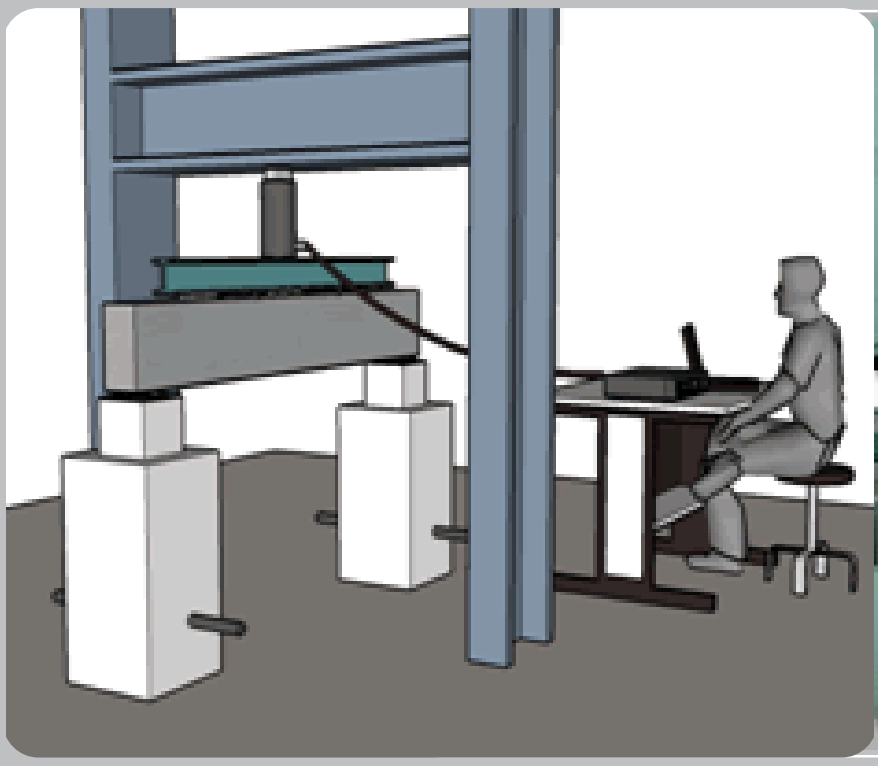
171332 ปฏิบัติการวิศวกรรมโครงสร้าง

Structural Engineering Laboratory



ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อ.สุรเชษฐ์ มั่งมีศรี

พงษ์ศักดิ์ มณีกุล

ปรับปรุงครั้งที่ 1 : 2550

ปฏิบัติการที่ 1

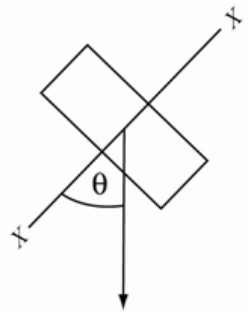
การศึกษาพฤติกรรมการรับแรงดัดไม่สมมาตร

ดร.ณัฐพงษ์ อารีมิตร
สมชาย เติมศักดิ์

บทนำ

คานเป็นชิ้นส่วนของโครงสร้างที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้รับโมเมนต์ดัด สูตรของการดัดสามารถนำมาใช้ได้ในกรณีที่ระนาบของแรงที่มากระทำบนคานนั้นอยู่ในระนาบเดียวกับแกนหลักของคาน (Principal Axis) ซึ่งจะมี 2 แกนที่ตั้งฉากกัน สำหรับคานที่มีหน้าตัดสมมาตรแกนหลักจะเป็นแกนเดียวกับแกนสมมาตร

ในกรณีที่แรงหรือโมเมนต์ไม่อยู่บนระนาบของแกนหลัก วิธีที่ง่ายที่สุดที่จะพิจารณาถึงพฤติกรรมของคาน คือ การแตกแรงที่กระทำไปสู่แนวแกนหลักของหน้าตัดคาน แล้วจึงพิจารณาแยกไปแต่ละแกน พฤติกรรมของคานสามารถอธิบายได้โดยสมการที่ (1.1) และ (1.2)



เมื่อ XX และ YY เป็นแกนหลัก (Principal Axis) ของหน้าตัด

$$\frac{M\sin\theta}{I_{XX}} = \frac{f_1}{y} = \frac{E}{R_y} \qquad (1.1)$$

$$\frac{M\cos\theta}{I_{YY}} = \frac{f_2}{x} = \frac{E}{R_x} \qquad (1.2)$$

รูปที่ 1.1 แสดงการแตกแรงที่กระทำให้อยู่ในแนวแกนหลัก

การที่แรงหรือโมเมนต์ไม่อยู่บนระนาบของแกนหลักนี้เราเรียกว่าพฤติกรรมการรับแรงดัดแบบไม่สมมาตร ซึ่งจะพบได้กับคานที่มีหน้าตัดที่ไม่มีแกนสมมาตร ยกตัวอย่างเช่น คานที่มีหน้าตัดเป็นรูปเหล็กฉากที่มีขวามยาวขาไม่เท่ากัน ค่าความเค้นสูงสุดและค่าการแอ่นตัวของคานที่มีการวางตัวแบบนี้จะไม่อยู่ในแนวที่แรงกระทำ การวิเคราะห์จึงต้องทำโดยการแยกหาในแต่ละทิศทางของแกนหลักแล้วจึงนำมารวมกันแบบเวคเตอร์

ในการทดลองนี้จะได้ศึกษาถึงพฤติกรรมการรับแรงดัดของคานที่แนวแรงที่กระทำไม่อยู่ในแนวเดียวกับแนวแกนหลัก นอกจากนี้ยังจะได้ศึกษาถึงแกนสะเทิน Neutral axis ของคานที่เกิดพฤติกรรมการรับแรงดัดแบบไม่สมมาตร เพื่อที่จะได้ทราบถึงตำแหน่งที่เกิดค่าความเค้นสูงสุดอีกด้วย

วัตถุประสงค์

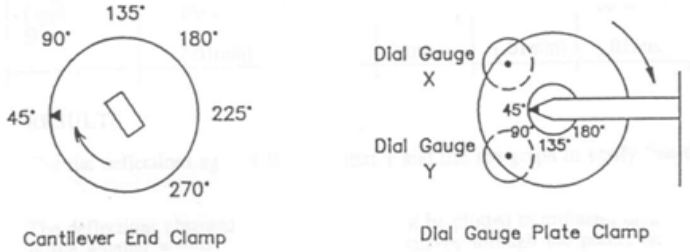
1.เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมของคานที่รับแรงดัดแบบไม่สมมาตรว่ามีการเสียรูปแบบเชิงเส้นหรือไม่
2.เพื่อเปรียบเทียบค่าการแอ่นตัวของคานที่วัดได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1.ชุดทดสอบพฤติกรรมการรับแรงดัดไม่สมมาตร ตามรูปที่ 1.2
2.Dial gauge ความละเอียด 0.01 มม. จำนวน 2 ตัว
3.น้ำหนักคงที่ขนาด 1 N,2 N ,5 N ,10 N,20 N, 50 N และ 100 N
4.เวอร์เนียร์ สำหรับวัดขนาด ความละเอียดไม่น้อยกว่า 0.1 มม.
5.ไม้บรรทัดเหล็ก สำหรับวัดความยาว ความละเอียดไม่น้อยกว่า 1 มม.

วิธีการทดลอง

ส่วนที่ 1



รูปที่ 1.2 การปรับคานให้เอียงเป็นมุมต่าง ๆ

1.วัดขนาดของหน้าตัดคานและความยาวของคาน

ความกว้าง ..... มม.(เฉลี่ย ..... มม.)

ความหนา .....มม.(เฉลี่ย.....มม.)

ความยาว.....มม.

โมดูลัสความยืดหยุ่น = 210 kN/mm.^{2}

2.ปรับคานให้เอียง 45 องศา และปรับชุด Dial gauge ให้อยู่ที่ 90 องศา

3.ตรวจสอบว่า Dial gauge อยู่กึ่งกลางคาน รวมทั้งตรวจสอบว่าแกนของ Dial gauge สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและเพียงพอต่อการอ่าน การเสียรูปหรือไม่

4.ทำการถ่วงน้ำหนักที่ปลายอิสระของคานโดยให้เพิ่มน้ำหนักกระทำ เพิ่มขึ้นครั้งละ 5 N และจดค่าของ Dial gauge จนกระทั่งน้ำหนักถึง 40 N

ตารางบันทึกผลการทดลอง คานยื่นที่มีแรงกระทำเป็นมุม 45 องศา

ส่วนที่ 2

1.ปรับคานและชุด Dial gauge ให้เอียง 45 องศา

2.ตรวจสอบว่า Dial gauge อยู่กึ่งกลางคาน รวมทั้งตรวจสอบว่าแกนของ Dial gauge สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและเพียงพอต่อการอ่านการเสียรูปหรือไม่

3.อ่านค่า Dial gauge แล้วจดค่าไว้ หลังจากนั้นให้วางน้ำหนัก 20 N พร้อมทั้งจดค่าที่อ่านได้ของ Dial gauge

4.ทำซ้ำข้อ 3 โดยเปลี่ยนมุมของคานและชุด Dial gauge ไปครั้งละ 15 องศา โดยทำจนถึง 225 องศา โดยต้องตรวจสอบให้ตำแหน่งของชุด Dial gauge อยู่กึ่งกลางคานทุกครั้งก่อนทำการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง คานยื่นที่มีแรงกระทำเป็นมุม θ องศากับแกน XX

Angle of Load (degree)	X Dial gauge reading			Y Dial gauge reading		
	No load (Division)	20 N load (Division)	Deflection (mm.)	No load (Division)	20 N load (Division)	Deflection (mm.)
45						
60						
75						
90						
105						
120						
135						
150						
165						
180						
195						
210						
225						

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

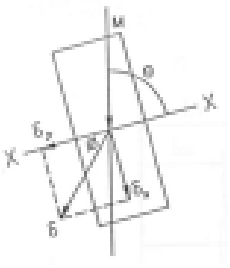
1.ให้วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแอ่นตัวและแรงกระทำจากส่วนที่ 1 เพื่อพิสูจน์ว่าการแอ่นตัวเป็นไปแบบเชิงเส้น พร้อมทั้งเปรียบเทียบการแอ่นตัวที่ได้จากการทดลองกับค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี

2.ให้วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแอ่นตัวและแรงกระทำจากส่วนที่ 2 ของทั้งสองทิศทาง โดยต้องคำนึงด้วยว่าการแอ่นตัวจะเป็นลักษณะของฟังก์ชั่น Sine และ Cosine

3.หาค่าการแอ่นตัวลัพธ์โดยการอ่านค่าการแอ่นตัวในแกน X และ Y จากกราฟที่มุม 50 องศาและเพิ่มครั้งละ 20 องศา โดยค่าการแอ่นตัวลัพธ์จะ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\delta = \sqrt{\delta^2{}_x + \delta^2{}_y}$$

นำเอาค่าการแอ่นตัวลัพธ์ที่ได้เขียนลงไปในแผนภูมิในข้อที่ 2 แล้วทำการลากเส้นเชื่อมต่อจุดที่ได้



4.นำเอาค่าการแอ่นตัวในแกน X และ Y มาคำนวณหาทิศทางของการแอ่นตัวลัพธ์

ค่ามุมระหว่างการแอ่นตัวลัพธ์กับแกน X สามารถหาได้จาก $\phi = \tan^{-1}(\delta x / \delta y)$

และมุมระหว่างการแอ่นตัวลัพธ์กับแนวที่แรงกระทำคือ $\alpha = \theta - \phi$

จากนั้นวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุม α กับมุม θ

ปฏิบัติการที่ 2
การวัดแรงและปรับเทียบเครื่องมือวัดแรง

รศ.ยิ่งศักดิ์ พรรณเชษฐ์
สมชาย เติมศักดิ์

บทนำ

ในการทดสอบต่าง ๆ มีหลายการทดสอบที่ต้องการทราบขนาดของแรงที่เกิดขึ้น เช่น แรงกระทำ (Action Force) แรงปฏิกริยา (Reaction Force)
การวัดขนาดของแรงสามารถใช้เครื่องมือวัดแรงได้หลายชนิดและหลายช่วงของแรงตามความต้องการของผู้ใช้ เช่น โหลดเซล (Load cell or Load Column) วงแหวนวัดแรง (Proving Ring) หรือแม้กระทั่งโหลดเซลไฟฟ้า (Electrical Load cell) ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้ก่อนนำออก จำหน่ายหรือนำไปใช้งานต้องมีการปรับเทียบขนาดของแรงก่อน บางครั้งกราฟปรับเทียบหายไป หรือไม่แน่ใจว่าเครื่องมือยังใช้ได้เหมือนเดิมหรือไม่ ก็จำเป็นที่ จะต้องมีการปรับเทียบใหม่อีกครั้งก่อนนำไปใช้งาน

การที่จะวัดแรงที่ไม่ทราบขนาดนั้น มีวิธีการที่จะวัดได้ดังนี้

1.วัดโดยใช้มวลมาตรฐานที่ทราบแรงโน้มถ่วง โดยทำให้สมดุลโดยตรงหรือผ่านระบบคาน

2.วัดความเร่งของวัตถุที่ทราบมวลซึ่งถูกแรงกระทำที่ไม่ทราบขนาด

3.วัดโดยทำให้แรงไม่ทราบขนาดสมดุลกับแรงที่เกิดจากลวดไฟฟ้าและแม่เหล็ก

4.วัดโดยให้แรงกระทำผ่านของเหลวและวัดความดันของของเหลวนั้น

5.วัดโดยให้แรงกระทำกับวัสดุอิลาสติก และวัดค่าการเสียรูปที่เกิดขึ้น

สำหรับเครื่องมือให้แรง เช่น แม่แรง เครื่องมือทดสอบต่าง ๆ ก็เช่นเดียวกัน คือ เมื่อออกจากบริษัทฯ ผู้ผลิต ก็จำเป็นจะต้องมีการปรับ เทียบแรงให้เรียบร้อยก่อน เมื่อใช้ไปนาน ๆ ค่าที่ปรับเทียบไว้แต่แรกอาจใช้ไม่ได้หรือสูญหายไป จึงจำเป็นจะต้องมีการปรับเทียบใหม่ก่อนที่จะ นำไปใช้งาน

Load Column

Electrical Load cell

Proving Ring

รูปที่ 2.1 แสดงเครื่องมือวัดแรงชนิดต่าง ๆ

รูปที่ 2.2 แสดงเครื่องมือให้แรง Universal Testing Machine

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาวิธีการวัดแรงที่ไม่ทราบขนาดและปรับเทียบเครื่องมือวัดแรงหรือเครื่องมือให้แรง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.เครื่องมือวัดแรงที่ปรับเทียบแล้ว
2.เครื่องมือวัดแรงที่ต้องการปรับเทียบ
3.เครื่องมือสำหรับให้แรง เช่น Universal Testing Machine (ดังรูปที่ 2.2) เป็นต้น

วิธีการทดลอง

ส่วนที่ 1 การปรับเทียบเครื่องมือวัดแรง

(ปรับเทียบ Load Column กับ Load Column มาตรฐาน หรือ ปรับเทียบ Proving Ring โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine เป็นเครื่องมือมาตรฐาน)

1.ตรวจสอบเครื่องมือที่ต้องการปรับเทียบว่ามีความสามารถในการรับแรงได้มากที่สุดเท่าใด เพื่อที่จะเลือกเครื่องมือที่ได้รับการสอบเทียบแล้วใช้เป็นมาตรฐาน โดยควรจะเลือกเครื่องมือที่ใช้ในการปรับเทียบให้มีความสามารถในการรับแรงได้มากกว่าเครื่องมือที่ต้องการสอบเทียบได้เล็กน้อย
2.ติดตั้งเครื่องมือที่ต้องการปรับเทียบกับเครื่องมาตรฐานและเครื่องมือให้แรง
3.กำหนดช่วงการอ่านขนาดแรงอย่างน้อย 10 ค่า และแต่ละช่วงห่างกันอย่างน้อย 8%
(ระวัง !! อย่าให้แรงกับเครื่องมือวัดจนถึงขนาดแรงสูงสุดที่รับได้)
4.ทดลองเพิ่มแรงก่อนทำการปรับเทียบ โดยให้แรงเกือบถึงค่าสูงสุดของเครื่องมือที่ต้องการปรับเทียบ แล้วคลายแรงสู่ศูนย์
5.ตั้งค่าเริ่มต้นทุกอย่างเป็นศูนย์
6.เริ่มต้นให้แรงจากน้อยไปหามาก บันทึกผล
7.คลายแรง (Rebound) จนกระทั่งกลับเป็นศูนย์ บันทึกผล
8.เพิ่มและคลายแรงอีกครั้ง บันทึกผล เพื่อหาค่าเฉลี่ย

ตารางบันทึกผลการทดลองการปรับเทียบเครื่องมือวัดแรง

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือที่ต้องการสอบเทียบ หน่วย	ค่าจากเครื่องมือมาตรฐานที่สอบเทียบแล้ว							Actual Load
	เพิ่มแรง,หน่วย			คลายแรง,หน่วย.....			ค่าแรงที่ได้จาก	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	เครื่องมาตรฐาน(.....)	หน่วย .....

