

受 験 番 号	
---------	--

一般学生

材料力学, 流体力学, 熱力学

(10:00~12:15)

注意事項 (試験開始前によく読んでおいて下さい。)

1. 試験開始後, この表紙の受験番号欄に受験番号を記入して下さい。問題冊子は回収します。
2. この問題冊子には, 材料力学, 流体力学, 熱力学の3科目の問題が綴じられています。3科目全部を解答して下さい。
3. 解答用紙は6枚配ります。材料力学, 流体力学, 熱力学はそれぞれ2枚の解答用紙を使います。試験開始後, 受験番号を全ての解答用紙の受験番号欄に記入して下さい。氏名は記入しないで下さい。
4. 3科目とも問題ごとに別々の解答用紙を使って解答して下さい。つまり1問に対して解答用紙1枚を使用します。問題の番号と一致する解答用紙に解答を記入して下さい。
試験終了後に全ての解答用紙を提出して下さい。
5. 解答用紙が足りなければ裏面を使っても構いません。その場合には, 用紙右下の「裏面につづく」を丸で囲って下さい。

< 余 白 >

材 料 力 学 (その 1)

1. 図1に示すように、長さ l [m]、直径 d [m]、縦弾性係数 $4E$ [Pa]、横弾性係数 $4G$ [Pa] の丸棒 AB と長さ $2l$ [m]、直径 $2d$ [m]、縦弾性係数 E [Pa]、横弾性係数 G [Pa] の丸棒 BC を B 点で接合し、両端 A, C を剛体壁に固定した。B 点に大きさ $3P$ [N] の荷重、大きさ $3T$ [N·m] のねじりモーメントを図の方向に負荷する場合を考える。自重および座屈の影響は無視できるとして、以下の問に答えよ。なお、解答は、 $P > 0, T > 0$ として、 l, d, E, G, P, T および円周率 π の中で必要なものを用いて答えよ。

- (1) 丸棒 AB の断面二次極モーメント I_{PAB} [m⁴]、極断面係数 Z_{PAB} [m³]、および丸棒 BC の断面二次極モーメント I_{PBC} [m⁴]、極断面係数 Z_{PBC} [m³] を求めよ。
- (2) B 点にねじりモーメント $3T$ のみが負荷される場合、B 点のねじれ角の大きさ ϕ_B [rad]、および丸棒 AB, BC に生じる最大せん断応力の大きさ τ_{AB} [Pa]、 τ_{BC} [Pa] を求めよ。
- (3) B 点に荷重 $3P$ のみが負荷される場合、B 点の荷重方向の変位 λ_B [m]、および丸棒 AB, BC に生じる垂直応力 σ_{AB} [Pa]、 σ_{BC} [Pa] を求めよ。
- (4) B 点に荷重 $3P$ とねじりモーメント $3T$ が同時に負荷される場合、丸棒 AB に生じる最大の主応力 σ_1 [Pa] および最大の主せん断応力 τ_1 [Pa] を求めよ。

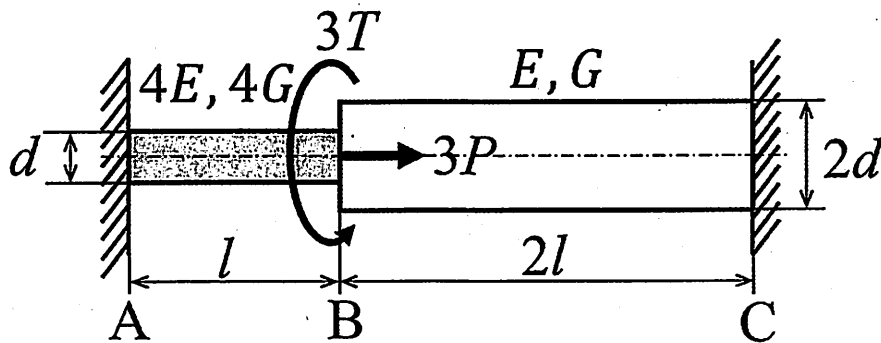


図 1

材 料 力 学 (その2)

2. 長さ $2l$ [m], 縦弾性係数 E [Pa], 断面二次モーメント I [m⁴] の部材 AB を用いて, 図 2-1 と図 2-2 に示すようなはりの曲げを考える. はりの質量は無視できるものとし, 以下の間に答えよ. なお, A 点に位置する横断面の図心から右向きに x 軸をとり, 下向きに y 軸をとる.

