

令和6年度
機械設計技術者試験
3級 試験問題Ⅱ

第2時限 14：20～16：20（120分）

2. 材料力学
3. 機械力学
5. 熱工学
6. 制御工学
7. 工業材料

令和6年11月17日実施

主催：一般社団法人 日本機械設計工業会

[2. 材料力学]

1

図1に示すように平均直径 d 、肉厚 t および長さ ℓ の薄肉円管が一端 B を剛体の壁に固定され他端 C にねじりモーメント T を受けている。図2に示すように、円管の外径が d_2 であり、内径が d_1 である。自由端 C のねじれ角を θ とする。また、この円管の横弾性係数を G とする。弾性変形の範囲内では、せん断応力は内周から外周に向かって直線的に増加しており平均直径 d の位置においては内外周の平均となり、その値を τ_0 とする。以下の設問 (1) ~ (4) に答えよ。

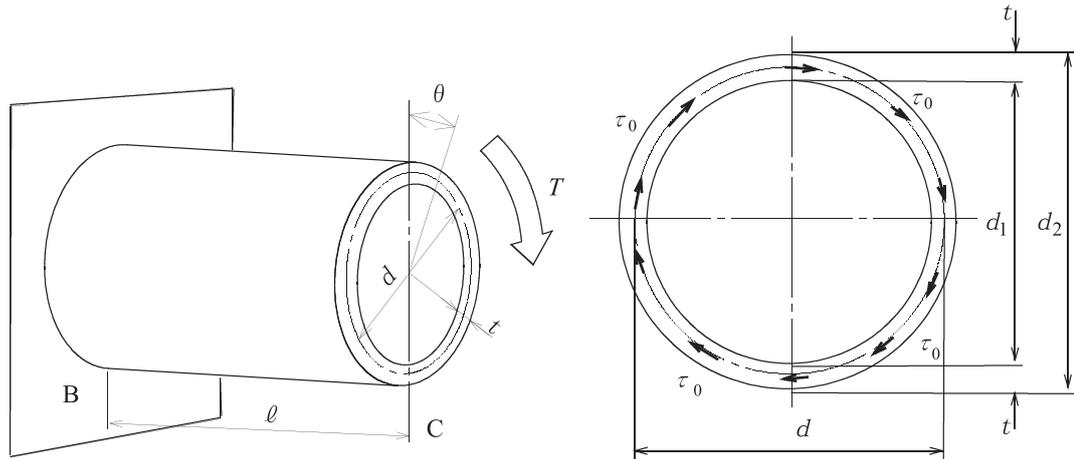


図1

図2

(1) この円管の外表面に発生するせん断ひずみ γ として正しいものを下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\textcircled{1} \gamma = \frac{d-t}{\ell} \theta \quad \textcircled{2} \gamma = \frac{d+t}{\ell} \theta \quad \textcircled{3} \gamma = \frac{d+t}{2\ell} \theta$$

$$\textcircled{4} \gamma = \frac{d+2t}{2\ell} \theta \quad \textcircled{5} \gamma = \frac{2\ell}{d+2t} \theta$$

(2) この円管の円管内部の平均直径 d の位置に生ずるせん断応力 τ_0 をねじりモーメント T および平均直径 d 、肉厚 t を用いて表す式として正しいものを下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\textcircled{1} \frac{3T}{\pi d^2 t} \quad \textcircled{2} \frac{2T}{\pi d^2 t} \quad \textcircled{3} \frac{T}{\pi d^2 t} \quad \textcircled{4} \frac{2T}{\pi d^3 t} \quad \textcircled{5} \frac{3T}{\pi d^3 t}$$

- (3) この円管のねじれ角 θ を横弾性係数 G とねじりモーメント T および平均直径 d 、肉厚 t 、長さ ℓ を用いて表す式として正しいものを下記の〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\textcircled{1} \frac{T \ell}{G \pi d^3 t} \quad \textcircled{2} \frac{2 T \ell}{G \pi d^3 t} \quad \textcircled{3} \frac{3 T \ell}{G \pi d^3 t} \quad \textcircled{4} \frac{4 T \ell}{G \pi d^3 t} \quad \textcircled{5} \frac{5 T \ell}{G \pi d^3 t}$$

