



หน่วยการเรียนรู้ที่ 6

ความเค้นและ ความเครียดของวัสดุ

▲สาระสำคัญ▲

ความเค้นและความเครียดของวัสดุจะเกิดเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำกับวัสดุ แล้วทำให้วัสดุเกิดความเค้นและความเครียดขึ้นภายในวัสดุ ซึ่งความเค้นและความเครียดของวัสดุนี้แบ่งประเภทตามแรงที่กระทำ คือ เมื่อมีแรงดึงมากกระทำกับวัสดุจะทำให้เกิดความเค้นดึงและความเครียดดึง เมื่อมีแรงอัดมากกระทำกับวัสดุจะทำให้เกิดความเค้นอัดและความเครียดอัด และเมื่อมีแรงเฉือนมากกระทำกับวัสดุจะทำให้เกิดความเค้นเฉือนและความเครียดเฉือน

สาระการเรียนรู้

1. ความเค้นดึง
2. ความเค้นอัด
3. ความเค้นเฉือน
4. ความเครียดดึง
5. ความเครียดอัด
6. ความเครียดเฉือน

1. เข้าใจนิยามของความเค้นดึง
2. เข้าใจนิยามของความเค้นอัด
3. เข้าใจนิยามของความเค้นเฉือน
4. เข้าใจนิยามของความเครียดดึง
5. เข้าใจนิยามของความเครียดอัด
6. เข้าใจนิยามของความเครียดเฉือน

สมรรถนะรายวิชา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายนิยามของความเค้นดึงได้
2. อธิบายนิยามของความเค้นอัดได้
3. อธิบายนิยามของความเค้นเฉือนได้
4. อธิบายนิยามของความเครียดดึงได้
5. อธิบายนิยามของความเครียดอัดได้
6. อธิบายนิยามของความเครียดเฉือนได้
7. คำนวณความเค้นได้
8. คำนวณความเครียดได้

ความเค้นและความเครียดของวัสดุ

ความเค้นดึง

ความเค้นอัด

ความเค้นเฉือน

ความเครียดดึง

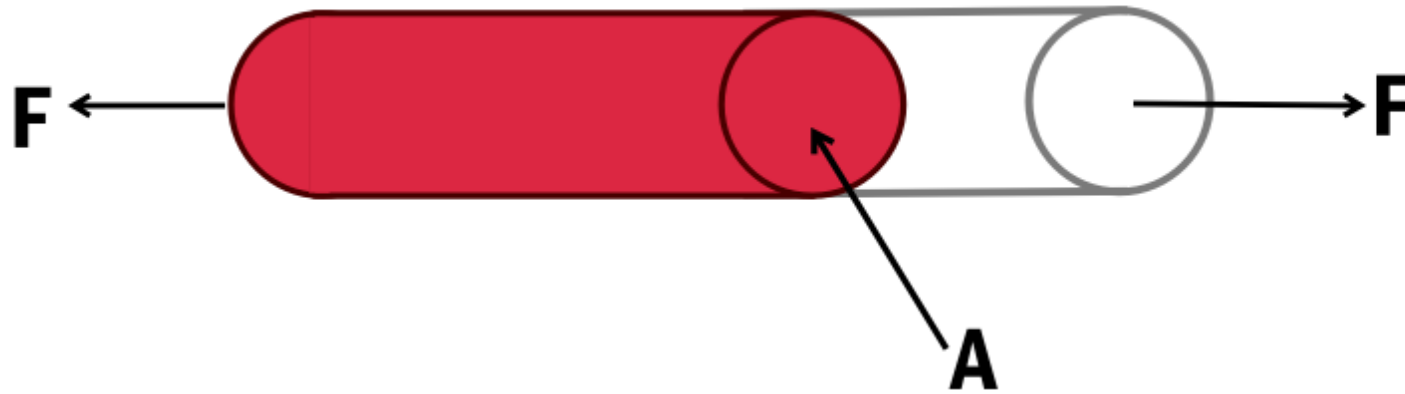
ความเครียดอัด

ความเครียดเฉือน

ผังสาระการเรียนรู้

1. ความเค้นดึง

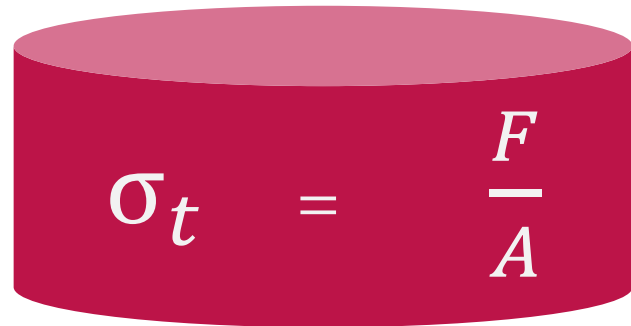
ความเค้นดึง หมายถึงความเค้นที่เกิดขึ้นภายในวัสดุเมื่อวัสดุได้รับแรงดึง



จากภาพ ท่อนเหล็กทรงกลมมีพื้นที่หน้าตัด A ได้รับแรงดึง F ทำให้เกิด
ความเค้นดึง σ_t (อ่านว่า ซิกม่า ที)

1. ความเค้นดึง

สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้


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

1

เมื่อ

σ_t = ความเค้นดึง มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือเมกะนิวตันต่อตารางเมตร (MN/m^2)

F = ขนาดของแรงที่กระทำกับวัตถุตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดใด มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

A = พื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

1. ความเค้นดึง

ตัวอย่างที่ 1

ท่อนเหล็กทรงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm ถูกดึงด้วยแรง 1,000 N จงคำนวณหาความเค้นดึง

