

専門基礎（90分）

（機械工学課程）

〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この問題用紙と解答用紙を開いてはいけません。
2. 問題は、4 ページからなっています。また、解答用紙は 4 枚、下書用紙は 1 枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、問題用紙、解答用紙、下書用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ 2 箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙（合計 4 枚）の受験番号欄（合計 8 箇所）に受験番号を必ず記入しなさい。
4. この問題用紙の白紙と余白は、適宜下書きに使用してよろしい。
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された場所（問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中）に記入しなさい。なお、指定された場所以外や、裏面への解答は採点対象外です。また、解答や受験番号が判読不能の場合にも、採点対象外になります。
6. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
7. この問題用紙と下書用紙は、持ち帰りなさい。

I

圧力 1.0 MPa, 温度 300 K, 体積 0.02 m^3 の空気がピストンを有するシリンダに入っている. この空気が準静的に等温膨張し, 圧力が 0.1 MPa となった. ピストンは摩擦なく移動可能であり, 空気は理想気体として振る舞うものとする. また, 空気の比熱容量は温度に依存せず一定とする. この過程について, 以下の問いに答えなさい. ただし, 答えには単位を付け, 有効数字 2 桁で答えなさい. 計算においては, 必要に応じて次の値を用いなさい.

空気の比熱比 1.4, 空気の気体定数 $287 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$

$\ln 2=0.69$, $\ln 3=1.1$, $\ln 5=1.6$, $\ln 7=1.9$

- (1) 膨張後の空気の体積を求めなさい.
- (2) 空気がピストンを介して外部になす仕事を求めなさい.
- (3) 空気の内部エネルギーの変化量を求めなさい.
- (4) 空気に加えられた熱量を求めなさい.
- (5) 空気のエントロピーの変化量を求めなさい.

Ⅱ

図 2-1 のように、直径 d 、長さ L 、剛性率 G_A の丸軸 A の外側に内径 d 、外径 D 、長さ L 、剛性率 G_B の中空丸軸 B を接合した丸軸について考える。図 2-2 のように、この丸軸の左端を剛体壁に固定し、右端は中心軸を合わせて直径 $2D$ の剛体円板と接合した。その後、剛体円板に大きさ T のねじりモーメントを加えた。丸軸 A と中空丸軸 B は一体となって変形するものとして、以下の問いに答えなさい。

- (1) 丸軸 A の断面二次極モーメント I_A を求めなさい。
- (2) 中空丸軸 B の断面二次極モーメント I_B を求めなさい。
- (3) 丸軸の右端のねじれ角が θ のとき、丸軸 A の外表面におけるせん断ひずみ γ_A について、 θ を用いて表しなさい。
- (4) 中空丸軸 B の外表面におけるせん断応力 τ_B について、 θ を用いて表しなさい。
- (5) 丸軸 A に作用しているねじりモーメント T_A について、 θ を用いて表しなさい。ただし、丸軸 A の断面二次極モーメントには I_A を用いて解答すること。
- (6) 丸軸の右端のねじれ角 θ について、 T を用いて表しなさい。ただし、丸軸 A および中空丸軸 B の断面二次極モーメントにはそれぞれ I_A および I_B を用いて解答すること。

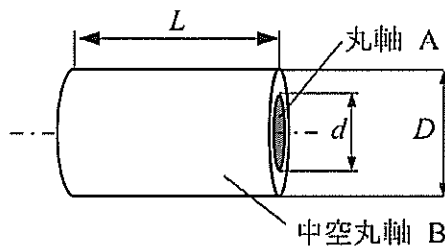


図 2-1

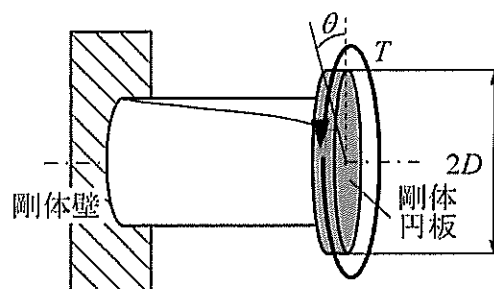


図 2-2

Ⅲ

図 3-1 に示す振動系を考える。扇形回転体は、半径 r 、頂点の角度を φ 、板厚は一様で質量を m とする。扇形回転体の頂点には長さ L で質量と慣性モーメントが無視できる棒が結合されており、棒と一体になった扇形回転体は扇形回転体の頂点にある摩擦が無い回転軸まわりを自由に回転することができる。棒の他端は、摩擦が無い回転ジョイント A を介してばね定数 k のばね、減衰係数 c のダッシュポットが直列になったものにつながれている。ばねの下端およびダッシュポットの上端は壁に固定されている。

回転ジョイント A の変位（上向きを正）を $x(t)$ で表し、その原点は系が平衡状態にあるときの回転ジョイント A の位置とする。変位 $x(t)$ は微小（ $|x(t)| \ll L$ ）であるとして、以下の問いに答えなさい。ただし、重力の影響は無いものとする。

