

2024年度（令和6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 図1のような半径 r の半円状の区間をもち、直径 d の中実丸棒である一様なはり ABCDE がある。A にて剛体壁に固定され、自由端 E の図心に集中荷重 W が負荷されている。なお、円弧 BCD の中心を原点とする、 xyz 軸のデカルト直交座標系を考え、紙面右向きを x 軸、上向きを z 軸とする。また、はりの断面の図心は $y=0$ 上にある。

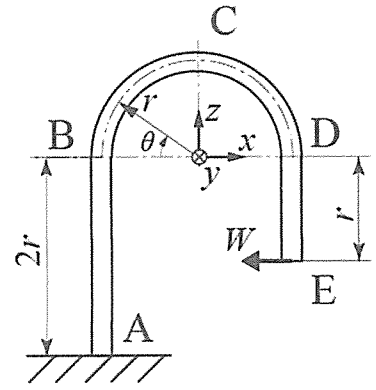


図1

このはりのせん断力線図 (SFD) と曲げモーメント線図 (BMD) を求めるため、図2のように B, D にてはりを仮想切断して考えることとした。このとき、以下の設問すべてに答えよ。なお、力の向きは「(x 軸/ z 軸) の (正/負) の向き」、モーメントの向きは「(時計回り/反時計回り)」のうち、() 内から適切な単語を選んで答えよ。

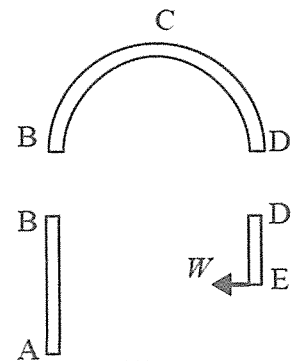


図2

(1) 仮想切断後の DE 部について、断面 D に生じる力 R_{D1} とモーメント M_{D1} の大きさと向きを答えよ。

(2) 仮想切断後の BCD 部について、断面 D に生じる力 R_{D2} とモーメント M_{D2} の大きさと向きを求めよ。

(3) 仮想切断後の AB 部について、断面 A に生じる力 R_A とモーメント M_A の大きさと向きを求めよ。

(4) 区間 BCD について、図3に示すように任意の角度 θ (はりの位置 G) で仮想切断したとき、はりの中心軸に垂直な断面のせん断力 $F(\theta)$ 、および曲げモーメント $M(\theta)$ を求めよ。なお、図の力とモーメントの矢印の向きを正とする。

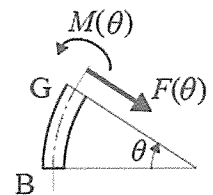


図3

(5) 曲がりはり ABCDE の SFD と BMD を求めよ。

(6) 曲がりはり ABCDE について、はりの中心軸に垂直な断面の垂直応力の中で、最大の圧縮応力が生じる位置を座標で答えよ。また、その圧縮応力の大きさを求めよ。なお、直径 d の中実丸棒の図心を通る軸の断面2次モーメントは $\frac{\pi d^4}{64}$ である。

[2] 熱力学

選択問題

問 閉じた系における理想気体（質量 m [kg]，気体定数 R [J/(kg・K)]，比熱比 κ ）の状態変化（準静的過程）について考える。図1の p - V 線図（圧力-体積線図）に示すように、この気体を最初の状態1から体積一定で加熱して状態2とする（過程①：状態1→状態2）。次に、気体を圧力一定のまま加熱して状態3まで膨張させ（過程②：状態2→状態3），さらに可逆断熱膨張させて状態4とした（過程③：状態3→状態4）。そして、圧力一定のまま冷却して最初の状態1に戻した（過程④：状態4→状態1）。

このとき、以下の問いに答えよ。ただし、状態1における気体の圧力、体積と温度をそれぞれ p_1 [Pa]， V_1 [m³]， T_1 [K]とし、状態2の圧力 p_2 [Pa]を $p_2 = a p_1$ ，状態3の体積 V_3 [m³]を $V_3 = b V_1$ とする。ここで、 a と b はいずれも1より大きな定数である。また、各設問の末尾で括弧 { } 内に記号が指定されている場合には、それらの記号をすべて用いて解答せよ。