โจทย์กำหนดให้

$$D = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m}$$

$$F = 1,000 \text{ N}$$

ดังนั้น พื้นที่ (A) หาได้จาก

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi D^2}{4} \\ &= \frac{3.14 \times 0.025^2}{4} \\ &= 4.906 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1

หาความเค้นดึง จากสมการที่ 1 จะได้

$$\begin{aligned}\sigma_t &= \frac{1,000 \text{ N}}{4.906 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \\ &= 2,038,320.42 \text{ N/m}^2 \text{ หรือ } 2.038 \text{ MN/m}^2\end{aligned}$$

ดังนั้น ความเค้นดึงเท่ากับ 2.038 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร

1. ความเค้นดึง

ตัวอย่างที่ 2

ท่อนเหล็กรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาดพื้นที่หน้าตัดกว้าง (a) 8 cm และยาว (b) 9 cm ถูกดึงด้วยแรง 5,000 N จงคำนวณหาความเค้นดึง

โจทย์กำหนดให้

$$a = 8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$$

$$b = 9 \text{ cm} = 0.09 \text{ m}$$

$$F = 5,000 \text{ N}$$

เนื่องจาก ท่อนเหล็กเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีขนาดพื้นที่หน้าตัดกว้าง (a) 0.08 m และยาว (b) 0.09 m ดังนั้นพื้นที่ (A) หาได้จาก

$$A = ab$$

$$= 0.08 \times 0.09$$

$$= 7.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

ตัวอย่างที่ 2

หาความเค้นดึง จากสมการที่ 1 จะได้

$$\begin{aligned}\sigma_t &= \frac{5,000 \text{ N}}{7.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\ &= 694,444 \text{ N/m}^2 \text{ หรือ } 0.69 \text{ MN/m}^2\end{aligned}$$

ดังนั้น ความเค้นดึงเท่ากับ 0.69 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร

ตัวอย่างที่ 3 ท่อนเหล็กรูปทรงกลมถูกดึงด้วยแรง 2,000 N กำหนดให้ความเค้นดึงเท่ากับ 50 MN/m² จงคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนเหล็ก

โจทย์กำหนดให้

$$F = 2,000 \text{ N}$$

$$\sigma_t = 50 \text{ MN/m}^2$$

$$= 50,000,000 \text{ N/m}^2$$

หาพื้นที่หน้าตัดของเหล็ก จากสมการที่ **1**
จัดรูปใหม่ และแทนค่าต่างๆ จะได้

$$\begin{aligned} A &= \frac{F}{\sigma_t} \\ &= \frac{2,000 \text{ N}}{50,000,000 \text{ N/m}^2} \\ &= 4 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

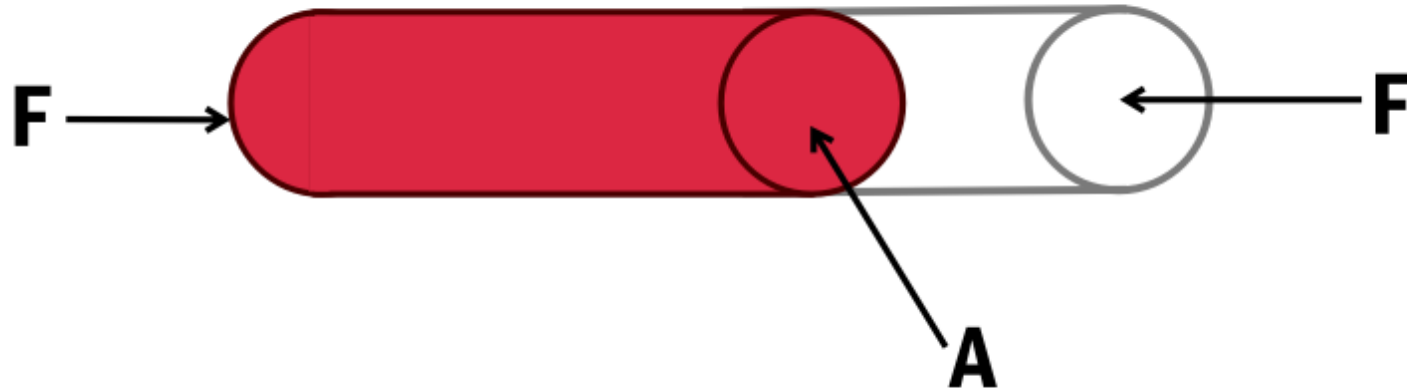
ตัวอย่างที่ 3

เนื่องจากท่อนเหล็กเป็นรูปทรงกลม ดังนั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหาจาก

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi D^2}{4} \\ 4 \times 10^{-5} \text{ m}^2 &= \frac{\pi D^2}{4} \\ \text{จัดรูปใหม่จะได้ } D^2 &= \frac{4 \times 4 \times 10^{-5} \text{ m}^2}{3.14} \\ &= 5.09 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \\ D &= \sqrt{5.09 \times 10^{-5} \text{ m}^2} \\ &= 7.13 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 7.13 \text{ mm} \end{aligned}$$

ดังนั้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อนเหล็ก
เท่ากับ 7.13 มิลลิเมตร

