

問題21 熱力学・流体力学

I 【出題意図】

- ・ 開いた系であるガスタービンに関連して熱エネルギーの利用方法の基礎を理解していること。
- ・ 環境問題を含めた実際の熱エネルギーの利用方法について理解する力があること。

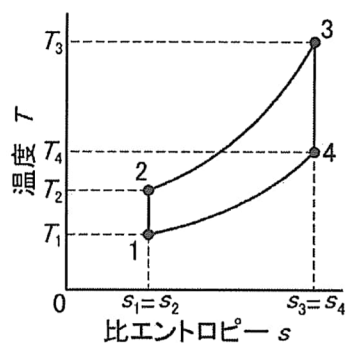
2 1

I 【正解】

(1) 1.20×10^6 トン または 1.20×10^6 t

(2) 3.30×10^6 トン または 3.30×10^6 t

(3)



(4) $T_2 = T_1 (r)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$

(5) $W_c = \frac{\kappa}{\kappa-1} R T_1 \left[\left(\frac{T_2}{T_1} \right) - 1 \right]$

(6) $q_H = c_p (T_3 - T_2)$

(7) $T_4 = T_3 \left(\frac{1}{r} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$

(8) $q_L = c_p (T_4 - T_1)$

(9) $\eta_G = 1 - 1/r^{(\kappa-1)/\kappa}$

(10) $q_s = q_H (1 - \eta_G) \eta_R$

(11) $\eta = \eta_G + (1 - \eta_G) \eta_R \eta_s$

問題21 熱力学・流体力学

II 【出題意図】

- (1) 流体の運動方程式に関し加速度と実質微分の関係を理解し計算できるかを確認する.
- (2) 流れ場の渦度を理解し計算できるかを確認する.
- (3) 流れ場の循環を理解し計算できるかを確認する.
- (4) 流線の式を理解しそれから流線を計算できるかを確認する.
- (5) 速度勾配と流体要素の変形の関係を理解し変形量を計算できるかを確認する.

II 【正解】

$$(1) \quad a_x = -\frac{x}{(ab)^2}$$

$$(2) \quad \zeta = -\left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}\right)$$

$$(3) \quad \Gamma = -\left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}\right)(\pi a^2)$$

$$(4) \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

$$(5) \quad (dy' - dy) = -\frac{dx}{a^2}$$

問題22 力学・材料力学

【出題意図】

I

- (1) 慣性モーメントの理解を確認
- (2)～(5) 回転運動を伴う剛体の運動学に対する理解を確認
- (6) 回転を伴う剛体の力学的エネルギー保存に対する理解を確認

【解答例】

I

- (1) 円板の面密度を σ とする。

円板の全質量は、 $M = \sigma\pi R^2$ である。

重心 G から距離 r 、厚さ dr の微小なリング状の領域を考える。

その質量は $dm = \sigma \cdot 2\pi r dr$ となる。

慣性モーメントの定義より、

$$I_G = \int r^2 dm = \int_0^R r^2 (\sigma \cdot 2\pi r dr) = 2\pi\sigma \int_0^R r^3 dr$$

$$\int_0^R r^3 dr = \left[\frac{1}{4} r^4 \right]_0^R = \frac{1}{4} R^4$$

よって、

$$I_G = \frac{1}{2} (\sigma\pi R^2) R^2 = \frac{1}{2} MR^2$$

(2) $I_A = \frac{3}{2} MR^2$

(3) 並進の運動方程式： $Ma = Mg - T$

回転の運動方程式： $I_G \alpha = TR$

(4) $a = R\alpha$

(5) $\alpha = \frac{2g}{3R}, T = \frac{1}{3}Mg$

(6) 力学的エネルギー保存則： $Mg(2\pi R) = \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}I_G\omega^2$

$$v = \sqrt{\frac{8\pi gR}{3}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{8\pi g}{3R}}$$

【出題意図】

1. 静力学の基本（つり合い条件）の理解確認

(1)(2)では、はり全体に対して

- 力のつり合い ($\Sigma F = 0$)
- モーメントのつり合い ($\Sigma M = 0$)

