

2018 年度 土質力学 II 及び演習 定期試験

2018 年 8 月 1 日 (水) 10:00~12:00 共通 1・共通 155 講義室

注意事項：

- 問題は 5 問です。解答用紙も 5 枚ありますので、5 枚すべてに氏名・学生番号等必要事項を記入した上で各問 1 枚の解答用紙を用い、【1】の問題から順に解答してください。表側に書ききれないときはその旨明記し、その用紙の裏側に解答してください。
- 各問の配点は均等です。
- 関数電卓の持ち込みは可能です。ただし、プログラム機能、携帯電話等の電卓機能の使用は一切不可です。その他、不正行為があった場合は、本科目の単位は認定されないと共に、しかるべき対応をとります。
- 解答に単位が必要な場合は明記すること。

【1】 図 1 に示すような不透水性岩盤上に厚さ 10m の軟弱粘土層が堆積している地盤を考える。この粘土層から試料を採取し、室内試験を実施した。ある荷重条件に対して体積圧縮係数 $m_v=3.00 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{kN}$ 、透水係数 $k=1.55 \times 10^{-4} \text{m}/\text{day}$ を得た。当該地盤が室内試験で設定した荷重条件と同レベル載荷を受けた場合を考える。粘土地盤は完全に飽和していて一次元圧密によって変形するものとし、これらの諸値をこの地盤を代表する土質定数として以下の問いに答えよ。なお、地下水面は地表面に一致し、水の単位体積重量を $9.8 \text{kN}/\text{m}^3$ とする。

- (1) この粘性土の鉛直方向の圧密係数 c_v (m^2/day) を計算せよ。
- (2) 載荷によって圧密度 90% ($T_v=0.848$) に達するのに要する時間 (日) を求めよ。
- (3) 上載荷重 $\Delta p=60 \text{kN}/\text{m}^2$ を受けた時の沈下量 ((2)の時点における沈下量) を計算せよ。
- (4) 圧密に要する時間を短縮するためにサンドドレーン工法を採用することとした。図 2 に示すように、砂杭の直径 $d_w=0.35 \text{m}$ 、打設間隔 $d=2.0 \text{m}$ の千鳥型配置でサンドドレーン打設したとき、サンドドレーンの有効集水径 d_e を求めよ。
- (5) この粘土層が圧密度 90% に達するのに要する時間を図 3 を用いて求めよ。なお、簡単のため、粘土の鉛直方向と水平方向の力学特性値は同一 ($c_v=c_h$) とする。