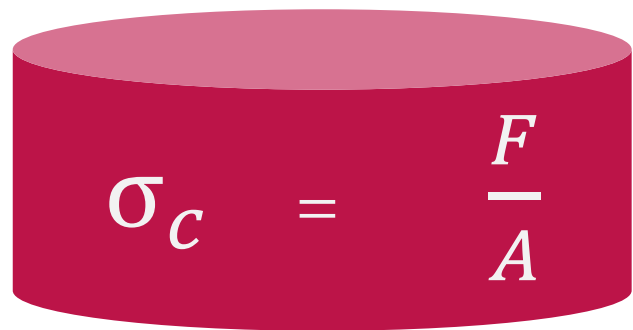
ความเค้นอัด หมายถึงความเค้นที่เกิดขึ้นภายในวัสดุเมื่อวัสดุได้รับแรงอัด ดังแสดงในภาพ



จากภาพ ท่อนเหล็กทรงกลมมีพื้นที่หน้าตัด A ได้รับแรงดึง F ทำให้เกิดความเค้นดึง σ_c (อ่านว่า ซิกม่า ซี)

2. ความเค้นอัด

สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้


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

2

เมื่อ

σ_c = ความเค้นอัด มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2)
หรือเมกะนิวตันต่อตารางเมตร (MN/m^2)

F = ขนาดของแรงที่กระทำกับวัตถุตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดใด
มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

A = พื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

เบญจวรรณ สังฆานาคินทร์

2. ความเค้นอัด

ตัวอย่างที่ 4 ท่อนเหล็กทรงกลมมีพื้นที่หน้าตัด $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ถูกอัดด้วยแรง 5,000 N จงคำนวณหาความเค้นอัด

โจทย์กำหนดให้

$$A = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F = 5,000 \text{ N}$$

หาความเค้นอัด จากสมการที่ **2** จะได้

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{5,000 \text{ N}}{5 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \\ &= 10,000,000 \text{ N/m}^2 \text{ หรือ } 10 \text{ MN/m}^2\end{aligned}$$

ดังนั้น ความเค้นอัดเท่ากับ 10 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร

2. ความเค้นอัด

ตัวอย่างที่ 5 ท่อนเหล็กรูปทรงกลมถูกอัดด้วยแรง 3,000 N กำหนดให้ความเค้นอัดเท่ากับ 40 MN/m^2 จงคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนเหล็ก

หาพื้นที่หน้าตัดของเหล็ก จากสมการที่ **2**
จัดรูปใหม่และแทนค่าต่างๆ จะได้

$$\begin{aligned} A &= \frac{F}{\sigma_c} \\ &= \frac{3,000 \text{ N}}{40,000,000 \text{ N/m}^2} \\ &= 7.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

โจทย์กำหนดให้

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 40 \text{ MN/m}^2 \\ &= 40,000,000 \text{ N/m}^2 \\ F &= 3,000 \text{ N} \end{aligned}$$

2. ความเค้นอัด

ตัวอย่างที่ 5

เนื่องจากท่อเหล็กเป็นรูปทรงกลม ดังนั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง หาจาก

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$7.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2 = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\text{จัดรูปใหม่จะได้ } D^2 = \frac{4 \times 7.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2}{3.14}$$

$$= 9.554 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{9.554 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

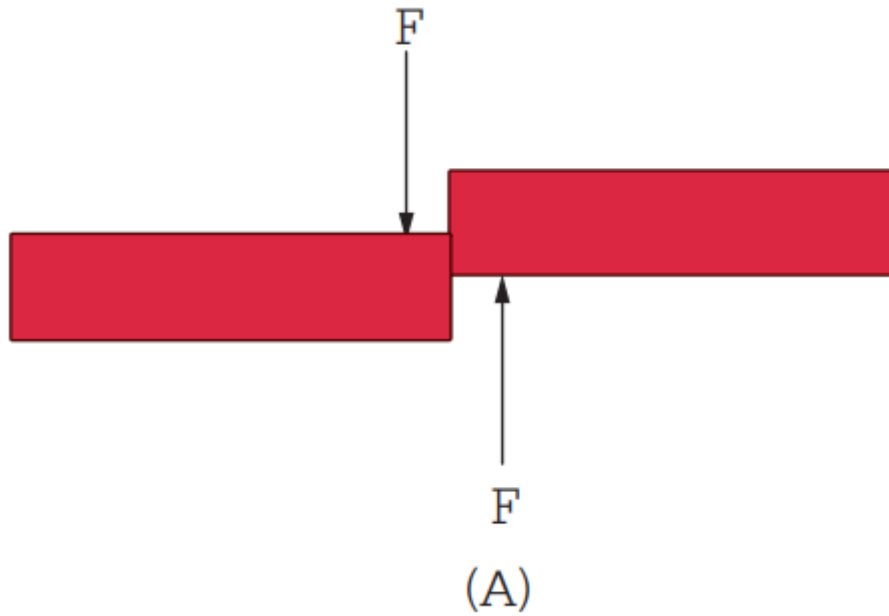
$$= 9.77 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$= 9.77 \text{ mm}$$