を正しく立式できるかを問うています．．

2. せん断力・曲げモーメント分布の導出能力

(3)では、任意断面 x における曲げモーメント $M(x)$ を求めさせ、

- 部分自由体を切り出す考え方
- 内力としての曲げモーメントの意味
- 分布荷重が曲げモーメント式にどう現れるか

を理解しているかを見る問題です．

3. Euler-Bernoulli 梁理論の理解

(4)でははりの基礎方程式を使えるかを確認し、

- 曲率と曲げモーメントの関係
- 曲げ剛性 (EI) の物理的意味

を理解しているかを問う意図があります．

4. 不静定はりの境界条件の活用

(5)と(6)ではこのはり是一次不静定梁であり、つり合い式だけでは不足するため、

- 固定端条件（傾き 0）
- 支持端条件（たわみ 0）

を使って反力や固定端モーメントを決める必要があります．これにより「変形条件を使って未知反力を決める」という考え方を問うています．

5. 曲げ応力公式の本質理解

(7)(8)では、曲げ応力の

- 曲げ応力は垂直応力であること
- 中立軸から遠いほど大きいこと
- 断面二次モーメントが大きいほど小さいこと
- 最大応力は最大曲げモーメント位置で生じること

を理解しているかを確認しています．

【解答例】

$$(1) R_A + R_B = wL$$

$$(2) \frac{wL^2}{2} = M_B + R_B L$$

$$(3) M(x) = R_A x - \frac{wx^2}{2}$$

$$(4) -EI \frac{d^2 y}{dx^2} = R_A x - \frac{wx^2}{2}$$

$$(5) R_A = \frac{3wL}{8}$$

$$(6) M_B = -\frac{wL^2}{8}$$

$$(7) \textcircled{1} : A, \textcircled{2} : D, \textcircled{3} : C$$

$$(8) x = L$$

問題22 力学・材料力学

【出題意図】

(1)～(4) 構造材料として重要な炭素鋼に関する基礎知識の確認。特に炭素鋼の組織と炭素量の関係、鉄－炭素系状態図を理解しているかを問うています。

(5)～(6) 炭素鋼に代表される延性材料の塑性変形の基礎を確認。主応力と相当応力の関係、およびその値の算出を正しく行えるかを確認するとともに、流動則を使ってひずみ増分を算出できるかを確認します。

【解答例】

(1)

鉄鋼材料 A：亜共析鋼

鉄鋼材料 B：共析鋼

(2)

初析相：初析フェライト

共析温度直下の組織：初析フェライト + パーライト

(3)

初析フェライトの体積分率 $\rho_{\alpha} \approx 0.495$ (49.5%)

パーライトの体積分率 $\rho_{\beta} \approx 0.505$ (50.5%)

(4)

全フェライト量の体積分率 ≈ 0.943 (94.3%)

(5)

$\sigma_{Y0,A} \approx 442.8 \text{ MPa}$

(6)

判定：降伏する

(Mises 等価応力 $\sigma_{eq} = 449.8 \text{ MPa} > \text{初期降伏応力 } \sigma_{Y0,A} = 442.8 \text{ MPa})$

(7)

$$d\varepsilon_1^p : d\varepsilon_2^p : d\varepsilon_3^p = 1 : 0 : -1$$

(8)

$$d\varepsilon_1^p = 0.00173$$

$$d\varepsilon_2^p = 0$$

$$d\varepsilon_3^p = -0.00173$$

問題23 制御工学B

【出題意図】

- I (1) フィードバック制御系の伝達関数を計算できるか。
- (2) 二次遅れ系の基本パラメータを理解しているか。
- (3) ゲインの意味と計算方法を理解しているか。
- II (1) 伝達関数の安定性と定常応答の計算方法を理解しているか。
- (2) ラウスの安定判別法の意味を理解しているか。

I

(1)

$$G_{yr}(s) = \frac{K}{s^2 + 4s + 3 + K}$$

(2) $K = 13$, $\omega_n = 4$

(3) $\omega = 2$, $A = \frac{9}{8\sqrt{2}}$

II

(1) $0 < K < 31$, $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = \frac{2}{K+5}$

(2) $1 < K < 5$