

Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

Ⅲ－1 下図に示すように、直径 d の丸棒の上端を天井に固定して鉛直につり下げるとき、自重によって丸棒が破断しない長さ l の条件として、最も適切なものはどれか。ただし、丸棒の密度を ρ 、重力加速度を g とし、丸棒は引張応力が引張強さ σ_B に達したときに破断するものとする。

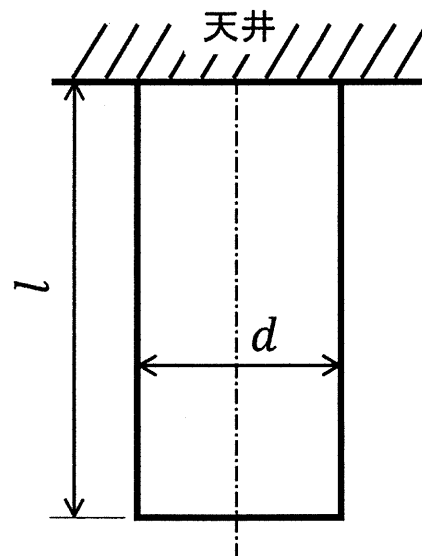
① $l < \frac{4\sigma_B}{\pi d^2 \rho g}$

② $l < \frac{\sigma_B}{\pi d^2 \rho g}$

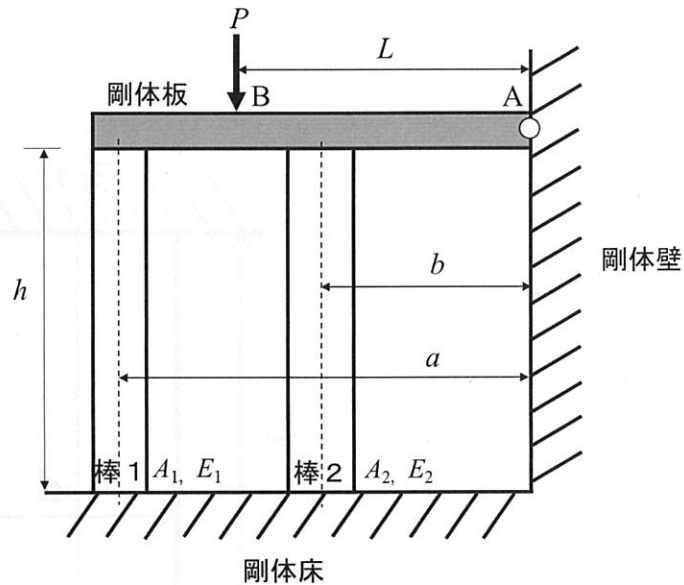
③ $l < \frac{4\sigma_B}{\rho g}$

④ $l < \frac{\sigma_B}{\rho g}$

⑤ $l < \frac{\sigma_B}{4\rho g}$

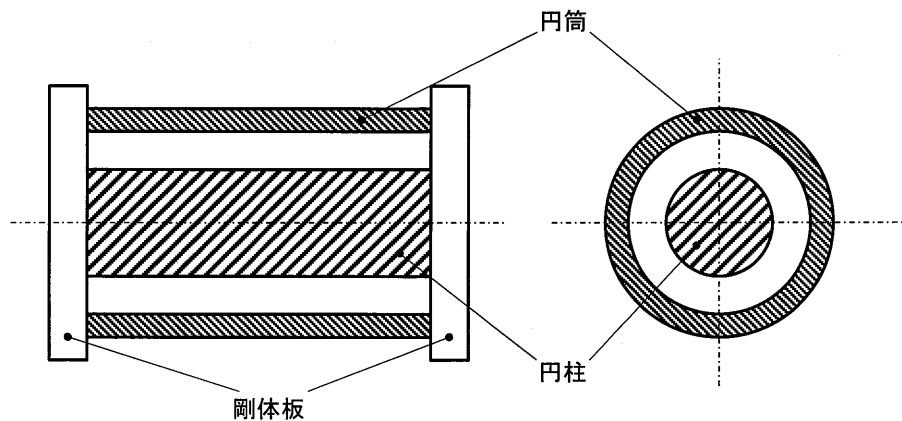


Ⅲ－２ 下図に示すように、剛体床上に鉛直に立てられた長さ h の２本の棒（棒１，棒２）があり，その上に剛体板が水平に置かれている。剛体壁から棒１と棒２の中心軸までの距離はそれぞれ a ， b であり，剛体板は点 A で剛体壁とピン結合されている。点 A から距離 L の点 B に鉛直荷重 P を作用させたとき，棒１に発生する応力 σ_1 と棒２に発生する応力 σ_2 の組合せとして，最も適切なものはどれか。ただし，棒１と棒２の断面積はそれぞれ A_1 ， A_2 ，縦弾性係数はそれぞれ E_1 ， E_2 とする。なお，剛体板と棒の自重は無視してよいものとする。



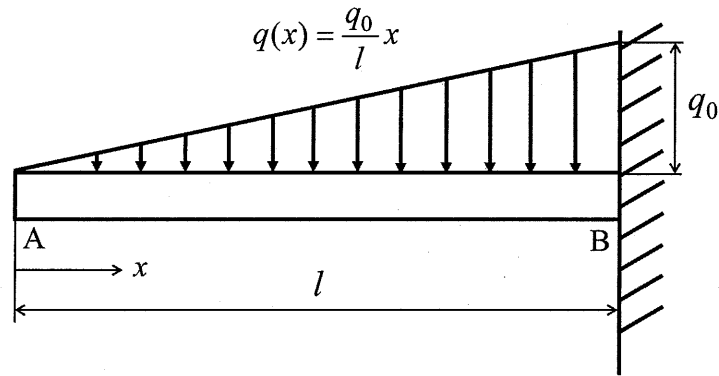
- ① $\sigma_1 = \frac{-E_1 L}{A_1 E_1 a + A_2 E_2 a} P$ ， $\sigma_2 = \frac{-E_2 L}{A_1 E_1 b + A_2 E_2 b} P$
- ② $\sigma_1 = \frac{-E_1 L}{A_1 E_1 b + A_2 E_2 b} P$ ， $\sigma_2 = \frac{-E_2 L}{A_1 E_1 a + A_2 E_2 a} P$
- ③ $\sigma_1 = \frac{-E_1 a L}{A_1 E_1 a^2 + A_2 E_2 b^2} P$ ， $\sigma_2 = \frac{-E_2 b L}{A_1 E_1 a^2 + A_2 E_2 b^2} P$
- ④ $\sigma_1 = \frac{-E_1 L}{A_1 E_1 a + A_2 E_2 b} P$ ， $\sigma_2 = \frac{-E_2 L}{A_1 E_1 a + A_2 E_2 b} P$
- ⑤ $\sigma_1 = \frac{-A_1 E_1 a L}{A_1 A_2 E_1 a^2 + A_2^2 E_2 b^2} P$ ， $\sigma_2 = \frac{-A_2 E_2 b L}{A_1^2 E_1 a^2 + A_1 A_2 E_2 b^2} P$

