

【01】機械部門

12時00分～14時00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群の材料の力学的性質について、これらを評価するための適切な試験がB群にな
いものはどれか。

A群

- ① 縦弾性係数 ② 硬さ ③ 延性－脆性遷移温度
④ 降伏点 ⑤ S－N線図

B群

引張試験, 疲労試験, クリープ試験, シャルピー衝撃試験, 破壊靱性試験

Ⅲ－2 下図に示すように、長さ $a+b$ 、断面積 A 、縦弾性係数 E の一樣断面な棒がある。そ
の棒は、左端Bで剛体壁に固定されている。棒のC点及びD点にそれぞれ軸力 P 、 Q を作
用させたとき、棒全体の伸びとして、最も適切なものはどれか。

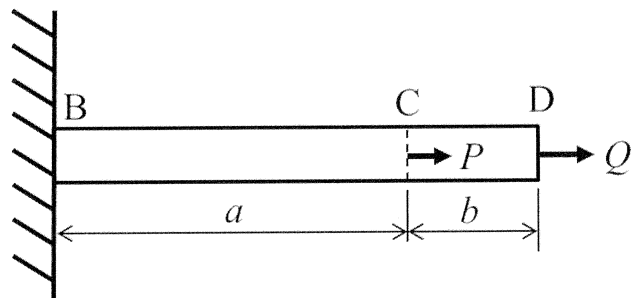
① $\frac{Pa+Qb}{AE}$

② $\frac{P(a-b)+Qb}{AE}$

③ $\frac{P(a-b)+Q(a+b)}{AE}$

④ $\frac{P(a+b)+Q(a-b)}{AE}$

⑤ $\frac{Pa+Q(a+b)}{AE}$



Ⅲ－３ 下図に示すように、剛体棒ＡＢが滑節な節点Ａで剛体壁に固定され、さらに、２本の同一な鋼線で天井から水平に支えられている。Ｂ点に下向きに荷重 P を負荷したとき、これら鋼線に生じる引張力 S_1 、 S_2 の組合せとして、最も適切なものはどれか。

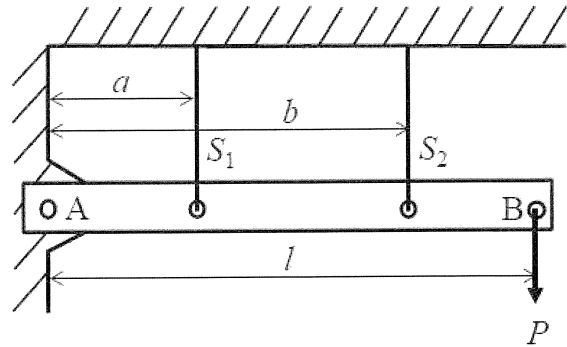
① $S_1 = \frac{l-b}{a-b}P$, $S_2 = -\frac{l-a}{a-b}P$

② $S_1 = -\frac{l+b}{a-b}P$, $S_2 = \frac{l+a}{a-b}P$

③ $S_1 = \frac{a}{l}P$, $S_2 = \frac{b}{l}P$

④ $S_1 = \frac{al}{a^2-b^2}P$, $S_2 = \frac{bl}{a^2-b^2}P$

⑤ $S_1 = \frac{al}{a^2+b^2}P$, $S_2 = \frac{bl}{a^2+b^2}P$



Ⅲ－４ 下図に示すように、長さが l の棒１と棒２が接合され、剛体壁で無理なく固定されている。棒１と棒２の縦弾性係数を E_1 、 E_2 、断面積を A_1 、 A_2 、線膨張係数を α_1 、 α_2 とする。それぞれの棒の温度を微小量 ΔT だけ上昇させたとき、棒１に発生する応力 σ_1 として、最も適切なものはどれか。

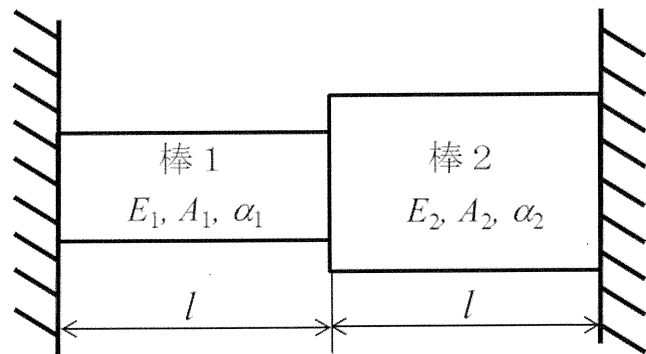
① $\sigma_1 = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 - A_2 E_2} \Delta T$

② $\sigma_1 = \frac{-(\alpha_1 + \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 - A_2 E_2} \Delta T$

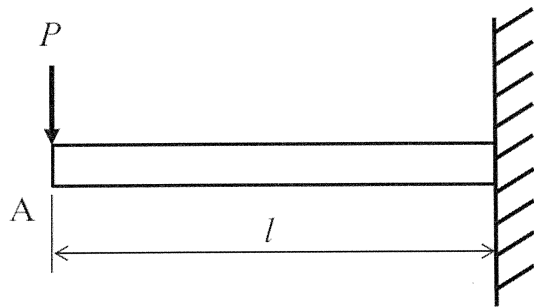
③ $\sigma_1 = \frac{-(\alpha_1 + \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2} \Delta T$

