



平成 29 年度 前期期末試験 試験問題

試験科目： 材料の強さ I

配 当： マテリアル科学コース 3 年
担当教員： 宇都宮 裕

試験時間： 平成 29 年 8 月 2 日 (水)
13 : 00 - 14 : 30

試験室： R1-311

注意事項

- ・ 試験開始の合図があるまで、本紙を開けてはいけません。
- ・ 定規，関数電卓，ポケットコンピュータ，計算尺を使用しても構いません。
ただし，試験中の貸し借りはできません。PHS，携帯電話，スマートフォン，
タブレット PC などは使用できません。
- ・ 教科書，参考書，ノート類を参照してはいけません。持ち込みは禁止です。
- ・ 裏表紙に**公式集**があります。必要があれば，これらの公式を用いても構いません。
- ・ 試験開始後 30 分間および終了直前 5 分間は退出できません。
- ・ 試験中の不正行為は厳重に取り締まり，発見した場合は正規の手続きを行います。
- ・ 本紙（問題）は，持ち帰って構いません。ただし，**著作権は出題者が保持**します。
インターネット上や書籍で公開される場合には，許可をとってください。

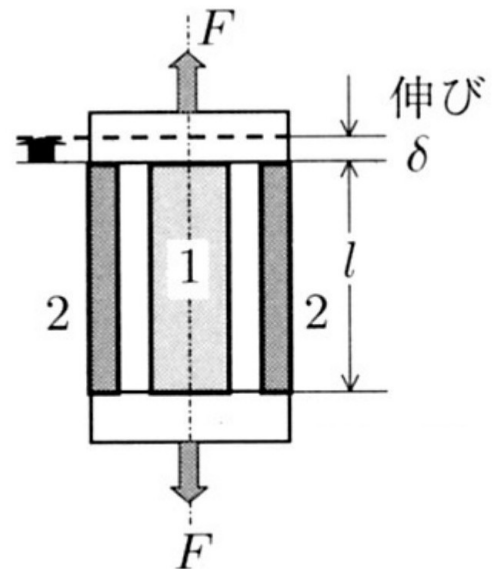
問 1

平面応力状態($\sigma_z = 0, \tau_{zx} = \tau_{yz} = 0$) で, $\sigma_x = 80, \sigma_y = -80, \tau_{xy} = \tau_{yx} = 60$ のとき,

- (1) 応力状態を Mohr 円上に図示しなさい.
- (2) 応力の一次不変量 J_1 はいくらか.
- (3) Mohr 円から, 2つの主応力を読み取りなさい.
- (4) 線形代数学を用いて (行列の固有値計算から), 主応力 σ_1, σ_2 を求め, (3)と一致することを確認しなさい.
- (5) 主軸を求め, (2)の Mohr 円と一致することを確認しなさい.

問 2

図に示すように, 丸棒材 1 を円管 2 の中に挿入し両端を固定した長さ l の試験片を引っ張る. このとき, 棒材 1 と円管 2 は断面積が等しく ($s_1 = s_2 = s$), ヤング率も等しい ($E_1 = E_2 = E$) 弾完全塑性材料とする. ただし, 両者の降伏応力は 2 倍異なる ($Y_1 = 2Y_2 = Y$) ものとする.



- (1) 引張荷重 F と変位 δ の関係を, (a) 棒材 1, 円管 2 とともに弾性, (b) 一方が弾性, 他方が塑性, (c) とともに塑性の場合について求め, 図示しなさい.
- (2) 棒材 1, 円管 2 とともに塑性の状態(c)から除荷した場合の, 長さの減少量を答えなさい.
- (3) 除荷後の丸棒材 1 と円管 2 の長さ方向の残留応力をそれぞれ求めなさい.

問 3

直径 $2r$, 高さ h のアルミニウムの円板を表面が粗い 2 枚の平板工具で挟んで軸方向 (高さ方向) に圧縮する. このとき, 円板と平板工具の間の圧力 q の半径方向分布を求めて図示しなさい. また, 圧縮荷重 P を求めなさい. ただし, このアルミニウムはせん断降伏応力が k で Mises の降伏条件に従い, 円板と平板工具の間は固着摩擦(せん断摩擦応力: $\tau=k$)が仮定できるものとする.

