจี้เขย่าซ้ำเข้าไป ขบวนการนี้อาจก่อให้เกิดคอนกรีตเสียหายได้