

【01】機械部門

10時30分～12時30分

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B群を組み合わせたとき、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。

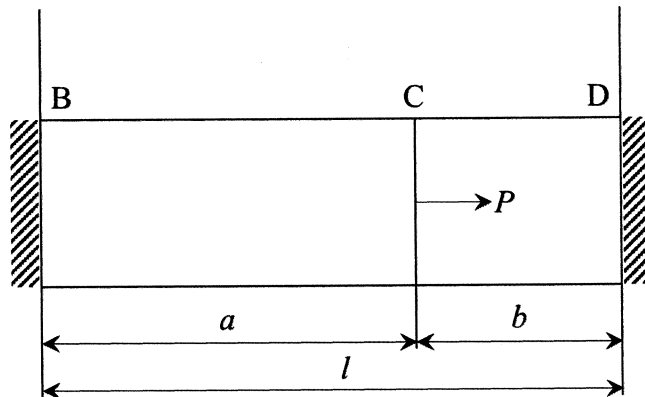
A群

- ① ミーゼスの条件 ② 断面係数 ③ 応力拡大係数
④ フックの法則 ⑤ せん断応力

B群

降伏，共役，ヤング率，不静定，相当応力，破壊じん性，真応力

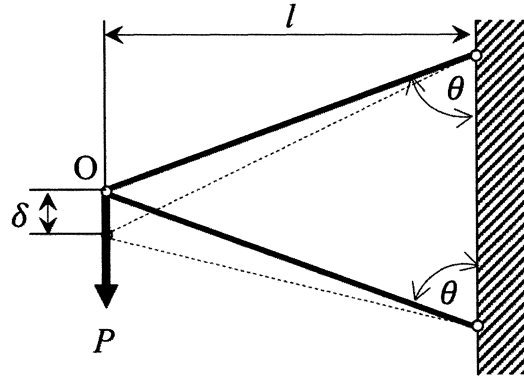
Ⅲ－2 両端を剛体壁によって固定された，長さ $BD=l$ ，一様断面積 A ，縦弾性係数 E の円形断面棒が中間点 C （ $BC=a$ ， $CD=b$ ）に軸方向荷重 P を受ける。このとき， C 点の移動量として，適切なものはどれか。



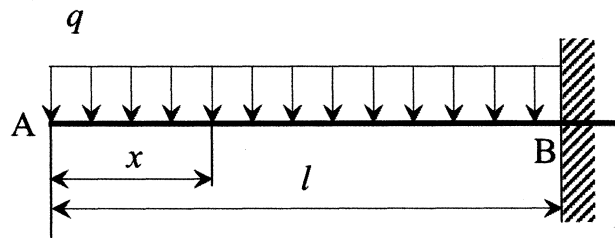
- ① $\frac{Pb}{l} \left(\frac{1}{AE} \right)$ ② $\frac{Pa}{l} \left(\frac{1}{AE} \right)$ ③ $\frac{Pl}{ab} \left(\frac{1}{AE} \right)$ ④ $\frac{l}{Pab} AE$ ⑤ $\frac{Pab}{l} \left(\frac{1}{AE} \right)$

Ⅲ－３ 下図に示すように、角度 θ で剛体壁に取り付けられた２本の棒からなるトラス構造において、節点Oに下向きの荷重 P が作用し、破線のように変形した場合を考える。各節点は滑節で、棒の自重は無視できるものとするとき、節点Oの下向きの微小変位 δ として、適切なものはどれか。ただし、棒の断面積を A 、縦弾性係数を E とする。

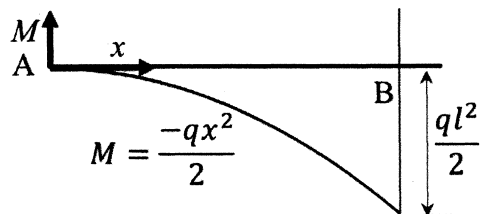
- ① $\frac{2Pl}{AE \sin \theta \cos \theta}$
- ② $\frac{4Pl}{AE \sin \theta \cos^2 \theta}$
- ③ $\frac{Pl}{2AE \sin \theta \cos^2 \theta}$
- ④ $\frac{Pl}{AE \sin \theta \cos^2 \theta}$
- ⑤ $\frac{Pl}{2AE \sin \theta \cos \theta}$



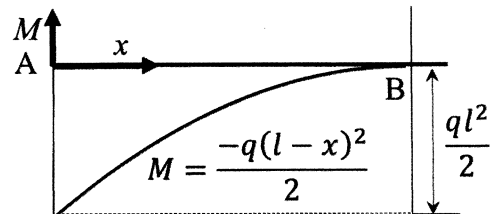
Ⅲ－４ 片持ちはりの全長 l にわたり一定の分布荷重 q が作用する場合を考える。このとき、分布荷重 q により生じる曲げモーメント図として、適切なものはどれか。



