

平成17年度土質力学第二 期末テスト(2007.2.15)解答例

1. 土の強度に関する以下の英語を和訳せよ。(8)

i) undrained shearing, ii) triaxial compression test, iii) sampling disturbance, iv) soil liquefaction

解答: i)非排水せん断、ii)三軸圧縮試験、iii) サンプルングによる乱れ、iv)(土の)液状化

2. 以下の用語を英訳し、簡単に説明せよ(15)

i) 一軸圧縮強度、 ii) ダイレイタンシー、 iii) K_0 圧密

解答:

i) unconfined compression strength :

一軸圧縮試験で得られる、最大圧縮応力 q_u 、飽和粘土の場合、理論的には非排水せん断強度 c_u は $c_u=q_u/2$ となる。ただし、乱れの影響を受けやすい。また、練り返し粘土の q_{ur} との比 $St=(q_u/q_{ur})$ は鋭敏比といい土の乱れやすさの指標となる。

ii) Dilatancy:

粒状体特有のせん断を受けた場合の体積変化特性。密に詰まった土では、正のダイレイタンシー(体積膨張)、緩く詰まった土では、負のダイレイタンシー(体積圧縮)を示す。もし、体積変化を許さない非排水条件のせん断が飽和とに対してなされると、ダイレイタンシー特性によって前者(著しい過圧密粘土)では、負の過剰間隙水圧が、後者(軽い過圧密、正規圧密粘土)では、正の過剰間隙水圧が発生する。

iii) K_0 consolidation / at rest consolidation:

側方ひずみ $\varepsilon_h=0$ の一次元変形状態での圧密。標準圧密試験はこの状態における圧密試験である。

K_0 値とはこの時の水平有効応力 σ'_h と鉛直有効応力 σ'_v の比であり、 $\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$

3. 図-1に示すような滑らかな壁面の鉛直擁壁で支えられた飽和砂地盤(地下水位:地表面)を考える。砂は K_0 状態で堆積しており、 K_0 値は0.5である。また、この砂の物理特性、強度定数は図に示す通りである。水の単位体積重量を 10kN/m^3 として、以下の問いに答えよ。(24)

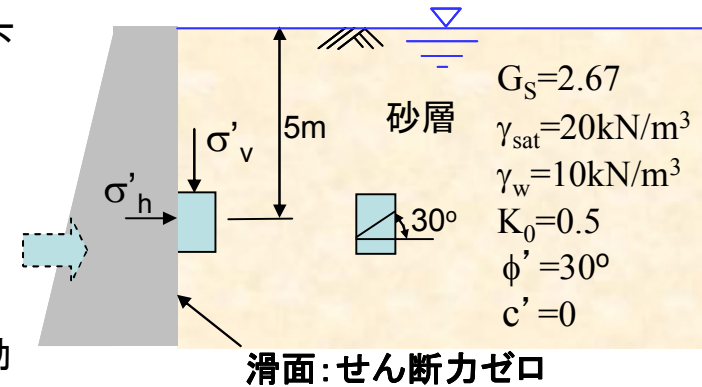


図-1

(1) この砂の間隙比はいくらか? (4)

以下では壁に面した深さ5mの土要素について考える。

(2)土要素の鉛直全応力(σ_v)、鉛直有効応力(σ'_v)、水平全応力(σ_h)、水平有効応力(σ'_h)はそれぞれいくらか?

(3)土要素の有効応力に関するモールの円を描き、極の位置を示し、図に示す水平角 30° の面の有効応力成分(σ'_{30}, τ'_{30})を求めよ。

(4)この擁壁を図に示すように背面方向にゆっくり移動させることにより水平応力を増加させ、壁面直近の土を破壊させる。

この時の土要素の有効水平直応力(σ'_{hf})はいくらか?