Ⅲ－３ 下図に示すように、円柱（長さ l ，断面積 A_1 ，縦弾性係数 E_1 ，線膨張係数 α_1 ）と円筒（長さ l ，断面積 A_2 ，縦弾性係数 E_2 ，線膨張係数 α_2 ）を同軸で組み合わせて，両端を剛体板で接合している。円柱と円筒の両方に応力が生じていない状態から，温度が ΔT だけ上昇したとき，円柱と円筒の伸び量 Δl として，最も適切なものはどれか。ただし， $\alpha_1 < \alpha_2$ とし，円柱と円筒の半径方向の変形は無視できるものとする。



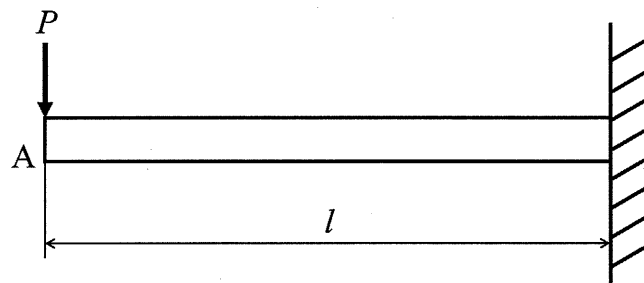
- ① $\Delta l = \frac{E_1 A_1 \alpha_1 - E_2 A_2 \alpha_2}{E_1 A_1 - E_2 A_2} l \Delta T$
- ② $\Delta l = \frac{E_1 A_1 \alpha_1 + E_2 A_2 \alpha_2}{E_1 A_1 + E_2 A_2} l \Delta T$
- ③ $\Delta l = \frac{E_1 A_1 - E_2 A_2}{E_1 A_1 \alpha_1 - E_2 A_2 \alpha_2} \alpha_1 \alpha_2 l \Delta T$
- ④ $\Delta l = \frac{E_1 A_1 + E_2 A_2}{E_1 A_1 \alpha_1 + E_2 A_2 \alpha_2} \alpha_1 \alpha_2 l \Delta T$
- ⑤ $\Delta l = \frac{E_1 A_1 \alpha_1 + 2 E_2 A_2 \alpha_2}{E_1 A_1 + 2 E_2 A_2} l \Delta T$

Ⅲ－４ 下図に示すように、長さ l の片持ちはりにおいて、三角形形状の分布荷重 q が作用している。分布荷重 q が、点 A からの距離 x の関数として $q(x) = \frac{q_0}{l}x$ と表されるとき、点 B に発生する曲げモーメントの絶対値として、最も適切なものはどれか。



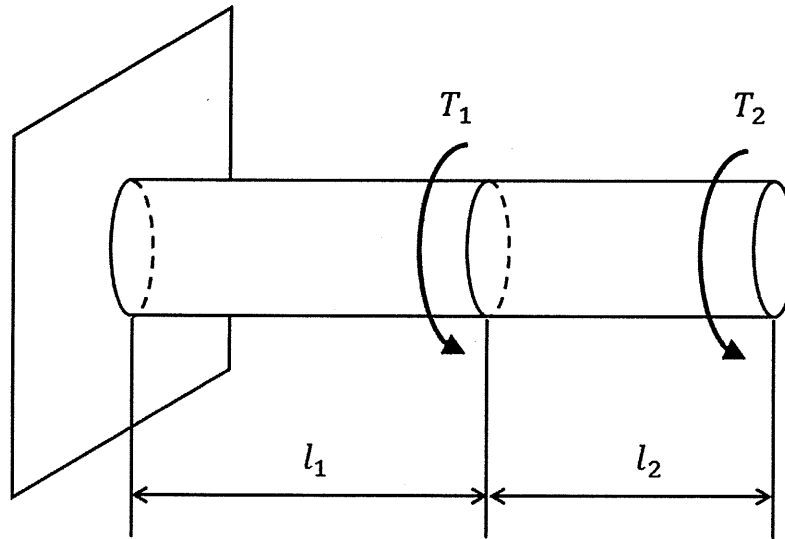
- ① $\frac{q_0 l^2}{6}$ ② $\frac{q_0 l^2}{3}$ ③ $\frac{2q_0 l^2}{3}$ ④ $\frac{5q_0 l^2}{6}$ ⑤ $\frac{4q_0 l^2}{3}$

Ⅲ－５ 下図に示すように、一様断面を持つ長さ l の片持ちはりにおいて、先端 A に集中荷重 P が作用している。このとき、はり全体に蓄えられるひずみエネルギーとして、最も適切なものはどれか。ただし、はりの曲げ剛性を EI とする。



- ① $\frac{P^2 l^3}{24EI}$ ② $\frac{P^2 l^3}{12EI}$ ③ $\frac{P^2 l^3}{6EI}$ ④ $\frac{P^2 l^3}{3EI}$ ⑤ $\frac{2P^2 l^3}{3EI}$

Ⅲ－6 下図に示すように、壁面に片方の端を固定された中実丸棒に、壁面から距離 l_1 にトルク T_1 が、自由端（壁面からの距離 $l_1 + l_2$ ）にトルク T_2 が同じ向きに作用するとき、自由端におけるねじれ角として、最も適切なものはどれか。ただし、丸棒の直径は d 、横弾性係数は G とする。



