

บทที่ 10

การทดสอบแรงดัดงอ (Bending Testing)

1. บทนำ (introduction)

การทดสอบแรงดัดงอเป็นการใส่แรงกระทำกับชิ้นทดสอบแล้วทำให้เกิดแรงเค้นอัดที่บริเวณด้านบนของหน้าตัดชิ้นงานและเกิดแรงเค้นดึงที่บริเวณด้านล่างของหน้าตัดชิ้นงาน การดัดงออาจกระทำด้วยแรงเค้นตรง แรงเค้นดัด หรือแรงเค้นบิด โดยแท่งชิ้นงานที่มีการใช้ในลักษณะที่มีการรับแรงแบบสวนทางมักจะทำการทดสอบการดัดงอ ซึ่งแท่งชิ้นงานจะมีการโค้งงอเกิดขึ้น ณ จุดหนึ่งบนพื้นผิวบริเวณที่มีการรับแรง การดัดงอเป็นการทดสอบสถิติหนึ่งของแท่งทดสอบซึ่งสามารถใช้เป็นฟังก์ชันในส่วนของสมบัติสถิติพิเศษของวัสดุ

2. ทฤษฎี

การทดสอบการดัดงอเป็นการดัดงอชิ้นทดสอบภายใต้แรงกระทำ ความแข็งแรงที่วัสดุแสดงออกมาเป็นฟังก์ชันของวัสดุที่ชิ้นทดสอบถูกเตรียมขึ้นรวมทั้งลักษณะของภาคตัดของชิ้นทดสอบ เช่น แท่งทดสอบชนิดเดียวกันที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 1x4 นิ้ว จะมีความแข็งแรงการดัดงอสูงกว่าแท่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2x2 นิ้ว ดังนั้นหลักวิชาทางคณิตศาสตร์จะมีความเกี่ยวข้องกับค่าความแข็งแรงการดัดงอของวัสดุอย่างมาก

สมบัติที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบการดัดงอจะเป็นแบบเดียวกันกับการทดสอบแรงดึง ได้แก่ ความแข็งแรงสูงสุด (Ultimate strength) จุดจำนน (yield point) โมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) และอื่นๆ ด้วยเหตุนี้การทดสอบการดัดงอจึงใช้เป็นการทดสอบพื้นฐานที่ดีที่สุดในการทดสอบชิ้นงานที่มีรูปทรงภาคตัดแบบต่างๆ ในการนำไปใช้งาน

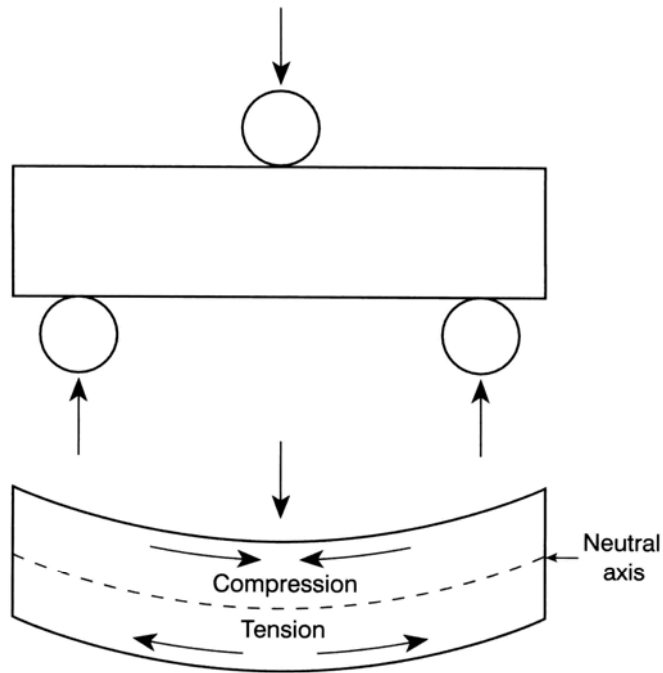
เมื่อชิ้นทดสอบมีการรับแรงในลักษณะที่มีฐานรองรับปลายทั้งสองแล้วมีการใส่แรงกระทำบริเวณตรงกลางชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้ด้านล่างของชิ้นงานอยู่ภายใต้แรงดึงและด้านบนอยู่ภายใต้แรงอัด แรงดึงจะทำให้ส่วนล่างของชิ้นทดสอบถูกดึงยืดออกส่วนแรงอัดจะทำให้ชิ้นทดสอบถูกอัดเข้าหากัน และบริเวณกึ่งกลางระหว่างสองแรงนี้คือเส้นหรือแกนแบ่ง

