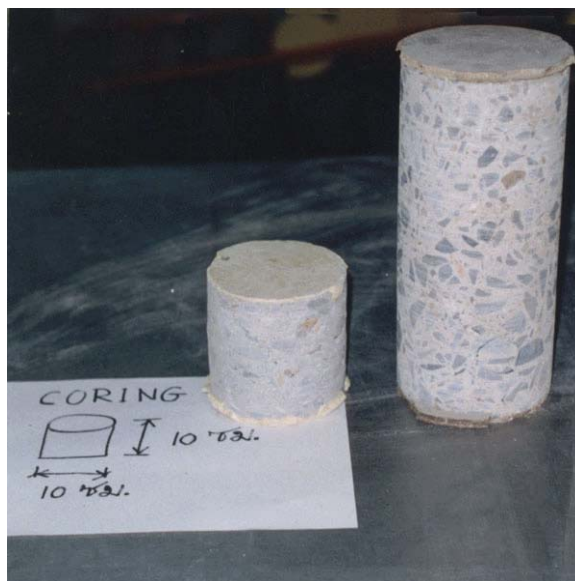


การประเมินกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ

ศาสตราจารย์ ดร. ชัย จาตุรพิทักษ์กุล
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การเจาะคอนกรีต (coring of concrete) จะกระทำก็ต่อเมื่อต้องการตัวอย่างคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว มาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ เช่น กำลัง ความคงทน ความหนาแน่น ดูการแยกตัวของคอนกรีต เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าโครงสร้างคอนกรีตสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย ความไม่แน่ใจในคอนกรีตที่เทเสร็จแล้วอาจเกิดขึ้นเมื่อผลทดสอบตัวอย่างคอนกรีตที่เก็บพร้อมกับการเทคอนกรีตลงในโครงสร้างมีค่าต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ หรือเมื่อคอนกรีตผ่านการใช้งานและอาจเกิดการเสียหาย การเจาะคอนกรีตเพื่อทำการทดสอบจะเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง และตำแหน่งที่เจาะคอนกรีตจะเป็นหลุมซึ่งมักทำให้โครงสร้างเสียความแข็งแรงและต้องทำการอุดบริเวณที่เจาะคอนกรีต ดังนั้นการเจาะคอนกรีตจึงควรดำเนินการในกรณีที่จำเป็นจริงๆ เท่านั้น รูปที่ 1 แสดงคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ ซึ่งมักมีขนาดและความยาวไม่เป็นไปตามมาตรฐาน (คอนกรีตมาตรฐานเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.)



รูปที่ 1 คอนกรีตที่เจาะเพื่อทดสอบกำลังอัด ซึ่งมีความสูงเท่ากับความหนาขององค์อาคาร

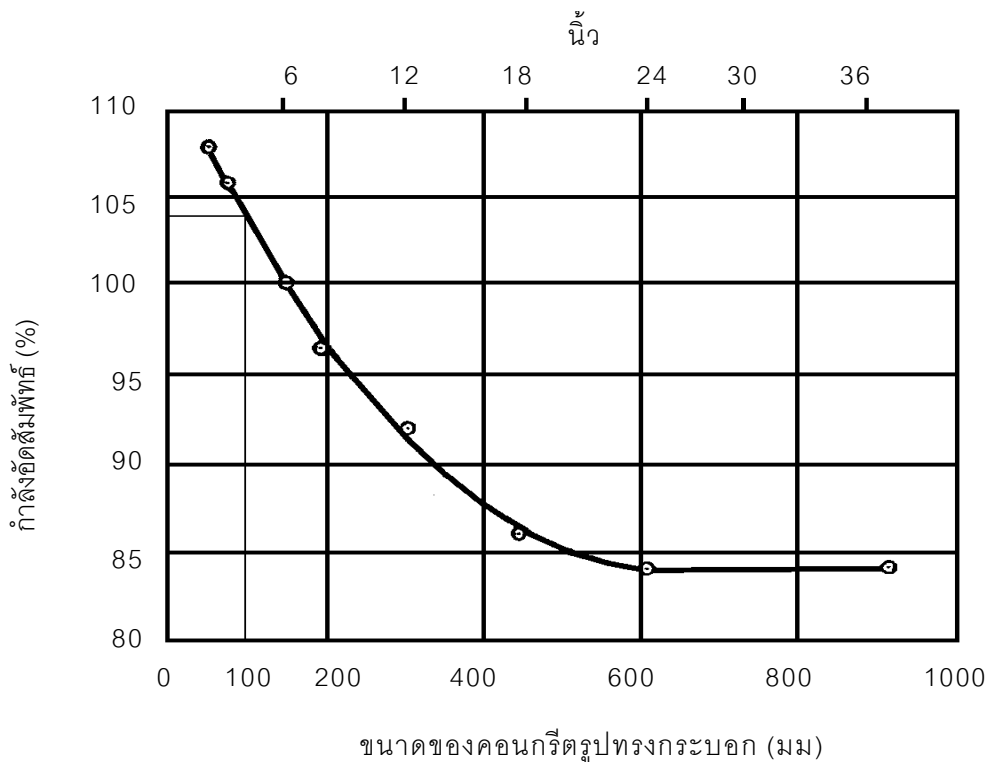
ปัญหาในการประเมินกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ คือ ตัวอย่างคอนกรีตส่วนใหญ่มักมีขนาดเล็กกว่าคอนกรีตขนาดมาตรฐาน กล่าวคือมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 15 ซม. และมักมีความสูง (หรือความยาว) น้อยกว่า 30 ซม. ดังนั้นภายหลังจากการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้

