

## บทที่ 9

### การทดสอบแรงอัด (Compression Testing)

#### 1. บทนำ (introduction)

การทดสอบแรงอัดเป็นการทดสอบที่มีลักษณะการใส่แรงกระทำในแบบตรงข้ามกับการทดสอบแรงดึง คือการทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบในลักษณะการดึงยืดขึ้นทดสอบ ส่วนการทดสอบแรงอัดเป็นการทดสอบในลักษณะการกดอัดขึ้นทดสอบ โดยการพิจารณาเลือกการทดสอบแรงอัดแทนกระบวนการทดสอบอื่นจะขึ้นอยู่กับประเภทของการนำไปใช้งานของวัสดุ เช่น โลหะซึ่งมีความต้านทานแรงดึงค่อนข้างสูง รวมทั้งวัสดุกลุ่มพลาสติก ส่วนใหญ่จะทำการทดสอบแรงดึง ส่วนวัสดุเปราะ เช่น คอนกรีต อิฐ และผลิตภัณฑ์เซรามิกซึ่งมีความแข็งแรงดึงค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับความแข็งแรงอัด ประกอบกับวัสดุประเภทนี้จะใช้งานในรูปของการรับแรงอัดมากกว่า ดังนั้นการทดสอบแรงอัดกับวัสดุประเภทนี้จึงให้นัยสำคัญมากกว่าการทดสอบแรงดึง

#### 2. ทฤษฎี

แรงเค้นอัดเกิดจากแรงอัดที่ให้กับชิ้นทดสอบ ซึ่งทำให้ชิ้นทดสอบเกิดการหดตัวหรืออัดตัวภายใต้แรงอัดนั้น ชิ้นทดสอบที่ใช้ในการทดสอบแรงอัดนี้ต้องมีลักษณะสั้นและมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าความยาว เนื่องจากการทดสอบแรงอัดกับชิ้นทดสอบที่มีขนาดยาวจะเกิดการโค้งงอด้านข้าง ซึ่งมีรูปแบบการเกิดที่ไม่แน่นอนจากการเสียรูปแบบยืดหยุ่น ดังรูปที่ 9.1 ดังนั้นโดยปกติชิ้นทดสอบที่ใช้ในการทดสอบแรงอัดมักเตรียมเป็นทรงกระบอก อย่างไรก็ตามบางวัสดุเช่นอิฐซึ่งเตรียมเป็นทรงกระบอกได้ยาก กรณีเช่นนี้จะเตรียมชิ้นทดสอบในรูปทรงที่สะดวกที่สุด

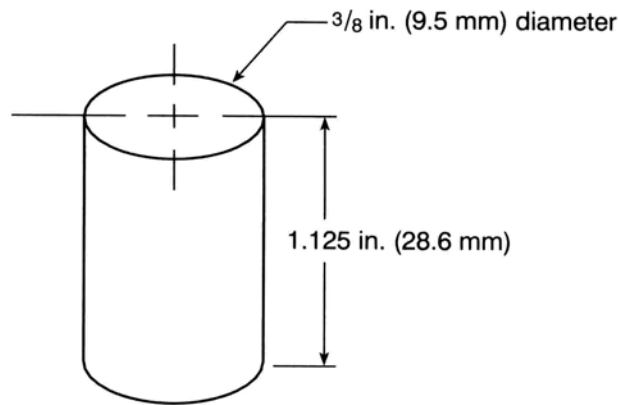
อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบต้องพิจารณาอย่างระมัดระวังทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุกับเงื่อนไขการทดสอบ เนื่องจากความคงรูปของชิ้นทดสอบจะลดลงตามความสูงหรือความยาวของชิ้นทดสอบที่เพิ่มขึ้น คือชิ้นทดสอบจะเกิด



