

7.1

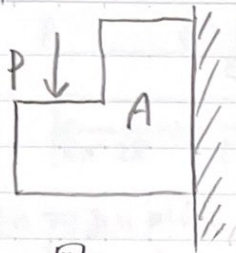


図1

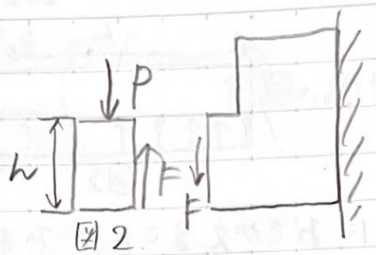


図2

Aの厚さを $t = 15 \text{ mm}$ とする。断面積を A とすると $A = ht$ となる。

図2から $P = F$ とし、Aにかけられているせん断応力を τ とすると、

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

ここで

$$\tau \leq \frac{\tau_B}{S_f} \quad \text{より}$$

$$\frac{P}{ht} \leq \frac{\tau_B}{S_f}$$

$$h \geq \frac{PS_f}{\tau_B t}$$

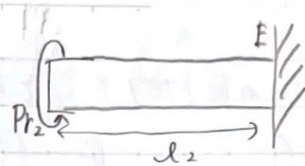
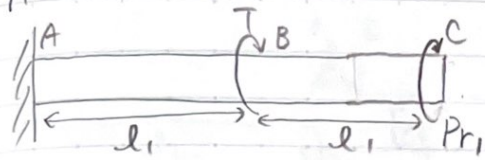
$$= \frac{40 \times 10^3 \times 2.5}{150 \times 10^6 \times 15 \times 10^{-3}}$$

$$= 44.4 \times 10^{-3} \text{ m}$$

よって h の最小値を h_{\min} とすると

$$h_{\min} = \underline{44.4 \text{ mm}}$$

7.2



時計回りを正とする。

上図のように文字をかく。Pは歯車間での反力、 r_1, r_2 はC, Dの歯車の半径である。 I_p を断面二次極モーメントとする。

- (i) 点Bでのねじれ角を求めるためにPを求める。

歯車が回転したときそれぞれの弧の長さは等しいので、点C, Dでのねじれ角を ϕ_C, ϕ_D とすると

$$r_1 \phi_C = r_2 \phi_D \quad \text{①}$$

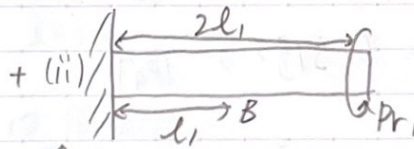
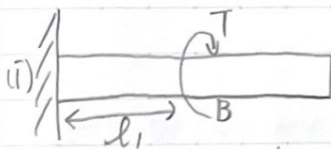
$$\phi_C = \frac{T l_1}{G I_p} - \frac{P r_1 \cdot 2 l_1}{G I_p} = \frac{l_1}{G I_p} (T - 2 P r_1)$$

$$\phi_D = \frac{P r_2}{G I_p} l_2$$

とそれぞれ求めるので①に代入して

$$r_1 \frac{l_1}{G I_p} (T - 2 P r_1) = r_2 \frac{P r_2}{G I_p} l_2$$

$$\therefore P = \frac{T r_1 l_1}{2 r_1^2 l_1 + r_2^2 l_2} = -59.52 \times 10^3 \text{ [N]}$$



上図のように点Bでのねじれ角 ϕ_B はTと $P r_1$ によるねじれ角の合成と考える。

- (i). TによるBのねじれ角 ϕ_{B1}

$$\phi_{B1} = \frac{T l_1}{G I_p}$$

- (ii) $P r_1$ によるねじれ角 ϕ_{B2} (比ねじれ角を θ_{B2} とすると)