④ $\sigma_1 = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2} \Delta T$

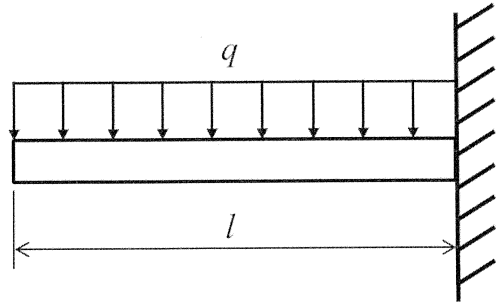
⑤ $\sigma_1 = \frac{-(\alpha_1 - \alpha_2) A_2 E_1 E_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2} \Delta T$



Ⅲ－５ 長さ l の片持ちはりに対して、図（a）のように自由端（A点）に集中荷重 P を作用させる場合と、図（b）のように単位長さあたり q の等分布荷重を作用させる場合を考える。両者の最大曲げ応力が等しいとき、 P と q の関係として、最も適切なものはどれか。



図（a）



図（b）

- ① $P = 4ql$ ② $P = 2ql$ ③ $P = ql$ ④ $P = \frac{ql}{2}$ ⑤ $P = \frac{ql}{4}$

Ⅲ－６ 下図に示すように、片持ちはりに等分布荷重 w を作用させている。自由端におけるたわみとして、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。

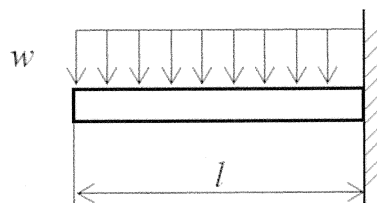
① $\frac{wl^4}{2EI}$

② $\frac{wl^4}{4EI}$

③ $\frac{wl^4}{8EI}$

④ $\frac{wl^4}{16EI}$

⑤ $\frac{wl^4}{32EI}$



Ⅲ－７ 下図に示すように、同一の材料でできた段付き丸棒の両端を固定し、段付き部にねじりモーメント T を負荷する。このとき、段付き部に生じるねじり角として、最も適切なものはどれか。ただし、材料の横弾性係数を G とする。

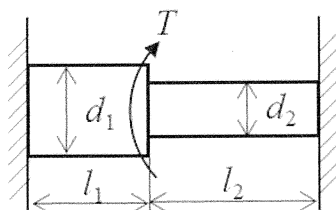
① $\frac{64Tl_1l_2}{\pi G(d_1^4l_1 + d_2^4l_2)}$

② $\frac{64Tl_1l_2}{\pi G(d_1^4l_2 + d_2^4l_1)}$

③ $\frac{32Tl_1l_2}{\pi G(d_1^4l_1 + d_2^4l_2)}$

④ $\frac{32Tl_1l_2}{\pi G(d_1^4l_2 + d_2^4l_1)}$

⑤ $\frac{16Tl_1l_2}{\pi G(d_1^4l_1 + d_2^4l_2)}$



Ⅲ－８ 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。

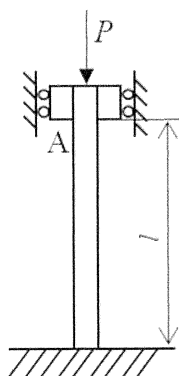
① $P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{l^2}$

② $P_{cr} = \frac{2\pi^2 EI}{l^2}$

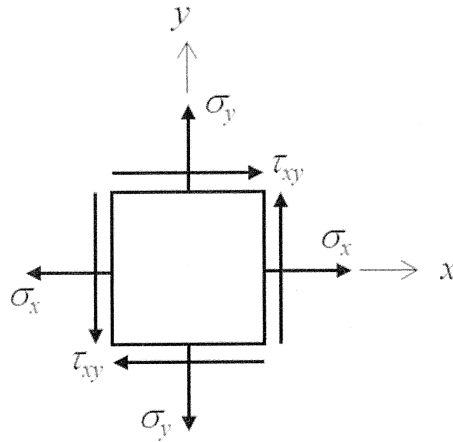
③ $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$

④ $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{2l^2}$

⑤ $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}$



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、応力 σ_x , σ_y , τ_{xy} を与えたとき、主せん断応力の絶対値が最も大きいものとして、最も適切なものはどれか。



- ① $\sigma_x = 120$ [MPa], $\sigma_y = 120$ [MPa], $\tau_{xy} = 0$ [MPa]
- ② $\sigma_x = 70$ [MPa], $\sigma_y = 0$ [MPa], $\tau_{xy} = 30$ [MPa]
- ③ $\sigma_x = 50$ [MPa], $\sigma_y = -40$ [MPa], $\tau_{xy} = 0$ [MPa]
- ④ $\sigma_x = 0$ [MPa], $\sigma_y = 0$ [MPa], $\tau_{xy} = 40$ [MPa]
- ⑤ $\sigma_x = -100$ [MPa], $\sigma_y = 0$ [MPa], $\tau_{xy} = 0$ [MPa]

Ⅲ－１０ 内径 $d = 120$ [mm], 厚さ $t = 2$ [mm] の薄肉の円筒状圧力容器がある。この容器に一樣な内圧を加え、端部から離れた円筒部中央の外壁における円筒軸方向のひずみを測定したところ、 32×10^{-6} であった。加えた内圧として、最も近い値はどれか。ただし、材料の縦弾性係数 $E = 206$ [GPa], ポアソン比 $\nu = 0.3$ とする。