なお、熱の符号については、熱が系に入る場合を正、系から出る場合を負と定義し、仕事の符号については、系が仕事をする場合を正、仕事をされる場合を負と定義する。

- | | |
|--|------------------------------|
| (1) この理想気体の質量 m を求めよ。 | $\{p_1, V_1, R, T_1\}$ |
| (2) 定積比熱 c_v [J/(kg・K)]と定圧比熱 c_p [J/(kg・K)]を求めよ。 | $\{R, \kappa\}$ |
| (3) 状態2の温度 T_2 [K]を求めよ。 | $\{T_1, a\}$ |
| (4) 状態3の温度 T_3 [K]を求めよ。 | $\{T_1, a, b\}$ |
| (5) 状態4の温度 T_4 [K]を求めよ。 | $\{T_1, \kappa, a, b\}$ |
| (6) 過程①において気体に与えられた熱 Q_{12} [J]を求めよ。 | $\{p_1, V_1, \kappa, a\}$ |
| (7) 過程③において気体が行う仕事 W_{34} [J]を求めよ。 | $\{p_1, V_1, \kappa, a, b\}$ |

以下の問いでは、状態4の温度 T_4 が状態2の温度 T_2 と等しいとして答えよ。

- | | |
|--|--------------------------------|
| (8) 過程①におけるエントロピー変化 $S_2 - S_1$ [J/K]を求めよ。 | $\{p_1, V_1, T_1, \kappa, a\}$ |
| (9) 過程②におけるエントロピー変化 $S_3 - S_2$ [J/K]を求めよ。 | $\{p_1, V_1, T_1, a\}$ |
| (10) 図1における全ての状態変化と対応する T - S 線図（温度-エントロピー線図）の概略を、図2に示すように状態1から始めて、各状態点を実線で結びながら描け。ただし、各状態点（1, 2, 3, 4），温度（ T_1, T_2, T_3, T_4 ）とエントロピー（ S_1, S_2, S_3, S_4 ）も図中に示せ。 | |