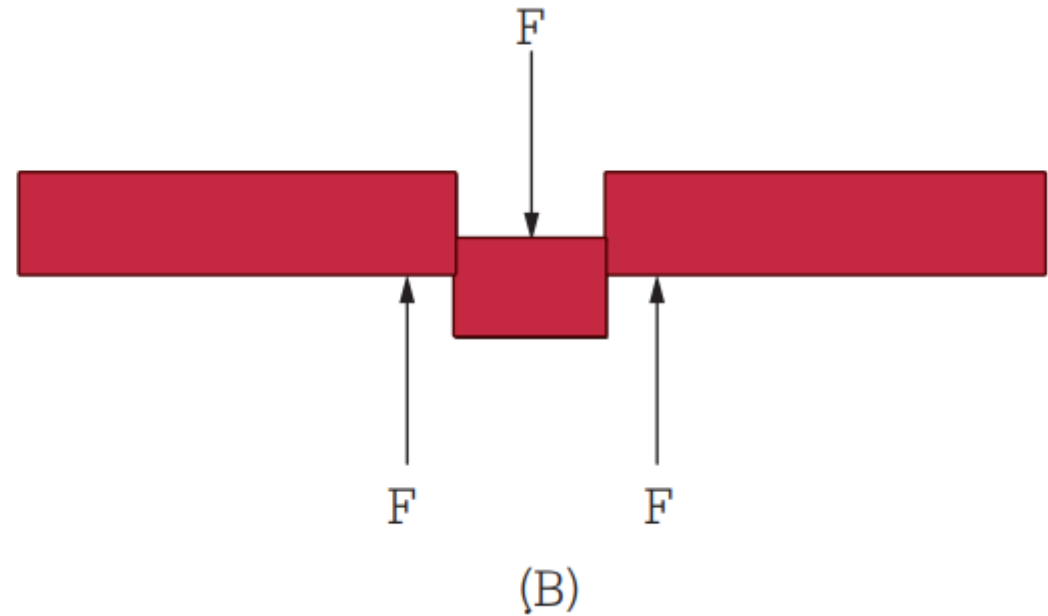
ดังนั้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเหล็กเท่ากับ 9.77 มิลลิเมตร

2. ความเค้นอัด

ความเค้นเฉือน หมายถึงความเค้นที่เกิดขึ้นภายในวัสดุ เมื่อวัสดุได้รับแรงเฉือน ดังแสดงในภาพ



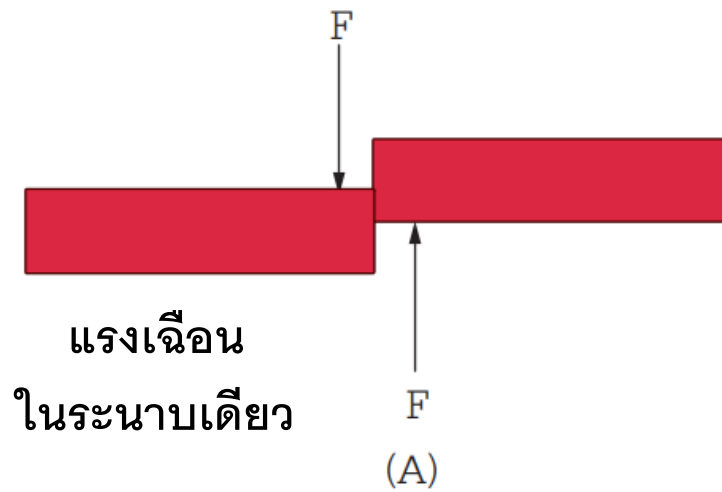
แรงเฉือนในระนาบเดียว



แรงเฉือนในสองระนาบ

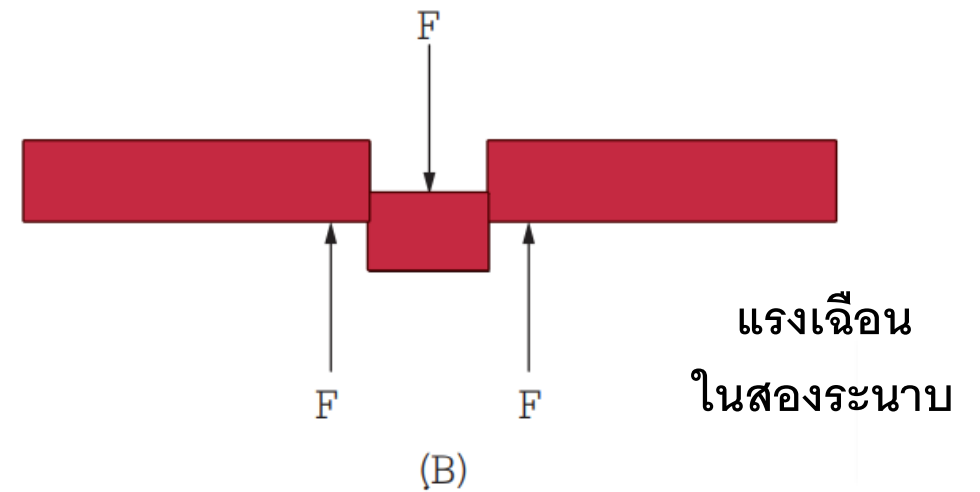
3. ความเค้นเฉือน

เบญจวรรณ สัจฆานาคินทร์



แผ่นเหล็กมีพื้นที่หน้าตัด A ได้รับแรงเฉือน F
ทำให้เกิดความเค้นเฉือน τ (อ่านว่า เทา)

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{3}$$



แผ่นเหล็กมีพื้นที่หน้าตัด $2A$ ได้รับแรงเฉือน F
ทำให้เกิดความเค้นเฉือน τ (อ่านว่า เทา)

$$\tau = \frac{F}{2A} \quad \text{4}$$

3. ความเค้นเฉือน

เบญจวรรณ สังฆานาคินทร์

เมื่อ

τ = ความเค้นเฉือน มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือเมกะนิวตันต่อตารางเมตร (MN/m^2)

F = ขนาดของแรงที่กระทำกับวัตถุตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดใด มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

A = พื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

3. ความเค้นเฉือน

เบญจวรรณ สังฆานาคินทร์

ตัวอย่างที่ 6 แผ่นเหล็ก 2 แผ่นถูกยึดติดกันด้วยหมุดย้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm จงหาความเค้นเฉือนหากแผ่นเหล็กมีแรงดึง 4,000 N

