

試験日 : 2025 年 9 月 13 日

入試種別 : 大学院入学試験(4 月入学)修士課程 秋期試験

学部・研究科: 先端理工学研究科 機械工学・ロボティクスコース

科目名 : 専門科目

材料力学

解答又は解答例

1

(1) 3 本の棒の縮み λ は等しいから, 次式が成り立つ。

$$\lambda = \frac{\sigma_1 L}{E_1} = \frac{\sigma_2 L}{E_2} = \frac{\sigma_3 L}{E_3} \quad \dots(i)$$

(2) 3 本の棒に生ずる抵抗力和外力 P のつり合いより,

$$P = \sigma_1 A_1 + \sigma_2 A_2 + \sigma_3 A_3$$

(3) (1)より

$$\frac{\sigma_1}{E_1} = \frac{\sigma_2}{E_2} = \frac{\sigma_3}{E_3} = k \quad \dots(ii) \quad \text{とおいて, (2)で示した式に代入すると,}$$

$$P = kE_1 A_1 + kE_2 A_2 + kE_3 A_3$$

$$\therefore k = \frac{P}{A_1 E_1 + A_2 E_2 + A_3 E_3}$$

これと式(ii)から,

$$\sigma_1 = \frac{PE_1}{A_1 E_1 + A_2 E_2 + A_3 E_3}, \quad \sigma_2 = \frac{PE_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2 + A_3 E_3}, \quad \sigma_3 = \frac{PE_3}{A_1 E_1 + A_2 E_2 + A_3 E_3} \quad \dots(iii)$$

式(iii) と, (1)で求めた式(i)より,

$$\lambda = \frac{\sigma_1 l}{E_1} = \frac{Pl}{A_1 E_1 + A_2 E_2 + A_3 E_3}$$

(4) 図3に基づき、棒2の中央点におけるモーメントのつり合いを考えると、

$$-\sigma_1 A_1 \cdot a + \sigma_3 A_3 \cdot a + P(a - x) = 0 \quad \cdots(\text{iv})$$

(3)で求めた応力：

$$\sigma_1 = \frac{PE_1}{D}, \quad \sigma_2 = \frac{PE_2}{D}, \quad \sigma_3 = \frac{PE_3}{D}$$

$$\text{ただし, } D = A_1 E_1 + A_2 E_2 + A_3 E_3$$

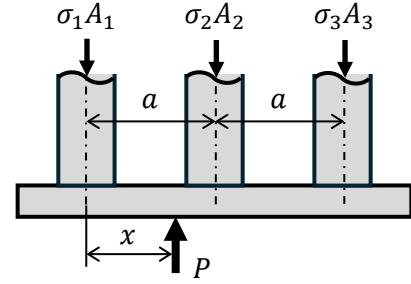


図3

を式(iv)に代入すると、

$$-\frac{PE_1}{D} A_1 \cdot a + \frac{PE_3}{D} A_3 \cdot a + P(a - x) = 0$$

$$\therefore x = a - \frac{A_1 E_1}{D} a + \frac{A_3 E_3}{D} a = \frac{a}{D} (D - A_1 E_1 + A_3 E_3)$$

$$= \frac{a(A_2 E_2 + 2A_3 E_3)}{A_1 E_1 + A_2 E_2 + A_3 E_3}$$

機械力学

解答又は解答例

I.

(1)

$$ml^2$$

(2)

$$a \sin \theta_1 - a \sin \theta_2$$

(3)

右側の剛性棒

$$-ml^2\ddot{\theta}_1 - ka(\sin \theta_1 - \sin \theta_2) \times \cos \theta_1 \times a - mg \times \sin \theta_1 \times l = 0$$

左側の剛性棒

$$-ml^2\ddot{\theta}_2 + ka(\sin \theta_1 - \sin \theta_2) \times \cos \theta_2 \times a - mg \times \sin \theta_2 \times l = 0$$

(4)

右側の剛性棒

$$-ml^2\ddot{\theta}_1 - ka^2(\theta_1 - \theta_2) - mg\theta_1 l = 0$$

左側の剛性棒

$$-ml^2\ddot{\theta}_2 - ka^2(\theta_1 - \theta_2) - mg\theta_2 l = 0$$

(5)

連立方程式

$$(ml^2\omega^2 - ka^2 - mgl)T_1 + ka^2T_2 = 0$$

$$ka^2T_1 + (ml^2\omega^2 - ka^2 - mgl)T_2 = 0$$

行列式で表記

$$\begin{vmatrix} ml^2\omega^2 - ka^2 - mgl & ka^2 \\ ka^2 & ml^2\omega^2 - ka^2 - mgl \end{vmatrix} \begin{vmatrix} T_1 \\ T_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

(6)

振動方程式

$$(ml^2\omega^2 - mgl)(ml^2\omega^2 - 2ka^2 - mgl) = 0$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{g}{l} + \frac{2ka^2}{ml^2}}$$

角変位の振幅の比

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{g}{l}}, \text{ のとき}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{-\left(\frac{ml^2g}{l} - ka^2 - mgl\right)}{ka^2} = 1$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{g}{l} + \frac{2ka^2}{ml^2}} \text{ のとき}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = -\frac{1}{ka^2} \left[ml^2 \left(\frac{2ka^2}{ml^2} + \frac{g}{l} \right) - ka^2 - mgl \right] = \frac{-2ka^2 - mgl + ka^2 + mgl}{ka^2} = -1$$