- ① 2.20 MPa
- ② 1.10 MPa
- ③ 0.55 MPa
- ④ 0.26 MPa
- ⑤ 0.13 MPa

Ⅲ－１１ 下図のようなフィードバック制御系を考える。ここに、 $X(s)$ 、 $Y(s)$ はそれぞれ入力、出力である。伝達関数 $G(s)$ が

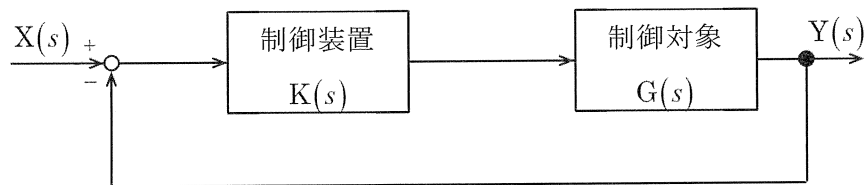
$$G(s) = \frac{2s+1}{s^2+s+1}$$

の制御対象に対して、次式の制御装置 $K(s)$ を設計する。

$$K(s) = k_1s + k_0$$

閉ループ系の極を $-2/3$ と -1 に配置して、系を安定化するための係数 k_0 、 k_1 の組合せとして、最も適切なものはどれか。なお、閉ループ系の特性方程式は次式で与えられる。

$$1 + K(s)G(s) = 0$$



- ① $k_0 = 4, \quad k_1 = 5$
- ② $k_0 = 5, \quad k_1 = 4$
- ③ $k_0 = -5/7, \quad k_1 = -2/7$
- ④ $k_0 = 5/7, \quad k_1 = 2/7$
- ⑤ $k_0 = -2/7, \quad k_1 = -5/7$

Ⅲ－12 時間関数 $f(t)$ のラプラス変換が $F(s) = \frac{1}{s^2 - s - 6}$ であるとき、 $f(t)$ として、最も適切なものはどれか。

参考：ラプラス変換表

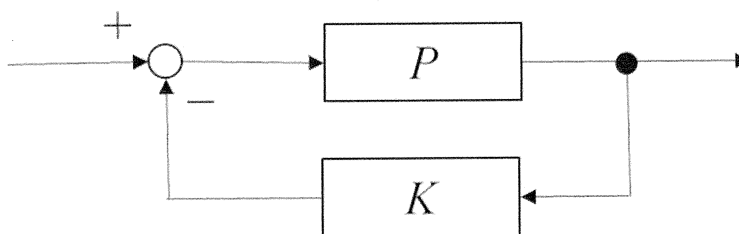
時間関数： $f(t)$	$\delta(t)$	$u(t)$	e^{at}	$\sin \omega t$	$\cos \omega t$	$e^{at} f(t)$
$f(t)$ のラプラス 変換： $F(s)$	1	$\frac{1}{s}$	$\frac{1}{s-a}$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$	$F(s-a)$

ただし、 $\delta(t)$ はデルタ関数、 $u(t) = \begin{cases} 1 (t \geq 0) \\ 0 (t < 0) \end{cases}$ は単位ステップ関数である。

- ① $-e^{-3t} + e^{2t}$ ② $e^{3t} - e^{-2t}$ ③ $e^{3t} + e^{-2t}$ ④ $-\frac{1}{5}(e^{-3t} - e^{2t})$ ⑤ $\frac{1}{5}(e^{3t} - e^{-2t})$

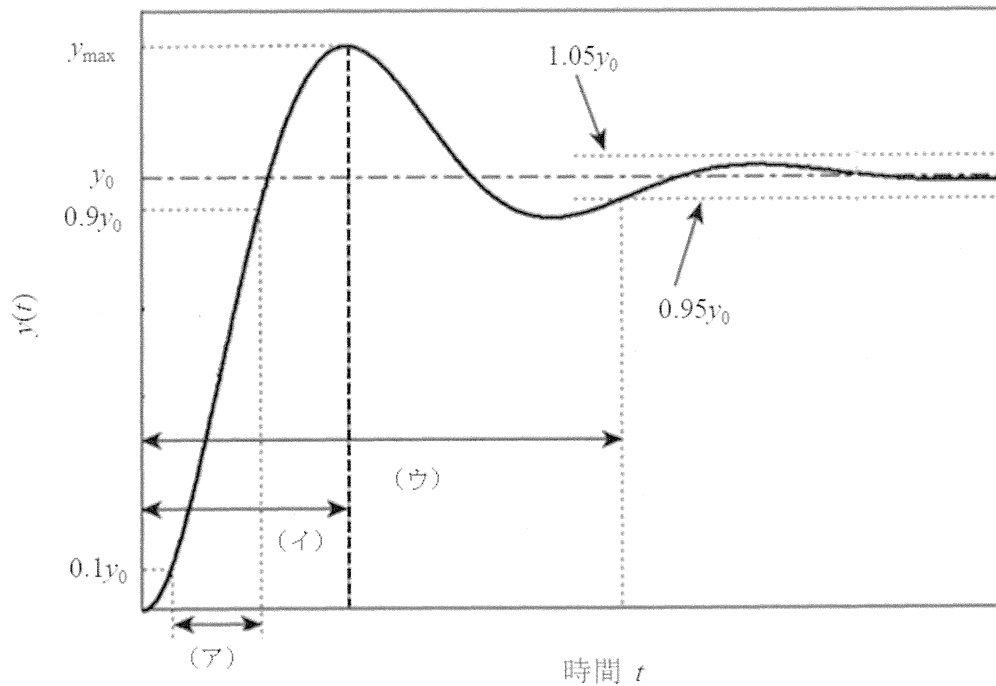
Ⅲ－13 下図に示すように、閉ループ系が制御対象 P とコントローラ K で構成されている。この系の全ての特性根として、最も適切なものはどれか。ただし、 P と K はそれぞれ次式で表される。