ส่วนที่ 2 การปรับเทียบเครื่องมือให้แรง

(ปรับเทียบเครื่อง Universal Testing Machine โดยใช้ Load Column เป็นเครื่องมือมาตรฐาน)

วิธีการทดลองเหมือนส่วนที่ 1

ตารางบันทึกผลการทดลองการปรับเทียบเครื่องมือให้แรง

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือที่ต้องการสอบเทียบ หน่วย	ค่าจากเครื่องมือมาตรฐานที่สอบเทียบแล้ว							Actual Load
	เพิ่มแรง,หน่วย			คลายแรง,หน่วย.....			ค่าแรงที่ได้จาก	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	เครื่องมาตรฐาน(.....)	หน่วย .....

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

1.เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงที่อ่านได้จากเครื่องมือที่ต้องการสอบเทียบและแรงที่สอบเทียบแล้ว โดยให้

แกนนอน (X-Axis) เป็นค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือที่ต้องการสอบเทียบ

แกนตั้ง (Y-Axis) เป็นแรงที่สอบเทียบแล้ว (Calibrated Load or Actual Load)

2.หาสมการแสดงความสัมพันธ์จากกราฟ

ปฏิบัติการที่ 3
การศึกษาพฤติกรรมของคานเหล็ก

อ.สุรเชษฐ์ มั่งมีศรี

พงษ์ศักดิ์ มณีกุล

บทนำ

คานเป็นโครงสร้างที่อยู่ในแนวราบ โดยส่วนมากแรงที่กระทำต่อคานจะเป็นแรงเนื่องจากน้ำหนักคงที่ หรือ แรงเนื่องจากน้ำหนักจรมากระทำ ซึ่งแรงเหล่านี้จะกระทำในแนวดิ่งเป็นส่วนใหญ่ ทำให้เกิดแรงปฏิกริยาขึ้นที่จุดรองรับและเกิดแรงเฉือน,แรงดัดขึ้นในแต่ละหน้าตัดของคาน หรือแม้แต่การเกิดการทรุดตัวของจุดรองรับของคานก็ทำให้มีผลให้เกิดแรงปฏิกริยาขึ้นที่จุดรองรับและทำให้เกิดแรงเฉือน,แรงดัดขึ้นในแต่ละหน้าตัดของคานตามไปด้วย

ในการศึกษาพฤติกรรมของคานเหล็ก เราจะใช้โหลดเซล(Load cell) ดังรูปที่ 3.1 ในการวัดแรงที่เกิดขึ้นที่จุดรองรับของคาน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแรงปฏิกริยาที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี โดยที่โหลดเซลมีกลไกในการทำงานดังนี้

โหลดเซลจะประกอบด้วยลูกสูบ (Plunger) ที่เคลื่อนที่อยู่ในปลอก (Case) และสามารถเคลื่อนที่ได้เฉพาะในแนวดิ่งเท่านั้น ไม่สามารถหมุนได้ ส่วนที่รองรับลูกสูบอยู่คือสปริง ซึ่งต้องทำการปรับเทียบค่าก่อน สปริงจะถูกรองรับด้วยเกลียวไมโครมิเตอร์ (Micrometer Screw) ซึ่งติดอยู่ด้านล่างของปลอก สัดส่วนของไมโครมิเตอร์ (Micrometer Scale) จะอยู่บนปลอกของไมโครมิเตอร์ (Micrometer Thimber) ซึ่งอยู่ ด้านบนของขอบวงแหนสำหรับยึด (Clamping Ring) มีเกลียวติดกับปลอกสำหรับติดโหลดเซลกับเครื่องมือในตำแหน่งที่ต้องการ

รูปที่ 3.1 แสดงโหลดเซล (Load cell) สำหรับใช้ในการวัดแรงปฏิกริยาที่เกิดขึ้นที่จุดรองรับของคาน

หลักการทำงานของโหลดเซลคือ เมื่อมีแรง P กระทำที่ลูกสูบจะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลง ทำการปรับเกลียวไมโครมิเตอร์ของ โหลดเซลจนทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นจนถึงตำแหน่งเริ่มต้น การจะทำเช่นนี้ได้เราต้องใช้ไดอัลเกจ (Dial gauge) ในการช่วยบอกตำแหน่งของลูกสูบ เมื่อปรับแล้วก็อ่านค่าสเกลของไมโครมิเตอร์ ก็จะได้ค่าการเคลื่อนที่ของสปริงซึ่งจะแปลงไปเป็นแรงที่โหลดเซลรับไว้

นอกจากนี้เรายังใช้โหลดเซล เพื่อศึกษา อินฟลูเอนซ์ไลน์ (I.L.) ซึ่งคือเส้นกราฟที่มีค่าออร์ดิเนท (Ordinate) แสดงถึงค่าของฟังก์ชั่นใด ฟังก์ชั่นหนึ่ง เช่น แรงปฏิกริยา แรงดัด แรงเฉือน เป็นต้น ตามจุดที่ต้องการในคานเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกหนึ่งหน่วยกระทำ ณ จุดนั้น ๆ ของคาน

วัตถุประสงค์

1.เพื่อเปรียบเทียบแรงปฏิกริยาที่จุดรองรับของคานที่คำนวณได้ในทางทฤษฎีกับค่าที่วัดได้จากการทดลอง

2.เพื่อหา I.L. ของแรงปฏิกริยาที่จุดรองรับของคานที่คำนวณได้ในทางทฤษฎีกับค่าที่หาได้จากการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.ชุดเครื่องมือศึกษาพฤติกรรมของคานเหล็ก ดังรูปที่ 3.2

2.โหลดเซล (Load cell)ดังรูปที่ 3.1 จำนวน 3 ตัว

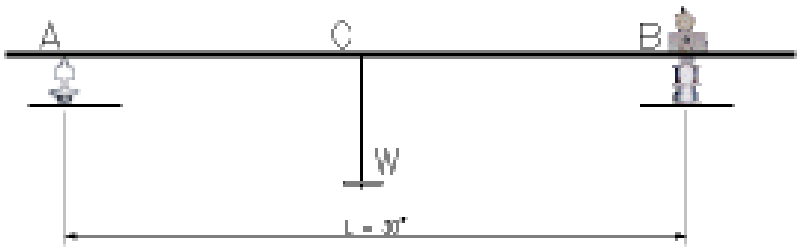
3.Dial gauge ความละเอียด 0.001 นิ้ว จำนวน 3 ตัว

4.น้ำหนักคงที่ขนาด 1 ปอนด์ ,2 ปอนด์ ไม่น้อยกว่า 10 ปอนด์

รูปที่ 3.2 แสดงชุดเครื่องมือศึกษาพฤติกรรมของคานเหล็ก

วิธีการทดลอง

ส่วนที่ 1 การปรับเทียบ Load Cell



รูปที่ 3.3 การจัดเครื่องมือเพื่อปรับเทียบ Load cell

1.วางจุดรองรับแบบสันคม (Simly Support) ที่จุด A ดังรูป 3.3

2.ติดตั้งโหลดเซล ที่จุด B โดยให้ห่างจากจุด A เป็นระยะ 30 นิ้ว

3.วางคานเหล็กให้อยู่ในแนวระดับ ติดตั้งไดอัลเกจที่จุด B บนคาน และใส่ที่แขวนน้ำหนัก W ที่จุดกึ่งกลางของคาน ณ ตำแหน่ง C

4.ปรับเกลียวไมโครมิเตอร์ของโหลดเซล ให้เป็นศูนย์ และปรับไดอัลเกจ ให้เท่ากับศูนย์

5.ใส่น้ำหนัก W= 1 ปอนด์ ที่กึ่งกลางคาน ปรับไมโครมิเตอร์ของโหลดเซลให้เข็มไดอัลเกจกลับที่ตำแหน่งเดิมคือศูนย์ บันทึกจำนวนช่อง ของไมโครมิเตอร์ของโหลดเซลสัมพันธ์กับน้ำหนักที่กระทำบนโหลดเซลคือ 0.5 W

6.เพิ่มน้ำหนัก W ครั้งละ 1 ปอนด์ จนกระทั่งถึง 10 ปอนด์ บันทึกผลการทดลอง

7.ทำการทดลองโดยการคลายแรง จาก 10 ปอนด์ ลดลงครั้งละ 1 ปอนด์จนกระทั่ง W= 0 ปอนด์ เพื่อเฉลี่ยค่า

8.เขียนกราฟแสดงผลการทดลองโดยให้แกนนอนเป็นค่ายุบตัวของโหลดเซล (x0.001 นิ้ว) และแกนตั้งเป็นค่า W/2

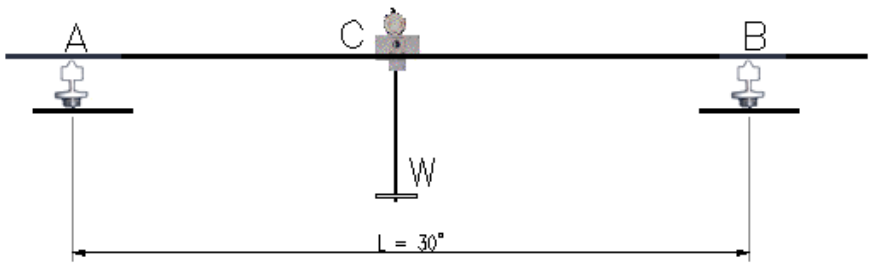
ตารางบันทึกผลการทดลอง

W (ปอนด์)	ค่ายุบตัวของโหลดเซล (x0.001 นิ้ว)								
	โหลดเซลเบอร์ 1			โหลดเซลเบอร์ 2			โหลดเซลเบอร์ 3		
	เพิ่มแรง	คลายแรง	ค่าเฉลี่ย	เพิ่มแรง	คลายแรง	ค่าเฉลี่ย	เพิ่มแรง	คลายแรง	ค่าเฉลี่ย
0									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

ให้รายงานผลการปรับเทียบโหลดเซลจากการทดลองว่าจำนวน 1 ช่องของไมโครมิเตอร์ของโหลดเซล เท่ากับกี่ปอนด์

ส่วนที่ 2 การหาค่า EI ของคานเหล็ก



รูปที่ 3.4 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบหาค่า EI ของคานเหล็ก

จากสูตร ระยะโก่งตัวของคาน Simply Support ที่มีน้ำหนัก W กระทำที่กึ่งกลางของคาน ตามรูป 3.4

$$\delta = \frac{WL^3}{48EI}$$

ดังนั้น

$$EI = \frac{WL^3}{48\delta}$$

วิธีการทดลอง

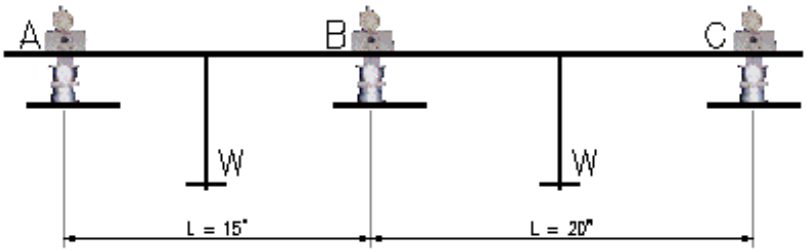
1.วางจุดรองรับแบบสันคม (Simply Support) ที่จุดปลายทั้งสอง โดยให้ห่างกัน 30 นิ้ว ดังรูป 3.4
3.วางคานเหล็กให้อยู่ในแนวระดับ ติดตั้งไดอัลเกจและใส่ที่แขวนน้ำหนัก W ที่จุดกึ่งกลางของคาน ตำแหน่ง C
4.ปรับไดอัลเกจ ให้เท่ากับศูนย์
5.ใส่น้ำหนัก W= 1 ปอนด์ ที่กึ่งกลางคาน อ่านค่าระยะโก่งของคานจากไดอัลเกจ
6.เพิ่มน้ำหนัก W ครั้งละ 1 ปอนด์ จนกระทั่งถึง 10 ปอนด์ บันทึกผลการทดลอง
7.ทำการทดลองโดยการคลายแรง จาก 10 ปอนด์ ลดลงครั้งละ 1 ปอนด์จนกระทั่ง W= 0 ปอนด์ เพื่อเฉลี่ยค่า
8.เขียนกราฟแสดงผลการทดลองเพื่อหาค่า EI

ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำหนัก,W	ค่าที่อ่านจากไดอัลเกจ			ระยะโก่งตัว
(ปอนด์)	เพิ่มแรง	คลายแรง	ค่าเฉลี่ย	(นิ้ว)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ส่วนที่ 3 คานต่อเนื่อง

3.1 หา R_A ,R_B และ R_C (เมื่อจุดรองรับทุกตัวไม่มีการทรุดตัว)



รูปที่ 3.5 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบหาค่า R_A ,R_B และ R_C ของคานต่อเนื่อง

วิธีการทดลอง

1.จัดเครื่องมือ โดยติดตั้งคานเหล็ก ,ที่แขวนน้ำหนัก และโหลดเซล ดังรูปที่ 3.5 แต่ยังไม่ใส่น้ำหนักกระทำต่อคาน หมุนปรับโหลดเซล B ให้ต่ำกว่าคานเหล็ก (ไม่แตะกับคาน)

2.ปรับโหลดเซล A และ C จนถึงขีดสูงสุด และปรับขีดของไมโครมิเตอร์ของทั้งสองให้ชี้ที่ศูนย์ (อาจจะต้องปรับโหลดเซลลงเล็กน้อย)

3.ปรับโหลดเซล B จนกระทั่งพอดีแตะที่คานและหมุนเข็มของไมโครมิเตอร์ต่อจนกระทั่งชี้ที่ศูนย์
(น้ำหนักของคานและที่แขวนน้ำหนักจะทำให้ ตัวคานไม่ยกขึ้นจากฐานรองรับที่ปลาย)

4.ตั้งไดอัลเกจบนคานที่ตำแหน่งของจุดรองรับทุกจุด และตั้งค่าที่ศูนย์ทุกตัว ตรวจสอบอีกครั้งว่าขีดของไมโครมิเตอร์ ยังคงชี้อยู่ที่ศูนย์ทุกตัว ณ จุดนี้จะเป็นจุดเริ่มการทดลองซึ่งสามารถจะไม่คิดน้ำหนักของคานและน้ำหนักของที่แขวนน้ำหนัก

5.ใส่น้ำหนัก W= 1 ปอนด์ ปรับไมโครมิเตอร์ของโหลดเซลให้เข็มไดอัลเกจกลับไปที่ตำแหน่งเดิม บันทึกค่าจำนวนช่องของไมโครมิเตอร์ของโหลดเซล ที่อ่านได้จากไมโครมิเตอร์ทุกตัว ก็จะสามารถแปลงเป็นแรงปฏิกริยาที่จุดรองรับแต่ละจุดได้

6.เพิ่มน้ำหนัก W ครั้งละ 1 ปอนด์ บันทึกค่าจำนวนช่องของไมโครมิเตอร์ของโหลดเซลที่ทำให้เข็มของไดอัลเกจกลับไปที่ตำแหน่งเดิม จนกระทั่ง ถึงน้ำหนัก 6 ปอนด์

7.เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก W (แกนนอน) และ ค่าที่อ่านได้จากไมโครมิเตอร์ของโหลดเซลแต่ละตัว (แกนตั้ง)

8.คำนวณค่า R_A ,R_B และ R_C ที่ได้จากการทดลอง

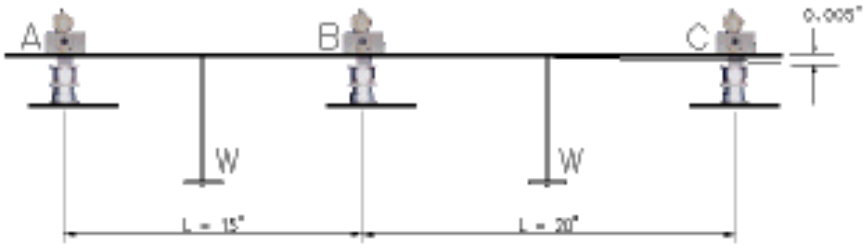
ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำหนัก,W	จุด A(โหลดเซลตัวที่ 1)		จุด B(โหลดเซลตัวที่ 2)		จุด C(โหลดเซลตัวที่ 3)	
(ปอนด์)	Division	Reaction(ปอนด์)	Division	Reaction(ปอนด์)	Division	Reaction(ปอนด์)
1						
2						
3						
4						
5						
6						

