令和３年度　豊橋技術科学大学第３年次入学者選抜学力検査問題解答例

専門科目（１：機械工学）

［１］

(1)

ア．水深はHなので，

$$p = p_o + \rho_s g H$$

イ．ひもに働く張力は金属球に働く重力と浮力の合力につり合うので，

$$T = \frac{\pi}{6} D^3 \left(\rho_m - \rho_s\right) g$$

(2)

ア．静圧に加えて海水の流れの動圧が作用するので，

$$p' = \frac{\rho_s}{2} V^2 + p_o + \rho_s g H'$$

イ．相対運動により金属球には抗力が作用するので，

$$F = \frac{\rho_s}{2} V^2 C_0 \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{8} \rho_s C_0 V^2 D^2$$

ウ．金属球に作用する垂直方向の力の大きさをGとすると，(1)イより，

$$G = \frac{\pi}{6} D^3 \left(\rho_m - \rho_s\right) g$$

ひもに垂直な方向の力のつり合いから $F\cos\theta = G\sin\theta$。
θ=45°のとき $F = G$なので，

$$\frac{\pi}{8} \rho_s C_0 V^2 D^2 = \frac{\pi}{6} D^3 \left(\rho_m - \rho_s\right) g$$

$$\therefore\ V = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{Dg}{C_0} \frac{\rho_m - \rho_s}{\rho_s}}$$

(3)

ア．小球まわりを速度Uで流体が流れるのと等価なので，

$$Re = \frac{\rho_s U d}{\mu_s}$$

イ．小球に上向きに作用する抗力は，

$$F = \frac{\rho_s}{2} U^2 \frac{24}{Re} \frac{\pi}{4} d^2 = 3\pi \mu_s U d$$

一方，小球に作用する重力と浮力の合力は，

$$G = \frac{\pi}{6} d^3 \left(\rho_b - \rho_s\right) g$$

これらがつり合っているとすると，

$$\frac{\pi}{6} d^3 \left(\rho_b - \rho_s\right) g = 3\pi \mu_s U d \qquad \therefore U = \frac{\left(\rho_b - \rho_s\right) d^2 g}{18 \mu_s}$$

［２］

(1)

ア．d

イ．A→Bは断熱過程であるから，$P_A V_A^{\kappa} = P_B V_B^{\kappa}$

理想気体の状態方程式 $PV = RT$ を用いて，

$$T_B = T_A \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^{\kappa-1} = T_A \varepsilon^{\kappa-1}$$

ウ．B→Cは定容過程であり，この過程で気体が外部にした仕事はゼロである。したがって，吸熱量Q_Hは熱力学第1法則より，

$$Q_H = \int_{T_B}^{T_C} c_v dT = c_v \left(T_C - T_B \right) = c_v \left(T_C - \varepsilon^{\kappa-1} T_A \right) \quad \cdots ①$$

エ．C→D1は断熱過程であるので，(1)イと同様に，

$$T_{D1} = T_C \left(\frac{V_C}{V_{D1}} \right)^{\kappa-1} = T_C \left(\frac{V_B}{V_A} \right)^{\kappa-1} = T_C \left(\frac{1}{\varepsilon} \right)^{\kappa-1} \quad \cdots ②$$

オ．D1→Aは定容過程である。したがって，(1)ウと同様に，

$$Q_{L1} = -\int_{T_{D1}}^{T_A} c_v dT = c_v \left(T_{D1} - T_A \right) \quad \cdots ③$$

②を③に代入して，$Q_{L1} = c_v \left(\varepsilon^{1-\kappa} T_C - T_A \right)$

カ．①，③を用いて，

$$\eta_1 = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_{L1}}{Q_H} = \frac{\left(T_C - \varepsilon^{\kappa-1} T_A \right) - \left(\varepsilon^{1-\kappa} T_C - T_A \right)}{T_C - \varepsilon^{\kappa-1} T_A} = 1 - \varepsilon^{1-\kappa}$$

(2)

ア．$Q_{L2} = -\int_{T_{D2}}^{T_A} c_p dT = c_p \left(T_{D2} - T_A \right)$ $\quad \cdots ④$

(1)エと同様に，$T_{D2} = T_C \left(\frac{V_C}{V_{D2}} \right)^{\kappa-1} = T_C \left(\frac{V_B}{V_{D2}} \right)^{\kappa-1} = T_C \left(\frac{1}{\sigma} \right)^{\kappa-1}$ $\quad \cdots ⑤$

一方，B→Cは定容過程であるから，状態方程式を考えて，

$$\frac{T_C}{T_B} = \frac{P_C}{P_B} = \frac{P_A}{P_B} \frac{P_C}{P_A} = \frac{P_A}{P_B} \frac{P_C}{P_{D2}} = \frac{\sigma^{\kappa}}{\varepsilon^{\kappa}}$$

$$T_C = T_B \frac{\sigma^{\kappa}}{\varepsilon^{\kappa}} = T_A \frac{\sigma^{\kappa}}{\varepsilon} \quad \cdots ⑥$$