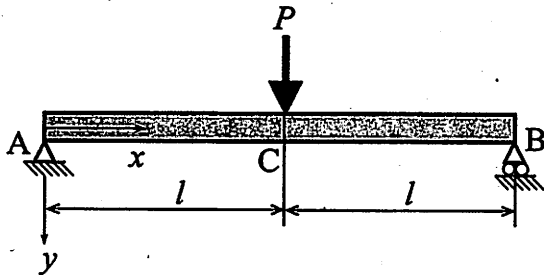


図 2-1

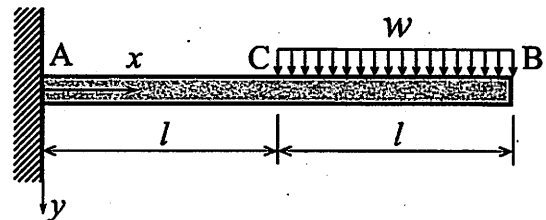


図 2-2

- (1) 図 2-1 では, 両端で単純支持された部材 AB において, 中央の C 点で集中荷重 P [N] が下向きに負荷されている. AB 間での位置 x [m] における曲げモーメント $M(x)$ [N·m] を求めよ.
- (2) 図 2-2 では, 片持ちはりの部材 AB において, 区間 CB に一様分布荷重 w [N/m] が下向きに負荷されている. AB 間での位置 x における曲げモーメント $M(x)$ を求めよ.
- (3) 小問(2)において, 自由端 B のたわみ y_B [m] (下向きを正) を求めよ.

部材 AB は一様な横断面をもち, その断面形状は図 2-3 に示すような底辺 b [m] で高さ h [m] の二等辺三角形であった. 以下の間に答えよ.

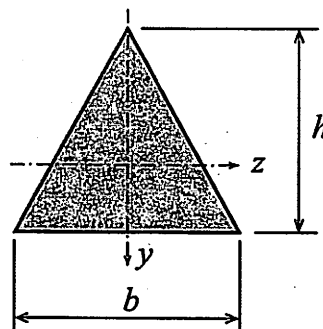


図 2-3

- (4) 図 2-3 の z 軸まわりの断面二次モーメント I を求めよ. ただし, 底辺から図心までの高さは $h/3$ であることを用いてよい.
- (5) 図 2-1 の単純支持はりに生じる曲げ応力の最大値 (最大引張応力) と, 図 2-2 の片持ちはりに生じる曲げ応力の最大値 (最大引張応力) が一致した. このとき, 以下の関係が成り立つ.

$$P = \boxed{} \times wl$$

空欄に入る数字を答えよ. なお, 解答には導出過程を示すこと.

流体力学(その1)

1. 図1のように、垂直に立てられた異径管内を流量 Q で密度 ρ の水が流れている。異径管内の①部の断面積を A_1 、②部の断面積を A_2 とする。異径管には比重 s の油で満たされた逆U字管マンノメータが接続され、圧力差を計測する仕組みである。ただし、①部の圧力取り出し口はピトー管形となっている。また、①部とピトー管との高さを H_1 、ピトー管と②部との高さを H_2 、②部と逆U字管マンノメータの左側液面との高さを H_3 とする。このとき、示差 Δh はいくらになるか。なお、重力加速度は g とする。また、すべての損失は無視できるとする。

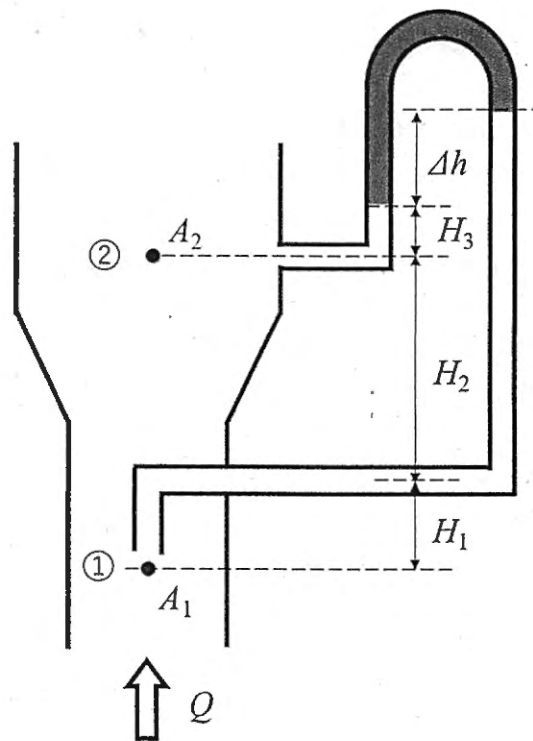


図1

流体力学(その2)