$$\phi_{B2} = -\theta_{B2} \times l_1 = -\frac{P r_1}{G I_p} \times l_1$$

- (i), (ii)より

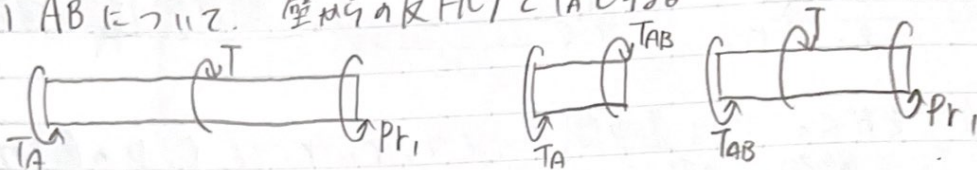
$$\phi_B = \phi_{B1} + \phi_{B2} = \frac{T l_1}{G I_p} - \frac{P r_1 l_1}{G I_p} = \frac{l_1}{G I_p} (T - P r_1)$$

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} \quad \text{より} \quad \phi_B = \frac{32 l_1}{G \pi d^4} (T - P r_1) = 0.0249 \text{ rad}$$

7.2

(2).

(i) AB について。壁ねじりの反トルク T_A と T_B 。



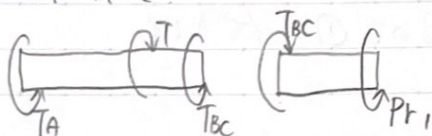
トルクのつり合いから。

$$T_A = T - Pr_1 = 16.07 \times 10^3 \text{ [N}\cdot\text{m]}$$

AB 間の最大せん断応力 $\tau_{\max AB}$ は $T_{AB} = T_A$ より

$$\begin{aligned} \tau_{\max AB} &= \frac{T_A}{I_p} \cdot \frac{d}{2} \\ &= \frac{16 T_A}{\pi d^3} = 112.3 \times 10^6 \text{ [Pa]} \end{aligned}$$

(ii) BC について



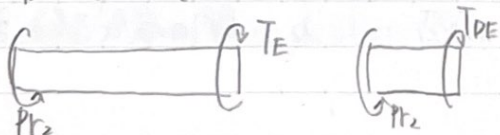
トルクから。

$$T_{BC} = Pr_1 = 8.928 \times 10^3 \text{ [N}\cdot\text{m]}$$

BC 間の最大せん断応力 $\tau_{\max BC}$ は

$$\begin{aligned} \tau_{\max BC} &= \frac{T_{BC}}{I_p} \cdot \frac{d}{2} \\ &= \frac{16 T_{BC}}{\pi d^3} = 62.373 \times 10^6 \text{ [Pa]} \end{aligned}$$

(iii) DE について



トルクより

$$T_E = T_{DE} = Pr_2 = 17.856 \text{ [N}\cdot\text{m]}$$

DE 間の最大せん断応力 $\tau_{\max DE}$ は

$$\begin{aligned} \tau_{\max DE} &= \frac{T_{DE}}{I_p} \cdot \frac{d}{2} \\ &= \frac{16 T_{DE}}{\pi d^3} = 124.7 \times 10^6 \text{ [Pa]} \end{aligned}$$

$$\therefore \begin{cases} \tau_{\max AB} = 112 \text{ MPa} \\ \tau_{\max BC} = 62.4 \text{ MPa} \\ \tau_{\max DE} = 125 \text{ MPa} \end{cases}$$

7.3

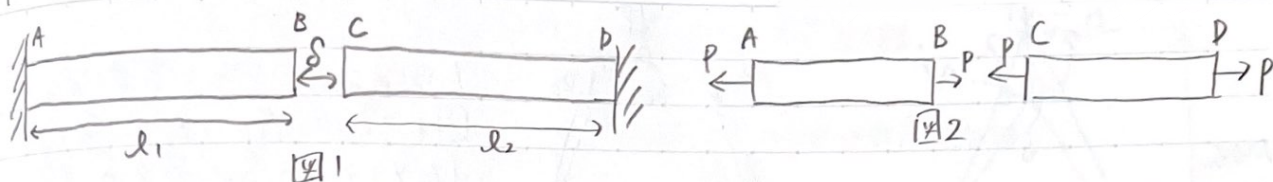


図1のように文字を定義する。図2はABとCDが接触した後のFBDである。AB, CDのヤング率, 線膨張係数, 断面積, 降伏応力をそれぞれ $E_1, E_2, \alpha_1, \alpha_2, A_1, A_2, \sigma_{YAB}, \sigma_{YCD}$ とする。AB, CDの伸び $\lambda_{AB}, \lambda_{CD}$ は