การบันทึกข้อมูลแรงที่กระทำกับการตัดงอที่เกิดขึ้นสามารถนำไปเขียนเป็นกราฟแรง-
เส้นความเครียดการตัดงอ เพื่อใช้ในการอธิบายคุณลักษณะของวัสดุจากการทดสอบการตัดงอ
นอกจากนั้นควรทำการรายงานทั้งในส่วนของแรงที่กระทำกับการตัดงอ ประเภทและ
คุณลักษณะของการแตกหัก เช่น อธิบายชนิดของรอยแตกหักว่าแตกหักจากแรงดึง แรงอัด
หรือว่าแรงเฉือน หรือมีการบวมของชิ้นงานก่อนการแตกหักหรือไม่ ลักษณะของรอยแตกหัก
เป็นอย่างไร หยาบ ขรุขระ หรือเรียบเสมอกัน เป็นต้น หรืออาจมีการวาดรูปรอยแตกหัก
คร่าวๆ ประกอบกับคำอธิบายสั้นๆ ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ดีในการอธิบายประเภทและ
คุณลักษณะของรอยแตกหัก

3. เครื่องมือและกระบวนการทดสอบ

การทดสอบการตัดงอมักทำการทดสอบด้วยเครื่องเอนกประสงค์ (Universal Testing
Machine) รูปที่ 10.1 แสดงลักษณะของชิ้นทดสอบและการทดสอบการตัดงอ ซึ่งในการ
เตรียมชิ้นทดสอบมีข้อควรระวังต่างๆ ดังนี้