2. 図2のように、無限に広い、幅 h の二枚の平行平板が垂直方向に設置されており、この平板間は密度 ρ 、粘性係数 μ の流体で満たされている。図の z 方向に圧力勾配が存在し、左右の平板は静止しており、流体には外力は働いていない。流体は非圧縮で、定常で流れが遅く、流れが完全に発達しているものとする。平行平板間の中央に原点を配置し、図のとおりそれぞれ x, y, z 方向とする。なお、外力が働かない場合、直交座標系での3次元ナビエ・ストークス方程式は

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right)\end{aligned}$$

と表される。式中の t, p, u, v, w はそれぞれ時間、圧力、 x 方向の流速、 y 方向の流速、 z 方向の流速である。以下の問に $t, x, y, z, u, v, w, \rho, p, \mu, h$ の中で必要なものを用い答えよ。

- (1) z 方向についての運動方程式を用いて、平行平板間の流体に関する次式

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{d^2 w}{dx^2} \right)$$

の導出過程を詳細に述べよ。

- (2) (1) の式を用いて、平行平板間の流体の z 方向流速の x 方向分布を導出せよ。
- (3) 平行平板間の流体の平均流速 W_m を導出せよ。
- (4) このような流れ場の名称を答えよ。

著作権の関係で
図が掲載できない

熱力学

1. 以下の問に答えよ。ただし、問題中に無い記号を用いる場合はその説明を行うこと。

- (1) 温度 T が一定の下、圧力 p 、比エンタルピー h 、比体積 v 、比内部エネルギー u を含む以下の式を詳しく導出せよ。

$$\left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T - v = \left(\frac{\partial u}{\partial p}\right)_T + p \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T$$

- (2) 高温 (熱量 Q_H , 温度 T_H) と低温 (熱量 Q_L , 温度 T_L) の2つの熱源で構成される可逆サイクルがある。熱効率の定義を利用して、このサイクルにおける Q_H , Q_L , T_H および T_L を含む関係式を詳しく導出せよ。なお、 $Q_H > Q_L$ および $T_H > T_L$ であり、 Q_H , Q_L の熱の方向に注意すること。
- (3) ギブスの式から出発して、理想気体における定積比熱 c_v 、定圧比熱 c_p 、比体積 v および圧力 p を含むエントロピー変化の式を詳しく導出せよ。

2. 理想気体を作動流体とする、次の4つの状態変化からなる準静的なサイクルを考える。

- 1→2 圧力 p_1 、温度 T_1 の状態1から、圧力 p_2 の状態2まで断熱圧縮する。
2→3 熱量 Q_{23} を加えて状態3まで等積加熱する。
3→4 断熱膨張にて体積 V_1 の状態4とする。
4→1 等積冷却にて熱量 Q_{41} を放出し、状態1に戻す。

状態 i ($i=1, 2, 3, 4$) における温度、圧力、体積を T_i , p_i , V_i 、作動流体の比熱を κ 、定積比熱を c_v 、エントロピーを S として、以下の問に答えよ。なお、解答には導出過程を示すこと。

- (1) このサイクルの $p-V$ 線図と $T-S$ 線図を描け。なお、それぞれの状態の番号を図中に記入すること。
- (2) 状態2における温度 T_2 を、 T_1 , V_1 , V_2 , κ を用いて表せ。
- (3) 1→2 において、このサイクルが外部に対してなす仕事 W_{12} は

$$W_{12} = \int_1^2 p dV$$

で求められる。この式から、1→2の断熱圧縮に要する仕事を p_1 , V_1 , V_2 , κ を用いて表せ。

- (4) Q_{23} , Q_{41} を T_1 , T_3 , V_1 , V_2 , c_v , κ を用いて表せ。
- (5) このサイクルの熱効率 η を求め、 $\eta < 1 - (T_1/T_3)$ となることを示せ。

< 余 白 >

< 余 白 >

1

(1)

$$I_{PAB} = \frac{\pi d^4}{32} \quad Z_{PAB} = \frac{\pi d^3}{16}$$

$$I_{PBC} = \frac{\pi d^4}{2} \quad Z_{PBC} = \frac{\pi d^3}{2}$$

(2)

$$\phi_B = \frac{8Tl}{G\pi d^4} \quad \tau_{AB} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad \tau_{BC} = \frac{4T}{\pi d^3}$$

(3)

$$\lambda_B = \frac{2Pl}{E\pi d^2} \quad \sigma_{AB} = \frac{8P}{\pi d^2} \quad \sigma_{BC} = -\frac{P}{\pi d^2}$$

(4)

$$\sigma_1 = \frac{4P}{\pi d^2} \left\{ 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{4T}{Pd} \right)^2} \right\} \quad \tau_1 = \frac{4P}{\pi d^2} \sqrt{1 + \left(\frac{4T}{Pd} \right)^2}$$