รูปที่ 9.1 การเสียรูปแบบโค้งงอออกด้านข้างของวัสดุภายใต้แรงอัด

ในทางกลับกันถ้าอัตราส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก่อนข้างน้อยจะทำให้ความแข็งแรงปรากฏของชิ้นทดสอบเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากแรงเสียดทานระหว่างหน้าสัมผัสของชิ้นทดสอบกับแท่นทดสอบ ซึ่งหน้าสัมผัสนี้จะทำให้ชิ้นทดสอบไม่สามารถเลื่อนได้ตลอดหน้าสัมผัส ทำให้เหมือนว่าวัสดุมีความแข็งแรงอัดเพิ่มขึ้น ส่วนตัวจับยึดชิ้นทดสอบจะปรับเปลี่ยนไปตามชนิดของวัสดุ บางครั้งเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบอาจต้องเปลี่ยนแปลงไปตามกำลังของเครื่องทดสอบ แต่อย่างไรก็ตามความยาวไม่ควรเกินสองเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุ

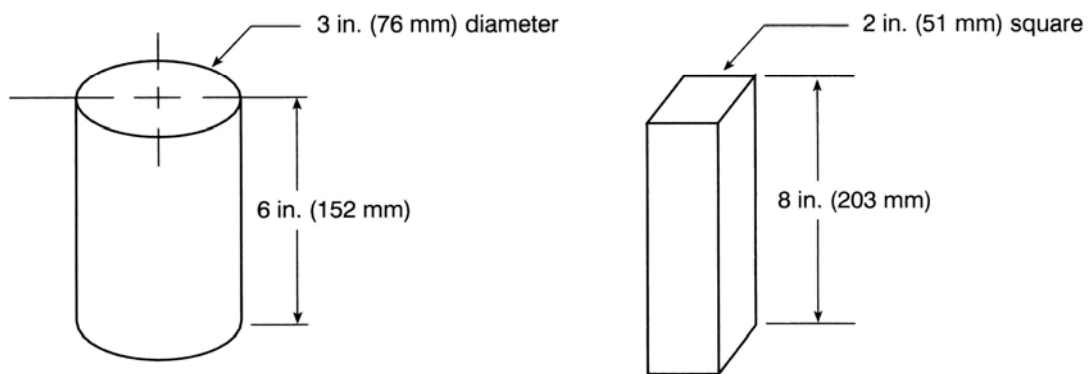
ส่วนปลายของชิ้นทดสอบควรเรียบขนานกันและตั้งฉาก สำหรับชิ้นทดสอบโลหะได้กำหนดไว้ในมาตรฐาน ASTM E9 ดังรูปที่ 9.2 และบ่อยครั้งที่มีการทดสอบโลหะที่ใช้ในคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งกรณีนี้ชิ้นทดสอบมาตรฐานจะเป็นทรงกระบอกขนาด 6 x 12 นิ้ว (15 x 30 cm.) และชิ้นทดสอบคอนกรีตจะมีขนาด 3 x 6 นิ้ว (7.5 x 15 cm.) ซึ่งจะมีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 : 1



Compression specimen  
(Cast iron, cast aluminum and ductile metals)

รูปที่ 9.2 ชิ้นทดสอบโลหะสำหรับการทดสอบแรงอัด

สำหรับการทดสอบกับวัสดุไม้ ชิ้นทดสอบจะมีขนาด 2 x 2 x 8 นิ้ว (5 x 5 x 20) ตาม ASTM D143 ส่วนชิ้นทดสอบอิฐจะเตรียมชิ้นทดสอบตาม ASTM C67 วัสดุอย่าง ASTM D395, 575 และหิน ASTM C170 โลหะแผ่นสามารถทำการทดสอบแรงอัดได้โดยการยึดกับอุปกรณ์พิเศษเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการค้ำงอ การเลือกเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับวัสดุต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 9.3



(a) Compression specimen  
(concrete)