$$P = \frac{s+1}{s+3}, K = \frac{5}{s+1}$$



- ① $s = -1, -8$ ② $s = 1, 8$ ③ $s = -1, -3$ ④ $s = -1$ ⑤ $s = -8$

Ⅲ－14 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。



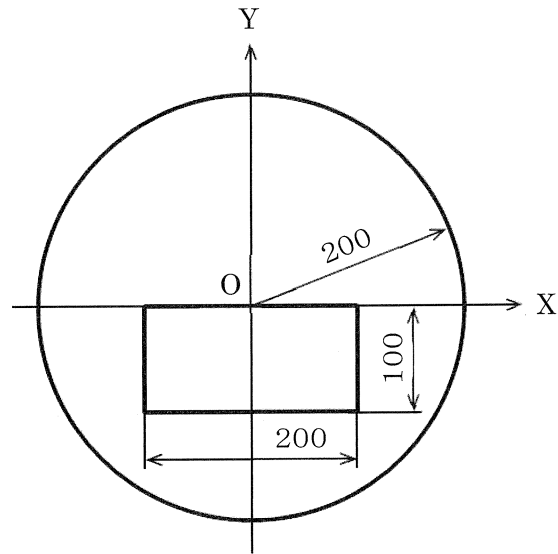
- | ア | イ | ウ |
|-----------|---------|---------|
| ① 遅れ時間 | 立ち上がり時間 | 行き過ぎ時間 |
| ② 遅れ時間 | 立ち上がり時間 | 整定時間 |
| ③ 遅れ時間 | 行き過ぎ時間 | 立ち上がり時間 |
| ④ 立ち上がり時間 | 行き過ぎ時間 | 遅れ時間 |
| ⑤ 立ち上がり時間 | 行き過ぎ時間 | 整定時間 |

Ⅲ－15 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。

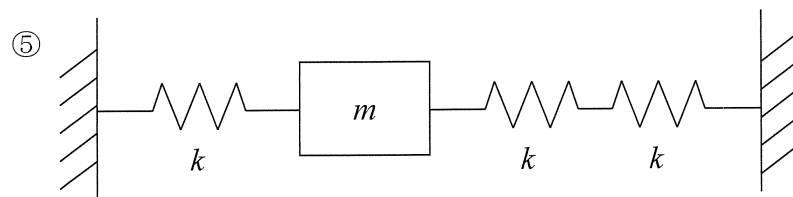
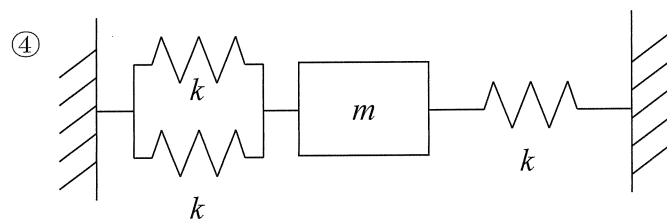
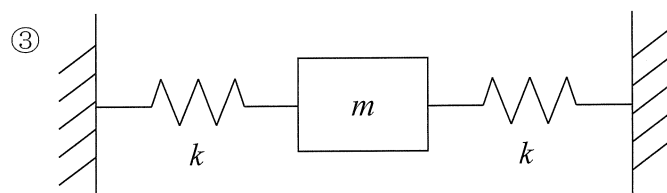
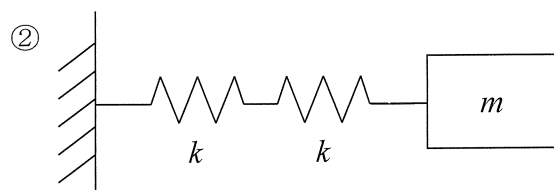
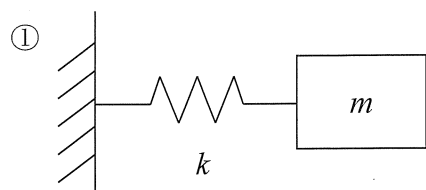
- ① 減衰が存在するとき、共振時の応答は有限の振幅になる。
- ② 減衰が存在するとき、自由振動は時間とともにゼロに収束する。
- ③ 減衰が大きい場合は、減衰が無い場合に比べて共振周波数は小さくなる。
- ④ 減衰比が 1 より大きいときを過減衰という。
- ⑤ 減衰比は（力／速度）の次元を持つ。

Ⅲ－16 下図に示すように、厚さ 5 mm、半径 200 mm の一様材質の円板に、200 mm × 100 mm の長方形の穴が左右対称（図では Y 軸に対称）に空いている。図中の座標系の原点 O は円板の中心に一致している。この穴が空いている円板の重心 G の座標 (X_G , Y_G) [mm] として、最も適切なものはどれか。

- ① (0, -50)
- ② (0, -9.5)
- ③ (0, 0)
- ④ (0, 9.5)
- ⑤ (0, 50)