- (4) この円管は、長さ $\ell = 1.25$ m、平均直径 $d = 64.0$ mm、肉厚 $t = 3.00$ mm の寸法であり、材料の横弾性係数 $G = 27.0$ GPa とする。ねじりモーメント $T = 77.5$ N・m を受けるとき、ねじれ角 θ を計算し、その答に最も近い値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【D】にマークせよ。

〔数値群〕 単位： $\times 10^{-3}$ rad

$$\textcircled{1} 2.73 \quad \textcircled{2} 2.92 \quad \textcircled{3} 3.05 \quad \textcircled{4} 4.20 \quad \textcircled{5} 5.81$$

2

図1に示すような長さ l のはりAB上の点Cに直角に結合された腕CDEの先端Eに垂直荷重 P が作用している。支点Aは不動の回転支点であり、支点Bは水平方向に移動可能な回転支点である。腕CDEの先端Eに荷重 $P = 1.5 \text{ kN}$ を受けている。はりの長さは $l = 3.0 \text{ m}$ 、各部の長さは $l_1 = 1.3 \text{ m}$ 、 $l_2 = 1.7 \text{ m}$ 、 $l_3 = 0.8 \text{ m}$ 、 $l_4 = 0.6 \text{ m}$ である。図2に、はりの断面形状および寸法を示す。 $b = 30 \text{ mm}$ 、 $h = 40 \text{ mm}$ である。ただし、支点反力は上向きを正(+)とし、下向きを負(-)とする。下記の設問(1)～(4)に答えよ。

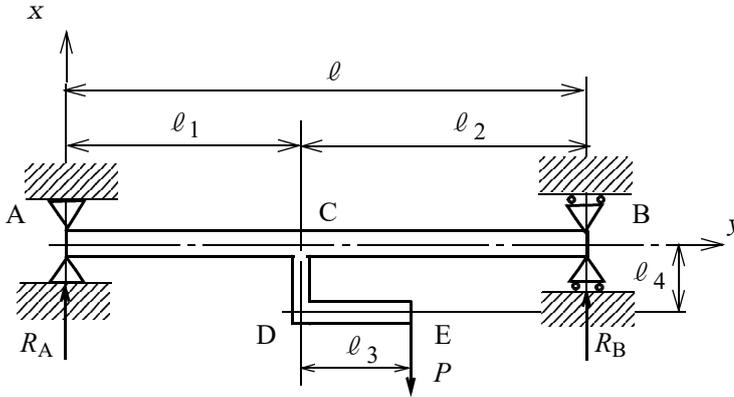


図1

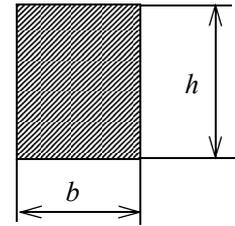


図2 はり AB の断面形状

- (1) 支点Aの垂直方向反力 R_A を計算し、その答に最も近い値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

〔数値群〕 単位：kN

- ① 0.45 ② 0.55 ③ 0.60 ④ 0.72 ⑤ 0.92

- (2) 支点Bの垂直方向反力 R_B を計算し、その答に最も近い値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数値群〕 単位：kN

- ① 0.73 ② 0.92 ③ 1.05 ④ 1.20 ⑤ 1.35

- (3) はりABに生ずる最大曲げモーメント M_{\max} を計算し、その答に最も近い値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数値群〕 単位：kN・m