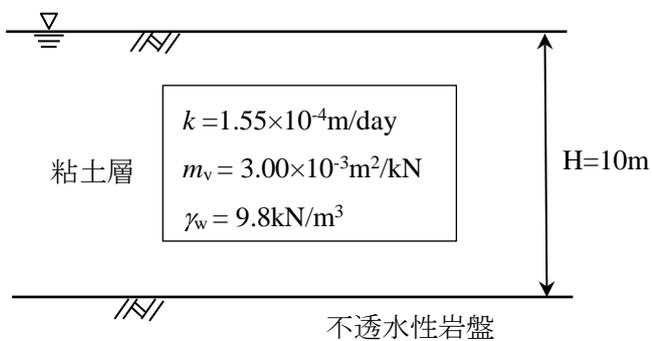


図 1

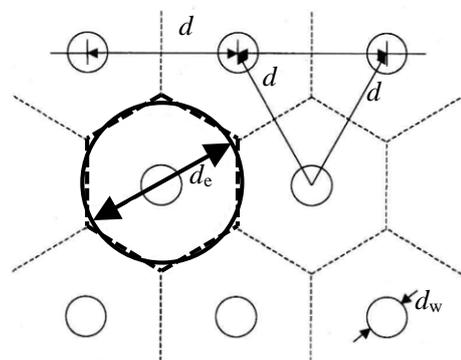


図 2

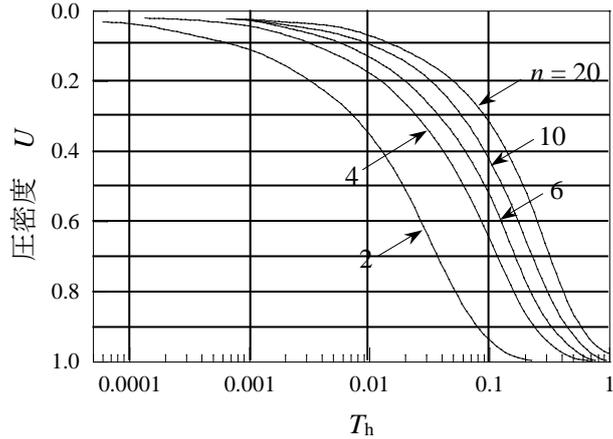


図 3

【2】 土の破壊理論に関する以下の設問に答えなさい。

- (1) 飽和状態にある正規圧密粘土を用いて、圧密終了時の拘束圧が 100 kN/m^2 の条件で圧密非排水三軸圧縮試験を実施した。なお、せん断中も拘束圧は 100 kN/m^2 で一定である。破壊時において測定された軸差応力は 72 kN/m^2 、せん断初期からの間隙水圧増分は 64 kN/m^2 であった。粘着力 c' をゼロとみなせるとするとき、以下の問いに答えよ。
 - (a) 破壊時の全応力および有効応力に関するモールの円を、最大主応力と最小主応力の値とともに示せ。
 - (b) この粘土の内部摩擦角 ϕ' を求めよ。
 - (c) 全応力径路と予想される有効応力径路をそれぞれ $p - q$ 平面と $p' - q$ 平面に描け。図中にはせん断開始時と破壊時の p 、 p' 、 q の値を示すこと。ただし、 p は平均全応力、 p' は平均有効応力、 q は軸差応力である。
 - (d) 破壊時におけるスケンプトンの間隙圧係数 A_f を求めよ。
 - (e) この粘土の破壊応力比 M を求めよ。
- (2) 土の三軸圧縮試験には、一般に圧密過程とせん断過程における排水の条件によって 3 種類の試験法がある。
 - (a) 圧密非排水三軸圧縮試験以外の 2 種類の試験法の名称を答えよ。
 - (b) (a) のそれぞれの試験法について、異なる 2 つの拘束圧で試験を実施した場合の破壊時のモールの円を、有効応力と全応力について概略的に描け。
 - (c) (a) のそれぞれの試験法について求まる粘着力と内部摩擦角は、どのような特徴を持つか述べよ。

【3】 図4のような高さ H (裏込め土の内部摩擦角 ϕ , 粘着力 c , 単位体積重量 γ) の擁壁を考える. 以下の問いに答えよ.

- (1) 擁壁が図中左側(δ_-)の方向に変位する時の, 擁壁に作用する土圧をクーロン土圧の考え方で求めたい. ただし, 裏込め土の粘着力 c はゼロで, 擁壁は滑らかで裏込め土との間には摩擦がないと仮定する. 図に示すような土楔に作用する力の連力図を記述せよ. 連力図を構成する力に適当な記号をつけ, それぞれの力の説明も明記すること.
- (2) (1)に示したクーロン土圧の考え方で, 擁壁が図中左側(δ_-)の方向に変位する時の, 擁壁に作用する土圧の求め方を簡単に説明せよ.
- (3) 裏込め土の地盤条件を再度実験で確認したところ, 粘着力 c がゼロではないことが分かった. そこで, 擁壁が左側(δ_-)に移動するときに作用する土圧を, ランキン土圧の考え方をを用いて求め, 高さ H の擁壁に作用する土圧の分布形状を図示せよ. ただし, この場合は擁壁と裏込め土との間の摩擦はゼロで, 地下水位は擁壁底面よりも十分に深いものとする.
- (4) 擁壁背面の地下水位が地表面に上昇した場合と地下水位が擁壁底面にある場合の主働土圧合力 (土圧と水圧の合力) の大小関係を, 土圧と水圧の違いに着目して説明せよ. ただし水の単位体積重量は γ_w とする.