(5)(4)における有効応力のモール応力円を描き、極の位置を示せ。

(6)この状態において破壊条件を満足している面の傾きを求めよ。

解答:

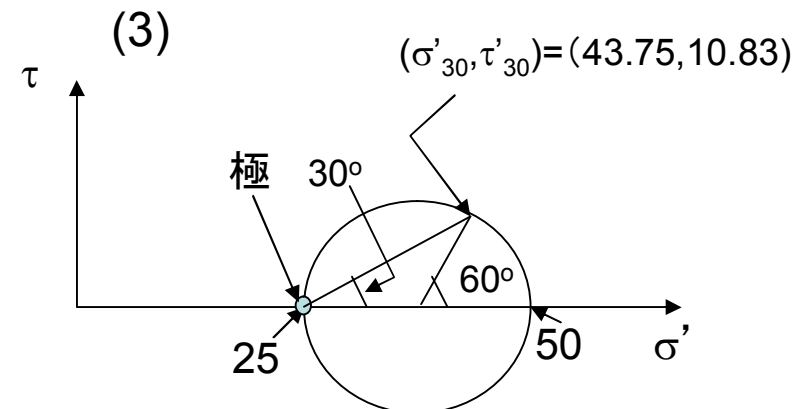
$$(1) \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w = \gamma_{sat} \Rightarrow \frac{2.67 + e}{1 + e} = 2 \quad \therefore e = 0.67$$

(2) 深さ5mにおいて

$$u = 5\gamma_w = 50\text{kPa}$$

$$\sigma_v = 5\gamma_{sat} = 100\text{kPa}, \quad \sigma'_v = 5\gamma_{sat} - u = 50\text{kPa}$$

$$\sigma'_h = K_0\sigma'_v = 25\text{kPa}, \quad \sigma_h = \sigma'_h + u = 75\text{kPa}$$



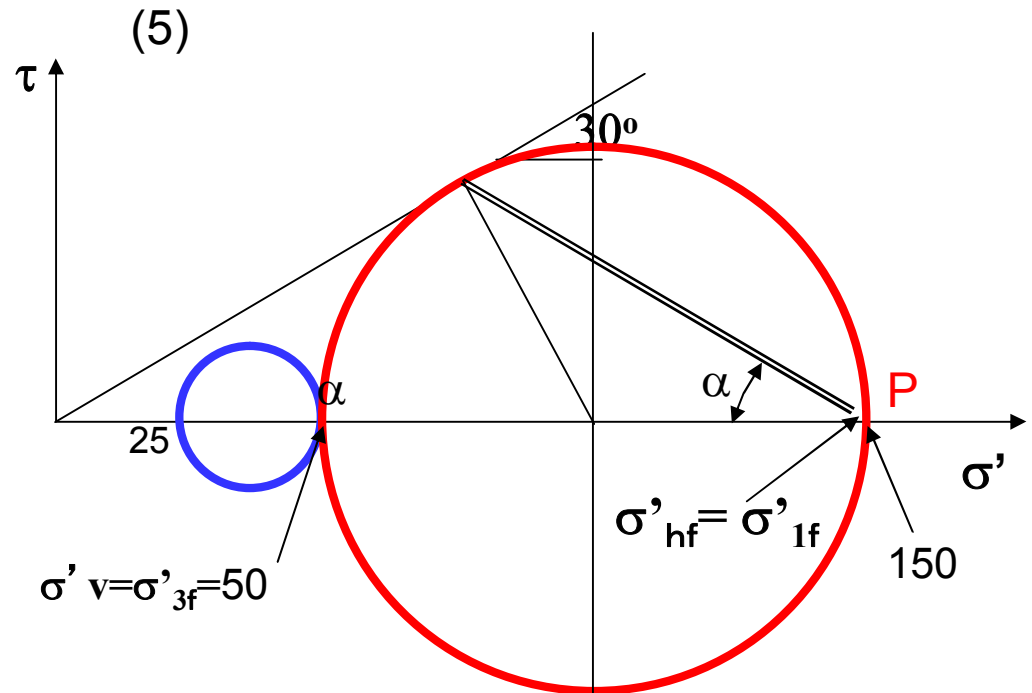
(4) モール・クーロン式

$$\frac{\sigma'_{1f} - \sigma'_{3f}}{2} = c' \cos \phi' + \frac{\sigma'_{1f} + \sigma'_{3f}}{2} \sin \phi'$$

$\sigma'_{3f} = 50 \text{ kPa}, c' = 0, \phi' = 30^\circ$ を代入

$$\sigma'_{hf} = \sigma'_{1f} = 4 \left(\frac{3}{4} \sigma'_{3f} \right) = 150 \text{ kPa}$$

