การบ่ม และการถอดแบบหล่อคอนกรีต

บทที่ 14

รูปที่ 14-1 การบ่มตัวอย่างทดสอบคอนกรีตในห้องปฏิบัติการ

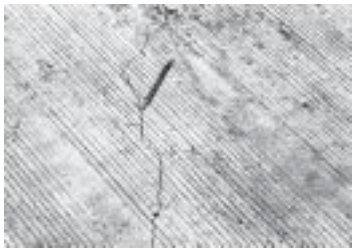
บทคัดย่อ

การบ่มคอนกรีต คือ วิธีการที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้คอนกรีตมีการพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังและความคงทน และเพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต โดยการรักษาระดับอุณหภูมิให้เหมาะสม และลดการระเหยของน้ำให้น้อยที่สุด

คอนกรีตจำเป็นต้องได้รับการบ่มทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการแต่งผิวหน้าและคอนกรีตเริ่มแข็งตัวแล้ว และควรบ่มต่อไปจนกระทั่งคอนกรีตมีกำลังตามต้องการ หลักการทั่วไปของการบ่มที่ดี จะต้องสามารถป้องกันคอนกรีตไม่ให้เกิดการสูญเสียความชื้นไม่ว่าจะด้วยความร้อนหรือลม ไม่ให้คอนกรีตร้อนหรือเย็นมากเกินไป ไม่ให้สัมผัสกับสารเคมีที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีต และไม่ถูกชะล้างด้วยน้ำฝน หลังจากเทคอนกรีตเสร็จใหม่ ๆ

การถอดแบบหล่อคอนกรีต และค้ำยันออกได้ ก็ต่อเมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดเพียงพอที่จะสามารถรับน้ำหนักของคอนกรีตและน้ำหนักอื่น ๆ ที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างต่อไป แต่เนื่องจากเวลาถอดแบบหล่อคอนกรีตขึ้นอยู่กับส่วนผสมคอนกรีตและการบ่มคอนกรีตเป็นสำคัญ ดังนั้นการถอดแบบได้เร็วเพื่อให้สามารถนำแบบไปใช้ซ้ำหลาย ๆ ครั้งนั้น จำเป็นต้องควบคุมคุณภาพคอนกรีตให้มีกำลังในระยะเริ่มแรกสูงเพียงพอ และในขณะเดียวกันก็ต้องควบคุมให้มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน ตามต้องการด้วย

14.1 การบ่มคอนกรีต



รูปที่ 14-2 การขาดการบ่มคอนกรีต หรือการบ่มล่าช้าเกินไป หรือการบ่มอย่างผิดวิธี เป็นสาเหตุหลักของการแตกร้าว (Plastic Shrinkage Crack) ของพื้นคอนกรีตในขณะที่กำลังแข็งตัวในสภาพอากาศร้อนหรือมีลมพัดแรง

การบ่มคอนกรีต (Curing) คือ ชื่อเฉพาะของวิธีการที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะส่งผลทำให้การพัฒนากำลังของคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง วิธีการบ่มอาจทำโดยการให้น้ำแก่คอนกรีตหลังจากที่คอนกรีตเริ่มแข็งตัวแล้ว

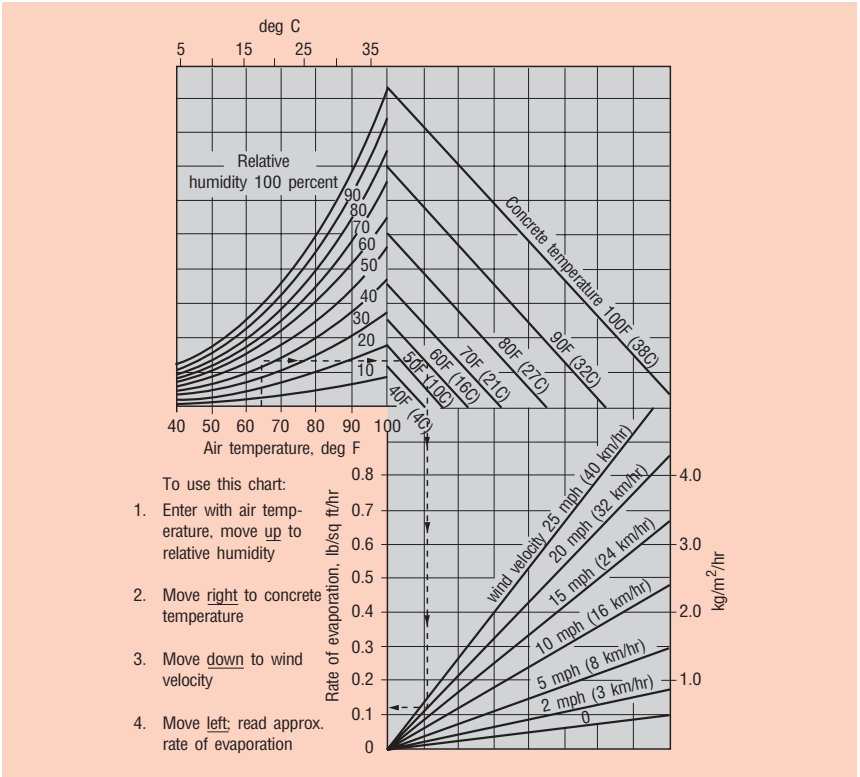
วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการบ่มคอนกรีต คือ

1. เพื่อให้คอนกรีตมีการพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังและความคงทน
2. เพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต โดยเฉพาะในช่วงอายุเริ่มแรก โดยการรักษาระดับอุณหภูมิให้เหมาะสม และลดการระเหยของน้ำให้น้อยที่สุด