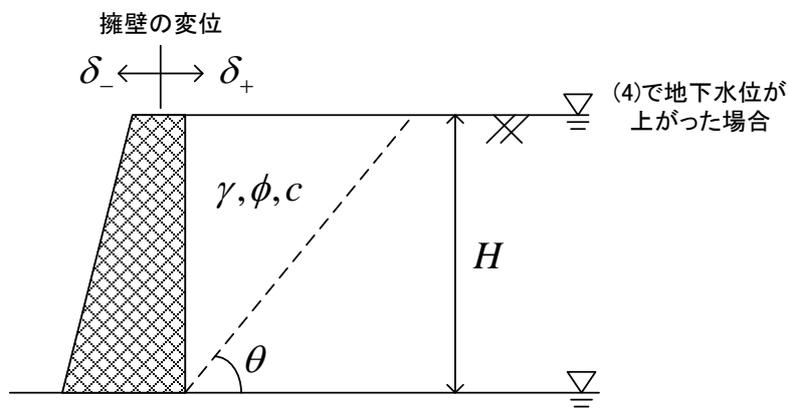


図4

【4】土の支持力に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 帯状基礎について、局所せん断破壊および全般せん断破壊の破壊モードを図で描け。また、図中に受働状態となっている領域および主働状態となっている領域を明示せよ。なお、地下水位は十分に深く、これらのせん断破壊に影響を及ぼさないものとする。
- (2) テルツァーギは土の極限支持力 q_u を計算するための以下の式を提案した。定数 k_1 , k_2 , k_3 は帯状基礎、正方形基礎、円形基礎で異なる値をとるが、(I), (II), (III)に入る式は基礎形状に依存せず同じである。

$$q_u = k_1 \boxed{(I)} + k_2 \boxed{(II)} + k_3 \boxed{(III)}$$

基礎形状	粘着力に関する項の定数 k_1	根入れに関する項の定数 k_2	自重に関する項の定数 k_3
帯状基礎	1.0	1.0	1.0
正方形基礎	1.3	1.0	0.8
円形基礎	1.3	1.0	0.6

(I), (II), (III)に入る式を答え、テルツァーギの支持力公式を完成させよ。なお、基礎の幅は B 、根入れ深さは D であり、土の単位堆積重量は γ 、粘着力は c 、内部摩擦角は ϕ とする。

- (3) 直径 $B = 2 \text{ m}$ の円形基礎が、根入れ深さ $D = 1.7 \text{ m}$ で土の中に設置されている。土の諸量には $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{\text{sat}} = 21 \text{ kN/m}^3$, $c = 26 \text{ kPa}$, $\phi = 22.5^\circ$ を用い、地下水位は十分に深い位置にあり土の支持力には影響を及ぼさないとする。これらの条件下における土の極限支持力を求めよ。なお、計算には以下の支持力係数を用いることができ、式中の ϕ はラジアンで示されている。

$$N_q = \frac{1}{1 - \sin \phi} \exp \left[\left(\frac{3\pi}{2} - \phi \right) \tan \phi \right]$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

- (4) 地下水位が基礎底面まで上昇した。このときの極限支持力を求めよ。なお、水の単位体積重量 γ_w は 9.8 kN/m^3 とする。
- (5) (4)と同じ条件下で、円形基礎を一辺の長さ $B = 2 \text{ m}$ の正方形基礎に置き換えた場合の極限支持力を求めよ。また、円形基礎と正方形基礎の極限支持力の相違について述べよ。