- ① 1.22 ② 1.34 ③ 1.55 ④ 1.65 ⑤ 1.79

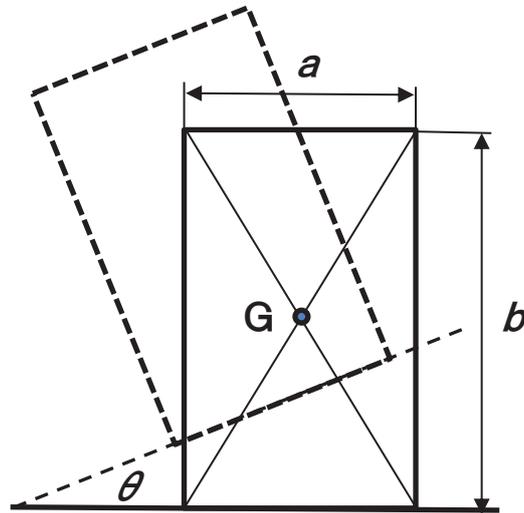
- (4) このはりに発生する最大曲げ応力 σ_{\max} を計算し、その答に最も近い値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【D】にマークせよ。

〔数値群〕 単位：MPa

- ① 160 ② 189 ③ 203 ④ 223 ⑤ 240

[3. 機械力学]

- 1 下図のように直方体の物体を床に置いた。その後、床を傾けていったとき、物体は滑らないとして傾斜角 θ がいくら以上になったとき転倒するか、最も近い値を以下の〔数値群〕から一つ選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。
ただし、 $a = 100 \text{ mm}$ 、 $b = 180 \text{ mm}$ とし、物体の全重量は図の重心 G に作用するものとする。



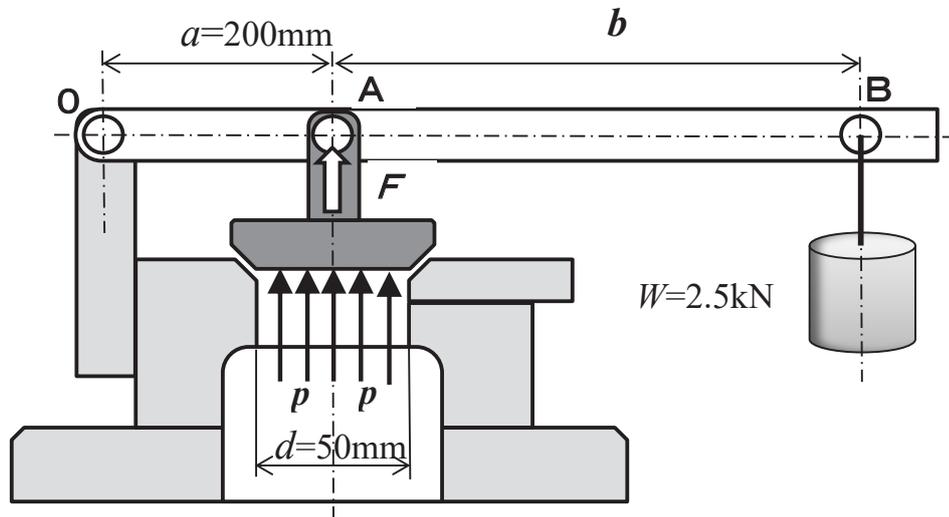
〔数値群〕 単位： $^{\circ}$

- ① 26 ② 30 ③ 32 ④ 35 ⑤ 38

2

下図は、てこ式安全弁を示している。安全弁の機構は、O点を支持点として安全弁の付いているA点が、許容以上の圧力になると上昇する。A点を押さえるためにB点におもりが加えられている。おもりの荷重 $W = 2.5 \text{ kN}$ である。

てこ棒のOA間の長さ $a = 200 \text{ mm}$ である。圧力が抜ける円筒部分の直径 $d = 50 \text{ mm}$ とする。弁に加わる圧力を p [MPa] とすると以下の問(1)～(3)に答えよ。ただし、てこの重さは無視する。



- (1) 圧力 $p = 5 \text{ MPa}$ が作用したとき、弁のA部分を押し上げる力 F [kN] を、下記〔数値群〕から最も近い値を選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

〔数値群〕

- ① 2.4 ② 6.8 ③ 9.8 ④ 12.1 ⑤ 16.2

- (2) 弁のA部分を押し上げる力 F とおもりの押さえる力 W とがつり合っているときのモーメントつり合い式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数式群〕

- ① $a \cdot F - b \cdot W + aW = 0$ ② $a \cdot F - (a+b)W = 0$ ③ $W \cdot b - a \cdot F = 0$
 ④ $(a+b) \cdot F - bW = 0$ ⑤ $W \cdot (b+a) - b \cdot F = 0$