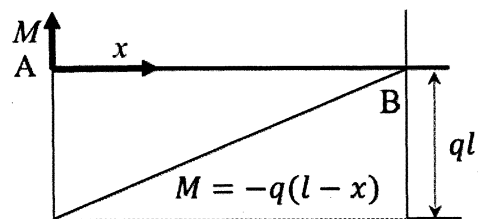
①



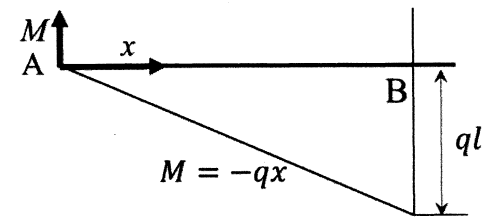
②



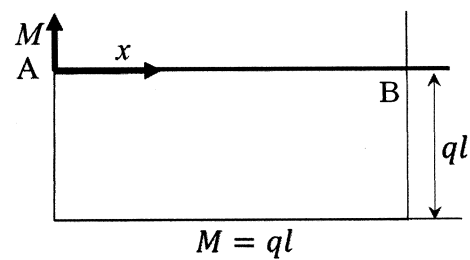
③



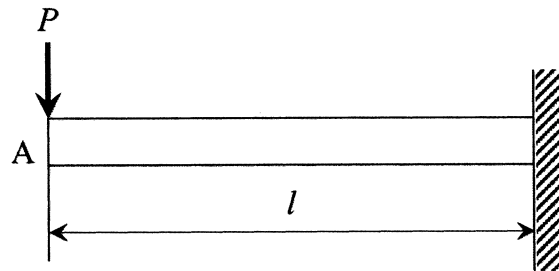
④



⑤

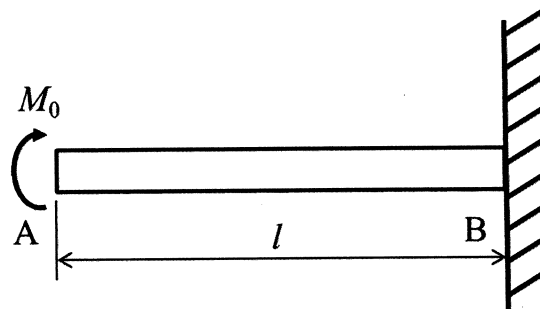


Ⅲ－５ 下図に示すように、長さ l の片持ちはりの先端（自由端，A点）に集中荷重 P が作用している。はりの最大たわみとして、適切なものはどれか。なお、はりの曲げ剛性を EI とする。



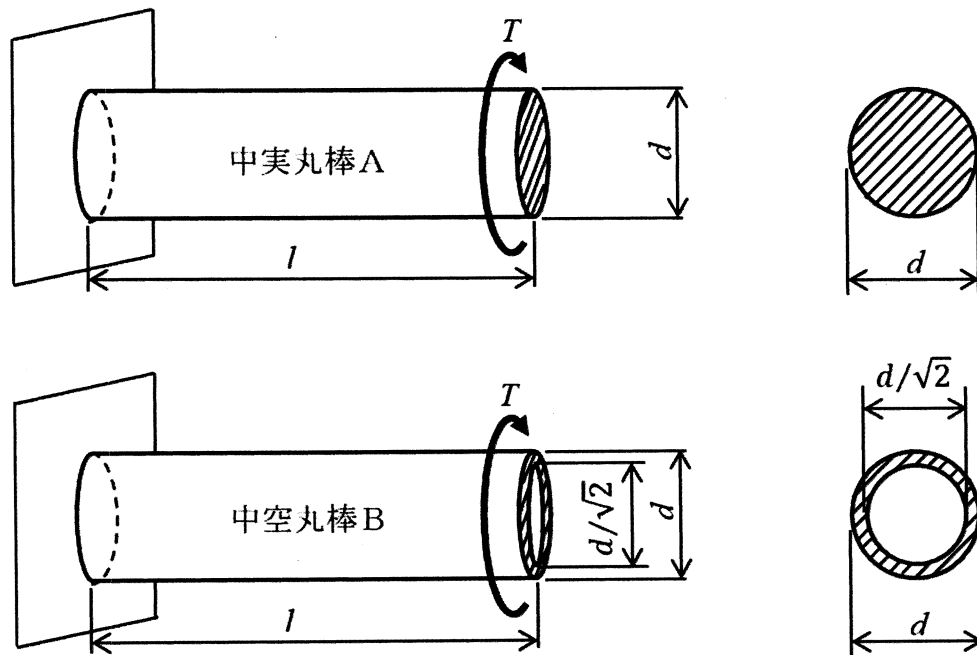
- ① $\frac{5Pl^3}{48EI}$ ② $\frac{Pl^3}{EI}$ ③ $\frac{2Pl^3}{3EI}$ ④ $\frac{Pl^3}{3EI}$ ⑤ $\frac{Pl^3}{6EI}$

Ⅲ－６ 下図に示すように、一様断面を持つ長さ l のはりが、B端で固定され、A端に集中モーメント M_0 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、適切なものはどれか。ただし、はりの曲げ剛性を EI とする。



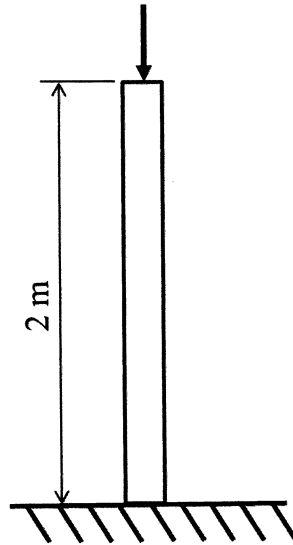
- ① $\frac{M_0^2 l}{12EI}$ ② $\frac{M_0^2 l}{8EI}$ ③ $\frac{M_0^2 l}{4EI}$ ④ $\frac{M_0^2 l}{2EI}$ ⑤ $\frac{M_0^2 l}{EI}$

Ⅲ－７ 下図に示すように、同一材質、同一長さで、外形寸法が等しく断面積比が2：1の中実丸棒Aと中空丸棒Bの一端が剛体壁に固定され、他端に等しいねじりモーメント T が作用しているとき、中実丸棒Aに生じる最大せん断応力 τ_A と中空丸棒Bに生じる最大せん断応力 τ_B の比 τ_B / τ_A の値はどれか。



