

平成20年度土質力学第二 期末テスト(2009.2.12)解答例

1. 土の強度に関する以下の英語を和訳せよ。(8)

i) cohesion, ii) undrained shearing strength, iii) void ratio, iv) sensitivity v) soil liquefaction

解答:i)粘着力、ii)非排水せん断、iii)間隙比、iv)鋭敏比、v)(土の)液状化

2. 以下の用語を英訳し、簡単に説明せよ(15)

i)一軸圧縮試験、ii)ダイレイタンスー、iii)サンプリング時の乱れ

解答:

i) unconfined compression test :

軸対称供試体を側圧ゼロ(大気圧)の下で、鉛直方向に圧縮せん断する試験で得られる最大圧縮応力 q_u は、飽和粘土の場合、理論的には非排水せん断強度 c_u と $c_u=q_u/2$ の関係となる。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、正のダイレイタンスー(体積膨張)、緩く詰まった土では、負のダイレイタンスー(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、ダイレイタンス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。

$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$$

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)

(1) この砂の間隙比はいくらか?

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排水条件がまんぞくされるように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'_{ht})はいくらか?

(5) (4)における有効応力のモールの円を描き、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。

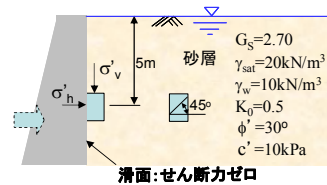


図-1

解答:

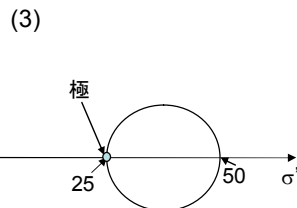
$$(1) \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w = \gamma_{sat} \Rightarrow \frac{2.7 + e}{1 + e} = 2 \therefore e = 0.7, w = \frac{e S_w}{G_s} = \frac{0.7 \times 100}{2.7} = 25.9(\%)$$

(2) 深さ5mにおいて

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

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

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



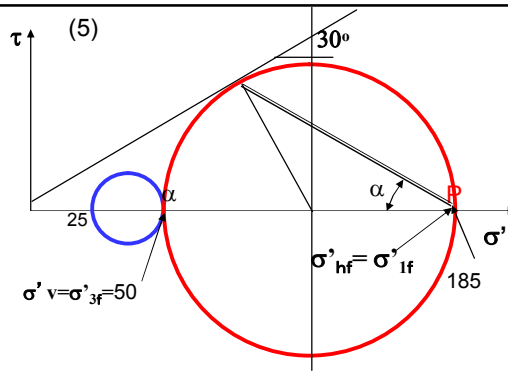
(4) モール・クーロン式

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

$$\sigma'_{3f} = 50 \text{ kPa}, c' = 10 \text{ kPa}, \phi' = 30^\circ \text{ を代入}$$

$$\sigma'_{1f} = \sigma'_{3f} = 4 \left(10 \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{3}{4} \sigma'_{3f} \right) = 185 \text{ kPa}$$

(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 $(\sigma_1 - \sigma_3)_t = 160 \text{ kPa}$ 、破壊時過剰間隙水圧 $(\Delta u)_t = 120 \text{ kPa}$ であった。以下の問いに答えよ。(20)

- (1) この粘土供試体が完全に飽和しているとすると、ii)において生じる間隙水圧 (Δu) およびB値はいくらか？
- (2) 等方圧密粘土試料の破壊時間隙水圧係数 A_v はいくらか？
- (3) 破壊時の鉛直有効応力 $(\sigma'_{1f})_t$ はいくらか？
- (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) この供試体の破壊面の直応力 (σ_t) とせん断力 (τ_t) は、それぞれいくらか？

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:

等方正規圧密線:

等方正規圧密線: 図-2(1)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 $p' = 400 \text{ kPa}$ の点、B点はA点と比体積が同じで $p' = 50 \text{ kPa}$ の点(20)

- (1) A試料有効摩擦角 (ϕ') はいくらか？
- (2) Bから三軸排水圧縮せん断をすると、ピーク強度付近でどのような体積変化を示すか。理由も説明せよ。
- (3) Aから三軸排水せん断試験をした場合、最大軸差応力 (q'_t) はいくらになるか。
- (4) 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。
- (5) この時のAの破壊時間隙水圧 $(\Delta u)_t$ はいくらになるか。

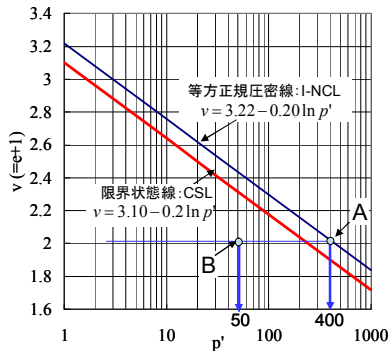


図-2(1) 限界状態線と等方正規圧密曲線の $v-p'$ 関係

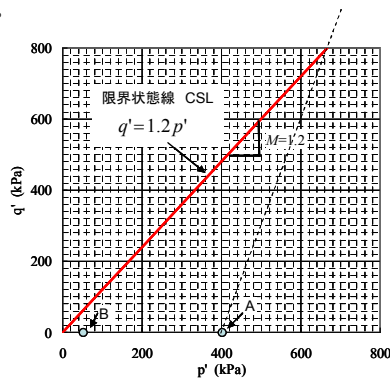


図-2(2) $p'-q'$ 面の限界状態線

$$(1) \sin \phi' = \frac{3M}{6+M} = \frac{3 \times 1.2}{6+1.2} = 0.5, \phi' = 30^\circ$$

(2) 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ー、即ち、体積膨張を示す。

(3) 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(400,0)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' 。

$$p' = 400 + \frac{q'}{3} \text{を} q' = 1.2p' \text{に代入}$$

$$q'_f = 480 + 0.4q'_f, \therefore q'_f = 480/0.6 = 800kPa \quad \text{図から求めても可。}$$

(3) $p' = 200kPa$ における正規圧密線上の間隙比 e は

$$v = 3.22 - 0.2 \ln(200) = 2.160$$

この間隙比におけるCSLの p' は

$$p'_f = \exp\left(\frac{\Gamma - v}{\lambda}\right) = \exp\left(\frac{3.1 - 2.160}{0.2}\right) = 219.5kPa$$

$$\therefore q'_f = Mp'_f = 1.2 \times 219.5 = 263kPa, \therefore c_u = \frac{q'_f}{2} = 132kPa$$

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 $\Delta u_f = p - p'$

$$p_f = p_i + \Delta p = 200 + (\Delta \sigma_1 + 2\Delta \sigma_3)/3 = 400 + q_f/3 = 488kPa \quad \therefore \Delta u = 488 - 220 = 268kPa$$

6. 6. 以下の用語を用いて、砂地盤の液状化について説明し、次いで液状化対策工法を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)

用語: ゆるく詰まった砂、繰返しせん断、ダイレイタンスー、非排水、間隙水圧、有効応力、飽和

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ーを負(体積圧縮)から正(体積膨張)に変え、繰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、バイプ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)