

平成28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27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)

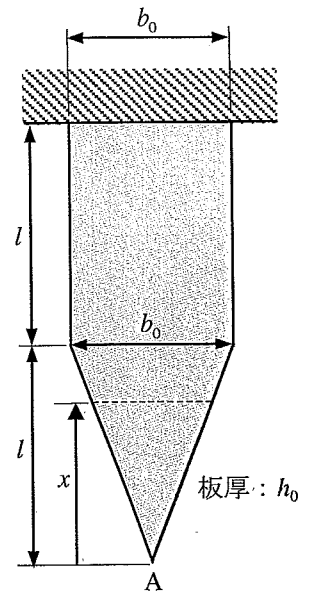
注意事項

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3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1科目毎に異なる解答用紙を用いてください。その表^{おもて}から記入し, 表^{おもて}に書ききれない場合は裏面を使用しても構いません。また, それぞれの解答用紙の「**受験科目**」欄には**解答する科目名**を記入してください。
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, 問題冊子及び草案用紙は持ち帰ってください。

科目名：材料力学

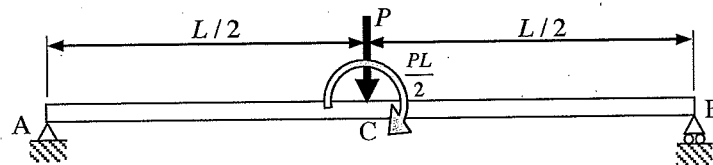
この科目の問題は2題あります。2題すべてを解答してください。

1. 右図のような全長が $2l$ 、板厚が h_0 、下端 A から $0 \leq x \leq l$ の区間は三角形形状（底辺寸法は b_0 ）、 $l \leq x \leq 2l$ の区間は長方形形状（幅は b_0 ）の板が、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。



- (1) 板の下端 A から x の位置の断面における断面積 S を、区間 $0 \leq x \leq l$ と区間 $l \leq x \leq 2l$ について、それぞれ x の関数として表せ。
- (2) 板の下端 A から x の位置の断面における垂直応力 σ を、区間 $0 \leq x \leq l$ と区間 $l \leq x \leq 2l$ について、それぞれ x の関数として表せ。
- (3) 板全体の伸び λ を求めよ。

2. 下図に示すような支間長が L で、中央点 C に集中荷重 P と時計まわりのモーメント荷重 $PL/2$ とを受ける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。

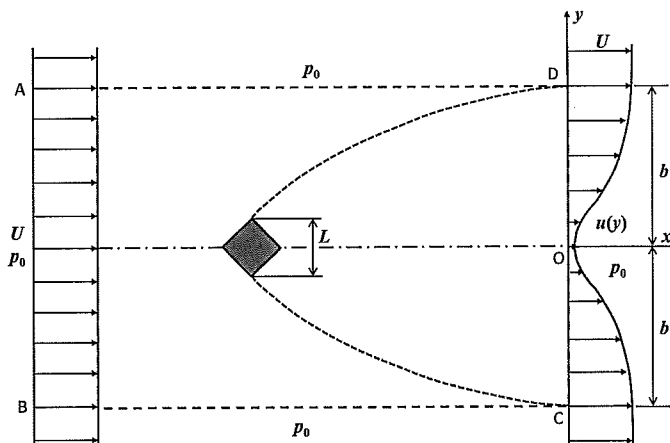


- (1) 支点 A, B からはりが受ける反力をそれぞれ図示し、それらの値を求めよ。
- (2) せん断力図 (SFD), 曲げモーメント図 (BMD) を描け。それぞれの図において、せん断力と曲げモーメントの主要な値（最大値・最小値など）を漏れなく明示すること。
- (3) 中央点 C におけるはりのたわみを求めよ。ただし、たわみは下向きを正として解答すること。
- (4) 支点 A におけるはりのたわみ角を求めよ。ただし、たわみ角は時計回りを正として解答すること。