- ① $1/2$ ② $4/3$ ③ $1/\sqrt{2}$ ④ $3/4$ ⑤ 2

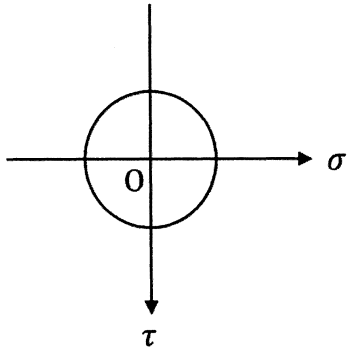
Ⅲ－８ 下図に示すように、一辺が40mmの正方形断面を有する長さ2mの鋼製の柱が一端固定・他端自由の状態に軸方向に圧縮力が負荷されている。このときの座屈荷重として、最も近い値はどれか。ただし、鋼の縦弾性係数を200GPaとする。



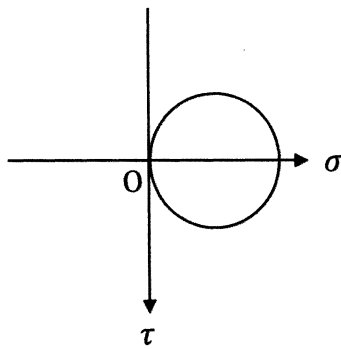
- ① 421kN ② 211kN ③ 105kN ④ 53kN ⑤ 26kN

Ⅲ－９ ねじりモーメントのみを受ける丸軸の表面の応力状態を表すモールの応力円として、最も適切なものはどれか。ただし、垂直応力 σ を横軸、せん断応力 τ を縦軸にとる。

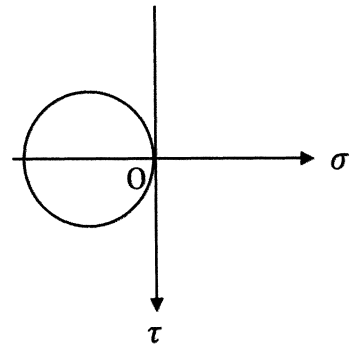
①



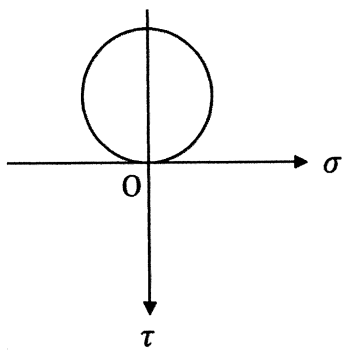
②



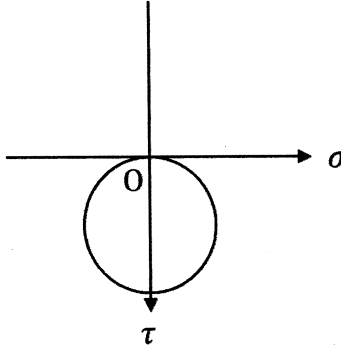
③



④



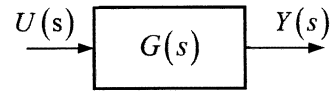
⑤



Ⅲ－１０ 内径 r ，肉厚 t ($r \gg t$) の球形薄肉圧力容器に内圧 p が作用している。このとき、圧力容器に生じる円周方向応力として、適切なものはどれか。

- ① $\frac{pt}{2r}$ ② $\frac{pt}{r}$ ③ $\frac{pr}{2t}$ ④ $\frac{pr}{t}$ ⑤ $\frac{p}{2\pi rt}$

Ⅲ－11 下図のように伝達関数 $G(s)$ に入力 $u(t)$ を加えたときの定常出力 $y(t)$ として、適切なものはどれか。



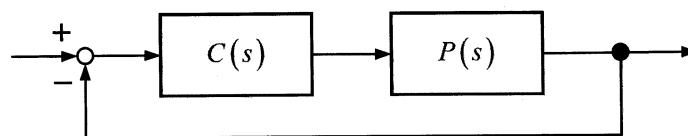
$$G(s) = \frac{10}{s+2}, \quad u(t) = \sin t$$

- ① $\sin t$
- ② $\sqrt{12} \sin(t+\alpha), \alpha = \tan^{-1}(-1/2)$
- ③ $\sqrt{12} \sin(t+\alpha), \alpha = \tan^{-1}(-2)$
- ④ $\sqrt{20} \sin(t+\alpha), \alpha = \tan^{-1}(-1/2)$
- ⑤ $\sqrt{20} \sin(t+\alpha), \alpha = \tan^{-1}(-2)$

Ⅲ－12 下図に示すフィードバック制御系において、制御対象 $P(s)$ 及びコントローラ $C(s)$ の伝達関数が次式のように与えられている。

$$P(s) = \frac{b}{s+a}, \quad C(s) = K_p$$

$a=-2, b=1$ のとき、制御対象の極は $s=2$ となり不安定である。そのとき、フィードバック制御系が安定になる定数 K_p として、最も適切なものはどれか。



- ① -4
- ② -1
- ③ 0
- ④ 1
- ⑤ 4

Ⅲ－13 次の記述の に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

PID制御において、目標値と制御量の偏差に比例した操作を行うのがP制御であり、偏差の積分値に比例した操作を行うのがI制御である。PI制御は一般に ア に有効である。また、偏差の微分値に比例した操作を行うのがD制御で、PD制御は一般に イ に有効である。

