平成 27 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 27 年 7 月 29 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

平面ひずみ状態（εz=0, dεz=0）で， $\sigma_x=180, \sigma_y=0,\ \tau_{xy}=\tau_{yx}=-120$ のとき、

(1) σ_z を求めなさい.

(2) 偏差応力成分 $\sigma'_x, \sigma'_y, \sigma'_z$ を求めなさい。

(3) xy 面上での応力状態を Mohr 円上に図示しなさい。

(4) Mohr 円から、２つの主応力 σ_1, σ_3 を読み取りなさい。ここで，中間主応力 σ_3 は σ_z と一致する筈である。

(5) 線形代数学により（行列の計算から）、主応力 σ_1, σ_3 を求め，(4)と一致することを確認しなさい。

(6) 不変量 $J_1=\sigma_x+\sigma_y+\sigma_z$ を求めなさい。

(7) (4)または(5)で求めた主応力を用いて、$J_1=\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3$ を計算し、(6)と同じ結果になることを確認しなさい。

問２

直径 10.0mm、長さ 100mm の銅合金の丸棒がある。この丸棒は、降伏応力 Y(MPa)が、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、応力値は小数点以下１桁まで答えること。

$$Y=100\ (1+\bar{\varepsilon})^{1.15}$$

(1)　この棒の 0.2%耐力はいくらか。

(2)　この棒を軸方向に 3mm/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.

(3)　圧縮を続けると，圧縮荷重がいくらになったときに降伏するか。

(4)　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。

(5)　次に、負荷方向を逆転させる。すなわち棒を 95.0mm の状態からゆっくりと 3mm/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。

(6)　さらに、引っ張りをつづけると、棒にくびれが発生した。このときの棒の長さはいくらか。

問３

剛体の力学では，摩擦力 $\boldsymbol{F}$ の大きさ F は，垂直力 $\boldsymbol{N}$ の大きさ N に比例すると仮定されることが多い。そして，その比例定数 μ は，一般に摩擦係数と呼ばれている。

(1) 上記の摩擦の法則の名前を答えなさい。

(2) 材料の力学では応力解析が行われる。摩擦の作用面の垂直圧力(面圧)の大きさを p，生じる摩擦せん断応力の大きさを τ とすると，(1)の法則は，p, τ, μ を用いた数式で表すことができる。その数式を答えなさい。

(3)上記の法則は，面圧 p の増加とともに，摩擦せん断応力 τ は増加するが，摩擦係数 μは不変であることを意味している。摩擦係数 μ が変化しない理由と，摩擦せん断応力τ が，面圧 p の増加とともに増加する物理的な理由を答えなさい。

(4) 塑性加工プロセスでは面圧 p は非常に大きな値となることがある，その様な場合には上記の法則は成立しなくなり，面圧 p を増加させても，τ の増加はゆるやかとなり，ある一定値に漸近する。そして，その一定値以上の値をとることはない。この一定値はどのような値に相当するか，理由を添えて答えなさい。

(5) (4)に示したように，摩擦せん断応力が面圧によらず一定値となるという摩擦の法則の名称を答えよ。

問４

塑性構成式としては，以下の Levy-Mises の式が用いられることが多い。

$$d\varepsilon_{ij}{}^{p} = d\lambda\sigma'_{ij}$$

(1) ここで，増分理論が用いられる理由を簡単に説明せよ。すなわち，（偏差）応力成分と関連付けられるのが塑性ひずみ成分 $\varepsilon_{ij}{}^{p}$ ではなく，塑性ひずみ増分成分 $d\varepsilon_{ij}{}^{p}$ である理由を述べなさい。

(2) 上式の比例定数は，相当応力 $\overline{\sigma}$ と相当ひずみ増分 $\overline{d\varepsilon}$ を用いて次のように表せることを示せ。

$$d\lambda = \frac{3\overline{d\varepsilon}}{2\overline{\sigma}}$$

問５

(1) Tresca の降伏条件と，Mises の降伏条件の違いを簡単に説明しなさい。

(2) 圧延における「中立点」とは何か説明しなさい。

(3) 飲料缶の成形方法について簡単に説明しなさい。また，どのような材料が使用されているか，理由とともに説明しなさい。

(4) 超塑性現象と，その発現機構について簡単に説明しなさい。

公　式　集

1.　単位

1 Pa=1 N/m^2　　1 kgf = 9.80665 N

1 kgf/mm^2 = 9.80665 MN/m^2=9.80665 MPa　　1 atm=760mmHg=1013.25 hPa

2.　Hooke の法則

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

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

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

または、

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

ここで、

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

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

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

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

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