

平成27年度技術士第一次試験問題〔専門科目〕

【01】機械部門

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 A群の用語と関連の深い用語をB群の中から選んだとき、A群の用語の中で対応する適切な用語がB群にないものはどれか。

A群

- ① 応力集中係数 ② 降伏応力 ③ 縦弾性係数
④ 座屈荷重 ⑤ 主応力

B群

ミーゼスの条件，フックの法則，モールの応力円，
オイラーの理論，カスティリアノの定理

Ⅲ－２ 下図に示すように、一様な断面積 A の棒に軸方向の引張荷重 P が作用するとき、棒の軸方向に対して面法線が θ の角度を持った仮想断面を考える。この仮想断面における垂直応力 σ とせん断応力 τ として、最も適切なものはどれか。

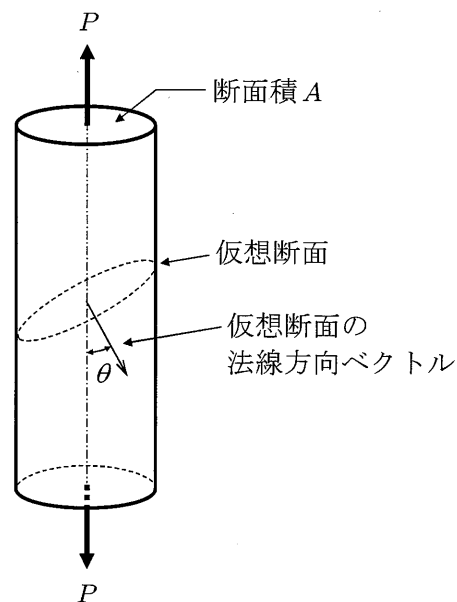
① $\sigma = \frac{P}{A} \cos \theta, \quad \tau = \frac{P}{A} \sin \theta$

② $\sigma = \frac{P}{A} \sin \theta, \quad \tau = \frac{P}{A} \cos \theta$

③ $\sigma = \frac{P}{A} \cos^2 \theta, \quad \tau = \frac{P}{A} \cos \theta \sin \theta$

④ $\sigma = \frac{P}{A} \cos \theta \sin \theta, \quad \tau = \frac{P}{A} \sin^2 \theta$

⑤ $\sigma = \frac{P}{A} \cos^2 \theta, \quad \tau = \frac{P}{A} \sin^2 \theta$



Ⅲ－３ 下図に示すように、段付き丸棒の上端を天井（A点）に固定して鉛直につり下げた状態で、下端（B点）に軸荷重 P が作用するとき、段付き丸棒に蓄えられる弾性ひずみエネルギー U として最も適切なものはどれか。ただし、太い丸棒の直径を $2d$ 、長さを l 、縦弾性係数を E 、細い丸棒の直径を d 、長さを l 、縦弾性係数を E とする。なお、段付き丸棒の自重は、考慮しないものとする。

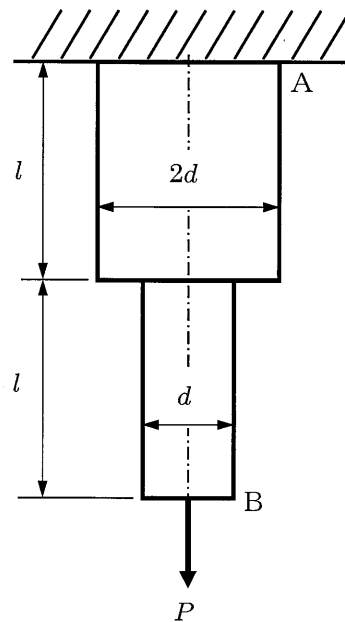
① $U = \frac{P^2 l}{2\pi d^2 E}$

② $U = \frac{P^2 l}{\pi d^2 E}$

③ $U = \frac{2P^2 l}{\pi d^2 E}$

④ $U = \frac{5P^2 l}{2\pi d^2 E}$

⑤ $U = \frac{5P^2 l}{\pi d^2 E}$



Ⅲ－４ 下図に示すように、長さ l の一様断面の棒の一端を剛体壁（A点）に固定した。他端（B点）と剛体壁（C点）の間には、平行な隙間 δ （ $\delta \ll l$ ）がある。この初期状態から棒の温度を上昇させ隙間 δ が0となるときの温度上昇量 ΔT_1 と、 ΔT_1 よりさらに棒の温度を上昇させて初期状態からの温度上昇量が ΔT_2 となったときに棒に生じる熱応力 σ の組合せとして最も適切なものはどれか。ただし、棒の線膨張係数を α 、縦弾性係数を E とする。

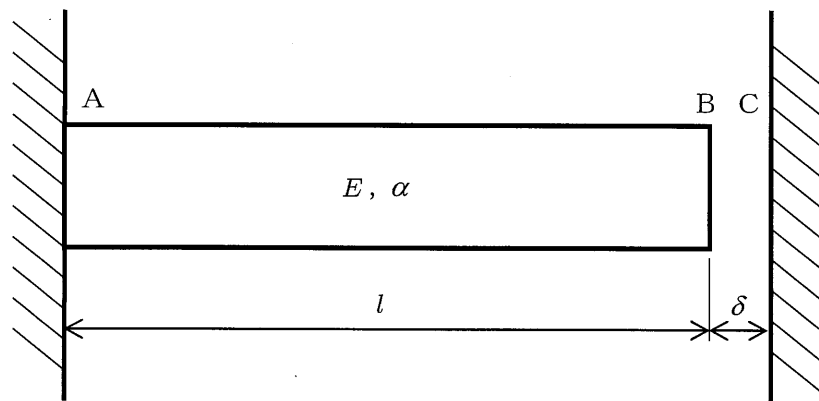
① $\Delta T_1 = \frac{l}{\alpha \delta}$, $\sigma = -E\alpha \Delta T_2$

② $\Delta T_1 = \frac{\alpha \delta}{l}$, $\sigma = -E\alpha(\Delta T_2 - \Delta T_1)$