ア

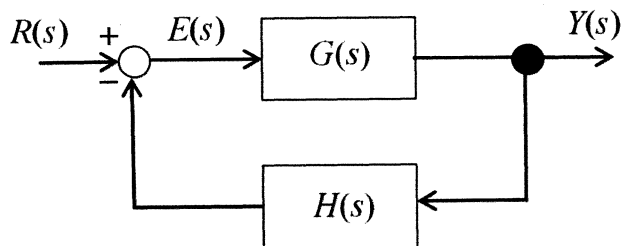
イ

- | | |
|-----------|---------|
| ① むだ時間の低減 | 応答性の向上 |
| ② むだ時間の低減 | 定常偏差の除去 |
| ③ 定常偏差の除去 | 応答性の向上 |
| ④ 定常偏差の除去 | むだ時間の低減 |
| ⑤ 応答性の向上 | むだ時間の低減 |

Ⅲ－14 下図に示すフィードバック制御系を考える。ここで、 $R(s)$ 、 $Y(s)$ 、 $E(s)$ は、それぞれ目標値 $r(t)$ 、出力 $y(t)$ 、偏差 $e(t)$ のラプラス変換であり、 $E(s)=R(s)-H(s)Y(s)$ で表される。定常偏差は $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t)$ であり、 $G(s)H(s)$ は次式のように定められている。

$$G(s)H(s) = \frac{s+2}{s^3+2s^2+2s+1}$$

目標値を単位ステップ入力とするとき、定常偏差として、適切なものはどれか。

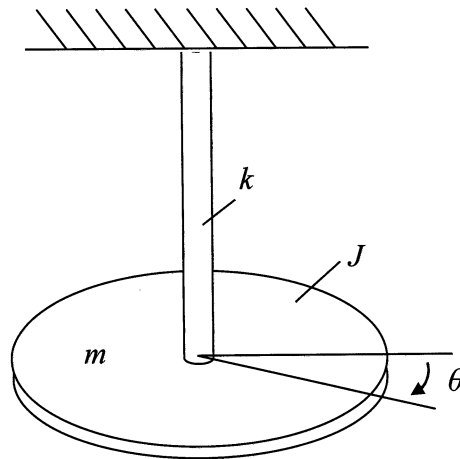


- ① 0 ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{2}{3}$ ④ 2 ⑤ ∞ (無限大)

Ⅲ－15 機械の振動に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

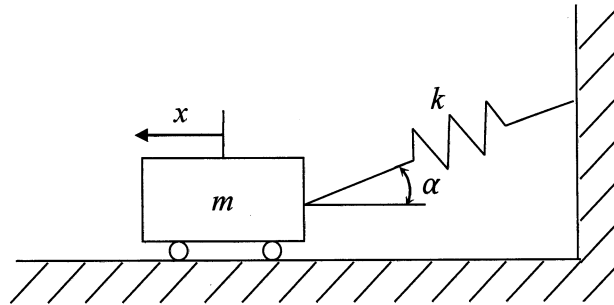
- ① 1自由度系において質量を増加させると、固有振動数は小さくなる。
- ② 1自由度系に加振力が作用し共振しているとき、加振力と変位の位相は約180度ずれる。
- ③ 2自由度系の固有振動数は一般に2個ある。
- ④ 共振しているときの振幅の大きさは減衰係数に依存する。
- ⑤ 回転機械の危険速度は固有振動数と関係している。

Ⅲ－16 下図に示すように、ねじりばね定数 k の軸の一端を固定し、他端に質量 m の円板が取り付けられた振動系がある。この円板を角度 θ だけねじって振動させた場合の固有角振動数として、適切なものはどれか。ただし、軸の慣性モーメントは円板の軸心周りの慣性モーメント J と比べて無視できるほど小さいものとする。



- ① $\sqrt{\frac{k}{m}}$
- ② $\sqrt{\frac{m}{k}}$
- ③ $\sqrt{\frac{k}{J}}$
- ④ $\sqrt{\frac{J}{k}}$
- ⑤ $\sqrt{\frac{k\theta}{m}}$

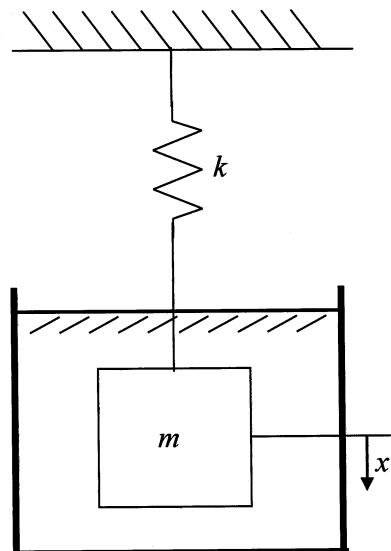
Ⅲ－17 下図に示すように、滑らかな床上に質量 m の物体があり、角度 α でばねを介して壁に取り付けられている。ばね定数を k とし、物体が微小並進運動するときの固有角振動数として、適切なものはどれか。



- ① $\sqrt{\frac{k}{m}} \cos \alpha$ ② $\sqrt{\frac{k}{m}} \sin \alpha$ ③ $\sqrt{\frac{k}{m}} \tan \alpha$ ④ $\sqrt{\frac{k}{m}} \cos^2 \alpha$ ⑤ $\sqrt{\frac{k}{m}} \sin^2 \alpha$

Ⅲ－18 質量 m の薄い板をばね定数 k のばねで吊るして空気中で振動させたとき周期は T であった。下図のようにこの板全体を液体中に浸して振動させると、液体の抵抗により減衰し、周期は T の n (>1) 倍となった。板に作用する抵抗力が板と液体の接触面積 S と速度に比例するとき、その比例係数として、適切なものはどれか。

- ① $\sqrt{mk(1-n^2)} / nS$
 ② $2\sqrt{mk(1-n^2)} / nS$
 ③ $2\sqrt{mk(n^2-1)} / nS$
 ④ $\sqrt{mk(n^2-1)} / nS$
 ⑤ $\sqrt{mk(n^2-1)} / 2nS$