- ① $\frac{16}{\pi G d^4} (l_1 T_1 + l_2 T_2)$
- ② $\frac{32}{\pi G d^4} (l_1 T_1 + l_2 T_2)$
- ③ $\frac{64}{\pi G d^4} (l_1 T_1 + l_2 T_2)$
- ④ $\frac{32}{\pi G d^4} \{l_1 (T_1 + T_2) + l_2 T_2\}$
- ⑤ $\frac{64}{\pi G d^4} \{l_1 (T_1 + T_2) + l_2 T_2\}$

Ⅲ－７ 下図に示すように、長さ l の柱の両端を固定する。A点は上下に移動できる固定支持である。A点から柱の長軸にそって圧縮荷重 P が作用するとき、座屈荷重 P_{cr} として、最も適切なものはどれか。ただし、この柱の曲げ剛性を EI とする。

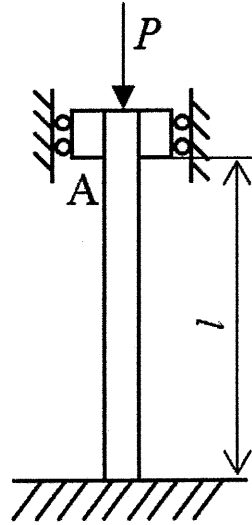
① $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$

② $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{2l^2}$

③ $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$

④ $P_{cr} = \frac{2\pi^2 EI}{l^2}$

⑤ $P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{l^2}$



Ⅲ－８ 両端を閉じた薄肉円筒圧力容器（半径 r ，肉厚 t ， $r \gg t$ ）に内圧 p が作用している。両端から十分離れた円筒部分における円周方向ひずみ ε_θ と軸方向ひずみ ε_z の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、縦弾性係数は E ，ポアソン比は ν とし，円筒の肉厚は薄いので平面応力状態を仮定する。

① $\varepsilon_\theta = \frac{(2-\nu)pr}{Et}$ ， $\varepsilon_z = \frac{(1-2\nu)pr}{Et}$

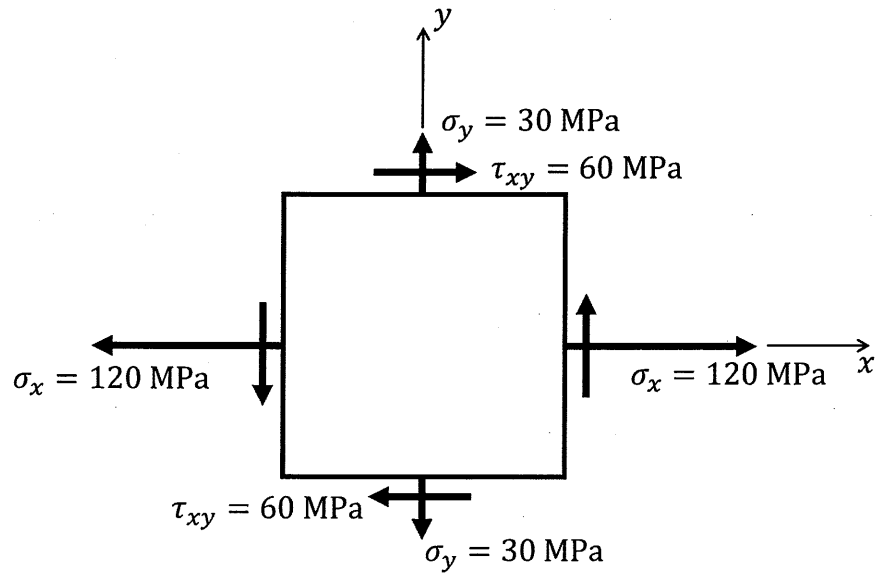
② $\varepsilon_\theta = \frac{(2-\nu)pr}{2Et}$ ， $\varepsilon_z = \frac{(1-2\nu)pr}{2Et}$

③ $\varepsilon_\theta = \frac{(2-\nu)pr}{2Et}$ ， $\varepsilon_z = \frac{(1-\nu)pr}{2Et}$

④ $\varepsilon_\theta = \frac{(1-\nu)pr}{2Et}$ ， $\varepsilon_z = \frac{(2-\nu)pr}{2Et}$

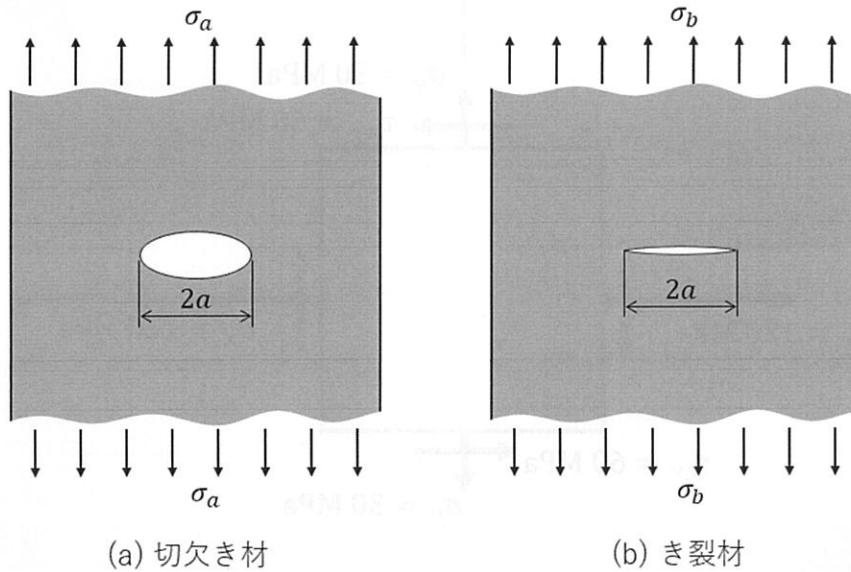
⑤ $\varepsilon_\theta = \frac{(1-2\nu)pr}{2Et}$ ， $\varepsilon_z = \frac{(2-\nu)pr}{2Et}$

Ⅲ－９ 下図に示すように、平面応力状態となっている構造物の表面において、ある地点の応力状態が、 $\sigma_x=120$ MPa、 $\sigma_y=30$ MPa、 $\tau_{xy}=60$ MPaであるとき、主せん断応力の絶対値に最も近い値はどれか。