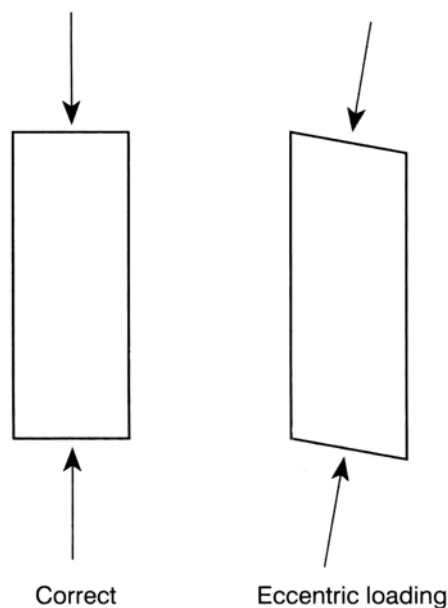
(b) Wood compression specimen  
(parallel to the grain)

รูปที่ 9.3 ชิ้นทดสอบคอนกรีตและไม้ในการทดสอบแรงอัด

### 3. เครื่องมือ

เครื่องทดสอบโดยปกติแล้วจะใช้เครื่องเดียวกับเครื่องทดสอบแรงดึง และแม้ว่าเครื่องทดสอบจะถูกออกแบบมาเพื่อทดสอบแรงอัดโดยเฉพาะ ความสามารถของเครื่องทดสอบก็ยังคงถูกกำหนดโดยขนาดและชนิดของวัสดุที่จะทำการทดสอบ ดังนั้นการทดสอบแรงอัดอาจทำได้ด้วยเครื่องทดสอบอื่นๆ ที่สามารถให้แรงกดอัดกับชิ้นทดสอบและสามารถวัดค่าแรงอัดได้ ทรายที่กำลังของเครื่องมีขนาดมากกว่าความแข็งแรงอัดของวัสดุ อุปกรณ์วัดระยะการอัดตัว (compressometer) จะใช้ในแบบเดียวกันกับอุปกรณ์วัดระยะยืด (extensometer) ในการทดสอบแรงดึง

ส่วนปลายทั้งสองของชิ้นทดสอบควรเรียบเสมอกันและตั้งฉากกันซึ่งจะทำให้แรงเค้นไปสะสมอยู่ที่บริเวณปลายทั้งสอง มิเช่นนั้นจะเกิดการรับแรงที่บิดเบี้ยวไปจากแนวแกนของชิ้นทดสอบดังแสดงในรูปที่ 9.4



รูปที่ 9.4 แสดงการรับแรงของชิ้นงานกับทิศทางของการใส่แรง

วัสดุเช่นคอนกรีต หินและอิฐต้องการความระมัดระวังและอุปกรณ์ช่วย เช่นถั่วหรือหมอนรองตรงปลายทั้งสองเพื่อให้ชิ้นทดสอบสามารถรองรับการใส่แรงอัดได้อย่างเต็มที่ ซึ่ง

#### 4. กระบวนการทดสอบ

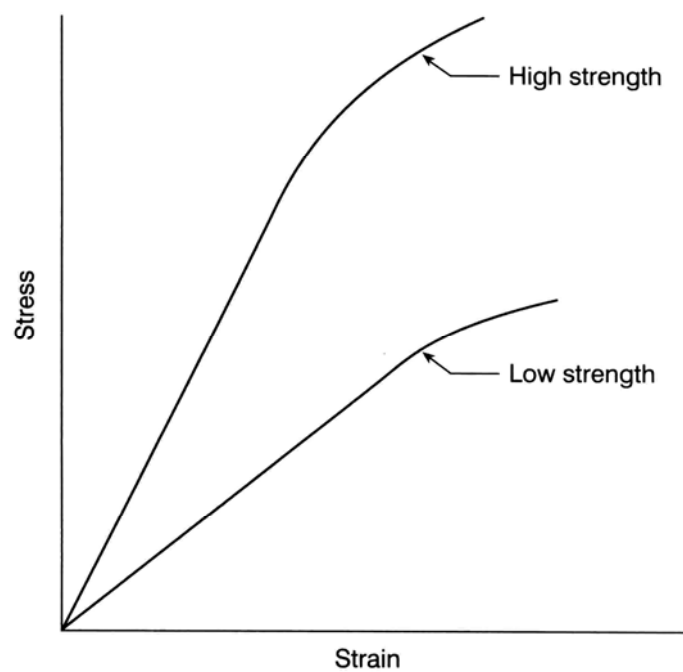
วัตถุประสงค์การทดสอบแรงอัดคือการวัดความแข็งแรงอัดของชิ้นทดสอบ ซึ่งมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความแข็งแรงการอัด น้ำหนักที่ใส่ และการเสียรูปที่เกิดขึ้น วัสดุเปราะจะวัดความแข็งแรงอัดได้ไม่ยาก ส่วนความแข็งแรงอัดของวัสดุเหนียวจะขึ้นอยู่กับวิธีการเสียรูป เช่นเดียวกับการทดสอบแรงดึง และวัสดุเหนียวจะไม่แสดงการแตกหักแบบฉับพลันเหมือนกับวัสดุเปราะ เนื่องจากวัสดุเหนียวจะเกิดการโป่งออกด้านข้าง และข้อมูลการเสียรูปในลักษณะของการโป่งออกนี้จะต้องทำการวัดและบันทึกไว้เพื่อใช้ในการหาค่าความแข็งแรงอัดของวัสดุ