Ⅲ－19 下図のように、ばね定数 k のばね、半径 a 、質量 M の中心で回転する均一な円板状の定滑車、質量 m のおもり、及び質量が無視できるひもから成る系がある。このおもりは、つりあいの位置を中心に上下に振動することができる。このときの固有周期として、適切なものはどれか。ただし、滑車とひもの間にはすべりが無いとし、定滑車は剛体とみなせるとする。

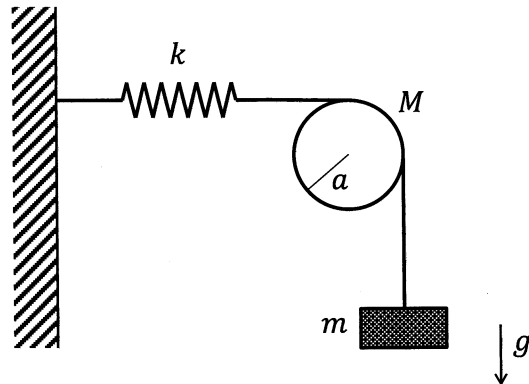
① $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

② $2\pi\sqrt{\frac{M+2m}{2k}}$

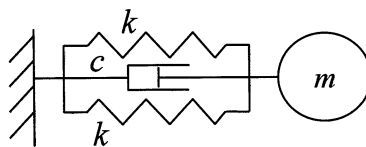
③ $2\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}}$

④ $2\pi\sqrt{\frac{Ma^2+2m}{2k}}$

⑤ $2\pi\sqrt{\frac{Ma^2+m}{k}}$



Ⅲ－20 下図に示すように、質量 m のおもり、ばね定数 k の2つのばね、及び減衰係数 c の1つのダンパからなる1自由度振動系を考える。この系が臨界減衰系となるとき、ダンパの減衰係数 c として、適切なものはどれか。



① $\sqrt{\frac{k}{2m}}$

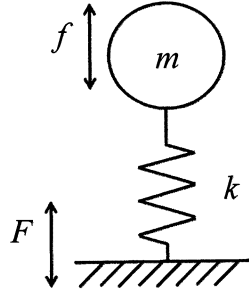
② $\sqrt{\frac{k}{m}}$

③ $\sqrt{\frac{2k}{m}}$

④ $2\sqrt{mk}$

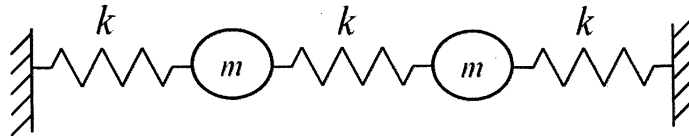
⑤ $2\sqrt{2mk}$

- Ⅲ－21 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 の正弦波状の力 f 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 の振幅の50%未満にしたい。ばね定数の条件として、適切なものはどれか。



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

- Ⅲ－22 下図に示す2自由度振動系には、2つの固有角振動数が存在する。その組合せとして、適切なものはどれか。なお、 k はばね定数、 m は質量を表す。



- ① $0, \sqrt{\frac{2k}{m}}$
 ② $\sqrt{\frac{k}{m}}, \sqrt{\frac{3k}{m}}$
 ③ $\frac{2-\sqrt{2}}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}, \frac{2+\sqrt{2}}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$
 ④ $\frac{3-\sqrt{5}}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}, \frac{3+\sqrt{5}}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$
 ⑤ $\frac{3-2\sqrt{2}}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}, \frac{3+2\sqrt{2}}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$

Ⅲ－23 外気温 2.0°C の周囲環境から室内に 2.8kW の熱が供給され、室内温度が 23.0°C に保たれている。このとき必要となる最小電力として、最も近い値はどれか。

- ① 20W ② 100W ③ 200W ④ 2.5kW ⑤ 40kW

Ⅲ－24 一定の圧力 0.20MPa のもと、質量 1.0kg の飽和水に 1600kJ の熱を加えて、湿り水蒸気とした。このとき、湿り水蒸気の乾き度として、最も近い値はどれか。ただし、 0.20MPa 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 505kJ/kg 、 2706kJ/kg とする。

- ① 0.93 ② 0.87 ③ 0.81 ④ 0.73 ⑤ 0.50

Ⅲ－25 熱伝導率 k 、厚さ d の平板の片面が温度 T_1 の流体と接し、もう一方の片面が温度 $T_2(<T_1)$ の流体と接している。平板の高温側の熱伝達率を h_1 、低温側の熱伝達率を h_2 とし、それぞれ一定とする。平板内の熱伝導と低温側の熱伝達が高温側の熱伝達に比べて十分大きいとき、熱通過率として、最も適切なものはどれか。

- ① $1/h_2 + d/k$ ② $h_2 + k/d$ ③ k/d ④ $1/h_1$ ⑤ h_1

Ⅲ－26 エントロピーに関する次の（ア）～（オ）の記述のうち、正しいものの組合せとして、適切なものはどれか。

（ア）エントロピーは気体が保有するエネルギーのことである。

（イ）エントロピーは必ず増大する。

（ウ）断熱された容器内の液体をスクリューで攪拌したとき、液体のエントロピーは増大する。

（エ）断熱された流路を流体が流れて抵抗により圧力が減少した。このとき流路は断熱されているので流体のエントロピーは変化しない。

（オ）断熱された容器内に置かれた高温の物体から低温の物体へ熱が伝わる時、容器内のエントロピーは増大する。

- ① ア、イ ② ア、エ ③ イ、ウ ④ ウ、エ ⑤ ウ、オ

Ⅲ－27 内部からの発熱量を調節できる直径1.5mmの金属線が温度15℃の水中に水平に設置されている。金属線の単位長さ当たりの発熱量を140W/mとすると、金属線の表面温度が40℃で一定となった。このとき、金属線と水の間の熱伝達率として、最も近い値はどれか。

