ใบเนื้อหา

วิชา

ความแข็งแรงของวัสดุ
(Strength of Materials)

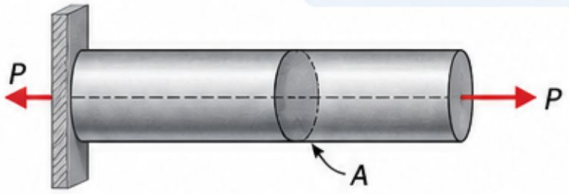
หัวข้อ : ความเค้น ความเครียด ความดันในภาชนะ และการเชื่อมต่อ

1 ความเค้นและความเครียด (Stress and Strain)

ความเค้น (Stress)

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

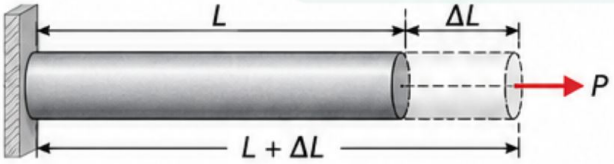
โดยที่
- σ = ความเค้น (N/mm²)
- P = แรงที่กระทำ (N)
- A = พื้นที่หน้าตัด (mm²)



ความเครียด (Strain)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

โดยที่
- ε = ความเครียด
- ΔL = ความยาวที่เปลี่ยนแปลง
- L = ความยาวเดิม



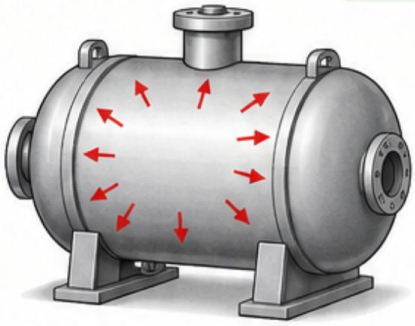
สรุป ความเค้นคือแรงต่อพื้นที่ ส่วนความเครียดคืออัตราการเปลี่ยนแปลงความยาวของวัสดุ

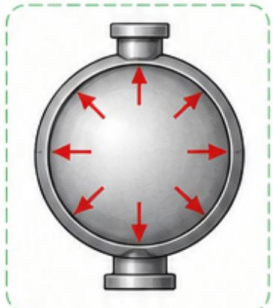
2 ความดันในภาชนะ (Pressure Vessels)

สูตร

$$P = \frac{F}{A}$$

โดยที่
- P = ความดันภายใน (N/mm²)
- F = แรงที่กระทำบนพื้นที่ (N)
- A = พื้นที่ผิวภายใน (mm²)





ประเภทภาชนะรับความดัน
- ทรงกระบอก
- ทรงกลม

ตัวอย่างการใช้งาน

- ถังลม

- หม้อไอน้ำ

- ถังแก๊ส

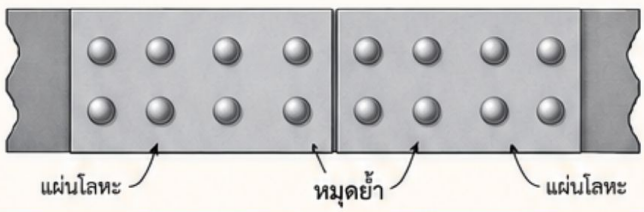
หมายเหตุ
การออกแบบภาชนะรับความดันต้องคำนึงถึงความหนาของผนังวัสดุ และความปลอดภัยเป็นหลัก

3 การเชื่อมต่อด้วยหมุดย้ำ (Riveted Joint)

ความหมาย
การยึดชิ้นงานโลหะด้วยหมุดย้ำเพื่อรับแรง

ชนิดของหมุดย้ำ
- แบบต่อชน
- แบบต่อเกย

ข้อดี
- ✓ แข็งแรง
- ✓ รับแรงสั่นสะเทือนได้ดี



4 การเชื่อม (Welding)

ความหมาย
การเชื่อมต่อโลหะด้วยความร้อนให้เป็นเนื้อเดียวกัน

ประเภท
- การเชื่อมอาร์กไฟฟ้า (SMAW)
- การเชื่อมแก๊ส (Oxy-Acetylene)

ข้อดี
- ✓ น้ำหนักเบา
- ✓ แข็งแรง
- ✓ ประหยัดวัสดุ

การเชื่อมอาร์กไฟฟ้า

การเชื่อมแก๊ส

สรุปความรู้

- ความเค้นและความเครียดใช้วิเคราะห์การรับแรงของวัสดุ
- ภาชนะรับความดันต้องออกแบบให้ปลอดภัย
- หมุดย้ำและการเชื่อมเป็นวิธีการยึดต่อชิ้นส่วนทางวิศวกรรม

