第１章　演習問題及び解答

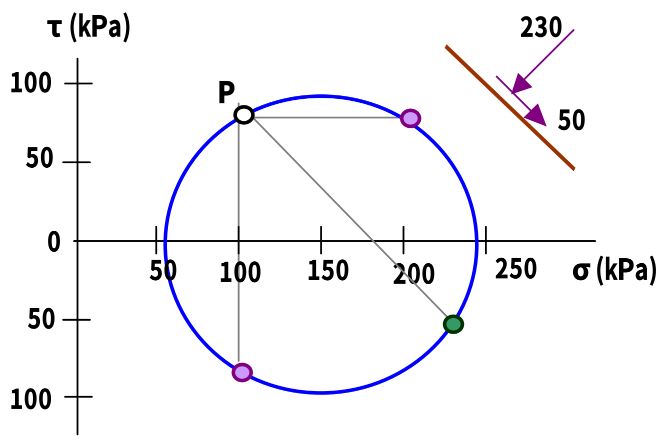
【演習1.1】

問１）次の３つの応力状態に対するモール円を描き、極の作図を用いてAA面上の応力（σ，τ）の応力点を定め、応力の値と作用方向を調べよ。(1)については主応力（σ_1，σ_2）と最大せん断応力τ_{max}の値及び作用方向も調べよ。（kPa単位）

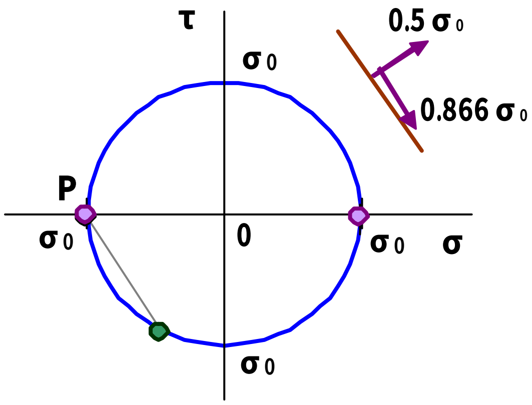
解）(1) 図－1.5 の応力記号により

σ_x＝100，σ_z＝200，τ_{xz}＝80

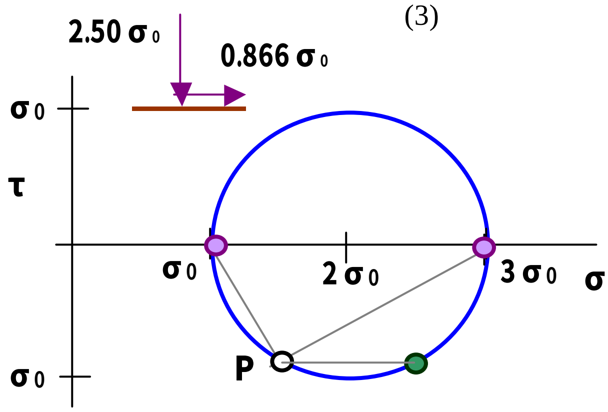
であるから、水平・鉛直面の(σ,τ)を表す２つの応力点をプロットして、モール円が描かれる。極Ｐを作図で定め、点Ｐから右下45°方向に線を引いてAA面上の応力(σ＝230kPa，τ＝50kPa)が求まる。σは圧縮、τは時計回りである。式(1.2)よりτ_{max}＝94.3kPa，(σ_1,σ_2)＝150±94.3＝(244，55.7)kPa であり、主面やτ_{max}の作用面の方向は極Ｐから対応する応力点を結ぶ直線の方向で与えられる。



(2)



(3)



問２）三軸圧縮試験において（σ_1，σ_3）が次の組み合せのとき、水平からα＝45°，60°面上の応力（σ，τ）を計算とモール円を用いて求めよ。（kPa単位）

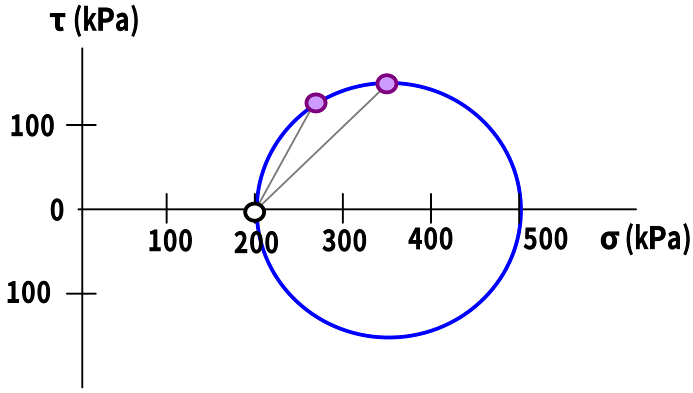
①σ_1＝500，σ_3＝200　　②σ_1＝400，σ_3＝0　　③σ_1＝σ_3＝200

