

問 1

$$(1) \nu = 1 \text{ mm/min} = \frac{1}{60} \text{ mm/s}$$

$$\text{伸び速度 } \dot{\varepsilon} = \frac{\nu}{l} = \frac{1}{60} \times \frac{1}{100} = 1.667 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$(2) \text{初期降伏応力 } Y = 75(1+0)^{1.15} = 75.0 \text{ [MPa]}$$

$$\begin{aligned} \text{圧縮荷重 } P &= Y \times S = 75 \times 10^{-6} \times \{ \pi \times (5 \times 10^{-3})^2 \} \\ &= 5890 \text{ [N]} = 58.9 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$(3) (a) \text{ 公称伸び } e = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{95 - 100}{100} = -0.05$$

$$(b) \text{ 真伸び } \varepsilon = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right) = \ln\left(\frac{95}{100}\right) = -0.0513$$

$$\text{単軸圧縮伸び率 } \bar{\varepsilon} = |\varepsilon| = +0.0513$$

(※ 平面伸びでよいので係数は不要)

$$(c) \text{ このときの流動応力 } \sigma \text{ は } \sigma = 75(1+0.0513)^{1.15} = 79.4 \text{ [MPa]}$$

このときの断面積を $A \text{ [mm}^2\text{]}$ とすると、体積一定だから

$$\pi \times 5^2 \times 100 = A \times 95 \therefore A = 82.7 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\begin{aligned} \text{荷重 } P &= \sigma \cdot S = (79.4 \times 10^6) \times (82.7 \times 10^{-6}) = 6580 \text{ [N]} \\ &= 6.58 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$(4) \bar{\varepsilon} = 2 \times (0.0513) = 0.1026$$

$$\text{このときの流動応力 } \sigma' = 75(1+0.1026)^{1.15} = 83.9 \text{ [MPa]}$$

$$\begin{aligned} \text{荷重 } P &= \sigma' \cdot S' = (83.9 \times 10^6) \times \{ \pi \times (5 \times 10^{-3})^2 \} = 6590 \text{ [N]} \\ &= 6.59 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

(5) くみれ発生条件は, $d\bar{\sigma}/d\bar{\varepsilon} = \bar{\sigma}$ より

$$1.15 \times 75 \times (1 + \bar{\varepsilon})^{0.05} = 75 \times (1 + \bar{\varepsilon})^{1.15}$$

$$\therefore 1.15 = 1 + \bar{\varepsilon}$$

したがって くみれ発生時の相当ひずみは 0.15

(4) a 状態までは 0.1026 の相当ひずみが消費されているので

$$\text{残りの相当ひずみは } \bar{\varepsilon}'' = 0.15 - 0.1026 = 0.0474$$

このときの長さ l'' とすると

$$\ln\left(\frac{l''}{100}\right) = 0.0474$$

$$\therefore l'' = 100 \exp(0.0474) = 104.85 \text{ [mm]}$$

このときの断面積を A'' [mm²] とすると、体積一定より

$$\pi \times 5^2 \times 100 = A'' \times 104.85$$

$$\therefore A'' = 74.90 \text{ [mm}^2\text{]}$$

このときの引張荷重は、

$$P'' = 75 \times (1 + 0.15)^{1.15} \times 10^6 \times \{74.90 \times 10^{-6}\}$$

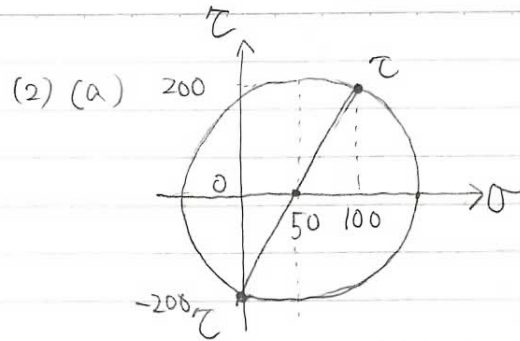
$$= 6598 \text{ [N]} = 6.60 \text{ [kN]}$$

* (この時点で材料に蓄えられている相当ひずみは 0.15 であることに注意すること。すなわち元の長さにもどった時には、すでに相当ひずみ $\bar{\varepsilon} = 0.1026$ が付与されている。)

問 2

$$(1) (a) \quad k = \tau_{\max} = \frac{1}{2}(\gamma - 0) \quad \therefore \gamma = 400 \text{ [MPa]}$$

$$(b) \quad \gamma^2 = \bar{\sigma}^2 = 3\tau_{xy}^2 = 3k^2 \quad \therefore \gamma = \sqrt{3}k = 346.4 \text{ [MPa]}$$



$$\tau^2 + (100 - 50)^2 = 200^2$$

$$\therefore \tau = 193.6 \text{ [MPa]}$$

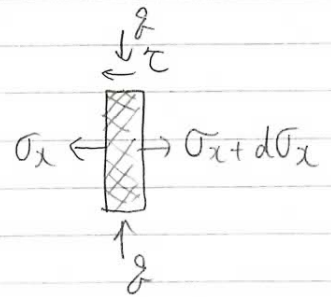
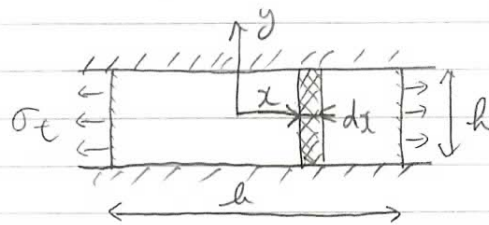
(b) $\gamma^2 = \bar{\sigma}^2 = \frac{1}{2} \{ (100 - 0)^2 + 0^2 + (0 - 100)^2 \} + 3 \times \tau^2$

