

2023年度（令和5年度）  
編入学者・転入学者選抜 専門試験  
電気・機械工学科（機械工学分野）  
問題冊子（解答時間120分）

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、配布された冊子を開いてはいけません。
2. 以下の4つの選択科目から、3科目を選択し解答してください

科目番号・科目名
[1] 材料力学
[2] 熱力学
[3] 流体力学
[4] 制御工学

3. この冊子には問題用紙が6枚、下書き用紙が2枚あります。用紙の脱落等に気づいたときには、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 問題用紙の余白や下書き用紙は、計算などに適宜使用して構いません。
5. 別冊子の解答用紙冊子には、解答用紙が3枚あります。用紙の脱落等に気づいたときには、手を挙げて監督者に知らせてください。3枚すべての解答用紙の該当欄に、「科目番号」「科目名」「受験番号」を記入してください。
6. 時計のアラーム（時計機能以外の機能を含む）は、使用しないでください。
7. コンパス及び定規等は使用できません。
8. 携帯電話、PHS等は、電源を切って、カバン等に入れてください。
9. 試験終了まで退室できません。試験時間中に用がある場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
10. 試験終了後に解答用紙は回収します。問題用紙および下書き用紙は持ち帰ってください。

名古屋工業大学 電気・機械工学科（機械工学分野）

# [1] 材料力学

## 選択問題

**問1** 図1-1に示すように、左から $2a$ の位置CにL字型の腕が取り付けられた長さ $6a$ の単純支持はりがある。今、L字型の腕の端部Dに集中荷重 $P$ が鉛直下向きに作用している。はりの断面は幅 $b$ 、高さ $h$ の長方形である。はりの左端横断面の図心を原点 $O$ として、はりの軸方向に $x$ 軸を、はりの曲がる方向(下向き)に $y$ 軸、紙面奥向きに $z$ 軸を定義する。はりの内部に点 $E(x, y, z) = (h/4, \sqrt{3}h/4, 0)$ を考える。ただし、 $a > b > h$ である。横断面に作用するせん断力 $F$ および曲げモーメント $M$ の正方向を図1-2のように定める。変形ははりの長さに比べて十分に小さく、また、はり内の任意の点で $z$ 方向に関する応力はゼロである平面応力状態として、以下の問いに全て答えよ。

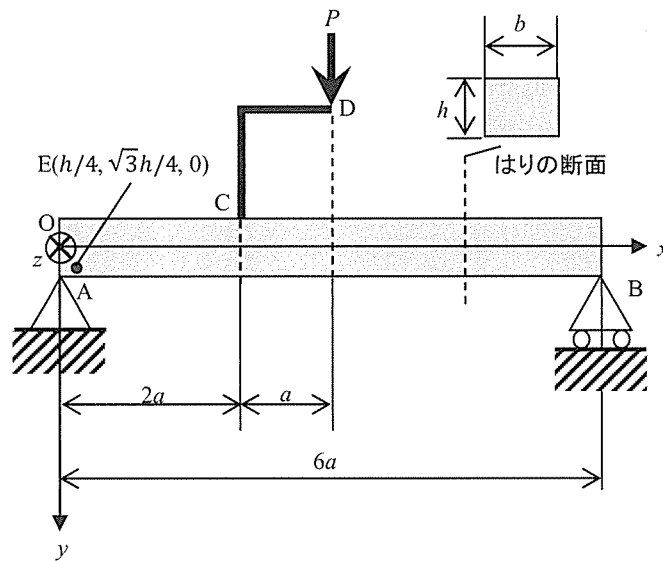


図1-1

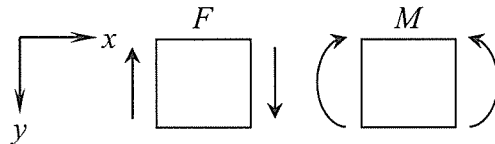


図1-2

- (1) 点Aでの垂直反力の大きさ $R_A$ と点Bでの垂直反力の大きさ $R_B$ を求めよ。
- (2)  $x$ 軸に対するせん断力図と曲げモーメント図を描け。

(3) 点 E での曲げ応力  $\sigma_x$  を  $b$ ,  $h$ ,  $P$  により表せ。

(4)  $x$  軸に垂直な仮想断面に作用する  $y$  方向のせん断応力  $\tau_{xy}$  は、座標  $y$  の関数として、

$$\tau_{xy} = \frac{3F}{2bh} \left\{ 1 - \left( \frac{2y}{h} \right)^2 \right\}$$

と与えられる。ここで、 $F$  は  $x$  軸に垂直な仮想断面に作用するせん断力である。このとき、点 E でのせん断応力  $\tau_{xy}$  を  $b$ ,  $h$ ,  $P$  により表せ。

(5)  $y$  面に対する垂直応力  $\sigma_y = 0$  と考えて、点 E での最大せん断応力  $\tau_{\max}$  を求めよ。

**問 2** 図 2-1 のように金属 A 製の中空軸の中に金属 B 製の中実軸を入れた組み合わせ軸がある。両軸の長さは等しく、左端で両者は壁に固定され、右端で両者は剛体のフタにより連結されている。右端にトルク  $T$  を作用させるとき、以下の問いに全て答えよ。ただし、中空軸は同心で外直径は  $D_1 = 80$  mm、内直径は  $d_1 = 40$  mm であり、中実軸の直径は  $D_2 = 30$  mm である。金属 A の許容応力は  $\tau_1 = 70$  MPa、金属 B の許容応力は  $\tau_2 = 160$  MPa であり、金属 A の横弾性係数は  $G_1 = 27$  GPa、金属 B の横弾性係数は  $G_2 = 80$  GPa とする。なお、長さ  $L$ 、直径  $d$ 、横弾性係数  $G$  の中実丸棒をトルク  $T$  でねじったとき、両端間のねじれ角  $\varphi$  は

$$\varphi = \frac{TL}{GI_p}$$

として求められる。ここで、 $I_p$  は中実丸棒の断面二次極モーメントであり、

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32}$$

として与えられる。必要ならば、これらの式を解答に用いてよい。

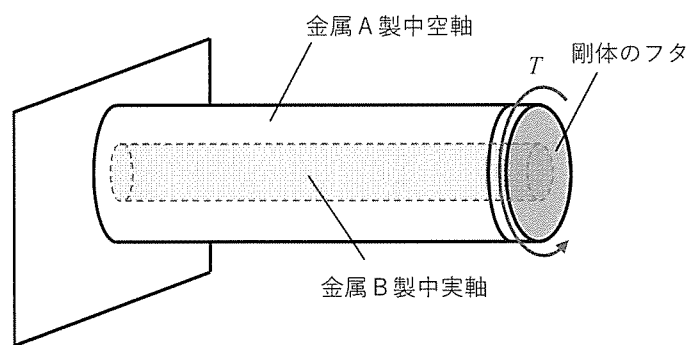


図 2-1

- (1) 金属 A 製の中空軸に作用するトルクを  $T_1$ 、金属 B 製の中実軸に作用するトルクを  $T_2$  とするとき、 $T_1$  は  $T_2$  の何倍になるか。数値として答えよ。
- (2) 無負荷状態からトルクを徐々に大きくするとき、先に破損するのは中空軸と中実軸のどちらか？理由とともに示せ。

## [2] 熱力学

### 選択問題

問1 閉じた系における 1 kg の理想気体 (比熱比  $\kappa$ , 気体定数  $R$  [J/(kg·K)]) の2つの準静的過程 (過程①および過程②) について考える。図1は、過程①と過程②の  $p$ - $V$  線図 (圧力-体積線図) である。

過程① (状態1 → 状態2 → 状態3 → 状態4)

状態1 (温度  $T_1$  [K], 圧力  $p_1$  [Pa], 体積  $V_1$  [m<sup>3</sup>]) から可逆断熱圧縮過程で状態2 (温度  $T_2$  [K], 圧力  $p_2$  [Pa], 体積  $V_2$  [m<sup>3</sup>]) に至る。

状態2 から熱  $Q_{23}$  [J] を放出しながら等圧冷却過程で状態3 (温度  $T_3$  [K], 圧力  $p_3$  [Pa], 体積  $V_3$  [m<sup>3</sup>]) に至る。温度  $T_3$  [K] と温度  $T_1$  [K] は等しい。

状態3 から可逆断熱圧縮過程で状態4 (温度  $T_4$  [K], 圧力  $p_4$  [Pa], 体積  $V_4$  [m<sup>3</sup>]) に至る。温度  $T_4$  [K] と温度  $T_2$  [K] は等しい。

過程② (状態1 → 状態4)

状態1 から熱  $Q_{14}$  [J] を放出しながらポリトロープ圧縮過程で状態4に至る。

なお、熱の符号は熱が系に加えられる場合を正とし、熱が系から放出される場合を負とする。以下の(1)から(9)の問いに答えよ。対数関数が答えに含まれる場合にはそのまま示しなさい。

(1) 作動流体の定圧比熱  $c_p$  [J/(kg·K)] を  $R, \kappa$  のすべてを用いて表せ。

(2) 状態2での温度  $T_2$  [K] を  $p_1, p_2, \kappa, T_1$  のすべてを用いて表せ。

(3) 熱  $Q_{23}$  [J] を  $p_1, p_2, R, \kappa, T_1$  のすべてを用いて表せ。

(4) 状態4でのエントロピー  $S_4$  [J/K] と状態1でのエントロピー  $S_1$  [J/K] の変化  $\Delta S = S_4 - S_1$  [J/K] を  $p_1, p_2, R$  のすべてを用いて表せ。

(5) 状態4での圧力  $p_4$  [Pa] を  $p_1, p_2$  のすべてを用いて表せ。

(6) 状態4でのエンタルピー  $H_4$  [J] と状態1でのエンタルピー  $H_1$  [J] の変化  $\Delta H = H_4 - H_1$  [J] を  $p_1, p_2, R, \kappa, T_1$  のすべてを用いて表せ。

(7) 状態4での体積  $V_4$  [m<sup>3</sup>] と状態1での体積  $V_1$  [m<sup>3</sup>] との比  $\frac{V_4}{V_1}$  を  $p_1, p_2, \kappa$  のすべてを用いて表せ。

