

## บทที่ 18

# การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม (Bond Strength)

### บทนำ

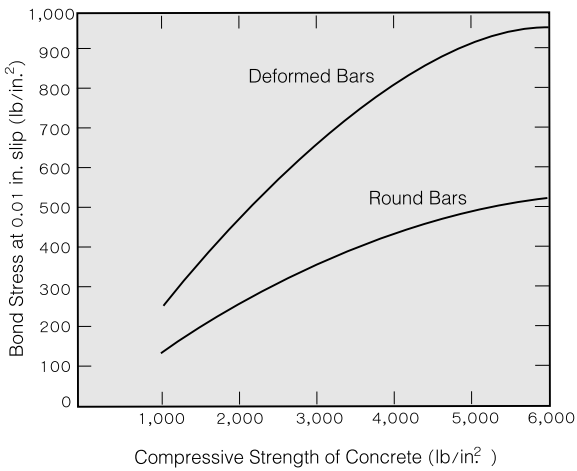
การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดของเหล็กเสริมชนิดกลมและชนิดข้ออ้อยที่ฝังในก้อนคอนกรีตตัวอย่างด้วยวิธีการดึง (Pull-Out Test) ทั้งนี้เพราะโครงสร้างคอนกรีตทั่วไปส่วนใหญ่จะมีการเสริมเหล็กเพื่อช่วยในการรับแรง ไม่ว่าจะเป็นการเสริมเหล็กธรรมดาหรือลวดเหล็กก็ตาม ดังนั้นกำลังในการยึดเหนี่ยว (Bond Strength) ของคอนกรีตกับเหล็กเสริมที่เพียงพอจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา เพื่อให้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถรับแรงได้เต็มประสิทธิภาพตามที่ออกแบบไว้

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กำลังในการยึดเหนี่ยว (Bond Strength) เกิดจากการยึดติด (Adhesion) และแรงเสียดทาน (Friction) ของเหล็กเสริมกับซีเมนต์เพสต์ที่แข็งตัวแล้ว แต่มีความยากในการวัดค่าที่แท้จริง ทั้งนี้เพราะมีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง เช่น ขณะที่คอนกรีตได้รับการบ่มและแข็งตัว จะเกิดการหดตัว ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเหล็กเสริมและคอนกรีตลดลง ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวลดลง ถ้าคอนกรีตมีการแตกร้าวหรือน้ำซึมผ่านได้ง่าย จะทำให้เกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริมภายใน ซึ่งจะส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวเช่นกัน นอกจากนี้คุณสมบัติของเนื้อคอนกรีตเองแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องด้วย คือ ขนาดของเหล็กเสริม ชนิดของเหล็กเสริม ตำแหน่งของเหล็กเสริมในคอนกรีต (ทำหน้าที่รับแรงดึง แรงอัด หรือแรงดัด) การจี้เข้าบริเวณเหล็กเสริม ช่องว่างอากาศใต้เหล็กเสริมที่เกิดจากการเข้มน คอนกรีตต้องอยู่ในสภาวะเปียกและแห้งสลับกันหรือไม่ และคอนกรีตต้องอยู่ในสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงที่จุดเยือกแข็งหรือไม่

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงยังไม่มีวิธีการวัดกำลังในการยึดเหนี่ยว (Bond Strength) ที่เป็นมาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามการทดสอบด้วยการดึง (Pull-Out Test , ASTM C 234) ถือเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับค่านิยมในการเปรียบเทียบค่ากำลังในการยึดเหนี่ยวของคอนกรีตซึ่งทำโดย การหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ซม. แล้วฝังเหล็กเสริมไว้ ต่อจากนั้นทำการดึงเหล็กเสริมออก ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงเพื่อหาแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดของคอนกรีต กับเหล็กเสริม โดยกำลังในการยึดเหนี่ยวสูงสุด (Maximum Bond Strength) สามารถหาได้จากแรงดึงสูงสุดหารด้วยพื้นที่ของเหล็กเสริมที่สัมผัสกับคอนกรีต

ในทางปฏิบัตินั้นถือว่ากำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีต (Bond Strength) มีความสัมพันธ์กับกำลังอัดของคอนกรีต คือ เมื่อกำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตจะเพิ่มตาม และกำลังยึดเหนี่ยวของเหล็กข้ออ้อยจะมากกว่าเหล็กกลม ดังรูปที่ 1 และพบว่ากำลังในการยึดเหนี่ยวลดลงอย่างมากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ไม่เท่ากันของเหล็กและคอนกรีต



