

問題1 直径 5 cm の棒を 15000 kgw で縦方向に引っ張ったところ、0.0006 cm 細くなった。ポアソン比はいくらか。ここで、縦弾性係数(ヤング率)を $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kgw/cm}^2$ とする。

$$\text{(略解)} \quad e = -\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon} = -\frac{\varepsilon_1}{\left(\frac{\sigma}{E}\right)} = -\frac{E\varepsilon_1}{\sigma} = -\frac{E\varepsilon_1}{F/S} = \frac{2.1 \times 10^6 \text{ kgw/cm}^2 \cdot \left(\frac{0.0006}{5}\right)}{15000 \text{ kgw} / (3.14 \times (2.5 \text{ cm})^2)} = 0.3297$$

問題2 棒鋼の両端を 40°C で固定して 10°C に下げた。棒にはどんな応力がどれほど起きたか。ここで、縦弾性係数を $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kgw/cm}^2$ とし、線膨張係数を $\alpha = 11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ とする。

(略解) 温度が $t^\circ\text{C}$ から $t'^\circ\text{C}$ へ上昇するとき、物体の長さが l から l' へ変化した。温度上昇と長さの変化には次の関係がある: $\frac{l'-l}{l} = \frac{\lambda}{l} = \alpha(t'-t)$ 。温度上昇に伴う長さの変化を何等かの方法で阻止

すると、物体内には次の応力が発生する: $\sigma' = -E \frac{l'-l}{l} = -E \frac{\lambda}{l}$ 。ここで、マイナス記号は、外部からの、変形阻止のための応力であることを表す。これを熱応力という。従って、熱応力 σ' は次のように計算できる。

$$\begin{aligned} \sigma' &= -E \frac{l'-l}{l} = -E \frac{\lambda}{l} = -E\alpha(t'-t) = -(2.1 \times 10^6 \text{ kgw/cm}^2) \times (11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}) \times (10^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}) \\ &= 724.5 \text{ kgw/cm}^2 = 7.1 \times 10^7 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

(引っ張り応力。)

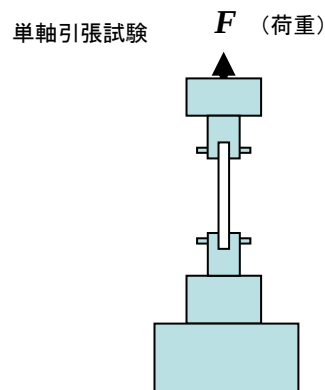
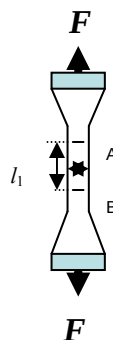
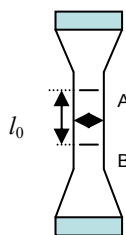
問題3 径 2 cm, 長さ 120 cm のばね鋼に 10 t の引っ張り張力がかかっている。弾性エネルギーはいくらか。縦弾性係数を $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kgw/cm}^2$ とする。

(略解) 単位体積当たりの弾性エネルギーを u で表すと: $u = \frac{\sigma^2}{2E} = \frac{E\varepsilon^2}{2}$ ($\because \sigma = E\varepsilon$)。体積を V で表すと、弾性エネルギー U は次のように計算できる。

$$\begin{aligned} U &= Vu = V \frac{\sigma^2}{2E} = ((3.14 \times 0.010 \text{ m} \times 0.010 \text{ m}) \times 1.20 \text{ m}) \times \frac{\left(\frac{10000 \times 9.8 \text{ N}}{3.14 \times 0.010 \text{ m} \times 0.010 \text{ m}}\right)^2}{2 \times 2.1 \times 10^{10} \times 9.8 \text{ N/m}^2} \\ &\cong 89 \text{ N} \cdot \text{m} = 89 \text{ J} \end{aligned}$$

問題4 半径 $r = 1.26 \text{ cm}$ の円柱棒について単軸引張り試験を行う。引張力 $F = 1,000 \text{ N}$ を作用させる前に、棒の上に $l_0 = 30 \text{ cm}$ (標点距離) の距離で離れている A と B の2点に目印をつける。

力をかけたあとで、A と B の距離は $l_1 = 31.5 \text{ cm}$ と測定されている。棒に発生した引張りひずみと平均引張り応力を決めよ。 (2頁へ続く)

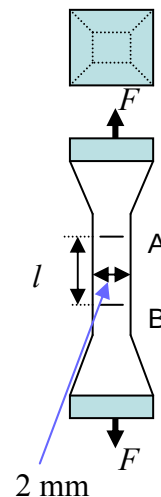


(略解) $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = 0.050$ 、 $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1000\text{N}}{\pi r^2 \text{cm}^2} \cong 201 \text{ N/cm}^2 = 2.01 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

問題5 人間の骨皮質組織の弾性係数の決定。試験片のサイズと形状は右図を参照。

- (1) 引っ張り力(応力)とひずみを決定しなさい。
- (2) 応力-ひずみ線図を書きなさい。
- (3) 骨の弾性係数 E を決めなさい。

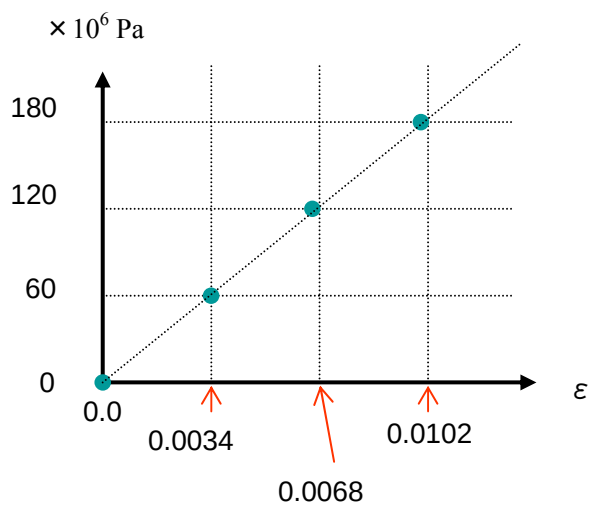
荷重, F (N)	標点距離, l (mm)
0	5.000
240	5.017
480	5.033
720	5.050



- (1) 引っ張り力(応力)とひずみ

F (N)	応力 (Pa)	l (mm)	ε (mm/mm)
0	0	5.000	0.0
240	60×10^6	5.017	0.0034
480	120×10^6	5.033	0.0066
720	180×10^6	5.050	0.0100

- (2) 応力-ひずみ線図



- (3) 弾性係数 $E \cong \underline{18} \text{ GPa}$ ($1 \text{ GPa} \equiv 1 \times 10^9 \text{ Pa}$)