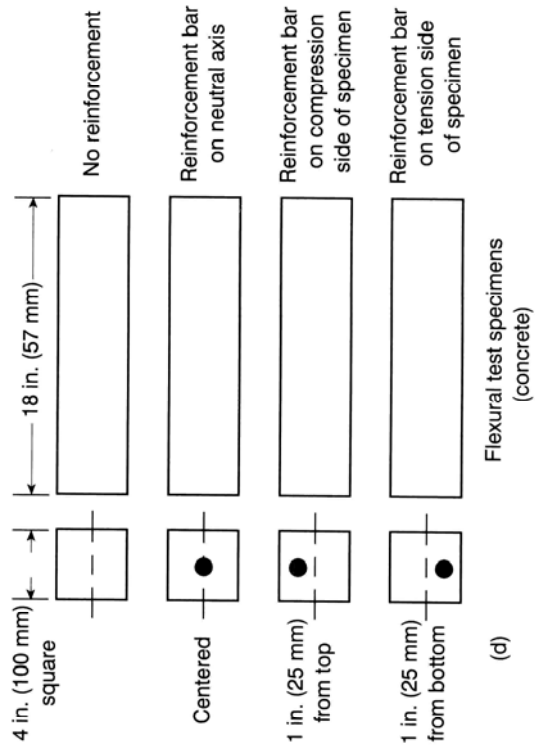
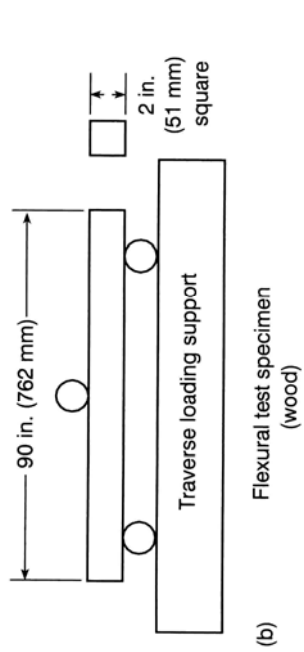
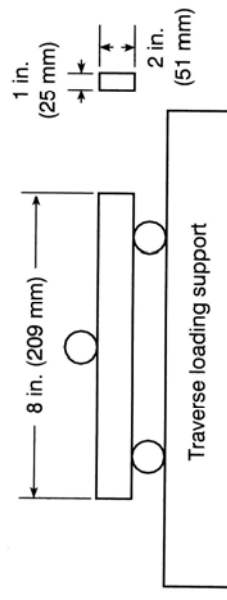
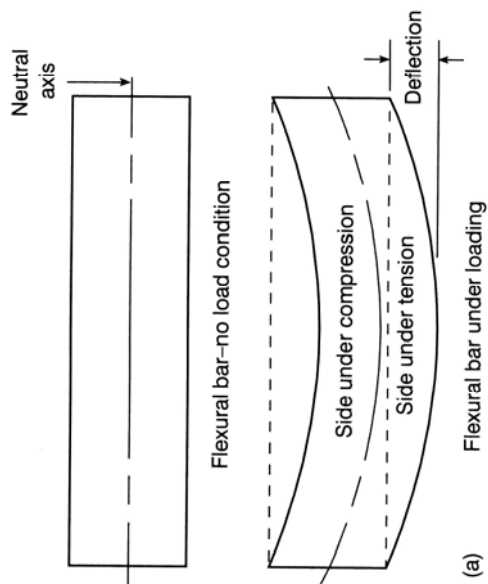
1. รูปทรงของชิ้นทดสอบควรมีรูปแบบที่สามารถทำการทดสอบตามนิยามที่
กำหนด และทราบระยะห่างระหว่างแท่นวางชิ้นงาน โดยความยาวของชิ้นทดสอบควรอยู่
ระหว่าง 6-12 เท่าของความหนา ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากแรงเฉือนหรือการบวม
2. พื้นที่สัมผัสกับวัสดุภายใต้การทดสอบไม่ควรเกิดความเข้มข้นแรงเค้นสูงที่พื้นผิว
3. ขณะที่ใส่แรงกระทำอาจต้องทำการปรับตำแหน่งฐานรับชิ้นงานในแนวยาว ทั้งนี้
เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อจำกัดในการทดสอบในแนวยาว
4. บางครั้งอาจต้องทำการปรับมุมด้านขวาง เพื่อป้องกันการบิดเป็นเกลียวของ
ปลายชิ้นทดสอบด้านหนึ่งไปสู่ปลายอีกด้านหนึ่ง ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเค้นบิดเกิดขึ้นในชิ้นงาน
5. ขณะรับแรงกระทำไม่ควรมีการปรับเปลี่ยนทิศทางหรือการจัดเรียงของชิ้นทดสอบ



รูปที่ 10.1 ลักษณะการทดสอบแรงค้ดงอ

เพื่อตอบสนองต่อเงื่อนไขต่างๆ ข้างต้น การทดสอบการค้ดงอบ่อยครั้งจะใช้เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ โดยวางฐานรับชิ้นงานบนแท่นรับชิ้นงานค้ดง จากนั้นติดแท่นกดเข้ากับจุดเคลื่อนด้านบน ดังรูปที่ 10.2

การบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแรงที่กระทำและการค้ดงที่เกิดขึ้น ตลอดจนความเร็วในการใส่แรงเป็นสิ่งสำคัญ โดยไม่ควรให้ชิ้นงานเกิดการแตกหักเร็วเกินไป การกำหนดการทดสอบสำหรับการทดสอบวัสดุพิเศษและคุณลักษณะต่างๆ ของชิ้นทดสอบควรจะถูกอ้างอิงถึง การทดสอบการค้ดงจะให้ค่าความเหนียว (ductility) โดยประมาณของวัสดุที่ทดสอบ