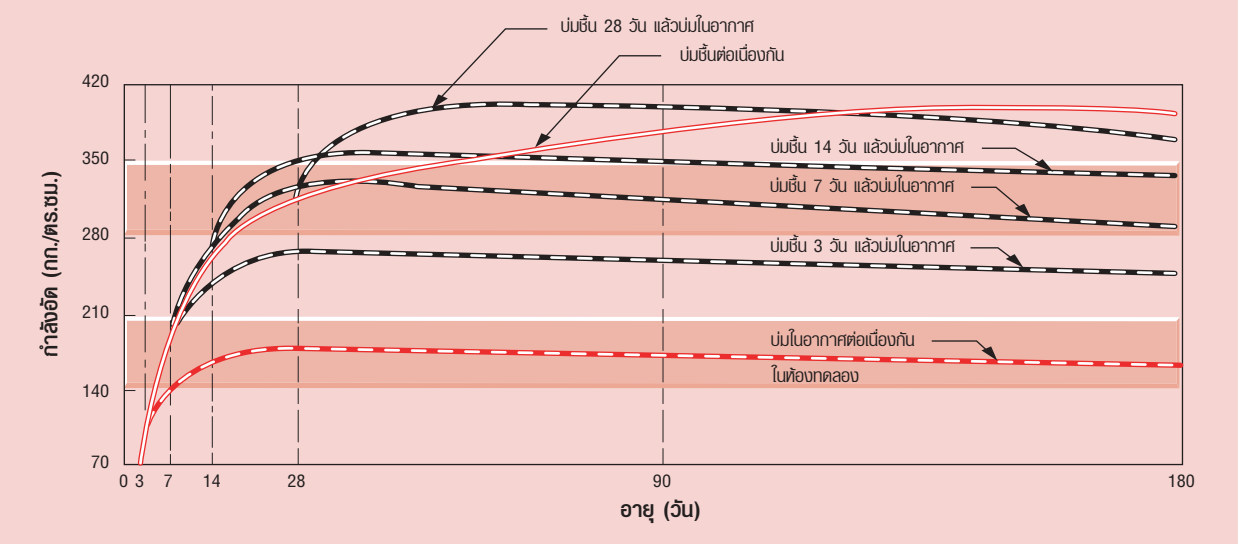
การบ่มอาจหมายถึงการควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีตด้วย ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิที่สูงจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชั่นให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อันทำให้คุณภาพของคอนกรีตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรก อย่างไรก็ตามการเร่งนี้อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณสมบัติของคอนกรีตในระยะยาว

คอนกรีตจำเป็นต้องได้รับการบ่มทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการแต่งผิวหน้าและคอนกรีตเริ่มแข็งตัวแล้ว และควรบ่มต่อไปจนกระทั่งคอนกรีตมีกำลังตามต้องการ หลักการทั่วไปของการบ่มที่ดี จะต้องสามารถป้องกันคอนกรีตไม่ให้เกิดการสูญเสียความชื้นไม่ว่าจะด้วยความร้อนหรือลม ไม่ให้คอนกรีตร้อนหรือเย็นมากเกินไป ไม่ให้สัมผัสกับสารเคมีที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีต และไม่ถูกชะล้างด้วยน้ำฝน หลังจากเทคอนกรีตเสร็จใหม่ ๆ

สิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง เพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตได้รับความเสียหายในขณะที่บ่มอยู่ เช่น การสั่นสะเทือน, การกระแทก, การรับน้ำหนักมากเกินไป, และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างมากในเวลาสั้น ๆ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงอายุต้น ๆ ของคอนกรีต



รูปที่ 14-3 แผนภูมิแสดงวิธีการประมาณค่าอัตราการระเหยของน้ำบริเวณผิวคอนกรีต โดยพิจารณาจากผลของอุณหภูมิอากาศ, อุณหภูมิคอนกรีต, ความชื้นสัมพัทธ์, และความเร็วลม ที่มีต่ออัตราการระเหยของน้ำบริเวณผิวคอนกรีต โดยควรมีการป้องกันการระเหยของน้ำบริเวณผิวคอนกรีต เมื่อคอนกรีตมีอัตราการระเหยเกิน 1.0 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง และอาจมีการป้องกัน เมื่อมีค่าเกิน 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง [7]



รูปที่ 14-4 ผลของการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต

14.2 กรรมวิธีการบ่ม

เราแบ่งกรรมวิธีการบ่มคอนกรีต ออกเป็น 2 ชนิด ตามสภาพอุณหภูมิที่ใช้บ่ม คือ

1. การบ่มที่อุณหภูมิปกติ
2. การบ่มที่อุณหภูมิสูง

รูปที่ 14-4 แสดงผลของการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีตซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. กำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันแรก ๆ ถ้าได้รับการบ่ม ซึ่งชี้ถึงความสำคัญของการบ่มในระยะแรก
2. กำลังอัดของคอนกรีตมีโอกาสเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หลังอายุ 28 วัน โดยอัตราการเพิ่มของกำลังอัดจะช้าลง แต่ก็ยังเพิ่มขึ้นตลอดเวลา หากได้รับการบ่มที่ดี
3. หากขาดความชื้น กำลังอัดของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นสักระยะหนึ่ง เพราะความชื้นที่เหลืออยู่ แต่หลังจากนั้นกำลังอัดจะไม่เพิ่มขึ้นอีก

จะเห็นได้แล้วว่า เราควรบ่มคอนกรีตให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ นั่นคือ บ่มจนกว่าคอนกรีตมีกำลังสูงตามที่ต้องการ ในทางปฏิบัติมักไม่สามารถบ่มคอนกรีตได้นานนัก ทั้งนี้ก็เพราะข้อจำกัดในเรื่องกำหนดการก่อสร้างและค่าใช้จ่าย จากรูป ***รูปที่ 14-4*** แสดงให้เห็นว่า การบ่มชื้นถึง 7 วัน ทำให้เราสามารถได้กำลังอัดของคอนกรีตสูงทัดเทียมกับกำลังอัดคอนกรีตที่บ่มและทดสอบในสภาพชื้นถึง 28 วัน ตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกาแนะนำให้ใช้เวลาบ่มชื้น 7 วัน สำหรับโครงสร้างคอนกรีตทั่วไป หรือเวลาที่จำเป็นเพื่อให้ได้กำลัง 70% ของกำลังอัดหรือกำลังดัดที่กำหนดแล้วแต่ว่าเวลาไหนน้อยกว่ากัน แต่สำหรับงานคอนกรีตหลา เช่น ฐานรากแผ่ขนาดใหญ่ เราจำเป็นต้องบ่มนานถึงอย่างน้อย 2 สัปดาห์

ในกรณีที่การบ่มต้องหยุดชะงักไประยะเวลาหนึ่งด้วยเหตุผลใด ๆ ก็ตาม เมื่อคอนกรีตได้รับความชื้น ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นก็สามารถเกิดขึ้นต่อไป ทำให้กำลังของคอนกรีตเพิ่มขึ้นต่อไปอีก