ก่อนการทดสอบต้องทำการวัดขนาดของชิ้นทดสอบด้วยเครื่องมือที่เหมาะสมและให้ค่าที่ถูกต้อง เมื่อได้ค่าขนาดชิ้นทดสอบที่เหมาะสมแล้วให้นำไปปรับแรงกดอัดในเครื่องทดสอบแรงอัด และควรระมัดระวังในการทดสอบโดยต้องให้ชิ้นทดสอบตั้งตรงและอยู่ในแนวแกนของการใส่แรงของเครื่องทดสอบตลอดการทดสอบ เนื่องจากการยากที่จะควบคุมในการกระจายตัวแรงเค้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการทดสอบ ดังนั้นการวัดความเครียดมักจะกระทำ  $120^\circ$  รอบแนวเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นทดสอบ และควรใช้อุปกรณ์วัดการอัดแบบเฉลี่ยในการทดสอบ

อัตราการใส่แรงจำเพาะของแต่ละวัสดุจะแตกต่างกันไปตามที่กำหนดในมาตรฐาน ASTM โดยอัตราความเครียดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.125 mm/min หรือ 0.005 in./min และอัตราแรงเค้นที่ให้อาจอยู่ในช่วง 500 ถึง 1000 lb/in<sup>2</sup>.min หรือ 3 ถึง 7 MPa/min อัตราการใส่แรงนี้จะมีผลต่อ

## 5. ผลการทดสอบ

ข้อมูลที่ได้จะเกี่ยวกับการกดอัดและน้ำหนักที่ใส่ระหว่างการทดสอบ โดยข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาเขียนกราฟแรงเค้นความเครียด เช่นกราฟแรงเค้นความเครียดของคอนกรีตที่แสดงในรูปที่ 9.5



รูปที่ 9.5 กราฟผลการทดสอบแรงเค้นความเครียดของชิ้นงานคอนกรีต

ความแข็งแรงอัดจะเหมือนกับความแข็งแรงดึงซึ่งมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้วหรือพาสคาล โดยค่าแรงเค้นจะได้จากค่าน้ำหนักกดอัดต่อพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ

ตัวอย่าง 9.1

จงหาความแข็งแรงอัดของชิ้นงานไม้ซึ่งมีขนาด 2 x 2 x 6 นิ้ว และแตกหักภายใต้การรับน้ำหนัก 7500 ปอนด์

$$\text{ความแข็งแรงอัด} = \frac{7500 \text{ lb}}{(2 \text{ in})^2} = 1875 \text{ lb/in}^2$$

ตัวอย่าง 9.2

ชิ้นงานคอนกรีตขนาด 6 x 12 นิ้ว เกิดการแตกหักภายใต้แรงกระทำ 135,000 ปอนด์ ถ้าวัดความแข็งแรงอัดเท่าไร

$$\text{พื้นที่หน้าตัด} = \pi r^2 = \pi \times 3^2 = 28.3 \text{ in}^2$$

$$\text{ความแข็งแรงอัด} = \frac{135000 \text{ lb}}{28.3 \text{ in}^2} = 4770 \text{ lb/in}^2$$