$$\lambda_{AB} = \alpha_1 \Delta T l_1 + \frac{P l_1}{A_1 E_1}, \quad \lambda_{CD} = \alpha_2 \Delta T l_2 + \frac{P l_2}{A_2 E_2} \quad \text{と表せる。}$$

$$\lambda_{AB} + \lambda_{CD} = \delta = 0.2 \text{ mm} \quad \text{である。}$$

$$\alpha_1 \Delta T l_1 + \frac{P l_1}{A_1 E_1} + \alpha_2 \Delta T l_2 + \frac{P l_2}{A_2 E_2} = \delta$$

$$\therefore P = \frac{A_1 A_2 E_1 E_2}{A_2 E_2 l_1 + A_1 E_1 l_2} (\delta - \Delta T (\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2))$$

よって棒ABにかかる応力 σ_{AB} は $A_1 = 7.069 \times 10^{-4} \text{ m}^2, A_2 = 4.908 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ より

$$|\sigma_{AB}| = \left| \frac{P}{A_1} \right| = \frac{A_2 E_1 E_2}{A_2 E_2 l_1 + A_1 E_1 l_2} (\delta - \Delta T (\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2)) \leq \sigma_{YAB}$$

$$\text{と表せるので} \quad \Delta T \geq \frac{1}{\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2} \left(\delta + \frac{A_2 E_2 l_1 + A_1 E_1 l_2}{A_2 E_1 E_2} \sigma_{YAB} \right)$$