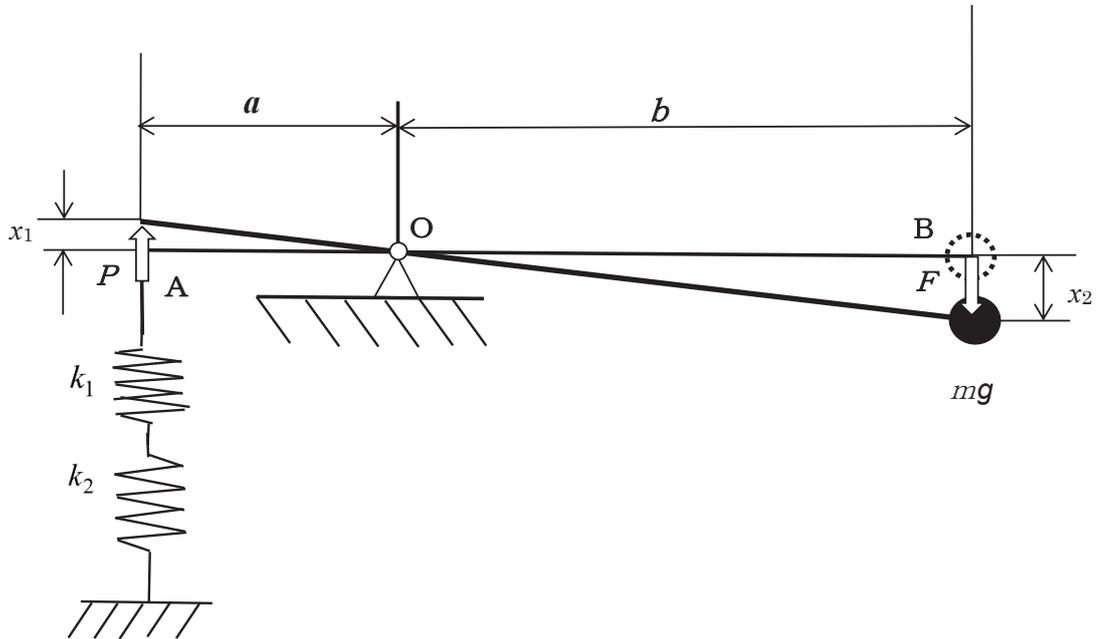
- (3) 圧力 $p = 5 \text{ MPa}$ が作用したとき、安全弁としての機能を発揮するためには、おもり $W = 2.5 \text{ kN}$ を設置する位置 b の長さ [mm] をいくらししたらよいか、下記〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数値群〕

- ① 278 ② 352 ③ 486 ④ 584 ⑤ 684

3

下図は、剛体の「てこ」ABの左端A点に、ばね定数 k_1 、 k_2 のばねが付いている。「てこ」の右端部B点に質量 m の物体を載せたとき「てこ」部の系の固有振動数を求めたい。今、右端B点に力 $F (= mg)$ が作用したときA点の変位が x_1 になり、B点の変位が x_2 になった。以下の問(1)～(5)に答えよ。



- (1) A点を支えている2個の直列に置かれているばねの合成ばね定数 k を、 k_1 と k_2 を使い表したい。 k を表す式を下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。問(2)以降は、この合成ばね定数 k を使用する。

〔数式群〕

① $\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$ ② $\frac{1}{k_1 + k_2}$ ③ $\frac{k_1 + k_2}{k_1 \cdot k_2}$ ④ $k_1 + k_2$ ⑤ $\frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}$

- (2) 「てこ」のB点の変位は x_2 、A点の変位は x_1 とする。 x_1/x_2 を、支点O点からの距離 a 、 b で表すと、どのような式になるか。下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\frac{a+b}{a}$ ② $\frac{b}{a}$ ③ $\frac{1}{a+b}$ ④ $\frac{a}{b}$ ⑤ $\frac{1}{a \cdot b}$