- ① 0 MPa ② 38 MPa ③ 54 MPa ④ 75 MPa ⑤ 108 MPa

Ⅲ－10 同じ材料を用いて，下図に示す(a)切欠き材と(b)き裂材を作製したとき，破壊における遠方応力がそれぞれ σ_a と σ_b であった。この形状を相似形で2倍の試験片を作製したとき，破壊応力がそれぞれ何倍になるか，次の組合せのうち，最も適切なものはどれか。



(a)切欠き材	(b)き裂材
① 1.4倍	0.7倍
② 0.7倍	0.7倍
③ 1.0倍	1.4倍
④ 1.4倍	1.4倍
⑤ 1.0倍	0.7倍

Ⅲ－11 伝達関数 $P(s)$ が

$$P(s) = \frac{1}{s(s+1)}$$

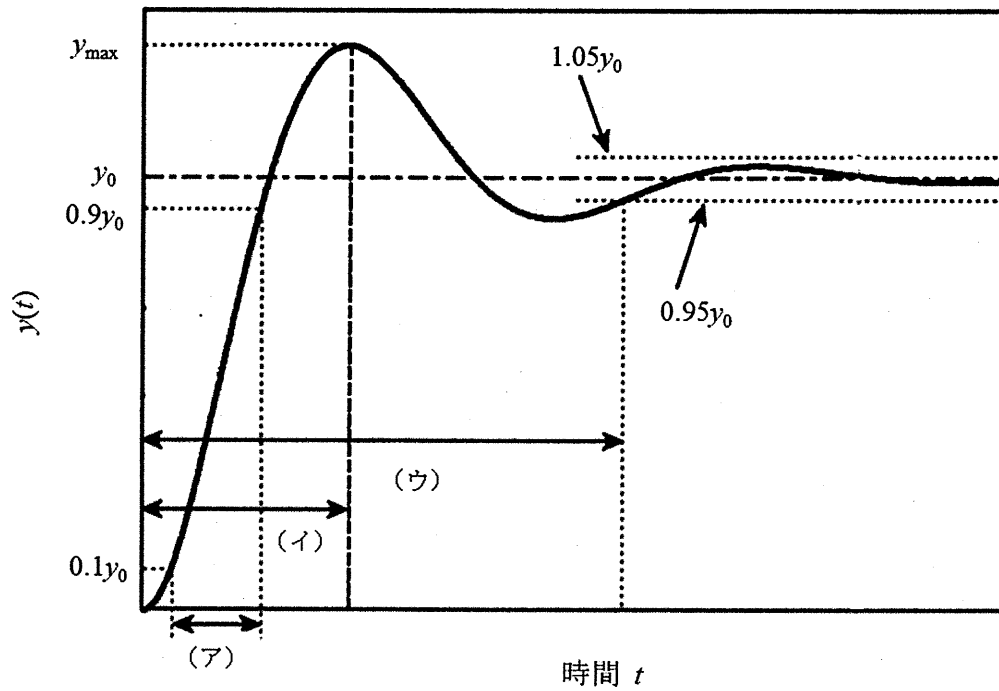
の式で表される制御対象に対して，コントローラ $K(s)$ を

$$K(s) = \frac{u}{s+2}$$

として設計することを考える。このとき，閉ループ系が安定に保たれるような u の値として，最も適切なものはどれか。

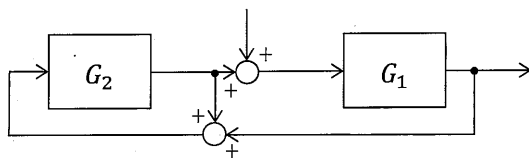
- ① $-1 < u < 1$ ② $-2 < u < 2$ ③ $0 < u < 6$ ④ $-1 < u < 6$ ⑤ $-2 < u < 6$

Ⅲ－12 下図に示すように、ある動的システムのステップ応答がある。図中の（ア）～（ウ）に当てはまる語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。ここで、 y_0 は定常値である。



- | ア | イ | ウ |
|-----------|---------|---------|
| ① 立ち上がり時間 | 行き過ぎ時間 | 遅れ時間 |
| ② 立ち上がり時間 | 行き過ぎ時間 | 整定時間 |
| ③ 遅れ時間 | 行き過ぎ時間 | 立ち上がり時間 |
| ④ 遅れ時間 | 立ち上がり時間 | 整定時間 |
| ⑤ 遅れ時間 | 立ち上がり時間 | 行き過ぎ時間 |

Ⅲ－13 下図に示すような入出力システムがある。これを等価変換によって1つのブロックに簡単化するとき、最も適切なものはどれか。



① $\longrightarrow \frac{G_2(1 - G_1)}{1 - G_1 - G_1G_2} \longrightarrow$

② $\longrightarrow \frac{G_2(1 + G_1)}{1 + G_1 + G_1G_2} \longrightarrow$

③ $\longrightarrow \frac{G_1(1 - G_2)}{1 + G_1 + G_1G_2} \longrightarrow$

④ $\longrightarrow \frac{G_1(1 + G_2)}{1 + G_2 + G_1G_2} \longrightarrow$

⑤ $\longrightarrow \frac{G_1(1 - G_2)}{1 - G_2 - G_1G_2} \longrightarrow$

Ⅲ－14 次の伝達関数で表される制御系の入力信号を単位ステップ関数 $u(t)$ としたとき，出力信号 $f(t)$ として，最も適切なものはどれか。ただし， e は自然対数の底とする。

$$F(s) = \frac{6}{s^2 + 5s + 6}$$

参考 ラプラス変換表

原関数	$\delta(t)$	$u(t)$	e^{at}	$\sin \omega t$	$\cos \omega t$	$e^{at}g(t)$
原関数のラプラス変換	1	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s-a}$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$	$G(s-a)$