③ $\Delta T_1 = \frac{\delta}{\alpha l}$, $\sigma = -E\alpha \Delta T_2$

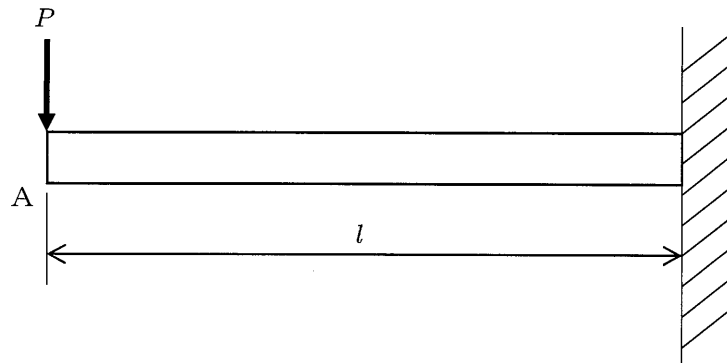
④ $\Delta T_1 = \frac{\delta}{\alpha l}$, $\sigma = -E\alpha(\Delta T_2 - \Delta T_1)$

⑤ $\Delta T_1 = \frac{\alpha \delta}{l}$, $\sigma = -E\alpha \Delta T_2$



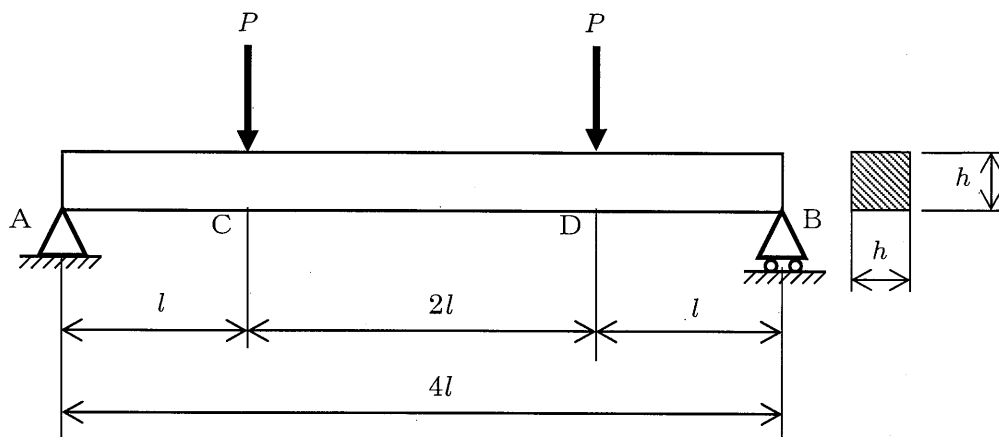
Ⅲ－５ 下図に示すように、長さ l の片持ちはりの先端（自由端、A点）に集中荷重 P が作用している。はりの最大たわみ $y_{\max}$ として、最も適切なものはどれか。なお、はりの曲げ剛性を EI とする。

- ① $y_{\max} = \frac{5Pl^3}{48EI}$ ② $y_{\max} = \frac{Pl^3}{6EI}$ ③ $y_{\max} = \frac{Pl^3}{3EI}$
 ④ $y_{\max} = \frac{2Pl^3}{3EI}$ ⑤ $y_{\max} = \frac{Pl^3}{EI}$



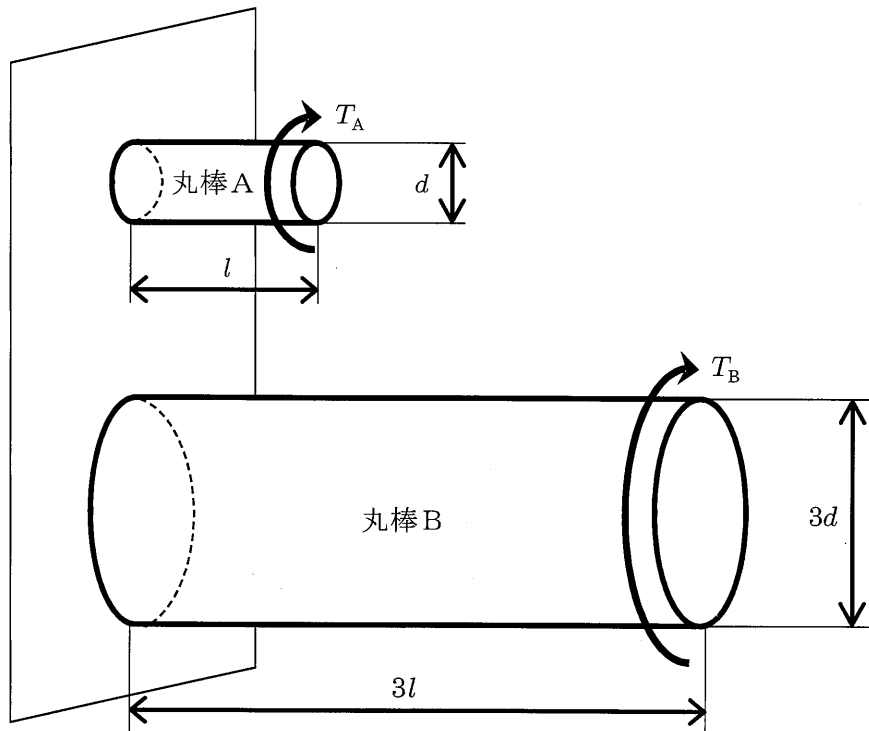
Ⅲ－６ 下図に示すように、長さ $4l$ 、一辺の長さ h の正方形断面のはりにA点から l 、B点から l の2か所の位置（C点、D点）に集中荷重 P が作用している。はりの中央（端から $2l$ の位置）に発生する最大曲げ応力 $\sigma_{\max}$ として、最も適切なものはどれか。

- ① $\sigma_{\max} = \frac{6Pl}{h^3}$ ② $\sigma_{\max} = \frac{4Pl}{h^3}$ ③ $\sigma_{\max} = \frac{Pl}{h^3}$
 ④ $\sigma_{\max} = \frac{Pl}{2h^3}$ ⑤ $\sigma_{\max} = \frac{Pl}{4h^3}$