**รูปที่ 1** ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังยึดเหนี่ยวกับกำลังอัดของคอนกรีต (จากหนังสือ Concrete Structure, Properties, and Materials; Mehta & Monteiro)

## การทดสอบแรงยึดเหนี่ยว ของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม

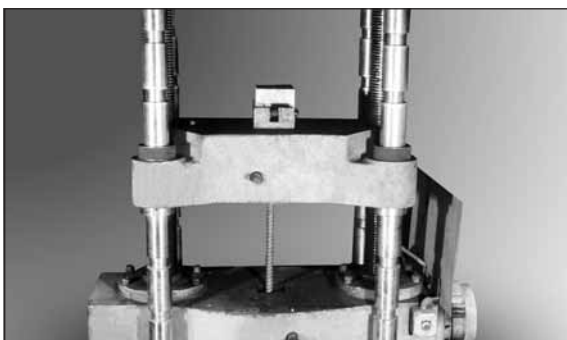
### มาตรฐานที่ใช้

ASTM C 234

Standard Test Method for Comparing Concrete on the Basis of the Bond Developed with Reinforcing Steel

### อุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องทดสอบกำลังดึง
2. อุปกรณ์ทดสอบแรงยึดเหนี่ยว
3. Dial Micrometer
4. Micrometer
5. ไม้บรรทัดเหล็ก



**รูปที่ 2** อุปกรณ์ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวและเครื่องทดสอบแรงดึง

### วิธีทดสอบ

1. หล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ซม. แล้วฝังเหล็กข้ออ้อยหรือเหล็กกลมที่ต้องการทดสอบลงไป เมื่อก้อนตัวอย่างแข็งตัวแล้ว 24 ชม. จึงถอดแบบและบ่มภายในห้องบ่ม เพื่อรอการทดสอบที่ 28 วันต่อไป
2. วัดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมโดย Micrometer และระยะที่ฝังเหล็กลงในก้อนตัวอย่างคอนกรีตด้วยไม้บรรทัดเหล็ก
3. ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวเข้ากับก้อนตัวอย่าง
4. ติดตั้งก้อนตัวอย่างเข้ากับหัวจับเครื่องทดสอบกำลังดึง และ Dial Micrometer เพื่อวัดระยะเลื่อนของเหล็กเสริม
5. เปิดเครื่องเพื่อดึงเหล็กเสริม โดยควบคุมแรงดึงให้ไม่เกิน 5.78 กก./ตร.ซม./วินาที
6. บันทึกแรงดึงและระยะเลื่อนของเหล็กเสริมทุก 0.02 มม.
7. ทำการทดสอบจนกว่าแรงที่ใช้ดึงเหล็กเสริมถึงจุดสูงสุด หรือเมื่อคอนกรีตเริ่มชำรุดแยกออกจากกัน หรือเมื่อระยะเลื่อนมีค่ามากกว่า 2.5 มม.
8. เขียนกราฟระหว่างแรงยึดเหนี่ยวกับระยะเลื่อน โกลและคำนวณหากำลังยึดเหนี่ยวสูงสุด (Maximum Bond Stress)

$$\text{กำลังยึดเหนี่ยวสูงสุด} = \frac{\text{แรงดึงสูงสุด}}{\text{พื้นที่เหล็กเสริมที่สัมผัสกับคอนกรีต}}$$

9. ทำการทดสอบเปรียบเทียบผลระหว่างเหล็กข้ออ้อยกับเหล็กกลม

## เอกสารอ้างอิง

1. Annual Book of ASTM Standards Volume 04.02, 1996
2. Concrete Structure, Properties, and Materials, 2nd Edition, P. Kumar Mehta and Paulo J. M. Monteiro, Prentice Hall, New Jersey 1993
3. Design and Control of Concrete Mixtures, 13th Edition, Steven H. Kosmatka and William C. Panarese, Portland Cement Association, Illinois
4. Properties of Concrete, 3rd Edition, A. M. Neville, Longman Scientific & Technical, New York 1981
5. คอนกรีตเทคโนโลยี ชัยวาลัย เศรษฐบุตร 2540

## คณะผู้จัดทำ

### คณะที่ปรึกษา

1. ชัชวาลย์ เศรษฐบุตตร
2. บุญรอด คุณติทัฬหี
3. วีระพล สุตรสุคนธ์
4. สันติ จรัสกำจรกุล
5. ชงชัย วิวัฒน์สุขไพศาล
6. นฤชา เกษมสำราญ

### ผู้เรียบเรียง

1. เมธี บุญเลี้ยงอุปถัมภ์
2. ฉัตรชัย ชูพานิช