

## บทที่ 10

### การบ่มคอนกรีต

การบ่ม (Curing) คือ ชื่อเฉพาะของวิธีการที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ซึ่งจะส่งผลให้การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง วิธีการทำโดยให้น้ำแก่คอนกรีตหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว

หน้าที่สำคัญของการบ่มคอนกรีตมีด้วยกัน 2 ประการ

- 1) ป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีตและ
- 2) รักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์ที่สำคัญของการบ่มคอนกรีต คือ

- 1) เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังและความทนทาน
- 2) เพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต โดยรักษา

ระดับอุณหภูมิให้เหมาะสม และลดการระเหยของน้ำให้น้อยที่สุด การบ่มอาจหมายถึงการควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีตด้วยทั้งนี้เพราะอุณหภูมิที่สูงจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชันให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อันทำให้คุณภาพของคอนกรีตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรก อย่างไรก็ตามการเร่งนี้อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณสมบัติของคอนกรีตในระยะยาว

#### 10.1 กรรมวิธีการบ่ม

เราแบ่งกรรมวิธีการบ่มออกเป็น 2 ชนิดตามสภาพอุณหภูมิที่ใช้บ่มคือ

1. การบ่มที่อุณหภูมิปกติ
2. การบ่มที่อุณหภูมิ และความกดดันสูง

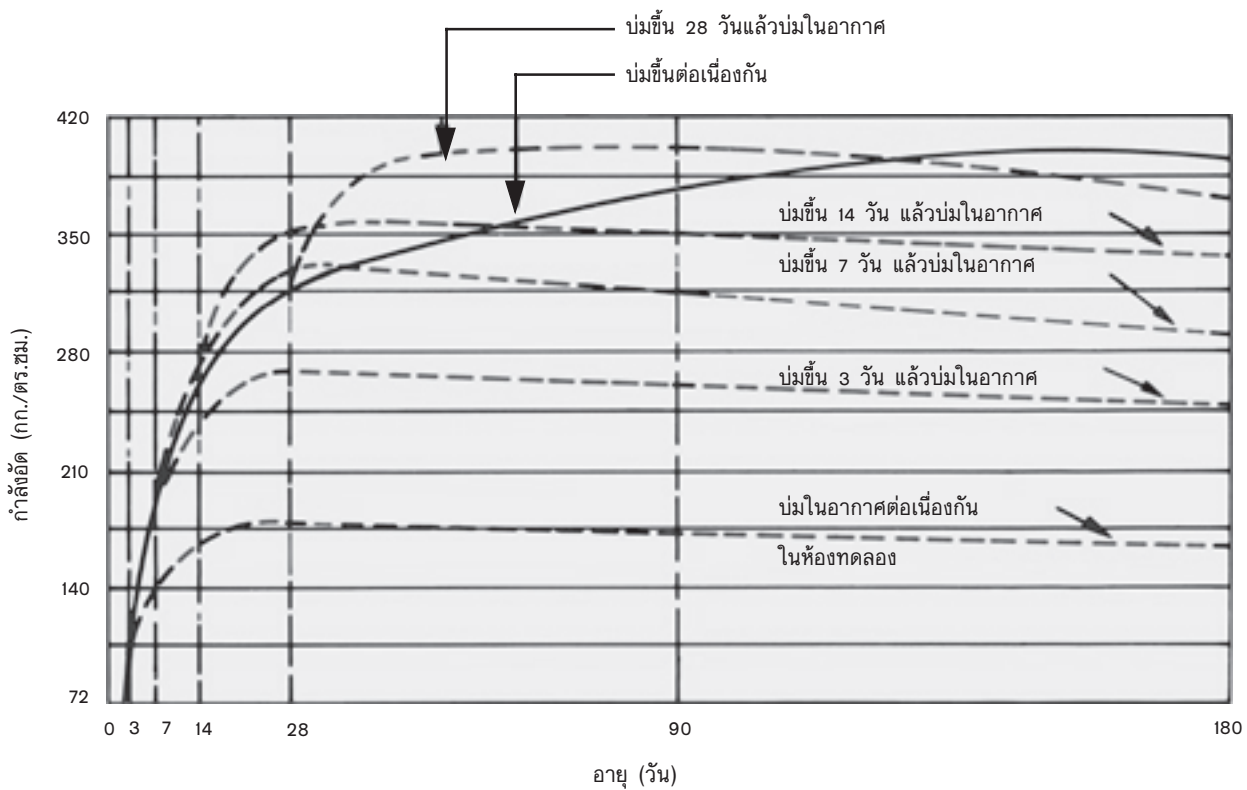
รูปที่ 10.1 แสดงอิทธิพลของการบ่มต่อกำลังอัดของคอนกรีตซึ่งสรุปได้ดังนี้

- กำลังของคอนกรีตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันแรก ๆ ถ้าได้รับการบ่ม ซึ่งชี้ถึงความสำคัญของการบ่มในระยะแรก
- กำลังของคอนกรีตมีโอกาสเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หลังอายุ 28 วัน โดยอัตราการเพิ่มของกำลังจะช้าลง แต่ก็ยังเพิ่มขึ้นตลอดเวลา หากได้รับการบ่มที่ดี
- หากขาดความชื้น กำลังคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นช้ากระยะ

หนึ่ง เพราะความชื้นที่เหลืออยู่ แต่หลังจากนั้นกำลังจะไม่เพิ่มขึ้นอีก เช่นกำลังของคอนกรีตที่ได้รับการบ่ม 3 วัน จะมีกำลังเพียง 75-80% ของกำลังคอนกรีตที่บ่มขึ้นครบ 28 วัน

จะเห็นได้แล้วว่า เราควรบ่มคอนกรีตให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ นั่นคือ บ่มจนกว่าคอนกรีตมีกำลังสูงตามที่ต้องการ ในทางปฏิบัติมักไม่สามารถบ่มคอนกรีตได้นานนัก ทั้งนี้ก็เพราะข้อจำกัดในเรื่อง กำหนดการก่อสร้างและค่าใช้จ่าย จากรูป 10.1 แสดงให้เห็นว่า การบ่มขึ้นถึง 7 วัน ทำให้เราสามารถได้กำลังของคอนกรีตสูงทัดเทียมกับกำลังคอนกรีตที่บ่มและทดสอบในสภาพขึ้นถึง 28 วัน ตามมาตรฐานอเมริกาแนะนำให้ใช้เวลาบ่มขึ้น 7 วัน สำหรับโครงสร้างคอนกรีตทั่วไป หรือเวลาที่จำเป็นเพื่อให้ได้กำลัง 70% ของกำลังอัดหรือกำลังดัดที่กำหนดแล้วแต่ช่วงเวลาไหนน้อยกว่ากัน แต่สำหรับคอนกรีตที่มีปริมาณมาก ๆ เช่น ฐานรากแผ่ขนาดใหญ่ เราจำเป็นต้องบ่มนานถึงอย่างน้อย 2 สัปดาห์

ในกรณีที่มีการบ่มต้องหยุดชะงักไประยะเวลาหนึ่งด้วยเหตุผลใด ๆ ก็ตาม เมื่อคอนกรีตได้รับความชื้น ปฏิกิริยาไฮเดรชันก็สามารถเกิดขึ้นต่อไป ทำให้กำลังของคอนกรีตสูงเพิ่มขึ้นไปอีก



**รูปที่ 10.1** ผลของการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต

## 10.2 การบ่มที่อุณหภูมิปกติ

สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การเพิ่มความชื้น และวิธีป้องกันการเสียน้ำ

1) การเพิ่มความชื้น โดยให้ความชื้นต่อผิวหน้าของคอนกรีตโดยตรงในระยะแรกที่คอนกรีตแข็งตัว วิธีนี้นอกจากจะเป็นวิธีบ่มที่ดีแล้วยังสามารถช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวของคอนกรีตลงด้วยจึงเหมาะกับคอนกรีตที่เทในอากาศร้อน การบ่มแบบนี้ทำได้หลายวิธี รวมทั้งมีข้อดีข้อเสีย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 10.1

วิธีการบ่ม	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
<p><b>1. การขังน้ำ</b>                      เหมาะสมกับงานคอนกรีตที่มีพื้นราบ เช่น แผ่นพื้นทั่วไป, ดาดฟ้า, พื้นสะพาน, ถนนทางเท้าสนามบิน</p> <p><b>วิธีการ</b> ทำโดยใช้ดินเหนียวหรือก้ออิฐทำเป็นคันโดยรอบของงานคอนกรีตที่จะบ่ม</p> <p><b>ข้อควรระวัง</b> อย่างให้น้ำที่ปั๊มมีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตเกิน 10°C</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำได้สะดวก, ง่าย, ราคาถูก</li> <li>2. วัสดุหาได้ง่าย เช่นดินเหนียวและน้ำ</li> <li>3. ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้</li> <li>4. ซ่อมแซมได้สะดวก, รวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายตัวอย่างเช่นทำคันดินเหนียวและฟังกก็สามารถซ่อมได้ทันที</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ต้องหมั่นตรวจดูรอยแตกร้าวของดินเหนียวที่นำมาใช้อยู่เสมอ, มิฉะนั้นน้ำจะซึมหนี</li> <li>2. ต้องเก็บทำความสะอาดบริเวณคอนกรีตที่บ่มเมื่อเสร็จงานบ่มเรียบร้อยแล้ว</li> </ol>
<p><b>2. โดยการฉีดน้ำหรือพรมน้ำ</b></p> <p><b>วิธีการ</b> ใช้ได้ทั้งแนวราบและแนวตั้ง เช่น ผนัง, กำแพง, และพื้น</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำได้สะดวก ได้ผลดี</li> <li>2. ค่าใช้จ่ายถูก</li> <li>3. ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้</li> <li>4. ไม่ต้องดูแลตลอดเวลา</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ไม่เหมาะสมกับสถานที่ที่หาน้ำได้ยาก</li> <li>2. ไม่สะดวกกับการฉีดกับกำแพงในแนวตั้ง เพราะน้ำจะแห้งเร็ว</li> </ol>
<p><b>3. โดยการใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม</b></p> <p><b>วิธีการ</b> เช่นนำผ้าใบ กระสอบ ซึ่งอุ้มน้ำได้ ถ้าเป็นผ้าใบควรเป็นสีขาว เพราะสะท้อนความร้อนได้ดี และรอยต่อต้องเหลื่อมกันให้มาก ถ้าใช้ฟางหรือขี้เลื่อยคลุมควรหนาไม่น้อยกว่า 15 ซม. คลุมให้ทั่วและฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ได้ผลดีมาก ราคาไม่สูงเกินกว่าที่จะทำ</li> <li>2. ทำได้ทั้งแนวราบและแนวตั้งในกรณีที่ใช้ผ้าใบและกระสอบ</li> <li>3. ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้</li> <li>4. สามารถหาวัสดุมาใช้ได้ง่าย</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ถ้าอากาศร้อนจะแห้งเร็ว</li> <li>2. ถ้าที่กว้าง ๆ ถ้าใช้ผ้าใบคลุมจะเสียค่าใช้จ่ายมาก</li> <li>3. ต้องฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ</li> <li>4. ต้องพิจารณาก่อนที่จะนำมาใช้ว่าวัสดุนั้นเป็นอันตรายต่อซีเมนต์หรือผิวคอนกรีตหรือไม่</li> </ol>

**ตารางที่ 10.1** วิธีการบ่มโดยเพิ่มความชื้น

2) วิธีป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต วิธีนี้เป็นการป้องกันความชื้นจากผิวคอนกรีตมิให้เล็ดลอดออกสู่ภายนอก การป้องกันความชื้นวิธีนี้ได้แก่การใช้กระดาษกันน้ำ ผ้าพลาสติก

