



ความยืดหยุ่น

Elasticity

ความเค้น (stress)

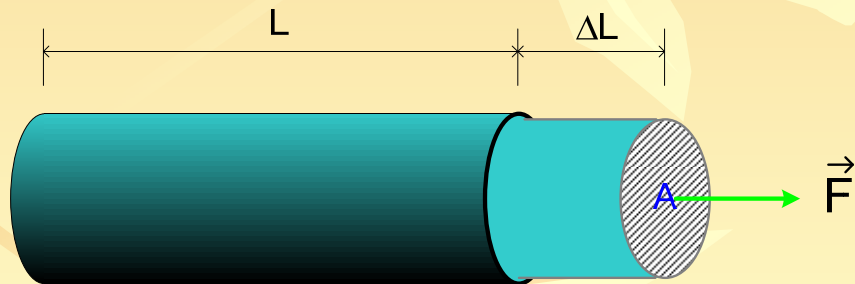
ความเครียด (strain)

และ โมดูลัส (modulus)

- วัสดุเมื่อได้รับแรงกระทำ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่าง
- เทอมที่เกี่ยวข้อง คือ ความเค้นและความเครียด

- ความเค้น คือ ขนาดแรงกระทำต่อหน่วยพื้นที่
(ความจริงต้องเป็นแรงเฉลี่ย)

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

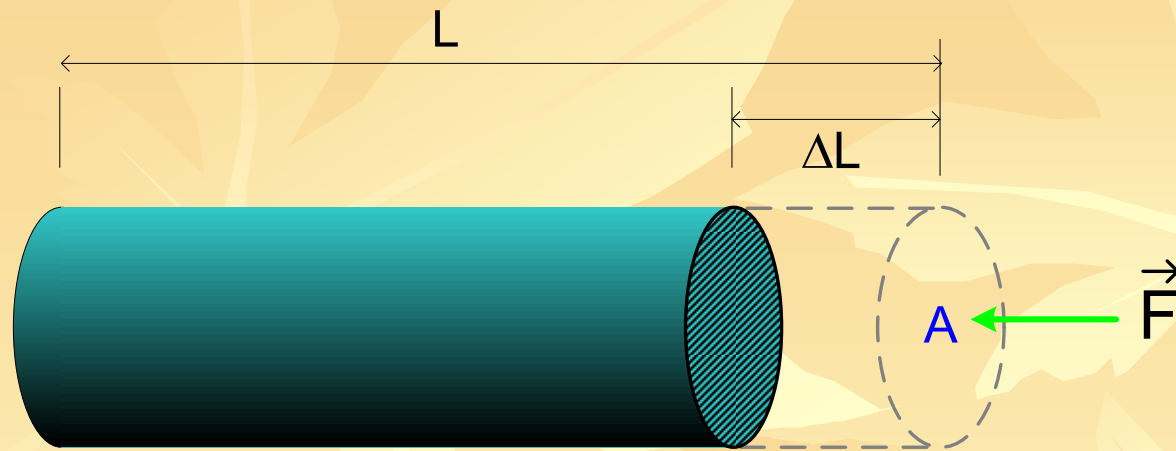


- ชนิดความเค้น
ความเค้นดึง (tensile stress)
ความเค้นอัด (compressive stress)

- ความเครียด คือ อัตราส่วนความยาวที่เปลี่ยนไปต่อความยาวเดิม

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

- ชนิดความเครียด
ความเครียดดึง (tensile strain)
ความเครียดอัด (compressive strain)



แรงอัด นำไปสู่ความเค้นอัดและความเครียดอัด

โมดูลัสของยัง (Young's modulus)

- ตามกฎของฮุก (Hook's law)

ความเค้นแปรผันโดยตรงกับ

ความเครียด

$$\sigma \propto \delta$$

$$\sigma = k\delta$$

เราเรียกค่าคงที่ของการแปรผัน k ว่า โมดูลัส สำหรับกรณีแรงดึง ความเค้นดึง

เราแทน k ด้วย Y และให้ชื่อว่า **Young's modulus**

$$Y = \frac{\sigma}{\delta} = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

| วัตถุประสงค์ | Y(GPA) | B(GPA) | S(GPA) |
|--------------|---------|--------|--------|
| อะลูมิเนียม | 69.8 | 72.2 | 24 |
| ทองแดง | 112 | 137 | 42 |
| ตะกั่ว | 13.8 | 43 | 5.6 |
| เหล็กกล้า | 172-226 | 160 | 84 |
| เพชร | 1120 | 540 | 450 |
| แก้ว | 55 | 450 | 25 |
| ไม้ | 5-9 | | |