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

เปรียบเทียบค่า R_A ,R_B และ R_C ที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี และค่าที่ได้จากกราฟจากการทดลอง

3.2 หา R_A ,R_B และ R_C (เมื่อจุดรองรับที่จุด C เกิดการทรุดตัว = 0.005 นิ้ว)



รูปที่ 3.6 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบหาค่า R_A ,R_B และ R_C ของคานต่อเนื่องเมื่อจุดรองรับที่จุด C ทรุดตัว 0.005 นิ้ว

วิธีการทดลอง

1.ทำตามขั้นตอนข้อ 1 ถึง 4 ของหัวข้อ 3.1

2. เพิ่มน้ำหนัก W= 1 ปอนด์ ที่ต้องการลงในที่แขวนน้ำหนัก ปรับเกลียวของไมโครมิเตอร์ของโหลดเซลจนกระทั่งค่าบนไดอัลเกจที่จุด A และ B กลับค่าศูนย์ ยกเว้นที่จุด C ปรับเกลียวของไมโครมิเตอร์ของโหลดเซลจนกระทั่งเข็มไดอัลเกจ เหลือ 0.005 นิ้ว

3.บันทึกค่าที่อ่านได้จากไมโครมิเตอร์ของโหลดเซลทุกตัว แปลงเป็นแรงปฏิกริยาที่เกิดขึ้นที่จุดรองรับแต่ละจุด

4.เพิ่มน้ำหนัก W ครั้งละ 1 ปอนด์ บันทึกค่าจำนวนช่องของไมโครมิเตอร์ของโหลดเซลที่ทำให้เข็มของไดอัลเกจกลับไปที่ตำแหน่งเดิม จนกระทั่งถึงน้ำหนัก 6 ปอนด์

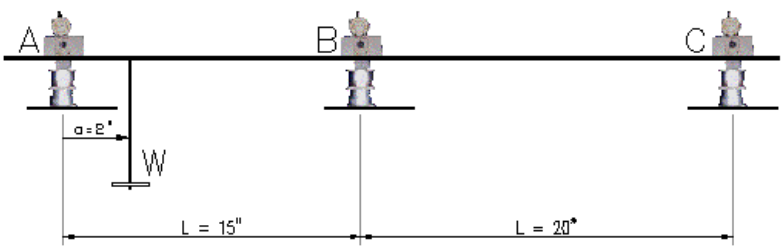
5.เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก W (แกนนอน) และ ค่าที่อ่านได้จากไมโครมิเตอร์ของโหลดเซลแต่ละตัว (แกนตั้ง)

6.คำนวณค่า R_A ,R_B และ R_C ที่ได้จากการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำหนัก,W	จุด A(โหลดเซลตัวที่ 1)		จุด B(โหลดเซลตัวที่ 2)		จุด C(โหลดเซลตัวที่ 3)	
(ปอนด์)	Division	Reaction(ปอนด์)	Division	Reaction(ปอนด์)	Division	Reaction(ปอนด์)
1						
2						
3						
4						
5						
6						

3.3 หา I.L. ของ R_A ,R_B และ R_C



รูปที่ 3.7 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบหาค่า I.L. ของ R_A ,R_B และ R_C ของคานต่อเนื่อง

วิธีการทดลอง

1.ทำตามขั้นตอนข้อ 1 ถึง 4 ของหัวข้อ 3.1

2.ใส่น้ำหนัก W= 1 ปอนด์ ที่ระยะห่างจากโหลดเซล A= 2 นิ้ว
ปรับเกลียวของไมโครมิเตอร์จนกระทั่งค่าบนไดอัลเกจทุกตัวกลับสู่ค่าศูนย์ บันทึกค่า ที่อ่านได้จากไมโครมิเตอร์ของโหลดเซลทุกตัว แปลงเป็นแรงปฏิกริยาที่เกิดขึ้นที่จุดรองรับแต่ละจุด

3.เลื่อนน้ำหนัก W ไปทุก ๆ ระยะ 2 นิ้ว ก็จะสามารถหาค่า I.L. ของ R_A ,R_B และ R_C ที่ได้จากการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระยะ a (นิ้ว)	จุด A(โหลดเซลตัวที่ 1)		จุด B(โหลดเซลตัวที่ 2)		จุด C(โหลดเซลตัวที่ 3)	
	Division	Reaction(ปอนด์)	Division	Reaction(ปอนด์)	Division	Reaction(ปอนด์)
2						
4						
6						
8						
10						
12						
14						
16						
18						
20						
22						
24						
26						
28						
30						
32						
34						

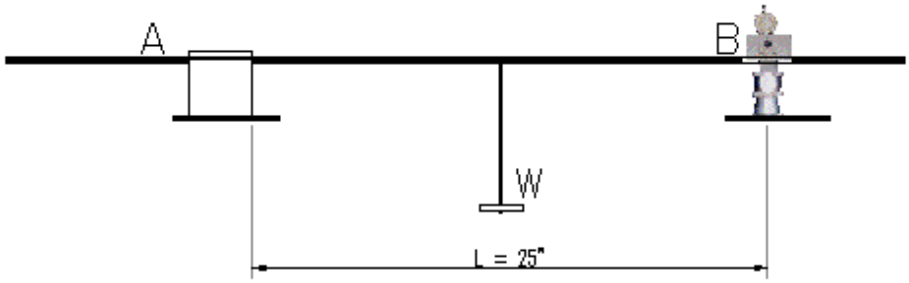
ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

1.เขียนกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่า I.L. ที่คำนวณได้ในทางทฤษฎีและค่าที่หาได้จากการทดลอง โดยให้แกนตั้งเป็นน้ำหนักที่กระทำ ,W และแกนนอนเป็นค่า I.L. ของ $\mathbf{R_A}$, $\mathbf{R_B}$ และ $\mathbf{R_C}$ ว่าเป็นเชิงเส้นหรือไม่

2.เปรียบเทียบความชันของกราฟในทางทฤษฎีกับการทดลอง และวิเคราะห์ผลที่ได้

4.คานยื่นมีจุดค้ำที่ปลายเป็นแบบง่าย (Cantilever Beam with Simply Support)

4.1หา R_B เมื่อจุดรองรับที่ปลายไม่เกิดการทรุดตัว



รูปที่ 3.8 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบหาค่า R_B ของคานยื่นที่มีจุดค้ำที่ปลายเป็นแบบง่าย

วิธีการทดลอง

1.ติดตั้งคานเหล็ก ,ที่แขวนน้ำหนัก ,โหลดเซล และไดอัลเกจ ดังรูปที่ 3.8 แต่ยังไม่ใส่น้ำหนักกระทำ
2.ปรับโหลดเซลให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นจนถึงขีดสูงสุด และปรับขีดของไมโครมิเตอร์ของโหลดเซล ให้ชี้ไปที่ศูนย์
3.ปรับค่าไดอัลเกจที่อยู่เหนือโหลดเซลให้เท่ากับศูนย์ แล้วตรวจสอบขีดของไมโครมิเตอร์อีกครั้งว่ายังคงที่ที่ศูนย์ หรือ ไม่
4.เพิ่มน้ำหนักที่ต้องการลงในที่แขวนน้ำหนักและปรับเกลียวของไมโครมิเตอร์จนกระทั่งค่าที่อ่านบนไดอัลเกจกลับสู่ค่าศูนย์
5.บันทึกค่าที่อ่านได้จากไมโครมิเตอร์ก็จะสามารถหาค่าแรงที่จุดรองรับ B ได้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำหนัก,W (ปอนด์)	จุดรองรับแบบง่ายที่จุด B	
	ค่าที่อ่านจาก ไมโครมิเตอร์(Div.)	แรงปฏิกริยา (ปอนด์)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

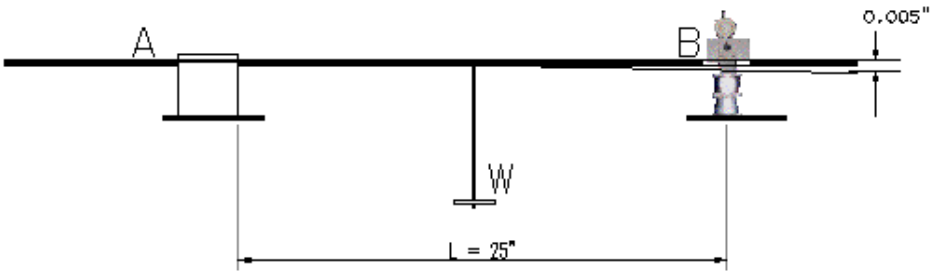
โหลดเซลที่จุด B ใช้เบอร์ .....ค่าปรับเทียบแล้วคือ 1 ช่องของไมโครมิเตอร์ เท่ากับแรง .....ปอนด์

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

1.เขียนกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎีและค่าที่หาได้จากการทดลอง โดยให้แกนตั้งเป็นน้ำหนักที่กระทำ ,W และแกนนอนเป็นแรงปฏิกริยาที่เกิดขึ้นที่จุดรองรับ, R_B ว่าเป็นเชิงเส้นหรือไม่

2.เปรียบเทียบความชันของกราฟในทางทฤษฎีกับการทดลอง และวิเคราะห์ผลที่ได้

4.2 หา R_B เมื่อจุดรองรับที่ปลายเกิดการทรุดตัว = 0.005 นิ้ว



รูปที่ 3.9 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบหาค่า R_B ของคานยื่นที่มีจุดค้ำที่ปลายเป็นแบบง่ายเมื่อจุดรองรับ B ทรุดตัว 0.005 นิ้ว

วิธีการทดลอง

1.ติดตั้งคานเหล็ก ,ที่แขวนน้ำหนัก ,โหลดเซล และไดอัลเกจ ดังรูปที่ 3.9 แต่ยังไม่ใส่น้ำหนักกระทำ

2.ปรับโหลดเซลให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นจนถึงขีดสูงสุด และปรับขีดของไมโครมิเตอร์ของโหลดเซล ให้ชี้ไปที่ศูนย์

3.ปรับค่าไดอัลเกจที่อยู่เหนือโหลดเซลให้เท่ากับศูนย์ แล้วตรวจสอบขีดของไมโครมิเตอร์อีกครั้งว่ายังคงที่ที่ศูนย์ หรือ ไม่

4.เพิ่มน้ำหนักที่ต้องการลงในที่แขวนน้ำหนักและปรับเกลียวของไมโครมิเตอร์จนกระทั่งค่าที่อ่านบนไดอัลเกจมีค่าเท่ากับ 0.005 นิ้ว (คิดเมื่อไม่มีน้ำหนักด้วย)

5.บันทึกค่าที่อ่านได้จากไมโครมิเตอร์ก็จะสามารถหาค่าแรงที่จุดรองรับ B ได้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำหนัก,W (ปอนด์)	จุดรองรับแบบง่ายที่จุด B	
	ค่าที่อ่านจากไมโครมิเตอร์(Div.)	แรงปฏิกริยา (ปอนด์)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

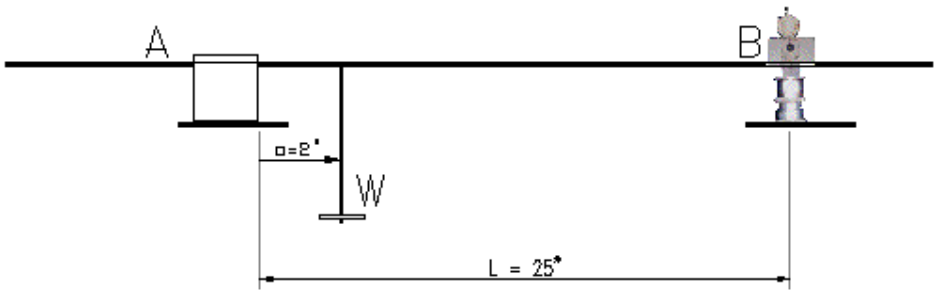
โหลดเซลที่จุด B ใช้เบอร์ .....ค่าปรับเทียบแล้วคือ 1 ช่องของไมโครมิเตอร์ เท่ากับแรง .....ปอนด์

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

1.เขียนกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎีและค่าที่หาได้จากการทดลอง โดยให้แกนตั้งเป็นน้ำหนักที่กระทำ ,W และแกนนอนเป็นแรงปฏิกริยาที่เกิดขึ้นที่จุดรองรับ, R_B ว่าเป็นเชิงเส้นหรือไม่

2.เปรียบเทียบความชันของกราฟในทางทฤษฎีกับการทดลอง และวิเคราะห์ผลที่ได้

4.3 หา I.L. ของ R_B ของคานยื่นที่มีจุดรองรับที่ปลายเป็นแบบง่าย



รูปที่ 3.10 การจัดเครื่องมือเพื่อทดสอบหาค่า I.L. ของ R_B ของคานยื่นที่มีจุดค้ำที่ปลายเป็นแบบง่าย

วิธีการทดลอง

1.ติดตั้งคานเหล็ก ,ที่แขวนน้ำหนัก ,โหลดเซล และไดอัลเกจ ดังรูปที่ 3.10 แต่ยังไม่ใส่น้ำหนักกระทำ

2.ปรับโหลดเซลให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นจนถึงขีดสูงสุด และปรับขีดของไมโครมิเตอร์ของโหลดเซล ให้ชี้ไปที่ศูนย์

3.ปรับค่าไดอัลเกจที่อยู่เหนือโหลดเซลให้เท่ากับศูนย์ แล้วตรวจสอบขีดของไมโครมิเตอร์อีกครั้งว่ายังคงที่ที่ศูนย์ หรือ ไม่

4.เลื่อนที่แขวนน้ำหนักให้ห่างจากจุด A เท่ากับ 2 นิ้ว วางน้ำหนัก 1 ปอนด์(อาจจะใช้น้ำหนักมากกว่า 1 ปอนด์ได้) และปรับเกลียวของไมโครมิเตอร์ จนกระทั่งค่าที่อ่านได้บน ไดอัลเกจกลับสู่ค่าศูนย์

5.บันทึกค่าที่อ่านได้จากไมโครมิเตอร์ก็จะได้แรงปฏิกริยาที่จุดรองรับ B เมื่อมีน้ำหนัก 1 ปอนด์กระทำที่ตำแหน่งนั้น

6.เริ่มทำใหม่ แต่เปลี่ยนที่แขวนน้ำหนักให้ขยับไปทางขวา ครั้งละ 2 นิ้ว แล้วบันทึกค่าของไมโครมิเตอร์ที่อ่านได้เมื่อแรงกระทำที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระยะ a (นิ้ว)	ค่าที่อ่านได้จากไมโครมิเตอร์ (Div.)	แรงปฏิกริยาที่จุด B		% Error
		ทดสอบ (ปอนด์)	ทฤษฎี (ปอนด์)	
2				
4				
6				
8				
10				
12				
14				
16				
18				
20				
22				
24				

ปฏิบัติการที่ 4
การศึกษาพฤติกรรมของโครงข้อแข็ง

รศ.วีระ หอสกุลไท
พงษ์ศักดิ์ มณีกุล

บทนำ

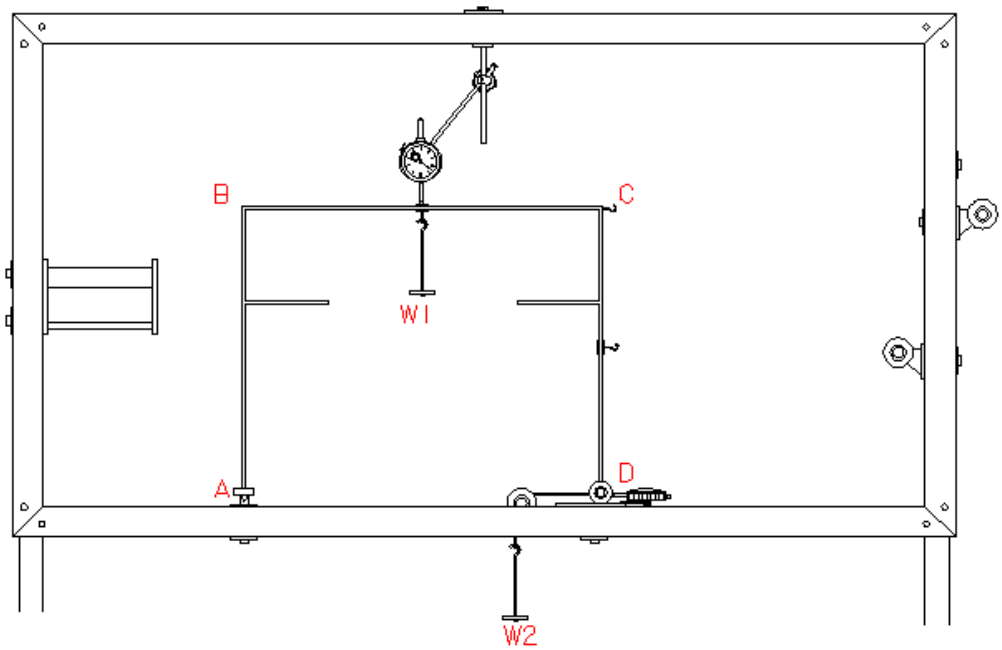
จากการศึกษาทฤษฎีโครงสร้างและการวิเคราะห์โครงสร้าง เพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจในทฤษฎีที่ได้ศึกษามา จึงจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบพฤติกรรมของโครงสร้างเพื่อเปรียบเทียบผลกับการคำนวณในทางทฤษฎี แต่เนื่องจากโครงสร้างจริงของโครงข้อแข็งโดยมากจะเป็นโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่และราคาแพง จึงจำเป็นต้องใช้แบบจำลองในการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ค่าที่ได้จากการทดสอบมีความแตกต่างจากค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎีมากน้อยเพียงใด