เรียนรู้ เข้าใจ ใช้ได้จริง ปลอดภัยไว้ก่อนในงานวิศวกรรม

ใบเนื้อหาวิชา

ความแข็งแรงของวัสดุ
(Strength of Materials)

การบิดของเพลา และแรงเฉือน–โมเมนต์ดัดในคาน

"พื้นฐานสำคัญในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกลและโครงสร้างทางวิศวกรรม"

3 การบิดของเพลา (Torsion of Shafts)

ความหมาย

การบิดของเพลาเกิดจากแรงบิด (Torque) ที่กระทำกับเพลา ทำให้เพลาเกิดการหมุนและเกิดความเค้นเฉือนภายในเนื้อวัสดุ

สูตรแรงบิด

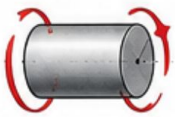
$$T = F \times r$$

โดยที่

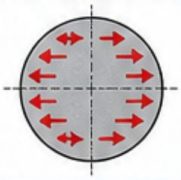
- T = แรงบิด (N·m)
- F = แรงที่กระทำ (N)
- r = ระยะจากจุดหมุน (m)

ภาพประกอบ

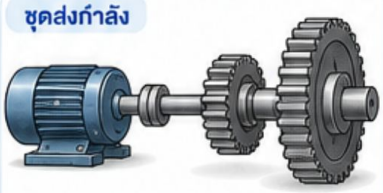
ทิศทางการหมุน



ความเค้นเฉือนในเพลา (τ)



ชุดส่งกำลัง



การใช้งาน

- เพลาส่งกำลังในเครื่องจักร
- เพลาในรถยนต์
- มอเตอร์ไฟฟ้า
- เครื่องจักรอุตสาหกรรม

สรุป

เพลาที่รับแรงบิดจะเกิดความเค้นเฉือน และต้องออกแบบให้รับแรงได้อย่างปลอดภัย

4 แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน (Shear Force and Bending Moment in Beams)

ความหมายของแรงเฉือน

แรงเฉือน (Shear Force : V) คือ แรงภายในคานที่พยายามทำให้หน้าตัดเลื่อนผ่านกัน

ความหมายของโมเมนต์ดัด

โมเมนต์ดัด (Bending Moment : M) คือ ผลของแรงที่ทำให้คานเกิดการโก่งงอ

สูตรโมเมนต์ดัด

$$M = F \times L$$

โดยที่

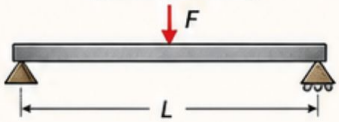
- M = โมเมนต์ดัด (N·m)
- F = แรงกระทำ (N)
- L = ระยะแขนโมเมนต์ (m)

ตัวอย่างการใช้งาน

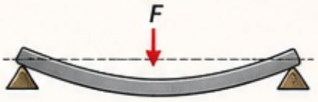
- คานรับน้ำหนักอาคาร
- สะพาน
- โครงสร้างหลังคา
- คานเครื่องจักร

ภาพประกอบ

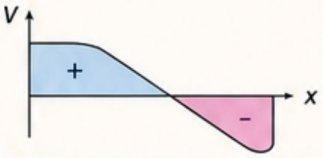
คานรองรับสองด้าน (แรงกดที่กึ่งกลางคาน)



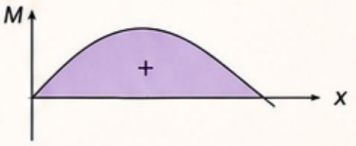
ลักษณะการโก่งตัวของคาน



แผนภาพแรงเฉือน (Shear Force Diagram)



แผนภาพโมเมนต์ดัด (Bending Moment Diagram)



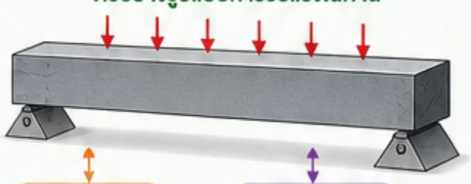
สรุป

แรงเฉือนทำให้หน้าตัดพยายามเลื่อนผ่านกัน ส่วนโมเมนต์ดัดทำให้คานโค้งงอ

ตารางเปรียบเทียบ

หัวข้อ	ลักษณะการรับแรง	ตัวอย่าง
การบิดของเพลา (Torsion)	รับแรงบิด	เพลาส่งกำลัง
แรงเฉือน (Shear Force)	รับแรงตัด	คานอาคาร
โมเมนต์ดัด (Bending Moment)	รับแรงดัด	สะพานและโครงสร้าง