問 4

上下一対の半径 100 mm のロールを有する圧延機で、厚さ $h_0=2.00$ mm, 幅 $b_0=50.0$ mm, 長さ $l_0=300$ mm のアルミニウム板を冷間圧延する. このとき, 次の問いに答えよ.

(1) ロールが 600 rpm で回転するとき, ロール周速 v_R を [m/s] の単位で答えよ.

圧延を行ったところ, アルミニウム板の寸法は, 厚さ $h_1=1.20$ mm, 幅 $b_1=50.0$ mm, 長さ $l_1=500$ mm となった.

(2) この圧延の圧下率 r [%] はいくらか.

(3) この圧延の圧下ひずみ (厚さ方向の真ひずみ) ϵ_h を求めよ.

(4) この圧延の, 幅広がりひずみ (幅方向の真ひずみ) ϵ_w と延伸ひずみ (長さ方向の真ひずみ) ϵ_l を求めよ.

(5) 変形が比例負荷と仮定し, この圧延の相当塑性ひずみ $\bar{\epsilon}$ を求めよ.

(6) この圧延時の, 板とロールの (a) 投影接触長さ L [mm] と, (b) 噛み込み角 α [°] を求めよ.

この圧延において, 板の圧延機からの排出速度は, $v_1=6.50$ m/s であった.

(7) このとき, 板の圧延機への侵入速度 v_0 は, いくらか.

(8) 中立点における板の厚さ h_m はいくらか. また, 中立点は, 最小ロールギャップ位置より, 何 mm 上流に位置するか.

(9) 板に前方張力を作用させると, 中立点は上流/下流のどちらに移動するか.

問 5

(1) 密度 7.87 Mg/m³, 比熱 462 J/kgK の鉄鋼の棒を室温 20°C で, 50% の高さまで断熱的に単軸圧縮するとき, 圧縮後の温度は何 $^\circ\text{C}$ になるか答えなさい. ただし, この棒は, 単軸引張の降伏応力が 400 MPa の Mises の降伏条件に従う剛完全塑性体で, 塑性仕事の熱への変換効率 β は 1 と仮定できるものとする.

(2) 「クーロン摩擦則」と「せん断摩擦則」の違いを説明しなさい.

(3)

「関連流動則 (連合流れ則)」と「ドラッカーの仮説」の関連性を説明せよ.

(4) ひずみとして, 弾性力学ではもっぱら公称ひずみを使用するのに対して, 塑性力学では真ひずみ (対数ひずみ) を用いる理由を説明せよ.

(5) 押出し加工によって製造される工業製品を例示しなさい.

以上

公 式 集

1. 単位

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf/mm}^2 = 9.80665 \text{ MN/m}^2 = 9.80665 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1013.25 \text{ hPa}$$

2. Hooke の法則

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} \{ \sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z) \} \quad , \quad \gamma_{yz} = \frac{1}{G} \tau_{yz}$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} \{ \sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x) \} \quad , \quad \gamma_{zx} = \frac{1}{G} \tau_{zx}$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} \{ \sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y) \} \quad , \quad \gamma_{xz} = \frac{1}{G} \tau_{xy}$$

または,

$$(\varepsilon_{ij}^e)' = \frac{1}{2G} \sigma'_{ij} \quad , \quad \varepsilon_v = \frac{\sigma_{ii}}{3K}$$

ここで,

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad , \quad K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

3. Mises の降伏条件

$$\begin{aligned} Y = \bar{\sigma} &= \sqrt{\frac{3}{2} \sigma'_{ij} \sigma'_{ij}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2} \{ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \}} \end{aligned}$$

4. Tresca の降伏条件

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} (\sigma_I - \sigma_{III}) = k$$

5. Levy-Mises の式

$$d\varepsilon_{ij}^p = \frac{3d\bar{\varepsilon}}{2\bar{\sigma}} \sigma'_{ij}$$

$$\text{ここで, } d\bar{\varepsilon} = \sqrt{\frac{2}{3} d\varepsilon_{ij}^p d\varepsilon_{ij}^p}$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{\{ (d\varepsilon_x^p - d\varepsilon_y^p)^2 + (d\varepsilon_y^p - d\varepsilon_z^p)^2 + (d\varepsilon_z^p - d\varepsilon_x^p)^2 + \frac{3}{2} \{ (d\gamma_{xy}^p)^2 + (d\gamma_{yz}^p)^2 + (d\gamma_{zx}^p)^2 \} \}}$$