① $6e^{\frac{5}{2}t} \sin(\frac{1}{2}t)$

② $6(e^{-2t} - e^{-3t})$

③ $-3e^{-2t} + 9e^{-3t}$

④ $1 + 6(e^{-2t} - e^{-3t})$

⑤ $1 - 3e^{-2t} + 2e^{-3t}$

Ⅲ－15 下図に示すような外径 D_1 、内径 D_2 、質量 M の中空円筒があるとき、 x 軸回りの慣性モーメントとして、最も適切なものはどれか。

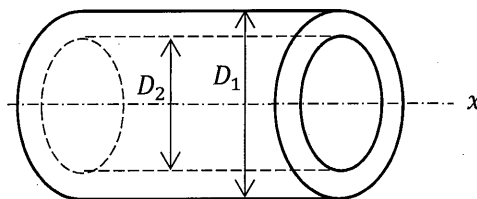
① $\frac{M}{8}(D_1^2 - D_2^2)$

② $\frac{M}{8}(D_1^2 + D_2^2)$

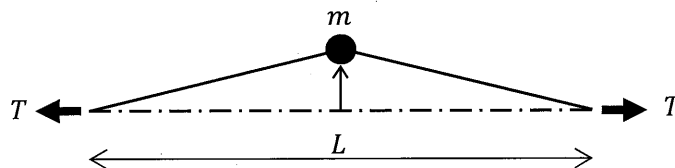
③ $\frac{M}{2}(D_1^2 - D_2^2)$

④ $\frac{M}{2}(D_1^2 + D_2^2)$

⑤ $\frac{M}{32}(D_1^4 - D_2^4)$



Ⅲ－16 下図に示すような長さ L のゴムひもの中央に質量 m の質点があり、両端を張力 T で引っ張ると、質点が鉛直方向に揺れる。その固有角振動数として、最も適切なものはどれか。ただし、ゴムひもの質量は考えず、ゴムひもが水平と成す角度は微小とする。



① $\sqrt{\frac{T}{2mL}}$

② $\sqrt{\frac{T}{mL}}$

③ $\sqrt{\frac{2T}{mL}}$

④ $\sqrt{\frac{4T}{mL}}$

⑤ $\sqrt{\frac{8T}{mL}}$

Ⅲ-17 下図 (a) と (b) に示す合成ばねの等価ばね定数の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- | | <u>a</u> | <u>b</u> |
|---|---------------------------|---------------------------------|
| ① | $\frac{2k_1k_2}{k_1+k_2}$ | k_1+k_2 |
| ② | $\frac{k_1k_2}{k_1+k_2}$ | k_1+k_2 |
| ③ | $\frac{k_1k_2}{k_1+k_2}$ | $\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$ |
| ④ | k_1+k_2 | $\frac{k_1k_2}{k_1+k_2}$ |
| ⑤ | k_1+k_2 | $\frac{2k_1k_2}{k_1+k_2}$ |

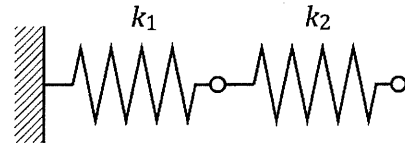


図 (a)

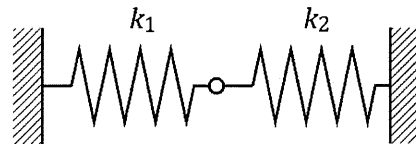
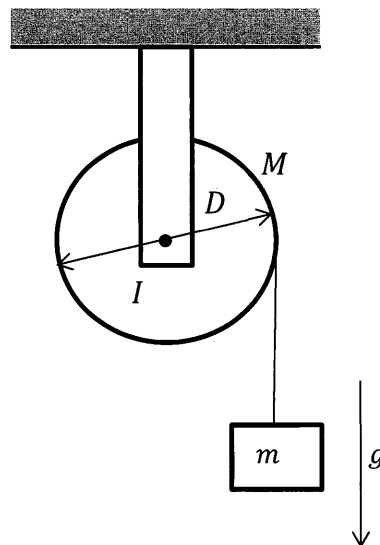


図 (b)

Ⅲ-18 下図のように、直径 D 、質量 M の円板状の定滑車に質量の無視できる伸び縮みしないロープを巻き付け、その先端の質量 m のおもりが重力によって落下するときの加速度として、最も適切なものはどれか。ただし、定滑車は摩擦なく回転し、定滑車とロープの間にすべりはないものとする。なお、重力加速度は g とし、滑車の中心まわりの慣性モーメントは、 $I = MD^2/8$ と表すことができるものとする。

- ① $\frac{mg}{(m+M/2)}$
- ② $\frac{mg}{(m+M/4)}$
- ③ $\frac{mg}{(m+M/8)}$
- ④ $\frac{Mg}{(m/2+M)}$
- ⑤ $\frac{m}{(m+M/2)}$



Ⅲ－19 下図に示すように、質量 m 、半径 r の一様材質で均一な厚さの円板が、壁とばね定数 k のばねで接続され、床面を滑らずに転がりながら振動している。この振動系の固有角振動数として、最も適切なものはどれか。

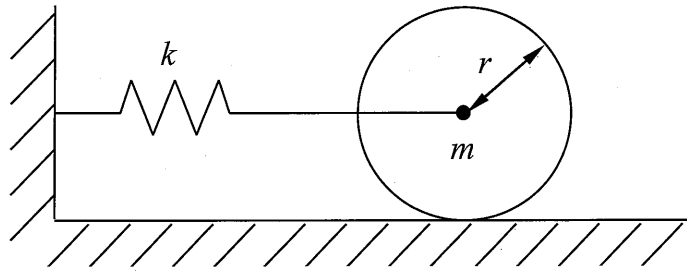
① $\sqrt{\frac{2k}{m}}$

② $\sqrt{\frac{4k}{3m}}$

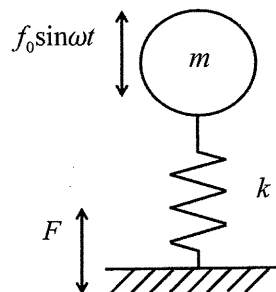
③ $\sqrt{\frac{k}{m}}$

④ $\sqrt{\frac{2k}{3m}}$

⑤ $\sqrt{\frac{k}{2m}}$

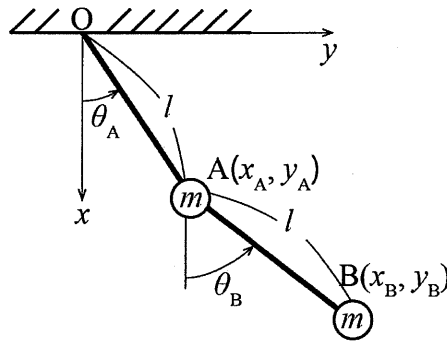


Ⅲ－20 下図に示すように、質量 m の機械がばね定数 k のばねを介して床に固定されている。この機械に角周波数 ω 、振幅 f_0 の正弦波状の力 $f_0 \sin \omega t$ が作用し、定常状態となったときに、床に伝達される周期的な力 F の振幅を f_0 の 50% 未満にしたい。ばね定数の条件として、最も適切なものはどれか。