Ⅲ－17 以下の1自由度振動系の中で、固有振動数が最も高くなるものとして、最も適切なものはどれか。ただし、すべてのばねのばね定数は k 、質量は m である。



Ⅲ－18 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。

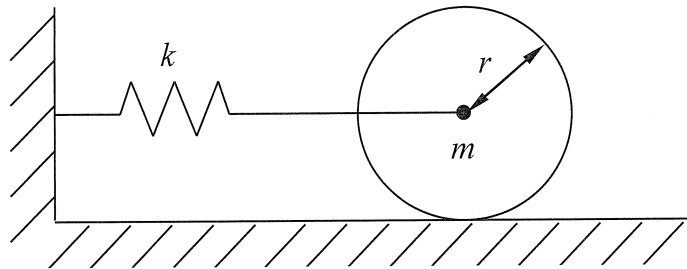
① $\sqrt{\frac{2k}{3m}}$

② $\sqrt{\frac{4k}{3m}}$

③ $\sqrt{\frac{2k}{m}}$

④ $\sqrt{\frac{k}{m}}$

⑤ $\sqrt{\frac{k}{2m}}$



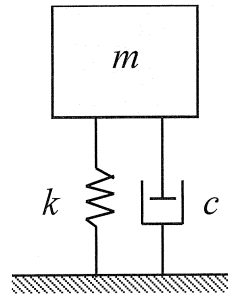
Ⅲ－19 外力によって生じる振動に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

系が外部から加振されて調和振動するとき、加振力の振幅が一定でもその振動数により、振動の振幅が変化し、ある振動数で振幅が ア になる。この現象を イ という。この現象が生じる振動数を ウ という。 イ では、加振の開始とともに発生した振動が時間とともに増大し、その振幅は、不減衰系では エ になる。

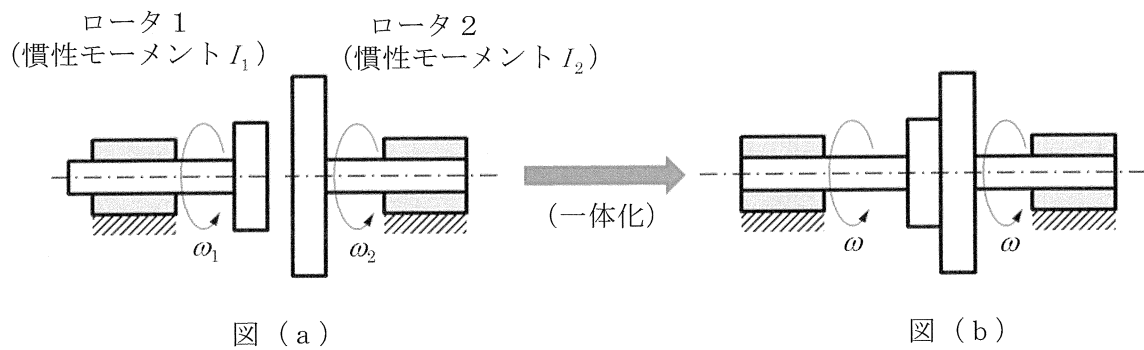
	ア	イ	ウ	エ
①	極大	共振	固有振動数	有限な値
②	極大	共振	共振振動数	無限大
③	極大	強制振動	共振振動数	無限大
④	零	共振	励振振動数	無限大
⑤	零	強制振動	固有振動数	有限な値

Ⅲ－20 下図の1自由度振動系において、質量 m が10kg、ばね定数 k が1000N/m、減衰係数 c が20Ns/mのとき、減衰比として、最も近い値はどれか。

- ① 0.01
- ② 0.02
- ③ 0.1
- ④ 0.2
- ⑤ 0.5



Ⅲ－21 図（a）に示すように、2つのロータ1及びロータ2が同じ軸まわりにそれぞれ角速度 $\omega_1 = 50$ [rad/s] 及び $\omega_2 = 20$ [rad/s]で回転している。ロータ1及びロータ2の回転軸まわりの慣性モーメントはそれぞれ $I_1 = 1$ [kg・m²]及び $I_2 = 2$ [kg・m²]である。その後、図（b）に示すように、ロータ1を軸方向に移動させて2つのロータを瞬間的に一体化した。一体化後の角速度 ω [rad/s]として、最も適切なものはどれか。



- ① 20 rad/s ② 25 rad/s ③ 30 rad/s ④ 35 rad/s ⑤ 40 rad/s

Ⅲ－22 均質な一様断面のはりの曲げ振動を表す運動方程式として、最も適切なものはどれか。ただし、時間を t 、はりの密度を ρ 、曲げ剛性を B 、断面積を A 、長手方向の位置を x 、その位置の曲げ変位を w とする。

① $\rho A \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + B \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = 0$

② $\rho A \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + B \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0$

③ $\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + B \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0$

④ $\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + B \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0$

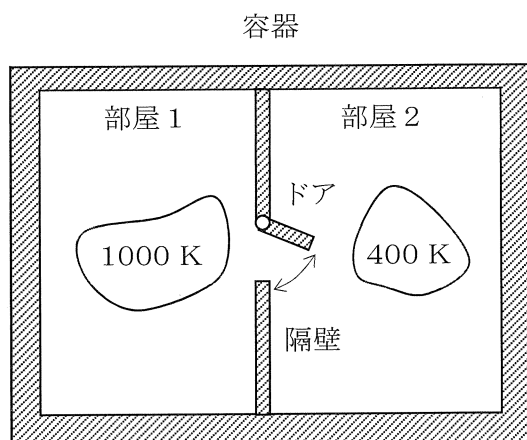
⑤ $\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + B \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = 0$

Ⅲ－23 水が鉛直に250m落下し、滝つぼの底の岩を打っている。水の温度の上昇量として、最も近い値はどれか。ただし、重力加速度は 9.8 m/s^2 、水の比熱は $4.2 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ であり、水の蒸発や岩への伝熱などに伴う熱損失を無視する。