รูปที่ 10.2 ขั้นตอนและการทดสอบแรงดัดงอ

วัสดุประเภทเช่นเซรามิกและวัสดุประกอบ (composite) การทดสอบแรงดึงแบบปกติไม่สามารถทำได้ เนื่องจากหัวจับยึดชิ้นงานจะทำให้เกิดร่องรอยบนพื้นผิวซึ่งจะเป็นจุดเริ่มในการแตกหัก และทำให้ผลการทดสอบที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ในกรณีเช่นนี้จะใช้การทดสอบการดัดงอในการวัดความแข็งแรงการดัดงอและ โมดูลัสการแตกหัก ด้วยการให้แรงกับชิ้นทดสอบแบบสามจุด แรงดึงจะเกิดขึ้นจากจุดกึ่งกลางที่ใส่แรงกระจายไปยังปลายทั้งสองของชิ้นทดสอบ ความแข็งแรงการดัดงอสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$\text{ความแข็งแรงดัดงอ (lb/in}^2\text{)} = \frac{3FL}{2wh^2}$$

เมื่อ F = แรงกระทำ (ปอนด์ หรือ กิโลกรัม)

L = ระยะห่างระหว่างสองจุดของฐานรองรับชิ้นงาน (นิ้ว หรือ เซนติเมตร)

w = ความกว้างของชิ้นทดสอบ (นิ้ว หรือ เซนติเมตร)

h = ความสูงของชิ้นทดสอบ (นิ้ว หรือ เซนติเมตร)

ตัวอย่างที่ 10.1

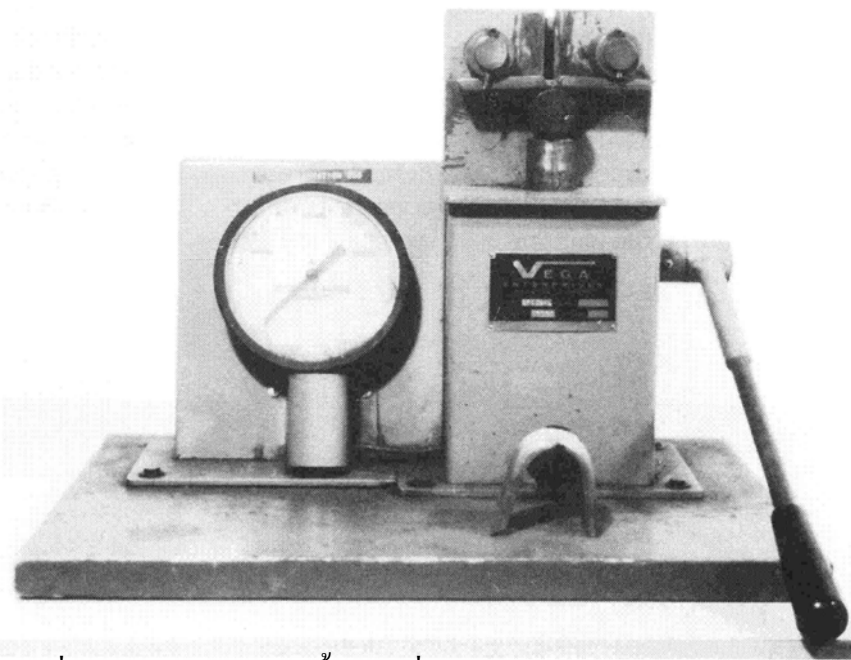
จงหาความแข็งแรงการดัดงอของชิ้นทดสอบกว้าง 6 นิ้ว และสูง 0.5 นิ้ว ซึ่งวางอยู่บนคานรับที่ห่างกัน 6 นิ้ว ซึ่งต้องใช้แรงกระทำ 10,000 ปอนด์ในการแตกหัก

$$\begin{aligned} \text{ความแข็งแรงดัดงอ (lb/in}^2\text{)} &= \frac{3 \times 10,000 \text{ lb} \times 6 \text{ in}}{2 \times 6 \text{ in} \times (0.5 \text{ in})^2} \\ &= 60,000 \text{ lb/in}^2 \end{aligned}$$