14.3 การบ่มที่อุณหภูมิปกติ

ก) การขังน้ำหรือการแช่น้ำ

ข) การฉีดน้ำหรือการพรมน้ำ

ค) การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม

รูปที่ 14-5 *การบ่มคอนกรีตโดยการเพิ่มน้ำ*

สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. การบ่มคอนกรีตโดยการเพิ่มน้ำ
2. การบ่มคอนกรีตโดยการป้องกันการสูญเสียความชื้น

1. การบ่มคอนกรีตโดยการเพิ่มน้ำ :

- วิธีนี้เป็นการเพิ่มน้ำหรือความชื้นให้ผิวหน้าคอนกรีตโดยตรงในระยะแรกที่คอนกรีตเริ่มแข็งตัวอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการบ่มคอนกรีตที่กำหนด
- ควรคำนึงถึงความสามารถในการจัดหาน้ำ, แรงงาน, และวัสดุที่ใช้บ่ม
- น้ำที่ใช้บ่ม ควรมีคุณภาพสอดคล้องตามมาตรฐาน ไม่มีสารเจือปนที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือทำให้ผิวคอนกรีตเปลี่ยนสี และหลีกเลี่ยงการใช้น้ำบ่มที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตเกิน 10°C เพราะจะทำให้ผิวคอนกรีตเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างทันทีทันใดและเกิดการแตกร้าวได้ (Thermal Shock)
- วิธีนี้นอกจากจะเป็นวิธีการบ่มที่ดีแล้ว ยังสามารถช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวของคอนกรีตลงด้วย จึงเหมาะกับงานคอนกรีตในอากาศร้อน
- การบ่มแบบนี้ทำได้หลายวิธี รวมทั้งมีข้อดีข้อเสีย สามารถสรุปได้ดัง ***ตารางที่ 14-1***

การขังน้ำหรือการแช่น้ำ (Ponding หรือ Imersion)

โครงสร้าง	วิธีการ	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ	ข้อควรระวัง
• เหมาะกับโครงสร้างที่อยู่ในแนวราบ เช่น แผ่นพื้นทั่วไป, พื้นดาดฟ้า, พื้นสะพาน, ถนน, พื้นสนามบิน เป็นต้น	• ใช้ดินเหนียว หรือก่ออิฐ หรือวัสดุอื่นๆ ทำเป็นทำนบโดยรอบพื้นที่จะบ่ม แล้วขังน้ำให้ผิวคอนกรีตเปียกอยู่อย่างต่อเนื่อง	• ทำได้ง่ายและสะดวก • ค่าใช้จ่ายน้อย • ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้ • ซ่อมแซมได้สะดวก รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่าย เช่น ทำคันดินเหนียวและพังก็สามารถซ่อมได้ทันที	• ต้องหมั่นตรวจดูรอยแตกร้าวของทำนบ เพื่อไม่ให้น้ำรั่วไหลออกจนผิวหน้าคอนกรีตแห้ง • ต้องเก็บทำความสะอาดภายหลังการบ่ม • กรณีเป็นพื้นอาคารหลายชั้น จะไม่เหมาะ เพราะต้องก่อสร้างชั้นถัดไป (ยกเว้นพื้นดาดฟ้า)	• ไม่ควรใช้น้ำบ่มที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตเกิน 10°C • ระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสียหายที่เกิดจากน้ำรั่วออกจากทำนบ จนทำให้ผิวหน้าคอนกรีตแห้ง

ตารางที่ 14-1 *การบ่มคอนกรีตโดยการเพิ่มน้ำ*

การฉีดน้ำหรือการพรมน้ำ (Sprinkling หรือ Fog Spraying)				
โครงสร้าง	**วิธีการ**	**ข้อได้เปรียบ**	**ข้อเสียเปรียบ**	**ข้อควรระวัง**
• เหมาะกับโครงสร้างทั้งที่อยู่ในแนวราบและแนวดิ่ง เช่น แผ่นพื้น, ผนัง, และกำแพง เป็นต้น	• ฉีดหรือพรมน้ำด้วยหัวฉีดหรือท่อยาง • ใช้งานได้ดีเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงกว่าจุดเยือกแข็ง • นิยมใช้ในการบ่มระยะเริ่มต้นเพื่อให้ผิวคอนกรีตที่เริ่มแข็งตัวชื้นอยู่ตลอด	• ทำได้สะดวก • ได้ผลดี • ค่าใช้จ่ายน้อย • ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้	• ไม่เหมาะกับสถานที่ที่จัดหาน้ำได้ยาก • ไม่สะดวกกับการฉีดกับผนังหรือกำแพง เพราะน้ำจะแห้งเร็ว • ถ้าอากาศร้อนจะแห้งเร็ว จึงต้องคอยหมั่นฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ	• ไม่ควรใช้น้ำบ่มที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตเกิน 10 ^{o}C • น้ำอาจชะผิวคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวดี ทำให้ผิวเสียหายได้

การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม (Water-Absorbent Materials)				
โครงสร้าง	**วิธีการ**	**ข้อได้เปรียบ**	**ข้อเสียเปรียบ**	**ข้อควรระวัง**
• เหมาะกับโครงสร้างที่อยู่ในแนวราบ เช่น แผ่นพื้น แต่ถ้าใช้กระสอบก็สามารถใช้กับโครงสร้างที่อยู่ในแนวดิ่ง เช่น ผนัง, และกำแพง ได้ด้วย	• ใช้กระสอบ หรือวัสดุซึ่งอุ้มน้ำได้มาคลุมเหลื่อมกันให้มาก ถ้าใช้ฟาง ขี้เลื่อย หรือหญ้าแห้งควรมีความหนาไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร หรือใช้ทรายแทน แล้วฉีดน้ำให้ชุ่ม	• สามารถหาวัสดุมาใช้ได้ง่าย • ได้ผลดีมาก • ค่าใช้จ่ายไม่สูงเกินกว่าที่จะทำได้ • ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้	• ถ้าอากาศร้อนจะแห้งเร็ว จึงต้องคอยหมั่นฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ • ต้องพิจารณาก่อนว่าวัสดุที่ใช้บ่มเป็นอันตรายต่อผิวคอนกรีตหรือไม่	• ไม่ควรใช้น้ำบ่มที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตเกิน 10^{o}C • วัสดุที่ใช้บ่ม ต้องไม่มีสารที่เป็นอันตรายต่อผิวคอนกรีต