ก่อนจะตอบคำถามข้างต้น ขอให้รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบเนื่องจากขนาด (เล็กหรือใหญ่) และ ผลกระทบเนื่องจากอัตราส่วนความยาว (H) ต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีตก่อน

ผลกระทบเนื่องจากขนาดเล็กหรือใหญ่ของคอนกรีตต่อกำลังอัด

กำลังของคอนกรีตที่ทดสอบได้จะขึ้นอยู่กับขนาดของตัวอย่างทดสอบ โดยที่ขนาดของแท่งทดสอบที่ใหญ่กว่าจะให้กำลังในรูปของหน่วยแรง (น้ำหนักต่อพื้นที่หน้าตัดหรือความเค้น) ที่ต่ำกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2 เนื่องจากตัวอย่างคอนกรีตที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีจุดอ่อนมากกว่า จุดอ่อนดังกล่าวได้แก่โพรงอากาศ รอยร้าวภายในเนื้อซีเมนต์เพสต์ที่เกิดจากการหดตัว หรือจุดอ่อนที่ผิวสัมผัสระหว่างมวลรวมหยาบและซีเมนต์เพสต์ ดังนั้นตัวอย่างคอนกรีตที่ทดสอบจากลูกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5, 10, 15, หรือ 20 ซม. จึงให้ค่าที่แตกต่างกันโดยตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่าจะให้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่า

เช่น ในรูปที่ 2 ถ้าให้คอนกรีตที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. มีค่ากำลังอัดเป็นร้อยละ 100 ดังนั้นคอนกรีตที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. สูง 20 ซม. จะมีกำลังมากกว่าคือมีค่าประมาณร้อยละ 104 เมื่อเทียบกับคอนกรีตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. โดยคอนกรีตที่ทำการทดสอบทั้ง 2 ขนาดมีส่วนผสมและอายุเดียวกัน



รูปที่ 2 กำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ใช้ขนาดต่างๆ กัน [1]

ผลกระทบเนื่องจากอัตราส่วนความยาว (H) ต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ของคอนกรีตต่อกำลังอัด

ตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานมีเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) 15 ซม. และความยาวหรือความสูง (H) 30 ซม. หรือมี H/D เท่ากับ 2.0 แต่มีบางกรณีนี้อาจได้ตัวอย่างคอนกรีตที่มีอัตราส่วน H/D มากกว่า หรือน้อยกว่า 2 ได้ เช่น ในการเจาะ (coring) คอนกรีตเพื่อทำการทดสอบกำลังอัด ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่มีค่า H/D ต่ำกว่า 2.0 จะให้กำลังอัดของคอนกรีตที่สูงกว่ากำลังอัดของคอนกรีตที่มีค่า H/D เท่ากับ 2 เนื่องจากคอนกรีตที่สัมผัสกับการยึดรั้งที่ปลายทั้ง 2 ข้างโดยเครื่องทดสอบ จะทำให้คอนกรีตบริเวณดังกล่าวไม่สามารถขยายตัวด้านข้างได้จึงทำให้สามารถรับแรงได้มากขึ้น ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาเรื่องนี้จึงต้องมีแฟคเตอร์ตัวคูณซึ่งขึ้นอยู่กับค่า H/D ของคอนกรีตที่นำมาทดสอบ ในกรณีที่อัตราส่วน H/D ต่ำกว่า 2.0 มาตรฐาน ASTM C42 [2] และมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 409 [3] ได้ให้ค่าแฟคเตอร์ตัวคูณของคอนกรีตกำลังธรรมดาแสดงในตารางที่ 1