- (3) 力 F が作用して右端 B 点の変位が x_2 となったとする。このときの「てこ」部の系のばね定数を k_e とすると、 $F = k_e \cdot x_2$ で表される。この状態での O 点まわりのモーメントのつり合い式を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数式群〕

① $a \cdot kx_2 = b \cdot k_e x_1$ ② $a \cdot kx_1 = b \cdot k_e x_2$ ③ $b \cdot kx_1 = a \cdot k_e x_2$
 ④ $b \cdot kx_2 = a \cdot k_e x_1$ ⑤ $k_e x_1 = a \cdot b \cdot kx_2$

- (4) 「てこ」部の系のばね定数 k_e は、支点 O 点からの距離 a 、 b と合成ばね定数 k で表すと、どのような式になるか。下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【D】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\frac{a^2}{b^2} k$ ② $\frac{b}{a} k^2$ ③ $\frac{b^2}{a^2} k$ ④ $\frac{b}{a^2} k^2$ ⑤ $\frac{b}{a} k$

- (5) 上記の図で示す状態での「てこ」部の系の固有振動数 f_n を、下記〔数式群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【E】にマークせよ。

〔数式群〕

① $\frac{1}{2\pi} \frac{b}{a} \sqrt{\frac{m}{k}}$ ② $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{b}{a} \frac{m}{k}}$ ③ $\frac{1}{2\pi} \frac{b}{a} \sqrt{\frac{k}{m}}$ ④ $\frac{1}{2\pi} \frac{1}{a \cdot b} \sqrt{\frac{k}{m}}$ ⑤ $\frac{1}{2\pi} \cdot \frac{a}{b} \sqrt{\frac{k}{m}}$

〔5. 熱工学〕

1

次の文章はエンジン等の設計に関して必要とする熱力学の物理量のSI単位を記述したものである。文章中の空欄【A】～【J】に当てはまる単位を〔選択群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】～【J】にマークせよ。

基本単位は質量 [kg]、長さ [m]、時間 [s]、温度 [K] で表され、この4つを基本単位と呼んでいる。以下基本単位を用いると、

I 力の単位は組立単位で1【A】のように表すが、これは1kgの物体を 1m/s^2 の加速度で加速するのに必要な力をいい、 $1【A】 = 1【B】$ で表される。

II エネルギーまたは仕事の単位は組立単位で1【C】のように表すが、これは1【A】の力で物体を1【D】移動させるのに要する仕事をいい、 $1【C】 = 1【E】$ で表される。

III 動力あるいは仕事率の単位は組立単位で1秒あたりに1【C】の仕事がなされるときを1【F】といい、 $1【F】 = 1【G】$ で表される。熱エネルギーが移動するときの時間的な割合やエンジンの出力も1【F】で表される。

IV 圧力の単位は組立単位で1【H】のように表すが、これは力の単位で表すと面積1【I】に1【A】の力がかかることを意味し、 $1【H】 = 1【J】$ で表される。

〔選択群〕

- | | | | | |
|------------------|------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| ① cm^2 | ② K | ③ $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ | ④ $\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ | ⑤ J |
| ⑥ J/s | ⑦ m | ⑧ m^2 | ⑨ N | ⑩ $\text{N}\cdot\text{m}$ |
| ⑪ N/m^2 | ⑫ Pa | ⑬ s | ⑭ W | |

2

下図はなめらかに動き、質量が無視できるピストンがついた容器に、気体 A を 1 kg だけ閉じ込めた熱機関を示している。状態 1 では気体 A の圧力 P_1 、体積 V_1 、絶対温度 T_1 であった。気体 A は理想気体とし、定容比熱を c_v 、比熱比 κ は定圧比熱を c_p として $\kappa = c_p/c_v$ と定義され、気体定数を R とする。この気体 A は 4 つの過程でサイクルを形成する。