ตารางที่ 14-1 (ต่อ) *การบ่มคอนกรีตโดยการเพิ่มน้ำ*

2. **การบ่มคอนกรีตโดยการป้องกันการสูญเสียความชื้น :**

- วิธีนี้เป็นการป้องกันความชื้นจากผิวคอนกรีตมิให้เล็ดลอดออกสู่ภายนอกโดยการใช้วัสดุปิดทับ (Sealing Materials) ทำหน้าที่เป็นแผ่นคลุม หรือเป็นฟิล์มเคลือบผิวคอนกรีต เพื่อลดการสูญเสียน้ำที่ระเหยออกจากคอนกรีต
- วิธีการบ่มแบบนี้สามารถสรุปได้ดัง ***ตารางที่ 14-2***

ก) การใช้สารเหลวบ่มคอนกรีตหรือน้ำยาบ่มคอนกรีต

ข) การใช้แผ่นพลาสติกคลุม

รูปที่ 14-6 *การบ่มคอนกรีตโดยการป้องกันการสูญเสียความชื้น*

การใช้สารเหลวบ่มคอนกรีตหรือน้ำยาบ่มคอนกรีต (Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete)

น้ำยาบ่มคอนกรีต ควรมีคุณภาพตามข้อกำหนดของ **มอก. 841** หรือ **ASTM C 309** เป็นสารที่เคลือบบนผิวคอนกรีตซึ่งเมื่อแห้งแล้วจะเป็นแผ่นบาง (Membrane-Forming) สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำระหว่างการแข็งตัวของคอนกรีตในช่วงแรกได้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภท 1 ใส, ประเภท 2 ใสเจือสี, และประเภท 3 สีขาว ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ระเหยได้ จะต้องปราศจากตัวทำละลายที่เป็นพิษ หรือถ้าติดไฟต้องไม่ลุกลามรุนแรง, และสิ่งนำ (Vehicle) หรือส่วนที่เป็นของเหลว ซึ่งประกอบด้วยตัวทำละลาย และส่วนที่ไม่ระเหย ชนิดใดชนิดหนึ่ง ได้แก่ สิ่งนำที่มีส่วนที่ไม่ระเหยเป็นไขธรรมชาติ หรือไขปิโตรเลียม, และสิ่งนำที่มีส่วนที่ไม่ระเหยเป็นเรซิน

โครงสร้าง	วิธีการ	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ	ข้อควรระวัง
• เหมาะกับโครงสร้างพิเศษต่างๆ ที่ต้องการใช้งานเร็ว เช่น พื้นสนามบิน, หลังคากว้างๆ หรือหลังคาเปลือกบาง, ถนน, และอาคารสูง เป็นต้น	• ใช้ฉีดพ่นคลุมผิวคอนกรีตภายหลังการแต่งผิวเสร็จและผิวคอนกรีตเริ่มแห้ง โดยควรฉีดพ่นซ้ำมากกว่า 1 ครั้ง	• ใช้งานได้สะดวก และรวดเร็ว • ได้ผลดีพอสมควร ถ้าน้ำยานั้นเป็นของแท้และมีความเข้มข้นตามมาตรฐานของผู้ผลิต • ไม่ต้องคอยรดน้ำ • ใช้ในกรณีที่การบ่มด้วยวิธีการอื่นๆ ไม่ได้ผล	• เสียค่าใช้จ่ายสูง • ต้องจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการพ่นทุกครั้ง • ต้องใช้บุคลากรที่มีประสบการณ์ • น้ำยาบ่มอาจทำอันตรายต่อผู้ที่อยู่ในระยะใกล้เคียงได้	• หลีกเลี่ยงผิวคอนกรีตที่ยังคงมีการเยิ้มอยู่ หรือยังคงมีการระเหยของน้ำที่ผิวมากเกินไป • ไม่ควรฉีดพ่นน้ำยาบ่มลงบนเหล็กเสริม หรือที่รอยต่อของการก่อสร้าง เนื่องจากบริเวณดังกล่าวต้องการการยึดเกาะที่ดีกับคอนกรีตที่จะเทต่อไปภายหลัง

การใช้แผ่นพลาสติกคลุม (Plastic Film)

แผ่นพลาสติก ควรมีคุณภาพตามข้อกำหนดของ **ASTM C 171** เป็นแผ่นโพลีเอธิลีน (Polyethylene Sheets) มีความหนาต่ำสุด 0.1 มิลลิเมตร เชื่อมกับ Water-Absorbent Fabric ซึ่งมีความหนาต่ำสุด 0.1 มิลลิเมตร เช่นเดียวกัน หรือเชื่อมกับผ้าฝ้าย หรือตาข่ายสังเคราะห์ หรือวัสดุดูดซับอื่นๆ โดย Water-Absorbent Fabric จะช่วยลดรอยด่างบนผิวคอนกรีตที่เกิดจากการใช้แผ่นพลาสติกผิวเรียบ และการใช้แผนพลาสติกสีขาวจะช่วยสะท้อนแสงและลดการดูดซับความร้อนได้ดีกว่า

โครงสร้าง	วิธีการ	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ	ข้อควรระวัง
• เหมาะกับโครงสร้างที่ไม่เน้นความสวยงามของผิวคอนกรีตมากนัก เช่น รางน้ำ, และถนน เป็นต้น	• วางแผ่นพลาสติกบนผิวคอนกรีตให้เรียบและเหลื่อมกัน พนึกด้วยเทป หรือใช้ทรายทับ • ใช้แผ่นพลาสติกสีขาวเมื่ออากาศร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 30°C)	• มีน้ำหนักเบา จึงใช้งานง่าย • ได้ผลดี ในการป้องกันน้ำระเหยออกจากคอนกรีต • ไม่ต้องราดน้ำให้ชุ่มอยู่ภายใน	• บางมาก ชำรุดง่าย (แต่ถ้าเสริมด้วยใยแก้ว จะทนมากขึ้น) • ต้องหาของหนัก เช่น ทรายทับเพื่อกันปลิว • เสียค่าใช้จ่ายสูง ถ้าใช้คลุมพื้นที่กว้างมากๆ	• จะต้องวางไม่ให้มีรอยย่น เพื่อลดรอยด่าง รอยต่อต้องพนึกให้ติดแน่น • อาจตรวจสอบความสามารถในการป้องกันการระเหยได้โดยการลองราดน้ำใต้แผ่นพลาสติก