ตัวอย่างรูปแบบการรับแรงในคาน



สรุปความรู้

- การบิดของเพลาเกิดจากแรงบิดที่ทำให้เพลาหมุน
- แรงเฉือนเป็นแรงภายในที่พยายามตัดหน้าตัดของคาน
- โมเมนต์ดัดทำให้คานเกิดการโก่งตัว
- วิศวกรต้องวิเคราะห์แรงเหล่านี้เพื่อออกแบบชิ้นส่วนและโครงสร้างให้ปลอดภัย

เรียนรู้ เข้าใจ ใช้ได้จริง ปลอดภัย ไว้ใจในงานวิศวกรรม

ใบเนื้อหาวิชา

ความแข็งแรงของวัสดุ
(Strength of Materials)

ความเค้นดัดในคาน และความเค้นเฉือนในคาน

"พื้นฐานสำคัญในการวิเคราะห์คานและโครงสร้างทางวิศวกรรม"

5 ความเค้นดัดในคาน (Bending Stress in Beams)

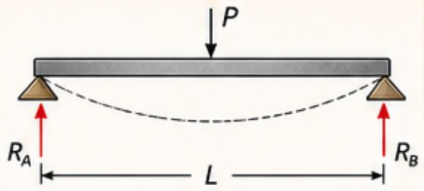
ความหมาย

ความเค้นดัด คือ ความเค้นที่เกิดขึ้นภายในคานเมื่อคานรับแรงกระทำจนเกิดการโค้งงอ โดยด้านหนึ่งของคานจะเกิดแรงดึงและอีกด้านหนึ่งจะเกิดแรงอัด

สูตร

$$\sigma = \frac{My}{I}$$

คานรองรับสองด้าน รับแรงกดตรงกลาง

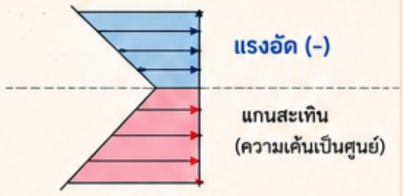


การโก่งตัวของคาน

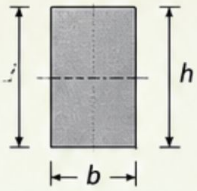
โดยที่

- σ = ความเค้นดัด (N/mm²)
- M = โมเมนต์ดัด (N-mm)
- y = ระยะจากแกนสะเทิน (mm)
- I = โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัด (mm⁴)

การกระจายความเค้นดัด



หน้าตัดคาน



- คานอาคาร
- สะพาน
- โครงสร้างหลังคา
- คานรองรับเครื่องจักร

ลักษณะการเกิดความเค้นดัด

- ด้านบนของคานเกิดแรงอัด
- ด้านล่างของคานเกิดแรงดึง
- บริเวณแกนสะเทินมีค่าความเค้นเป็นศูนย์

สรุป ความเค้นดัดเกิดจากโมเมนต์ดัดที่ทำให้คานโค้งงอ โดยเกิดแรงดึงและแรงอัดภายในหน้าตัดคาน

6 ความเค้นเฉือนในคาน (Shear Stress in Beams)

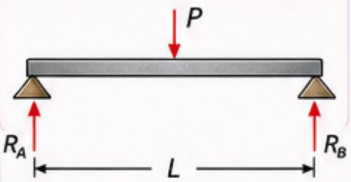
ความหมาย

ความเค้นเฉือน คือ ความเค้นที่เกิดจากแรงเฉือนภายในคาน ซึ่งพยายามทำให้ชิ้นของวัสดุเลื่อนผ่านกัน

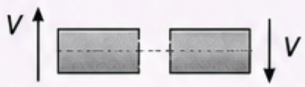
สูตร

$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

คานรับแรงเฉือน



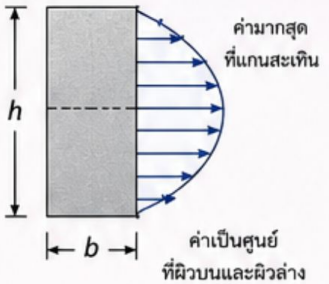
แรงเฉือนภายในคาน



โดยที่

- τ = ความเค้นเฉือน (N/mm²)
- V = แรงเฉือน (N)
- Q = โมเมนต์อันดับหนึ่งของพื้นที่ (mm³)
- I = โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัด (mm⁴)
- t = ความหนาของหน้าตัด ณ ตำแหน่งที่พิจารณา (mm)

