



平成 30 年度 前期中間試験 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 30 年 6 月 13 日 (水)
13 : 15 - 14 : 15 **【60 分間】**

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、かつ、 $\sigma_x = 0, \sigma_y = 0, \tau_{xy} = \tau_{yx} = 100$ の純粋せん断応力状態にあるとき、

- (1) 応力状態を Mohr 円上に図示しなさい。
- (2) Mohr 円から、2つの主応力を読み取りなさい。
- (3) 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、(2)と一致することを確認しなさい。
- (4) 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

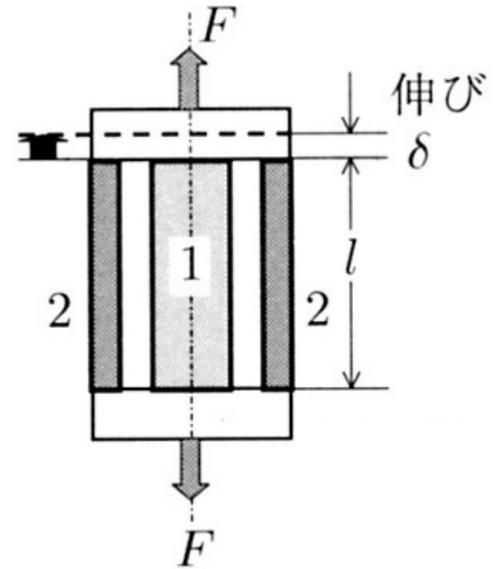
直径 8mm、長さ 100mm のアルミニウム合金の丸棒がある。この丸棒は、初期の単軸降伏応力は 50MPa で、その後の降伏応力（後続降伏応力） $Y(\text{MPa})$ は、相当ひずみ $\bar{\varepsilon}$ の関数として以下のように表される剛塑性体であるとして以下の問いに答えよ。ただし、応力・荷重値は小数点以下 1 桁、ひずみ値は小数点以下 3 桁まで答えること。

$$Y = 50 (1 + \bar{\varepsilon})^{1.14}$$

- (1) この丸棒を軸方向に引張荷重を作用させてゆっくりと引っ張る。最初に降伏するときの引張荷重はいくらか。
- (2) さらに引っ張りを続けると、長さが 110mm となった。このときの長さひずみを、
(a) 真ひずみと(b) 公称ひずみで答えなさい。
- (3) (2)の状態、すなわち長さが 110mm の状態になったときの引張荷重はいくらか。
- (4) この状態（長さが 110mm の状態）から負荷方向を反転し、すなわち圧縮荷重を作用させて、棒を軸方向に圧縮した。長さが初期の長さと同じ 100mm にもどったときの、(a) 相当ひずみと、(b) 圧縮荷重を答えよ。
- (5) (4)の状態から再度負荷方向を反転し、すなわち引張荷重を作用させて、棒を引っ張った。棒にくびれが生じる瞬間における (a) 棒の長さと (b) 引張荷重を答えよ。

問 3

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。
- (4) この残留応力を実験的に測定するために考えられる方法を述べよ。

問 4

- (1) 相当塑性ひずみ増分は降伏曲面に垂直であると仮定されると、次式(関連流動則)で導出することが可能となる。

$$d\varepsilon_{ij}^p = d\lambda \frac{\partial \bar{\sigma}}{\partial \sigma_{ij}} \quad d\varepsilon_x^p \quad d\gamma_{xy}^p$$

公式集の Mises の降伏条件の相当応力式を用いて、(a) および、(b) を、比例定数 $d\lambda$ および偏差応力成分を用いて表せ。

- (2) 剛塑性材料の平面ひずみ変形()において、拘束方向 (z 方向) の応力成分 σ_z は、平均応力と等しいを示しなさい。
- (3) 工業的な金属構造材料の流動応力 (変形抵抗) の温度依存性と、ひずみ速度依存性が、冷間の場合と熱間の場合でどのように異なるか説明しなさい。
- (4) クーロンの摩擦則は、面圧が過大な場合は成立しないことが知られている。その

理由を簡単に説明せよ.

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

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

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

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

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

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

3. Mises の降伏条件

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

4. Tresca の降伏条件

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) = k$$

5. Levy-Mises の式

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

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

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