การอัดจะทำให้รอยร้าวและรูต่างๆ ในชิ้นงานถูกอัดปิด ดังนั้นวัสดุประเภทหลายชนิด เช่น คอนกรีต จึงถูกนำไปใช้เฉพาะในงานที่รับแรงเค้นอัดเท่านั้น

มาตรฐานการทดสอบการดัดงอของรอยเชื่อม เนื่องจากรอยเชื่อมที่ดีต้องแข็งแรงกว่าเนื้อวัสดุรอบรอยเชื่อม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องทดสอบการดัดงอรอยเชื่อม โดยเฉพาะในการวัดความแข็งแรงรอยเชื่อมดังรูปที่ 10.3 เครื่องทดสอบการดัดงอรอยเชื่อมนี้สามารถรองรับชิ้นงานหนาได้ถึง 3/8 นิ้ว

เมื่อทำการทดสอบการค้ำองรอยเชื่อม ชิ้นงานสองชิ้นจะถูกเชื่อมเข้าด้วยกัน ซึ่งปกติจะเชื่อมแบบ butt เนื้อเชื่อมที่เกินมาจะถูกขัดหรือกลึงออกจนเรียบ จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปวางเข้ากับเครื่องทดสอบ โดยวางบริเวณรอยเชื่อมให้อยู่กึ่งกลางแท่นรองชิ้นงาน จากนั้นใส่แรงกระทำจนชิ้นงานเกิดการค้ำองเป็นมุม 180° และเป็นการวัดจุดบกพร่องในรอยเชื่อม ช่วงเชื่อมที่ได้รับการรับรองจะต้องผ่านการทดสอบรอยเชื่อมนี้



รูปที่ 10.3 เครื่องทดสอบการค้ำองชิ้นงานเชื่อม

4. สรุป

การทดสอบการค้ำองเป็นการทำให้ชิ้นทดสอบรับแรงดึงและแรงอัดในเวลาเดียวกัน ผลการทดสอบที่ได้สามารถบอกได้ถึง โมดูลัสความยืดหยุ่น ความแข็งแรงสูงสุด และสมบัติอื่นๆแบบเดียวกันกับการทดสอบแรงดึง การทดสอบการค้ำองมักใช้กับวัสดุเปราะ ซึ่งไม่สามารถทำการทดสอบได้อย่างถูกต้องด้วยการทดสอบแรงดึง วัสดุเหล่านี้รวมถึงเซรามิกและวัสดุประกอบต่างๆ

5. คำถามท้ายบท

1. จงหาค่าความแข็งแรงการค้ำงของชั้นทดสอบกว้าง 3 นิ้ว สูง 0.25 นิ้ว ซึ่งมีคานรับสองจุดห่างกัน 4 นิ้ว โดยมีการแตกหักเมื่อรับแรง 1500 ปอนด์
2. จงหาแรงที่จะทำให้ชั้นทดสอบกว้าง 6 นิ้ว สูง 0.5 นิ้ว เกิดการแตกหัก ถ้าฐานรับอยู่ห่างกัน 12 นิ้ว และวัสดุมีความแข็งแรงการค้ำง 50,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
3. จงหาขนาดความสูงของชั้นทดสอบในการรับแรง 25,000 ปอนด์ ถ้าชั้นทดสอบนี้มีความกว้าง 12 นิ้ว ซึ่งมีระยะห่างของฐานรับ 24 นิ้ว โดยวัสดุมีความแข็งแรงการค้ำง 55,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
4. จงหาว่าแผ่นคอนกรีตขนาดความกว้าง 36 นิ้ว และสูง 12 นิ้ว โดยมีระยะห่างของคานรับ 72 นิ้ว จะสามารถรับน้ำหนักสูงสุดได้กี่ปอนด์ ถ้าแผ่นคอนกรีตนี้มีความแข็งแรงการค้ำง 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว