

2020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5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。

[1] 材料力学

選択問題

問1 図1に示すように、長さ $3a$ 、直径 $4r$ の丸棒があり、その右端面Cから左端面Aに向かって同中心軸で長さ $2a$ 、直径 $2r$ の孔をあけた。図2左に示すように、棒の左端面Aを剛性壁に、右端面Cを直径 $16r$ のプーリDに同軸で接着する。ここで、左端面Aの中心を原点Oとし、棒の主軸に沿って右端面C向きを正とする x 軸、鉛直下向きを正とする y 軸を有する右手直交座標系 $O(x, y, z)$ を定義する。座標 $(2a, -2r, 0)$ の点Eにおいて、丸棒は大きさ P の荷重を y 正方向に受けている。 x の正方向から見た時、図2右のように、プーリDには2つの力が共に y 正方向に作用している。丸棒の yz 断面(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3のように定める。棒およびプーリの自重およびプーリの厚さは無視でき、かつ、棒の変形は微小であると仮定できる時、以下の問いに答えよ。なお、直径 d の円形断面の断面二次モーメント I 、および、断面の中心を通り、紙面に垂直な軸に対する断面二次極モーメント I_p は、それぞれ $I = \frac{\pi}{64}d^4$ 、 $I_p = \frac{\pi}{32}d^4$ として与えられる。

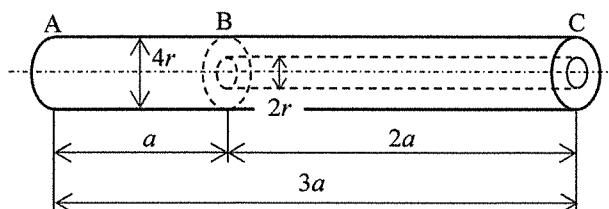


図1

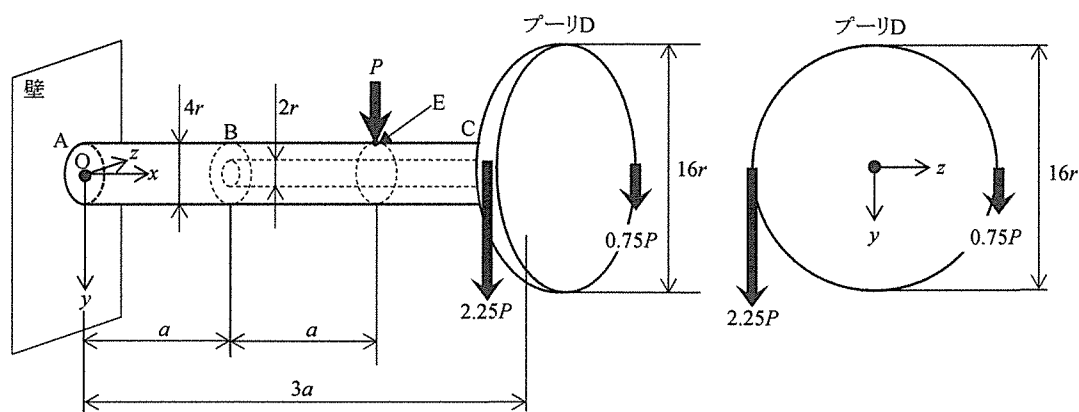


図2

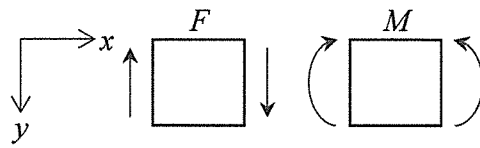


図 3

- (1) 端面 A において、丸棒が壁から受ける y 方向反力 R_A および反モーメント M_A の大きさを求めよ。
- (2) AC 間の曲げモーメント線図を描け。
- (3) 丸棒に作用するトルク T を求めよ。
- (4) 点 E における曲げ応力 σ を求めよ。
- (5) 点 E においてねじりにより生じるせん断応力 τ を求めよ。

以下、(6)、(7)において $a = 2r$ として解答せよ。

- (6) 曲げによって生じるせん断応力は無視できるとして、点 E における最大せん断応力 τ_{\max} を求めよ。
- (7) 丸棒の横弾性係数を G とするとき、端面 C のねじれ角 ϕ を求めよ。

[2] 熱力学

選択問題

問 閉じた系において、質量 m [kg]、ガス定数 R [J/(kg·K)]、比熱比 κ の理想気体を作動物質とする 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、 p - V 線図（圧力-体積線図）である。圧力、体積、温度の単位はそれぞれ [Pa]、[m³]、[K] とする。

過程①（状態 1 → 状態 b → 状態 2）

- ・ 状態 1（圧力 p_1 、体積 V_1 、温度 T_1 ）から、状態 b（圧力 p_b 、体積 V_b 、温度 T_b ）を経て、状態 2（圧力 p_2 、体積 V_2 、温度 T_2 ）まで、可逆断熱過程で膨張させる。

過程②（状態 1 → 状態 a → 状態 b → 状態 c → 状態 2）

- ・ 状態 1 から状態 a（圧力 p_a 、体積 V_a 、温度 T_a ）まで、等積過程で熱を放出する。
- ・ 状態 a から、状態 b を経て、状態 c（圧力 p_c 、体積 V_c 、温度 T_c ）まで、熱を加えながら、等温過程で膨張させる。
- ・ 状態 c から状態 2 まで、等積過程で熱を放出する。

ここで、 $p_1 = p_{\max}$ 、 $p_a = 3p_{\max}/4$ 、 $V_2 = V_c = V_{\max}$ 、 $V_1 = V_a = V_{\max}/8$ とする。なお、熱の符号は、熱が系に加えられる場合を正、系から放出される場合を負とする。

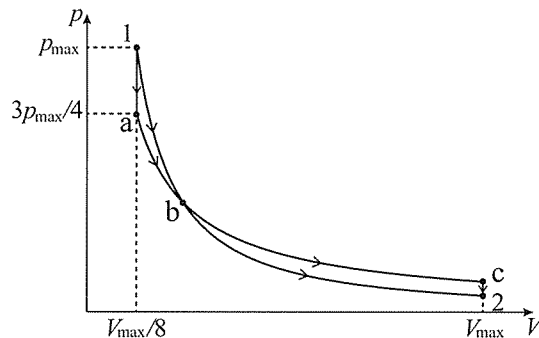


図 1 p - V 線図

設問すべてについて解答すること。対数関数が答えに含まれる場合はそのまま示しなさい。

- (1) 状態 1 の温度 T_1 を、 m 、 R 、 p_{\max} 、 V_{\max} のみを用いて示せ。
- (2) 状態 2 の圧力 p_2 と状態 c の圧力 p_c を、 κ 、 p_{\max} の中から必要なものを用いて示せ。
- (3) マイヤーの関係を用いて、定積比熱 c_v [J/(kg·K)] を、 R 、 κ のみを用いて示せ。
- (4) 過程①における内部エネルギー変化 ΔU_{12} [J] を、 κ 、 p_{\max} 、 V_{\max} のみを用いて示せ。
- (5) 過程②における、状態 1 から状態 a でのエントロピー変化 ΔS_{1a} [J/K] と状態 c から状態 2 でのエントロピー変化 ΔS_{c2} [J/K] を、 m 、 R 、 κ のみを用いて示せ。
- (6) 過程②の状態 a から状態 c で加えられる熱 Q_{ac} [J] を、 p_{\max} 、 V_{\max} のみを用いて示せ。
- (7) 比熱比を $\kappa = 4/3$ とする。このとき、過程②における状態 a から状態 b でのエントロピー変化 ΔS_{ab} [J/K] を、 m 、 R のみを用いて示せ。

[3] 流体力学

選択問題

問1 図1のように幅 $2H$ で平行に隔てられた2枚の平板の間に、密度 ρ 、粘性係数 μ の液体が満たされており、一定の圧力勾配によって、流れが生じている。流れは層流かつ定常で十分に発達しており、最大速度は中心で V_{\max} である。2枚の平板の中間に、流れ方向に x 軸をとり、平板の法線方向に y 軸をとる。平板はそれぞれ $y = -H$ と $y = +H$ にあるとする。次の設問に答えよ。