ตัวอย่าง

- เส้นลวดเหล็กยาว 2.0 m มีพื้นที่หน้าตัด 0.50 cm^2 เมื่อนำชิ้นส่วนเครื่องยนต์หนัก 500 kg ไปแขวนที่ปลายด้านล่าง จงหาความเค้น ความเครียด และส่วนความยาวที่ยืดออก (ค่ายังโมดูลัสของเหล็กมีค่า $20 \times 10^{10} \text{ Pa}$)

Bulk stress and strain

- ผลของแรงกระทำใน 3 มิติ จะทำให้วัตถุเปลี่ยนรูปร่าง (เปลี่ยนปริมาตร)

Bulk stress หรือ **volume stress** อยู่ในรูปของความดัน

$$p = \frac{F_{\perp}}{A}$$

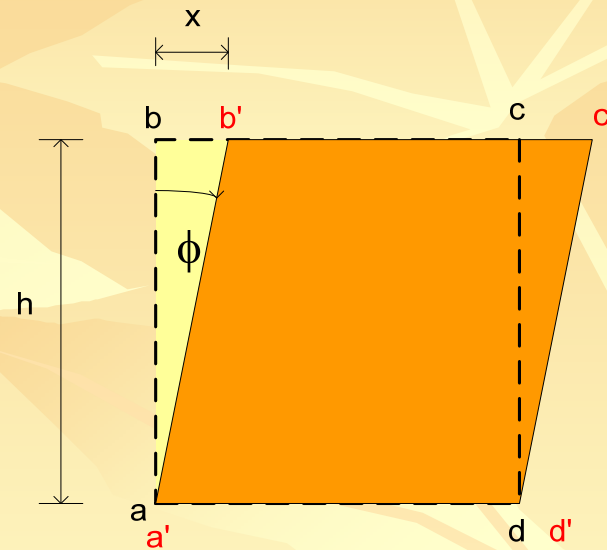
Bulk strain หรือ **volume strain** = $\Delta V/V_0$

สำหรับการเปลี่ยนความดันเพียงเล็กน้อย Δp จะได้

$$B = - \frac{\Delta P}{\Delta V / V_0} \quad \leftarrow \text{Bulk modulus}$$

Shear stress and strain

- ผลของแรงกระทำที่มีทิศทางตามแนวระนาบผิวทำให้เกิดการบิดเบี้ยวอธิบายโดย shear stress และ shear strain



$$\text{shear stress} = \frac{F_{\uparrow}}{A}$$

$$\text{shear strain} = \frac{x}{h} = \tan \phi$$

Shear modulus

$$S = \frac{F_{\uparrow} / A}{x / h} = \frac{F_{\uparrow} h}{Ax}$$

ถ้า f มีค่าน้อย ๆ

$$S = \frac{F_{\uparrow} / A}{\phi}$$

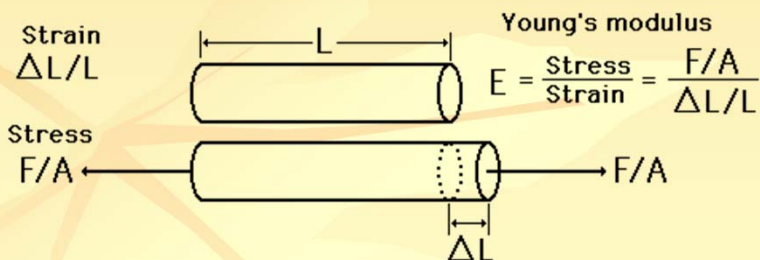
ตัวอย่าง

- ❑ ลวดทองแดงเส้นหนึ่งยาว 4 เมตร มีพื้นที่ภาคตัดขวาง 1×10^{-8} ตารางเมตร มีค่ายังมอดูลัสเป็น 1.1×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร จะต้องออกแรงดึงเท่าใดจึงจะทำให้ลวดเส้นนี้ยืดออกอีก 1 มิลลิเมตร
 - ❑ สายเคเบิลเหล็กมีพื้นที่ภาคตัดขวาง 3.0×10^{-4} ตารางเมตร ผูกติดกับลิฟต์ซึ่งมีมวล 800 กิโลกรัม ถ้าในการใช้ลิฟต์กำหนดให้ความเค้นที่กระทำกับสายเคเบิลมีค่าไม่เกิน 0.25 ของขอบเขตความยืดหยุ่น จงหาค่าความเร่งสูงสุดในการเคลื่อนที่ขึ้นของลิฟต์ ถ้าสายเคเบิลเหล็กมีค่าขอบเขตความยืดหยุ่น 2.8×10^8 นิวตันต่อตารางเมตร
-

