

平成31年度入学者選抜試験問題
山形大学大学院理工学研究科博士前期課程
(平成30年8月実施)

【機械システム工学専攻】

専 門 科 目

(材料力学, 熱と流体の力学, 運動と力学)

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の本文は, 1 ページから 5 ページまでです。
3. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明, ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は, 手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 監督者の指示に従って, すべての解答用紙に**受験番号**を正しく記入してください。受験番号が正しく記入されていない場合は, 採点できないことがあります。
5. **専門科目 (3 科目) すべてを解答してください。**
6. 解答用紙は 3 枚あります。解答は科目毎に異なる解答用紙を用い, それぞれの解答用紙の「受験科目」欄に, **解答する科目名 (「材料力学」, 「熱と流体の力学」, 「運動と力学」のいずれか)**を記入してください。また, 解答は ^{おもて}表 面から記入し, ^{おもて}表 面に書ききれない場合は裏面を使用しても構いません。
7. 計算によって答えを求めるときは, その過程も示してください。
8. 試験終了後, 問題冊子および草案用紙は持ち帰ってください。

科目名：材料力学

1. 図1のように、長さ l の棒が上端 A で剛な天井に固定されている。この棒の断面積は S であり、ヤング率は E 、密度は ρ である。重力加速度を g として以下の問いに答えよ。

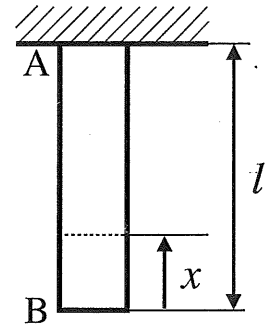


図1

- (1) 棒の下端 B から距離 x の位置における仮想断面に生じる応力 $\sigma(x)$ を求めよ。
- (2) 自重による棒の伸び δ を求めよ。

2. 図2に示す図形に対し、図心 G を通る z 軸に関する断面2次モーメントを求めよ。

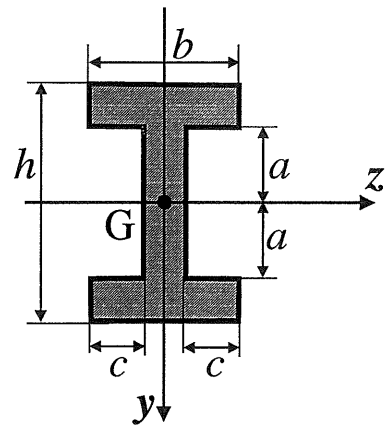


図2

3. 図3のように、単位長さあたりの荷重が p である等分布荷重を受ける支間長が l の単純支持はりがある。曲げ剛性 EI は、はり全長に渡って一定とする。以下の問いに答えよ。

- (1) 支点 A, B からはりが受ける反力の大きさをそれぞれ求めよ。
- (2) せん断力図 (SFD) と曲げモーメント図 (BMD) を描け。それぞれの図には、せん断力と曲げモーメントの最大値・最小値とそれらが発生する位置を明示すること。
- (3) はりに生じる最大のたわみを求めよ。ただし、たわみは下向きを正とする。

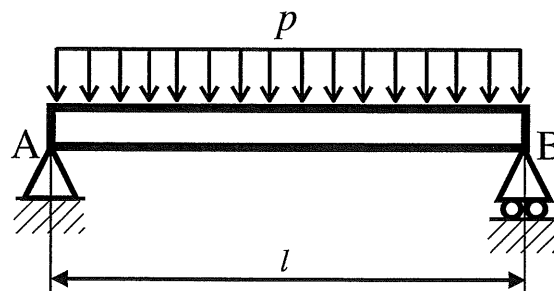


図3

科目名：熱と流体の力学

この科目の問題は2題あります。2題すべてを解答してください。

1. 図1に示すように、理想気体が状態1(p_1, v_1, T_1)から状態2(p_2, v_2, T_2)まで、周囲と熱交換を行わないで可逆的に状態変化を行ったとする。なお、圧力 p 、比体積 v 、温度 T 、気体定数 R 、定積比熱 c_v 、定圧比熱 c_p 、比熱比 κ 、比エンタルピー h 、比内部エネルギー u とする。

