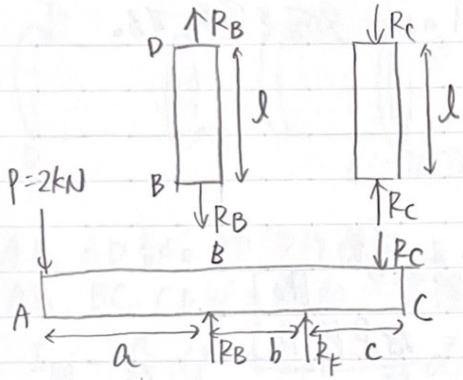
9.3



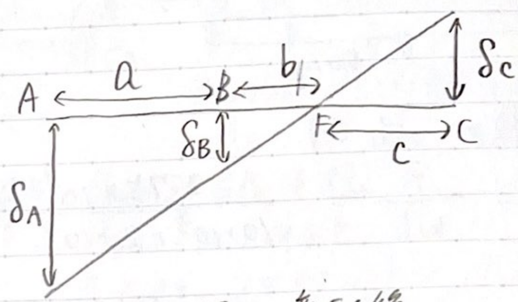


図2. 変形後

図1. FBD

力のつりあいより

$$R_B + R_F = P + R_C \Rightarrow R_F = R_C - R_B + P \quad \cdots ①$$

棒ACのモーメントのつりあいから

$$-R_F C - R_B(b+C) + P(a+b+C) = 0 \quad \cdots ②$$

①②より

$$-(R_C - R_B + P)C - R_B(b+C) + P(a+b+C) = 0$$

$$\Leftrightarrow P(a+b) = R_B b + R_C C \quad \cdots ③$$

図2より

$\dfrac{\delta_B}{\delta_C} = \dfrac{b}{C}$ であり $\delta_B = \dfrac{R_B l}{AE}$, $\delta_C = \dfrac{R_C l}{AE}$ なので (A,は断面積Eはヤング率

$$R_B C = R_C b$$

この式と③より

$$R_B\left(b + \frac{C^2}{b}\right) = P(a+b) \Leftrightarrow R_B = \frac{Pb(a+b)}{b^2 + C^2}$$

さらに図2から

$\dfrac{\delta_A}{\delta_B} = \dfrac{a+b}{b}$ なので $\delta_A = \dfrac{a+b}{b} \cdot \dfrac{R_B l}{AE}$

$$\therefore \delta_A = \frac{a+b}{b} \cdot \frac{l}{AE} \cdot \frac{Pb(a+b)}{b^2+C^2}$$

$$= \frac{Pl(a+b)^2}{AE(b^2+C^2)}$$

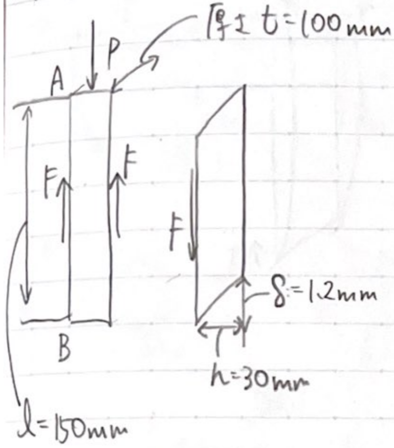
$$= \frac{2\times10^3 \times 0.225 \times (0.625)^2}{800\times10^{-6} \times 100\times10^9 ((75\times10^{-3})^2 + 0.1^2)} \quad 1.406\times10^{-4}$$

$\therefore \delta_A = 0.141$ mm //

No.

Date

9.4



左図のように文字を定義する。
Fはせん断力である。
力のつりあいから

$P=2F$

$\Leftrightarrow F=\frac{P}{2}$

ゴムの部分の面積は lt と書ける。
ゴムにかかるせん断応力 τ は

$$\tau=\frac{F}{tl}$$

$$=\frac{P}{2tl}$$ である。

フックの法則よりせん断弾性係数をG, ひずみを γ とすると
$\tau=G\gamma$ となる。図より

$\gamma=\frac{\delta}{h}$ であるから

$$G=\frac{\tau}{\gamma}$$

$$=\frac{h}{\delta}\frac{P}{2tl}$$

$$=\frac{0.03\times20\times10^3}{2\times0.1\times0.15\times1.2\times10^{-3}}=16.67\times10^6\ [\mathrm{Pa}]$$

$\therefore G=16.7\ [\mathrm{MPa}]$

No.