- ① $7.4 \times 10^2 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- ② $1.2 \times 10^3 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- ③ $2.4 \times 10^3 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- ④ $3.7 \times 10^3 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- ⑤ $3.2 \times 10^6 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Ⅲ－28 次の記述の に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

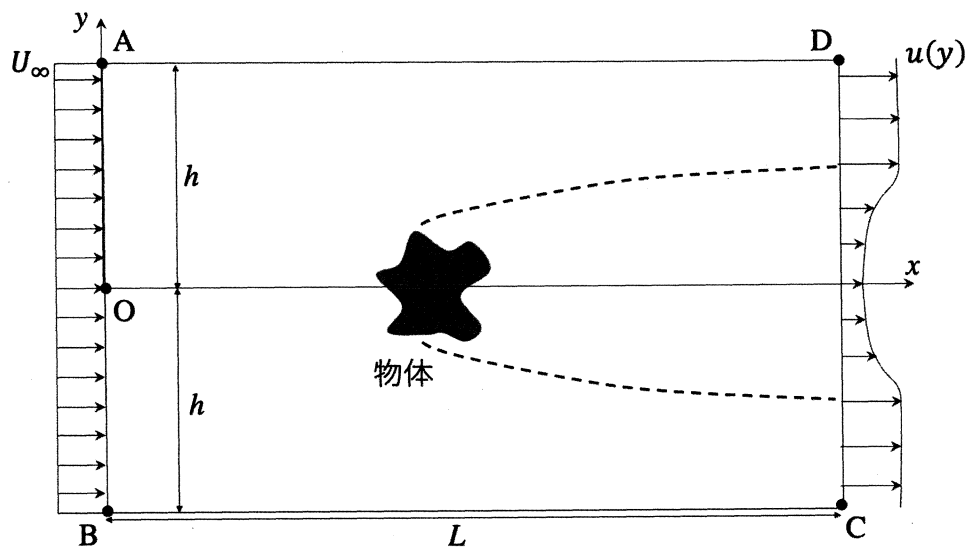
温度境界層厚さと速度境界層厚さの比は ア に依存する。

熱伝達率の無次元数は イ であり、強制対流の場合は一般に ア と ウ の関数で表される。

垂直に置かれた加熱板上の自然対流では局所 エ が約 10^9 以上の値になると乱流に遷移する。

ア	イ	ウ	エ
① プラントル数	ヌセルト数	レイノルズ数	レイリー数
② ヌセルト数	プラントル数	レイリー数	レイノルズ数
③ プラントル数	ペクレ数	レイノルズ数	ヌセルト数
④ プラントル数	ヌセルト数	レイリー数	レイノルズ数
⑤ ヌセルト数	ペクレ数	プラントル数	レイリー数

Ⅲ－29 下図に示すように、流速 U_∞ の一様流中に2次元物体が固定されている。それを取り囲む矩形の検査体積ABCDを考える。主流方向を x ，垂直方向を y とし、原点は境界ABの中点とする。点Aと原点までの距離を h ，点Aから点Dまでの距離を L とする。境界AB上における主流方向速度は U_∞ で一定であり、境界CD上における主流方向速度の y 方向の分布が $u(y)$ で与えられるとき、2次元物体に働く奥行き方向単位長さ当たりの抗力を表す式として、適切なものはどれか。ただし、検査体積ABCDの境界は物体から十分に離れているものとし、境界ABCD上では圧力は一様とみなしてよい。また、流体は非圧縮性流体とし、その密度を ρ とする。



① $\rho \int_{-h}^h u(y) \{U_\infty - u(y)\} dy$

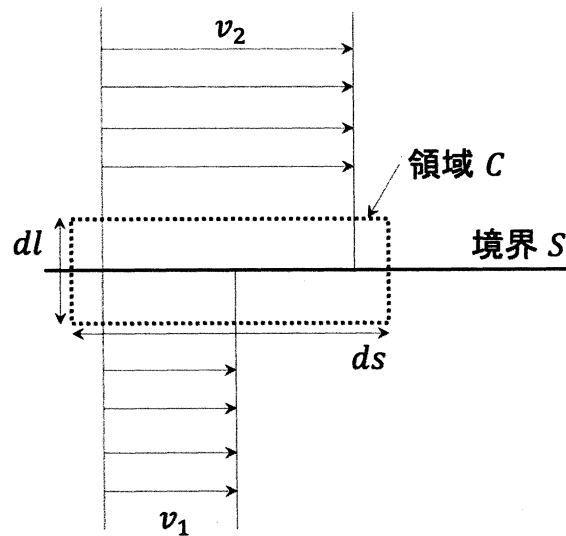
② $\rho \int_{-h}^h \{U_\infty^2 - u^2(y)\} dy$

③ $\rho \int_{-h}^h U_\infty \{U_\infty - u(y)\} dy$

④ $\frac{\rho}{2} \int_{-h}^h U_\infty \{U_\infty - u(y)\} dy$

⑤ $\rho \int_{-h}^h \{U_\infty - u(y)\} dy$

Ⅲ－30 下図に示すように、境界 S に平行な 2 次元流れを考える。境界 S の下部では速度 v_1 、その上部では速度 v_2 でそれぞれ一様であり、境界 S において速度が不連続に変化するものとする。このとき、図中の点線で囲まれた幅 ds 、高さ dl の領域 C の循環として、適切なものはどれか。



- ① $v_2 - v_1$ ② $\frac{1}{2}(v_1 + v_2)$ ③ $(v_2 - v_1)ds$ ④ $(v_2 - v_1)dl$ ⑤ $(v_2 - v_1)dsdl$