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเสียรูปของโครงข้อแข็ง
2.เพื่อเปรียบเทียบการเสียรูปของโครงข้อแข็งที่วัดได้จากการทดลองกับที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี

เครื่องมือและอุปกรณ์

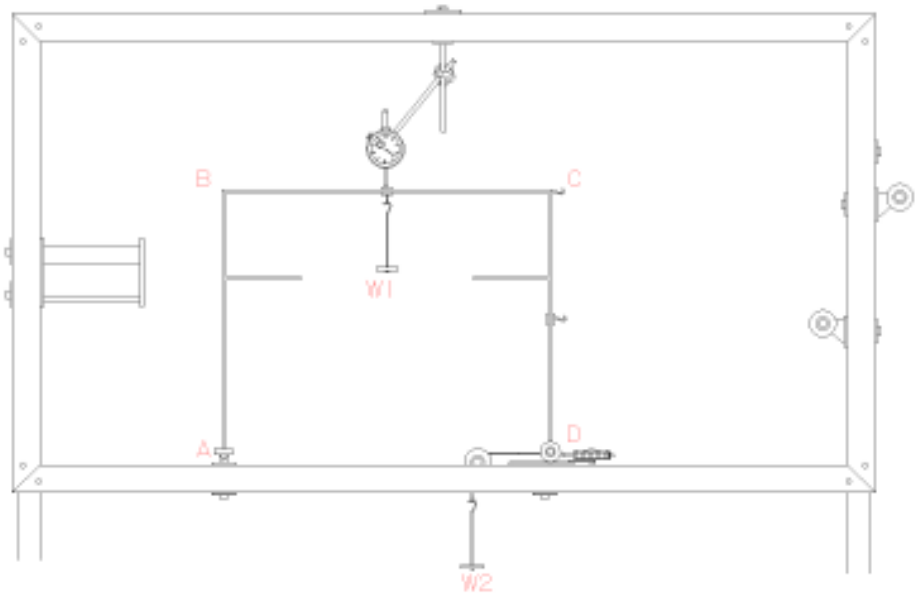
1.ชุดเครื่องมือทดสอบพฤติกรรมของโครงข้อแข็ง ดังรูปที่ 4.1
2.เวอร์เนียร์ ความละเอียดไม่น้อยกว่า 0.1 มม.
3.ไม้บรรทัดเหล็ก ความละเอียดไม่น้อยกว่า 1 มม.
4.ไดอัลเกจ ความละเอียดไม่น้อยกว่า 0.01 มม. จำนวน 2 ตัว
5.น้ำหนักคงที่ ขนาด ตั้งแต่ 0.1 N ,0.2 N, 0.5 N, 1 N, 2 N ,5 N,10 N, 20 N และ 50 N



รูปที่ 4.1 แสดงชุดเครื่องมือศึกษาพฤติกรรมของโครงข้อแข็ง

วิธีการทดลอง

ก. แรงกระทำต่อโครงข้อแข็งในแนวดิ่ง (Vertical Load)



รูปที่ 4.2 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดลองแรงกระทำในแนวดิ่ง

ส่วนที่ 1

1.วัดขนาดหน้าตัดและความยาวของแต่ละ Member โดยที่ โมดูลัสยืดหยุ่น = 205 kN/mm.^{2}

ชิ้นส่วน AB : ความกว้าง= ..... มม.,ความหนา=.....มม., ความยาว=..... มม.

ชิ้นส่วน BC : ความกว้าง= ..... มม.,ความหนา=.....มม., ความยาว=..... มม.

ชิ้นส่วน CD : ความกว้าง= ..... มม.,ความหนา=.....มม., ความยาว=..... มม.

2.จัดเครื่องมือพร้อมที่แขวนน้ำหนัก W1 และ W2 ดังรูปที่ 4.2

3.อ่านค่าไดอัลเกจเริ่มต้น

4.ใส่น้ำหนักที่กลางคาน(W1)= 50 N แล้วอ่านค่าไดอัลเกจทั้งที่กลางคานและที่ขา

5.ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย deflection ที่ได้จากการทดลอง เปรียบเทียบค่า deflection ที่คำนวณได้ทางทฤษฎี

ตารางบันทึกผลการทดลอง

	ครั้งที่	Dial gauge Reading		Observed Deflection (mm.)	Average Deflection (mm.)	Theory Deflection (mm.)	% Error
		0 (N)	50 (N)				
Dial gauge ที่กลางคาน	1						
	2						
	3						
Dial gauge ที่ขา	1						
	2						
	3						

ส่วนที่ 2

1.เริ่มต้นใหม่ ใส่น้ำหนักที่ขา (W2) ครั้งละ 1 N จนถึง 5 N อ่านค่าไดอัลเกจ

2.เขียนกราฟเปรียบเทียบ Deflection กับ น้ำหนักที่กระทำ ระหว่างค่าที่วัดได้จากการทดลอง กับ ค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี โดยให้แกนตั้งเป็นน้ำหนักที่กระทำต่อโครงข้อแข็ง แกนนอนเป็น Deflection

ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำหนัก W2 (N)	กลางคานบน			ที่ขา		
	Dial gauge Reading (div.)	Observed Deflection (mm.)	Theory Deflection (mm.)	Dial gauge Reading (div.)	Observed Deflection (mm.)	Theory Deflection (mm.)
0						
1						
2						
3						
4						
5						

ความชันของกราฟ Load กับ Deflection (ทางทฤษฎี) = ...

ความชันของกราฟ Load กับ Deflection (การทดลอง) = ...

% Error = ...

ส่วนที่ 3

1.เริ่มต้นใหม่ อ่านค่าเริ่มต้นของไดอัลเกจที่ขา

2.ใส่น้ำหนักกระทำที่กลางคาน(W1)= 50 N

3.ใส่น้ำหนักทีละน้อยที่ขา (W2) จนกระทั่งไดอัลเกจที่ขากลับมาที่ค่าเริ่มต้น

4.บันทึกน้ำหนักที่ใช้ ทำอีก 2 ครั้งเพื่อเฉลี่ยค่าที่ได้จากการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ครั้งที่	Dial gauge Reading (Division)	น้ำหนักที่ใช้,W2 (N)	Average,W2 (N)	Theorical Calculation (N)	% Error
1					
2					
3					

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

ค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎีต่าง ๆ ต้องแสดงตัวอย่างการคำนวณโดยละเอียด และเขียน Bending Moment Diagram ประกอบด้วย

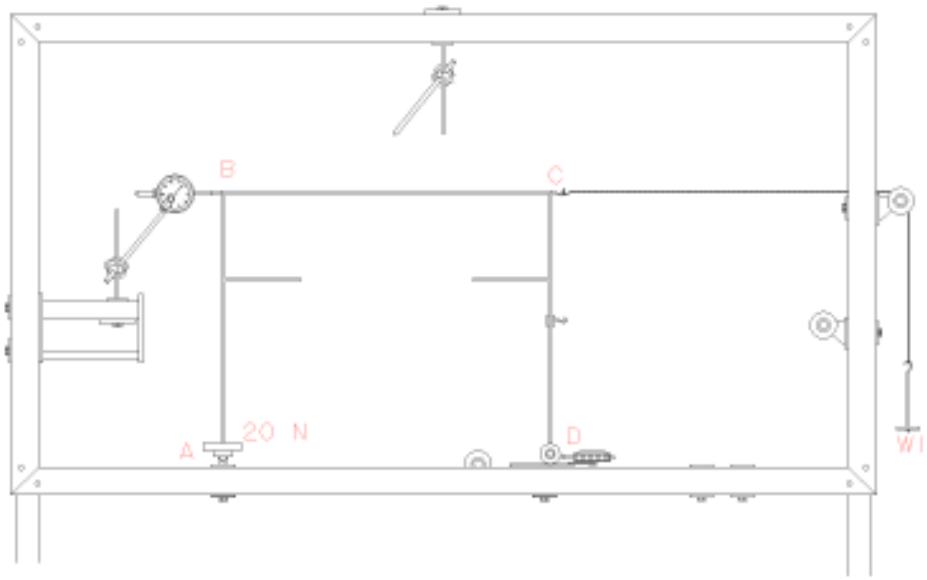
ส่วนที่ 1 เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี

ส่วนที่ 2 นำค่า deflection ที่วัดได้และค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎีมาเขียนกราฟกับน้ำหนักกระทำและดูว่าการเสียรูปเป็นเชิงเส้น(linear-elastic) หรือไม่ และค่าที่วัดได้กับค่าทางทฤษฎีต่างกันมากน้อยเพียงใด (เทียบค่า slope ของกราฟ)

จากผลการทดลองในส่วนที่ 1 และ 2 สามารถนำมาเปรียบเทียบกันตาม Maxwell 's reciprocal theorem ได้อย่างไรและได้ผลเป็นอย่างไร

ส่วนที่ 3 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักที่หาได้กับค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี

ข. แรงกระทำต่อโครงข้อแข็งในแนวราบ (Latteral Load or Horizontal Load)



รูปที่ 4.3 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดลองแรงกระทำในแนวราบ ส่วนที่ 1

ส่วนที่ 1

1.จัดเครื่องมือ,ติดตั้งไดอัลเกจที่มุมบนซ้ายและที่ขา และที่แขวนน้ำหนัก W1 ดังรูปที่ 4.3
2.ใส่น้ำหนัก 20 N กดขาด้านซ้ายไว้ไม่ให้ยกขึ้น
3.อ่านค่าเริ่มต้นจากไดอัลเกจทั้งที่มุมบนซ้ายและที่ขา
4.ใส่น้ำหนักที่มุมบนขวา(W1)= 10 N แล้วอ่านไดอัลเกจ
5.ทำซ้ำอีก 2 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง นำไปเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี

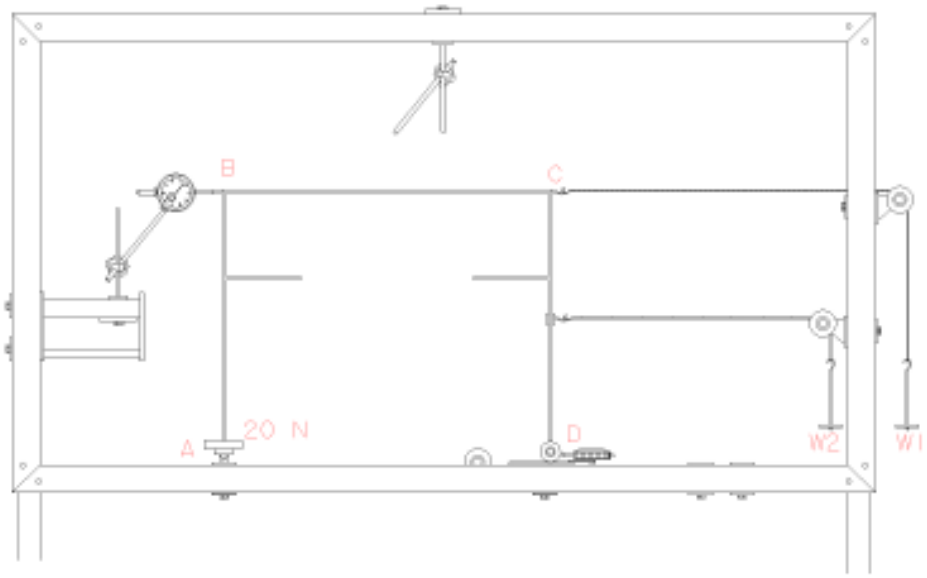
ตารางบันทึกผลการทดลอง

	ครั้งที่	0	W1= 10 N	Deflection (mm.)	Average Deflection (mm.)	Theory Deflection (mm.)	% Error
Dial gauge ที่มุมบนซ้าย	1						
	2						
	3						
Dial gauge ที่ขา	1						
	2						
	3						

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

1.เปรียบเทียบค่า Deflection ที่วัดได้จากการทดลองกับค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี โดยแสดงการคำนวณทางทฤษฎีให้ชัดเจน พร้อมทั้งเขียน Bending Moment Diagram ประกอบด้วย

ส่วนที่ 2



รูปที่ 4.4 การจัดเครื่องมือสำหรับการทดลองแรงกระทำในแนวราบ ของส่วนที่ 2

1.จัดเครื่องมือ,ติดตั้งไดอัลเกจที่มุมบนซ้ายและที่ขา และที่แขวนน้ำหนัก W1,W2 ดังรูปที่ 4.4
2.ใส่น้ำหนัก 20 N กดขาด้านซ้ายไว้ไม่ให้ยกขึ้น
3.อ่านค่าเริ่มต้นจากไดอัลเกจทั้งที่มุมบนซ้ายและที่ขา
4.ใส่น้ำหนักที่มุมบนขวา(W1)= 10 N และที่กลางขาด้านขวา (W2)= 10 N แล้วอ่านไดอัลเกจ
5.ทำซ้ำอีก 2 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง นำไปเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี

ตารางบันทึกผลการทดลอง

	ครั้งที่	0	W1= 10 N W2 = 10 N	Deflection (mm.)	Average Deflection (mm.)	Theory Deflection (mm.)	% Error
Dial gauge ที่มุมบนซ้าย	1						
	2						
	3						
Dial gauge ที่ขา	1						
	2						
	3						

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

1.เปรียบเทียบค่า Deflection ที่วัดได้จากการทดลองกับค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี โดยแสดงการคำนวณทางทฤษฎีให้ชัดเจน พร้อมทั้งเขียน Bending Moment Diagram ประกอบด้วย

ปฏิบัติการที่ 5
การศึกษาพฤติกรรมของโครงข้อหมุน

อ.สุรเชษฐ์ มั่งมีศรี

สมชาย เติมศักดิ์

บทนำ

โครงข้อหมุน (Truss) หมายถึงโครงสร้างที่ประกอบด้วยชิ้นส่วน ที่สมมุติว่าเชื่อมต่อกันแบบบานพับ (Hinge) ที่จุดต่อและมีข้อสมมุติฐาน คือ

1.ชิ้นส่วน (Member) ต่อกันแบบบานพับ (Hinge) ที่มีความเสียดทานน้อย

2.แรงภายนอกที่กระทำและแรงปฏิกริยาจะกระทำต่อจุดต่อ (Joint)

3.แกนศูนย์ถ่วง (Centroidal Axis) ของแต่ละชิ้นส่วน เป็นเส้นตรงและจะพบกันที่จุดต่อและอยู่ในระนาบเดียวกันกับแรงภายนอกและแรงปฏิกริยา

ที่กล่าวมานี้เป็นโครงข้อหมุนในอุดมคติ (Ideal Condition) ที่ไม่มีแรงกระทำที่ตัวชิ้นส่วนโดยจะกระทำที่จุดต่อเท่านั้น และถ้าแยกชิ้นส่วนออก ก็จะมีแรงเพียงสองแรงเท่านั้นที่กระทำต่อชิ้นส่วน คือ แรงที่กระทำตามแนวแกนที่ปลายทั้งสอง ส่วนแรงเฉือนและแรงดัดนั้นมีน้อยมากจนถือว่าไม่มี

โครงข้อหมุนในอุดมคติเป็นเพียงการสมมุติขึ้น ซึ่งจะไม่พบในการก่อสร้างทั่วไป แต่ในการวิเคราะห์โครงข้อหมุนจริง ๆ จะใช้สมมุติฐานเช่นเดียวกับโครงข้อหมุนในอุดมคติก็จะให้คำตอบของแรงตามแนวแกนเป็นที่น่าพอใจ