วัสดุไม้ อิฐ โลหะ พอลิเมอร์ เซรามิกและวัสดุอื่นๆ จะทำการทดสอบแรงอัดในแบบเดียวกันทั้งหมด

## 6. สรุป

การทดสอบแรงอัดจะเหมือนกับการทดสอบแรงดึงต่างกันเฉพาะรูปแบบแรงที่กระทำกับชิ้นทดสอบจากแรงดึงเป็นแรงอัด ส่วนข้อมูลการทดสอบที่ได้รับคือน้ำหนักที่กระทำและการกดอัดซึ่งจะนำไปเขียนเป็นกราฟแรงเค้นความเครียด ความแข็งแรงอัดคำนวณได้จากแรงอัดที่กระทำหารด้วยพื้นที่หน้าตัด คอนกรีตเป็นวัสดุที่มักทำการทดสอบแรงอัด ส่วนวัสดุไม้ โลหะ พอลิเมอร์ เซรามิก และวัสดุอื่นๆอาจทำการทดสอบแรงอัดด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน

## 7. คำถามท้ายบท

1. ถ้าชิ้นงานขนาด  $2 \times 2 \times 6$  นิ้ว เกิดการแตกหักภายใต้การรับแรงอัด 5000 ปอนด์ ถามว่าวัสดุนี้มีความแข็งแรงอัดเท่าไร
2. ชิ้นงานคอนกรีตขนาด  $6 \times 12$  นิ้ว เกิดการแตกหักเมื่อรับแรง 105,000 ปอนด์ ถามว่าชิ้นงานคอนกรีตนี้มีความแข็งแรงดึงเท่าไร
3. ถ้าสมมุติวิศวกรได้ออกแบบแผ่นคอนกรีตเพื่อนำไปทำที่จอดรถซึ่งต้องมีความแข็งแรง  $3500 \text{ lb/in}^2$  และให้เราทำการทดสอบชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น ขนาด  $6 \times 12$  นิ้ว ซึ่งแตกหักภายใต้แรงกระทำ 85,000 87,000 และ 93,000 ปอนด์ ถามว่าคอนกรีตนี้สามารถนำไปใช้ทำเป็นที่จอดรถได้หรือไม่
4. ถ้ามีโตะสี่ขาเพื่อใช้วางถุงอาหารสุนัขขนาด 50 ปอนด์ 10 ถุง ถามว่าแรงกั้นและน้ำหนักกดที่เกิดขึ้นบนขาโตะแต่ละขามีค่าเท่าไร ถ้าขาโตะทุกอันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว
5. ถ้าน้ำหนัก 60,000 ปอนด์ รับโดยแท่นคอนกรีตสี่เหลี่ยมจัตุรัส 4 แท่น ซึ่งมีความแข็งแรงอัด  $2,750 \text{ lb/in}^2$  ถามว่าแท่นคอนกรีตแต่ละแท่นต้องมีขนาดเท่าไร
6. ถ้าต้องการใช้เสาคอนกรีตที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว และมีความแข็งแรงอัด  $15000 \text{ lb/in}^2$  รับน้ำหนัก 60,000 ปอนด์ ถามว่าต้องใช้เสาที่ต้นในการรับน้ำหนัก
7. ถ้าต้องการทดสอบชิ้นงานคอนกรีตขนาดพื้นที่หน้าตัด  $6 \times 12 \text{ in}^2$  ซึ่งมีความแข็งแรงอัดประมาณ  $4500 \text{ lb/in}^2$  ถามว่าสามารถทำการทดสอบด้วยเครื่องขนาด 60,000 lb ได้หรือไม่
8. ชิ้นงานคอนกรีตที่มีความแข็งแรงอัด  $3500 \text{ lb/in}^2$  ถามว่าชิ้นทดสอบขนาดใหญ่สุดเท่าไรที่จะสามารถทำการทดสอบด้วยเครื่องขนาด 60,000 lb ถ้าชิ้นงานมีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 2 ต่อ 1