科目名：熱と流体の力学

この科目の問題は3題あります。3題すべてを解答してください。

1. (1) カルノーサイクルは4つの可逆過程(1→2→3→4→1)から構成されるが、その PV 線図を示せ。なお、各過程において作動流体が準静的に、どのように状態変化するのか PV 線図中に明記せよ。さらに、高温熱源から供給された熱量を Q_H 、低温熱源に捨てた熱量を Q_L としたとき、熱の出入りも PV 線図中に明記せよ。
- (2) 高温熱源の絶対温度を T_H 、低温熱源の絶対温度を T_L としたとき、カルノーサイクルの熱効率を示せ。またカルノーサイクルにおいて、理論上、効果的に熱効率を上げることができるのは、 T_H を大きくする場合か、それとも T_L を小さくする場合か、数式を用いて示せ。
2. 水平な円管内を密度 $\rho_1[\text{kg/m}^3]$ の流体が流れている。円管の中心軸上に速度係数 C のピトー管を挿入して流れの全圧 $p^*[\text{Pa}]$ と静圧 $p[\text{Pa}]$ を取り出し、両者を密度 $\rho_2[\text{kg/m}^3]$ の流体を入れた U 字管マノメータにつないだら、マノメータの読みは $H[\text{m}]$ であった。管中心における流速 $v[\text{m/s}]$ を ρ_1 、 ρ_2 、 g 、 H 、 C で表せ。なお、 $g[\text{m/s}^2]$ は重力加速度とし、 $\rho_2 > \rho_1$ とする。
3. 速度 $U[\text{m/s}]$ 、圧力 $p_0[\text{Pa}]$ 、密度 $\rho[\text{kg/m}^3]$ の一様流れ中に置かれた代表寸法 $L[\text{m}]$ の物体の後流における速度分布が下図のように表されるとき、物体に働く流体力（抗力）を測定する。なお、後流のある断面における速度は分布が $u(y)[\text{m/s}]$ となる。ABCD を検査体積にとり、紙面に垂直方向の単位幅とする。流れは非圧縮性定常流れとし、次の問いに答えよ。
 - (1) 側面 AD と BC から流出する質量流量 $\dot{m}_{AD}$ と $\dot{m}_{BC}[\text{kg/s}]$ を、それぞれ ρ 、 U 、 u 、 p_0 、 b 、 L 、 y の中から必要なものを用いて表せ。
 - (2) 流体が物体の単位幅（奥行き）あたりに及ぼす抗力 $D[\text{N}]$ を ρ 、 U 、 u 、 p_0 、 b 、 L 、 y の中から必要なものを用いて表せ。



科目名：運動と力学

1. 図1のように、内半径 R の円筒が水平に固定されており、その内側に半径 r の円柱（質量 m ）を軸が水平になるように置いて静かに放すと、円柱はすべらずに転がりながら円筒の内面に沿って運動した。このとき、円柱の側面と円筒の内面に作用する摩擦力を F とする。円筒の中心 O と円柱の重心 G を結ぶ直線 OG が鉛直線となす中心角を θ とする。円柱が最下点に位置するときに円筒内面と接する点 C が、転がることによって C' に移動したとき、直線 $C'G$ が鉛直線となす角を φ とする。次の問いに答えよ。重力加速度を g とし、空気抵抗の影響は無視してよい。

- (1) 円筒内を運動する際の円周方向における、円柱の重心の運動方程式を、 $r, R, m, F, \theta, \ddot{\theta}, g$ を用いて表せ。
- (2) θ と φ の関係を用い、円柱が転がる角加速度 $\ddot{\varphi}$ を $r, R, m, \ddot{\theta}$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (3) 円柱の回転の運動方程式を、 $r, R, m, F, \ddot{\varphi}$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (4) 前問(1)～(3)の結果より、 $\ddot{\varphi}$ および $\ddot{\theta}$ を、それぞれ r, R, m, θ, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (5) 前問(1)～(4)の結果より、 F を r, R, m, θ, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (6) はじめに円柱を放したときの中心角 θ_0 が十分小さく $\sin\theta=\theta$ と見なせるとき、円柱の重心の運動は単振り子と同じような単振動になることを示せ。また、運動を始めて時間 t 後における中心角 θ を求めよ。
- (7) 前問(6)において、振動の周期 T を r, R, m, g, π の中から必要なものを用いて表せ。
- (8) 次に図2のように、底面の半径が r で高さが h の円錐を円柱に2個接続して転がすことにした。円錐の密度は ρ である。円柱の中心軸まわりの慣性モーメントを I_0 として、2個の円錐を接続した後の中心軸まわりの全体の慣性モーメント I を、 I_0, h, r, R, ρ, π の中から必要なものを用いて表せ。

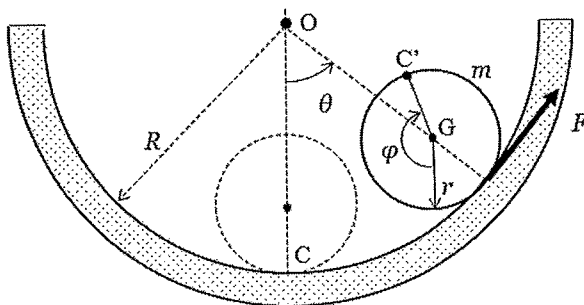


図 1

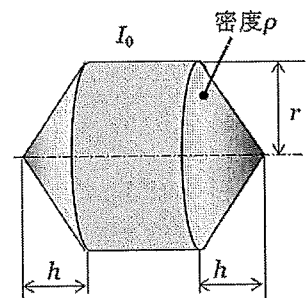


図 2