Ⅲ－7 下図に示すように、同一材質の丸棒A（直径 d ，長さ l ）と丸棒B（直径 $3d$ ，長さ $3l$ ）の一端が剛体壁に固定され、他端にねじりモーメント T_A と T_B がそれぞれ作用しているとき、丸棒Aと丸棒Bの両端間のねじれ角が等しくなった。このとき、ねじりモーメントの比 T_A/T_B に最も近い値はどれか。

- ① $1/243$ ② $1/81$ ③ $1/27$ ④ $1/9$ ⑤ $1/3$

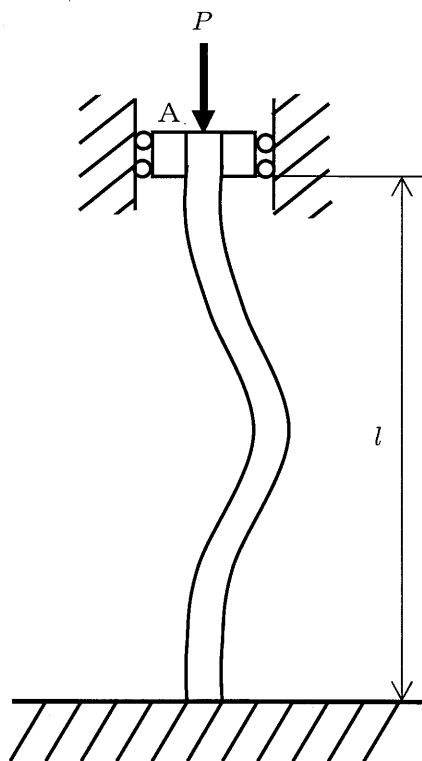


Ⅲ－８ 内圧 $p=0.5$ [MPa] まで耐えられる内径 $d=6$ [m] の薄肉球殻容器を設計したい。この容器の材料の許容引張応力を $\sigma_a=250$ [MPa] とするとき、最小の肉厚 t に最も近い値はどれか。

- ① 1.5 mm ② 3 mm ③ 4 mm ④ 6 mm ⑤ 9 mm

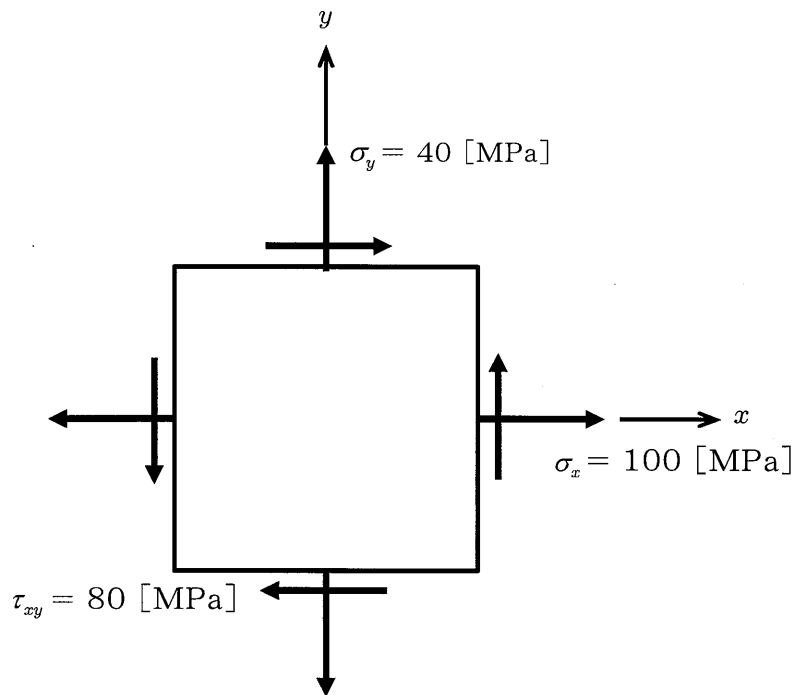
Ⅲ－９ 下図に示すように、長さ l の柱の両端を固定する（A点は上下に移動できる固定支持）。A点から柱の長軸にそって圧縮荷重 P が作用するとき、座屈荷重 P_{cr} として、最も適切なものはどれか。なお、縦弾性係数を E 、断面二次モーメントを I とする。

- 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 $P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{l^2}$

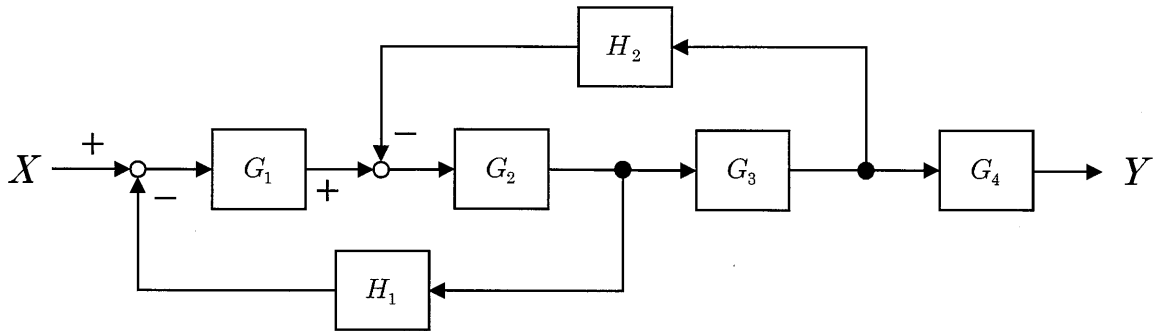


Ⅲ－10 下図に示すように、平面応力状態となっている構造物の表面において、ある地点の応力状態が、 $\sigma_x = 100$ [MPa]、 $\sigma_y = 40$ [MPa]、 $\tau_{xy} = 80$ [MPa]であるとき、主応力 σ_1 、 σ_2 に、それぞれ最も近い値はどれか。