④，⑤，⑥より，$Q_{L2} = c_p \left(\frac{\sigma}{\varepsilon} - 1 \right) T_A$

イ．$\eta_2 = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_{L2}}{Q_H} = 1 - \frac{c_p \left(\frac{\sigma}{\varepsilon} - 1 \right) T_A}{c_v \left(\frac{\sigma^\kappa}{\varepsilon} - \varepsilon^{\kappa - 1} \right) T_A} = 1 - \kappa \frac{\sigma - \varepsilon}{\sigma^\kappa - \varepsilon^\kappa}$

[3]

(1) はり全体の力のつり合いより，

$$R_{\mathrm{A}} - \int_0^l w\,dx = 0$$

$$R_{\mathrm{A}} = \int_0^l w\,dx = \left[wx\right]_0^l = wl$$

(2) はり全体のモーメントのつり合いより，

$$M_{\mathrm{A}} - \int_0^l xw\,dx = 0$$

$$M_{\mathrm{A}} = w\int_0^l x\,dx = w\left[\frac{1}{2}x^2\right]_0^l = \frac{wl^2}{2}$$

(3) 距離 x までのはりの力のつり合いより，

$$R_{\mathrm{A}} - \int_0^x w\,d\xi - F(x) = 0$$

$$F(x) = R_{\mathrm{A}} - \int_0^x w\,d\xi = R_{\mathrm{A}} - \left[w\xi\right]_0^x$$

$$= wl - wx = w(l-x)$$

(4) 距離 x までのはりのモーメントのつり合いより，

$$M_{\mathrm{A}} - \int_0^x \xi w\,d\xi - F(x)x + M(x) = 0$$

$$M(x) = -M_{\mathrm{A}} + w\int_0^x \xi\,d\xi + F(x)x$$

$$= -\frac{wl^2}{2} + w\left[\frac{1}{2}\xi^2\right]_0^x + w(l-x)x = -\frac{wl^2}{2} + \frac{w}{2}x^2 + w\left(lx - x^2\right)$$

$$= -\frac{w}{2}\left\{l^2 - x^2 - 2\left(lx - x^2\right)\right\} = -\frac{w}{2}\left(l^2 - 2lx + x^2\right)$$

$$= -\frac{w}{2}(l-x)^2$$

(5) はりのたわみの微分方程式より，

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{w}{2EI}(l-x)^2$$

$$\frac{2EI}{w}\frac{d^2y}{dx^2} = (l-x)^2$$

$$\frac{2EI}{w}\frac{dy}{dx} = -\frac{1}{3}(l-x)^3 + C_1$$

$$\frac{2EI}{w}y = \frac{1}{12}(l-x)^4 + C_1x + C_2$$

ここで，点 A ($x=0$) での傾きが 0 より，

$$\frac{2EI}{w}\times 0 = -\frac{1}{3}(l-0)^3 + C_1 \qquad \text{よって，} \qquad C_1 = \frac{l^3}{3}$$

また，点 A ($x=0$) でのたわみが 0 より，

$$\frac{2EI}{w}\times 0 = \frac{1}{12}(l-0)^4 + C_1\times 0 + C_2 \quad \text{よって，} \quad C_2 = -\frac{l^4}{12}$$

よって，

$$\frac{2EI}{w}y=\frac{1}{12}(l-x)^4+\frac{1}{3}l^3x-\frac{1}{12}l^4$$

$$y=\frac{w}{24EI}\left(l^4-4l^3x+6l^2x^2-4lx^3+x^4+4l^3x-l^4\right)$$

$$=\frac{w}{24EI}\left(6l^2x^2-4lx^3+x^4\right)\quad=\frac{w}{24EI}\left(6l^2-4lx+x^2\right)x^2$$

(6)　幅 $b(x)$，厚さ h の長方形断面の断面二次モーメント $I(x)$ は $I(x)=\dfrac{b(x)h^3}{12}$ となる。

従って，x の位置の断面上端部（$y=-\dfrac{h}{2}$）に作用する曲げ応力 σ は，

$$\sigma=\frac{M(x)}{I(x)}\left(-\frac{h}{2}\right)=\frac{-\dfrac{w(l-x)^2}{2}\left(-\dfrac{h}{2}\right)}{\dfrac{b(x)h^3}{12}}=\frac{3w(l-x)^2}{b(x)h^2}$$ で表される。

題意より，原点（$x=0$）および任意の x の位置における断面上端部の曲げ応力が等しいので，

$$\frac{3w(l-0)^2}{b_0h^2}=\frac{3w(l-x)^2}{b(x)h^2}$$

$$\frac{l^2}{b_0}=\frac{(l-x)^2}{b(x)}$$

$$b(x)=b_0\frac{(l-x)^2}{l^2}=b_0\left(\frac{l-x}{l}\right)^2$$

[4]

(1)

金属① ニッケル	金属② チタン
金属③ アルミニウム	金属④ マグネシウム
金属⑤ 銅	

(2)

a フェライト	b オーステナイト	c 4
d セメンタイト	e 共析	f 析出
g 1	h 2	i 3
j 0		

(3)

A 圧子	B ビッカース	C 応力
D ひずみ	E 弾性	F 縦弾性係数
G 降伏	H 塑性	I 加工硬化
J 不均一変形	K 引張強さ	L 疲労
M 繰返し数	N 鋼	O 耐久限