(6) $\alpha = 45^\circ - \phi'/2 = 30^\circ$



4. 最大先行圧密圧力が50kPaの飽和粘土供試体に対して三軸セル内で以下のような試験を行った。

i) まずセル圧200kPaで等方圧密する。ii) 圧密終了後、B値を求めるために、非排水条件で等方的にセル圧を100kPa上昇させる。iii) B値測定後、セル圧を200kPaに戻し、セル圧一定の下で非排水圧縮せん断試験を行う。この時、破壊時偏差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f = 160 \text{ kPa}$ 、破壊時過剰間隙水圧 $(\Delta u_f) = 120 \text{ kPa}$ であった。以下の問いに答えよ。(22)

- (1) この粘土供試体が完全に飽和しているとする、ii)において生じる間隙水圧 (Δu) およびB値はいくらか？(5)
- (2) この粘土の破壊時間隙水圧係数 A_f はいくらか？(4)
- (3) 破壊時の鉛直有効応力 $(\sigma'_1)_f$ はいくらか？(4)
- (4) この粘土は正規圧密状態であり有効粘着力 $c' = 0$ とすると、有効摩擦角 (ϕ') はいくらになるか？(5)
- (5) この供試体の破壊面の直応力 (σ_f) とせん断力 (τ_f) は、それぞれいくらか？(4)

問5:ある粘土試料に対する一連の三軸圧密非排水圧縮試験により、以下の結果を得た。

No.	σ_3 (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ (kPa)	Δu_f (kPa)	σ'_{3f} (kPa)	σ'_{1f} (kPa)	$(\sigma_1 + \sigma_3)_f$ (kPa)
1	100	115	60	40	155	195
2	200	175	130	70	245	315
3	300	235	200	100	335	435

- (1) 圧密終了後、非排水状態として等方的に圧力を上げ間隙水圧係数B値を測定した。B値はいくらか。
- (2) No.1の試験における破壊時間隙水圧係数 A_f はいくらか？
- (3) No.1とNo.3ではどちらの過圧密比OCRが大きいか。また、その理由は？
- (4) この粘土試料の有効応力による強度定数 c' , ϕ' を求めよ。回答には、添付の方眼用紙を用いても良い。

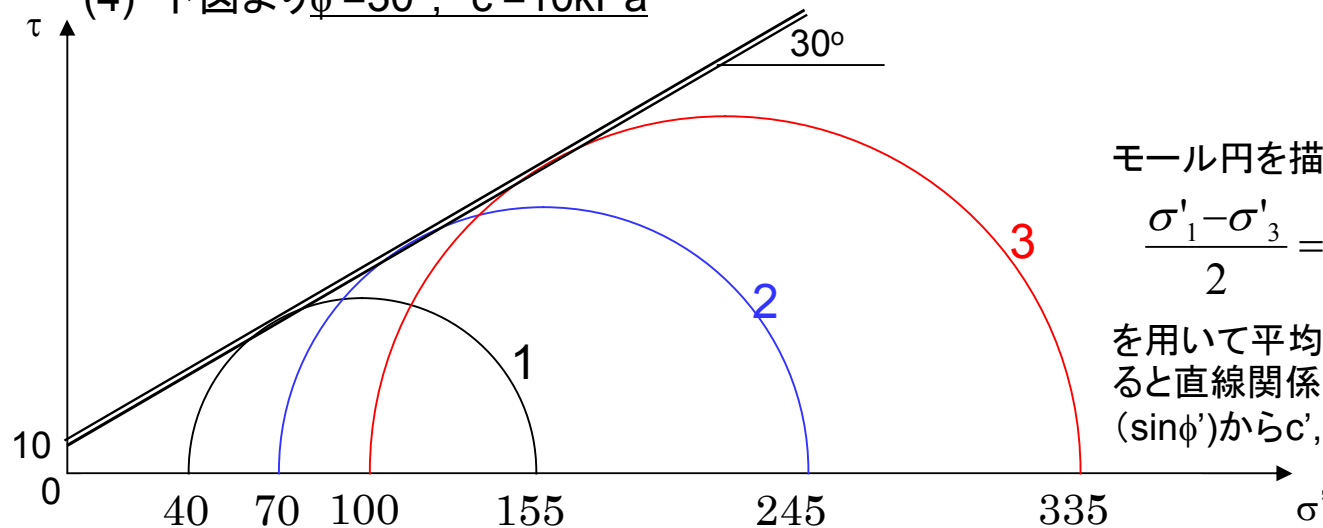
解答

(1) 飽和粘土であるので、 $B=1$

(2) $A_f = 60/115 = 0.52$

(3) No.3の試料は、間隙水圧係数 $A_f = 200/235 = 0.85$ でNo.1より大きい、せん断により大きな正の間隙水圧が生じ(負のダイレイタンス)、正規圧密に近い、従って、OCRが大きいのはNo.1.