" $(346.4)^2 \therefore 346.4^2 = 100^2 + 3\tau^2$

$$\tau = 191.5 \text{ [MPa]}$$

問3

(1)



$$(\sigma_x + d\sigma_x)h - \sigma_x h - \tau dx = 0$$

$$d\sigma_x h = \tau dx = \frac{\gamma}{\sqrt{3}} dx$$

(*) ここで摩擦せん断応力は、上界面のみには作用する
ことに注意すること。すなわち $2\tau dx$ ではなく τdx)

(2) Mises の降伏条件に従うため

$$\sigma_x - \sigma_y = 2k = \frac{2}{\sqrt{3}} \gamma \quad \therefore \sigma_x + \rho = \frac{2}{\sqrt{3}} \gamma$$

(3) 図の右端で、x方向の応力が張力 σ_t とつりあうから

at $x = \frac{b}{2}$, $\sigma_x = \sigma_t$ または

$$\rho = \frac{2}{\sqrt{3}} \gamma - \sigma_x = \frac{2}{\sqrt{3}} \gamma - \sigma_t$$

$$(4) (1) \text{より} \quad \frac{d\sigma_x}{dx} = \frac{Y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{h} \quad \therefore \quad \frac{d\varphi}{dx} = -\frac{Y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{h}$$

$$\varphi = \int d\varphi = -\frac{Y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{h} \int dx + C = -\frac{Y}{\sqrt{3}} \frac{x}{h} + C$$

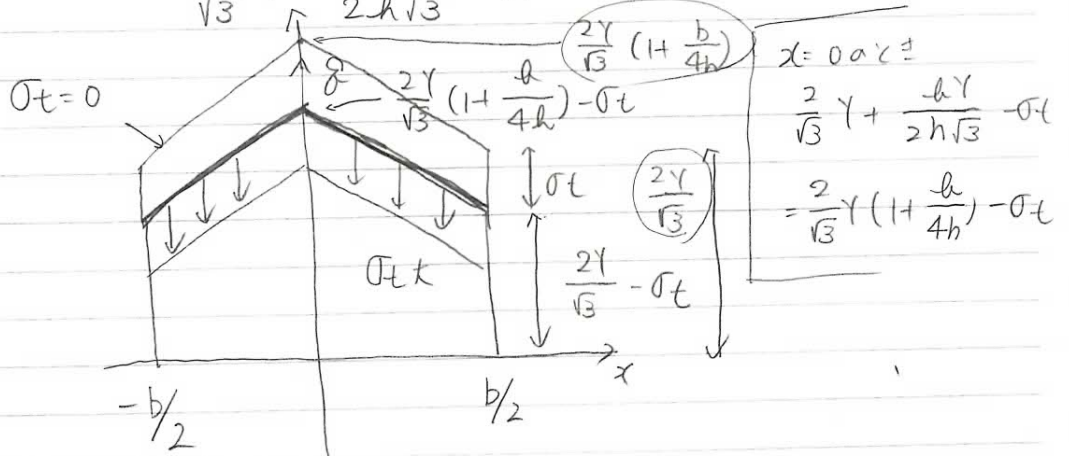
(3) の境界条件より

$$\varphi \Big|_{x=\frac{b}{2}} = -\frac{Y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{h} \cdot \frac{b}{2} + C = \frac{2}{\sqrt{3}} Y - \sigma_t$$

$$\therefore C = \frac{2}{\sqrt{3}} Y - \sigma_t + \frac{b}{2h} \cdot \frac{Y}{\sqrt{3}}$$

$$\therefore \varphi = -\frac{Y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{x}{h} + \frac{2}{\sqrt{3}} Y - \sigma_t + \frac{b}{2h} \cdot \frac{Y}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{2}{\sqrt{3}} Y + \frac{Y}{2h\sqrt{3}} (b-2x) - \sigma_t$$



図より σ_t が増加すると, φ の分布は全体に低下する。
すなわち, 負の方向に並行移動して, 左端荷重が減少する。

問4

(1) アルミニウムのサッシなど (2) (略)

(3) (略)

(4) (略)

$$(5) d\varepsilon_{ij}^P = d\lambda \frac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}}$$

(f : 塑性ポテンシャル)
例では, $f = \bar{\sigma}$

降伏曲面上 塑性増分