- ① $\sigma_1 = 240.8$ [MPa]、 $\sigma_2 = -100.9$ [MPa]
- ② $\sigma_1 = 155.4$ [MPa]、 $\sigma_2 = -15.4$ [MPa]
- ③ $\sigma_1 = 136.3$ [MPa]、 $\sigma_2 = -76.3$ [MPa]
- ④ $\sigma_1 = 100.0$ [MPa]、 $\sigma_2 = 40.0$ [MPa]
- ⑤ $\sigma_1 = 70.0$ [MPa]、 $\sigma_2 = 30.0$ [MPa]



Ⅲ－11 次のブロック線図の入力 X と出力 Y の間の伝達関数として最も適切なものはどれか。



① $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_1 G_2 G_3 G_4 H_1 H_2}$

② $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + H_1 G_1 G_2 + H_2 G_2 G_3}$

③ $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + H_1 G_3 G_4 + H_2 G_1 G_4}$

④ $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + H_1 G_2 G_3 + H_2 G_3 G_4}$

⑤ $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + H_1 G_1 G_4 + H_2 G_1 G_2}$

Ⅲ－12 3つの制御系があり、それぞれの特性方程式の極（根）が(1)～(3)のように与えられるとする。ここで、 j は虚数単位とする。なお、3つの系いずれにおいても、極と零点の相殺は生じていないものとする。

(1) $-1, -2, +1$

(2) $-3, -1+2j, -1-2j$

(3) $+j, -j, +1$

これら3つの制御系の安定性について、最も適切なものはどれか。

① (1)(2)は安定, (3)のみ不安定

② (1)(3)は安定, (2)のみ不安定

③ (2)(3)は安定, (1)のみ不安定

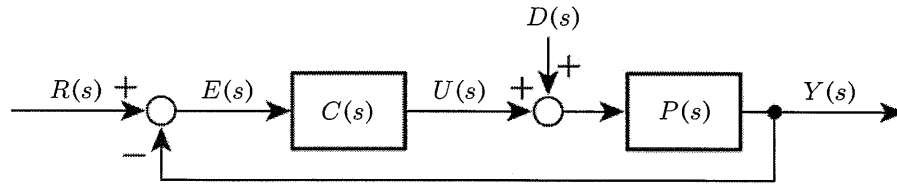
④ (1)のみ安定, (2)(3)は不安定

⑤ (2)のみ安定, (1)(3)は不安定

Ⅲ－13 下図に示すフィードバック制御系において、 $P(s)$ は制御対象の伝達関数であり、 $C(s)$ は操作量 $U(s)$ の値を決めるコントローラである。ここで、目標値 $R(s)$ 、外乱 $D(s)$ 、操作量 $U(s)$ 、制御量 $Y(s)$ の関係は次式で与えられる。このとき、 $R(s)$ と $Y(s)$ の間の伝達関数 $G_{yr}(s)$ として最も適切なものはどれか。

$$U(s) = G_{ur}(s)R(s) + G_{ud}(s)D(s)$$

$$Y(s) = G_{yr}(s)R(s) + G_{yd}(s)D(s)$$



- | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| ① $\frac{P(s)C(s)}{1 + P(s)C(s)}$ | ② $\frac{C(s)}{1 + P(s)C(s)}$ | ③ $\frac{P(s)}{1 + P(s)C(s)}$ |
| ④ $\frac{C(s)}{1 - P(s)C(s)}$ | ⑤ $\frac{P(s)C(s)}{1 - P(s)C(s)}$ | |

Ⅲ－14 フィードバック制御系の特徴を以下に挙げる。□に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

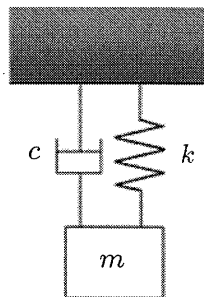
□アが不安定であっても、□イの設計パラメータを適切に選ぶことにより□ウを安定にすることができる。

□ウに□エが混入する場合、□イの設計パラメータを適切に選ぶことにより、□エが制御量に及ぼす影響を抑制できる。

□アの変動が制御量に及ぼす影響を、□イの調整により抑制できる。

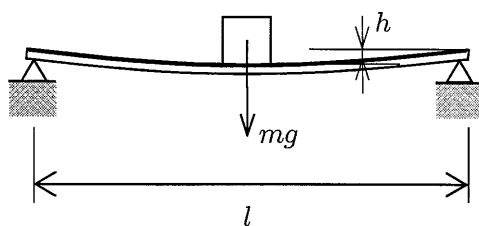
- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|--------|--------|-----|--------|
| ① | コントローラ | 外乱 | 制御量 | 制御対象 |
| ② | 制御対象 | コントローラ | 制御系 | 外乱 |
| ③ | コントローラ | 外乱 | 制御系 | 制御対象 |
| ④ | 制御系 | 制御量 | 外乱 | コントローラ |
| ⑤ | 制御系 | コントローラ | 外乱 | 制御対象 |

Ⅲ－15 下図の粘性減衰要素を持つ1自由度振動系において、質量 $m = 1$ [kg]、ばね定数 $k = 10000$ [N/m] とする。この系の減衰比が0.05であるとき、減衰係数 c [Ns/m] に最も近い値はどれか。



- | | | |
|-------------|------------|-----------|
| ① 0.05 Ns/m | ② 10 Ns/m | ③ 20 Ns/m |
| ④ 50 Ns/m | ⑤ 100 Ns/m | |

Ⅲ－16 下図のように、長さ l の両端支持はりの中央に質量 m のおもりをのせたところ、はりの中央で h だけたわむことが分かった。はりの質量はおもりの質量に比べて十分小さいとしたとき、おもりがはりから離れないものとして、この系の固有角振動数として最も適切なものはどれか。ただし、重力加速度を g とする。



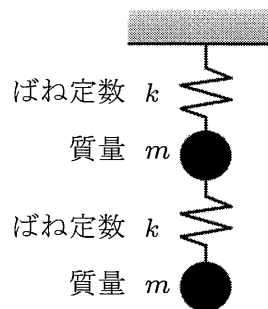
- ① $\sqrt{\frac{h}{m}}$ ② $\sqrt{\frac{m}{h}}$ ③ $\sqrt{\frac{h}{g}}$ ④ $\sqrt{\frac{g}{h}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{g}{l}}$