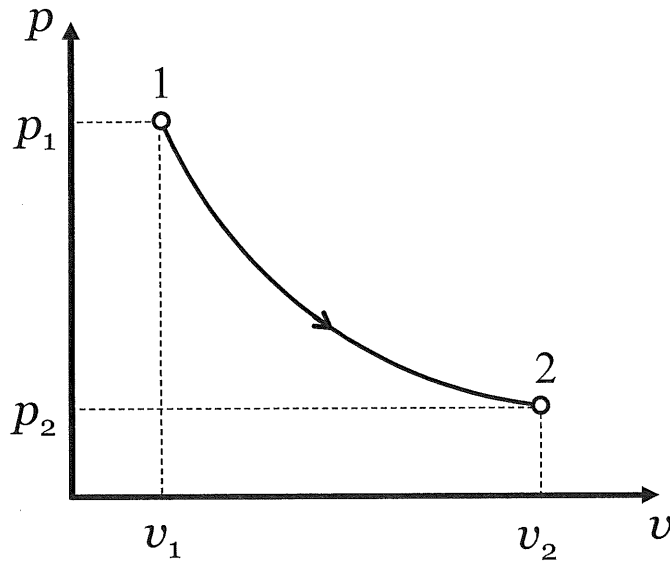


図 1

- (1) 状態1から状態2への変化で系が行う絶対仕事 w_{12} を T_1, T_2, c_v を用いて表せ。
- (2) 状態1から状態2への変化で系が行う工業仕事 w^*_{12} を T_1, T_2, c_p を用いて表せ。
- (3) 状態1から状態2への変化で系が行う絶対仕事 w_{12} と工業仕事 w^*_{12} の関係を表す式を w_{12}, w^*_{12}, κ を用いて表せ。
- (4) 状態1から状態2への変化で系に供給された熱量 q_{12} を示せ。

2. 図2に示すように、内径が d_1 から d_2 に緩やかに縮小する円管路が鉛直に固定されている。まず、密度 ρ の水が管路を満たして静止しているとき、高さ H だけ離れた断面①と②の圧力差は $p_2 - p_1 = \Delta p_s$ (> 0)であった。次に、同じく密度 ρ の水が管路を鉛直下向きに定常的に流れているとき、断面①と②の平均流速はそれぞれ u_1 と u_2 となり、断面①と②の圧力差は $p_2 - p_1 = \Delta p_d$ (< 0)となった。またそのとき、密度 ρ_m の水銀が入ったU字管マンノメータを断面①と②の位置につないだところ、水銀の液柱差は h となった。管路のエネルギー損失は無視できるものとして、次の問いに答えよ。ただし、重力加速度を g とする。

- (1) Δp_s を、 ρ , g , H を用いて表せ。
- (2) Δp_d を、 ρ , ρ_m , g , H , h を用いて表せ。
- (3) u_1 を、 d_1 , d_2 , u_2 を用いて表せ。
- (4) u_2 を、 ρ , g , H , Δp_d , d_1 , d_2 を用いて表せ。

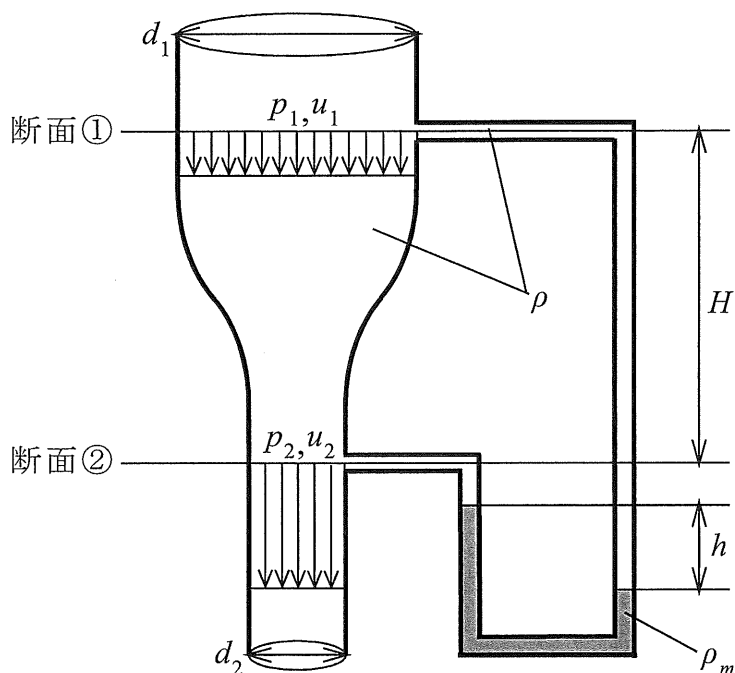


図 2

科目名：運動と力学

図1のように、動滑車（半径 R_1 、質量 m_1 、慣性モーメント I_1 ）が、天井の固定点 A と、点 B を支点とする定滑車（半径 R_0 、質量は無視できる）からそれぞれ鉛直下方に張ったワイヤで吊り下げられており、定滑車の他方でワイヤは点 O を固定軸とするウインチの巻胴で巻き取るようになっている。巻胴は半径 R_2 、質量 m_2 、慣性モーメント I_2 であり、ブレーキ胴（半径 R_3 、質量 m_3 、慣性モーメント I_3 ）と一体で回転する。最初静止していた巻胴を一定のモーメント M で回転させてワイヤを巻き取り始めた。点 A の固定端と動滑車、動滑車と定滑車、定滑車と巻胴の、それぞれの間でのワイヤの張力を T_1 、 T_0 、 T_2 とする。動滑車の重心（点 P）の鉛直上方向の変位を x 、速度を $\dot{x}$ 、加速度を $\ddot{x}$ とし、動滑車および巻胴の、角変位、角速度、角加速度を、それぞれ θ_1 、 $\dot{\theta}_1$ 、 $\ddot{\theta}_1$ 、 θ_2 、 $\dot{\theta}_2$ 、 $\ddot{\theta}_2$ とする。重力加速度の大きさを g とし、以下の問に答えよ。ただし、定滑車の質量とワイヤの質量と太さは無視できる。ワイヤの伸びおよび各滑車と巻胴との空回りは生じない。定滑車に付いているフックの質量は無視できる。