การกระจายความเค้นเฉือน (หน้าตัดสี่เหลี่ยม)



ลักษณะการเกิดความเค้นเฉือน

- มีค่ามากที่สุดบริเวณแกนสะเทิน
- มีค่าน้อยที่สุดบริเวณขอบบนและขอบล่างของหน้าตัด
- กระจายไม่สม่ำเสมอภายในหน้าตัด

ตัวอย่างการใช้งาน

- คานรับน้ำหนักอาคาร
- โครงสร้างสะพาน
- โครงสร้างเหล็ก
- เครื่องจักรกล

สรุป ความเค้นเฉือนมีค่าสูงสุดที่แกนสะเทิน และลดลงจนเป็นศูนย์ที่ผิวบนและผิวล่างของคาน

ตารางเปรียบเทียบความเค้นในคาน

หัวข้อ	ความเค้นดัด	ความเค้นเฉือน
สาเหตุการเกิด	โมเมนต์ดัด (Bending Moment)	แรงเฉือน (Shear Force)
ตำแหน่งค่าสูงสุด	ผิวบนและผิวล่างของคาน	แกนสะเทินของคาน
ลักษณะการกระจาย	เชิงเส้น (Linear)	พาราโบลา (Parabolic)
ผลต่อโครงสร้าง	ทำให้คานโค้งงอ	ทำให้วัสดุเลื่อนผ่านกัน

สรุปความรู้

- ความเค้นดัดเกิดจากโมเมนต์ดัดที่ทำให้คานโค้งงอ
- ความเค้นเฉือนเกิดจากแรงเฉือนภายในคาน
- ความเค้นดัดมีค่าสูงสุดที่ผิวคาน
- ความเค้นเฉือนมีค่าสูงสุดที่แกนสะเทิน
- การวิเคราะห์ความเค้นช่วยให้การออกแบบโครงสร้างมีความปลอดภัยมากขึ้น

เรียนรู้ เข้าใจ ใช้ได้จริง | ปลอดภัย ใส่ใจคุณภาพ งานวิศวกรรม

ใบเนื้อหาวิชา

ความแข็งแรงของวัสดุ
(Strength of Materials)

การโก่งในคาน และการรวมความเค้น

"วิเคราะห์การเปลี่ยนรูปและผลกระทบจากแรงหลายชนิดที่เกิดขึ้นพร้อมกันในชิ้นส่วนวิศวกรรม"

7 การโก่งในคาน (Deflection of Beams)

ความหมาย

การโก่งในคาน คือ การเปลี่ยนรูปของคานเมื่อได้รับแรงกระทำ ทำให้แนวแกนของคานเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิม

สาเหตุการโก่งตัว

- น้ำหนักบรรทุก
- แรงกระทำภายนอก
- น้ำหนักของคานเอง
- สภาพการรองรับคาน

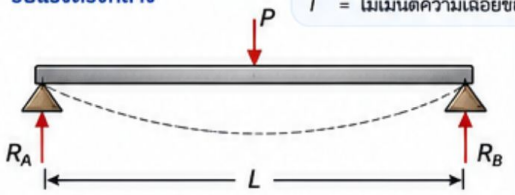
สูตรพื้นฐาน

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

โดยที่

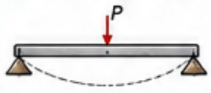
- δ = ระยะโก่งตัวสูงสุด (mm)
- P = แรงกระทำ (N)
- L = ความยาวคาน (mm)
- E = มอดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ (N/mm^2)
- I = โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัด (mm^4)

ตัวอย่างคานรองรับสองด้านรับแรงตรงกลาง



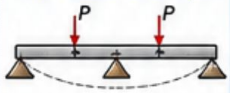
ลักษณะการโก่งตัว

1) คานรองรับสองด้าน



2) คานยื่น

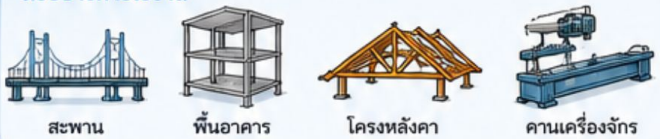
3) คานรองรับหลายจุด



——— แนวคานเดิม

------- แนวคานหลังโก่งตัว

ตัวอย่างการใช้งาน



สะพาน | พื้นอาคาร | โครงหลังคา | คานเครื่องจักร

สรุป

การโก่งตัวมากเกินไปอาจทำให้โครงสร้างเสียหาย หรือใช้งานไม่ได้ตามที่ออกแบบ

8 การรวมความเค้น (Combined Stresses)