(4) 下図より $\phi' = 30^\circ$, $c' = 10 \text{ kPa}$



モール円を描く代わりに、Mohr-Coulomb規準式

$$\frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} = c' \cos \phi' + \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} \sin \phi'$$

を用いて平均主応力と偏差応力の関係をプロットすると直線関係が得られ、そのy切片($c' \cos \phi'$)と傾き($\sin \phi'$)から c' , ϕ' を求めることができる。

5. 等方正規圧密および限界状態線が以下の式で与えられる粘土試料がある。

限界状態線: $v = e + 1 = 3.1 - 0.2 \ln p'$, $q' = 1.2 p'$ 等方正規圧密線: $v = 3.23 - 0.2 \ln p'$, $q' = 0$

等方正規圧密線: 図2に示すようなこの粘土試料のA,B二つの初期状態について、以下の問いに答えよ。
 ここでA点は等方正規圧密線上の $p' = 200 \text{ kPa}$ の点、B点はA点と比体積が同じで $p' = 50 \text{ kPa}$ の点(20)

- (1) A,Bから三軸排水圧縮せん断をすると、それぞれせん断時どのような体積変化を示すか。理由も説明せよ。
- (2) Aから三軸排水せん断試験をした場合、最大軸差応力(q'_f)はいくらになるか。
- (3) A,Bから三軸非排水圧縮せん断をすると、非排水せん断強度はそれぞれいくらになるか。
- (4) この時のAの破壊時間隙水圧(Δu_f)はいくらになるか。