ดังนั้น พื้นที่ (A) หาได้จากสูตร

โจทย์กำหนดให้

$$D = 20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$$

$$F = 4,000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi D^2}{4} \\ &= \frac{3.14 \times 0.02^2}{4} \\ &= 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. ความเค้นเฉือน

เบญจวรรณ สักขานาคินทร์

ตัวอย่างที่ 6

หาความเค้นเฉือนจากสมการที่ 3 จะได้

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{4,000 \text{ N}}{3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \\ &= 12,738,853.5 \text{ N/m}^2 \text{ หรือ } 12.73 \text{ MN/m}^2\end{aligned}$$

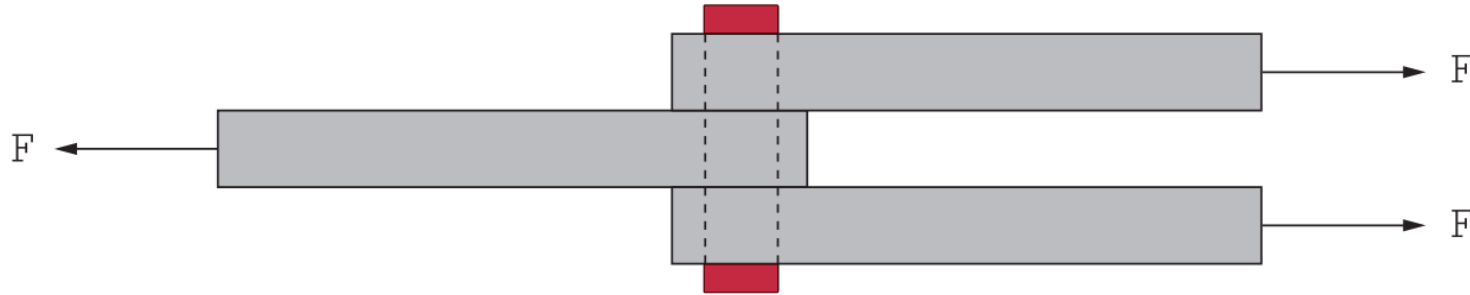
ดังนั้น ความเค้นเฉือนเท่ากับ 12.73 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร

3. ความเค้นเฉือน

เบญจวรรณ สักขานาคินทร์

ตัวอย่างที่ 7

แผ่นเหล็ก 3 แผ่นถูกยึดติดกันด้วยหมุดย้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm ดังแสดงในภาพ จงหาความเค้นเฉือนหากแผ่นเหล็กมีแรงดึง 4,000 N



โจทย์กำหนดให้

$$D = 20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$$

$$F = 4,000 \text{ N}$$

ดังนั้น พื้นที่ (A) หาได้จากสูตร

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi D^2}{4} \\ &= \frac{3.14 \times 0.02^2}{4} \\ &= 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. ความเค้นเฉือน

เบญจวรรณ สัมมานาคินทร์

ตัวอย่างที่ 7

หาความเค้นเฉือน จากสมการที่ 4 จะได้

$$\tau = \frac{4,000 \text{ N}}{2 \times 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$
$$= 6,369,426.75 \text{ N/m}^2 \text{ หรือ } 6.37 \text{ MN/m}^2$$

ดังนั้น ความเค้นเฉือนเท่ากับ 6.37 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร

3. ความเค้นเฉือน

เบญจวรรณ สักขานาคินทร์

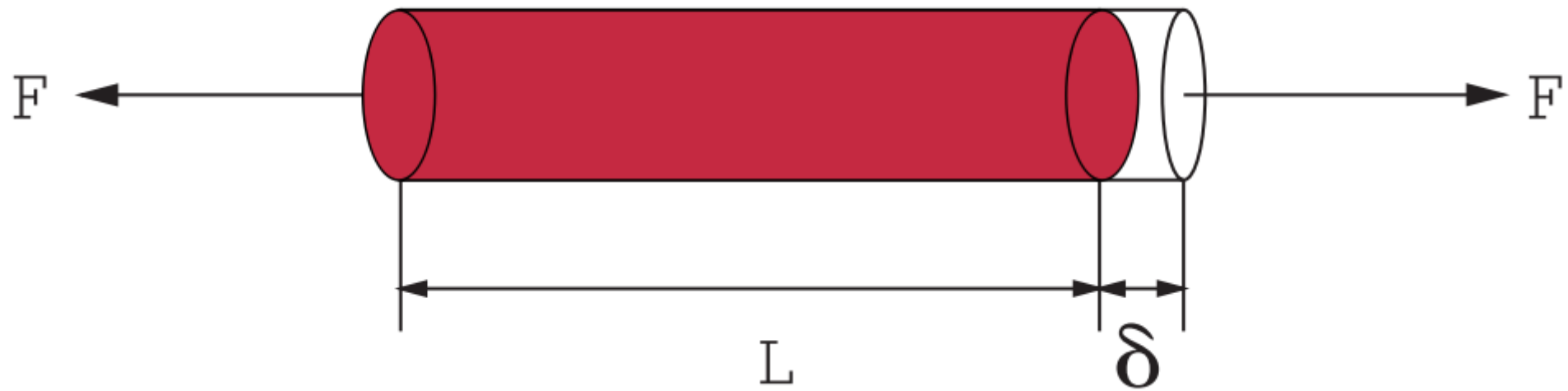
จากตัวอย่างที่ 6 และ 7 จะเห็นว่าเมื่อขนาดของหมุดและแรงกระทำที่เท่ากัน ความเค้นเฉือนในแรง สองระนาบจะมีค่าน้อยกว่าความเค้นเฉือนในระนาบเดียวประมาณ 1 เท่าตัว เพราะแรงเฉือนในสองระนาบ มีพื้นที่ในการรับแรงมากกว่า