Ⅲ－17 次のうち、振動系における減衰の説明として最も不適切なものはどれか。

- ① 減衰が存在するとき、共振時の応答は有限の振幅になる。
 ② 減衰比が1より大きいときを過減衰という。
 ③ 減衰が存在するとき、自由振動は時間とともにゼロに収束する。
 ④ 減衰比は（力／速度）の次元を持つ。
 ⑤ 減衰が大きい場合は、減衰が無い場合に比べて共振周波数は小さくなる。

Ⅲ－18 下図に示す2自由度振動系の固有角振動数 ω を求めるための振動数方程式として、最も適切なものはどれか。

- ① $m^2\omega^4 - 2km\omega^2 = 0$
- ② $m^2\omega^4 - 2mk\omega^2 + k^2 = 0$
- ③ $m^2\omega^4 - 3mk\omega^2 + k^2 = 0$
- ④ $m^2\omega^4 - 3mk\omega^2 + 2k^2 = 0$
- ⑤ $m^2\omega^4 - 4mk\omega^2 + 3k^2 = 0$



Ⅲ－19 下図のように、一端が回転支持されて、他端がロープで支えられた一様な棒の先端に、質量 m のおもりを吊り下げる。ロープが水平と 30° の角をなすとき、棒と反力 R のなす角を θ とする。このとき、支点における反力 R とロープの張力 T 、反力 R のなす角 θ の組合せとして最も適切なものはどれか。ただし、重力加速度は g とし、棒の質量は無視できるものとする。

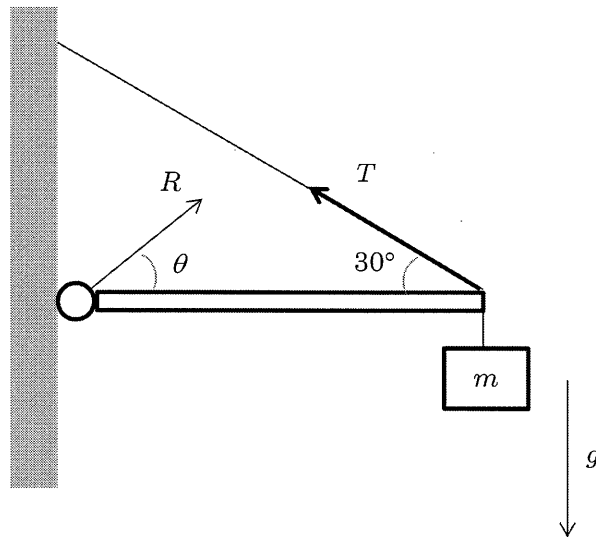
① $R = \sqrt{3}mg$, $T = 2mg$, $\theta = 0^\circ$

② $R = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, $T = 2mg$, $\theta = 0^\circ$

③ $R = 2mg$, $T = \sqrt{3}mg$, $\theta = 0^\circ$

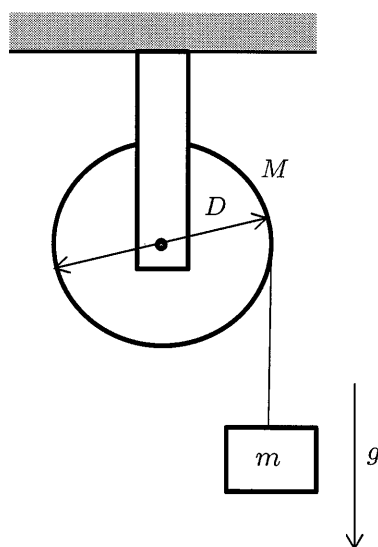
④ $R = 2mg$, $T = 2mg$, $\theta = 30^\circ$

⑤ $R = \frac{mg}{\sqrt{3}}$, $T = 2mg$, $\theta = 0^\circ$

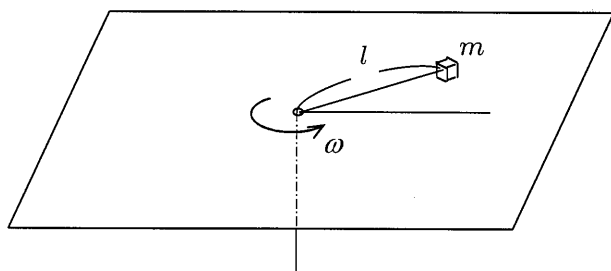


Ⅲ－20 下図のように、直径 D 、質量 M の円板状の定滑車に質量の無視できる伸び縮みしないロープを巻き付け、その先端の質量 m のおもりが重力によって落下するときの加速度として最も適切なものはどれか。ただし、定滑車は摩擦なく回転し、定滑車とロープの間にすべりはないものとする。なお、重力加速度は g とし、滑車の慣性モーメントは $I = MD^2/8$ と表すことができるものとする。

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

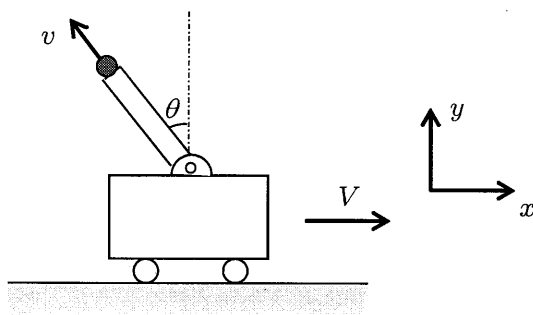


Ⅲ－21 質量 m のおもりが糸でつながれており、滑らかな面をもつ板の上を一定の角速度 ω で、下図のように反時計方向に回転している。糸は図のように小さな穴を通り板の下側につながっており、その有効長さ l を変えられるものとする。角速度を 2 倍にするための糸の長さの変化として、最も適切なものはどれか。ただし、おもりと平面の間の摩擦及び空気抵抗は無視できるものとする。