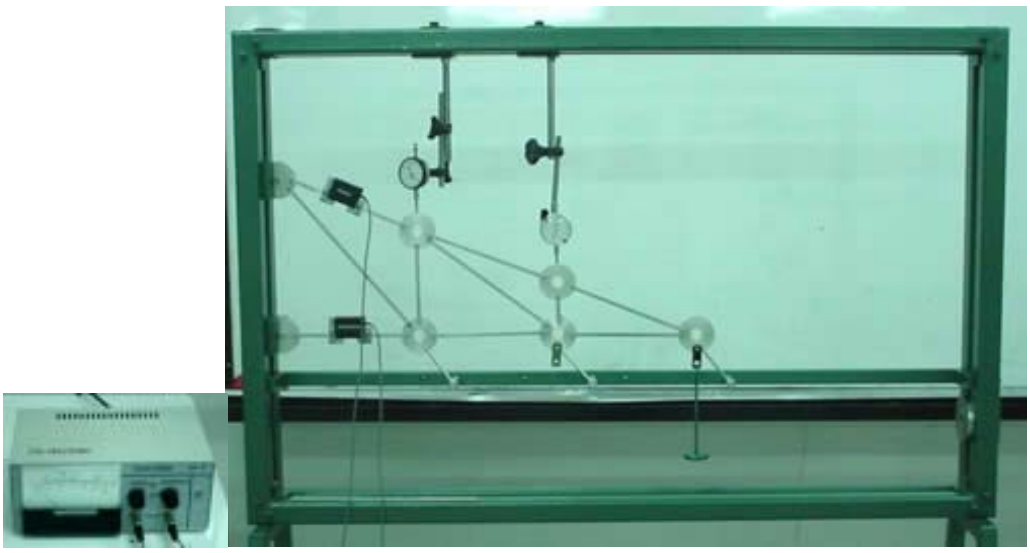
โครงข้อหมุนที่สร้างขึ้น โดยส่วนมากชิ้นส่วนจะต่อกันโดยใช้การเชื่อม (Welded) หรือ ใช้หมุดย้ำ (Riveted) ซึ่งจะทำให้มุมระหว่างชิ้นส่วนของ โครงสร้างข้อหมุนไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อต่อกันที่จุดต่อ และเมื่อออกแรงภายนอกมากระทำที่จุดต่อ (Joint) ก็จะทำให้ปลายชิ้นส่วนมีทั้ง แรงตามแนว แกน(P) แรงเฉือน (V) และแรงดัด (M) ซึ่งน้ำหนักของชิ้นส่วนเองก็สามารถ ทำให้เกิดแรงดัดในชิ้นส่วนได้เหมือนกัน สิ่งเหล่านี้ไม่เพียงแต่ทำให้ เกิดแรงดัดขึ้นในชิ้นส่วนของโครงข้อหมุนจริง ๆ เท่านั้น แต่ยังทำให้ค่าของแรงตามแนวแกนที่ได้แตกต่างจากโครงข้อหมุนในอุดมคติไป แต่ในการออก แบบนั้นใช้การวิเคราะห์ โดยมีสมมุติฐานแบบโครงข้อหมุนในอุดมคติก็เพียงพอ แต่ถ้าต้องการวิเคราะห์ตามแบบสภาพของจริง ก็ต้องวิเคราะห์เป็น แบบโครงข้อแข็ง (Rigid Frame) ซึ่งต้องใช้เวลามากขึ้น

การวิเคราะห์โครงข้อหมุนนี้ เนื่องจากโครงสร้างเป็นแบบดีเทอร์มิเนท จึงใช้สมการสมดุล คือ Joint Method กับ Section Method ในการ หาแรงในชิ้นส่วนของโครงสร้าง (Member) ส่วนในการหาการโก่งตัวของโครงสร้าง (Deflection) จะใช้วิธีงานสมมุติ (Virtual Work Method)

วัตถุประสงค์

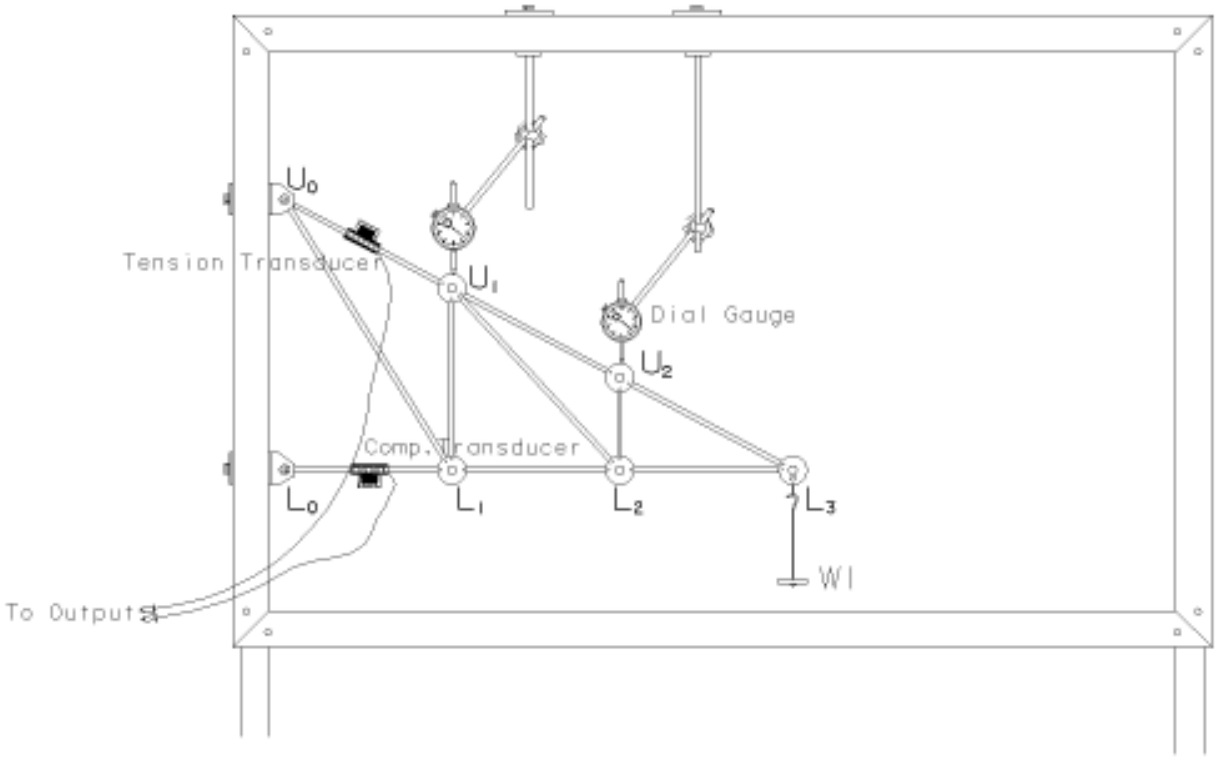
1.เพื่อเปรียบเทียบแรงที่คำนวณได้ในทางทฤษฎีกับแรงที่วัดได้จากการทดลอง

2.เพื่อเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวที่คำนวณได้ในทางทฤษฎีกับค่าที่วัดได้จากการทดลอง



รูปที่ 5.1 แสดงชุดเครื่องมือทดสอบพฤติกรรมของโครงข้อหมุน

วิธีการทดลอง



รูปที่ 5.2 แสดงการติดตั้งโครงข้อหมุนสำหรับใช้ในการทดลอง

1.วัดขนาดหน้าตัดและความยาวของ แต่ละ Member

2.ติดตั้ง Dial gauge ที่จุด U_1 และ U_2 ดังรูปที่ 5.2 แล้วอ่านค่าเริ่มต้นของ Dial gauge

3.ติดตั้งเครื่องวัดแรง (Transducer) ที่ Member L_0L_1 และ U_0U_1 ซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้างที่รับแรงอัดและแรงดึง ตามลำดับ

4.ปรับเครื่องอ่านแรงโดยให้เข็มชี้ที่ตำแหน่งศูนย์ ทั้งแรงดึงและแรงอัด

5.วางน้ำหนักกระทำที่จุด L_3 ครั้งละ 10 N อ่านค่า Deflection ที่จุด U_1 และ U_2 และอ่านค่าแรงใน Member จากเครื่องวัดแรงที่ L_0L_1 และ U_0U_1 จากนั้นวางน้ำหนัก 20 N ,30 N ..... จนถึง 100 N

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความยาวของแต่ละ Member

U_0U_1 = ...cm. L_2L_3 = ... cm.

U_1U_2 = ...cm. U_0L_1 = ... cm.

U_2U_3 = ...cm. U_1L_1 = ... cm.

L_0L_1 = ...cm. U_1L_1 = ... cm.

L_1L_2 = ...cm. U_2L_2 = ... cm.

ขนาดหน้าตัดแต่ละ Member ,ความกว้าง = ... mm. ,ความหนา = ... mm.

โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก = 205 kN/mm.^{2}

โมเมนต์ความเฉื่อย = ... mm.^{4}

ตารางบันทึกผลการทดลอง

W1	Dial gauge	Deflection(mm.)		Observed Force(N)		Theory Force(N)	
(N)	Reading(div.)	Observed	Thoery	Tension	Compression	Tension	Compression
0							
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							
90							
100							

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

1.เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงในชิ้นส่วนกับน้ำหนักที่กระทำเปรียบเทียบระหว่างค่าที่วัดได้จากการทดลองกับค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี

2.เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการแอ่นตัวกับน้ำหนักที่กระทำเปรียบเทียบระหว่างค่าที่วัดได้จากการทดลองกับค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี

ปฏิบัติการที่ 6
การศึกษาพฤติกรรมของเสาเหล็ก

รศ.วีระ หอสกุลไท

พงษ์ศักดิ์ มณีกุล

บทนำ

เสาเป็นองค์อาคารในโครงสร้างที่อยู่ในแนวดิ่งเพื่อรับแรงอัด (Compressive Force) และมีขนาดหน้าตัดเล็กเมื่อเทียบกับความสูง โดยทั่วไปการวิบัติของเสาที่พบมักจะเกิดจากการโก่งเดาะแทนที่จะเกิดการวิบัติแบบการอัด ซึ่งแรงที่ทำให้เกิดการวิบัติแบบโก่งเดาะนั้นจะมีค่าน้อยกว่าแรงที่ทำให้เกิดการวิบัติแบบการอัด ลักษณะ การวิบัติแบบนี้ไม่เป็นที่พึงประสงค์ ถ้าหากสามารถคาดการณ์หรือคำนวณแรงที่ทำให้เกิดการโก่งเดาะได้อย่างถูกต้อง ก็จะสามารถลดค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่ต้องใช้ในการออกแบบเสาลงได้ ซึ่งจะเป็นผลให้ประหยัดค่าก่อสร้าง

ในการทดลองนี้จะได้ศึกษาพฤติกรรมของเสาเหล็กภายใต้แรงอัดเมื่อมีลักษณะของจุดรองรับที่แตกต่างกัน โดยทำการเปรียบเทียบ ค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎีตามสูตรของ Euler และค่าที่หาได้จากการทดลองตามสูตรของ Southwell ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

วัตถุประสงค์

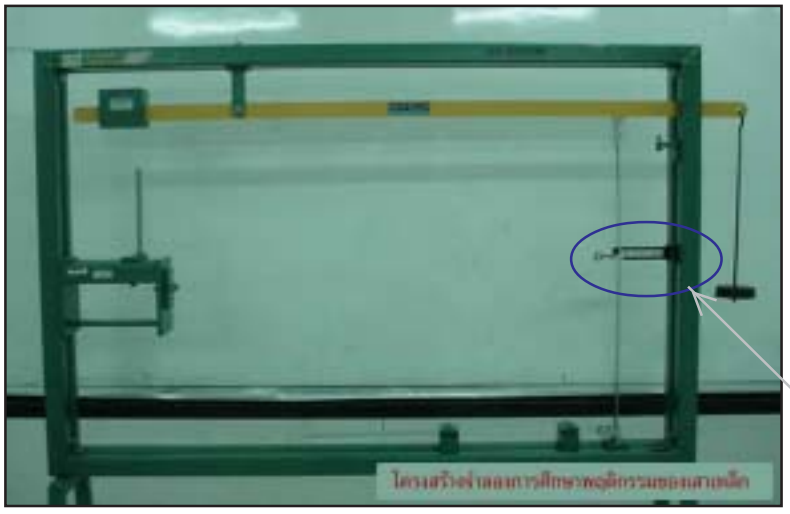
1.เพื่อศึกษาพฤติกรรมของเสาเหล็กภายใต้ช่วงอีลาสติกโดยมีจุดยึดและการเยื้องศูนย์ ในลักษณะที่แตกต่างกัน

2.เพื่อเปรียบเทียบแรงที่ทำให้เสาวิบัติโดยการโก่งเดาะระหว่างสูตรของ Euler และของ Southwell

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1.ชุดเครื่องมือทดสอบพฤติกรรมของเสาเหล็ก ตามรูปที่ 6.1

2.น้ำหนักคงที่ขนาด 1 N, 2 N ,5 N ,10 N ,20 N และ 50 N



รูปที่ 6.1 แสดงเครื่องมือชุดทดสอบพฤติกรรมของเสาเหล็ก

วิธีการทดลอง

ส่วนที่ 1 เสาที่มีปลายยึดหมุนทั้งสองข้าง (Hinge-Hinge)

1. ติดตั้งเครื่องมือทดสอบพฤติกรรมของเสาเหล็ก ดังรูปที่ 6.2

2.ติดตั้งเสาเหล็กระหว่างจุดรองรับสันคมโดยไม่มีการเยื้องศูนย์พร้อมทั้งติดตั้งชุดวัดการแอ่นตัวที่กึ่งกลาง ของเสา

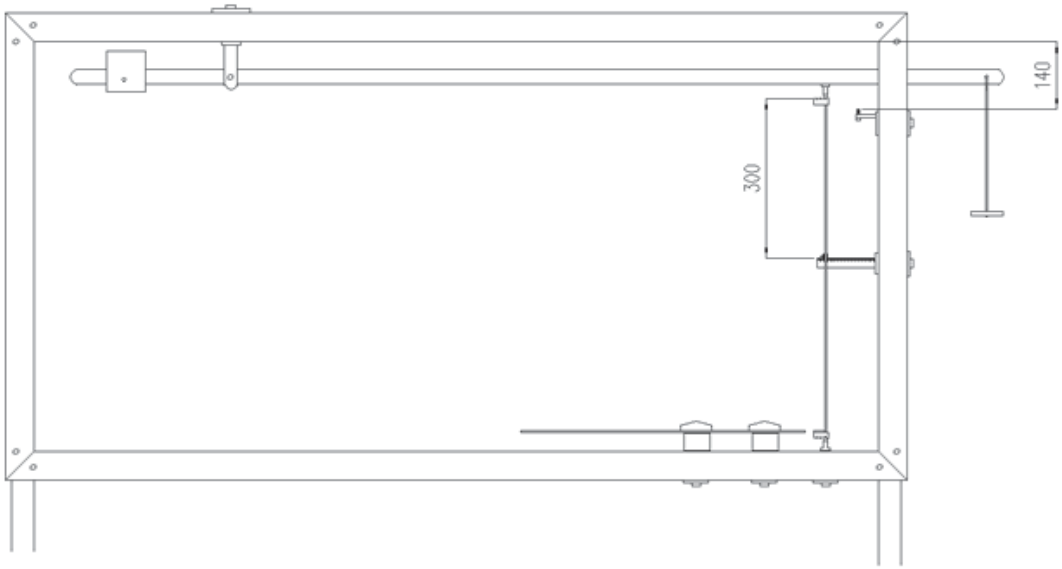
3.ปรับระยะของน้ำหนักถ่วงปลายคานให้แรงเพื่อให้คานอยู่ในสภาวะสมดุล

4.ปรับชุดวัดการแอ่นตัวของเสาให้อ่านค่าที่ 0

5. เพิ่มน้ำหนัก(P) ครั้งละ 5 N แล้วอ่านค่าการแอ่นตัว(δ) ถ้าหากการแอ่นตัวมีมากและเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อทำการเพิ่มแรงให้ลดขนาดของน้ำหนักที่ใส่เป็น 2 N หรือ 1 N

6.บันทึกค่าสุดท้ายที่ทำให้เสาเกิดการวิบัติโดยการโก่งเดาะ (เมื่อคานให้แรงสัมผัสกับจุดรอง)