หรือสารเคมี เป็นต้น อย่างไรก็ตามไม้แบบที่ยังไม่ถอดก็สามารถป้องกันการเสียน้ำได้เช่นกัน วิธีการแบบนี้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 10.2

วิธีการบ่ม	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
<p><b>1. การใช้กระดาษกันน้ำซีเมนต์คลุม</b> กระดาษนี้ทำด้วยกระดาษเหนียวยึดติดกันด้วยกาวประเภทยางมะตอยและเสริมความเหนียวด้วยใยแก้วและมีคุณสมบัติยึดหดตัวไม่มาก</p> <p><b>วิธีการใช้</b> รอยต่อควรเหลื่อมกันให้มาก พอสวมควร และรอยต่อระหว่างแผ่นต้องผนึกติดแน่นด้วยกาว หรือ เทป หรือ ทราเยกก็ได้</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ทำได้สะดวก รวดเร็ว</li> <li>ป้องกันคอนกรีตไม่ให้แห้งได้เร็วแต่ต้องคอยรดน้ำไว้ด้วย</li> <li>ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ราคาแพง</li> <li>ไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน</li> <li>ไม่สะดวกในการเก็บรักษาต่อไปเมื่อนำมาใช้งานต่อ</li> </ol>
<p><b>2. การใช้แผ่นพลาสติกคลุม</b> เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา และสามารถใช้คลุมงานคอนกรีตที่จะบ่มได้ทันทีที่ต้องการ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>มีน้ำหนักเบา ปฏิบัติงานง่าย</li> <li>ได้ผลดีในการป้องกันน้ำที่ระเหยออกไปจากคอนกรีต</li> <li>ไม่ต้องรดน้ำให้ชุ่มอยู่ภายใน</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>บางมาก, ซ้ำรดง่าย</li> <li>ต้องหาของหนักทับเพื่อกันปลิว</li> <li>ราคาแพง ถ้าใช้ในการคลุมงานคอนกรีตที่กว้าง ๆ</li> </ol>
<p><b>3. การบ่มด้วยน้ำยาเคมีเคลือบผิวคอนกรีต</b> มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น โส ชาว เทาอ่อน และดำ สำหรับสีขาวจะเหมาะสมกว่า เพราะสะท้อนความร้อนและแสงได้ดีกว่า โดยการใช้พ่นคลุมพื้นผิวคอนกรีตที่ต้องการใช้งานเร็ว ๆ เช่นลานบินหลังคา กว้าง ๆ งานพิเศษต่าง ๆ หรือตึกสูง ๆ ที่น้ำส่งขึ้นไปได้ลำบาก</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>สะดวก รวดเร็ว</li> <li>ได้ผลดีพอสมควร ถ้าน้ำยานั้นเป็นของแท้ และมีความเข้มข้นตามมาตรฐานของผู้ผลิต</li> <li>ไม่ต้องคอยรดน้ำ</li> <li>ไว้ใช้ในกรณีที่การบ่มด้วยวิธีอื่นไม่ได้ผล</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ค่าใช้จ่ายสูง</li> <li>ต้องจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับพ่นทุกครั้ง</li> <li>ต้องใช้บุคคลากรที่เคยทำมาก่อนการพ่น</li> <li>น้ำยาเคมีที่ใช้พ่นอาจทำอันตรายแก่ผู้ที่อยู่ในระยะใกล้เคียงได้</li> </ol>
<p><b>4. การบ่มโดยใช้แบบ</b> ต้องพ่นไม้แบบให้มีความชื้นอยู่เสมอ ไม้แบบจะป้องกันการเสียน้ำความชื้นได้ดีมาก ฉะนั้นควรรักษาไม้แบบไว้ให้นานที่สุดหลังจากถอดแบบแล้วจึงใช้วิธีอื่นต่อไป</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ทำได้สะดวก</li> <li>ใช้คนงานระดับกรรมกรทำได้</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ต้องใช้ไม้แบบจำนวนมาก</li> <li>ซ้ำเพราะต้องนำไม้แบบไปใช้งานอื่นต่อไป</li> <li>ถ้าเป็นไม้แบบเก่า, ต้องเสียเวลาทำความสะอาดไม้แบบ</li> </ol>

**ตารางที่ 10.2** วิธีป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต

### 10.3 การบ่มที่อุณหภูมิสูง

การบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงสามารถเร่งอัตราการเพิ่มกำลังได้อย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 10.2 ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมการผลิตคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น ท่อ คานและพื้น เป็นต้น ข้อดีในการปฏิบัติ คือ

- สามารถผลิตได้รวดเร็วขึ้น
- ประหยัดแบบหล่อเพราะสามารถถอดแบบได้เร็ว
- คอนกรีตมีกำลังสูงเร็ว ทนต่อการเคลื่อนย้ายและใช้งานได้ดี

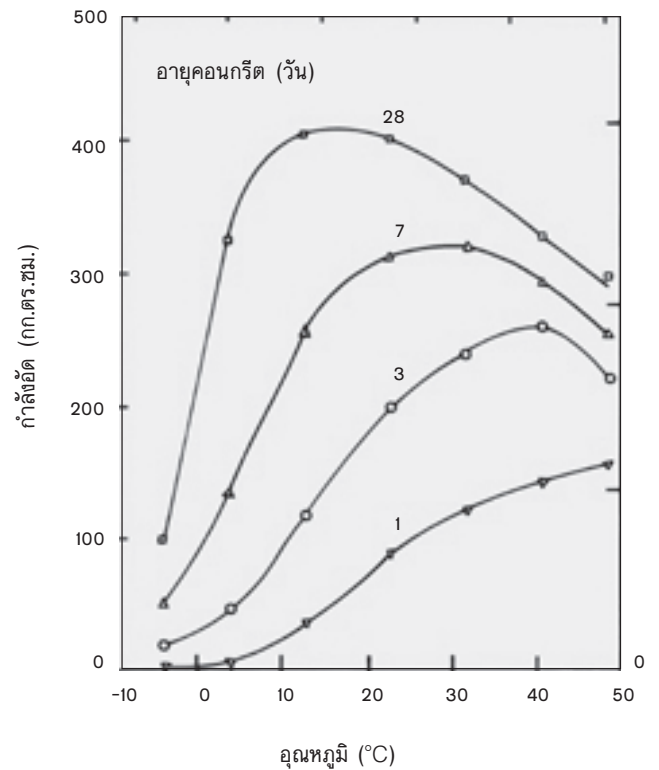
#### • การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำ (Low Pressure Steam Curing)

อุณหภูมิที่ใช้อยู่ระหว่าง 40-100 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่ได้ผลดีที่สุดจะอยู่ระหว่าง 65-80 องศาเซลเซียส การเลือกอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มกำลังและกำลังสูงสุดที่ต้องการ อุณหภูมิสูงจะทำให้กำลังสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและกำลังประลัยสูงสุดจะมีค่าต่ำ อุณหภูมิที่ต่ำให้กำลังประลัยสูงสุดที่สูง แต่ด้วยอัตราการเพิ่มกำลังที่ต่ำ ความสัมพันธ์เห็นได้อย่างชัดเจนในรูปที่ 10.3

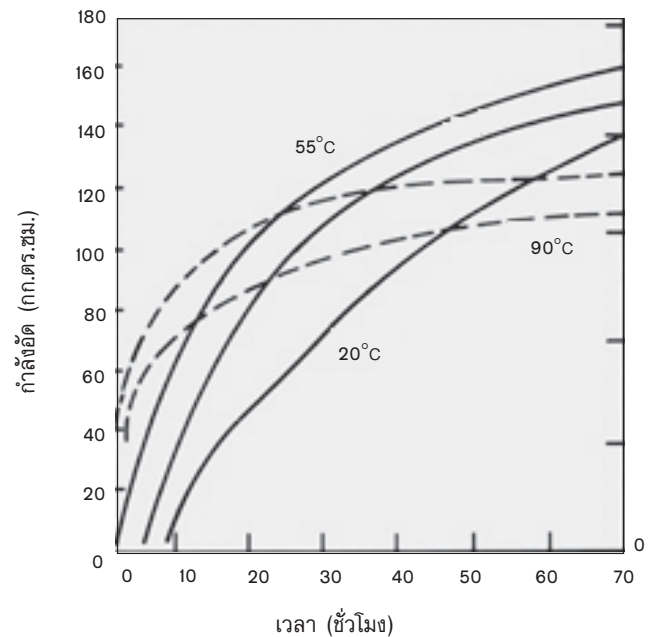
นอกจากอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้บ่มแล้ว สิ่งที่สำคัญก็คือ เวลาที่ใช้ในการบ่มซึ่งประกอบด้วยช่วงเวลา การค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น เวลาที่อุณหภูมิสูงสุดจริง และการลดอุณหภูมิลงสู่อุณหภูมิปกติ รูปที่ 10.4 แสดงขั้นตอนการควบคุมอุณหภูมิควรทิ้งคอนกรีตไว้ที่อุณหภูมิปกติประมาณ 2-6 ชั่วโมงหลังการหล่อ ก่อนที่จะสัมผัสกับไอน้ำ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันขึ้นเบื้องต้นก่อน อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิไม่ควรให้เกิน 30 องศาเซลเซียส/ชั่วโมง เวลาที่คอนกรีตอยู่ภายใต้อุณหภูมิสูงสุดเป็นสิ่งกำหนดปริมาณกำลังที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลคุณระหว่างเวลาและอุณหภูมิหรือที่เรียกว่า Maturity ดังแสดงในรูปที่ 10.5 อัตราการลดอุณหภูมิลงหลังการบ่ม มีความสำคัญน้อย ทั้งนี้เพราะคอนกรีตมีความแข็งแรงสูงแล้ว โดยปกติควรใช้อัตราการลดอุณหภูมิตั้ง 20-30 องศาเซลเซียส/ชั่วโมง

ในหลาย ๆ โอกาส เราใช้การบ่มด้วยไอน้ำนี้เพื่อให้ได้กำลังสูงพอที่ให้ความปลอดภัยต่อการถอดแบบและขนย้ายเท่านั้น จากนั้นก็สามารถบ่มคอนกรีตด้วยความชื้นตามปกติได้

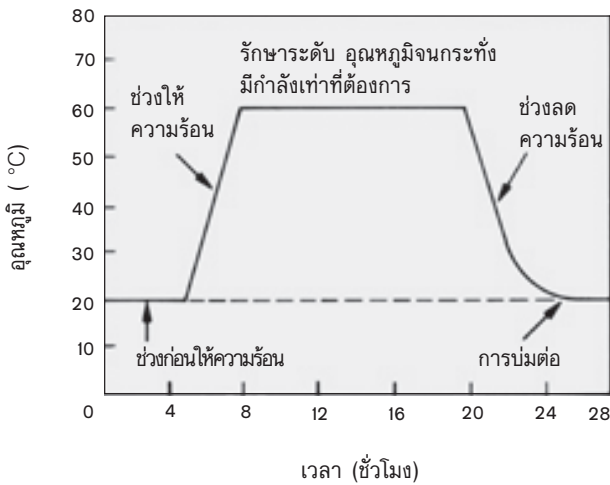
คอนกรีตที่บ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำจะมีคุณสมบัติไม่ต่างจากคอนกรีตที่บ่ม ณ อุณหภูมิต่ำ



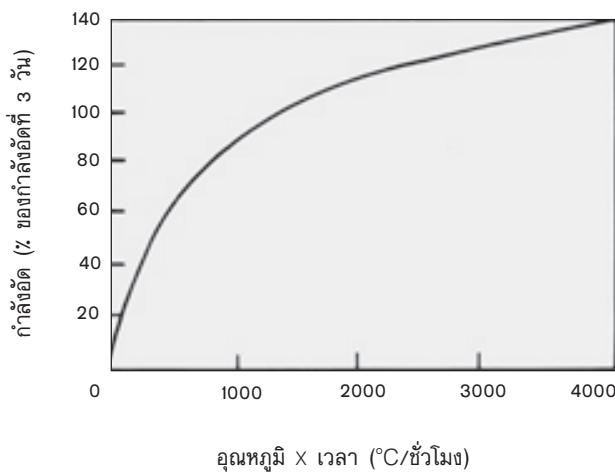
รูปที่ 10.2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มกับกำลังอัดของคอนกรีต



รูปที่ 10.3 ผลของอุณหภูมิของการบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำต่อกำลังของคอนกรีตในระยะแรก



**รูปที่ 10.4** ขั้นตอนการควบคุมอุณหภูมิสำหรับการบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำ



**รูปที่ 10.5** อิทธิพลของผลคูณระหว่างเวลาและอุณหภูมิต่อผลการเพิ่มของกำลังอัด

### • การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันสูง (High Pressure Steam Curing)

หากต้องการบ่มคอนกรีตด้วยอุณหภูมิเกิน 100 องศาเซลเซียส เราต้องให้ความกดดันสูงขึ้นและต้องบ่มคอนกรีตในสถานะที่ปิดสนิท ซึ่งมีชื่อว่า Autoclave อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ในช่วง 160-210 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 6-20 atm สารประกอบที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีภายใต้สภาวะดังกล่าวมีคุณสมบัติต่างจากสารประกอบ ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส และมีผลที่สำคัญ คือ

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

ในทางปฏิบัติ การบ่มแบบนี้สิ้นค่าใช้จ่ายสูงและใช้ได้กับคอนกรีตสำเร็จรูปเท่านั้น มีการใช้การบ่มนี้สำหรับผลิตภัณฑ์จำเพาะบางอย่าง เช่น แผ่นกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน เป็นต้น

## 10.4 ระยะเวลาการบ่ม

โดยทั่วไประยะเวลาของการบ่มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการ อาทิเช่น ชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้ อัตราส่วนผสมของคอนกรีต กำลังของคอนกรีตที่ต้องการขนาดและรูปร่างของแท่งคอนกรีต อุณหภูมิที่ใช้บ่ม และความชื้นในขณะบ่ม เป็นต้น องค์ประกอบเหล่านี้ถือได้ว่า จะมีผลต่อระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต ซึ่งอาจจะถึง 1 เดือน สำหรับคอนกรีตที่ใช้ทำเขื่อน หรือเพียง 3 วัน สำหรับคอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์ผสมอยู่ในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดกำลังสูงเร็ว

สำหรับงานโครงสร้างทั่วๆ ไป ส่วนใหญ่จะกำหนดระยะเวลาในการบ่มไว้ตั้งแต่ 3 วัน จนถึง 2 สัปดาห์ ซึ่งกำหนดเวลาดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยปกตินิยมกำหนดระยะเวลาการบ่มไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา

ระยะเวลาของการบ่มคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ซึ่งผลิตขึ้น  
ในประเทศไทย ได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 10.3

ประเภทของงาน	คอนกรีตที่ใช้		
	ปูนซีเมนต์ผสม	ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 3
<b>งานธรรมดา</b>			
- เสาคาน และกำแพง	7 วัน	7 วัน	4 วัน
- พื้นบ้าน พื้นถนนในบ้าน ฯลฯ	8 วัน	8 วัน	4 วัน
- ถนนชั้นหนึ่ง ลานจอดหรือทางวิ่งของเครื่องบิน	-	14 วัน	7 วัน
- เสาค้ำสำหรับจะนำไปตอกเป็นฐานราก	21 วัน	14 วัน	7 วัน
<b>งานพิเศษ</b>			
- แผ่นพื้นบาง ๆ	14 วัน	14 วัน	7 วัน
- รูปหล่อที่เล็กบางซึ่งใช้ปูนซีเมนต์ผสมมาก	-	21 วัน	7 วัน

**ตารางที่ 10.3** เวลาขั้นต่ำในการบ่มคอนกรีต