Date

9.5

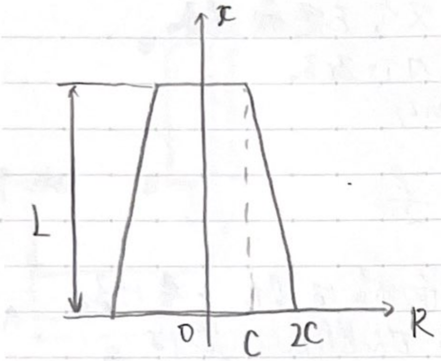


図1

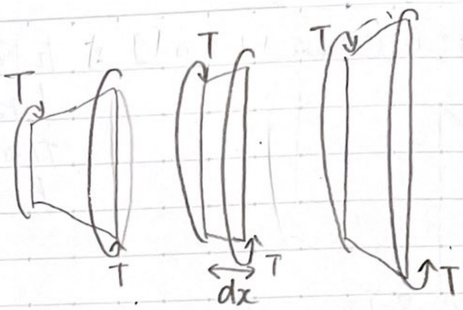


図2

(1) 図1のような座標を考えると

$$R = -\frac{C}{L}x + 2C$$

と表せる。ここで断面二次極モーメント I_p は

$$I_p = \frac{\pi}{2}R^4$$

と表せる。位置 x でのせん断応力 τ は

$$\tau = \frac{T}{I_p}r = \frac{2T}{\pi R^4}\times r$$

と表せるので R が最小かつ r が最大のときに τ は最大値をとる。

R, r の最大値 R_{max}, r_{max} は $R_{max} = 2C$, $r_{max} = 2C$

$$\therefore \tau_{max} = \frac{T}{4\pi C^3}$$

(2) 図2のような微小部分 dx を考える。ここでのねじれ角 $d\phi$ は

$$d\phi = \frac{T\,dx}{GI_p} = \frac{T}{G}\frac{2}{\pi}\left(\frac{L}{-Cx+2CL}\right)^4 dx$$

これを0から L まで積分したものが、A でのねじれ角である。

$$\phi = \frac{2TL^4}{G\pi C^4}\int_0^L \left(\frac{1}{x-2L}\right)^4 dx$$

$$= \frac{2TL^4}{G\pi C^4}\left[-\frac{1}{3}(x-2L)^{-3}\right]_0^L$$

$$= \frac{2TL^4}{G\pi C^4}\cdot\frac{7}{24L^3}$$

$$\therefore \phi = \frac{7TL}{12G\pi C^4}$$

9.7

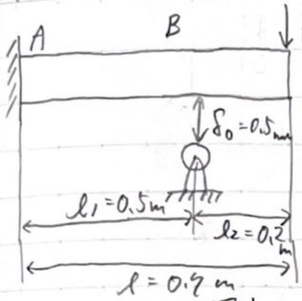


図1

左図のように文字を定義し，点Cの必要な変形量を$\delta_C=0.8$mmとする。断面2次モーメントをIとすると $I=\frac{1}{12}0.06^4=1.08\times10^{-6}$ である。まず点Bがδ_0変位する時に必要な力P_1を求め，点Cがδ_C変位するのにさらに必要な力を出す。まずP_1を求める。たわみ角とたわみの一般式を用いる。

$$\delta_0=\frac{P_1 l}{6EI}\left(3-\frac{l_1}{l}\right)l_1^2 \rightarrow P_1=\frac{6EI\delta_0}{l_1^2}\cdot\frac{1}{3l-l_1}$$

荷重P_1がかかったときの点Cの変位δ_{C1}は

$$\delta_{C1}=\frac{P_1 l^3}{3EI}=\frac{2\delta_0 l^3}{l_1^2(3l-l_1)}$$

である。

荷重P_1がかかったときの点Bでのたわみ角θ_Bは

$$\theta_B=\frac{P_1 l_1}{2EI}\left(2-\frac{l_1}{l}\right)l_1=\frac{3\delta_0(2l-l_1)}{l(3l-l_1)}$$

図2

次に左図のように点Bを壁であると考える。点Bのたわみがδ_0でBに対するCのたわみが0であると考えたのが図2である。このときAに対してCのたわみは$\delta_{CB}=\theta_B l_2$である。