(8) 過程②でのポリトロープ指数  $n$  を  $\kappa$  のみを用いて表せ。

(9) 熱  $Q_{14}$  [J] を  $p_1, p_2, R, \kappa, T_1$  のすべてを用いて表せ。

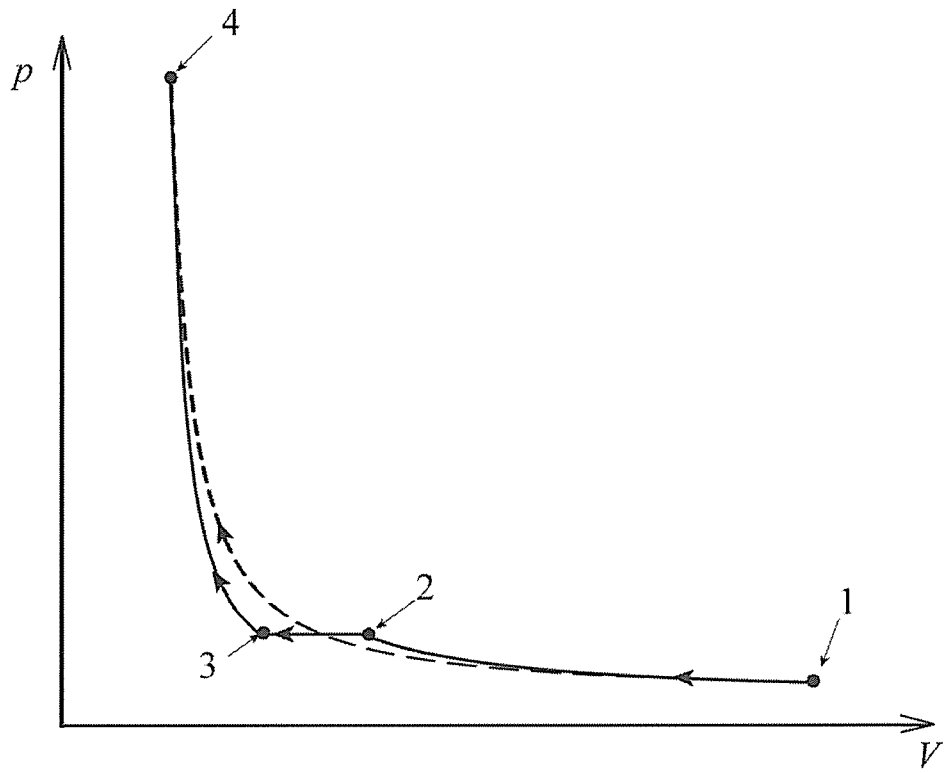


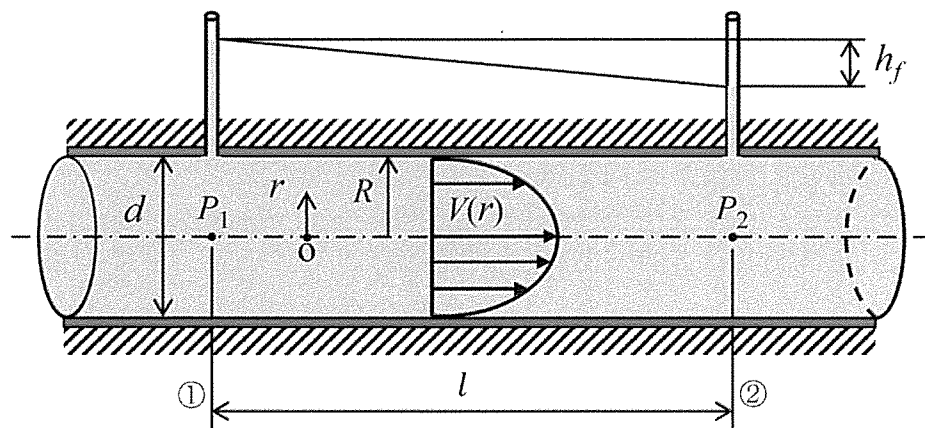
图 1  $p-V$  线图

## [3] 流体力学

### 選択問題

問1 図のように、水平に置かれた直径  $d$ 、半径  $R (= d/2)$  の円管内を、密度  $\rho$ 、粘性係数（粘度）  $\mu$  の水が左から右に流れている。マンメーター位置①、②での圧力はそれぞれ  $P_1$ 、 $P_2$  であり、①と②の間の流れ方向距離  $l$  での圧力損失（圧損）は  $\Delta P (= P_1 - P_2)$  である。流れは層流で完全発達しており、流れ方向に速度分布は変化しない。このとき、円管内の層流の速度分布は、管中心を原点とする半径方向座標  $r$  の関数として、 $V(r) = \frac{\Delta P}{4l\mu}(R^2 - r^2)$  で与えられる。重力加速度を  $g$  とし、次の(1)～(6)の問いについて答えよ。

- (1) 円管内の流量  $Q$  を、圧損  $\Delta P$ 、円管半径  $R$ 、差圧区間長さ  $l$ 、および粘度  $\mu$  を用いて表せ。
- (2) 断面平均速度  $V_m$  を求めよ。その際、 $Q$  を用いないこと。
- (3) 管断面内の最大速度を  $V_{max}$  とするとき、 $V_{max}$  を  $\Delta P$ 、 $R$ 、 $l$ 、 $\mu$  を用いて表せ。また、 $V_{max}$  と  $V_m$  の関係式を求めよ。
- (4) 2つのマンメーターの水位差  $h_f$  が区間  $l$  の摩擦損失ヘッドと等価となる。 $h_f$  を圧損  $\Delta P$ 、密度  $\rho$ 、および重力加速度  $g$  を用いて表せ。
- (5) 管摩擦係数を  $\lambda$  とするとき、摩擦損失ヘッド  $h_f$  を  $\lambda$ 、 $d$ 、 $l$ 、 $V_m$ 、および  $g$  を用いて表せ。
- (6) 代表長さを管直径  $d$ 、代表速度を断面平均速度  $V_m$  としたレイノルズ数  $Re$  の定義式を示せ。また、 $Re$  と  $\lambda$  の関係式（層流の場合の理論式）を導け。