- ① 0.06 K ② 0.1 K ③ 0.2 K ④ 0.6 K ⑤ 1.8 K

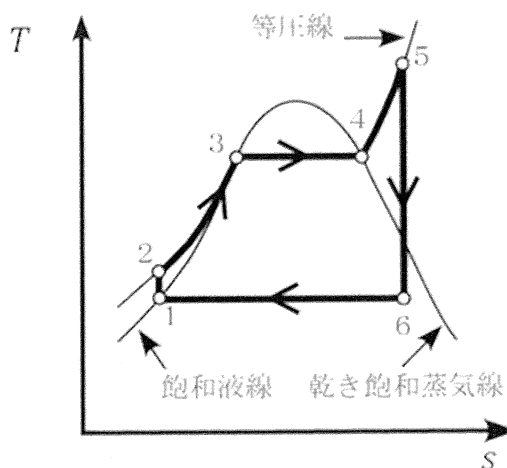
Ⅲ－24 下図のように，断熱された容器が熱を通さない隔壁と開閉できるドアで2つの部屋に仕切られている。それぞれの部屋の中には温度が1000Kと400Kの物体が置かれている。これら2つの物体の熱容量は十分大きいいため，それぞれの温度変化は無視できるものとする。はじめは閉まっていたドアをある時刻に開いて，高温物体から低温物体へ10kJの熱が移動したところでドアを閉めた。このとき，容器全体のエントロピー変化量として，最も近い値はどれか。

- ① -10 J/K
- ② -1.0 J/K
- ③ 5.0 J/K
- ④ 15 J/K
- ⑤ 25 J/K



Ⅲ－25 下図に示すように，ある蒸気サイクルの T - s 線図を考える。図中の番号を付した状態点 i ($i = 1 \sim 6$) の比エンタルピーを h_i とするととき，理論熱効率 η を表す式として，最も適切なものはどれか。

- ① $\eta = \frac{(h_5 - h_6) - (h_2 - h_1)}{h_5 - h_1}$
- ② $\eta = \frac{(h_5 - h_6) - (h_2 - h_1)}{h_5 - h_2}$
- ③ $\eta = \frac{(h_5 - h_6) - (h_3 - h_1)}{h_5 - h_2}$
- ④ $\eta = \frac{(h_5 - h_1) - (h_2 - h_1)}{h_5 - h_6}$
- ⑤ $\eta = \frac{(h_5 - h_1) - (h_3 - h_1)}{h_5 - h_1}$



Ⅲ－26 理想気体に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 一般ガス定数は、気体の種類によらず一定である。
- ② 比熱比は、定圧比熱を定容比熱で割った値である。
- ③ 3原子分子の比熱比は、2原子分子の比熱比よりも大きい。
- ④ 温度一定の状態では、圧力と容積の積が一定である。
- ⑤ 標準状態における理想気体の容積は、気体のモル数が同じであれば等しい。

Ⅲ－27 幅2 m、高さ2 m、厚さ30mmのコンクリート壁において、片面の表面温度が32℃、もう一方の面の表面温度が4℃で一定となっている。このとき、壁を通過する単位時間あたりの熱量として、最も近い値はどれか。ただし、コンクリート壁の熱伝導率を1.8 W/(m・K)とする。

- ① 6.7 kW ② 3.7 kW ③ 3.4 kW ④ 1.7 kW ⑤ 0.7 kW

Ⅲ－28 向流型熱交換器において、高温側流体の入口温度と出口温度がそれぞれ100℃、75℃、低温側流体の入口温度と出口温度がそれぞれ15℃、55℃となっている。このとき、高温側流体と低温側流体の対数平均温度差として、最も近い値はどれか。ただし、必要に応じて、 $\log 2 = 0.693$ 、 $\log 3 = 1.10$ 、 $\log 5 = 1.61$ （logは自然対数を表す）を用いよ。

- ① 52 K ② 45 K ③ 40 K ④ 33 K ⑤ 29 K

Ⅲ－29 室温20℃の大きな部屋で、表面温度427℃、放射率0.7の平板を20℃の空気により強制的に冷却している。平板表面での対流熱伝達率を20W/(m²・K)とすると、平板から放熱される熱流束として、最も近い値はどれか。ただし、平板の裏面と側面は断熱されているものとする。また、ステファン・ボルツマン定数は 5.67×10^{-8} W/(m²・K⁴)である。

- ① 1 kW/m²
- ② 9 kW/m²
- ③ 17 kW/m²
- ④ 21 kW/m²
- ⑤ 30 kW/m²

Ⅲ－30 xy 平面上の2次元非圧縮性流れにおいて、 x 方向の速度 u が次式で与えられている。

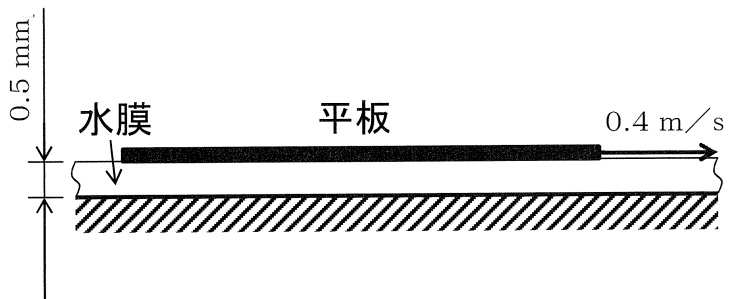
$$u = x^2 + xy$$

このとき、 y 方向の速度 v の必要条件を満たすものはどれか。

- ① $v = -2xy - \frac{1}{2}y^2$
- ② $v = -xy - \frac{1}{2}y^2$
- ③ $v = -2x - y$
- ④ $v = y - 2xy - \frac{1}{2}y^2$
- ⑤ $v = -\frac{1}{2}y^2$