Ⅲ－31 円管内の完全に発達した流れを考える。流体はニュートン流体とし、断面平均流速、管の直径により定義されるレイノルズ数を Re とする。また、管内の壁面は流体力学的に十分になめらかであるとする。この流れを説明する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 流れが層流のとき、管摩擦係数は $64/Re$ となる。
 ② 通常、レイノルズ数が 2300 程度を越えると、流れは層流から乱流に遷移する。
 ③ 同じレイノルズ数において、流れが層流から乱流へ遷移すると管摩擦係数は大きくなる。
 ④ 乱流域では、レイノルズ数の増加とともに管摩擦係数は大きくなる。
 ⑤ 乱流域では、流れに不規則な渦運動が励起され、流体の混合が促進される。

Ⅲ－32 静止した非圧縮流体中を速さ U で動く直径 d の球に働く抗力 D は、次の式で表される。

$$D = C_D \left(\frac{\pi}{4} d^2 \right) \left(\frac{1}{2} \rho U^2 \right)$$

ただし、 ρ 、 C_D はそれぞれ流体の密度、抗力係数を、 π は円周率を表す。同一の流体中で、レイノルズ数を合わせて直径 $d/4$ の球を動かしたときの抗力を D' とするとき、抗力比 D'/D の値として、最も適切なものはどれか。

- ① $1/256$ ② $1/16$ ③ $1/4$ ④ 1 ⑤ 4

Ⅲ－33 流速 10m/s の一様流中に直径 2cm の円柱が流れに直交して置かれている。ストローハル数が 0.2 の場合、円柱の背後に生じるカルマン渦の放出周波数として、最も近い値はどれか。

- ① 0.2Hz ② 1Hz ③ 40Hz ④ 100Hz ⑤ 500Hz

Ⅲ－34 xy 平面上の 2 次元非圧縮流を考える。速度ベクトル $\vec{u}$ の x 方向成分 u 、 y 方向成分 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、適切なものはどれか。

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

Ⅲ－35 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 A，B 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。重力加速度を g ，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速度として，最も適切なものはどれか。ただし，粘性の影響は無視してよい。

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

② $\frac{S_B}{\sqrt{S_A^2 - S_B^2}} \sqrt{\frac{\rho_M g H}{\rho_F}}$

③ $\frac{S_B}{\sqrt{S_A^2 - S_B^2}} \sqrt{2gH}$

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

⑤ $\frac{S_B}{S_A - S_B} \frac{2\rho_M g H}{\rho_F}$

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は②

フックの法則はヤング率、ミーゼスの条件は相当応力、応力拡大係数は破壊じん性、せん断応力は共役に対応するが、断面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。

●問題Ⅲ-2

正解は⑤

両端固定棒の不静定問題であり、C点の変位は区間BCの伸びに等しい。支点Bの反力 P_b/l に区間長さ a を掛け、剛性 AE で割ることで、移動量は $Pab/(lAE)$ となる。

●問題Ⅲ-3

正解は③

幾何学的関係から部材の伸びと節点Oの鉛直変位の関係を求め、鉛直方向の力のつり合い式を立てる。部材の長さが $l/\sin\theta$ であることを考慮して解くと、選択肢3の式が導出される。

●問題Ⅲ-4

正解は①

自由端Aから距離 x の位置における曲げモーメントは、その位置より先端側にある分布荷重の合力 qx と重心距離 $x/2$ の積となり、 $-qx^2/2$ の2次曲線で表される図となる。

●問題Ⅲ-5

正解は④

片持ちばりの自由端に集中荷重 P が作用するときの最大たわみは、材料力学における基本的な公式として知られており、微分方程式を解くことで $Pl^3/(3EI)$ が得られる。

●問題Ⅲ-6

正解は④

はりの全長にわたって曲げモーメント M_0 が一定となる。曲げひずみエネルギーの積分公式に代入して計算すると、はり全体に蓄えられるエネルギーは $M_0^2 l/(2EI)$ となる。

●問題Ⅲ-7

正解は②

最大せん断応力は極断面係数に反比例する。中空丸棒Bの内外径から極断面係数を計算すると中実丸棒Aの4分の3倍となるため、最大せん断応力の比 τ_B/τ_A は4/3となる。

●問題Ⅲ-8

正解は⑤

一端固定・他端自由のオイラー座屈荷重の公式を適用する。正方形断面の断面二次モーメントを求め、縦弾性係数と長さを代入して計算すると、座屈荷重は約26kNとなる。

●問題Ⅲ-9

正解は①

ねじりモーメントのみを受ける丸軸表面は純粋せん断応力状態となる。このとき主応力は絶対値が等しい引張と圧縮になるため、モールの応力円は原点を中心とする円となる。

●問題Ⅲ-10

正解は*

球殻容器の円周方向応力は内圧と半径の積を肉厚の2倍で割った値となる。本問は内径を r と表記した出題設定の誤りにより正答が存在しないため、全員に得点が与えられる扱いとなった。

●問題Ⅲ-11

正解は④

周波数伝達関数に $\omega=1$ を代入して複素数を求める。その絶対値から定常出力の振幅はルー

ト20となり、偏角から位相角は $\tan^{-1}(-1/2)$ となるため、選択肢4の式となる。

●問題Ⅲ-12

正解は⑤

閉ループ系の特性方程式を求めると $s-2+Kp=0$ となる。系が安定となるための極の条件は実部が負であるため $Kp>2$ が必要となり、選択肢の中でこれを満たす値は4となる。

