

令和 8 年度 専攻科入学者選抜学力検査問題

〔 100点
90分 〕

専門科目 (創造工学専攻機械工学コース)

注意事項

1. 問題用紙は指示があるまで開かないこと。
2. 問題用紙は 1 ページから 3 ページまでである。
検査開始の合図のあとで確かめること。
3. 解答は、すべて解答用紙に記入すること。
4. 解答用紙の得点欄には記入しないこと。

問題 1

図 1.1 に示す縦弾性係数 E の材料で作られた、長さ ℓ のテーパ棒の軸方向に、引張荷重 P が作用している。棒材の軸に垂直な断面はどれも正方形で、その一辺の長さ a は、棒材の底面からの任意の距離 x を用いて、 $a(x) = a_0 \sqrt{\ell / (x + \ell)}$ と表せる。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、棒材は十分に軽く、引張荷重によって生じる変形は微小なものとする。

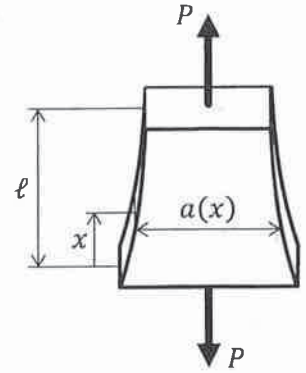


図 1.1：テーパ棒

- (1) 断面積 $A(x)$ を、 x 、 a_0 、 ℓ を用いて示せ。
- (2) 断面に生じる応力 $\sigma(x)$ を、 x 、 a_0 、 ℓ 、 P を用いて示せ。
- (3) 棒材全体の伸び量 δ を、 a_0 、 ℓ 、 P 、 E を用いて示せ。

問題 2

図 2.1 に示すように長さ ℓ の棒材が水平に配置され、左端から $\ell/4$ 離れた点が回転支点で、右端から $\ell/4$ 離れた点が移動支点でそれぞれ支持されている。加えて、左端には時計回りの、右端には半時計回りの集中モーメント M_C がそれぞれ作用している。さらに、左端からの水平方向の任意の距離 x を定義し、図 2.2 に示す x の位置に、仮想断面を取った自由体に、生じる断面力を $M(x)$ 、 $V(x)$ と定義する。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、棒材は十分に軽く、集中モーメントによって生じる変形は微小で、棒材の曲げ剛性は D とする。

- (1) 回転支点、移動支点に生じる支点反力 R_1 および R_2 を示せ。ただし、それぞれ M_C 、 ℓ のうち必要なものを用いてよい。
- (2) 図 2.2 における曲げモーメント $M(x)$ を、 x 、 M_C 、 ℓ のうち必要なものを用いて示せ。
- (3) 任意の x に対する棒材の下方方向への移動量 $y(x)$ を、 x 、 M_C 、 ℓ 、 D のうち必要なものを用いて示せ。
- (4) $y(x)$ の絶対値が最大となる $x = x_1$ と、その絶対値 $|y(x_1)|$ を、 M_C 、 ℓ 、 D のうち必要なものを用いて示せ。

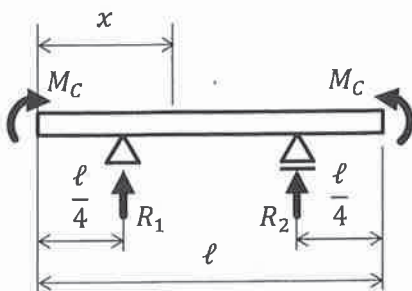


図 2.1：棒材

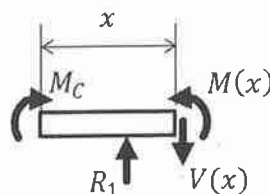


図 2.2：自由体

問題3

5.0×10^3 リットルの静止した水が入った長方形水平断面のプールがある。このプールの底面に作用する水による圧力 p を求め、ゲージ圧で答えよ。ただし、水の密度 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ であり、プールの奥行きおよび幅は、高さによらず、それぞれ $D = 1.0 \text{ m}$ および $W = 9.8 \text{ m}$ である。また、重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ であり、水面は大気圧とする。