Ⅲ－31 下図に示すように、水平な床の上に厚さ0.5mmの水膜がある。その上に重さの無視できる0.5m×0.5mの平板を浮かべ、水平方向に0.4m/sの速さで動かす。このとき、平板を動かすのに必要な動力として、最も近い値はどれか。ただし、水の粘度は $1.0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ であり、水膜内の流れは層流として、端部及び付加質量の影響は無視してよい。

- ① 0.02 W
- ② 0.08 W
- ③ 0.2 W
- ④ 0.8 W
- ⑤ 8 W



Ⅲ－32 xy 平面上の 2 次元流れにおいて、速度ベクトルの x 方向成分 u 、 y 方向成分 v がそれぞれ、

$$u = A(x + y), \quad v = A(x - y)$$

と表されているとき、 xy 平面に直交する方向の渦度として、最も適切なものはどれか。
ただし、 A は定数とする。

- ① A ② $2A$ ③ $-A$ ④ $-2A$ ⑤ 0

Ⅲ－33 高度4000mの上空を時速950kmで飛行する航空機の先端部（よどみ点）における圧力上昇として、最も近い値はどれか。ここで、温度 0°C 、気圧1013hPaでの空気の密度は $1.29\text{kg}/\text{m}^3$ とし、高度4000m上空の空気の温度は 4°C 、気圧は632hPaとする。

- ① 36 hPa ② 54 hPa ③ 270 hPa ④ 450 hPa ⑤ 3600 hPa

Ⅲ－34 かき混ぜた水の表面にアルミ粉末を一様に撒いて、長時間露出により水面を撮影した。この静止画像から得られる流れ場の情報として、最も近いものはどれか。

- ① 流線 ② 流脈線 ③ 渦管 ④ 速度ポテンシャル ⑤ 流跡線

Ⅲ－35 圧力101kPa、温度 20°C の静止した空気中を、直径30mmの球が速度 $U=160$ [km/h]で飛んでいる。この球に働く抗力 D として、最も近い値はどれか。ただし、球

の抗力係数は $C_D = \frac{D}{0.5\rho U^2 S} = 0.4$ で、 ρ は空気の密度で $1.204\text{kg}/\text{m}^3$ 、 S は球の投影面積

である。

- ① 340 kN ② 340 N ③ 45 N ④ 0.34 N ⑤ 0.17 N

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は②

硬さを評価する試験はB群に存在しない。他の性質は引張試験、シャルピー衝撃試験、疲労試験でそれぞれ評価可能であるため、②が該当する結果となる。

●問題Ⅲ-2

正解は⑤

区間BCには荷重 $P+Q$ が作用し、区間CDには荷重 Q のみが作用する。各区間の伸びをフックの法則より求めて足し合わせることで、選択肢⑤の式が得られる。

●問題Ⅲ-3

正解は⑤

節点Aまわりのモーメントのつり合いと、剛体棒の微小回転に伴い2本の鋼線の伸びが距離 a 、 b に比例する幾何学的条件を連立させて解くことで得られる式となる。

●問題Ⅲ-4

正解は③

温度上昇による自由膨張量を壁の反力による圧縮変位で完全に押し戻す適合条件を立てる。反力を棒1の断面積で割ることで、棒1に生じる圧縮熱応力として導出される。

●問題Ⅲ-5

正解は④

片持ちはりの最大曲げモーメントは先端集中荷重で Pl 、等分布荷重で $ql^2/2$ となる。断面形状が同一のとき最大曲げ応力が等しくなる条件を解くことで $P=ql/2$ が求まる。

●問題Ⅲ-6

正解は③

片持ちはりの全長に等分布荷重 w が作用する場合、自由端における最大たわみは材料力学の代表的な公式より $wl^4/(8EI)$ として導出される。

●問題Ⅲ-7

正解は④

段付き部で左右の丸棒が受けるねじりモーメントの和が T となり、両側のねじれ角が一致する条件を立てる。極断面係数と剛性から計算すると選択肢④の式となる。

●問題Ⅲ-8

正解は①

両端が固定支持された柱の座屈問題である。有効座屈長さが全長の半分となるため、オイラーの公式を適用して計算すると座屈荷重は $4\pi^2 EI/l^2$ となる。

●問題Ⅲ-9

正解は⑤

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。各選択肢の半径を計算すると、⑤では垂直応力の差が100MPaとなり主せん断応力の絶対値が50MPaで最大となる。

●問題Ⅲ-10

正解は②

薄肉円筒容器の軸方向ひずみはフックの法則より $(1-2\nu)pr/(2Et)$ と表される。測定されたひずみ値と諸数値を代入して内圧 p について逆算すると約1.10MPaとなる。

●問題Ⅲ-11

正解は②

特性方程式 $1+K(s)G(s)=0$ を展開し、極が $-2/3$ と -1 であることから得られる目標多項式と係数比較を行う。連立方程式を解くことで $k_0=5$ 、 $k_1=4$ が得られる。

●問題Ⅲ-12

正解は⑤

分母を因数分解して部分分数分解を行うと $\frac{1}{5} \times \{ \frac{1}{(s-3)} - \frac{1}{(s+2)} \}$ となる。ラプラス変換表を参照して各項を時間領域に逆変換することで得られる関数となる。