問2 SI基本単位である、長さ[m]、質量[kg]、および時間[s]を用いて、次の(1)～(4)の物理量の単位を示せ。

- (1) 流量（体積流量）
- (2) 力
- (3) 圧力
- (4) 粘度（粘性係数）

# [4] 制御工学

## 選択問題

問1 つぎの時間関数  $f(t)$  のラプラス変換を求めよ。

$$f(t) = \begin{cases} 0, & (t < 0) \\ 2, & (0 \leq t < 3) \\ -1, & (t \geq 3) \end{cases}$$

問2 図1の電気回路を考える。入力電圧  $v_i(t)$  [V] を制御入力, 出力電圧  $v_o(t)$  [V] を制御量 (制御出力) とする。 $R$  [ $\Omega$ ] は抵抗値,  $C$  [F] はコンデンサの静電容量,  $L$  [H] はコイルのインダクタンスを表す。次の(1)~(2)の問いについて答えよ。

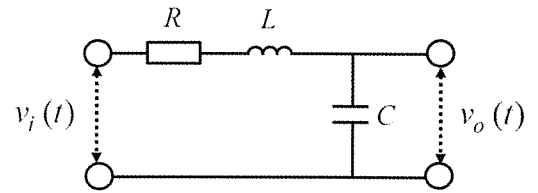


図1 電気回路

- (1) 図1の電気回路の伝達関数を  $R$  と  $C$  と  $L$  を用いて表せ。
- (2) 図1の電気回路の伝達関数について, 2次系の標準形から, ゲイン定数  $K$  と減衰係数  $\zeta$  と固有角周波数  $\omega_n$  を  $R$  と  $C$  と  $L$  を用いて表せ。

問3 図2の制御系について考える。目標値  $R(s)$  から制御量  $Y(s)$  までの伝達関数を  $G_1(s)$  と  $G_2(s)$  と  $G_3(s)$  を用いて表せ。

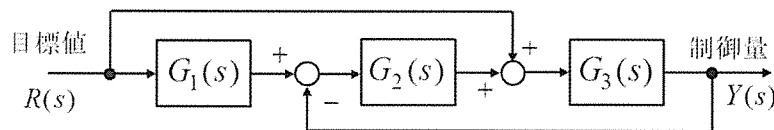


図2 制御系

問4 図3の制御系について考える。次の(1)~(2)の問いについて答えよ。

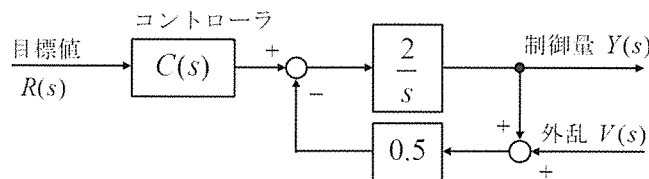


図3 制御系

- (1) 目標値を  $R(s) = 0$  とおく。外乱  $V$  に単位インパルス信号を入力したときの制御量  $Y$  の時間応答  $y(t)$ , ( $t \geq 0$ ) を求めよ。
- (2) 外乱を  $V(s) = 0$  とおく。目標値  $R$  に単位ステップ信号を入力したときの制御量  $Y$  の時間応答  $y(t)$  が次式となる, コントローラ  $C(s)$  を求めよ。

$$y(t) = 1 - e^{-3t}, \quad (t \geq 0)$$