解）①側圧σ_3＝200kPa，軸圧σ_1＝500kPa の三軸圧縮応力状態に対応する。

α＝45°→　σ＝350，τ＝150

α＝60°→　σ＝275，τ＝130

（τは反時計回り）

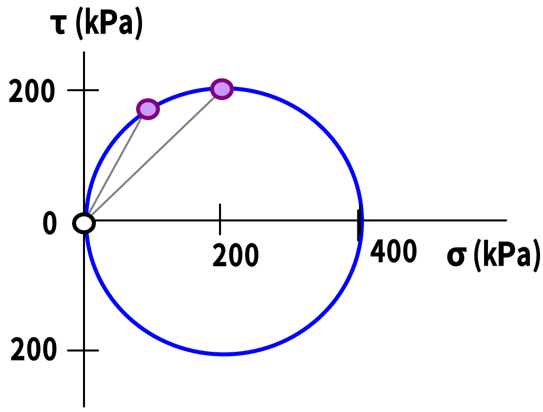


②一軸圧縮試験（軸圧＝400kPa）の応力状態に対応する。

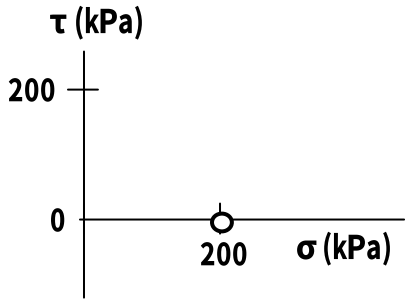
α＝45°→　σ＝200,　τ＝200

α＝60°→　σ＝100,　τ＝173

（τは反時計回り）



③供試体の周囲から一様な圧縮応力を受ける等方圧縮応力状態である。$\sigma_1 = \sigma_3$＝200kPaとなるからモール円は点で表され、αに無関係に　σ＝200,　τ＝0



問３）上問の①において、供試体の高さがH＝12cm、直径がｄ＝5.0cmのとき、それぞれの変化量⊿H，⊿ｄおよび体積ひずみｅと体積圧縮量⊿Vを求めよ（E＝20MPa,　ν＝0.35）。

解）σ_1＝軸圧＝500kPa,　$\sigma_2 = \sigma_3$＝側圧200kPa　の主応力状態で、３次元のフック則より

ε_1＝{500－0.35(200＋200)}/20000＝0.0180　→　⊿H＝2.16mm（圧縮）

ε_3＝{200－0.35(500＋200)}/20000＝－2.25×10^{-3}　→　⊿ｄ＝－0.113mm（伸張）

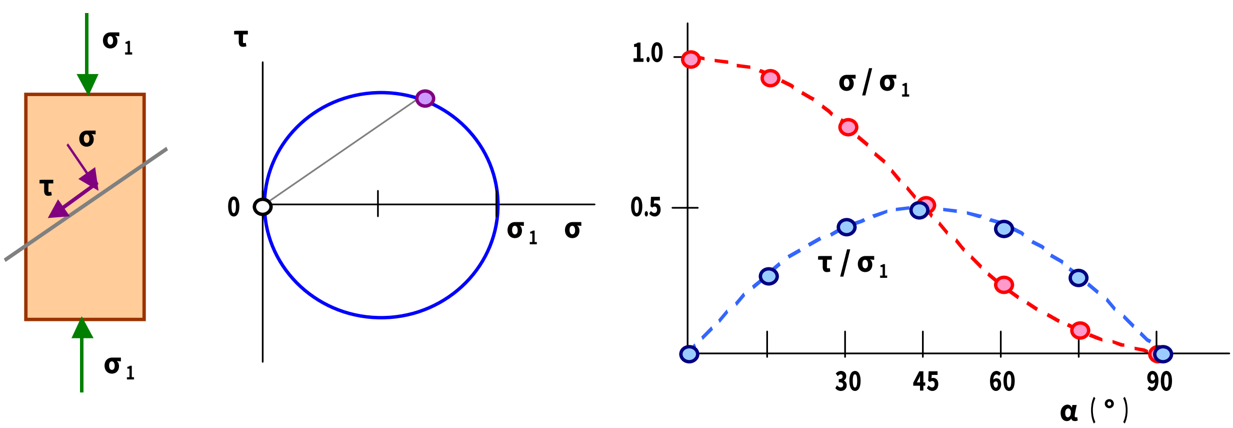
ｅ＝$\varepsilon_1 + 2\varepsilon_3$＝0.0135,　V＝236$cm^3$　→　⊿V＝3.19cm^3（圧縮）