ตัวอย่างคอนกรีตที่ได้จากการเจาะมักมีความยาวไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความหนาของโครงสร้าง (ดูรูปที่ 1) การทดสอบกำลังอัดจะตัดตัวอย่างคอนกรีตที่มีความยาวเกินให้มีขนาดความยาวเท่ากับสองเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางคือ H/D เท่ากับ 2.0 แต่ถ้าตัวอย่างคอนกรีตที่เจาะมามีความยาวไม่พอผลทดสอบของตัวอย่างคอนกรีตที่มี H/D ต่ำกว่า 2.0 จะมีกำลังอัดสูงขึ้นจึงต้องทำการปรับค่าลงโดยใช้ตารางที่ 1 ในทำนองเดียวกัน ถ้าตัวอย่างคอนกรีตที่เจาะออกมามีเส้นผ่านศูนย์กลางต่างจาก 15 ซม. จะต้องทำการปรับค่าที่ทดสอบให้ได้ขนาดเป็นค่ากำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 15 ซม. โดยใช้รูปที่ 2

เพื่อให้ท่านผู้อ่านเข้าใจมากขึ้นในการใช้รูปและตารางดังกล่าว จึงขอยกตัวอย่างเพื่อแสดงวิธีการคำนวณและปรับกำลังของคอนกรีตที่เจาะจากสนาม

ตารางที่ 1 แฟคเตอร์ตัวคูณสำหรับปรับค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่มีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของคอนกรีต (H/D) ต่ำกว่า 2 [2, 3]

อัตราส่วน H/D	แฟคเตอร์ตัวคูณปรับแก้	
	ASTM C42 [2]	มอก. 409 [3]
2.00	1.00	1.00
1.75	0.98	0.99
1.50	0.96	0.97
1.25	0.93	0.94
1.00	0.87	0.91

ตัวอย่าง ต้องการปรับกำลังของคอนกรีตที่จะมาจากสนามมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10.0 ซม. สูง 15.0 ซม. ที่ทดสอบกำลังอัดได้เท่ากับ 230 กก/ซม² ให้เป็นกำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.

วิธีทำ

1. จากรูปที่ 2 เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 ซม. ตัวปรับแก้เท่ากับ 1.04
2. ดังนั้นกำลังของคอนกรีตที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 150 มม. = $230/1.04 = 221.2$ กก/ซม²
3. จากตารางที่ 1 เมื่อ $H/D = 1.5$ ตัวคูณสำหรับปรับค่ากำลังเท่ากับ 0.97 [ตาม มอก. 409]
4. ดังนั้นกำลังอัดของคอนกรีตที่ปรับแล้ว = $221.2 \times 0.97 = 214.6$ กก/ซม²

นั่นคือคอนกรีตที่ได้จากการเจาะในตัวอย่างนี้ควรมีกำลังอัดประมาณ 214.6 กก/ซม² เมื่อเทียบเป็นคอนกรีตมาตรฐานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. มีความสูง 30 ซม.

การประเมินและการยอมรับกำลังอัดของงานคอนกรีต

วิธีการหล่อแท่งคอนกรีตในสนามเพื่อทดสอบกำลังอัดมีอยู่ในมาตรฐาน ASTM C31 [4] ซึ่งได้ระบุวิธีการทำและการบ่ม โดยให้เก็บตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM C172 [5] และการบ่มแยกออกเป็น 2 วิธีคือ

ก. การบ่มมาตรฐาน (standard curing) เป็นการบ่มเบื้องต้นของคอนกรีตในแบบหล่อในสนาม และการลำเลียงคอนกรีตพร้อมแบบหล่อเพื่อนำไปถอดแบบและบ่มในห้องปฏิบัติการ

ข. การบ่มในสนาม (field curing) เป็นการบ่มคอนกรีตในสภาพเดียวกับคอนกรีตที่ได้เก็บตัวอย่างมาโดยให้แท่งคอนกรีตอยู่ที่เดียวกับคอนกรีตที่เทในโครงสร้างและมีสภาพการบ่มเหมือนกัน

มาตรฐาน วสท.1008 [6] กำหนดให้กำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ผ่านการบ่มแต่ละชนิดจะถือเป็นที่ยอมรับได้เมื่อผลเฉลี่ยกำลังอัดของการทดสอบ 3 ครั้งติดต่อกันให้ค่าเท่ากับหรือมากกว่า f'_c และกำลังอัดที่ทดสอบแต่ละครั้งอาจต่ำกว่า f'_c ได้ไม่เกิน 35 กก/ซม²