$$= 329.2$$

さらに棒CDにかかる応力 σ_{CD} は同様に

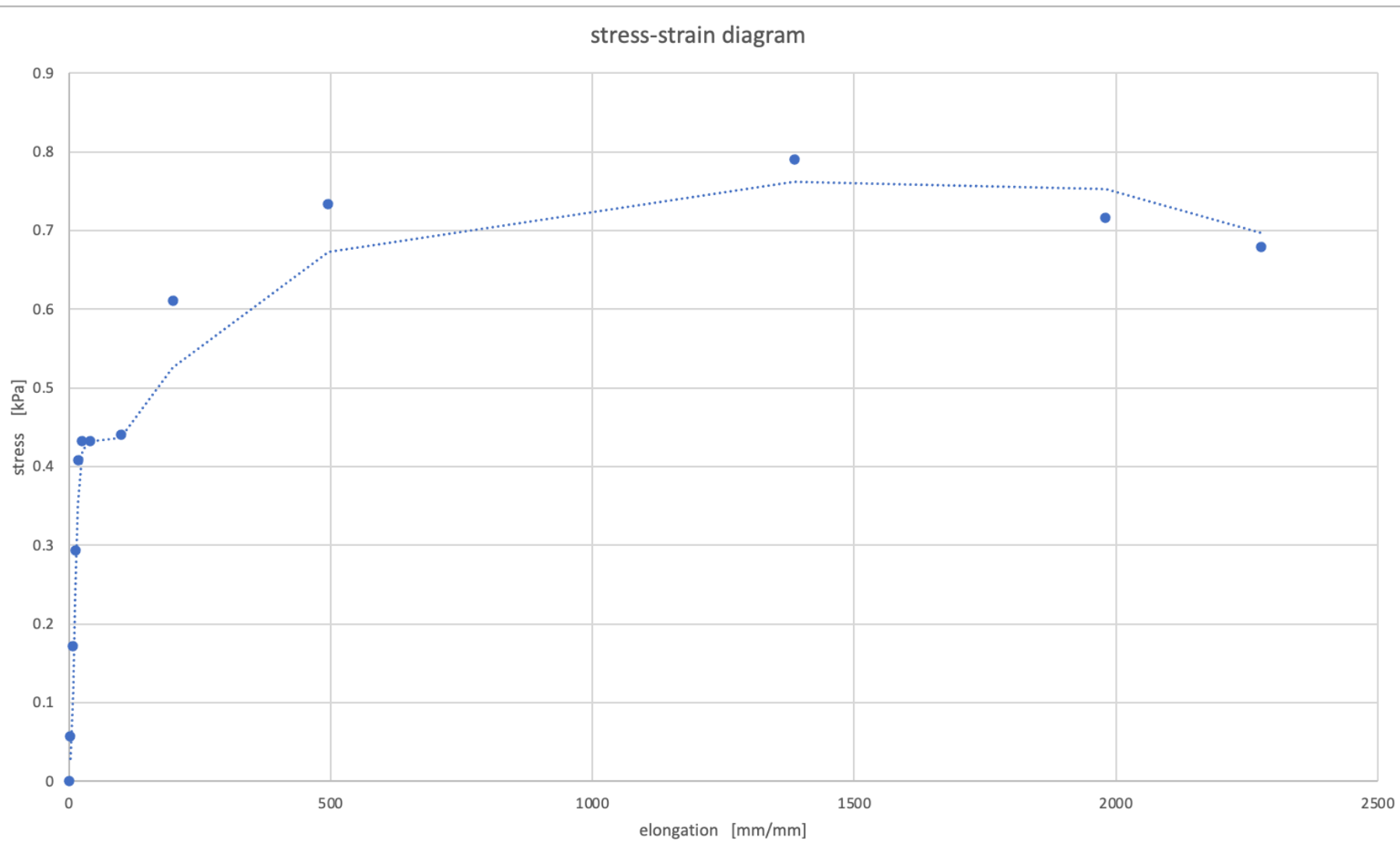
$$|\sigma_{CD}| = \left| \frac{P}{A_2} \right| = \frac{A_1 E_1 E_2}{A_2 E_2 l_1 + A_1 E_1 l_2} (\delta + \Delta T (\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2)) \leq \sigma_{YCD}$$

$$\text{よって} \quad \Delta T \geq \frac{1}{\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2} \left(\delta + \frac{A_2 E_2 l_1 + A_1 E_1 l_2}{A_1 E_1 E_2} \sigma_{YCD} \right)$$

$$= 599.8$$

$$\therefore T = 349.^\circ\text{C}$$

strain	stress
0	0
2.475	0.057
7.426	0.1711
12.38	0.2934
17.33	0.4075
24.75	0.4319
39.6	0.4319
99.01	0.4401
198	0.6112
495	0.7335
1386	0.7905
1980	0.7156
2277.2	0.6789



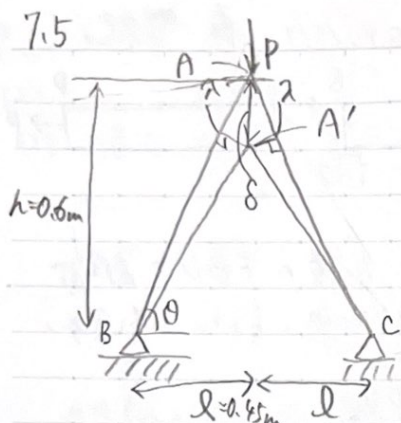


図1

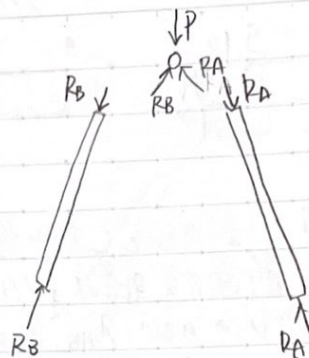


図2

左図のように文字を定義する。
 図1のように A から A' に変位
 1 としてその変化量を δ , 棒の
 変形量を λ とする。
 左右対称なので 図2 の方は
 FBD を考える。