I 状態 1 から状態 2：断熱圧縮過程（状態 2 では気体 A の圧力 P_2 、体積 V_2 、絶対温度 T_2 ）

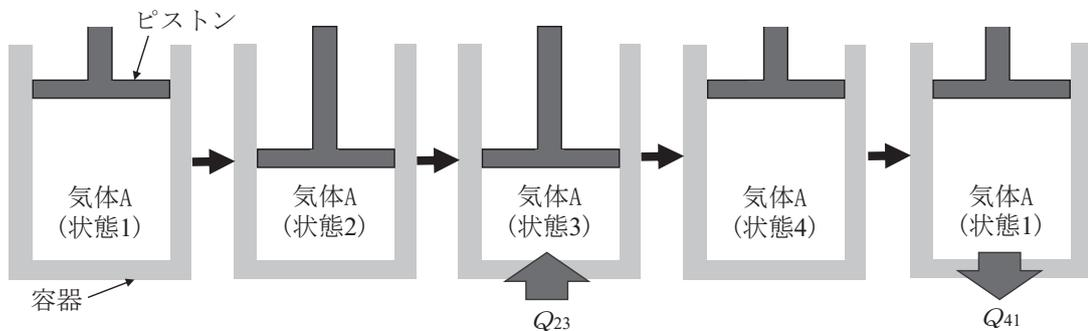
II 状態 2 から状態 3：等容加熱過程（状態 3 では気体 A の圧力 P_3 、体積 V_3 、絶対温度 T_3 ）

III 状態 3 から状態 4：断熱膨張過程（状態 4 では気体 A の圧力 P_4 、体積 V_4 、絶対温度 T_4 ）

IV 状態 4 から状態 1：等容冷却過程

ここで、II の変化の過程で、高温熱源から気体 A に加えられた熱量を Q_{23} とし、IV の変化の過程で低温熱源に捨てた熱量を Q_{41} とする。

圧縮比 $\varepsilon (= V_1 / V_2)$ とするとき、以下の設問 (1) ~ (6) に答えよ。ただし、断熱過程では $PV^\kappa = \text{一定}$ (ポアソンの法則) が成り立つものとし、問題文中に指定がある場合を除いて、熱の出入りが無いものとする。



(1) 状態 2 の絶対温度 T_2 として正しい式を下記の〔数式群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

〔数式群〕

- ① $T_1 \varepsilon^{\kappa-1}$ ② $T_1 \varepsilon^{1-\kappa}$ ③ $T_1 \varepsilon^{\frac{1}{1-\kappa}}$ ④ $T_1 \varepsilon^{\frac{\kappa}{1-\kappa}}$ ⑤ $T_1 \varepsilon^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$

(2) I の変化の過程で気体 A が外部からなされた仕事 W_{12} として正しい式を下記の〔数式群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数式群〕

- ① $c_v (T_1 - T_2)$ ② $c_v (T_2 - T_1)$ ③ $c_p (T_1 - T_2)$ ④ $c_p (T_2 - T_1)$ ⑤ $R (T_2 - T_1)$

- (3) II の変化の過程で、高温熱源から気体 A に加えられた熱量 Q_{23} として正しい式を下記の〔数式群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数式群〕

① $c_v (T_1 - T_3)$ ② $c_v (T_3 - T_2)$ ③ $c_p (T_2 - T_3)$ ④ $c_p (T_3 - T_2)$ ⑤ $R (T_3 - T_2)$

- (4) III の変化の過程で、状態 4 の絶対温度 T_4 として正しい式を下記の〔数式群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【D】にマークせよ。

〔数式群〕

① $T_3 \varepsilon^{\kappa-1}$ ② $T_3 \varepsilon^{1-\kappa}$ ③ $T_3 \varepsilon^{\frac{1}{1-\kappa}}$ ④ $T_3 \varepsilon^{\frac{\kappa}{1-\kappa}}$ ⑤ $T_3 \varepsilon^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$