- ① $k > \frac{1}{3} m \omega^2$ ② $k < \frac{1}{3} m \omega^2$ ③ $k < \frac{m \omega^2}{1 + \sqrt{2}}$ ④ $k > m \omega^2$ ⑤ $k < m \omega^2$

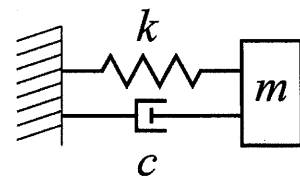
Ⅲ-21 下図に示すように、質量の無視できる長さ l の糸で結ばれた、2つの質点からなる2重振り子がある。2つの質点の質量はどちらも m とする。この系の運動エネルギーを T 、支点 O を基準としたポテンシャルエネルギーを U としたとき、振り子の振れ角 θ_A 、 θ_B を用いて表される運動エネルギー T とポテンシャルエネルギー U の組合せとして、最も適切なものはどれか。



- ① $T = \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}_A^2 + \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}_B^2$, $U = -mgl\cos\theta_A - mgl\cos\theta_B$
- ② $T = \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}_A^2 + 2ml^2(\dot{\theta}_A + \dot{\theta}_B)^2$, $U = -mgl\cos\theta_A - 2mgl\cos(\theta_A + \theta_B)$
- ③ $T = \frac{3}{2}ml^2 + \frac{1}{2}ml^2\cos(\theta_A - \theta_B)$, $U = -2mgl\cos\theta_A - mgl\cos\theta_B$
- ④ $T = ml^2\dot{\theta}_A^2 + \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}_B^2 - ml^2\dot{\theta}_A\dot{\theta}_B\cos(\theta_A - \theta_B)$, $U = 2mgl\cos\theta_A + mgl\cos\theta_B$
- ⑤ $T = ml^2\dot{\theta}_A^2 + \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}_B^2 + ml^2\dot{\theta}_A\dot{\theta}_B\cos(\theta_A - \theta_B)$, $U = -2mgl\cos\theta_A - mgl\cos\theta_B$

Ⅲ-22 下図の1自由度振動系において、質量 m が1 kg、ばね定数 k が100 N/m、減衰係数 c が12 Ns/mのとき、減衰比 ζ 及び減衰固有周期 T_d の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- ① $\zeta = 0.30$, $T_d = 0.66$ [s]
- ② $\zeta = 0.60$, $T_d = 0.54$ [s]
- ③ $\zeta = 0.60$, $T_d = 0.79$ [s]
- ④ $\zeta = 0.85$, $T_d = 1.2$ [s]
- ⑤ $\zeta = 0.85$, $T_d = 0.48$ [s]



Ⅲ－23 次の式のうち，マクスウェルの熱力学的関係式として，最も適切なものはどれか。

p ， T ， v ， s はそれぞれ圧力，温度，比体積，比エントロピーを表している。

① $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)_T$

② $\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_s = \left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)_p$

③ $\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_s = \left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_p$

④ $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = -\left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)_T$

⑤ $\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_s = \left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)_p$

Ⅲ－24 一定の圧力0.20 MPaのもと，質量1.0 kgの飽和水に1400 kJの熱を加えて湿り蒸気とした。このとき，湿り蒸気の乾き度として，最も近い値はどれか。ただし，圧力0.20 MPaにおける飽和水，飽和水蒸気の比エンタルピーをそれぞれ505 kJ/kg，2706 kJ/kgとする。

- ① 0.44 ② 0.64 ③ 0.71 ④ 0.76 ⑤ 0.84

Ⅲ－25 熱機関に関する次の記述のうち，最も適切なものはどれか。

- ① オットーサイクルの理論サイクルは，断熱過程と等温過程で構成される。
- ② オットーサイクルの理論熱効率は，使用する作動流体の比熱比が小さいほど大きい。
- ③ ディーゼルサイクルの理論サイクルは，断熱過程と等積過程，等圧過程で構成される。
- ④ ディーゼルサイクルにおいて，圧縮比を低くすると理論熱効率は向上する。
- ⑤ 圧縮比が等しいとき，オットーサイクルの理論熱効率はディーゼルサイクルより小さい。

Ⅲ-26 厚さ 4 mm のガラス窓がある。室内温度が 20°C 、外気温度が -10°C のとき、室内から外気への定常状態における熱流束として、最も近い値はどれか。ただし、ガラスの熱伝導率を $1.1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、室内側の熱伝達率を $5.0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 、外気側の熱伝達率を $15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ とする。

- ① $0.11 \text{ W}/\text{m}^2$
- ② $7.7 \text{ W}/\text{m}^2$
- ③ $30 \text{ W}/\text{m}^2$
- ④ $37 \text{ W}/\text{m}^2$
- ⑤ $111 \text{ W}/\text{m}^2$

Ⅲ-27 比熱、比エントロピー、熱拡散率のSI単位の組合せとして、最も適切なものはどれか。

	比熱	比エントロピー	熱拡散率
①	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
②	$\text{W}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	W/kg	m^2/s
③	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	m^2/s
④	$\text{J}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	J/kg	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
⑤	$\text{J}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Ⅲ-28 長さ 10 cm のなめらかな平板上を温度 20°C の空気が板に水平に速度 $20 \text{ m}/\text{s}$ で流れている。平板表面が一様な温度 60°C に保たれているとき、その表面（片面）の平均ヌセルト数として、最も近い値はどれか。ただし、空気の動粘性係数は $1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ 、プラントル数は 0.7 とし、 $0.7^{1/3} \approx 0.89$ とする。