よってAに対してCがδ_{C1}たわんだときCはBに対して$\delta_{C1}-\delta_{CB}$だけたわんでいる。棒BCを単純支持はりと考え，Cが$\delta_{C1}-\delta_{CB}$変形するのに必要な力をP_2とする。

$$\delta_{C1}-\delta_{CB}=\frac{P_2 l_2^3}{3EI}\Rightarrow\frac{2\delta_0 l^3}{l_1^2(3l-l_1)}-\frac{3\delta_0 l_2(2l-l_1)}{l(3l-l_1)}=\frac{P_2 l_2^3}{3EI}\Rightarrow P_2=\frac{3EI}{l_2^3}\frac{2\delta_0 l^4-3\delta_0 l_1^2 l_2(2l-l_1)}{l_1 l(3l-l_1)}$$

同様に図2の状態から点Cの必要なたわみδ_Cだけ変形させるのに必要な力をP_3とおく。

$$\delta_C-\delta_{CB}=\frac{P_3 l_2^3}{3EI}\Rightarrow\delta_C-\frac{3\delta_0 l_2(2l-l_1)}{l(3l-l_1)}=\frac{P_3 l_2^3}{3EI}\Rightarrow P_3=\frac{3EI}{l_2^3}\left(\delta_C-\frac{3\delta_0 l_2(2l-l_1)}{l(3l-l_1)}\right)$$

よってP_1に加えて必要な力はP_3-P_2である。求める力Pは

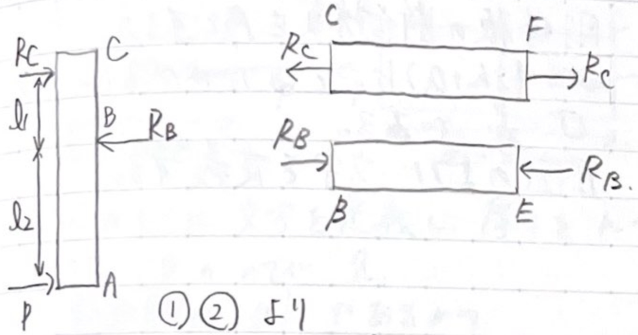
$$P=P_1+(P_3-P_2)$$

$$=\frac{6EI\delta_0}{l_1^2(3l-l_1)}+\frac{3EI}{l_2^3}\left(\delta_C-\frac{3\delta_0 l_2(2l-l_1)}{l(3l-l_1)}\right)-\frac{3EI}{l_2^3}\left(\frac{2\delta_0 l^4-3\delta_0 l_1^2 l_2(2l-l_1)}{l_1 l(3l-l_1)}\right)$$

$$=21.93\times10^3$$

$\therefore P=21.9$ kN

9.8



左図のように文字を定義する。
$P = 18\,kN$ である。
棒ACの力のつりあいから
$R_C + P = R_B$ …①
モーメントのつりあいから
$P(l_1 + l_2) = R_B l_1$ …②

①②より

$$R_B = P\frac{l_1 + l_2}{l_1}, \quad R_C = P\frac{l_2}{l_1}$$

・BEの変位を λ_{BE} とすると 断面積を $A = 60 \times 15 \times 10^{-6} = 9 \times 10^{-4}\ m^2$

$$\lambda_{BE} = \frac{R_B l}{AE} = \frac{P(l_1 + l_2)\,l}{l_1 AE} = \frac{18 \times 10^3 \times 0.44 \times 0.24}{0.18 \times 9 \times 10^{-4} \times 200 \times 10^9} = 5.866 \times 10^{-5}\ m$$

応力 σ_{BE} は

$$\sigma_{BE} = \frac{R_B}{A} = \frac{P(l_1 + l_2)}{l_1 A} = \frac{18 \times 10^3 \times 0.44}{0.18 \times 9 \times 10^{-4}} = 48.88 \times 10^6\ [Pa]$$

・CFの変位を λ_{CF} とすると

$$\lambda_{CF} = \frac{R_C l}{AE} = \frac{P l_2 l}{l_1 AE} = \frac{18 \times 10^3 \times 0.26 \times 0.24}{0.18 \times 9 \times 10^{-4} \times 200 \times 10^9} = 3.467 \times 10^{-5}$$

応力 σ_{CF} は

$$\sigma_{CF} = \frac{R_C}{A} = \frac{P l_2}{l_1 A} = \frac{18 \times 10^3 \times 0.26}{0.18 \times 9 \times 10^{-4}} = 28.89 \times 10^6\ [Pa]$$

$\lambda_{BE} = 5.87 \times 10^{-2}\ mm$ の縮み. $\lambda_{CF} = 0.0347\ mm$ の伸び

$\sigma_{BE} = 48.9\ MPa$ の圧縮, $\sigma_{CF} = 28.9\ MPa$ の引張り //