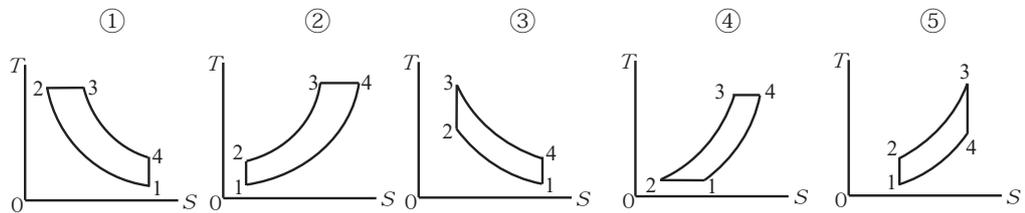
- (5) IV の変化の過程で気体 A から低温熱源に捨てた熱量 Q_{41} として正しい式を下記の〔数式群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【E】にマークせよ。

〔数式群〕

① $c_v (T_1 - T_4)$ ② $c_v (T_4 - T_1)$ ③ $c_p (T_1 - T_4)$ ④ $c_p (T_4 - T_1)$ ⑤ $R (T_1 - T_4)$

- (6) この熱機関のサイクルの TS 線図として正しいものを下記の〔選択群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【F】にマークせよ。

〔選択群〕



〔6. 制御工学〕

1

制御に関して述べた以下の文章の空欄【A】～【R】に最も適切な語句または数値を〔選択群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】～【R】にマークせよ。

ただし、語句または数値の重複使用は不可である。

- (1) 一般に、制御装置や制御対象などを系統的に組み合わせた系を制御系という。制御系には、開ループ制御系と閉ループ制御系がある。それらの代表的な制御として、前者は【A】であり、後者は【B】である。開ループ制御系では、制御系の特性の変化がそのまま出力にあらわれてしまうが、閉ループ制御系では、【C】がつねに【D】と比較され、【E】が小さくなるように訂正動作が行われるので、変動の少ない【C】が保証される。
- (2) 制御システムを解析・設計するためには、その【F】が必要であり、一般に物理システムは微分方程式によって記述される。しかし、この方法による表現は、制御系を構成する要素の性質を端的にあらわすが、実際の要素の動作と構造の対応関係はわかりにくい欠点がある。そこで、微分方程式で表現された制御系を【G】を用いて出力信号と入力信号との比として定め、システムの入出力関係をあらわす。これを【H】という。また、複数の【H】があるとき、直列や並列、フィードバックなどの結合法則で等価変換し、視覚的に示したものが【I】である。
- (3) 動的システムに入力信号を印加したとき、出力信号は時間により変化する。これを時間応答という。時間応答として代表的なものにステップ応答がある。1次遅れ系のステップ応答では、【J】の特性について定常値の【K】%までに達する時間を計り、【L】を求めて評価する。また、2次遅れ系のステップ応答では、【M】の特性について【N】で評価する。一方、周波数応答は、時間領域を周波数領域に変換し、入力に【O】を用い、周波数に対する【P】と【Q】に注目し、【R】などを用いて周波数特性を図式的に表わしてシステムの設計を行う方法である。

〔選択群〕

- | | | | |
|------------|--------|-------------|-----------|
| ① 安定性 | ② 位相差 | ③ 減衰係数 | ④ シーケンス制御 |
| ⑤ 時定数 | ⑥ 振幅比 | ⑦ 制御量 | ⑧ 正弦波 |
| ⑨ 速応性 | ⑩ 伝達関数 | ⑪ フィードバック制御 | |
| ⑫ ブロック線図 | ⑬ 偏差 | ⑭ ボード線図 | |
| ⑮ 目標値 | ⑯ モデル | ⑰ ラプラス変換 | |
| ⑱ 10 から 90 | ⑲ 50 | ⑳ 63.2 | |

2

質量 m の質点が落下速度 v に比例する空気抵抗 cv (抵抗係数 c) を受けながら自由落下する系について、次の設問 (1) ~ (4) に答えよ。ただし、重力加速度を g とする。

- (1) 出力を速度 $v(t)$ として、この系の伝達関数 $V(s)$ を求める。伝達関数 $V(s)$ の正しい式を下記の〔数式群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\textcircled{1} \frac{mg}{cs} \quad \textcircled{2} \frac{mg}{cs^2} \quad \textcircled{3} \frac{mg}{ms+c} \quad \textcircled{4} \frac{mg}{cs+m} \quad \textcircled{5} \frac{mg}{s(ms+c)} \quad \textcircled{6} \frac{mg}{s(cs+m)}$$