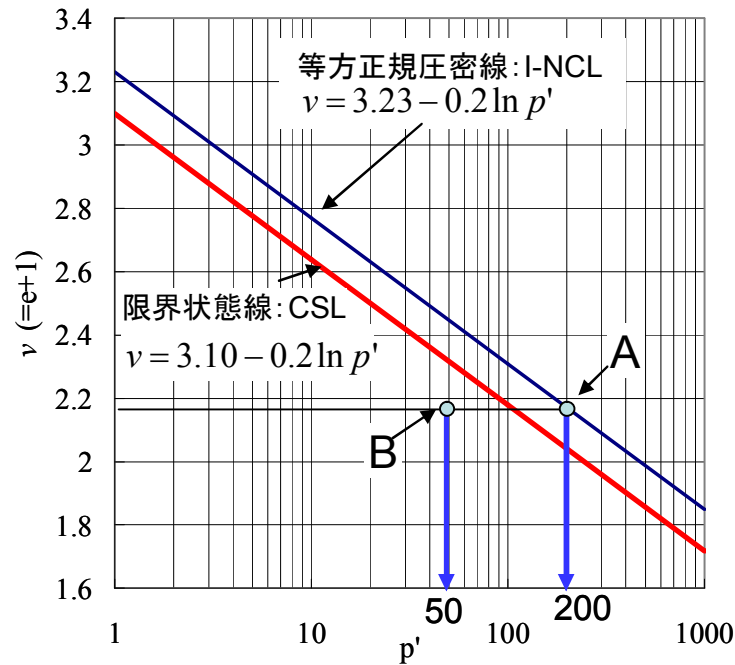


図-2(1) 限界状態線と等方正規圧密曲線の $v-p'$ 関係

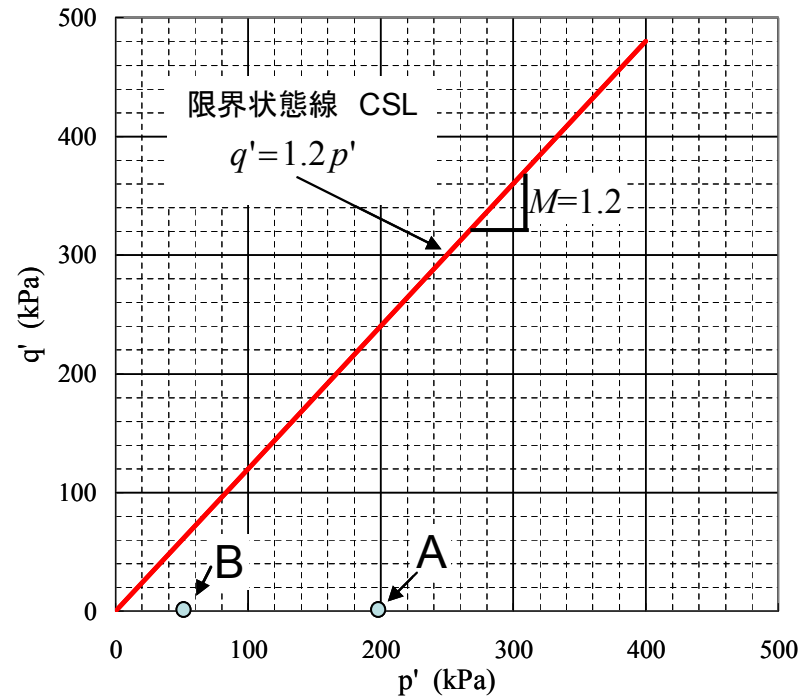


図-2(2) $p'-q'$ 面の限界状態線

- (1) Aは正規圧密状態であり、Wet sideの最も右に位置し、せん断を受けると体積減少を示す。
 一方、Bは過圧密状態でしかもCSLの左側に位置する。従ってせん断により正のダイレイタンス、即ち、体積膨張を示す。
- (2) A点からの三軸排水圧縮試験の応力パスは、図2(2)のA点(200,0)から傾き $q'/p' = 3$ の直線となる。破壊点軸差応力は、この直線とCSL($q' = Mp'$)の交点の q' 。

$$p' = 200 + \frac{q'}{3} \text{を } q' = 1.2p' \text{に代入}$$

$$q'_f = 240 + 0.4q'_f, \quad \therefore \underline{q'_f = 240/0.6 = 400kPa}$$

- (3) $p' = 200kPa$ における正規圧密線上の間隙比 e は

$$v = 3.23 - 0.2 \ln(200) = 2.170$$

この間隙比におけるCSLの p' は

$$p'_f = \exp\left(\frac{\Gamma - v}{\lambda}\right) = \exp\left(\frac{3.1 - 2.170}{0.2}\right) = 104kPa$$

$$\therefore \underline{q'_f = Mp' = 1.2 \times 104 = 125kPa, \quad \therefore c_u = \frac{q'_f}{2} = 62.5}$$

A,Bとも間隙比が同じであるので非排水強度は同じとなる。

- (4) 破壊時の過剰間隙水圧は Δu_f は $\Delta u_f = p - p'$

$$p_f = p_i + \Delta p = 200 + (\Delta\sigma_1 + 2\Delta\sigma_3)/3 = 200 + q_f/3 = 241kPa \quad \therefore \underline{\Delta u = 241 - 104 = 137kPa}$$

6. 砂地盤の液状化対策を1つ挙げ、なぜその対策が有効かを含めてその工法について簡単に説明せよ。(10)

例えば:

締め固め工法

土を締め固めることにより、密にし、せん断に伴うダイレイタンスを負(体積圧縮)から正(体積膨張)に変え、繰り返しせん断により発生する過剰間隙水圧の上昇を抑える。(SCP、サンドコンパクションパイル工法、動圧密工法、バイブロフォローテーション工法)

過剰間隙水圧消散促進工法:

より透水性のよい材料を地盤中に埋め込むことにより繰り返しせん断により発生する過剰間隙水圧の消散を促進し、有効応力の低下を防ぐ。(グラベルドレーン工法)

地下水低下工法:

地下水を低下させ、液状化層を不飽和にすれば、過剰間隙水圧は発生しない。

せん断変形抑制工法

重要構造物の直下や周辺に剛性の高い壁を築くことにより、地震時に生じるせん断変形、或いは繰り返しせん断応力を抑制し、液状化の発生を防ぐ。

強度増加工法:

液状化地盤にセメントや固化剤を混ぜる、或いは注入し、粘着力を持たせ、有効応力が低下しても、強度が極端に落ちないようにする。(DMM工法,薬液注入工法)