3. ความเค้นเฉือน

เบญจวรรณ สัจจนาสินทร์

4. ความเครียดดึง

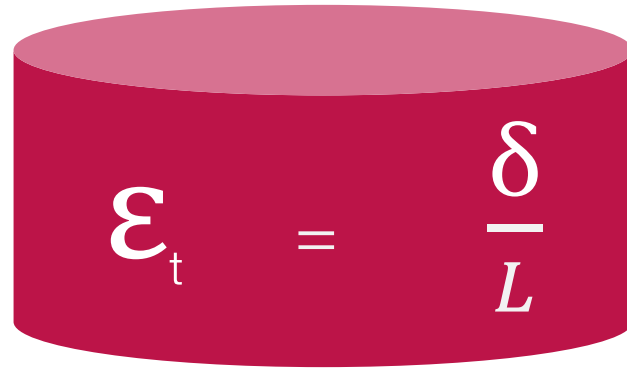
ความเครียดดึง หมายถึง ความเครียดที่เกิดขึ้นภายในวัสดุเมื่อวัสดุได้รับแรงดึง และจะส่งผลให้วัสดุมีการเปลี่ยนแปลงความยาวหรือมีความยาวเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพ



จากภาพ ท่อนเหล็กทรงกลมมีความยาวเดิม L ได้รับแรงดึง F ทำให้เกิดความเครียดดึง ϵ_t (อ่านว่า เอบซิลอน ที) จนทำให้มีความยาวเพิ่มขึ้นจากความยาวเดิม δ (อ่านว่า เดลตา)

4. ความเครียดดึง

สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้


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

5

เมื่อ

ϵ_t = ความเครียดดึง

δ = ความยาวที่เพิ่มขึ้น มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

L = ความยาวเดิม มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

4. ความเครียดดึง

ตัวอย่างที่ 8

ท่อนเหล็กทรงกลมยาว 5 m อยู่ภายใต้แรงดึงจนทำให้มีความยาวเพิ่มขึ้นจากความยาวเดิม 10 mm จงคำนวณหาความเครียดดึง

โจทย์กำหนดให้

$$L = 5 \text{ m} = 5,000 \text{ mm}$$

$$\delta = 10 \text{ mm}$$

หาความเครียดดึง จากสมการที่ 5 จะได้

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \frac{10 \text{ mm}}{5,000 \text{ mm}} \\ &= 0.002\end{aligned}$$

ดังนั้น ความเครียดดึงเท่ากับ 0.002

4. ความเครียดดึง

ตัวอย่างที่ 9

ท่อนเหล็กทรงกลมท่อนหนึ่งอยู่ภายใต้ความเครียดดึง 0.0012 ทำให้มีความยาวเพิ่มขึ้นจากเดิม 6 mm จงหาความยาวเดิมของท่อนเหล็กทรงกลมนี้

โจทย์กำหนดให้

$$\epsilon_t = 0.0012$$

$$\delta = 6 \text{ mm}$$

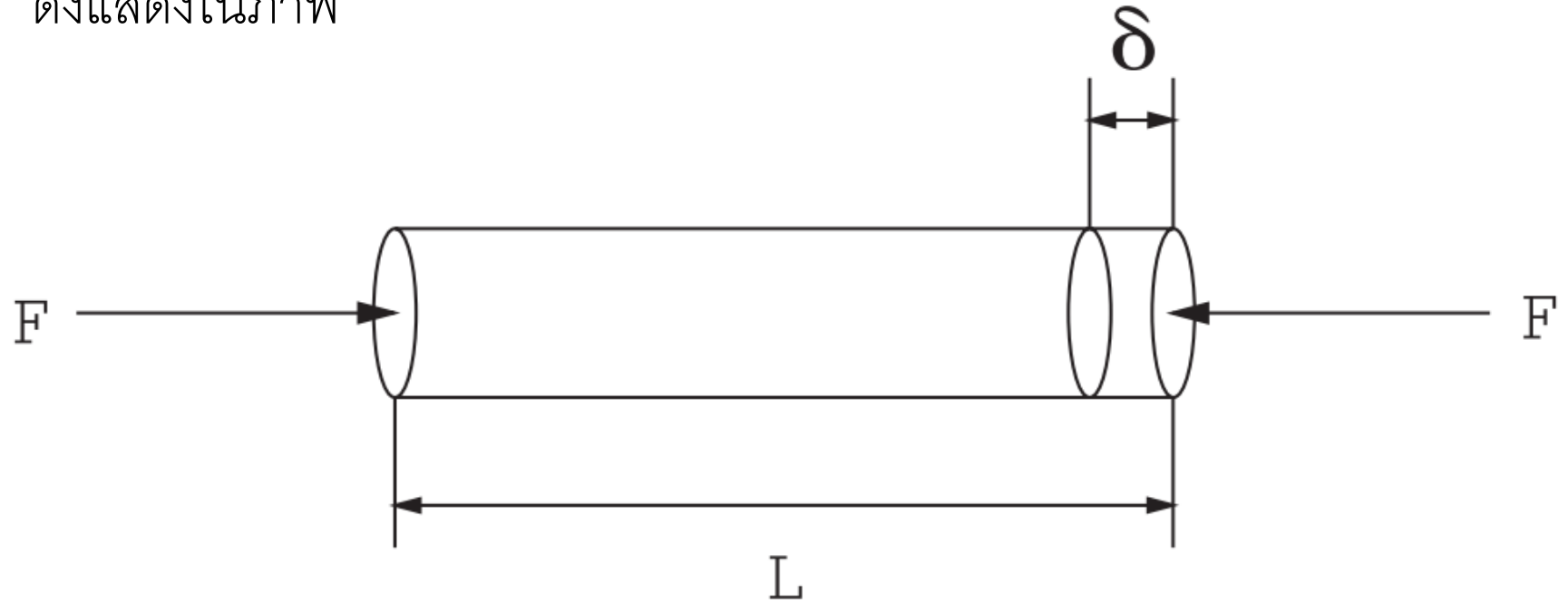
หาความเครียดดึง จากสมการที่ 5 จะได้

$$\begin{aligned} L &= \frac{6 \text{ mm}}{0.0012} \\ &= 5,000 \text{ mm หรือ } 5 \text{ m} \end{aligned}$$