問４）一軸圧縮試験（H＝12cm,　ｄ＝5.0cm）において軸荷重Ｐ＝120N を載荷したとき、軸圧縮量⊿H＝1.8mm であった。この土の変形係数（弾性率）はいくらか。また、水平から角度αの面上の応力（σ,　τ）の関係を　α＝0～90°の間で図示せよ。

解）ε＝⊿H/H=0.015,　A＝19.6cm^2,　σ＝120/19.6＝6.12N/cm^2＝61.2kN/m^2＝61.2kPa

→　E＝σ/ε＝4080kPa＝4.08MPa

モール円及びα面上の応力（σ,τ）とαの関係は下図のようになる。



【演習1.2】

問１）図のブロックすべり（底面積Ａ）に関する現況の安全率F_sを求めよ。また、$F_s \geqq 1.8$ にするためには斜面の傾斜角をいくらにしたらよいか。

解）ブロック自重Wを斜面に垂直のＮ力と平行のＴ力に分解すると

$N = W\cos 30° = 866N$　（$\sigma = 17.3N/cm^2 = 173kN/m^2 = 173kPa$）

$T = W\sin 30° = 500N$　（$\tau = 10.0N/cm^2 = 100kPa$）

せん断抵抗力は　$T_f = N\tan 40° = 727N$　（$\tau_f = 145kPa$）と計算されるから、安全率は

$$F_s = T_f/T = 727/500\ (= \tau_f/\tau = 145/100) = 1.45$$

※（　）内に応力による計算値を示す。答えは同じだが、なるべく応力で計算した方が良い。

※この問題のように、$c = 0$ だと、$F_s = \tan\phi/\tan\theta = \tan 40°/\tan 30° = 1.45$、となり安全率はブロックの重さＷや接触面積Ａの大きさに無関係である。

上のコメントのように、この場合は斜面の角度だけで安全率が定まるから

$$F_s = \tan\phi/\tan\theta \geqq 1.8 \quad \rightarrow \quad \tan\theta \leqq \tan 40°/1.8 = 0.466 \quad \rightarrow \quad \theta \leqq 25.0°$$

問２）図のブロックすべりに関する現況の安全率F_sを求めよ。また、斜面に平行にアンカーして $F_s \geqq 1.5$ に改良するとき、必要アンカー力Ｆはいくらか。

解）ブロック重量：$W = 4000kN/m$（単位奥行き当たり）

垂直力成分：$N = W\cos 35° = 3280kN/m$　（$\sigma = 164kN/m^2 = 164kPa$）

せん断力成分：$T = W\sin 35° = 2290kN/m$　（$\tau = 115kPa$）

せん断抵抗力：$T_f = 30 \times 20 + 3280\tan 30° = 2490kN/m$

（$\tau_f = 30 + 164\tan 30° = 125kPa$）

→　安全率：$F_s = 2490/2290\ (= 125/115) = 1.09$

アンカー力Ｆにより滑動力Ｔが減るから

$$F_s = T_f/(T - F) = 2490/(2290 - F) \geqq 1.5 \quad \rightarrow \quad F \geqq 630kN/m$$

問３）コンクリート壁に水圧が作用するとき、壁の滑動(横すべり)と転倒に関する安全率F_sを求めよ。また、滑動に関して$F_s \geqq 1.5$ にするために必要な水平アンカー力Ｆと、Ｆを加えた時の転倒安全率を求めよ。アンカーは壁頂部から１m下に設置する。

解）単位奥行き当たりで計算すると

水圧合力：$T = \gamma_w H^2/2 = 123kN/m$

コンクリート壁の重さ：$W = \gamma_c \times (5 \times 2) = 240kN/m$

滑動に関する安全率：壁底面に作用するせん断抵抗力を計算して

$T_f = 20 \times 2 + 240 \times 0.45 = 148kN/m \quad \rightarrow \quad F_s = 148/123 = 1.20$

転倒に関する安全率：壁前面点Aに関する抵抗力と滑動力のモーメントを比較して

$F_s = M_R/M_D = (240 \times 1)/(123 \times 5/3) = 240/205 = 1.17$

滑動に関するアンカー力の計算は上問と同じであるから

$F_s = T_f/(T - F) = 148/(123 - F) \geqq 1.5 \quad \rightarrow \quad F \geqq 24.3kN/m$

Ｆを加えたことにより抵抗モーメントが増し、転倒に関する安全率は

$F_s = (240 \times 1 + 24.3 \times 4)/(123 \times 5/3) = 337/205 = 1.64$