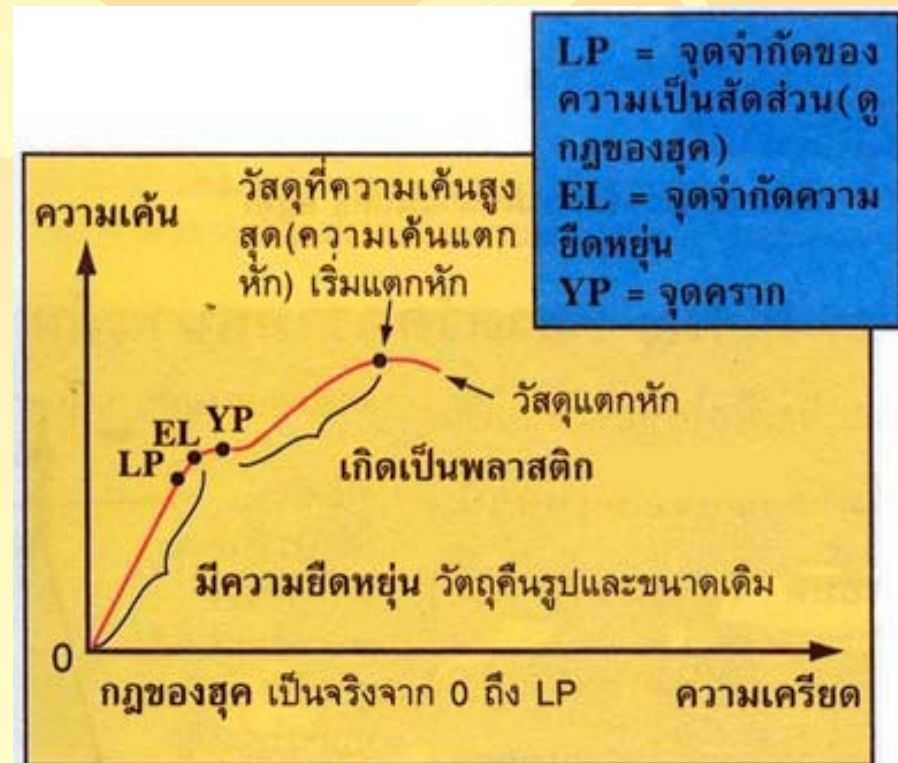
ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด

- โมดูลัสของยัง (Young's modulus) หรือ โมดูลัสสภาพยืดหยุ่น (modulus of elasticity)

$$\text{Young's Modulus}(E) = \frac{\text{Tensile Stress}}{\text{Tensile Strain}}$$

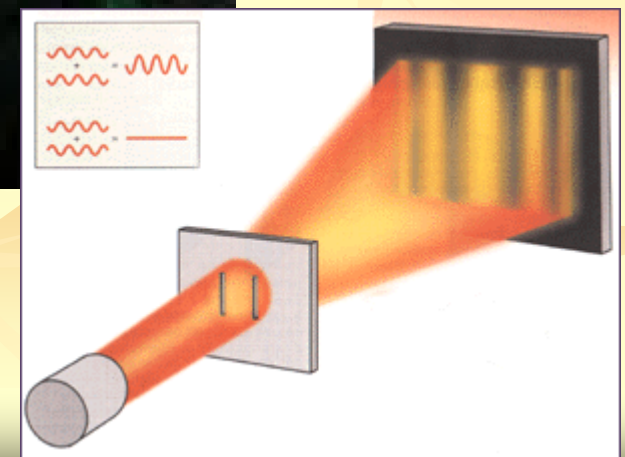


Unit : N/m^2



ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความเคียด

- **Thomas Young** (ค.ศ. 1773 – 1829)
นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ สำเร็จการศึกษาทางแพทย แต่สนใจในวิชาฟิสิกส์โดยเฉพาะเรื่องแสง ได้ดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ทางฟิสิกส์ ของ The Royal Institution และมีผลงานในวิชาฟิสิกส์มากมาย เช่นการค้นพบการแทรกสอดของแสง เป็นคนแรกที่ทดลองวัดความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ และ เป็นผู้พบว่า ภายในขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น อัตราส่วนระหว่างความถี่และความเคียดของวัสดุหนึ่ง ๆ จะมีค่าคงตัวเสมอ



ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด

- มอดุลัสของยังของวัสดุบางชนิด
 - บ่งบอกถึงความแข็งแรง
 - ทนต่อแรงภายนอกได้มาก

| วัสดุ | มอดุลัสของยัง, E ($\times 10^{11}$ N/m ²) |
|------------|--|
| ตะกั่ว | 0.16 |
| แก้ว | 0.55 |
| อลูมิเนียม | 0.70 |
| ทองเหลือง | 0.91 |
| ทองแดง | 1.1 |
| เหล็ก | 1.9 |
| เหล็กกล้า | 2.0 |
| ทังสเตน | 3.6 |