นอกจากนี้มาตรฐาน วสท. 1008 [6] ยังระบุว่าเมื่อผลการทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างที่บ่มในสนามให้กำลังอัดต่ำกว่าร้อยละ 85 ของตัวอย่างที่บ่มมาตรฐาน ให้มีการปรับปรุงวิธีการบ่มคอนกรีตในโครงสร้างให้ดีขึ้น ทั้งนี้ถ้ากำลังอัดของตัวอย่างที่บ่มในสนามสูงกว่า f'_c ที่กำหนดเกิน 35 กก/ซม² ก็ให้ถือว่าคอนกรีตมีกำลังอัดดีพอและการบ่มภาคสนามนั้นใช้ได้

ในกรณีกำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มในห้องปฏิบัติการมีค่าต่ำกว่า f'_c ที่กำหนดเกิน 35 กก/ซม² และกรณีที่ผลการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มในสนามบ่งชี้ว่าการบ่มคอนกรีตยังไม่ดีพอ ให้ปฏิบัติดังนี้

1. ถ้ากำลังอัดของคอนกรีตค่อนข้างต่ำและผลการคำนวณบ่งชี้ว่าความแข็งแรงของโครงสร้างลดลงมาก ให้เจาะเอาตัวอย่างคอนกรีตจากโครงสร้างในบริเวณที่มีปัญหาไปทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C42 [2] โดยการทดสอบแต่ละครั้งให้เจาะคอนกรีตจำนวน 3 ตัวอย่าง

2. ถ้าคอนกรีตในโครงสร้างใช้งานในลักษณะแห้งต้องฝั่งคอนกรีตที่เจาะมาให้แห้งในอากาศเป็นเวลา 7 วันก่อนทดสอบ ถ้าคอนกรีตในโครงสร้างใช้งานในลักษณะเปียกให้แช่คอนกรีตนั้นในน้ำอย่างน้อย 40 ชั่วโมง แล้วทดสอบในสภาพเปียก

3. ถ้ากำลังอัดของคอนกรีตที่เจาะแต่ละแท่งมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของ f'_c ที่กำหนด และค่ากำลังอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่เจาะจำนวน 3 แท่งไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของ f'_c ที่กำหนด ให้ถือว่าโครงสร้างส่วนที่พิจารณามีความแข็งแรงเพียงพอ

4. หากผลการทดสอบตามข้อ 3. ไม่ผ่าน และมีข้อสงสัยในความมั่นคงของโครงสร้างวิศวกรอาจสั่งให้ทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก หรือทุบทิ้งเพื่อทดสอบคอนกรีตใหม่ หรือกระทำการอื่นใดที่เห็นว่าเหมาะสม

สุดท้ายนี้หวังว่าท่านผู้อ่านจะสามารถประเมินกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะและที่สำคัญ คือ สามารถบอกได้ว่าโครงสร้างคอนกรีตที่ต้องเจาะคอนกรีตออกมาทดสอบสามารถใช้งานได้ หรือ ต้องทุบทิ้งดี

เอกสารอ้างอิง

บทความนี้ส่วนใหญ่คัดมาจากหนังสือ “ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และ คอนกรีต” โดย ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล พิมพ์โดยสมาคมคอนกรีตไทย พ.ศ. 2547 นอกจากนี้ยังมีเอกสารเพิ่มเติมที่อ้างถึงในบทความดังต่อไปนี้

1. Blanks, R.F. and McNamara, C.C., Mass Concrete Tests in Large Cylinders, Journal of the American Concrete Institute, 1935, Vol. 31, 280-303.
2. American Society for Testing and Materials, ASTM C42/C42M-99: Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beam of Concrete, Annual Book of ASTM Standards, 2001, Vol. 04.02, Philadelphia, 25-28.
3. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มอก. 409: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบความต้านทานแรงอัดแท่งคอนกรีต, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2525
4. American Society for Testing and Materials, ASTM C31/C31M-00: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, Annual Book of ASTM Standards, 2001, Vol. 04.02, Philadelphia, 5-9.
5. American Society for Testing and Materials, ASTM C172-99: Standard Practice for Freshly Mixed Concrete, Annual Book of ASTM Standards, 2001, Vol. 04.02, Philadelphia, 106-108.
6. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา, มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง, มาตรฐาน ว.ส.ท. 1008-38, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, พิมพ์ครั้งที่ 1, พ.ศ. 2538