- ① 28.0 ② 108 ③ 170 ④ 203 ⑤ 215

Ⅲ－29 ある理想気体が，温度 T_1 ，圧力 P_1 から温度 T_2 ，圧力 P_2 へと準静的に変化した。このときの理想気体の比エントロピーの変化量 ds として，最も適切なものはどれか。ただし，理想気体の定積比熱，定圧比熱，気体定数をそれぞれ c_v ， c_p ， R とする。

① $ds = c_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$

② $ds = c_p \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) - R \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

③ $ds = c_v \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) + R \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$

④ $ds = c_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$

⑤ $ds = c_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$

Ⅲ－30 静止した空気中を，直径 70 mm の球が速度 140 km/h で飛んでいる。この球に働く抗力として，最も近い値はどれか。ただし，球の断面積で定義される抗力係数を 0.4，空気の密度を 1.20 kg/m³ とする。

- ① 0.04 N ② 0.07 N ③ 1.40 N ④ 2.80 N ⑤ 11.2 N

Ⅲ－31 一様な速度で流れる空気中に直径 5 mm の円柱状アンテナが流れに直交して置かれている。空気の動粘性係数は 1.50×10^{-5} m²/s とし，円柱のレイノルズ数は 2.00×10^4 である。このアンテナから放出される渦のストローハル数は 0.2 であった。放出される渦の周波数として，最も近い値はどれか。

- ① 24 Hz ② 240 Hz ③ 1.2 kHz ④ 2.4 kHz ⑤ 9.6 kHz

Ⅲ－32 内径 20.0 mm の直円管内に，動粘性係数が 1.00×10^{-5} m²/s の流体が流れている。流量は 0.50 L/s であった。この流れの助走区間の長さとして，最も近い値はどれか。

- ① 0.02 m ② 0.04 m ③ 0.60 m ④ 2.0 m ⑤ 4.0 m

Ⅲ－33 動力0.60 kWの軸流ファンが壁に取り付けられ、室内の空気を室外に排出している。空気の排出口は直径0.3 mの円形である。排出口から秒速22 mで噴き出しているものとし、空気の密度を 1.23 kg/m^3 とする。室内は広く、流入する空気の速さは0とみなせる。またファンの上流側と下流側は大気圧とする。このファンの効率として、最も近い値はどれか。

- ① 0.03 ② 0.04 ③ 0.07 ④ 0.77 ⑤ 1.00

Ⅲ－34 xy 平面上の2次元非圧縮流を考える。 x 方向成分の速度 u 、 y 方向成分の速度 v がそれぞれ

$$u = ax + by$$

$$v = cx + dy$$

と表されるとき、連続の式を満たすための実定数 a 、 b 、 c 、 d の関係を表す式として、最も適切なものはどれか。

- ① $a + b + c + d = 0$
② $a - d = 0$
③ $a + d = 0$
④ $b - c = 0$
⑤ $b + c = 0$

Ⅲ－35 水平に設置した直径0.1 mの長い直円管で、流量 10 L/s の油（粘性係数は $0.085 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 、密度は 850 kg/m^3 ）を輸送している。完全発達領域にある測定区間長さは100 mとする。この測定区間の上流側と下流側でそれぞれ圧力を測定した。圧力差として、最も近い値はどれか。

- ① 6.49 kPa
② 8.58 kPa
③ 34.5 kPa
④ 69.2 kPa
⑤ 346 kPa

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は④

自重により丸棒に生じる最大引張応力は固定端である上端に発生し、密度と重力加速度と長さの積となる。この応力が材料の引張強さ未満となる条件から、 $l < \sigma_B / (\rho g)$ が導出される。

●問題Ⅲ-2

正解は③

剛体板の微小回転角から幾何学的に各棒の縮み量を表し、ピンAまわりのモーメントのつり合い式を立てる。回転角を消去して各棒の応力を整理すると、選択肢3の式が導出される。

●問題Ⅲ-3

正解は②

両端が剛体板で接合されているため、円柱と円筒の全体の伸びは等しくなる。各部材に生じる内力の総和がゼロとなるつり合い条件から伸び量を計算すると、選択肢2の式が得られる。

●問題Ⅲ-4

正解は①

三角分布荷重の合力は底辺と高さの積の半分となり、重心位置は点Bから長さの3分の1の距離にある。この合力に重心から点Bまでの距離を乗じることで、 $q_0 l^2/6$ が求まる。

●問題Ⅲ-5

正解は③

先端集中荷重を受ける片持ちはりの曲げモーメントを全長にわたって積分する。あるいは先端の荷重とたわみの積の半分としてひずみエネルギーを計算すると、 $P^2 l^3 / (6EI)$ となる。

●問題Ⅲ-6

正解は④

固定端から位置 l までは両方のトルクの和が作用し、位置 l から自由端までは T_2 のみが作用する。各区間のねじれ角を求めて足し合わせることで、選択肢4の式が導出される。

●問題Ⅲ-7

正解は⑤

両端が回転拘束された固定端の境界条件における柱の座屈問題である。有効座屈長さが柱の全長の半分となるため、オイラーの公式を適用すると座屈荷重は $4\pi^2 EI / l^2$ となる。

●問題Ⅲ-8

正解は②

薄肉円筒容器の円周方向応力と軸方向応力をそれぞれ求める。二軸応力状態におけるフックの法則に代入して各方向のひずみを整理すると、選択肢2の組み合わせが導出される。

●問題Ⅲ-9

正解は④

モールの応力円において主せん断応力は円の半径に等しい。垂直応力の差の半分である45MPaとせん断応力60MPaから二乗和の平方根を計算することで、75MPaが得られる。

●問題Ⅲ-10

正解は⑤

切欠き材の応力集中係数は相似拡大しても不変であるため強度は1.0倍となる。き裂材の応力拡大係数は寸法の平方根に比例するため、相似形で2倍にすると破壊応力は約0.7倍となる。

●問題Ⅲ-11

正解は③

閉ループ系の特性方程式を展開して3次方程式を導き、ラウス・フルビッツの安定条件を適用する。すべての係数が正かつ行列式の条件を満たす範囲を解くことで、 $0 < u < 6$ が求まる。

