

令和 2 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
(令和元年 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 4 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 、上部の幅 b の三角形形状をした厚さ t の板が、上端 A で剛な天井に固定されている。この板のヤング率は 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。

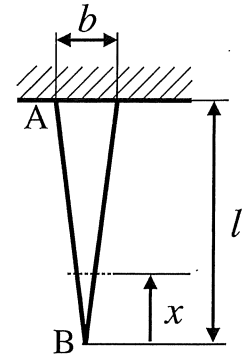


図 1

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

2. 図2に示すような直径 D の中実円形断面について、以下の問いに答えよ。ただし、計算過程も記述すること。

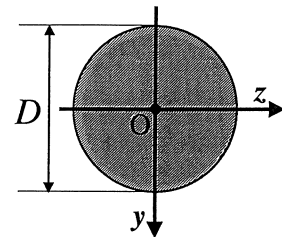


図 2

- (1) 中心 O に関する断面 2 次極モーメント I_p を求めよ。
- (2) 中心 O を通る z 軸に関する断面 2 次モーメント I_z を求めよ。

3. 図3に示すように、支間長 l の単純支持はりが分布荷重を受けており、その単位長さあたりの荷重は、支点 A からの距離 x の関数 $p(x)$ として表されている。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 からはりが受ける支持反力の大きさ R_A および R_B を求めよ。ただし、積分形式を含んだままでよい。
- (2) せん断力 $F(x)$ および曲げモーメント $M(x)$ を求めよ。ただし、積分形式を含んだままでよい。
- (3) $p(x)$ が x の二次関数として $p(x) = P_0 x(l-x)$ と表されるとき、はりに生じる曲げモーメント $M(x)$ を求めよ。ただし、 P_0 は定数である。
- (4) (3)で求めた曲げモーメント $M(x)$ について、曲げモーメント図 (BMD) の概形を描け。ただし、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。

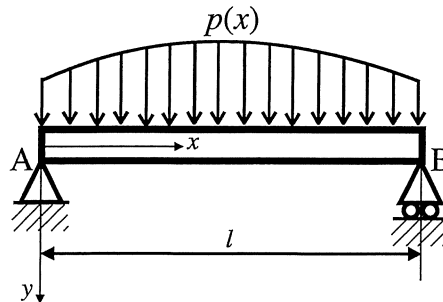


図 3

科目名：熱と流体の力学

1. ある作動流体の比内部エネルギー u [kJ/kg], 温度 t [°C], 圧力 p [kPa], 比体積 v [m³/kg]の間に①と②の関係式が成立するとする。

$$u = 0.19t + 10 \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

$$pv = 0.21(t + 26) \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

- (1) ①の関係式を用いて, この作動流体の定積比熱 c_v [kJ/(kg・K)]の値を求めよ。
- (2) この作動流体が容積一定のもとで, 温度が 0 °Cから 100 °Cまで上昇したときの比内部エネルギーの変化量 Δu [kJ/kg]の値を求めよ。
- (3) ①と②の関係式を用いて, この作動流体の定圧比熱 c_p [kJ/(kg・K)]の値を求めよ。
- (4) この作動流体が圧力一定のもとで, 温度が 0 °Cから 100 °Cまで上昇したときの比エンタルピーの変化量 Δh [kJ/kg]の値を求めよ。

この科目の問題は次頁に続きます。

2. 図 1 (a)に示すように、下面に車輪、右側面にノズルが付いた水槽を考える。ノズルは出口断面積 a であり、水槽の底から高さ h の位置にある。水槽には密度 ρ の水が高さ H まで満たされ、その上部は大気圧 (絶対圧) p_0 の大気に開放されている。最初、ノズルは閉じられており、水槽は静止している。ノズルを開くと、ノズルから流速 u 、体積流量 Q の水が大気中水平方向に噴出し、それが水槽に力 F を及ぼして、水槽は動く。

次に、図 1 (b)に示すように、上面にふた、下面に車輪、左側面と右側面にノズルが付いた水槽を考える。左右のノズルはどちらも出口断面積 a であり、それぞれ水槽の底から高さ $2h$ と h の位置にある。水槽には密度 ρ の水が高さ H まで満たされ、その上部は圧力 (絶対圧) $2p_0$ の高圧空気で満たされて密閉されている。最初、ノズルは閉じられており、水槽は静止している。ノズルを開くと、左右のノズルからそれぞれ流速 u_A と u_B 、体積流量 Q_A と Q_B の水が大気中水平方向に噴出し、それらが水槽に力 F_A と F_B を及ぼして、水槽は動く。

水槽内の水面の下降やゆれ、流れのエネルギー損失は無視でき、ノズルの流量係数は 1 とみなすことができるものとして、以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度を g 、力の正の方向を右方向とする。

- (1) Q を、 a 、 g 、 H 、 h を用いて表せ。
- (2) 正負の符号に注意して、 F を、 ρ 、 a 、 u を用いて表せ。
- (3) Q_A と Q_B の合計 Q_{AB} を、 a 、 g 、 H 、 h 、 p_0 、 ρ を用いて表せ。
- (4) 正負の符号に注意して、 F_A と F_B の合力 F_{AB} を、 ρ 、 a 、 u_A 、 u_B を用いて表せ。