ดังนั้น ความยาวเดิมของท่อนเหล็กทรงกลมเท่ากับ
5 เมตร

5. ความเครียดอัด

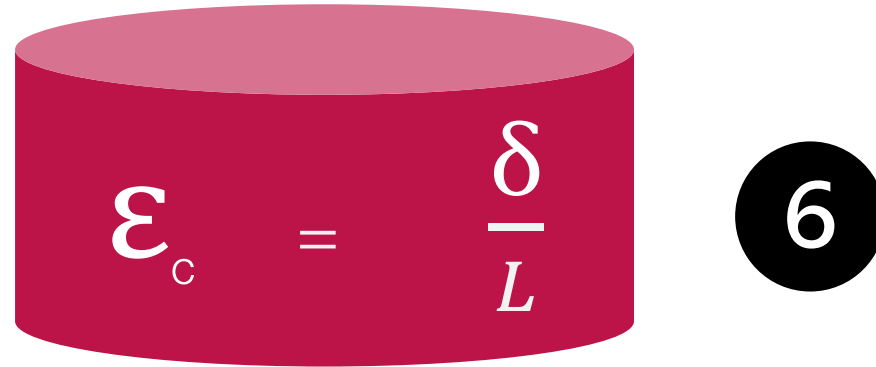
ความเครียดอัด หมายถึง ความเครียดที่เกิดขึ้นภายในวัสดุเมื่อวัสดุได้รับแรงอัด และจะส่งผลให้วัสดุมีการเปลี่ยนแปลงความยาวหรือมีความยาวสั้นลง ดังแสดงในภาพ



จากภาพ ท่อนเหล็กทรงกลมมีความยาวเดิม L ได้รับแรงดึง F ทำให้เกิดความเครียดดึง ϵ_t (อ่านว่า เอบซิลอน ที) จนทำให้มีความยาวเพิ่มขึ้นจากความยาวเดิม δ (อ่านว่า เดลตา)

5. ความ เครียดอัด

สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้


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

เมื่อ

ϵ_c = ความเครียดอัด

δ = ความยาวที่ลดลง มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

L = ความยาวเดิม มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

5. ความ เครียดอัด

ตัวอย่างที่ 10

ท่อนเหล็กทรงกลมยาว 2 m อยู่ภายใต้แรงอัดจนทำให้มีความยาวลดลงจากความยาวเดิม 2 mm จงคำนวณหาความเครียดอัด

โจทย์กำหนดให้

$$L = 2 \text{ m} = 2,000 \text{ mm}$$

$$\delta = 2 \text{ mm}$$

หาความเครียดดึง จากสมการที่ 6 จะได้

$$\begin{aligned}\epsilon_c &= \frac{2 \text{ mm}}{2,000 \text{ mm}} \\ &= 0.001\end{aligned}$$

ดังนั้น ความเครียดดึงเท่ากับ 0.001

5. ความเครียด

ตัวอย่างที่ 11

ท่อนเหล็กทรงกลมท่อนหนึ่งอยู่ภายใต้ความเครียดอัด 0.0015 ทำให้มีความยาวลดลงจากเดิม 3 mm จงหาความยาวเดิมของท่อนเหล็กทรงกลมนี้