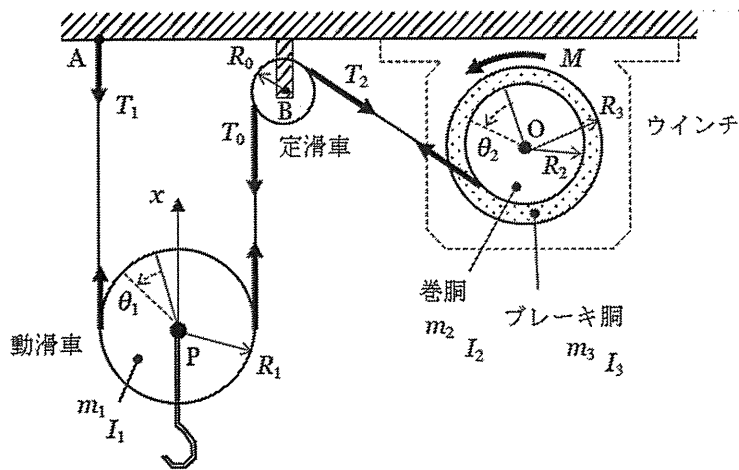


図 1

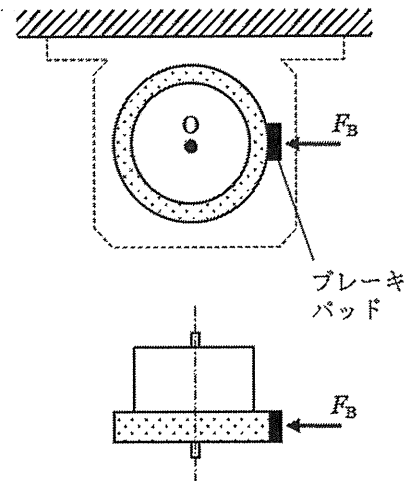


図 2

- (1) 引き上げられる動滑車の重心(点 P)の並進運動方程式を、 g 、 m_1 、 M 、 R_1 、 T_0 、 T_1 、 $\ddot{x}$ 、 $\ddot{\theta}_1$ から必要なものを用いて表せ。
- (2) 動滑車の回転の運動方程式を、 I_1 、 R_1 、 T_0 、 T_1 、 $\ddot{\theta}_1$ を用いて表せ。
- (3) 巻胴に作用する張力 T_2 を、 I_2 、 I_3 、 M 、 R_2 、 $\ddot{\theta}_2$ を用いて表せ。また、 T_2 を R_0 、 T_0 、 T_1 から必要なものを用いて表せ。
- (4) 動滑車の重心(点 P)の並進加速度 $\ddot{x}$ を、 g 、 I_1 、 m_1 、 R_1 、 T_0 を用いて表せ。

動滑車が最初の静止していた点から高さ L まで引き上げられたとき、動滑車と定滑車の間のワイヤが切れた。ワイヤが切れる直前の動滑車の並進速度は v_L であった。その直後にモーターから巻胴への回転の伝達を遮断し、同時に図 2 に示すように、ブレーキ胴へブレーキパッドを一定の力 F_B で押し付けて減速させた。ブレーキ胴とブレーキパッドの間の動摩擦係数は μ である。

- (5) ブレーキをかけたことによって生じる巻胴およびブレーキ胴の角加速度 β_B を、 $F_B, g, I_2, I_3, R_2, R_3, R_4, v_L, \mu$ から必要なものを用いて表せ。
- (6) ウインチの巻胴が停止するまでの時間 t_s を、 $F_B, I_2, I_3, L, R_2, R_3, v_L, \mu$ から必要なものを用いて表せ。

切れた直後にワイヤは動滑車に巻きつき、動滑車は空回りすることなく固定端 A 側のワイヤを巻きつけながら上方へ運動したとする。最高到達点で、動滑車の回転は停止した。なお、動滑車の重心の横方向の運動は発生しないものとする。

- (7) ワイヤが切れる直前の動滑車のもつ運動エネルギー K_L を、 I_1, m_1, R_1, v_L を用いて表せ。
- (8) 動滑車の重心が、ワイヤが切れた点から到達する最高の高さ $h_{\max}$ を、 g, I_1, m_1, R_1, v_L を用いて表せ。