- (1) 速度分布 $U(y)$ を V_{\max} を用いて表せ。
- (2) この流れは何と呼ばれているか。次から選べ。
①クエット流, ②レイリー流, ③ポアズイユ流, ④ストークス流。
- (3) 断面平均速度 V_m を V_{\max} で示せ。
- (4) $y = -H$ でのせん断応力 τ_w を V_m を用いて示せ。
- (5) τ_w/ρ の単位をSI単位で示せ。
- (6) 圧力勾配 $\left(\frac{dP}{dx}\right)$ を V_m を用いて示せ。
- (7) 水力相当直径 D_H を H を用いて示せ。
- (8) レイノルズ数 Re を D_H と V_m をそれぞれ代表長さと代表速度として定義せよ。
- (9) $2\tau_w/(\rho V_m^2)$ は、一般に何と呼ばれているか。次から選べ。
①抵抗係数, ②圧力係数, ③損失係数, ④摩擦係数。
- (10) $2\tau_w/(\rho V_m^2)$ を Re で表せ。

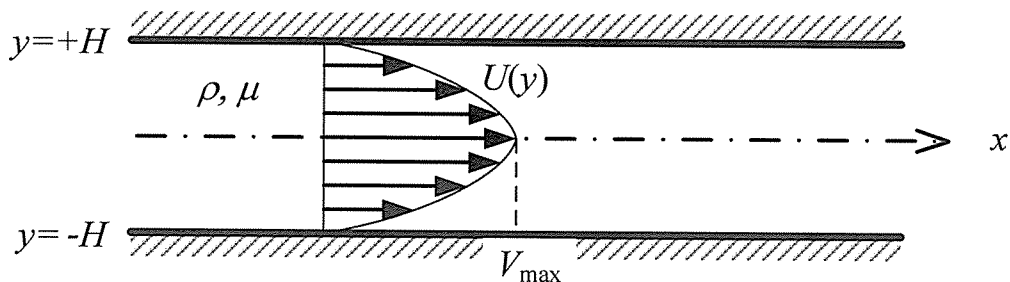


図1

[4] 制御工学

選択問題

問1 伝達関数が $G(s) = \frac{K}{1+Ts}$ で表される一次遅れシステムを考える。ただし、 K と T は正の定数とする。次の(1)～(2)の問いについて答えよ。

(1) このシステムの初期値が零の場合の単位ステップ応答 $y(t)$ が、 $y(t) = 3(1 - e^{-4t})$ ($t \geq 0$) であった。この伝達関数の K と T を求めよ。

(2) このシステムの角周波数 $\omega = 3$ [rad/sec] の正弦波信号に対するシステムのゲインが 20 [dB]、位相は -45 [deg] であった。この伝達関数の K と T を求めよ。

問2 図1のフィードバック制御システムについて考える。 $R(s), Y(s), D(s), E(s)$ は、それぞれ目標値 $r(t)$ 、制御量 $y(t)$ 、外乱 $d(t)$ 、偏差 $e(t)$ のラプラス変換を表す。ただし、 K は正の定数とする。次の文章を読み、(1)～(4)の問いについて答えよ。

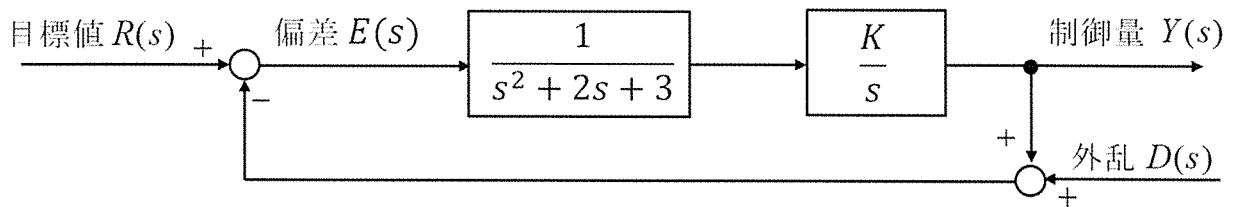


図1 フィードバック制御システム

まず、 $R(s) = 0$ とする。次の(1)の問いについて答えよ。

(1) 外乱 $D(s)$ から制御量 $Y(s)$ までの伝達関数を求めよ。

つぎに、 $D(s) = 0$ とする。次の(2)～(4)の問いについて答えよ。

(2) 目標値 $R(s)$ から制御量 $Y(s)$ までの伝達関数を求めよ。

(3) 図1のフィードバックシステムを安定にする定数 K の範囲を求めよ。

(4) $K = 4$ とおく。目標値に対する定常位置偏差と定常速度偏差の値をそれぞれ求めよ。