การใช้กระดาษกันน้ำซึมได้คลุม (Reinforced Paper)

กระดาษกันน้ำซึมได้ ควรมีคุณภาพตามข้อกำหนดของ **ASTM C 171** มี 2 ชั้น ประกอบด้วย ชั้นของกระดาษเหนียว (Kraft Paper) ยึดติดด้วย ชั้นของกาวประเภทยางมะตอย (Bituminous Adhesive) และเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว หรือใยชนิดอื่นๆ ที่มิใช่ใยหิน (Non-asbestos Fibers)

โครงสร้าง	วิธีการ	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ	ข้อควรระวัง
• นิยมใช้กับโครงสร้างในแนวราบ เช่น แผ่นพื้น	• วางกระดาษกันน้ำซึมได้บนผิวคอนกรีตให้เรียบและเหลื่อมกัน พนึกด้วยเทป หรือใช้ทรายทับ	• ป้องกันผิวคอนกรีตไม่ให้แห้งเร็วได้ แต่ต้องคอยราดน้ำไว้ด้วย • ใช้คนงานในระดับกรรมกรทำได้	• ชำรุดง่าย จึงไม่สะดวกในการเก็บรักษา • เสียค่าใช้จ่ายสูง • ไม่สะดวกในการใช้งาน	• รอยต่อต้องพนึกให้แน่น ไม่ขาดชำรุด

ตารางที่ 14-2 วิธีการบ่มคอนกรีตโดยการป้องกันการสูญเสียความชื้น

การใช้แบบหล่อ (Formwork)

เป็นการบ่มคอนกรีตโดยใช้แบบหล่อ สามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ และยังช่วยรักษาอุณหภูมิโดยเฉพาะในช่วงอายุเริ่มแรกของคอนกรีตให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

โครงสร้าง	วิธีการ	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ	ข้อควรระวัง
• ใช้กับโครงสร้าง เช่น ฐานราก, เสา, คาน, ผนัง, และกำแพง เป็นต้น • นิยมใช้เป็นวิธีการหนึ่งของการบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิ	• กรณีแบบหล่อไม้ ต้องพ่นไม้แบบให้มีความชื้นอยู่เสมอ • ทำได้โดยการยืดระยะเวลาการถอดแบบหล่อออกไป	• ทำได้สะดวก • ป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดีมาก จึงควรถอดแบบหล่อให้ช้าที่สุด	• ต้องใช้แบบหล่อจำนวนมาก • ทำให้งานล่าช้า เพราะต้องนำแบบหล่อไปใช้กับงานอื่นๆ ต่อไป • กรณีไม้แบบเก่า ต้องเสียเวลาทำความสะอาดไม้แบบ	• ระยะเวลาในการถอดแบบหล่อควรพิจารณาจากผลการทดสอบกำลังของคอนกรีตโดยตรง

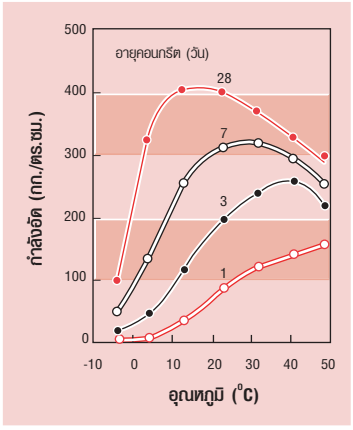
ตารางที่ 14-2 (ต่อ) *วิธีการบ่มคอนกรีตโดยการป้องกันการสูญเสียความชื้น*

14.4 การบ่มที่อุณหภูมิสูง

การบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงหรือการบ่มแบบเร่งกำลังนี้ สามารถเร่งอัตราการเพิ่มกำลังอัดได้อย่างรวดเร็ว ดังแสดงใน ***รูปที่ 14-7*** ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมใช้ในการผลิตคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น ท่อ คาน และแผ่นพื้น เป็นต้น ข้อดีในการปฏิบัติ คือ

- สามารถผลิตได้รวดเร็วขึ้น
- ประหยัดแบบหล่อเพราะสามารถถอดแบบได้เร็ว
- คอนกรีตมีกำลังสูงเร็ว ทนต่อการเคลื่อนย้ายและใช้งานได้ดี

การบ่มแบบนี้ ควรคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้ เช่น ระยะเวลาที่จะเริ่มบ่ม, อัตราการเร่งอุณหภูมิ, อุณหภูมิสูงสุดของการบ่ม, ระยะเวลาการคงอุณหภูมิสูงสุดไว้, และอัตราการลดอุณหภูมิ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ควรได้มาจากผลการทดสอบหรือประสบการณ์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลเสียต่อคอนกรีตที่บ่ม คอนกรีตต้องมีกำลังไม่น้อยกว่ากำลังที่ออกแบบไว้ และต้องไม่มีผลเสียต่อความคงทนของคอนกรีตด้วย



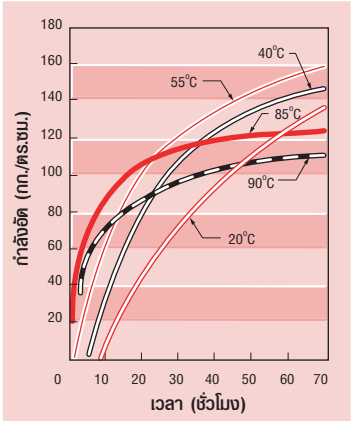
รูปที่ 14-7 *ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต*

● **การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำ (Low Pressure Steam Curing)**

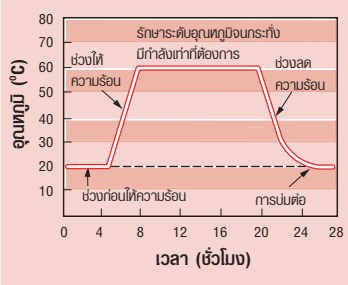
อุณหภูมิที่ใช้อยู่ระหว่าง 40 - 100 °C ส่วนอุณหภูมิที่ให้ผลดีที่สุดจะอยู่ระหว่าง 65 - 80 °C การเลือกอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มกำลังอัดและกำลังอัดสูงสุดที่ต้องการ อุณหภูมิสูงจะทำให้กำลังอัดสูงขึ้นอย่างรวดเร็วแต่กำลังอัดประลัยสูงสุดจะมีค่าต่ำ อุณหภูมิที่ต่ำจะให้กำลังอัดประลัยสูงสุดที่สูงแต่ด้วยอัตราการเพิ่มกำลังอัดที่ต่ำ ความสัมพันธ์เห็นได้อย่างชัดเจนใน ***รูปที่ 14-8***

นอกจากอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้บ่มแล้ว สิ่งที่สำคัญก็คือ เวลาที่ใช้ในการบ่มซึ่งประกอบด้วย 3 ช่วงเวลา คือ

1. ช่วงเวลาการค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น
2. ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดจริง
3. ช่วงเวลาการลดอุณหภูมิลงสู่อุณหภูมิปกติ



รูปที่ 14-8 *ผลของอุณหภูมิของการบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำที่มีต่อกำลังของคอนกรีตในระยะแรก*



รูปที่ 14-9 *ขั้นตอนการควบคุมอุณหภูมิสำหรับการบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำ*

รูปที่ 14-9 แสดงขั้นตอนการควบคุมอุณหภูมิ ควรทิ้งคอนกรีตไว้ที่อุณหภูมิปกติประมาณ 2-6 ชั่วโมงหลังการหล่อ ก่อนที่จะสัมผัสกับไอน้ำ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นขั้นเบื้องต้นก่อน อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิไม่ควรให้เกิน 30 °C ต่อ ชั่วโมง เวลาที่คอนกรีตอยู่ภายใต้อุณหภูมิสูงสุดเป็นสิ่งกำหนดปริมาณกำลังที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลคูณระหว่างเวลาและอุณหภูมิหรือที่เรียกว่า **"Maturity"** ส่วนอัตราการลดอุณหภูมิหลังการบ่มมีความสำคัญน้อย ทั้งนี้เพราะคอนกรีตมีความแข็งแรงสูงแล้ว โดยปกติควรใช้อัตราการลดอุณหภูมิระหว่าง 20 - 30 °C ต่อ ชั่วโมง

ในหลาย ๆ โอกาส เราใช้การบ่มด้วยไอน้ำนี้เพื่อให้ได้กำลังสูงพอที่ให้ความปลอดภัยต่อการถอดแบบและการขนย้ายเท่านั้น จากนั้นก็สามารถบ่มคอนกรีตด้วยความชื้นตามปกติได้ คอนกรีตที่บ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำนี้จะมีคุณสมบัติไม่ต่างจากคอนกรีตที่บ่มที่อุณหภูมิต่ำ

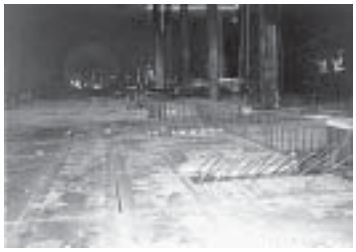
- **การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันสูง** (High Pressure Steam Curing)

หากต้องการบ่มคอนกรีตด้วยอุณหภูมิสูงเกิน 100 °C เราต้องให้ความกดดันสูงขึ้นและต้องบ่มคอนกรีตในภาชนะที่ปิดสนิท ซึ่งมีชื่อว่า **"Autoclave"** อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ในช่วง 160 - 210 °C ที่ความดัน 6 - 20 atm สารประกอบที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีภายใต้สภาวะดังกล่าว มีคุณสมบัติต่างจากสารประกอบ ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C และมีผลดีที่สำคัญ คือ

- สามารถใช้คอนกรีตได้ภายใน 24 ชั่วโมงเพราะคอนกรีตมีกำลังสูงทัดเทียมการบ่มปกติเป็นเวลา 28 วัน
- มีการหดตัวและการล้าลดลงมาก
- ทนเกลือซัลเฟตได้ดีขึ้น
- กำจัด Efflorescence
- มีความชื้นต่ำภายหลังการบ่ม

ในทางปฏิบัติ การบ่มแบบนี้เสียค่าใช้จ่ายสูงและใช้ได้กับคอนกรีตสำเร็จรูปเท่านั้น มีการใช้การบ่มนี้สำหรับผลิตภัณฑ์จำเพาะบางอย่าง เช่น แผ่นกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน เป็นต้น

14.5 การบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 14-10 *การบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิ โดยการใช้แผ่นโฟมเป็นฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนบริเวณผิวหน้าคอนกรีตฐานรากแผ่ขนาดใหญ่*

นอกจากวิธีการบ่มคอนกรีตซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามสภาพอุณหภูมิที่ใช้บ่มแล้ว ยังมีวิธีการบ่มอีกชนิดหนึ่ง คือ การบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิซึ่งมีความจำเป็นต่องานบางประเภท โดยเฉพาะงานคอนกรีตหลา

สำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำมาก อาจจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีตสดหรือต้องบ่มด้วยการห่อหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน

สำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงมากหรืองานคอนกรีตหลา ซึ่งอาจเกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในคอนกรีตกับสิ่งแวดล้อมภายนอก การลดอุณหภูมิเริ่มต้นอาจทำได้หลายวิธี เช่น ลดอุณหภูมิของคอนกรีตเอง โดยใช้ทรายและหินที่มีอุณหภูมิต่ำ หรือใช้น้ำเย็นในการผสม หรือใช้วัสดุผสมที่ช่วยลดความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น เช่น

ใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน เป็นต้น หรืออาจมีการฝังท่อน้ำเย็นสำหรับหมุนเวียนน้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิภายในคอนกรีต หรือห่อหุ้มรอบคอนกรีตด้วยฉนวนกันความร้อน เพื่อลดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเนื้อคอนกรีต หรือหลายวิธีประกอบกัน

งานคอนกรีตที่อยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงมากหรือต่ำมาก งานดังกล่าวมักมีปัญหาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในมวลคอนกรีต เนื่องจากจะเกิดความเค้น (Stress) ขึ้นภายในคอนกรีต และอาจนำไปสู่การแตกร้าวภายในมวลคอนกรีตได้ หรือกรณีที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ อาจจะทำให้น้ำในคอนกรีตแข็งตัวและทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิสำหรับงานคอนกรีตประเภทดังกล่าว