●問題Ⅲ-13

正解は①

一巡伝達関数で $s+1$ が相殺されるが、状態方程式におけるすべての特性根には相殺された極 $s=-1$ も含まれ、閉ループの極 $s=-8$ と合わせて $s=-1, -8$ となる。

●問題Ⅲ-14

正解は⑤

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-15

正解は⑤

減衰比は減衰係数を臨界減衰係数で割った比率であり、無次元量である。力/速度の次元を持つのは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不適切となる。

●問題Ⅲ-16

正解は④

円板全体の面積モーメントから長方形の穴の面積モーメントを差し引き、残りの面積で割ることで重心を求める。穴がY軸負側にあるため、重心のY座標は正の9.5mmとなる。

●問題Ⅲ-17

正解は④

各系の合成ばね定数を比較する。直列はばね定数が小さくなり、並列は大きくなる。④は2本並列と1本が並列に作用するため合成ばね定数が $3k$ となり最大となる。

●問題Ⅲ-18

正解は①

滑らずに転がる円板の運動エネルギーは並進と回転の和となり、等価質量は $(3/2)m$ 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 $\sqrt{(2k/(3m))}$ が得られる。

●問題Ⅲ-19

正解は②

外力の振動数が固有振動数と一致して振幅が極大化する現象を共振と呼び、その振動数を共振振動数という。減衰が存在しない理想系では理論上の振幅は無限大となる。

●問題Ⅲ-20

正解は③

臨界減衰係数は $2\sqrt{(mk)}=200\text{Ns/m}$ である。減衰比は減衰係数 20Ns/m を臨界減衰係数 200Ns/m で割った値となるため、0.1と計算される。

●問題Ⅲ-21

正解は③

一体化前後で回転軸まわりの角運動量が保存される。初期の角運動量の和 $I_1\omega_1+I_2\omega_2$ と一体化後の角運動量 $(I_1+I_2)\omega$ を等置して解くことで、角速度は 30rad/s となる。

●問題Ⅲ-22

正解は①

はりの曲げ振動の運動方程式は、微小要素のせん断力と慣性力のつり合いから導出される。変位の空間4階微分と時間2階微分を含む波動方程式として正しく表される。

●問題Ⅲ-23

正解は④

落下の位置エネルギー mgh がすべて熱エネルギー $mc\Delta T$ に変換される。エネルギー保存則よ

り $\Delta T = gh/c$ となり、数値を代入して計算すると温度上昇は約0.6Kとなる。

●問題Ⅲ-24

正解は④

高温物体が熱を放出したときのエントロピー変化は-10J/K、低温物体が受熱したときは+25J/Kとなり、容器全体のエントロピー変化量は両者の和として15J/Kとなる。

●問題Ⅲ-25

正解は②

蒸気サイクルの理論熱効率 η は正味の仕事を供給熱量で割った値である。タービン仕事 h_5-h_6 からポンプ仕事 h_2-h_1 を引いた値をボイラ吸熱量 h_5-h_2 で割る式となる。

●問題Ⅲ-26

正解は③

気体分子の自由度が増えると比熱比は小さくなるため、3原子分子の比熱比は約1.33となり2原子分子の約1.40よりも小さい。したがって大きいとする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-27

正解は①

フーリエの熱伝導法則に従い、熱伝導率に壁面積 $4m^2$ と内外温度差28Kを掛け、壁厚さ0.03mで割ることで計算する。通過熱量として約6.7kWが算出される。

●問題Ⅲ-28

正解は①

両端の温度差 $\Delta T_1=45K$ 、 $\Delta T_2=60K$ を求める。対数平均温度差の公式 $(\Delta T_2 - \Delta T_1) / \ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)$ に数値を代入して計算すると約52Kとなる。

●問題Ⅲ-29

正解は③

対流による熱流束 $h(T-T_\infty)$ とステファン・ボルツマンの法則による放射熱流束 $\varepsilon \sigma (T^4 - T_\infty^4)$ をそれぞれ計算して足し合わせることで、合計熱流束は約17kW/m²となる。

●問題Ⅲ-30

正解は①

二次元非圧縮性流れの連続の式 $\partial u / \partial x + \partial v / \partial y = 0$ より、 $\partial v / \partial y = -(2x+y)$ となる。これをyで積分することで、 $v = -2xy - (1/2)y^2$ が導出される。

●問題Ⅲ-31

正解は②

ニュートンの粘性法則よりせん断応力を求め、平板面積を乗じて抵抗力を計算する。この力に平板の移動速度を掛けることで、必要な動力として0.08Wが算出される。

●問題Ⅲ-32

正解は⑤

xy平面における渦度は $\partial v / \partial x - \partial u / \partial y$ で与えられる。与えられた速度成分を偏微分すると $\partial v / \partial x = A$ 、 $\partial u / \partial y = A$ となるため、両者の差を計算すると0となる。

●問題Ⅲ-33

正解は③

理想気体の状態方程式より高度4000mの空気密度を計算する。航空機を秒速に換算し、よどみ点の動圧 $(1/2) \rho U^2$ を計算することで圧力上昇は約270hPaとなる。

●問題Ⅲ-34

正解は⑤

長時間露出撮影では個々の微粒子が時間とともに移動した軌跡が線として記録される。流体粒子の運動の軌跡を可視化したものは流跡線と呼ばれるため、⑤が該当する。

●問題Ⅲ-35

正解は④

時速160kmを秒速に換算して動圧を計算し、球の投影面積 $S=\pi d^2/4$ を求める。抗力係数0.4を乗じて計算すると、球に働く抗力として約0.34Nが得られる。