問題4

タンクの中に深さ h だけ水が入っている。水面からの深さ a の所と底からの高さ a の所に小さな孔がある ($2a < h$)。これら二つの孔は同一鉛直線上に並んでいる。孔から大気中へ水平に流出する噴流（上から順に噴流1、噴流2と呼び、以下の添え字と対応）はタンクの底面と同一の水平面で交差することの証明を考える。ただし、タンク内の水面と噴流出口以降の空気は大気圧である。孔の位置を基準として噴流1および噴流2の水平方向位置を x_1 および x_2 とし、タンクの底面を原点として噴流の鉛直上向き位置を y_1 および y_2 とする。また、重力加速度の大きさを g とする（符号に注意）。なお、流れは定常非圧縮であり、損失および h の変化は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 噴流2の流出後の流体粒子に沿った時間 t_2 の式を、 a と g を含む形で書け。

（ヒント） 噴流1の流出時の速さは $V_1 = (2ga)^{1/2}$ である（ベルヌーイの定理より求まるトリチェリの定理）。一般に、等加速度直線運動の s 方向位置は $s = s_0 + V_0 t + \alpha t^2/2$ (s_0 は初期位置、 V_0 は初速度、 t は時間、 α は加速度) で与えられる。これらより、噴流1の流出後の流体粒子に沿った時間を t_1 とし、タンク底面高さに到達するときの噴流1の鉛直上向き位置を $y_1 = 0$ とおくことによって、 $t_1 = \{2(h-a)/g\}^{1/2}$ が求まる。

- (2) タンク底面高さに到達するときの、噴流1と噴流2の水平方向位置 ($x_1 = V_1 t_1 = x_2 = V_2 t_2$) の式を、 a と h を含む形で書け。

問題 5

体積 V の定容容器に、絶対温度 T_1 、圧力 p_1 、ガス定数 R の気体が封入されている。以下の問いに答えよ。

- (1) この定容容器を絶対温度 T_2 ($> T_1$) の部屋の中へしばらく放置すると、容器内の気体の温度が室温と同じ絶対温度 T_2 まで上昇した。このときこの気体に外部から供給された熱量を求めよ。ただし、気体の定積比熱を c_v とする。
- (2) 上記 (1) の状態からさらにこの容器を放置すると、容器内から外部へ気体の漏れが発生し、絶対温度 T_2 の状態で圧力が p_1 まで下がった。外部へ漏れた気体の質量を求めよ。

問題 6

図 6.1 は、ある熱機関が行うガスサイクルを $p-V$ 線図（ p ：圧力， V ：体積）に示したものである。状態 1 から状態 2 の過程は等積変化，状態 2 から状態 3 の過程は等温変化，状態 3 から状態 1 の過程は等圧変化である。いま、状態 1 の圧力が p_1 、絶対温度が T_1 、体積が V_1 、状態 2 の圧力が p_2 であるとき、以下の問いに答えよ。ただし、このサイクルを空気標準サイクルとして考え、動作流体の質量を m 、ガス定数を R 、比熱比を κ とし、問題文中の記号（ p_1 、 T_1 、 V_1 、 p_2 、 m 、 R 、 κ ）のみを用いて答えるものとする。

- (1) $T-S$ 線図（ T ：絶対温度， S ：エントロピ）を描き、対応する状態の番号を記入せよ。
- (2) 状態 3 の絶対温度を求めよ。
- (3) 状態 1 から状態 2 の過程で供給された熱量を求めよ。
- (4) 状態 2 から状態 3 の過程で供給された熱量を求めよ。
- (5) このサイクルが行う有効仕事を求めよ。

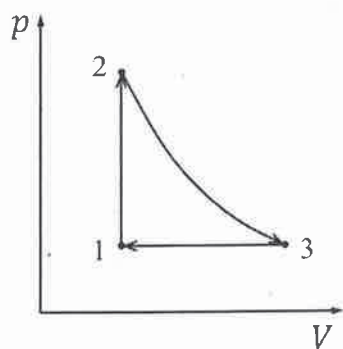


図 6.1：ガスサイクルの $p-V$ 線図