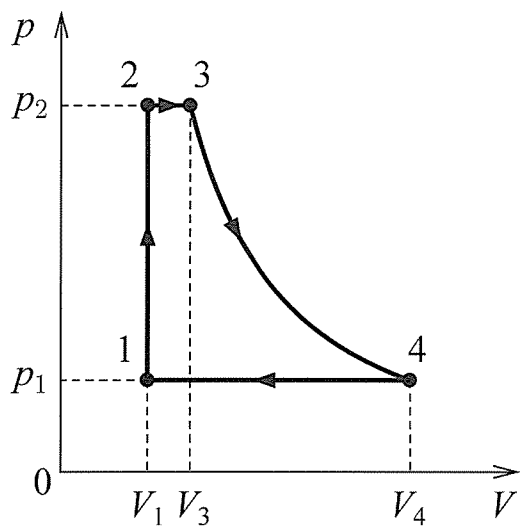


图 1 p - V 线图

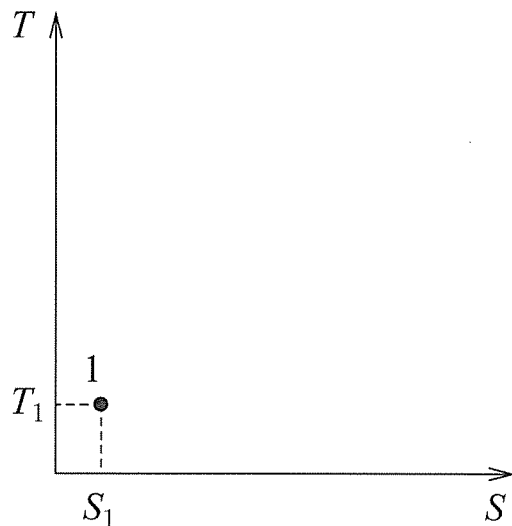


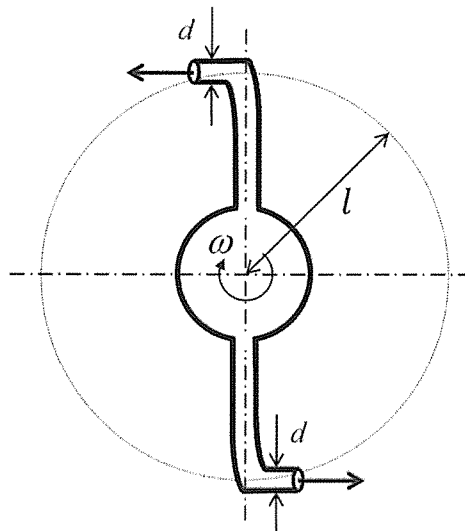
图 2 T - S 线图

[3] 流体力学

選択問題

問1 図に示すように、口径 d の等しい2個のノズルから密度 ρ の水を接線方向に噴出することで、角速度 ω で回転するタービンがある。水は回転軸のパイプを通して流入し、各ノズルから流量 Q で流出する。このとき、タービンが水から受けるトルクの大きさ T を以下の手順により求めよ。ただし、回転軸からノズル出口までの距離を l とし、流動損失、回転軸の摩擦損失、重力の影響は無視する。解答の際には、 d, ρ, ω, Q, l の中から必要な記号を用いること。

- (1) 回転する座標系から見たときのノズルから噴出する速度 V を求めよ。
- (2) 静止座標系から見たときの水の周方向速度成分 V_θ を求めよ。
- (3) 2つのノズルから単位時間に流出する角運動量 \dot{L}_{out} を求めよ。
- (4) 単位時間に流入する角運動量 \dot{L}_{in} を求めよ。
- (5) 角運動量の法則からトルクの大きさ T を求めよ。



問2 速度 U_a で空気中を走行する自動車(代表長さ L)の空気抵抗について、実物の車の1/10のサイズの模型を作り、水流中に設置された模型自動車による模型実験を行う。ここで、空気および水の動粘度をそれぞれ ν_a および ν_w とする。

- (1) 模型実験において満たすべき力学的相似条件となる無次元数とは何か。また、その無次元数の物理的意味を「粘性力」と「慣性力」の用語を用いて簡潔に説明せよ。
- (2) 模型実験における水の流速 U_w を求めよ。

[4] 制御工学

選択問題

問1 図1に示すばね-ダンパ系において、ばね定数を K_1 , K_2 , ダンパの粘性抵抗係数(粘性摩擦係数)を B とする。入力変位 $x(t)$ を入力信号, 出力変位 $z(t)$ を出力信号とする伝達関数を K_1, K_2, B を用いて表せ。ただし, $y(t)$ は中間変位であり, 変位を含むすべての運動は一直線上に拘束されているものとする。また, ばね1の右端は図1のように壁に固定されており, 動かないものとする。

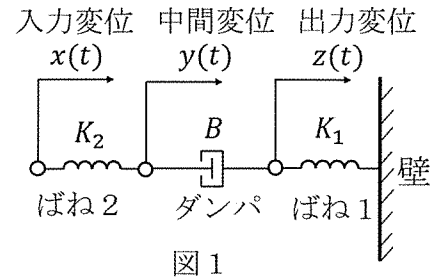


図1

問2 図2のフィードバック制御系について考える。 $R(s), Y(s), E(s)$ は, それぞれ目標値, 制御量, 偏差のラプラス変換を表す。

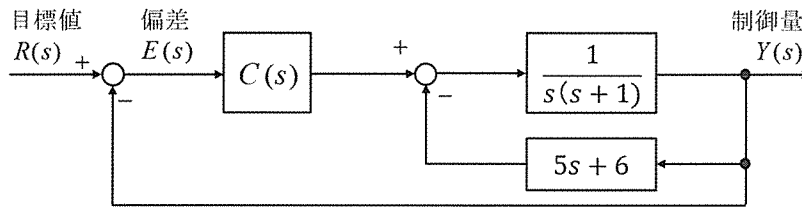


図2 フィードバック制御系

まず, 図2において, 次の(1)の問いに答えよ。

(1) $R(s)$ から $Y(s)$ までの伝達関数を, $C(s)$ を用いて表せ。

次に, 図2において $C(s) = 2$ とおく。次の(2)~(3)の問いに答えよ。

(2) $R(s)$ から $Y(s)$ までの伝達関数の極を求めよ。

(3) 目標値が大きさ4のステップ関数であるとき, 制御量の時間応答を求めよ。

最後に, 図2において $C(s) = \frac{K}{s}$ とおく。ただし K は正の実数とする。次の(4)~(5)の問いに答えよ。

(4) 図2のフィードバック制御系を安定にする K の範囲を求めよ。

(5) $K = 12$ とおく。目標値に対する定常位置偏差と定常速度偏差をそれぞれ求めよ。