



平成 28 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 28 年 7 月 27 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

直径 10.0mm, 長さ 100mm の銅合金の丸棒がある. この丸棒は, 単軸の流動応力(変形抵抗) $Y(\text{MPa})$ が, 相当ひずみ $\bar{\epsilon}$ 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, 応力値は小数点以下 1 桁まで答えること.

$$Y = 75 (1 + \bar{\epsilon})^{1.15}$$

- (1) この棒を軸方向に 1mm/min でゆっくりと圧縮する. このときの初期ひずみ速度はいくらか, 単位とともに答えよ.
- (2) 圧縮荷重がいくらになったときに丸棒が降伏するか.
- (3) さらに圧縮を続けると, 長さが 95.0mm となった. このときの長さひずみ, すなわち軸方向ひずみを, (a)公称ひずみと(b)相当ひずみで答えなさい. また, このときの(c)圧縮荷重を答えなさい.
- (4) 次に, 負荷方向を逆転させる. すなわち棒を 95.0mm の状態から 5mm/min で引っ張る. 元の長さ, すなわち 100mm となったときの引張荷重はいくらか.
- (5) さらに,引っ張りをつづけると, 棒にくびれが発生した. このときの(a)棒の長さと(b)引張荷重を答えよ.

問 2

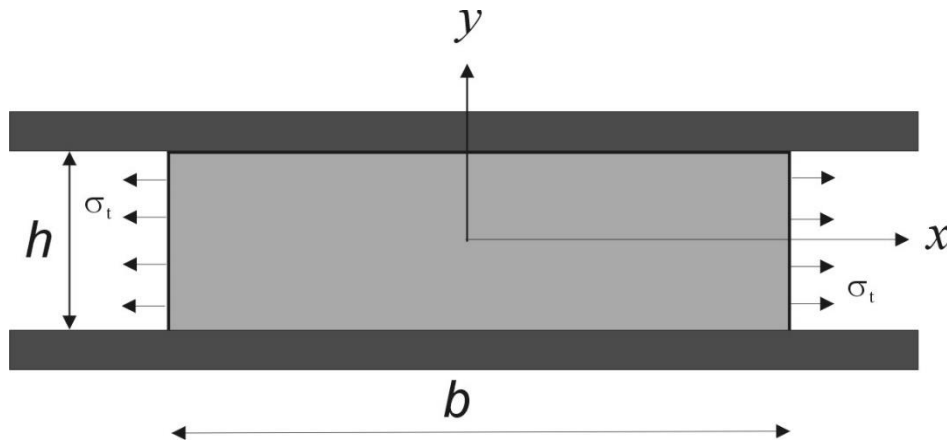
せん断降伏応力が $k=200\text{MPa}$ の薄肉の鋼の円管がある.

- (1) 鋼管の単軸引張時の降伏応力 Y はいくらか. (a) Tresca の降伏条件に従うとき, (b) Mises の降伏条件にしたがうとき, それぞれについて答えよ.
- (2) この円管に軸方向に引張応力 100MPa を付加する. このとき, 100MPa は降伏応力より小さいので, 円管は弾性状態である. 次に, 軸方向引張応力 100MPa を保ちながら, 円管をねじる. いくらのせん断応力で降伏するか. (a) Tresca の降伏条件に従うとき, (b) Mises の降伏条件にしたがうとき, それぞれについて答えよ.

問3

厚さ h 、幅 b の金属薄板を平行な工具間で平面ひずみ圧縮する。ただし、板の両側面には、張力 σ_t が作用する。板は Mises の降伏条件 に従う材料で、その単軸降伏応力は Y とする。また、上工具は表面が粗く、上工具と板との間の摩擦は せん断摩擦則 (摩擦せん断応力 $\tau = Y/\sqrt{3}$) に従うが、下工具の表面は滑らかで、下工具と板との間に摩擦は作用しないものとする。

- (1) 金属板中に、幅 dx 、高さ h の微小要素をとり、工具面圧を q として、水平方向 (x 方向) の釣合い式を示しなさい。
- (2) (1)の微小要素が満足すべき降伏条件を q および Y を用いて示しなさい。
- (3) 板端の境界条件を示しなさい。
- (4) (1)~(3)より工具面圧 q の x 方向分布を求め、図示しなさい。そして張力 σ_t の増加とともに、工具面圧分布はどのように変化するか、説明しなさい。



問4

- (1) 「押出し」加工で製造される工業的な製品を答えなさい。
- (2) 圧延における「中立点」とは何か説明しなさい。
- (3) 「剛塑性体」、「剛完全塑性体」、「弾完全塑性体」の違いを説明しなさい。
- (4) 古城先生の講義を聞いて、記憶に残ったことを理由とともに述べなさい。
- (5) 「関連流動則 (連合流れ則)」とは何か、簡単に説明しなさい。

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

$$Y = \bar{\sigma} = \sqrt{\frac{3}{2} \sigma'_{ij} \sigma'_{ij}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2} \{ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \}}$$

4. Tresca の降伏条件

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

5. Levy-Mises の式

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

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

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