7.ทำขั้นตอนต่าง ๆ ซ้ำโดยเปลี่ยนตำแหน่งการให้แรงให้เยื้องศูนย์ที่ 3 มม.และ 6 มม. ตามลำดับ



รูปที่ 6.2 แสดงการจัดอุปกรณ์สำหรับการทดลองพฤติกรรมของเสาเหล็กที่มีปลายยึดหมุนทั้งสองข้าง

ตารางบันทึกผลการทดลองของเสาที่มีปลายยึดหมุนทั้งสองข้าง

e = 0 mm.			e = 3 mm.			e = 6 mm.		
Load,**P** (N)	Deflection, δ (mm.)	δ / **P**	Load,**P** (N)	Deflection, δ (mm.)	δ / **P**	Load,**P** (N)	Deflection, δ (mm.)	δ / **P**

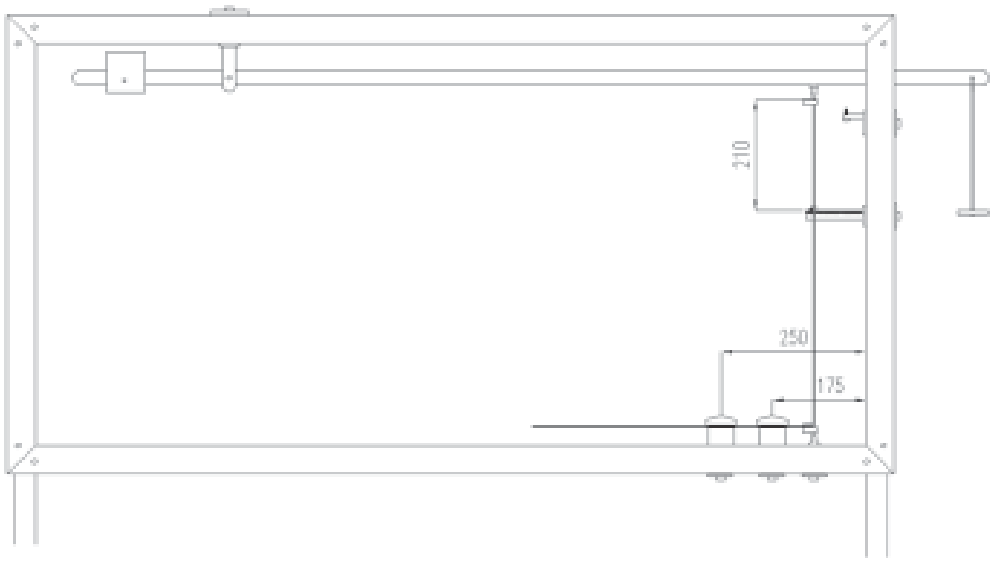
ส่วนที่ 2 เสาที่มีปลายรองรับข้างหนึ่งเป็นแบบยึดหมุน(Hinge)และปลายอีกข้างหนึ่งยึดแน่น(Fixed)

1.ติดตั้งคานระหว่างจุดรองรับล่างของเสากับแท่นช่วยยึดทั้งสองเพื่อให้จุดรองรับล่างของเสาไม่สามารถหมุนได้ (จุดรองรับแบบยึดแน่น) โดยให้แท่นช่วยยึดอยู่ห่างจากจุดรองรับของเสาเป็นระยะประมาณ 175 และ 250 มม. ตามลำดับ ส่วนปลายบนของเสายึดอยู่กับจุดรองรับแบบสันคม (Hinge) ดังรูปที่ 6.3

2.เลื่อนตัวชี้ค่าการแอ่นตัวไปที่ระยะ 210 มม.จากจุดรองรับบน และชุดอ่านค่าการแอ่นตัวไปที่ระยะประมาณ 417 มม. จากขอบล่างของโครงทดสอบ จากนั้นให้ปรับชุดวัดการแอ่นตัวให้ค่าอ่านได้ที่ 0

3.เพิ่มน้ำหนักกระทำต่อเสาครั้งละ 10 N แล้วอ่านค่าการแอ่นตัวของเสา (ถ้าการแอ่นตัวมีมากและเกิดขึ้น อย่างรวดเร็วเมื่อทำการเพิ่มน้ำหนัก ให้ลดขนาดของน้ำหนักที่ใส่เป็น 5 N หรือ 2 N หรือ 1 N)

5.บันทึกค่าสุดท้ายที่ทำให้เสาเกิดการวิบัติโดยการโก่งเดาะ (เมื่อคานให้แรงสัมผัสกับจุดรอง)



รูปที่ 6.3 แสดงการจัดอุปกรณ์สำหรับการทดลองพฤติกรรมของเสาเหล็กที่มีปลายด้านล่างเป็นแบบยึดแน่นและด้านบนเป็นแบบยึดหมุน

ตารางบันทึกผลการทดลองของเสาที่มีปลายยึดหมุนและปลายยึดแน่น

Load,**P** (N)	Deflection, δ (mm.)	δ / **P** (mm./N)

ส่วนที่ 3 เสาที่มีปลายข้างหนึ่งยึดหมุน ปลายข้างหนึ่งยึดรั้ง

1.ปลดแท่นจับยึดให้เหลือเพียงหนึ่งอันโดยให้แท่นจับยึดห่างจากจุดรองรับล่างของเสาเป็นระยะ 0.5 เมตร ดังรูปที่ 6.4 ปรับสกรูบนแท่นจับยึดให้เหลือช่องว่าง 0.5 มม. ระหว่างคานยึดรั้งและแท่นจับยึด เพื่อให้คานยึดรั้งสามารถเคลื่อนที่ ในแนวระดับได้

2.ใส่น้ำหนักขนาด 50 N และสังเกตุตำแหน่งที่ทำให้เกิดการแอ่นตัวสูงสุด เลื่อนตัวชี้ค่าการแอ่นตัวและชุดวัดการแอ่นตัวไว้ที่ตำแหน่ง ดังกล่าวพร้อมทั้งตั้งค่าให้อ่านได้ที่ศูนย์

3.เริ่มทำการทดสอบโดยให้น้ำหนักกระทำครั้งละ 10 N จนเสาเกิดการวิบัติโดยการโก่งเดาะ(คานให้แรงสัมผัสจุดรอง)

4.บันทึกค่าสุดท้ายที่ทำให้เสาเกิดการวิบัติโดยการโก่งเดาะ

ตารางบันทึกผลการทดลองของเสาที่มีจุดรองรับด้านบนเป็นแบบยึดหมุนด้านล่างเป็นแบบยึดรั้ง

Load,**P** (N)	Deflection, δ (mm.)	δ / **P** (mm./N)

ส่วนที่ 4 เสาที่มีปลายยึดแน่นทั้งสองข้าง

1.ปลดจุดรองรับแบบสันคมออกจากคานให้แรงแล้วทำการติดตั้งจุดรองรับแบบยึดแน่นแทน

2.ติดตั้งจุดรองรับด้านล่างให้เหมือนกับการทดลองส่วนที่ 2

3.ปรับชุดวัดการแอ่นตัวของเสาไว้ที่กึ่งกลางความสูงของเสา

4.ใส่น้ำหนักครั้งแรก 20 N และเพิ่มน้ำหนักมากขึ้นเรื่อย ๆ ครั้งละ 20 N จนเสาเกิดการโก่งตัว ระวังอย่าให้การโก่งตัวของเสาเกินกว่า 30 มม.

5.บันทึกค่าสุดท้ายที่ทำให้เสาเกิดการวิบัติโดยการโก่งเดาะ

ตารางบันทึกผลการทดลองของเสาที่มีจุดรองรับเป็นแบบยึดแน่นทั้งสองข้าง

Load,**P** (N)	Deflection, δ (mm.)	δ / **P** (mm./N)

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

1.ขนาดของหน้าตัดเสาและความยาวของเสา

1.1 ความกว้าง ..... มม.(เฉลี่ย.....มม.)

1.2 ความหนา .....มม.(เฉลี่ย.....มม.)

1.3 ความยาว ..... มม.

2.โมดูลัสความยืดหยุ่นของเสาเหล็ก (Modulus of Elasticity ,E = 205 kN/mm.^{2})

3.การคำนวณหาน้ำหนักวิกฤติ ตามสูตรเสายาวของ Euler

Euler ตั้งสมมุติฐานเบื้องต้นในการประเมินหาน้ำหนักวิกฤตที่ทำให้เสาวิบัติด้วยการโก่งเดาะว่าเสาต้องเป็นเสาที่ตรง (Perfect Straigth) แรงที่กระทำต่อเสาต้องตรง centroid ไม่มีการเยื้องศูนย์ของแรง และเนื่อวัสดุของเสาก็เป็น เนื้อเดียวกันสม่ำเสมอ (Homogenios Material)

Euler ใช้ Differential Equation ในการแก้สมการ เพื่อหาน้ำหนักวิกฤตที่ทำให้เกิดการวิบัติด้วยการโก่งเดาะ(P_E) ดังนี้

$$P_E = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$$

โดยที่ I = โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดเสา , หน่วย mm.^{4} , E = โมดูลัสความยืดหยุ่นของเสาเหล็ก

l = ความยาวประสิทธิผลของเสา , หน่วย mm.

4.การคำนวณหาน้ำหนักวิกฤติที่ทำให้เสาวิบัติด้วยการโก่งเดาะ โดยการทดลองของ Southwell

Southwell ได้เสนอวิธีการที่จะประเมินค่าน้ำหนักวิกฤตของเสา โดยมีสมมุติฐานว่า เสาทุกต้นไม่เป็นเส้นตรงแต่ จะมีการเสียรูปเริ่มต้นอยู่เล็กน้อย เป็นค่า δ_0 และแรงที่กระทำจะมีการเยื้องศูนย์ของแรงอยู่เล็กน้อย เป็นค่า e เมื่อให้ แรง P กระทำต่อเสา จะสามารถหาค่าการแอ่นตัว(ตรงจุดที่เกิดการแอ่นตัวสูงสุด)ได้ดังนี้

$$\delta = \frac{\delta_0 P / P_E}{1 - P/P_E} + \frac{\pi^2 e P / P_E}{8(1 - P/P_E)} \qquad (1)$$

สามารถจัดรูปสมการที่ 1 ได้ใหม่ เป็น

$$\delta = P_E(\delta / P) - (\delta_0 + \frac{\pi^2 e}{8}) \qquad (2)$$

โดยที่

δ = ค่าการแอ่นตัวที่วัดได้จริงจากการทดลอง(ตรงจุดที่เกิดการแอ่นตัวสูงสุด)

e_0 = ความไม่สมบูรณ์ของเสา = $(\delta_0 + \frac{\pi^2 e}{8})$ อันเนื่องมาจากเสาไม่เป็นเส้นตรงและการเยื้องศูนย์ของแรง

การประเมินหา P_E จากทฤษฎีของ Southwell

จากผลการทดลองในแต่ละส่วนของการทดลองให้วาดแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง δ กับ δ / P โดยให้แกน Y เป็นค่าการแอ่นตัว(δ) และ แกน X เป็นค่าของการแอ่นตัวต่อแรง(δ / P) เปรียบเทียบกับสมการที่ (2) จะได้กราฟที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง คำนวณหาความชันของกราฟก็จะได้น้ำหนักวิกฤติ (P_E) โดยมีจุดตัดแกน Y เท่ากับ e_0

<u>หมายเหตุ</u> ในการเปรียบเทียบเทียบค่าของน้ำหนักวิกฤติ P_E ที่ได้จากกราฟของ Southwell กับค่าของแรง P_E ตามสูตรของ Euler อย่าลืมว่าค่าของแรงที่กระทำจะต้อง คำนึงถึงผลของโมเมนต์ที่เกิดจากคานให้แรงด้วยเนื่องจากเราให้แรงกระทำผ่านแขนของแรง(Moment arm) ไม่ได้ให้แรงกระทำที่หัวเสาโดยตรง

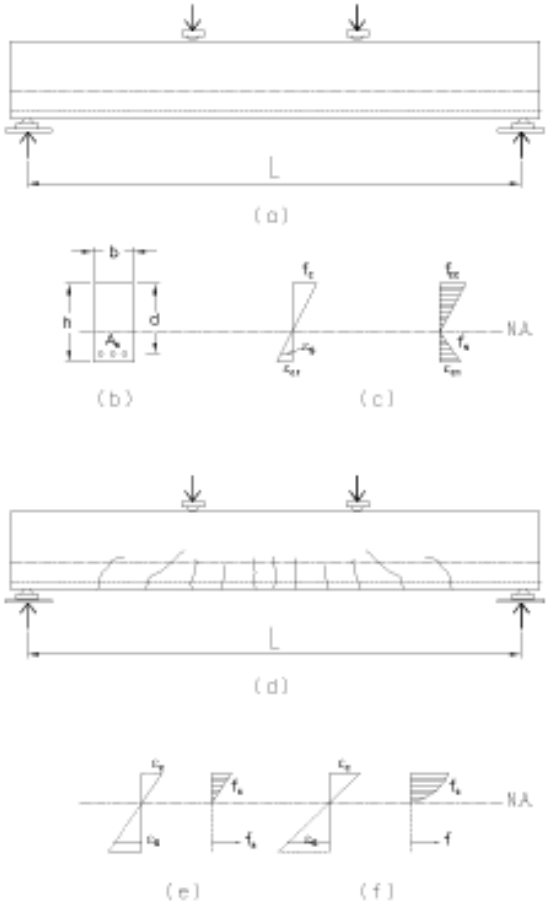
ปฏิบัติการที่ 7
การศึกษาพฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

รศ.ยิ่งศักดิ์ พรรณเชษฐ์

พงษ์ศักดิ์ มณีกุล

บทนำ

คานคอนกรีตเสริมเหล็กโดยทั่วไปจะไม่ค่อยมีประสิทธิภาพในการรับแรงดัดเหมือนคานที่สามารถดัดได้ (Flexural Beam) เนื่องจากคอนกรีตรับแรงดึงได้น้อยมาก เช่น คานสามารถวิบัติที่ด้านรับแรงดึงในขณะที่น้ำหนักบรรทุกต่ำ ๆ ก่อนที่ด้านรับแรงอัดจะรับน้ำหนักบรรทุกได้เต็มที่ ด้วยเหตุผลนี้จึงจำเป็นต้องมีเหล็กรับแรงดึงในคาน เหล็กเสริมรับแรงดึงจะวางอยู่ในส่วนที่เกิดแรงดึงเพื่อป้องกันการวิบัติของคอนกรีตเนื่องจากแรงดึง ในคานคอนกรีตเสริมเหล็กน้ำหนักบรรทุกทำให้เกิดโมเมนต์ดัดซึ่งทำให้เกิดแรงดึงในคานพื้นที่ส่วนนี้ในคานให้เหล็กเสริมเป็นตัวรับแรงดึงที่เกิดขึ้น เมื่อมีขนาดแรงดึงมาก ๆ ในขณะที่ส่วนที่เกิดแรงอัดคอนกรีตจะเป็นตัวรับ รูปที่ 7.1 แสดงถึงลักษณะของคานภายใต้น้ำหนักบรรทุก



รูปที่ 7.1 แสดงลักษณะของคานคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้น้ำหนักบรรทุก

เมื่อน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดทำให้คานวิบัติ เมื่อน้ำหนักบรรทุกต่ำ ๆ หน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นก็จะต่ำไปด้วย คอนกรีตจะต้านแรงดึงและต้านทานแรงอัดอีกด้านหนึ่งของแกนสะเทิน เมื่อน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นคอนกรีตด้านที่รับแรงดึงจะเกิดการเสียรูปและไม่สามารถต้านทานแรงดึงได้เนื่องจากความเครียด (Strain) ที่เกิดขึ้น ความเครียดที่เกิดขึ้นจะกระจายน้อยที่สุดคือเป็นศูนย์ที่แกนสะเทินและจะมีค่ามากที่สุดที่ผิวนอกของคอนกรีต เมื่อคอนกรีตไม่สามารถต้านแรงดึงนี้ได้ จึงถ่ายแรงดึงให้กับเหล็กเสริม ดังรูปที่ 7.1(c)

เมื่อน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตก็ถึงช่วงที่รอยแตกเพิ่มมากขึ้น แกนสะเทินของคานจะเลื่อนขึ้นข้างบน รอยแตกที่เกิดขึ้นบนคานจะมีรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 7.1(d) การกระจายของความเครียดใกล้ ๆ หน้าตัดที่เกิดรอยแตก ดังแสดงในรูปที่ 7.1(e) และในรูปที่ 7.1(f) แสดงการกระจายของความเครียดและหน่วยแรงอัดและหน่วยแรงดึงที่จุดน้ำหนักบรรทุกประลัย

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาลักษณะการวิบัติของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เกิดเนื่องจากแรงเฉือน(Shear Failure) และเนื่องจากโมเมนต์ดัด ซึ่งทำให้เกิดลักษณะการวิบัติของคานเนื่องจากหน่วยแรงกด (Compression Failure) หรือ การวิบัติเนื่องจากหน่วยแรงดึง (Tension Failure)

2.เปรียบเทียบค่าน้ำหนักบรรทุกประลัย ที่คำนวณได้ในทางทฤษฎีกับค่าที่วัดได้จากการทดลอง

3.เปรียบเทียบกราฟการแอ่นตัวของคานที่วัดได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี

4.เปรียบเทียบค่าน้ำหนักบรรทุกที่ทำให้คานเริ่มมีรอยแตกร้าวในทางทฤษฎีกับค่าที่สังเกตุได้จากการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

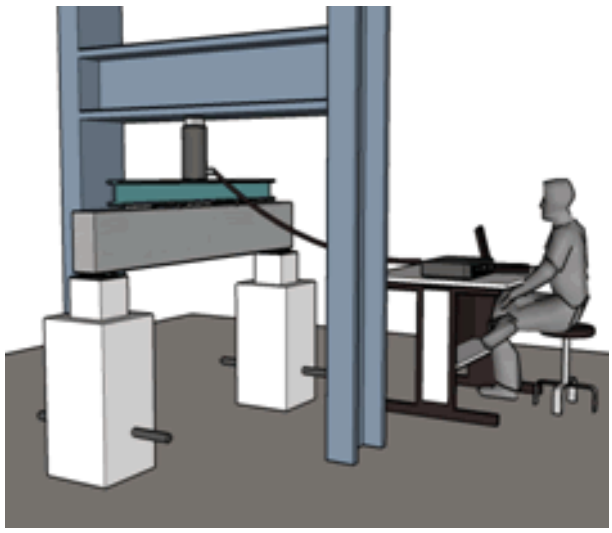
1.หนังสือเกี่ยวกับวิชาคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.คู่มือปฏิบัติการวัสดุก่อสร้าง

- การทดสอบกำลังอัดและกำลังดัดของคอนกรีต
- การหาค่าความยุบตัวของคอนกรีต
- การทดสอบเหล็กด้วยแรงดึง

3.หนังสือเกี่ยวกับวิชากำลังวัสดุ

4.หนังสือเกี่ยวกับทฤษฎีโครงสร้าง



เครื่องมือและอุปกรณ์

1.แบบหล่อคานคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 150x300x2100 มม.