- ① $\frac{1}{4}$ 倍にする。
- ② $\frac{1}{2}$ 倍にする。
- ③ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍にする。
- ④ 2 倍にする。
- ⑤ $\sqrt{2}$ 倍にする。

Ⅲ－22 台車が x 方向に一定の速さ V で進行している。この台車からボールを速さ $v = 2V$ で打上げ、地上から見て鉛直方向 (y 方向) にボールを飛ばすためには、筒の角度 θ として最も適切なものはどれか。なお、ボールの質量は台車の質量に対して十分小さいものとする。



- ① 0° ② 15° ③ 30° ④ 45° ⑤ 60°

Ⅲ－23 理想気体を体積 v_1 から v_2 まで可逆断熱圧縮した。このとき、圧縮後の温度 T_2 と圧縮前の温度 T_1 の比 T_2/T_1 として最も適切なものはどれか。ただし、比熱比を κ とする。

① $T_2/T_1 = (v_2/v_1)^{-\kappa}$

② $T_2/T_1 = (v_2/v_1)^{-\kappa-1}$

③ $T_2/T_1 = (v_2/v_1)^{\kappa}$

④ $T_2/T_1 = (v_2/v_1)^{1-\kappa}$

⑤ $T_2/T_1 = (v_2/v_1)^{\kappa-1}$

Ⅲ－24 メタン 1 kg を完全燃焼させるために必要な理論空気量に最も近い値はどれか。ただし、空気中の酸素の質量割合は 0.232 とする。

① 4.0 kg ② 23.0 kg ③ 15.3 kg ④ 17.2 kg ⑤ 8.6 kg

Ⅲ－25 隔板を介して高温流体と低温流体が熱交換を行う熱交換器がある。高温流体側の隔板表面における熱伝達率を h_h ，低温流体側の隔板表面の熱伝達率を h_c ，隔板の熱伝導率を k ，隔板の厚さを δ とするとき、高温流体と低温流体との間の熱通過率（総括伝熱係数） K を表す最も適切な式はどれか。

① $K = \frac{1}{h_h + \delta/k + h_c}$

② $K = \frac{1}{h_h^2 + \delta/k + h_c^2}$

③ $K = 1/h_h + \delta/k + 1/h_c$

④ $K = h_h^2 + \delta/k + h_c^2$

⑤ $K = \frac{1}{1/h_h + \delta/k + 1/h_c}$

Ⅲ－26 大きさが $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ で成績係数 (COP : Coefficient of Performance) が 2 の冷凍庫を考える。この冷凍庫が厚さ $L = 5\text{ [cm]}$, 熱伝導率 $k = 0.05\text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$ の断熱材で覆われている。冷凍庫の外部壁面と内部壁面の温度をそれぞれ 20°C , -20°C とするとき、年間の電力使用量に最も近い値はどれか。ただし、冷凍庫の 6 面の合計で計算せよ。

- ① 2.63 kWh ② 4202 kWh ③ 1051 kWh
④ 526 kWh ⑤ 131 kWh

Ⅲ－27 内部より発熱する直径 1 cm の固体球が空気中で静止した状態にある場合の自然対流を考える。周囲の空気温度が 300 K , 球表面温度が 450 K で、自然対流による平均熱伝達率が $8\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ のとき、自然対流による熱損失に最も近い値はどれか。

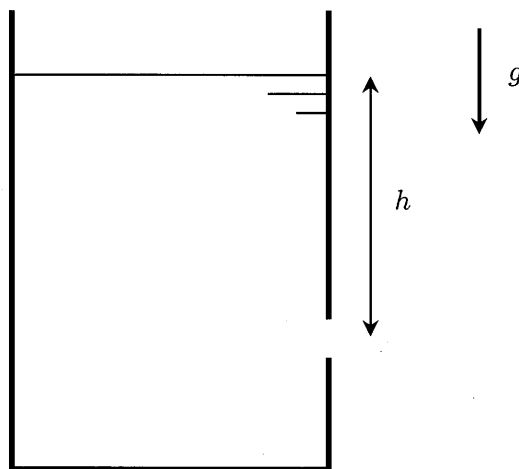
- ① 0.377 W ② 628 mW ③ 5.89 mW
④ 0.0167 mW ⑤ 3820 kW

Ⅲ-28 黒体面の屋根 ($3 \text{ m} \times 5 \text{ m}$) に太陽エネルギー (1 kW/m^2) が垂直に入射し、屋根よりふく射によりエネルギーが放射している場合を考える。屋根温度が 70°C のとき、正味として、屋根が受け取るエネルギー量に最も近い値はどれか。ステファンボルツマン定数を $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$ とし、対流による放熱は無視できるものとする。

- ① 0.213 kW ② 14.97 kW ③ 12.6 kW ④ 9.1 kW ⑤ 3.2 kW

Ⅲ-29 大きな容器が水で満たされている。水面より深さ h の側壁に小さな穴が空いている。この容器が自由落下するとき、側壁より流れ出る流速として最も適切なものはどれか。ただし、水の密度は ρ 、重力加速度は g とし、粘性の影響は無視する。

- ① 0 ② $\sqrt{gh}$ ③ $\sqrt{2gh}$ ④ gh ⑤ $2gh$



Ⅲ－30 水平に設置された円管内に流体が流れており、流れ方向の位置 A から B の区間において、断面積が S_A から S_B へと緩やかに減少している。2 点間の圧力差を水銀柱で測ったところ、水銀柱の高さの差は H であった。流体の密度を ρ_F 、水銀の密度を ρ_M とし、水銀の密度は、流体の密度に対して十分に大きいと仮定してよい。位置 A における円管内断面平均流速として最も適切なものはどれか。ただし、粘性の影響は無視する。

- ① $\frac{S_B}{\sqrt{S_A^2 - S_B^2}} \sqrt{\frac{\rho_M g H}{\rho_F}}$ ② $\frac{S_B}{\sqrt{S_A^2 - S_B^2}} \sqrt{\frac{2\rho_M g H}{\rho_F}}$
- ③ $\frac{S_B}{\sqrt{S_A^2 - S_B^2}} \sqrt{2gH}$ ④ $\frac{S_A}{\sqrt{S_B^2 - S_A^2}} \sqrt{\frac{2\rho_M g H}{\rho_F}}$
- ⑤ $\frac{S_B}{S_A - S_B} \frac{2\rho_M g H}{\rho_F}$