โจทย์กำหนดให้

$$\epsilon_t = 0.0015$$

$$\delta = 3 \text{ mm}$$

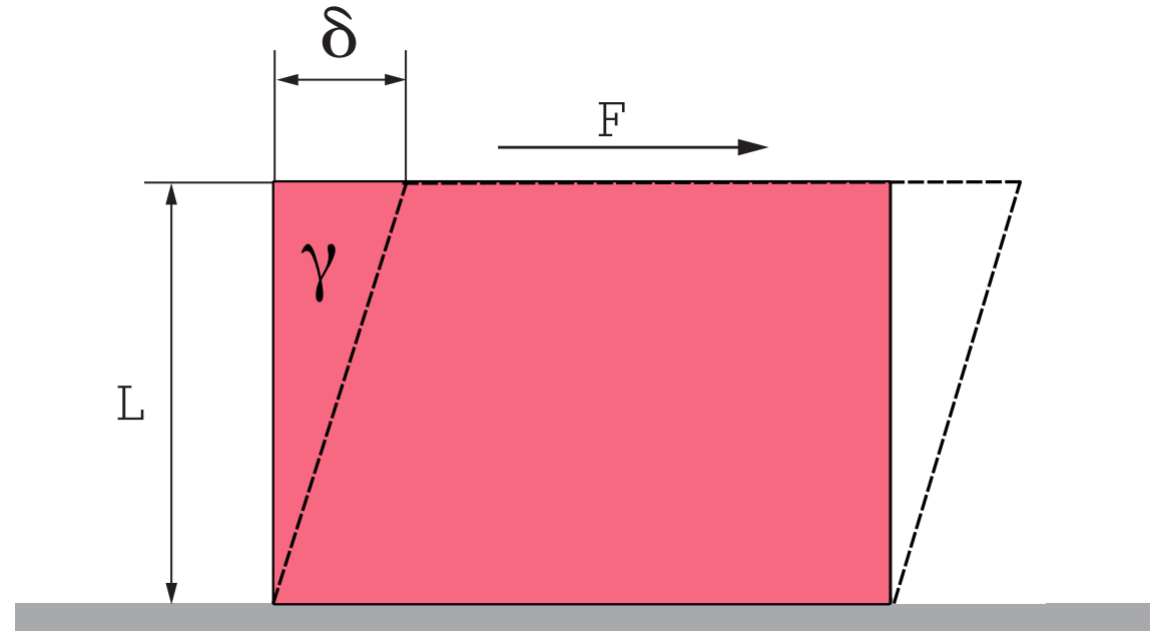
หาความเครียดดึง จากสมการที่ 6 จะได้

$$\begin{aligned} L &= \frac{3 \text{ mm}}{0.0015} \\ &= 2,000 \text{ mm หรือ } 2 \text{ m} \end{aligned}$$

ดังนั้น ความยาวเดิมของท่อนเหล็กทรงกลมเท่ากับ 5 เมตร

5. ความเครียดเฉือน

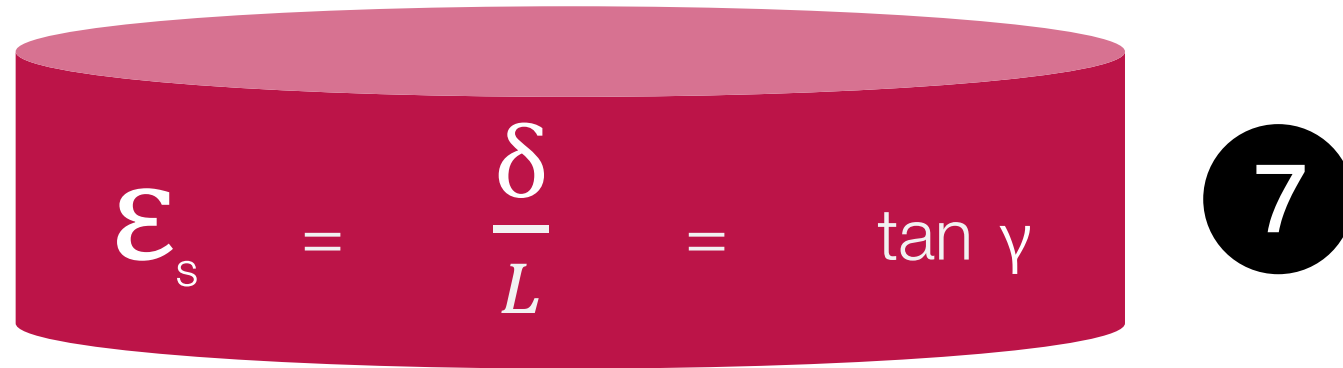
ความเครียดเฉือน หมายถึง ความเครียดที่เกิดขึ้นภายในวัสดุ เมื่อวัสดุได้รับแรงเฉือน และส่งผลให้วัสดุมีการเปลี่ยนแปลงเชิงมุม ดังแสดงในภาพ



จากภาพ ท่อนเหล็กทรงกลมมีความยาวเดิม L ได้รับแรงเฉือน F ทำให้เกิดความเครียดเฉือน ϵ_s (อ่านว่า เอบซิลอน เอส) จนทำให้มีระยะเปลี่ยนไปจากเดิม δ (อ่านว่า เดลตา)

5. ความเครียดเฉือน

สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้


$$\epsilon_s = \frac{\delta}{L} = \tan \gamma$$

ϵ_s = ความเครียดเฉือน

δ = ความยาวที่เปลี่ยนไปจากเดิม มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

L = ความยาวเดิม มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

γ = มุมที่เกิดขึ้นเมื่อวัสดุได้รับแรงเฉือน มีหน่วยเป็น เรเดียน γ (อ่านว่า แกมมา)

5. ความเครียดเฉือน

ตัวอย่างที่ 12

แท่งโลหะมีความยาว 400 mm มีแรงมากกระทำที่ผิวบนทำให้ท่อนโลหะมีความยาวที่เปลี่ยนไปจากเดิมจากเดิม 2 mm จงหาความเครียดเฉือน

โจทย์กำหนดให้

$$L = 400 \text{ mm}$$

$$\delta = 3 \text{ mm}$$

หาความเครียดเฉือน จากสมการที่ 7 จะได้

$$\begin{aligned}\epsilon_s &= \frac{2 \text{ mm}}{400 \text{ mm}} \\ &= 0.005\end{aligned}$$

ดังนั้น ความเครียดเฉือนเท่ากับ 0.005

5. ความเครียดเฉือน

ตัวอย่างที่ 13

แท่งโลหะแท่งหนึ่งอยู่ภายใต้ความเครียดเฉือน 0.0038 ทำให้มีความยาวเปลี่ยนไปจากเดิม 2.5 mm จงหาความยาวเดิมของแท่งโลหะ

โจทย์กำหนดให้

$$\epsilon_s = 0.0038$$

$$\delta = 2.5 \text{ mm}$$

หาความยาวเดิมจากสมการที่ 7 จะได้

$$\begin{aligned} L &= \frac{2.5 \text{ mm}}{0.0038} \\ &= 657.89 \text{ mm} \end{aligned}$$

ดังนั้น ความยาวเดิมของแท่งโลหะเท่ากับ 657.89 mm