2.แบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอกมาตรฐานขนาด 150x300 มม.

3.แบบหล่อคานคอนกรีตขนาด 150x150x500 มม.

4.เครื่องมือทดสอบค่าความยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test)

5.เครื่องผสมคอนกรีต

6.เครื่องชั่ง

7.โครงเหล็ก(Frame) สำหรับทดสอบคาน

8.เครื่องให้แรง เช่น Hydraulic Jack เป็นต้น

9.เครื่องมือวัดแรง เช่น Proving Ring หรือ Load cell และ Data Logger เป็นต้น

10.อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เช่น ตลับเมตร แผ่นเหล็กรอง ปากกาเคมี เป็นต้น

11.วัสดุที่ใช้สำหรับส่วนผสมคอนกรีต

- -ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1
- หิน 3/4”
- ทราย

12.เหล็กเส้น

- เหล็กกลม RB6 มม.(SR24)
- เหล็กข้ออ้อย DB12 มม.,DB20 มม.(SD30 หรือ SD40)

วิธีการทดลอง

1.การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต กำลังอัดโดยประมาณ 280 กก./ตร.ซม.(ทรงกระบอกมาตรฐาน)

1.1 เตรียมคอนกรีตปริมาณ 0.12 ลบ.ม.โดยใช้ส่วนผสมดังนี้(สำหรับคาน 1 ชุดตัวอย่าง เช่น คาน A หรือ B หรือ C)

1.1.1 ปูนซีเมนต์	น้ำหนัก	45	กก.
1.1.2 ทราย	น้ำหนัก	94	กก.
1.1.3 หิน	น้ำหนัก	134	กก.
1.1.5 น้ำ	น้ำหนักโดยประมาณ	22.8	กก.

โดยให้ค่าความยุบตัวของคอนกรีต(Slump) อยู่ระหว่าง 5-10 ซม.

1.2 การผสมคอนกรีตโดยใช้เครื่องผสม

1) ก่อนที่จะเดินเครื่องผสมให้ใส่น้ำบางส่วนและหินทั้งหมดลงในเครื่องผสมก่อนน้ำที่ใส่ประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำที่ระบุไว้ในส่วนผสม

2) เดินเครื่อง จากนั้นใส่ทราย ปูนซีเมนต์ ทั้งหมดลงไป และตามด้วยน้ำลงไปทีละน้อย และสังเกตุดูความเหลวของคอนกรีต โดยให้น้ำที่ใช้น้อยกว่าที่กำหนดในส่วนผสม

3) ทำการทดสอบหาค่าความยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) โดยตรวจสอบดูว่าเป็นไปตามกำหนดหรือไม่ ถ้าค่าความยุบตัว ยังน้อยกว่าที่ระบุก็ให้เติมน้ำเพิ่มลงไปอีก ผสมจนเข้ากันดีแล้วทำการทดสอบหาค่าความยุบตัวใหม่ ทำเช่นนี้ จนกระทั่งได้คอนกรีตที่มีค่าความยุบตัวตามที่ต้องการ

4) บันทึกปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ในการผสมคอนกรีต (ซึ่งอาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าที่ระบุไว้ในส่วนผสม)

1.3 การหล่อตัวอย่างคอนกรีต

1) หล่อคานคอนกรีตเสริมเหล็ก ตามที่ได้เตรียมไว้(คาน A หรือ คาน B หรือ คาน C)จำนวน 1 ตัวอย่าง

2) เก็บตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐาน ขนาด 150x300 มม. อย่างน้อย 2 ก้อนตัวอย่าง

3) เก็บตัวอย่างคานคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยมขนาด 150x150x500 มม. อย่างน้อย 1 ตัวอย่าง

1.4 การถอดแบบและการบ่มตัวอย่างคอนกรีต

การถอดแบบหล่อควรกระทำหลังจากหล่อคอนกรีตประมาณ 24 ถึง 72 ชั่วโมง การถอดแบบหล่อควรกระทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อป้องกันการกระเทาะหรือร้าวภายในของคอนกรีต (ให้เขียนหมายเลขของกลุ่ม และวันที่หล่อตัวอย่างลงบนตัวอย่างด้วย) จากนั้นนำคอนกรีตไปบ่ม ซึ่งอาจจะทำได้โดย

-นำตัวอย่างคอนกรีตเข้าไปบ่มในห้องบ่ม

-ใช้กระสอบคลุมตัวอย่างคอนกรีตและรดน้ำให้กระสอบเปียกชุ่มอยู่เสมอ

-รดน้ำให้ตัวอย่างเปียก แล้วใช้แผ่นพลาสติกคลุมตัวอย่างคอนกรีตให้ทั่วเพื่อป้องกันน้ำระเหย ในกรณีนี้ต้องคอยรดน้ำตัวอย่างคอนกรีตให้เปียกอยู่เสมอ

(สำหรับคาน คสล. ที่หล่อเสร็จแล้ว จะยกขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออายุไม่น้อยกว่า 72 ชม.)

วิธีการทดลอง

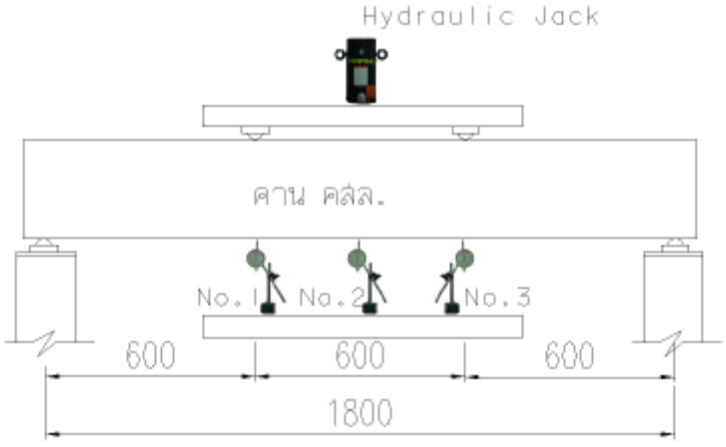
เมื่อคานคอนกรีตเสริมเหล็กมีอายุครบ 28 วัน ให้ทำการทดสอบดังนี้

1.ยกตัวอย่างคาน คสล. ตัวอย่างลูกปูนคอนกรีตออกจากห้องบ่ม ก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 1 วัน เพื่อให้คอนกรีตแห้ง

2.ทำการทดสอบหาหน่วยแรงที่จุดคราก (Yield Point)และจุดประลัย (Ultimate Point) และที่จุดวิบัติ ของตัวอย่างเหล็กเส้นที่ใช้เสริมในคาน คสล. อย่างน้อยอย่างละ 2 ตัวอย่าง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.นำตัวอย่างแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาด 150x300 มม. ไปทดสอบหาแรงอัดประลัยและนำตัวอย่างคานคอนกรีตขนาด 150x150x500 มม. ไปทดสอบหาโมดูลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture)

4.ยกคานขึ้นวางบนจุดรองรับและวางตำแหน่งเครื่องมือให้แรงและติดตั้งไดอัลเกจตามตำแหน่ง ดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ (หน่วย มม.)

5.ติดตั้งเครื่องมือวัดแรง (Load cell) กำหนดช่วงของแรงที่จะทดสอบทุก ๆ 500 กก.

6.เพิ่มแรงด้วยอัตราความเร็วคงที่ ในทุก ๆ ช่วงของการเพิ่มแรง เมื่อถึงขนาดแรงที่กำหนดให้รักษาระดับของแรงนั้นไว้ประมาณ 5 นาที เมื่อครบ 5 นาทีให้บันทึกค่าที่อ่านได้จากไดอัลเกจและคำนวณเปรียบเทียบการแอ่นตัวเทียบทฤษฎี ในระหว่างการรอให้ครบ 5 นาที ให้สังเกตุรอยแตกร้าวของคาน ถ้ามีรอยแตกร้าวเริ่มต้น ให้บันทึกขนาดของแรง ที่ทำให้คานเริ่มแตกร้าวและคำนวณเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี

7.การสังเกตุรอยแตกของคานเมื่อถึงแรงที่กำหนด ให้ใช้สีเมจิกขีดรอยแตกตั้งแต่เริ่มจนสุดรอยแตก แล้วเขียนเลขบอกค่าแรงขณะนั้นไว้ข้าง ๆ (เช่น 3.0 Ton หรือ 3.5 Ton เป็นต้น)

8.เพิ่มแรงจนกระทั่งคานวิบัติ ให้บันทึกขนาดแรงมากที่สุดที่ทำให้คานวิบัติ และรูปแบบของการวิบัติของคานว่าเกิดการวิบัติแบบใด วิบัติด้วยแรงเฉือน(Shear Failure) หรือ วิบัติด้วยแรงดึง(Tension Failure) หรือ วิบัติด้วยแรงอัด(Compression Failure) เปรียบเทียบผลที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี

9.วาดหรือถ่ายรูปการวิบัติและรอยร้าวของคาน โดยเขียนเน้นเส้นหรือแนวที่วิบัติสุดท้ายให้ชัดเจน

ข้อเสนอแนะการรายงานผลการทดลอง

ข้อมูลการทดสอบคานแบบ.....

1.ข้อมูลเบื้องต้น

น้ำหนักคงที่ ประกอบด้วย

1.1.น้ำหนักเครื่องมือให้แรงและคานรูปตัวไอและอุปกรณ์อื่น ๆ = _____ กก.

1.2.ช่วงระหว่างจุดรองรับ (Span) = _____ ม.

2.หน้าตัดคานและการเสริมเหล็ก

2.1. ขนาดหน้าตัดคาน (ควรวัดไม่น้อยกว่า 3 จุด)

ความกว้างคาน(.....) เฉลี่ย = _____ ซม.

ความลึกคาน(.....) เฉลี่ย = _____ ซม.

2.2. การเสริมเหล็ก

เหล็กยืน _____ (As = ... ตร.ซม.)

เหล็กปลอก _____ (Av = ...ตร.ซม.)

3.กำลังอัดประลัยและโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีต

3.1 กำลังอัดประลัยของคอนกรีตทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน

แรงอัดประลัย (.....kN) = กก.

พื้นที่หน้าตัด(ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง =..... ซม.) = _____ ตร.ซม.

กำลังอัดประลัยของคอนกรีตทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน (f_c') = _____ กก./ตร.ซม.

3.2 โมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีต ($E = 15210\sqrt{f_c'}$) = _____ กก./ตร.ซม.

3.3 โมดูลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture)

แรงอัดประลัย (.....kN) = กก.

ขนาดหน้าตัดคาน ความกว้าง = _____ ซม.

ความลึก = _____ ซม.

ระยะห่างของรอยแตกคานจากจุดรองรับ(x) = _____ ซม.

โมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีต = _____ กก./ตร.ซม.

4.ตัวอย่างการคำนวณ

4.1 Uncrack Section (ตามรายการคำนวณด้านล่าง) = _____ ซม.^{4}

4.2 crack Section (ตามรายการคำนวณด้านล่าง) = _____ ซม.^{4}

4.3 กำลังอัดของคอนกรีต (ตามรายการคำนวณด้านล่าง)

4.4 โมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีต (ตามรายการคำนวณด้านล่าง)

5.ตารางบันทึกผลการทดลอง

Load	Dial Gauge Reading(division)			Observed Deflection(mm.)			Theory Deflection(mm.)		
(kgf)	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
0									
500									
1000									
1500									
2000									
2500									
3000									
3500									
4000									
4500									
5000									
5500									
6000									
6500									
7000									
7500									
8000									
8500									
9000									
9500									
10000									

5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ Load กับ deflection ทั้งในทางทฤษฎีและปฏิบัติ

(แสดงกราฟ เปรียบเทียบทั้ง 3 จุด) ตามกราฟ ในหน้า .....

5.2 รูปวาดแสดงลักษณะรอยร้าวและการวิบัติของคาน (ใช้หมึกสีเข้ม เน้นรอยวิบัติสุดท้าย)

5.3 แรงที่ทำให้คานเริ่มแตกร้าว (P_{crack})

-จากการทดลอง(โดยการสังเกตุ) = _____ กก.

-ในทางทฤษฎี (ตามรายการคำนวณด้านล่าง) = _____ กก.

ความคลาดเคลื่อน = _____ %

5.3 แรงสูงสุดที่ทำให้คานวิบัติ ($P_{ultimate}$)

- การวิบัติสุดท้าย(โดยแรงเฉือน หรือ แรงดึง หรือ แรงอัด) = _____

- จากการทดลอง (โดยการทดสอบ) = _____ กก.

- ในทางทฤษฎี (ตามรายการคำนวณด้านล่าง) = _____ กก.

ความคลาดเคลื่อน = _____ %

ความเค้นของเหล็กเสริม

RB6

- จุดคราก = _____ กก./ตร.ซม.

- จุดประลัย = _____ กก./ตร.ซม.

DB12

- จุดคราก = _____ กก./ตร.ซม.

- จุดประลัย = _____ กก./ตร.ซม.

DB20

- จุดคราก = _____ กก./ตร.ซม.

- จุดประลัย = _____ กก./ตร.ซม.

ตัวอย่างการคำนวณ

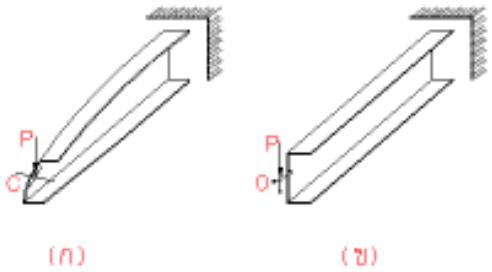
ปฏิบัติการที่ 8
การศึกษาพฤติกรรมของคานผนังบางแบบเปิด

ดร.ณัฐพงษ์ อารีมิตร

สมชาย เติมศักดิ์

บทนำ

คานผนังบางแบบเปิด หมายถึงคานที่ประกอบจากแผ่นผนังที่มีความหนาน้อยมากเมื่อเทียบกับขนาดของหน้าตัด โดยที่ผนังนั้นไม่ได้เชื่อมติดกันเป็นวงปิด เช่น คานที่เป็นเหล็กฉาก (Angle) เหล็กตัว I เหล็กรูปตัวซี หรือ เหล็กรางน้ำ เป็นต้น



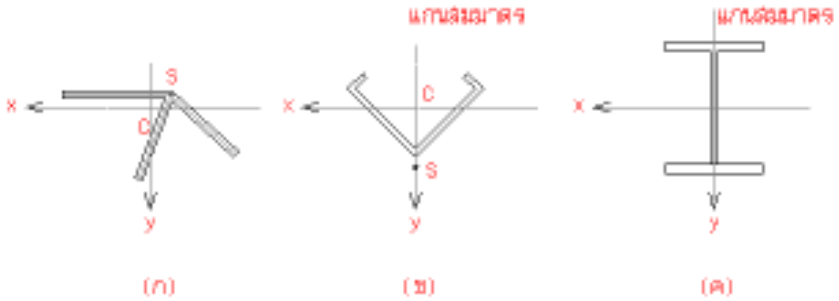
รูปที่ 8.1 ผลของแรงกระทำที่ผ่านจุดศูนย์กลางแรงเฉือน

เมื่อคานผนังบางถูกแรงกระทำ โดยทั่วไปจะเกิดการเสียรูป 2 ลักษณะคือ การแอ่นและการบิด (Bending and Twist) การบิดของคานผนังบางเกิดขึ้นเนื่องจากแรงที่มากระทำต่อคานไม่ผ่านจุดศูนย์กลางแรงเฉือน (Shear Center) ของหน้าตัดคาน ดังนั้น จุดศูนย์กลางแรงเฉือนจึงมีความสำคัญในคานผนังบาง เพราะว่าคานแบบนี้ต้านทานแรงบิดได้น้อย แต่ต้านทานแรงดัดได้ มาก ดังตัวอย่างในรูปที่ 8.1(ก) เป็นคานยื่นหน้าตัดรูปรางน้ำ เมื่อมีแรง P กระทำที่จุดศูนย์ถ่วง (Centroid) C ของหน้าตัดคาน จะทำให้เกิดการบิดพร้อมกับการดัด ส่วนในรูปที่ 8.1(ข) เมื่อแรง P กระทำผ่านจุด ศูนย์กลางแรงเฉือน O ของหน้าตัดก็จะทำให้มีแต่การดัดโดยไม่มีการบิดเกิดขึ้น

ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางแรงเฉือนมีข้อสังเกตุในการหาบางประการ ดังนี้ คือ

- เป็นหน้าตัดคานที่ประกอบด้วยผนังบางตัดกันที่จุดเดียว จะมีจุดศูนย์กลางแรงเฉือนอยู่ที่จุดตัดนั้น
- หน้าตัดคานที่มีแกนสมมาตรหนึ่งแกนจะมีจุดศูนย์กลาแรงเฉือนอยู่บนแกนสมมาตรนั้น
- หน้าตัดคานที่มีแกนสมมาตรสองแกน จะมีจุดศูนย์กลางแรงเฉือนอยู่ที่จุดศูนย์ถ่วงของหน้าตัด (Centroid of the section)

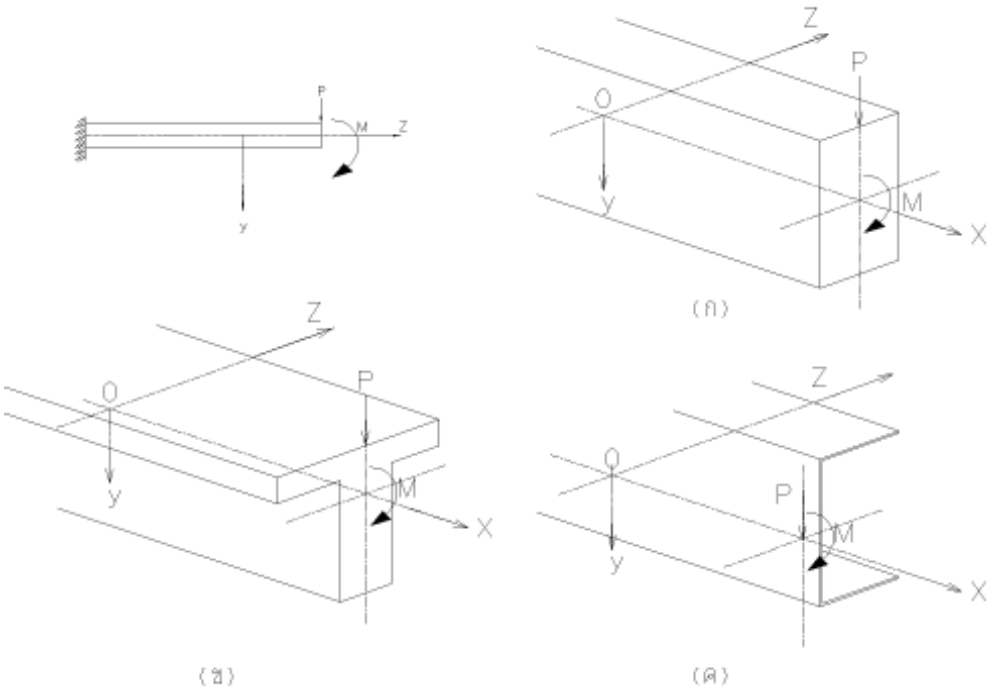
ดังรูปตัวอย่างแสดงจุดศูนย์กลางแรงเฉือน รูปที่ 8.2 (ก) ,8.2(ข) และ 8.2(ค)



รูปที่ 8.2 ตัวอย่างจุดศูนย์กลางแรงเฉือน (S) ของหน้าตัดต่าง ๆ

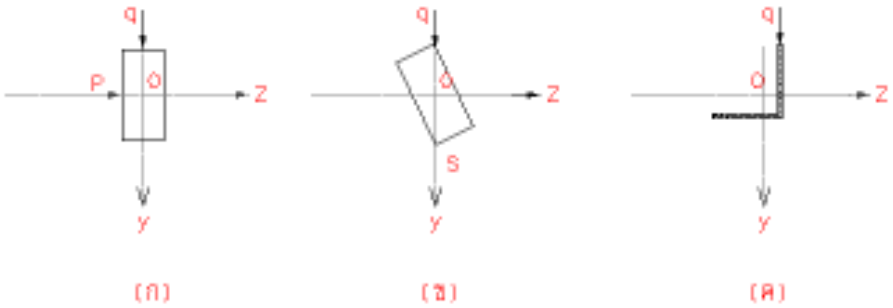
การดัดของคานมี 2 ลักษณะที่สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากคุณสมบัติของหน้าตัดและแนวแรงกระทำคือ การดัดของคานในระนาบเดียวหรือเรียกว่า การดัดแบบสมมาตร (Symmetrical Bending) และการดัดของคานในสองระนาบหรือเรียกว่าการดัดแบบไม่สมมาตร (Unsymmetrical Bending)

การดัดของคานในระนาบเดียวเกิดขึ้นเมื่อ แรงที่มากระทำต่อคานเป็นแรงในระนาบเดียวแล้วทำให้คานเกิดการแอ่นตัวในระนาบเดียวกัน หรือขนานกันกับระนาบของแรงโดยไม่เกิดการบิด ดังในรูปที่ 8.3(ก) แสดงคานที่มีหน้าตัดสมมาตรสองแกน (Doubly Symmetrical Section) และรูปที่ 8.3(ข) แสดงคานหน้าตัดสมมาตรแกนเดียว (Singly Symmetrical Section) เมื่อถูกแรงกระทำและแรงนั้นอยู่ในระนาบสมมาตรตามยาวของคาน (Longitudinal Plane of Symmetry) ซึ่งคือระนาบ xy ในรูป คานก็จะเกิดการแอ่นตัวในระนาบ xy เท่านั้น ถ้าคานมีหน้าตัดแบบผนังบาง (Thin-Walled Section) ดังแสดงในรูป 8.3(ค) ถูกกระทำด้วยแรงที่อยู่ในระนาบ xy และผ่านเส้นศูนย์กลางแรงเฉือน (Shear Center Line) จะทำให้คานแอ่นตัวในระนาบเดียวคือ ระนาบที่ขนานกับระนาบ xy นั่นเอง(โดยไม่เกิดการบิดนอกระนาบ) ซึ่งก็เป็นการดัดของคานในระนาบเดียว



รูปที่ 8.3 ตัวอย่างการดัดในระนาบเดียว

แต่เมื่อคานดังกล่าวถูกแรง กระทำในระนาบ xz เพิ่มอีกก็จะทำให้เกิดการดัดของคานในอีกระนาบหนึ่ง เป็นการดัดในสองระนาบ การดัดในสองระนาบนี้จะเกิดขึ้นได้อีกกรณีหนึ่งคือ เมื่อมีแรงกระทำในระนาบเดียวแต่ระนาบของแรงกระทำนั้นไม่อยู่ในแนวเดียวกันกับระนาบที่มีแกนศูนย์ถ่วงหลักของอินเนอร์เชียของหน้าตัด (The Principal Centroidal Axis of Inertia of the Cross Section) ดังแสดงในรูปที่ 8.4



รูปที่ 8.4 ตัวอย่างของหน้าตัดคานเมื่อถูกแรงกระทำแล้วเกิดการดัดในสองระนาบ

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเสียรูปของคานผนังบางแบบเปิด

2.เพื่อหาจุดศูนย์กลางแรงเฉือน

3.เพื่อหาขนาดการแอ่นตัวสองระนาบของคาน

เครื่องมือและอุปกรณ์

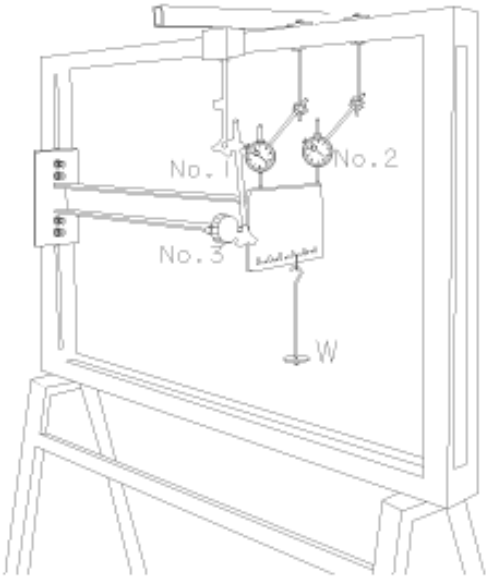
1.ชุดทดสอบพฤติกรรมคานผนังบางแบบเปิด ดังรูปที่ 8.5
2.ไม้บรรทัดเหล็ก ความละเอียดไม่น้อยกว่า 1 มม.
3.เวอร์เนียร์ ความละเอียดไม่น้อยกว่า 0.1 มม.
4.ไดอัลเกจ ความละเอียดไม่น้อยกว่า 0.01 มม.จำนวน 3 ตัว

รูปที่ 8.5 แสดงชุดเครื่องมือการศึกษาพฤติกรรมของคานผนังบางแบบเปิด

วิธีการทดลอง

ส่วนที่ 1 การหาจุดศูนย์กลางแรงเฉือน

1.ติดตั้งคาน(เหล็กฉากหรือเหล็กรางน้ำ) โดยนำปลายคานด้านฐานแบบยึดแน่น ประกอบติดกับโครงอ้างอิง ดังรูปที่ 8.5 โดยใช้ระดับน้ำตรวจสอบคาน ให้อยู่ในแนวระนาบ แล้วขันน็อตให้แน่น
2.ติดตั้งไดอัลเกจ 2 ตัว(No.1 และ No.2) ที่แผ่นเหล็กที่ปลายคานยื่น ดังรูปที่ 8.6 อ่านค่าเริ่มต้นของไดอัลเกจ



รูปที่ 8.6 การติดตั้งเครื่องมือสำหรับการทดลองหาจุดศูนย์กลางแรงเฉือน

3.แขวนน้ำหนัก W= 30 N ใส่ในรูเจาะบนแผ่นเหล็กที่ปลายคานยื่น ในตำแหน่งที่คิดว่าน่าจะเป็นจุดศูนย์กลางแรงเฉือน
4.อ่านไดอัลเกจทั้ง 2 ตัว ถ้าค่าต่างกันไม่เกิน 3 ขีด แสดงว่าจุดนั้นเป็นจุดศูนย์กลางแรงเฉือน หากไม่ใช่ให้ลองรูเจาะอื่นต่อไป
5.วัดระยะห่างของจุดศูนย์กลางแรงเฉือนถึงแผ่นค้ำในแนวนอน

ส่วนที่ 2 การวัดขนาดการแอ่นตัวในสองระนาบ

1.ติดตั้งไดอัลเกจ 3 ตัวที่แผ่นเหล็กที่ปลายคานยื่น ดังรูปที่ 8.6 โดยไดอัลเกจตัวที่ 1 และตัวที่ 2 วัดระยะแอ่นตัวในแนวดิ่ง ส่วนไดอัลเกจตัวที่ 3 วัดระยะการแอ่นตัวในแนวนอน

2.ใส่ที่แขวนแรงในตำแหน่งที่เป็นจุดศูนย์กลางแรงเฉือน และอ่านค่าเริ่มต้นของไดอัลเกจ

3.ใส่น้ำหนักเพิ่มครั้งละ 10 N จนน้ำหนักรวมเท่ากับ 80 N บันทึกค่าการเสียรูปจากไดอัลเกจไว้ทุกครั้ง

4.วัดขนาดของหน้าตัดคาน และความยาว

ตารางบันทึกผลการทดลอง

คานผนังบางรูปรางน้ำ

1.ขนาดและความยาวของคาน

ขนาดที่วัดได้ = ... มม.

ความยาวคานที่วัดได้ = ... มม.

2.โมดูลัสยืดหยุ่น = 210 kN/mm.2

3.จุดศูนย์กลางแรงเฉือน

ระยะที่วัดได้จากการทดสอบ = ... มม.

ระยะที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี = ... มม.

% Error = ... %

4.ระยะแอ่นตัว

แรง	ค่าที่อ่านได้จากไดอัลเกจ(Division)			ระยะแอ่นตัวในแนวดิ่ง (mm.)			ระยะแอ่นตัวใน
(N)	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ค่าเฉลี่ย	แนวนอน(mm.)
0							
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							

ความชันของกราฟระยะแอ่นตัวในแนวดิ่งกับแรง = mm./N

ความชันของกราฟระยะแอ่นตัวในแนวนอนกับแรง = mm./N

คานผนังบางรูปเหล็กฉาก

1.ขนาดและความยาวของคาน

ขนาดที่วัดได้ = ... มม.

ความยาวคานที่วัดได้ = ... มม.

2.โมดูลัสยืดหยุ่น = 210 kN/mm.2

3.จุดศูนย์กลางแรงเฉือน

ระยะที่วัดได้จากการทดสอบ = ... มม.

ระยะที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี = ... มม.

% Error = ... %

4.ระยะแอ่นตัว

แรง (N)	ค่าที่อ่านได้จากไดอัลเกจ(Division)			ระยะแอ่นตัวในแนวดิ่ง (mm.)			ระยะแอ่นตัวในแนวนอน(mm.)
	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ค่าเฉลี่ย	
0							
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							

ความชันของกราฟระยะแอ่นตัวในแนวดิ่งกับแรง = mm./N

ความชันของกราฟระยะแอ่นตัวในแนวนอนกับแรง = mm./N

ตารางเปรียบเทียบผลการทดสอบกับการคำนวณทางทฤษฎี

รายการ	คานรูปรางน้ำ	คานรูปเหล็กฉาก
จุดศูนย์กลางแรงเฉือน		
-ต่างจากการคำนวณ	.....%	.....%
การแอ่นตัวในแนวดิ่ง		
-ระยะแอ่นตัวต่อแรง 1 หน่วย จากการทดสอบ	.....mm./N	.....mm./N
-ระยะแอ่นตัวต่อแรง 1 หน่วย จากการคำนวณ	.....mm./N	.....mm./N
-% Error	.....%	.....%
การแอ่นตัวในแนวดิ่ง		
-ระยะแอ่นตัวต่อแรง 1 หน่วย จากการทดสอบ	.....mm./N	.....mm./N
-ระยะแอ่นตัวต่อแรง 1 หน่วย จากการคำนวณ	.....mm./N	.....mm./N
-% Error	.....%	.....%

ข้อเสนอแนะการรายงานผล

1.คำนวณหาจุดศูนย์กลางแรงเฉือน

2.เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแอ่นตัวในแนวดิ่ง และแนวนอนกับแรง

3.คำนวณหาขนาดแอ่นตัวต่อหนึ่งหน่วยแรงของคาน

4.เปรียบเทียบผลการทดสอบกับทางทฤษฎีของคานเหล็กทั้งสองแบบ

Dept.of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Khon Kaen University

“We ‘re borned to build”

Copyright@2007 Department of Civil Engineering,
Khon Kaen University. All rights reserved.