ความหมาย

การรวมความเค้น คือ สภาวะที่ชิ้นส่วนรับแรงหลายประเภทพร้อมกัน เช่น แรงดึง แรงอัด แรงดัด และแรงบิด ทำให้เกิดความเค้นหลายชนิดในตำแหน่งเดียวกัน

ชนิดของความเค้นที่พบร่วมกัน

- ความเค้นดึง (Tensile Stress)
- ความเค้นอัด (Compressive Stress)
- ความเค้นดัด (Bending Stress)
- ความเค้นเฉือน (Shear Stress)
- ความเค้นจากแรงบิด (Torsional Stress)

สูตรพื้นฐาน

$$\sigma_{รวม} = \sigma_1 + \sigma_2$$

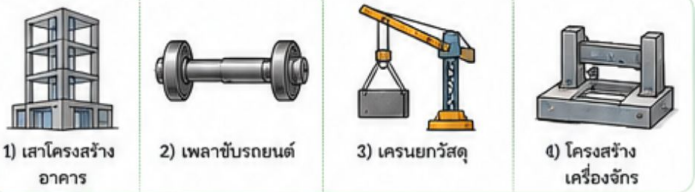
กรณีความเค้นดัดร่วมกับความเค้นแกน

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{My}{I}$$

โดยที่

- P = แรงตามแนวแกน (N)
- A = พื้นที่หน้าตัด (mm^2)
- M = โมเมนต์ดัด (N-mm)
- y = ระยะจากแกนสะเทิน (mm)
- I = โมเมนต์ความเฉื่อย (mm^4)

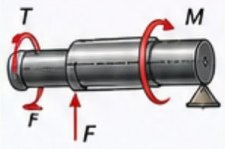
ตัวอย่างการใช้งาน



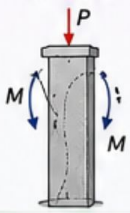
1) เสาโครงสร้างอาคาร | 2) เพลาขับรถยนต์ | 3) เครนยกวัสดุ | 4) โครงสร้างเครื่องจักร

ภาพประกอบการรวมแรงและความเค้น

1) เพลารับแรงบิดและแรงดัดพร้อมกัน



2) เสารับแรงอัดร่วมกับแรงดัด



3) แผนภาพความเค้นรวมบนหน้าตัด

สรุป

ชิ้นส่วนทางวิศวกรรมส่วนใหญ่รับแรงมากกว่าหนึ่งชนิด จึงต้องวิเคราะห์ความเค้นรวมเพื่อความปลอดภัย

ตารางเปรียบเทียบ

หัวข้อ	การโก่งในคาน	การรวมความเค้น
วิเคราะห์	การเปลี่ยนรูปของคาน	ความเค้นภายในของชิ้นส่วน
สาเหตุ	แรงกระทำและน้ำหนัก (ภายนอก/น้ำหนักเอง/สภาพรองรับ)	แรงหลายชนิดกระทำพร้อมกัน (แรงดึง อัด ดัด เฉือน บิด)
ผลกระทบ	คานแอ่นตัว เปลี่ยนรูป	ความเสียหายของวัสดุ หรือเกิดการวิบัติ
ตัวอย่าง	สะพาน, คานอาคาร, โครงหลังคา, คานเครื่องจักร	เพลาขับ, เสา, เครน, โครงสร้างเครื่องจักร

สรุปความรู้

- การโก่งในคานเป็นการเปลี่ยนรูปเนื่องจากแรงกระทำ
- ระยะโก่งตัวต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อความปลอดภัยและการใช้งาน
- การรวมความเค้นเกิดจากแรงหลายชนิดกระทำพร้อมกันในตำแหน่งเดียวกัน
- การวิเคราะห์ความเค้นรวมช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการออกแบบ
- วิศวกรต้องพิจารณาทั้งความแข็งแรงและการเปลี่ยนรูปของโครงสร้าง

เรียนรู้ เข้าใจ ใช้ได้จริง | ปลอดภัย เชื่อถือได้ ในงานวิศวกรรม