ประเภทของงานคอนกรีต	เวลาขั้นต่ำในการบ่มคอนกรีตที่ใช้ (1)				
	ปูนซีเมนต์ พสม (2)	ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1	ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ประเภท 3	ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ประเภท 5	ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ปอซโซลาน
	ปูนตราเสือ	*ปูนตราช้าง*	*ปูนตราช้าง รับกำลังอัดเร็ว*	*ปูนตราช้าง ทนซัลเฟตสูง*	*ปูนตราช้าง ทนน้ำเค็ม ดินเค็ม*
งานคอนกรีตหล่อในที่					
ส่วนโครงสร้างทั่วไป เช่น พื้นบ้าน, พื้นอาคาร, เสา, คาน, ฐานรากขนาดเล็ก, ผนัง, และกำแพง	7 วัน	7 วัน	3 วัน	7 วัน	14 วัน
ถนน, ที่จอดรถ, พื้นโรงงานอุตสาหกรรม	-	7 วัน	3 วัน	7 วัน	14 วัน
พื้นสนามบิน, ถนน-ที่จอดรถ-พื้นโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการคุณภาพชั้นหนึ่ง	-	14 วัน	7 วัน	14 วัน	14 วัน
คอนกรีตหนา (Mass Concrete) เช่น งานฐานรากแผ่ขนาดใหญ่, และงานเขื่อน	-	14 วัน	-	14 วัน	14 วัน
งานคอนกรีตสำเร็จรูป					
แผ่นพื้น, เสา, คาน, และผนัง	-	7 วัน	3 วัน	7 วัน	14 วัน
เสาเข็ม, และเสาไฟฟ้า	-	14 วัน	7 วัน	14 วัน	14 วัน

ตารางที่ 14-3 *เวลาขั้นต่ำในการบ่มคอนกรีต สำหรับงานคอนกรีตทั่วไปที่มิได้มีข้อกำหนดระบุไว้*

(1) ระยะเวลาในการบ่มคอนกรีตอาจเร็วกว่าในตารางนี้ ถ้าได้มีการทดสอบคุณภาพตัวอย่างทดสอบคอนกรีตแล้วพบว่ามีคุณภาพผ่านข้อกำหนดมาตรฐาน เช่น การเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต จะช่วยทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดสูงในระยะเวลาที่เร็วขึ้น จึงช่วยลดระยะเวลาการบ่มคอนกรีตลงได้ อย่างไรก็ตามหากมีการใช้คอนกรีตที่ผสมสารปอซโซลานแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนแล้ว มีแนวโน้มที่จะควรบ่มเป็นเวลานานขึ้น เพราะปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดขึ้นช้ากว่าปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารปอซโซลานที่ใช้ด้วย

(2) กรณีใช้ปูนซีเมนต์ผสมในงานโครงสร้าง จะใช้ได้กับโครงสร้างขนาดเล็กที่ต้องการกำลังอัดไม่สูงนักเท่านั้น

14.6 ระยะเวลาการบ่ม

โดยทั่วไประยะเวลาของการบ่มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการ อาทิเช่น ประเภทของงานคอนกรีต, ชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้, ส่วนผสมคอนกรีต, กำลังของคอนกรีตที่ต้องการ, อุณหภูมิที่ใช้บ่ม, และความชื้นในขณะบ่ม เป็นต้น องค์ประกอบเหล่านี้ถือได้ว่ามีผลต่อระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต ซึ่งอาจจะต้องใช้เวลามากถึง 1 เดือน สำหรับคอนกรีตที่ใช้ทำเขื่อน หรือเพียง 3 วัน สำหรับคอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์อยู่ในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทให้กำลังอัดสูงเร็ว

สำหรับงานโครงสร้างทั่ว ๆ ไป ส่วนใหญ่จะกำหนดระยะเวลาในการบ่มไว้ตั้งแต่ 3 วัน จนถึง 2 สัปดาห์ ซึ่งกำหนดเวลาดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยปกตินิยมกำหนดระยะเวลาการบ่มไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ดังรายละเอียดใน ***ตารางที่ 14-3***

14.7 การถอดแบบหล่อคอนกรีต

รูปที่ 14-11 *ตัวอย่างแบบหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป*

แบบหล่อคอนกรีต (Formwork) คือ แบบที่ทำจากวัสดุ อาทิเช่น ไม้, ไม้อัด, เหล็ก, ไฟเบอร์กลาส, พลาสติก หรือแม้กระทั่งที่เป็นคอนกรีตเอง เพื่อใช้หล่อคอนกรีตให้มีขนาดและรูปร่างตามต้องการ โดยต้องออกแบบและก่อสร้างแบบหล่อคอนกรีตและค้ำยันให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะต้านทานแรงอันเนื่องมาจากการเทคอนกรีตและการอัดแน่นคอนกรีต มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทำให้ผลงานคอนกรีตที่ได้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินค่าที่ยอมให้ (Tolerance) และยังต้องคำนึงถึงลักษณะของผิวคอนกรีตที่ปรากฏ งานที่จะตามมาภายหลังการถอดแบบ และความประหยัด

การจำแนกชนิดของแบบหล่อ อาจแบ่งตามลักษณะการรับแรงดันและน้ำหนักของคอนกรีตได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ชิ้นส่วนที่รับแรงด้านข้าง และชิ้นส่วนที่รับน้ำหนักในแนวดิ่ง หรืออาจแบ่งตามชนิดของโครงสร้าง เช่น แบบหล่อคอนกรีตทั่ว ๆ ไป และแบบหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป หรืออาจแบ่งตามเทคนิคการก่อสร้าง เช่น แบบหล่อสำหรับงานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป แบบหล่อแบบเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง และแบบหล่อแบบเคลื่อนที่ในแนวราบ

แบบหล่อที่ดี จะให้ความประณีต ความสวยงาม และความแข็งแรงแก่โครงสร้างคอนกรีต อีกทั้งยังสามารถกำหนดต้นทุนในการก่อสร้างได้ส่วนหนึ่งด้วย

รูปที่ 14-12 *ภายหลังจากคอนกรีตมีอายุครบกำหนด หรือมีกำลังอัดตามที่ออกแบบไว้แล้ว ควรถอดแบบหล่อพร้อมค้ำยันออก หากจำเป็นต้องเหลือค้ำยันไว้บ้างก็ต้องกระจายให้ทั่ว* 4