- (2) 出力を加速度 $a(t)$ として、この系の伝達関数 $A(s)$ を求める。伝達関数 $A(s)$ の正しい式を下記の〔数式群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【B】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\textcircled{1} \frac{mg}{cs} \quad \textcircled{2} \frac{mg}{cs^2} \quad \textcircled{3} \frac{mg}{ms+c} \quad \textcircled{4} \frac{mg}{cs+m} \quad \textcircled{5} \frac{mg}{s(ms+c)} \quad \textcircled{6} \frac{mg}{s(cs+m)}$$

- (3) この系の終端速度 $v(\infty)$ を求める式として、正しいものを下記の〔数式群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【C】にマークせよ。

〔数式群〕

$$\begin{array}{lll} \textcircled{1} \lim_{s \rightarrow \infty} V(s) & \textcircled{2} \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{V(s)}{s} & \textcircled{3} \lim_{s \rightarrow \infty} sV(s) \\ \textcircled{4} \lim_{s \rightarrow 0} V(s) & \textcircled{5} \lim_{s \rightarrow 0} \frac{V(s)}{s} & \textcircled{6} \lim_{s \rightarrow 0} sV(s) \end{array}$$

- (4) この系の整定時間 t_s を求める。整定時間 t_s として、適切な式を下記の〔数式群〕の中から選び、その番号を解答用紙の解答欄【D】にマークせよ。

〔参考〕 定常値の $\alpha\%$ に達するまでの時間を t_α とすれば

$$t_\alpha = -T \ln \frac{100 - \alpha}{100}$$

〔数式群〕

$$\textcircled{1} \frac{0.05c}{m} \quad \textcircled{2} \frac{0.05m}{c} \quad \textcircled{3} \frac{0.69c}{m} \quad \textcircled{4} \frac{0.69m}{c} \quad \textcircled{5} \frac{3c}{m} \quad \textcircled{6} \frac{3m}{c}$$

〔7. 工業材料〕

1

下表は、鉄鋼材料の材質についてまとめたものである。引張強さと伸びは参考値である。特徴の欄に記述されている文章中の空欄【A】～【J】に当てはまる最適な語句または数値を〔選択群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄【A】～【J】にマークせよ。ただし、重複使用は不可である。

鋼種	引張強さ [MPa]	伸び [%]	特徴
SS400	450	20	一般構造用圧延鋼材の一つ。【A】に分類され、SS材とも呼ばれる。【B】だけが規定されており、明確な降伏と大きな伸びをもつ。熱処理は行わずに圧延材のままで使用する。特定の断面形状で曲げに強くした形鋼は、建築・土木などに広く用いられる。
S45C	600	15	機械構造用炭素鋼鋼材の一つ。炭素量は約【C】%であり、炭素を含めた5元素の規定によりSS材よりも信頼性がある。圧延や鍛造などの加工後に、焼入れ焼戻しの熱処理を行う。多くの機械部品に用いられる。
SCM440	1380	15	機械構造用合金鋼鋼材の一つ。【D】ともいう。主要合金元素量コードが【E】であり、炭素量は約【F】%である。特に【G】と呼ばれるものは【H】を保証する。耐摩耗性、耐熱性、溶接性に優れ、強靱であるため、ボルト、軸などに用いられる。
18Ni350	2350	10	18%のニッケルを含むFe-Ni-Co-Mo-Ti系のマルエージング鋼である。350はキロポンドとインチを使った引張強さを意味する。冷間加工で形状を決めてから、炭素を含まない【I】変態と【J】硬化によって飛躍的に強靱化させた材料である。溶接性に優れるので積層造形も可能である。

〔選択群〕

- | | | | |
|--------|-------------|-------|-----------|
| ① 0.4 | ② 0.45 | ③ 4 | ④ 軟鋼 |
| ⑤ H鋼 | ⑥ クロムモリブデン鋼 | ⑦ 焼入性 | ⑧ マルテンサイト |
| ⑨ 引張強さ | ⑩ 時効 | | |