左右対称であるから 図2 において $R_A = R_B$ である。

点 A における力のつりあいを。

$$P = R_B \sin \theta + R_A \sin \theta$$

$$= 2 R_A \sin \theta$$

$$\therefore R_A = R_B = \frac{P}{2 \sin \theta}$$

棒 AB, AC の縮み λ を求める。

$$\lambda = \frac{R_A}{AE} \times \frac{l}{\cos \theta}$$

$$= \frac{P l}{AE \cdot 2 \sin \theta \cos \theta} = \frac{P l}{AE \cdot 2 \cdot \frac{h}{\sqrt{h^2 + l^2}} \cdot \frac{l}{\sqrt{h^2 + l^2}}} = \frac{P(h^2 + l^2)}{2 h A E}$$

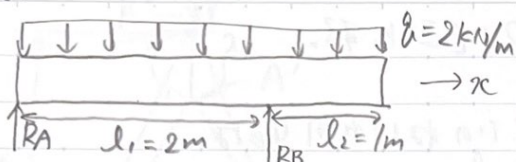
図1 より $\delta \cos(90^\circ - \theta) = \lambda$ とおくと

$$\delta \sin \theta = \frac{P(h^2 + l^2)}{2 h A E}$$

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow P &= \frac{2 h A E}{h^2 + l^2} \cdot \delta \cdot \frac{h}{\sqrt{h^2 + l^2}} \\ &= \frac{2 \cdot 0.6^2 \cdot 900 \times 10^6 \times 200 \times 10^3}{(0.6^2 + 0.45^2)^{3/2}} \\ &= 153.6 \times 10^3 \end{aligned}$$

$$\therefore P = 154 \text{ kN}$$

7.7.

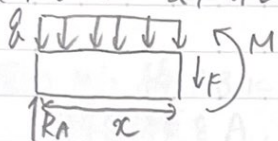


左図の5)に字を定義する。

$$\uparrow \text{力のつりあいより} \quad R_A + R_B = q(l_1 + l_2)$$

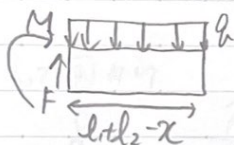
$$\rightarrow \text{モーメントのつりあいより} \quad -\frac{q}{2}(l_1 + l_2)^2 + R_B l_1 = 0$$

$$\therefore R_B = \frac{q(l_1 + l_2)^2}{2l_1}, \quad R_A = \frac{q(l_1^2 - l_2^2)}{2l_1}$$

(i) $0 \leq x \leq l_1$ のとき

$$F = R_A - qx = \frac{q(l_1^2 - l_2^2)}{2l_1} - qx = 1.5 \times 10^3 - 2 \times 10^3 x$$

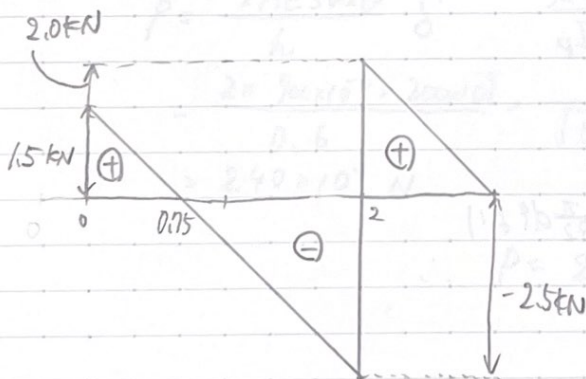
$$M = -\frac{q}{2}x^2 + R_A x = -\frac{q}{2}x\left(x - \frac{l_1^2 - l_2^2}{l_1}\right) = -x\left(x - \frac{3}{2}\right) \times 10^3$$

(ii) $l_1 \leq x \leq l_1 + l_2$ のとき

$$F = q(l_1 + l_2 - x) = 2 \times 10^3 (3 - x)$$

$$M = -\frac{q}{2}(l_1 + l_2 - x)^2 = -10^3 (3 - x)^2$$

• SFD



• BMD