【5】以下の問いに答えよ。

- (1) 図5に示すようにすべり土塊を n 個のスライスに分割してフェレニウス法による安定解析を行う。円弧の半径を r 、その中心を点 O として、右から数えて i 番目のスライスにつき、スライスの幅を b_i 、高さを h_i 、スライス底面の長さを l_i 、その勾配を α_i 、スライス底面における土の粘着力を c_i 、内部摩擦角を ϕ_i とする。また、スライスの重量を W_i 、スライス左右の側面に作用する力を E_i （水平力 H_i と鉛直力 V_i の合力）および E_{i+1} （水平力 H_{i+1} と鉛直力 V_{i+1} の合力）、スライス底面の垂直抗力を P_i 、せん断力を S_i とする。
- (a) i 番目のスライスにおけるスライス底面に垂直な方向の力の釣合式を示せ。
- (b) フェレニウス法ではスライス左右の側面に作用する力の合力はすべり面に平行に働くと仮定して、 $(V_{i+1} - V_i) / (H_{i+1} - H_i) = \sin \alpha_i / \cos \alpha_i$ を仮定する。これを用いて(a)の釣合式を示せ。
- (c) 安全率を F とするとき、 i 番目のスライスでの破壊条件式（すべり条件式）を示せ。
- (d) すべり土塊全体に対する O 点回りのモーメントの釣合式を示せ。
- (e) (b), (c)および(d)を用いて、すべり土塊の円弧すべりの安全率 F を示せ。

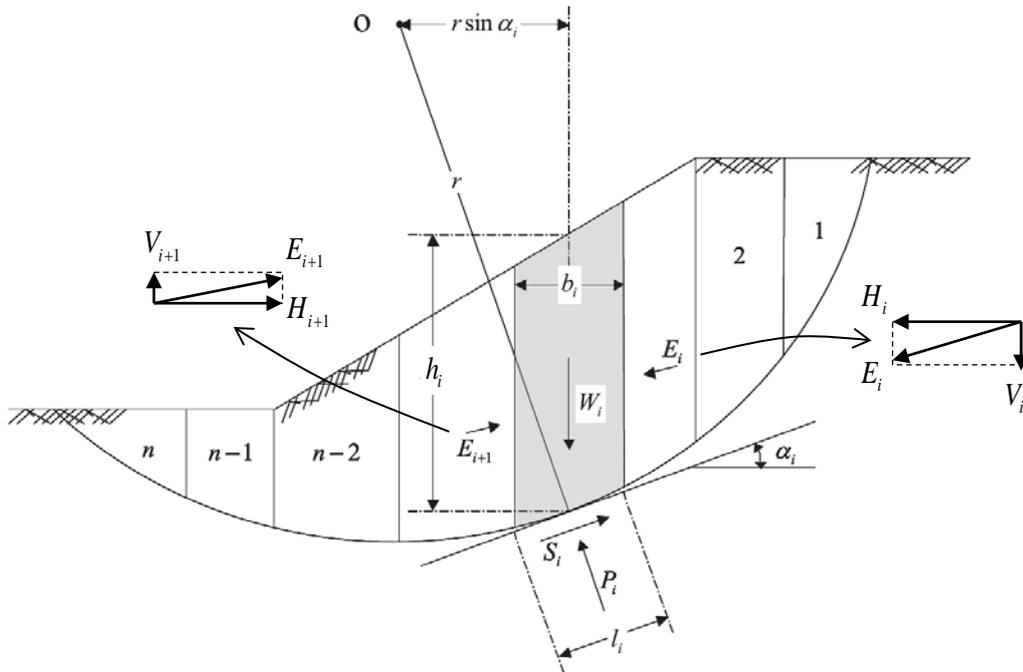


図5 すべり土塊

- (2) 液状化の発生メカニズムは以下のように説明できる。
埋立地などの緩く堆積した砂地盤の地下水位以深は（ ① ）した状態である。この地盤に地震による（ ② ）が作用すると、地震動の継続時間に対して砂地盤の（ ③ ）が小さいため、地盤中の土要素はほぼ（ ④ ）状態となる。このとき、負の（ ⑤ ）によって平均有効応力が減少し、最後には平均有効応力がほとんどゼロの液状化状態となる。
- (a) ①～⑤に対して適切な語句を示せ。
- (b) ①～⑤のうち三つを選択し、それぞれの項目（①～⑤の番号も示せ）に対する液状化対策の原理を示せ。