เนื่องจากเวลาถอดแบบหล่อคอนกรีตขึ้นอยู่กับส่วนผสมคอนกรีตและการบ่มคอนกรีตเป็นสำคัญ ดังนั้นการถอดแบบได้เร็วเพื่อให้สามารถนำแบบไปใช้ซ้ำหลาย ๆ ครั้งนั้น จำเป็นต้องควบคุมคุณภาพคอนกรีตให้มีกำลังในระยะเริ่มแรกสูงเพียงพอ และในขณะเดียวกันก็ต้องควบคุมให้มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน ตามต้องการด้วย

ปกติองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทุกชนิดจะมีการยืดหดหรือโก่งตัว แต่ที่มีผลกระทบต่อส่วนอื่น ๆ โดยตรง คือ การโก่งตัวขององค์อาคารรับแรงดัด เช่น แผ่นพื้น และคาน ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสิ่งก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม โดยเฉพาะกับผนังก่ออิฐหรือบล็อก คือ ทำให้เกิดการแตกร้าวได้ ดังนั้นจึงควรรีบถอดแบบหล่อและค้ำยันออกให้หมดเมื่อคอนกรีตมีอายุครบกำหนดหรือมีกำลังไม่น้อยกว่ากำลังที่ออกแบบไว้ อย่างไรก็ดี จะต้อง

พิจารณาดูด้วยว่าน้ำหนักแบบหล่อ, น้ำหนักค้ำยัน, และน้ำหนักแผ่นพื้นและคานที่จะหล่อของพื้นชั้นถัดขึ้นไป จะมีน้ำหนักมากกว่าที่รับได้หรือไม่ ถ้ามากกว่าก็ควรจะคงค้ำยันไว้บ้าง โดยเหลือค้ำยันไว้กระจายให้ทั่ว

- **การถอดแบบหล่อและค้ำยัน**

1. จะถอดแบบหล่อและค้ำยันออกได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดเพียงพอที่จะสามารถรับน้ำหนักของคอนกรีตและน้ำหนักอื่น ๆ ที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างต่อไป
2. ขั้นตอนและระยะเวลาในการถอดแบบหล่อและค้ำยัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น คุณสมบัติของปูนซีเมนต์, ส่วนผสมคอนกรีต, ความสำคัญของโครงสร้าง, ชนิดและขนาดของโครงสร้าง, น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง, และอุณหภูมิ เป็นต้น

ชนิดแบบหล่อของโครงสร้าง	กำลังอัดขั้นต่ำของคอนกรีต (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)
แบบหล่อด้านข้างของเสา คาน กำแพง และฐานราก	50
แบบหล่อท้องพื้น และคาน	140

ตารางที่ 14-4 *กำลังอัดขั้นต่ำของคอนกรีตสำหรับการถอดแบบหล่อและค้ำยันของโครงสร้างทั่วไป*

ชนิดแบบหล่อของโครงสร้าง	อายุขั้นต่ำของคอนกรีต (วัน)
แบบหล่อด้านข้างของเสา คาน กำแพง และฐานราก	2
แบบหล่อท้องพื้น	14
แบบหล่อท้องคาน	21

ตารางที่ 14-5 *อายุขั้นต่ำของคอนกรีตสำหรับการถอดแบบหล่อและค้ำยันของโครงสร้างทั่วไป*

3. กรณีโครงสร้างทั่วไปซึ่งมิได้มีข้อกำหนดระบุไว้ สามารถถอดแบบหล่อและค้ำยันโดยมีค่ากำลังอัดของคอนกรีตขั้นต่ำ ดังแสดงใน ***ตารางที่ 14-4***
4. กรณีโครงสร้างทั่วไปซึ่งมิได้มีข้อกำหนดระบุไว้ และไม่มีผลทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ให้ใช้ระยะเวลาถอดแบบหล่อและค้ำยันเร็วที่สุด ดังแสดงใน ***ตารางที่ 14-5***

ขั้นตอนและลำดับการถอดแบบหล่อและค้ำยัน ควรคำนึงว่าโครงสร้างซึ่งมีค้ำยันค้างอยู่บางส่วนจะสามารถรับแรงหรือโมเมนต์ที่จะเกิดขึ้นได้โดยไม่แตกร้าว

การกองเก็บวัสดุบนโครงสร้างคอนกรีตหลังการถอดค้ำยันแล้ว ต้องตรวจสอบว่าไม่เป็นอันตรายต่อโครงสร้าง เนื่องจากโครงสร้างขณะนั้นอาจจะยังไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามที่ออกแบบไว้ นอกจากนี้อาจจะต้องเคลื่อนย้ายวัสดุที่กองไว้บนโครงสร้างตั้งแต่ก่อนการถอดค้ำยันออกไป หากตรวจพบว่าอาจเกิดอันตรายต่อโครงสร้างเมื่อถอดค้ำยันออก

มาตรฐานอ้างอิง

- **มอก. 841-2532 :** มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สารเหลวบ่มคอนกรีต
- **E.I.T.Standard 1014-46 :** ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต, คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- **ASTM C 31 : 2003 :** Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- **ASTM C 171 : 2003 :** Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete
- **ASTM C 192 : 2002 :** Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- **ASTM C 309 : 2003 :** Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete
- **ASTM C 684 : 2003 :** Standard Test Method for Making, Accelerated Curing, and Testing Concrete Compression Test Specimens

เอกสารอ้างอิง

1 ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, “คอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology)”, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด, 2537.

2 บริษัทปูนซิเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด, “10 ขั้นตอนในการทำคอนกรีตที่ดี ตอนที่ 2”, 2546.

3 บริษัทปูนซิเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด, “เทคนิคการใช้ปูนซีเมนต์”, 2547.

4 อรุณ ชัยเสรี, “เกร็ดความรู้เกี่ยวกับการควบคุมงานก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก”, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2541.

5 เอกสารวิชาการของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด, 2545.

6 เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, “แบบหล่อคอนกรีต”.

7 ACI Committee 305, “ACI 305R-99 : Hot Weather Concreting”, 2002.

8 ACI Committee 308, “ACI 308R-92 : Standard Practice for Curing Concrete”, 2002.

9 ACI Committee 308, “ACI 308.1R-98 : Standard Specification for Curing Concrete”, 2002.