- (1) 扇形回転体の回転軸周りの慣性モーメント I を求めなさい。
- (2) 扇形回転体の代わりに回転ジョイント A に質量 M を持つ質点がついていと仮定したとき、扇形回転体と同等の慣性を持つ等価質量 M を求めなさい。
- (3) この振動系の微小変位 $x(t)$ に関する運動方程式を求めなさい。また、これに対応する特性方程式を示しなさい。
- (4) この振動系の固有円振動数 ω_n および減衰比 ζ を求めなさい。
- (5) 初期時刻 $t = t_0$ において初期状態 $x(t_0) = x_0$, $\dot{x}(t_0) = 0$ を与えたとき、挙動は減衰振動となった。平衡状態からの微小変位 $x(t)$ を表す式を求めなさい。
- (6) 次に、図 3-2 に示すような、ばね定数 k のばねが 2 つ直列になったものに置き換えた場合を考える。このばねの個数を変更された場合の固有円振動数 ω'_n を求めなさい。またこのとき、固有円振動数は図 3-1 の ω_n に対して高くなるか低くなるかその理由とともに答えなさい。

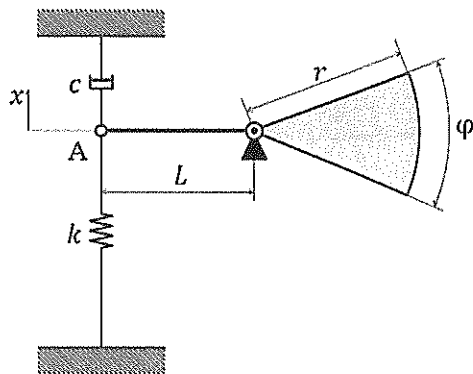


図 3-1

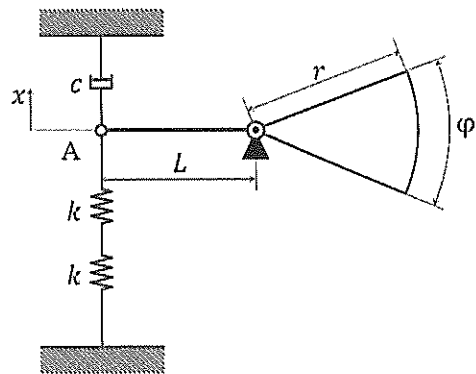


図 3-2

IV

図4-1に示すように、水平に置かれたベンチュリ管内の非圧縮性完全流体の流れを考える。ベンチュリ管の断面1および2における断面積は S_1 , S_2 ($S_1 < S_2$) であり、流体の密度を ρ とする。流れが定常であり、断面1および2における流速と圧力が、それぞれ u_1 , u_2 , ならびに p_1 , p_2 であるとき、以下の問いに答えなさい。ただし、重力加速度を g とし、ベンチュリ管内における流体のエネルギー損失は無視できるものとする。

- (1) 質量保存則に基づいて、断面1における流速 u_1 を、 u_2 , S_1 , S_2 を用いて表しなさい。
- (2) エネルギー保存則に基づいて、断面1における流速 u_1 を、 u_2 , p_1 , p_2 , ρ を用いて表しなさい。

次に、図4-2に示すように、断面1に細管を鉛直に接続し、断面2を大気に開放する。細管の先には密度 ρ_w の液体で満たされた容器がある。液面は大気に開放されており、液面から細管の接続部までの高さを H とすると、以下の問いに答えなさい。ただし、大気圧を p_a とし、細管はベンチュリ管や容器に対して十分に細く、細管内における流体のエネルギー損失は無視できるものとする。

- (3) 細管を通して上昇する液体が、液面から高さ h の位置で止まったとする。このとき、断面1における圧力 p_1 を、 p_a , ρ , ρ_w , g , H , h を用いて表しなさい。
- (4) ベンチュリ管内の流速を上げたとき、細管を通して上昇する液体が、ベンチュリ管内に定常的に流れ出た。そして、その液体が断面2から噴出することにより、ベンチュリ管と細管の組み合わせが霧吹きとして機能したとする。このとき、断面1における流速 u_1 が満たすべき条件を、 S_1 , S_2 , ρ , ρ_w , g , H を用いて表しなさい。

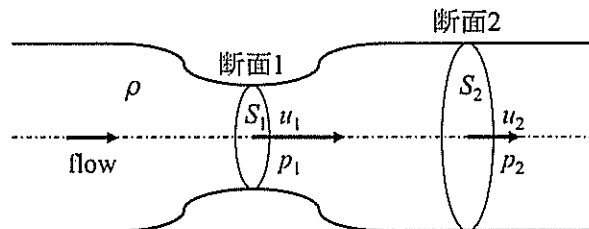


図4-1

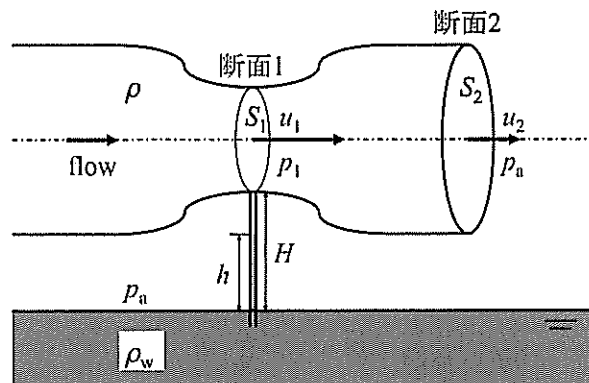


図4-2