受験科目	受験番号				
材料力学					

成績

■

表面よりつづく

2

(1) 区間 AC ($0 \leq x \leq l$) $M(x) = \frac{1}{2}Px$, 区間 CB ($l \leq x \leq 2l$) $M(x) = \frac{1}{2}P(2l - x)$

(2) 区間 AC ($0 \leq x \leq l$) $M(x) = wx - \frac{3}{2}wl^2$, 区間 CB ($l \leq x \leq 2l$) $M(x) = -\frac{1}{2}w(x - 2l)^2$

(3) $y_B = \frac{41wl^4}{24EI}$

(4) $I = \frac{bh^3}{36}$

(5) $P = \boxed{6} \times wl$

受験科目	受験番号				
材料力学					

成績

注意: 答案が裏面に続く場合は、末尾欄外の裏面につづくを○で囲むこと

裏面につづく

■ ■

表面よりつづく

1

$$\Delta h = \frac{Q^2}{2(1-s)gA_2^2}$$

受験科目	受験番号				
流体力学					

成績

注意： 答案が裏面に続く場合は、末尾欄外の裏面につづくを○で囲むこと

裏面につづく



表面よりつづく



2

(1) z 方向のナヴィエ・ストークス方程式において、x および y 方向の流れがない点などを考慮して式変形すると、運動方程式は、

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)$$

(2)

$$w(x) = \frac{1}{\mu} \frac{\partial P}{\partial z} \left(\frac{1}{2} x^2 - \frac{h^2}{8} \right)$$

(3)

$$-\frac{1}{\mu} \frac{\partial P}{\partial z} \frac{h^2}{12}$$

(4) ハーゲン・ポアズイユ流れ

受験科目	受験番号				
流体力学					

成績



表面よりつづく



1

(1)

比エンタルピー h は以下の式である.

$$h = u + pv$$

圧力 p で偏微分して, 求める式が導出される.

$$\left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T - v = \left(\frac{\partial u}{\partial p}\right)_T + p \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T$$

(2)

任意のサイクルの熱効率 η は以下のように定義される.

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

本式より,

$$\frac{Q_L}{Q_H} + \frac{T_L}{T_H} = 0$$

が導出される.

(3)

比エントロピーを s とすると, ギブスの式は

$$Tds = du + pdv$$

エントロピーを S , 気体の質量を m とすると,

$$S = mds$$

これらより, c_v , c_p , v , p を含む, 以下のエントロピー変化の式が導出される.

$$S = m \left(c_v \frac{dp}{p} + c_p \frac{dv}{v} \right)$$

受験科目	受験番号				
熱力学					

成績

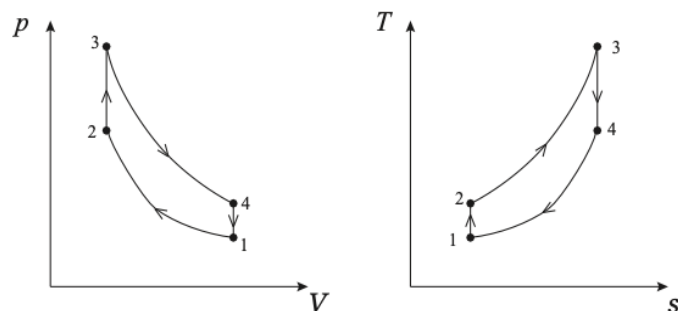


表面よりつづく



2

(1)



(2)

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1}$$

(3)

$$\frac{p_1 V_1}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} - 1 \right]$$

(4)

$$Q_{23} = c_v \left[T_3 - T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} \right]$$

$$Q_{41} = c_v \left[T_3 \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1} - T_1 \right]$$

(5)

$$\eta = 1 - \frac{Q_{41}}{Q_{23}} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

ここで、 $T_2 < T_3$ であるから、

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} < 1 - \frac{T_1}{T_3}$$

受験科目

受験番号

成績

熱力学

裏面につづく



表面よりつづく



令和 7 年度 大学院博士前期課程一般入学試験 機械工学専攻

試験問題用紙・解答用紙

受験番号

小論文問題

「モビリティの定義を述べ, さらに未来のモビリティ開発に機械工学がいか
に貢献できるか, あなたの考えを 500 字から 600 字で簡潔に述べなさい。」

(考え方)

モビリティの定義をある程度述べることができ, その開発に関して機械工学が
どのような貢献ができるのかということを, 具体的な例などを挙げてきちんと
説明することができるかを問うた設問.

5

10

15

20

25

5

10

15

20

25

下書き用紙

受験番号					
------	--	--	--	--	--