Ⅲ－31 密度 ρ の水の入った円筒が一定の角速度 Ω で軸周りに回転している。円筒内部の流体が軸周りに剛体回転しているとき、軸中心における水位を原点として、水面の形状として最も適切なものはどれか。ただし、重力加速度を g 、軸中心からの距離を r とする。

- ① $\sqrt{\frac{\Omega r}{g}}$ ② $\frac{\Omega^2 r}{g}$ ③ $\Omega^2 r g$ ④ $\frac{\Omega^2 r^2}{2g}$ ⑤ $-\frac{\Omega^2 r^2}{2g}$

Ⅲ－32 圧力101 kPa，温度20℃の静止した空気中を，直径30 mmの球が速度 $U = 160$ [km/h] で飛んでいる。この球に働く抗力 D に最も近い値はどれか。ただし， S は球の断面積で，球の抗力係数 $C_D = \frac{D}{0.5\rho U^2 S} = 0.4$ ，空気の密度 $\rho = 1.204$ [kg/m³] とする。

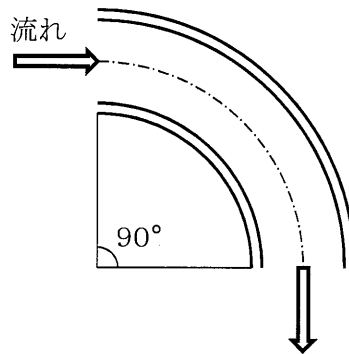
- ① 340 kN ② 340 N ③ 45 N ④ 1.4 N ⑤ 0.34 N

Ⅲ－33 直径 d のノズルから速度 v で噴出する水の噴流が，噴流と同じ向きに速度 u で動いている大きな平板に垂直に衝突するとき，噴流が平板に及ぼす力として最も適切なものはどれか。ただし，水の密度は ρ とし， $v > u$ であり，粘性の影響は無視する。

- ① $\rho(v-u)\frac{\pi}{4}d^2$ ② $\rho(v-u)^2\frac{\pi}{4}d^2$
- ③ $\rho(v-u)^2\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)^2$ ④ $\rho v^2\frac{\pi}{4}d^2 - \rho u^2\frac{\pi}{4}d^2$
- ⑤ $\rho v^2\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)^2 - \rho u^2\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)^2$

Ⅲ－34 下図のような90°曲がった円管の中を水が流れているとする。円管の断面積を A ，水の平均流速を U としたとき、円管が水に及ぼす力の大きさとして最も適切なものはどれか。ただし、流れは非圧縮性流体の定常流れであり、水の密度は ρ とする。また、圧力損失、重力の影響は無視してよい。

- ① 0 ② ρUA ③ $\sqrt{2}\rho UA$ ④ $\rho U^2 A$ ⑤ $\sqrt{2}\rho U^2 A$



Ⅲ－35 室内の空気を軸流ファンにより室外に排出している。室内の空気は静止しており、排出口では空気の流速は20.0 m/sである。排出口の面積は0.07 m²であり、室内と排出口での圧力は同じとみなしてよい。このファンの動力が0.50 kWのとき、ファンのエネルギー効率に最も近い値はどれか。ただし、空気の密度は1.23 kg/m³とし、管路での摩擦抵抗や流れの旋回は無視する。

- ① 0.85 ② 0.70 ③ 0.07 ④ 0.05 ⑤ 0.04

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は①

降伏応力はミーゼス、縦弾性係数はフック、座屈荷重はオイラー、主応力はモールの応力円と関連するが、応力集中係数に対応する適切な用語はB群に存在しない結果となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-2

正解は③

傾いた断面の面積は法線角 θ を用いて $A/\cos \theta$ となる[cite: 10]。荷重Pを法線方向と平行方向に分解して断面積で割ることで、垂直応力とせん断応力の関係式を導出できる結果となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-3

正解は④

棒に蓄えられる弾性ひずみエネルギーは各段のひずみエネルギーの和となる[cite: 10]。それぞれの断面積から求めたエネルギーを足し合わせると、 $5P^2 l / (2 \pi d^2 E)$ が得られる式となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-4

正解は④

隙間が0になる温度上昇量は熱膨張の式から求まる[cite: 10]。隙間が閉じた後の更なる温度上昇分は剛体壁により完全に拘束されるため、フックの法則から圧縮応力を計算した組み合わせとなる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-5

正解は③

片持ちはりの自由端に集中荷重が作用するときの最大たわみは、たわみの微分方程式を境界条件のもとで積分して導出される材料力学の基本的な公式であり、 $P l^3 / (3EI)$ となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-6

正解は①

対称性から支点反力はPとなり、はり中央の曲げモーメントはPlと求まる[cite: 10]。これを正方形断面の断面係数である6分のhの3乗で割ることで、最大曲げ応力が導出される式となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-7

正解は③

ねじれ角はトルクと長さに比例し、直径の4乗に反比例する[cite: 10]。両者のねじれ角を等しいと置いて整理すると、丸棒Bの剛性が相対的に高いためトルクの比は27分の1となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-8

正解は②

球殻容器に生じる引張応力は内圧と半径の積を肉厚の2倍で割った値となる。この応力が許容引張応力以下となる条件式から肉厚を計算すると、最小肉厚は3ミリメートルとなる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-9

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では、有効座屈長さが全長の半分となる[cite: 10]。オイラーの公式を適用して座屈荷重を求めると、 $4 \pi^2 EI / l^2$ となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-10

正解は②

二次元応力状態の主応力は、平均垂直応力にモールの応力円の半径を加減して求められる。与えられた応力成分を公式に代入して計算すると、155.4およびマイナス15.4となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-11