●問題Ⅲ-13

正解は③

I制御は偏差の積分量に応じて入力を与え続けるため定常偏差の除去に有効であり、D制御は偏差の変化率から将来の挙動を予測するため応答性の向上に有効となる。

●問題Ⅲ-14

正解は②

偏差伝達関数を求め、目標値を単位ステップ関数として最終値の定理を適用する。 s をゼロに近づけたときの一巡伝達関数の値が2となるため、定常偏差は $1/(1+2)$ より $1/3$ となる。

●問題Ⅲ-15

正解は②

共振状態において、加振力と変位の位相差は約90度となる。180度ずれるのは共振周波数より十分に高い高周波数領域であるため、180度ずれるとする記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-16

正解は③

円板の軸心まわりの運動方程式を立てると、慣性項 J と復元トルク項 $k\theta$ のつり合いとなる。固有角振動数はねじりばね定数を慣性モーメントで割った値の平方根であるルート (k/J) となる。

●問題Ⅲ-17

正解は①

物体の水平変位 x に伴うばねの伸びは $x \cos \alpha$ となり、水平方向の復元力は $k \cos^2 \alpha x$ となる。運動方程式から固有角振動数はルート $(k \cos^2 \alpha / m)$ となり、ルート $(k/m) \cos \alpha$ となる。

●問題Ⅲ-18

正解は③

減衰角振動数と非減衰角振動数の関係から減衰比を求め、粘性減衰係数を導出する。抵抗力が接触面積 S と速度に比例することから比例係数を解くと、選択肢3の式が導かれる。

●問題Ⅲ-19

正解は②

円板状の定滑車の回転慣性モーメントを考慮して系の力学的エネルギーを求める。等価質量が $m+M/2$ となることから、固有周期の公式に代入すると選択肢2の式が得られる。

●問題Ⅲ-20

正解は⑤

2つのばねは並列に配置されているため、合成ばね定数は $2k$ となる。1自由度振動系が臨界減衰となる条件式 $c=2\sqrt{m \cdot k_{eq}}$ に代入すると、 $2\sqrt{2mk}$ が得られる。

●問題Ⅲ-21

正解は①

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未満となる条件を解く。 $(\omega/\omega_n)^2$ が3より大きくなる必要があるため、ばね定数の範囲は $k < 1/3 m \omega^2$ となる。

●問題Ⅲ-22

正解は②

対称な2自由度振動系において同相モードと逆相モードの運動方程式を立てる。それぞれ

の固有振動モードを解くことで、固有角振動数はルート(k/m)およびルート(3k/m)となる。

●問題Ⅲ-23

正解は③

逆カルノーサイクルのヒートポンプにおける成績係数を絶対温度から求める。供給熱量2.8kWを成績係数約14.1で割ることで、必要最小電力として約200Wが算出される。

●問題Ⅲ-24

正解は④

蒸発潜熱は飽和蒸気と飽和水の比エンタルピーの差として2201kJ/kgと求まる。飽和水に加えられた熱量1600kJを蒸発潜熱で割ることで、乾き度は約0.73となる。

●問題Ⅲ-25

正解は⑤

平板全体の熱抵抗は各熱伝達抵抗と熱伝導抵抗の和となる。熱伝導および低温側熱伝達の熱抵抗が高温側に比べて無視できるほど小さい場合、熱通過率は高温側の熱伝達率 h_1 に等しくなる。

●問題Ⅲ-26

正解は⑤

断熱容器内の流体の攪拌や温度差による熱移動は不可逆過程であり、孤立系全体のエントロピーは必ず増大する。したがって、ウとオの記述が正しい組み合わせとなる。

●問題Ⅲ-27

正解は②

金属線の単位長さあたりの表面積を計算し、単位長さあたりの発熱量を割って熱流束を求める。これを表面と水の温度差25Kで割ることで、熱伝達率は約 $1.2 \times 10^3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ となる。

●問題Ⅲ-28

正解は①

境界層厚さ比はプラントル数に依存し、熱伝達率はヌセルト数としてレイノルズ数とプラントル数の関数となり、自然対流の乱流遷移はレイリー数により判定される組み合わせとなる。

●問題Ⅲ-29

正解は①

検査体積に対する質量保存則と運動量保存則を適用する。物体後方の速度欠損領域における主流方向の運動量流束の減少分を積分することで、物体に働く抗力は選択肢1の式で表される。

●問題Ⅲ-30

正解は③

循環は閉曲線に沿った速度ベクトルの線積分として定義される。境界に沿った辺の速度と微小長さ ds の積の差をとることで、高さ dl によらず循環は $(v_2 - v_1)ds$ として求められる。

●問題Ⅲ-31

正解は④

滑らかな円管内の乱流域における管摩擦係数は、ブラジウスの式などに示されるようにレイノルズ数の増加に伴って減少する。したがって大きくなるとする記述は最も不適切となる。

●問題Ⅲ-32

正解は④

レイノルズ数が等しいため抗力係数は同一となる。代表長さを4分の1にすると流速は4倍になり、断面積の16分の1と動圧の16倍が互いに打ち消し合うため、抗力の比 D'/D は1となる。

●問題Ⅲ-33

正解は④

カルマン渦の放出周波数はストローハル数の定義式から求められる。与えられたストローハル数0.2、流速10m/s、直径0.02mを公式に代入して計算すると、周波数は100Hzとなる。

●問題Ⅲ-34

正解は①

非圧縮性流体の連続の式は速度ベクトルの各方向偏微分の和がゼロとなる条件である。x方向およびy方向の速度をそれぞれ偏微分して足し合わせることで、 $a+d=0$ が得られる。

●問題Ⅲ-35

正解は①

連続の式とベルヌーイの定理から管路の動圧差と圧力差の関係を導く。この圧力差と水銀マンオメータの液面差による静圧差を等置して断面Aの平均流速を解くと、選択肢1の式となる。