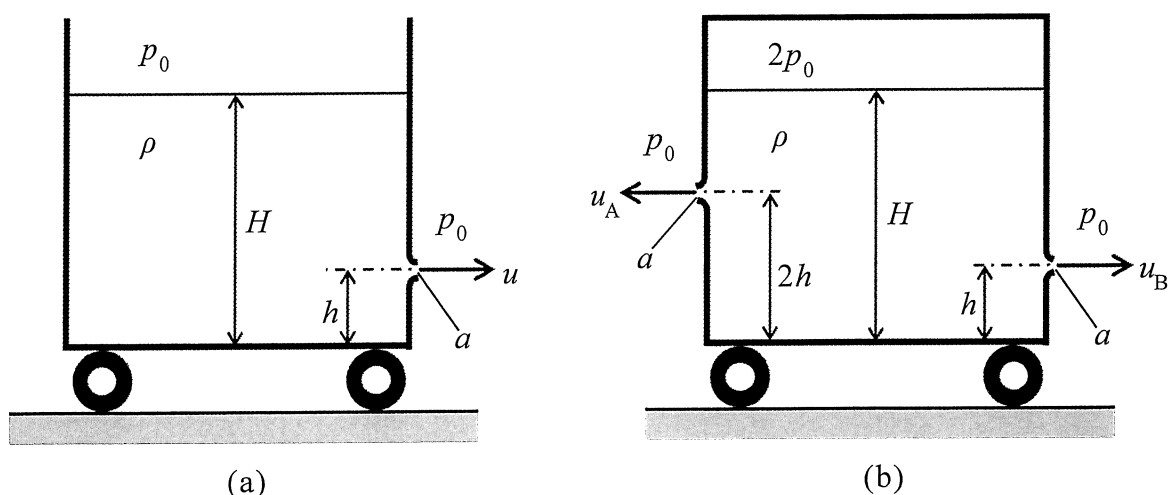


図 1

科目名：運動と力学

角度 β をなす斜面と水平面があり，図 1 のように，直交座標系 O - xy をとる。 x y 平面内で，長さ l ，質量 m ，重心まわりの慣性モーメント I の一様な細長い棒が立てかけてあり，滑ることなく静止している。水平面と棒の角度を θ とし，図における反時計回りを正の回転方向とする。棒の下端に水平面から作用する垂直抗力を R とし，上端で斜面から棒に作用する垂直抗力を H とする。棒の上端と斜面間の摩擦力を F_A ，下端と水平面間の摩擦力を F_B とし，重力加速度を g とする。

- (1) 棒に作用する力の x 方向と y 方向のつり合いの条件式を，それぞれ， $H, R, m, g, \beta, F_A, F_B$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (2) 前問(1)において，棒の上端まわりのモーメントのつり合いの条件式を， R, F_B, m, g, l, θ を用いて表せ。
- (3) 水平面からの垂直抗力 R および斜面からの垂直抗力 H を，それぞれ， F_A, F_B, m, g, β の中から必要なものを用いて表せ。

水平面および斜面の摩擦力が零の場合 ($F_A = F_B = 0$) は，斜面に立てかけて静かに放すと，棒は x y 平面内で回転しながら落下運動する。ただし，落下する棒の上端および下端はそれぞれの面から離れない。

- (4) 落下開始後の直交座標系 O - xy の各軸方向における，棒の重心 G の位置 x, y ，速度 $\dot{x}, \dot{y}$ ，加速度 $\ddot{x}, \ddot{y}$ を，それぞれ， $l, \beta, \theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (5) 棒の重心の並進の運動方程式および重心まわりの回転の運動方程式を，それぞれ， $R, H, I, m, g, l, \beta, \theta, \ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{\theta}$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (6) 棒の回転運動の角速度を $\dot{\theta}$ とし，静かに放して落下運動が始まったときの重心の高さを y_0 とし，力学的エネルギー保存則を， $m, g, l, y_0, I, \dot{x}, \dot{y}, \theta, \dot{\theta}$ を用いて表せ。
- (7) 前問(6)の結果を用いて，倒れて水平面に到達する直前における棒の角速度を， m, g, l, I, y_0, β を用いて表せ。

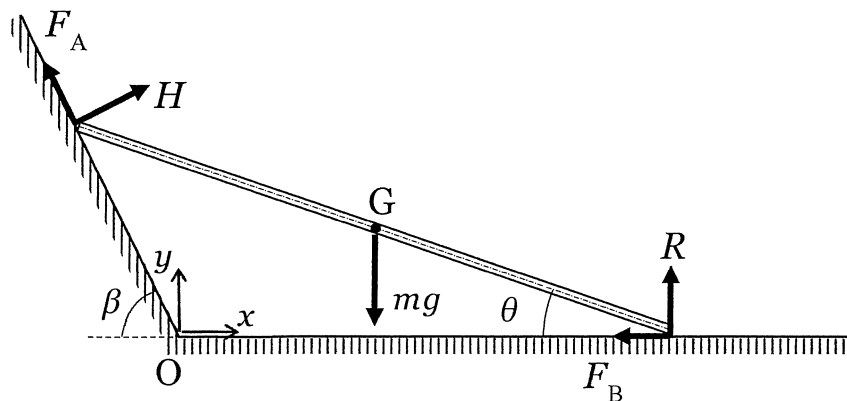


図 1