正解は②

メイソンの信号伝達線図公式や等価変換を適用する[cite: 10]。前向き経路と共有する2つのフィードバックループの伝達関数から閉ループ伝達関数を導出すると、選択肢2の式となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-12

正解は⑤

線形システムの安定判別では、全ての極の実部が負である必要がある。極の実部が正またはゼロとなる極を持つ系は不安定となるため、条件を満たす2のみが安定となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-13

正解は①

外乱をゼロとして閉ループ方程式を立てる[cite: 10]。コントローラと制御対象が直列に並び、負帰還される一巡伝達関数から目標値に対する出力の閉ループ伝達関数を導くと得られる式となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-14

正解は②

フィードバック制御の本質的な特徴を表す文章である[cite: 10]。制御対象が不安定であっても適切なコントローラを設計することで、制御系全体の安定化や外乱抑制が可能となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-15

正解は②

臨界減衰係数は質量とばね定数の積の平方根の2倍として計算される[cite: 10]。これに減衰比である0.05を掛けることで、粘性減衰係数の値として10Ns/mが算出される結果となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-16

正解は④

静的たわみとおもりの重力との関係から、はりの等価ばね定数は mg/h と表される[cite: 10]。これを1自由度振動系の固有角振動数の公式に代入すると、 $\sqrt{g/h}$ が導かれる式となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-17

正解は④

減衰比は粘性減衰係数を臨界減衰係数で割った無次元量である。力と速度の比の次元を持つのは粘性減衰係数そのものであるため、減衰比が次元を持つとする記述は誤りとなる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-18

正解は③

各質点の運動方程式から係数行列を作成し、行列式をゼロとおくことで特性方程式を導く。展開して整理すると、 $m^2\omega^4 - 3mk\omega^2 + k^2 = 0$ が得られる式となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-19

正解は①

先端の鉛直方向のつり合いからロープ張力が $2mg$ と求まり、鉛直反力はゼロとなる[cite: 10]。水平方向のつり合いから反力は $\sqrt{3}mg$ となり、反力の方向は水平で棒と平行になる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-20

正解は⑤

おもりの落下運動方程式と滑車の回転運動方程式を連立させる[cite: 10]。すべりがない条件から角加速度を加速度で置き換え、張力を消去して加速度を解くと、 $mg/(m+M/2)$ となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-21

正解は③

中心力のみが働く運動では角運動量が保存される[cite: 10]。質量と長さの2乗と角速度の積が一定となる関係式から、角速度を2倍にするには糸の長さをルート2分の1倍にする必要がある[cite: 10]。

●問題Ⅲ-22

正解は③

地上から見て鉛直に打ち上げるためには、ボールの水平初速度が台車の速度を打ち消してゼロになる必要がある[cite: 10]。三角比の関係式から正弦が2分の1となるため、角度は30度となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-23

正解は④

理想気体の可逆断熱変化においては、温度と体積の間に特定の指数法則が成り立つ[cite: 10]。この関係式を用いて圧縮前後の温度比を変形すると、体積比の $(1-\kappa)$ 乗として表される式となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-24

正解は④

メタンの完全燃焼反応式から、1キログラムのメタンに必要な酸素の質量は4キログラムと求まる[cite: 10]。これを与えられた空気中の酸素質量割合で割ることで、約17.2キログラムとなる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-25

正解は⑤

隔板を挟む熱通過では、両流体の対流熱伝達抵抗と隔板内の熱伝導抵抗の直列和が全体の熱抵抗となる[cite: 10]。総括伝熱係数はこの熱抵抗の総和の逆数として定義されるため導かれる式となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-26

正解は③

6面の断熱壁を通る熱侵入量をフーリエの熱伝導法則から計算する[cite: 10]。これを成績係数で割ることで冷凍機の消費電力を求め、年間の稼働時間である8760時間を掛けると1051kWhとなる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-27

正解は①

球の表面積を直径から算出し、ニュートンの冷却の法則を適用する[cite: 10]。熱伝達率、表面積、および周囲空気との温度差を掛け合わせることで、熱損失として約0.377Wが求まる結果となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-28

正解は⑤

入射する太陽エネルギーからステファン・ボルツマンの法則による放射エネルギーを差し引く[cite: 10]。屋根温度を絶対温度に換算して放射熱量を計算し、正味の受熱量を求めると約3.2kWとなる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-29

正解は①

自由落下する容器内の流体には重力と等しい慣性力が上向きに働くため、見かけの重力加速度はゼロとなる[cite: 10]。容器内部に水圧差が生じなくなるため、側壁の穴から流出

する流速はゼロとなる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-30

正解は②

連続の式とベルヌーイの定理から圧力差と流速の関係を導く[cite: 10]。この圧力差を水銀マンOMETタの液面差による静圧差と等置して断面Aの流速について解くと、選択肢2の式が導出される[cite: 10]。

●問題Ⅲ-31

正解は④

剛体回転する液面では遠心力と重力の合力が液面に垂直に作用する[cite: 10]。遠心力ポテンシャルと重力ポテンシャルのつり合いから等圧面の微分方程式を解くと、放物面を表す式が得られる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-32

正解は⑤

球の投影面積を計算し、時速を秒速に換算して動圧を求める[cite: 10]。これらに抗力係数を乗じる抗力の算定式に数値を代入して計算すると、球に働く抗力として約0.34Nが得られる結果となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-33

正解は②

平板に対する噴流の相対速度を用いて平板に衝突する質量流量を求める[cite: 10]。運動量保存則を適用し、質量流量に衝突による速度変化量を掛けることで、平板が受ける力を表す式が求まる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-34

正解は⑤

流れの流入と流出における運動量変化から、管が流体に及ぼす力を各方向成分ごとに求める[cite: 10]。直交する2方向の成分を二乗和の平方根で合成すると、大きさが $\sqrt{2}\rho U^2 A$ となる[cite: 10]。

●問題Ⅲ-35

正解は②

排出口での体積流量と運動エネルギーからファンが与えた流体動力を算出する[cite: 10]。この動力をファンの消費電力で割ることでエネルギー効率を計算すると、最も近い値は0.70となる[cite: 10]。