●問題Ⅲ-12

正解は②

定常値の10%から90%に達する時間が立ち上がり時間、最大値に達する時間が行き過ぎ時間、許容誤差範囲に収まる時間が整定時間という各指標の定義に対応する。

●問題Ⅲ-13

正解は⑤

並列経路とフィードバックループを含むブロック線図の信号伝達関係を数式化する。入力に対する出力の比として閉ループ伝達関数を整理すると、選択肢5の式が導出される。

●問題Ⅲ-14

正解は⑤

伝達関数にステップ入力の像関数 $1/s$ を乗じて部分分数分解を行う。各項をラプラス変換表に基づいて時間領域に逆変換することで、 $1-3e^{-2t}+2e^{-3t}$ が得られる。

●問題Ⅲ-15

正解は②

一様な円筒の中心軸まわりの慣性モーメントは外半径と内半径の2乗和に比例する。直径 D_1 、 D_2 を用いて半径を置き換えて整理すると、 $(M/8)(D_1^2+D_2^2)$ となる。

●問題Ⅲ-16

正解は④

中央質点の微小変位に対する左右のゴムひもの張力による復元力成分を求める。水平からの微小傾き角を考慮して運動方程式を立てることで、固有角振動数は $\sqrt{4T/(mL)}$ となる。

●問題Ⅲ-17

正解は②

図aは2本のばねが直列に連結されているため逆数和の合成ばね定数となり、図bは並列に配置されているため両者の和となる。これらが正しく合致する組み合わせとなる。

●問題Ⅲ-18

正解は①

おもりの並進運動方程式と定滑車の回転運動方程式を連立させる。すべりが無い条件から角加速度を加速度で置き換え、張力を消去して解くことで $mg/(m+M/2)$ が得られる。

●問題Ⅲ-19

正解は④

滑らずに転がる円板の力学的エネルギーから、回転慣性を考慮した等価質量が $(3/2)m$ となる。ばね定数 k と等価質量から固有角振動数を計算すると $\sqrt{2k/(3m)}$ となる。

●問題Ⅲ-20

正解は②

不減衰系における力の振動伝達率の式を立て、伝達率が0.5未満となる防振域の条件を解く。振動数比の2乗が3より大きくなる必要があるため、 $k < (1/3)m\omega^2$ となる。

●問題Ⅲ-21

正解は⑤

各質点の位置座標を振れ角で表し、時間微分して運動エネルギーを求める。鉛直下向きを正として支点0を基準とした重力ポテンシャルエネルギーを計算すると、選択肢5の式となる。

●問題Ⅲ-22

正解は③

臨界減衰係数を計算して減衰比を求めると0.60となる。これを用いて減衰固有角振動数 $\omega_d=8\text{rad/s}$ を算出し、周期 $T_d=2\pi/\omega_d$ を計算することで約0.79秒が得られる。

●問題Ⅲ-23

正解は⑤

エンタルピーの全微分式 $dH=Tds+vdp$ における交差微分の等値性から導かれる関係式である。 $(\partial T/\partial p)_s=(\partial v/\partial s)_p$ となり、選択肢5が正しく合致する。

●問題Ⅲ-24

正解は②

与えられた圧力のもとで飽和水と飽和水蒸気の比エンタルピー差から蒸発潜熱を求める。飽和水に加えられた熱量1400kJを蒸発潜熱2201kJ/kgで割ることで、乾き度は約0.64となる。

●問題Ⅲ-25

正解は③

ディーゼルサイクルは、等エントロピー断熱圧縮、等圧受熱、等エントロピー断熱膨張、および等容放熱の各状態変化で構成される理論熱サイクルであるため、選択肢3の記述が適切となる。

●問題Ⅲ-26

正解は⑤

ガラス壁の熱伝導抵抗と内外の対流熱伝達抵抗の和から全体の熱抵抗を求める。内外の温度差30Kをこの全熱抵抗で割ることで、熱流束として約111W/m²が算出される。

●問題Ⅲ-27

正解は③

比熱は単位質量・単位温度あたりの熱量、比エントロピーは単位質量あたりのエントロピー、熱拡散率は温度伝導の広がりやすさを表すため、選択肢3のSI単位の組み合わせとなる。

●問題Ⅲ-28

正解は⑤

平板長さと流速からレイノルズ数を計算すると層流となる。層流熱伝達における平均ヌセルト数の実験式 $Nu=0.664 Re^{1/2} Pr^{1/3}$ に代入して計算すると約215となる。

●問題Ⅲ-29

正解は①

熱力学第一法則と状態方程式から比エントロピーの全微分式を導出する。温度と圧力の比を用いて積分を実行することで、 $ds=c_p \ln(T_2/T_1)-R \ln(P_2/P_1)$ が得られる。

●問題Ⅲ-30

正解は③

球の速度を秒速に換算して動圧を計算し、球の投影面積を求める。抗力係数0.4、動圧、および投影面積を乗じる公式に代入して計算すると、抗力として約1.40Nが得られる。

●問題Ⅲ-31

正解は④

レイノルズ数と動粘性係数から空気流速を逆算する。この流速と円柱直径およびストローハル数0.2を用いて渦の放出周波数を計算すると、2.4kHzが算出される。

●問題Ⅲ-32

正解は※

直円管内の助走区間長さを問う問題であるが、提示された流動条件では遷移領域となり解が定まらず出題不備となったため、受験者全員に得点が与えられる扱いとなった。

●問題Ⅲ-33

正解は④

排出口面積と流速から体積流量と動圧を計算し、流体に与えられた流体動力を求める。この流体動力をファンの消費動力600Wで割ることで、効率として約0.77が算出される。

●問題Ⅲ-34

正解は③

二次元非圧縮性流れの連続の式は各方向速度成分の偏微分の和がゼロとなる条件である。速度式をそれぞれ偏微分して足し合わせることで、 $a+d=0$ が導出される。

●問題Ⅲ-35

正解は③

流量と断面積から平均流速を求め、レイノルズ数を計算すると層流となる。ハーゲン・ポアズイユの圧力損失の公式に諸数値を代入して計算すると、圧力差は約34.5kPaとなる。