熱力学

解答又は解答例

1

$$(1) C_V = R/(\kappa - 1) = 2R, C_P = C_V + R = 3R$$

$$(2) Q_{12} = m C_V (T_2 - T_1) = m 2R 3T_1 = 6mRT_1$$

$$(3) -Q_{31} = 9mRT_1$$

(4) $V=V_1$ のとき p_1 となることと、傾きを用いて

$$p = (p_3 - p_2)/(V_3 - V_2) (V - V_1) + p_1 \quad \text{となる}$$

$T_2 = T_3$ より直線 2-3 は等温線より上にあるため、温度は状態 2 から状態 3 に変化する途中まで温度が上昇し、その後温度が下がる

$$(5) \text{頂点 123 からなる三角形の面積に等しいので、} W = 0.5 \cdot 3p_1 \cdot 3V_1 = 9/2 mRT_1$$

解答

|

- (1) 2つの大きなタンクについて、水面の圧力を大気圧 p_0 とし、タンクの断面積が十分大きいと水面での流速を近似的に 0 とする。水面の高さの差を H 、全圧力損失を P としたとき、損失を考慮したベルヌーイの式は次のように表される。

$$p_0 + \rho gH = p_0 + P$$

$$\therefore P = \rho gH$$

- (2) 急拡大管による損失係数 ζ_e は、連続の式とボルダ・カルノーの定理から導出される。上流側の管 1 の平均流速 U_1 を基準とした場合、管径 d_1 , d_2 を用いて以下で表される。

$$\zeta_e = \{1 - (d_1/d_2)^2\}^2$$

- (3) 全圧力損失 P は、管入口の損失、管 1 の摩擦損失、拡大管の損失、管 2 の摩擦損失、管出口の損失の総和となり、与えられた各係数を用いて定式化すると以下のようになる。

$$P = \zeta_{in}(\rho U_1^2/2) + \lambda_1 (L_1/d_1) \times (\rho U_1^2/2) + \zeta_e(\rho U_1^2/2) + \lambda_2(L_2/d_2) \times (\rho U_2^2/2) + \zeta_{out}(\rho U_2^2/2)$$

$$\therefore P = (\rho/2) \times [\{\zeta_{in} + \lambda_1 (L_1/d_1) + \zeta_e\} \times U_1^2 + \{\lambda_2(L_2/d_2) + \zeta_{out}\} \times U_2^2]$$

- (4) 連続の式より、流速 U_1 と U_2 の関係は $U_1 = (d_2/d_1)^2 U_2$ となる。これを (3) の式に代入し、(1) で求めた $P = \rho gH$ と等置して U_2 について解くと、以下で表される。

$$\rho gH = \left(\frac{\rho U_2^2}{2}\right) \times [\{\zeta_{in} + \lambda_1 (L_1/d_1) + \zeta_e\} \times (d_2/d_1)^4 + \lambda_2 (L_2/d_2) + \zeta_{out}]$$

$$\therefore U_2 = \sqrt{\frac{2gH}{(\zeta_{in} + \lambda_1 (L_1/d_1) + \zeta_e)(d_2/d_1)^4 + \lambda_2 (L_2/d_2) + \zeta_{out}}}$$

また、円管内を流れる質量流量 $\dot{m}$ は、管 2 の断面積 $A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$ と流速 U_2 、密度 ρ から以下のように求められる。

$$\dot{m} = \rho \frac{\pi d_2^2}{4} U_2 = \frac{\rho \pi d_2^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{(\zeta_{in} + \lambda_1 (L_1/d_1) + \zeta_e)(d_2/d_1)^4 + \lambda_2 (L_2/d_2) + \zeta_{out}}}$$

||

- (1) 水が固定平板に垂直に衝突するとき、流れの損失がないものとする、平板に作用する力 F は以下で求められる。

$$F = \rho A v^2 = \rho \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) v^2$$

各数値を代入すると

$$F = 1000 \times (3.14 \times 0.01^2 / 4) \times 20^2 = 31.4 [\text{N}]$$

- (2) 圧力損失 ΔP は以下で求められる。

$$\Delta P = \lambda \left(\frac{L}{d} \right) \left(\frac{\rho v^2}{2} \right)$$

各数値を代入すると

$$\Delta P = 0.03 \times \left(\frac{10}{0.02} \right) \times \left(1.2 \times \frac{10^2}{2} \right) = 900 [\text{Pa}]$$

制御工学

解答又は解答例

1

(1) $K = 1$ 、 $\zeta = \frac{a}{8}$ 、 $\omega_n = 2$

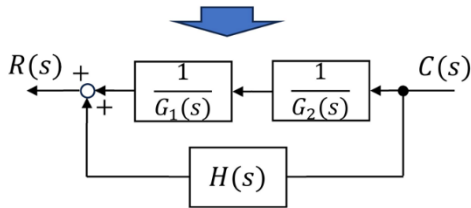
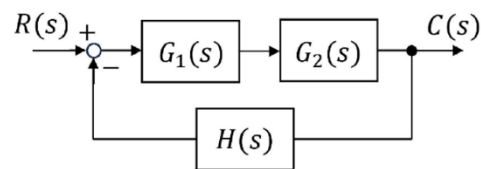
(2) $\zeta = 1$ 、 $a = 8$

(3) 選択肢(c)

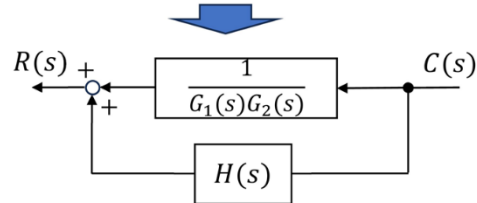
2

(1)

導出過程は一例



導出の結果より、



$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G_1(s)G_2(s)}{1 + G_1(s)G_2(s)H(s)}$$

(2) $-1 < K_1 <$

