

## 2018年度 土質力学I及び演習 定期試験

2019年1月29日(火) 13:00~15:00 共通1・共通155講義室

注意事項:

- 問題は4問です。解答用紙は4枚ありますので、4枚すべてに氏名・学生番号等必要事項を記入して下さい。1枚目に問題【1】、2枚目に問題【2】、3枚目に問題【3】、4枚目に問題【4】を解答して下さい。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下さい。
- 筆記用具に加えて、関数電卓、定規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。
- 解答に単位が必要な場合は明記すること。

【1】以下の問いに答えよ。

1) 図1に示す地山の土塊が、地すべりによって図2のようにほぐされた状況を考える。ただし、図1に示す地山の土塊は均質であり、また、図2のほぐされた土塊も均質であると仮定する。

地すべり土塊の地山でのもとの体積は、地形図や地すべり面の深さの現地調査結果からおおよそ求められるが、対象とする現場では $1\,000\text{ m}^3$ であった。この土塊は、崩壊して体積が $1\,200\text{ m}^3$ に増えた。また、地すべり直後の土塊の試料を採取して含水比を測定したところ、含水比 $w=25.0\%$ であった。さらに、過去の土質調査の結果から、地山の土塊について土粒子密度 $\rho_s=2.50\text{ g/cm}^3$ (あるいは土粒子比重 $G_s=2.50$ )、乾燥密度 $\rho_d=1.50\text{ g/cm}^3$ であったことがわかっている。

このとき、以下の諸量を求めよ。ただし、地すべり発生の前後で含水比は変化しなかったと仮定せよ。計算過程も示し、単位が必要なものは単位も記すこと。ただし、重力加速度を $9.81\text{ m/s}^2$ とする。

- (1) 地山土塊の湿潤密度
- (2) 地山土塊の間隙比
- (3) ほぐされた土塊の全重量
- (4) ほぐされた土塊の湿潤密度
- (5) 地すべりが生じる直前の地山土塊の飽和度

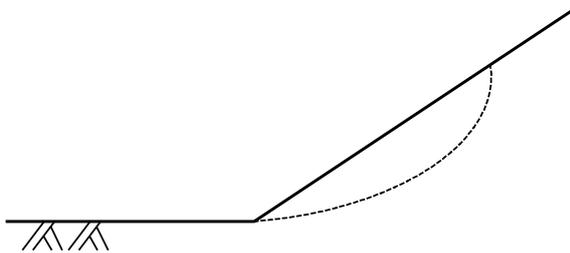


図1 地すべり発生前

$V = 1\,000\text{ m}^3$ ,  $\rho_s = 2.50\text{ g/cm}^3$ ,  $\rho_d = 1.50\text{ g/cm}^3$ ,

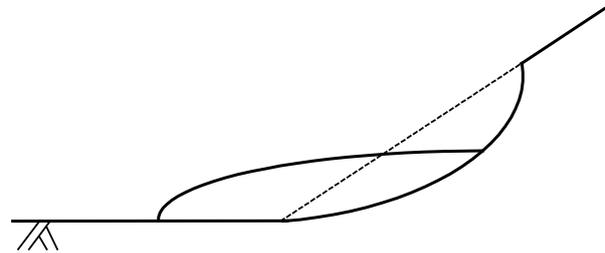


図2 地すべり発生後

$V = 1\,200\text{ m}^3$ ,  $w = 25.0\%$

2) 以下の語句を説明せよ。

- (1) 液性限界
- (2) 最大乾燥密度

【2】以下の問いに答えよ。

1) 図3に示すような不透水層上に堆積した均質様な透水層内に、不透水層に達する揚水用の重力式井戸を掘り、単位時間当たり一定量 $Q$ の揚水を行う。この図は試験井戸と観測井戸の水位が一定となった定常状態を示している。揚水に伴う地下水は試験井戸を中心とした放射状の流れを仮定する（軸対称問題）。Dupuit（デュピュイ）の仮定が成り立つものとして以下の問いに答えよ。

- (1) 試験井戸から半径方向に任意の距離 $r$ の地点における水頭は深さによらず一定値 $h$ である。この時、動水勾配 $i$ を微分形で表せ。
- (2) 試験井戸から半径方向に $r$ だけ離れた地点における流量 $Q$ は Darcy の法則 ( $Q = kiA$ ) によって規定される。ここで、 $k$ は透水層の透水係数（一定値）、 $A$ を流入領域の面積とし、 $i$ については (1)の解を用いて、 $Q$ を $r$ 、 $h$ 、 $k$ を使って表せ。
- (3) (2) を変数分離法で積分することによって解き、境界条件 ( $r = r_1$ で $h = h_1$ 、 $r = r_2$ で $h = h_2$ ) を適用して揚水量 $Q$ を $k$ 、 $r_1$ 、 $r_2$ 、 $h_1$ 、 $h_2$ を使って表せ。
- (4) もとの地下水面が基準面（不透水層上端）から 8m の地盤で実際に揚水を行ったところ、定常状態における試験井戸からの揚水量が 30L/min、試験井戸（半径 10cm）の水位が基準面から 5m となった。影響半径は 1000m とするとき、この透水層地盤の透水係数を求めよ。

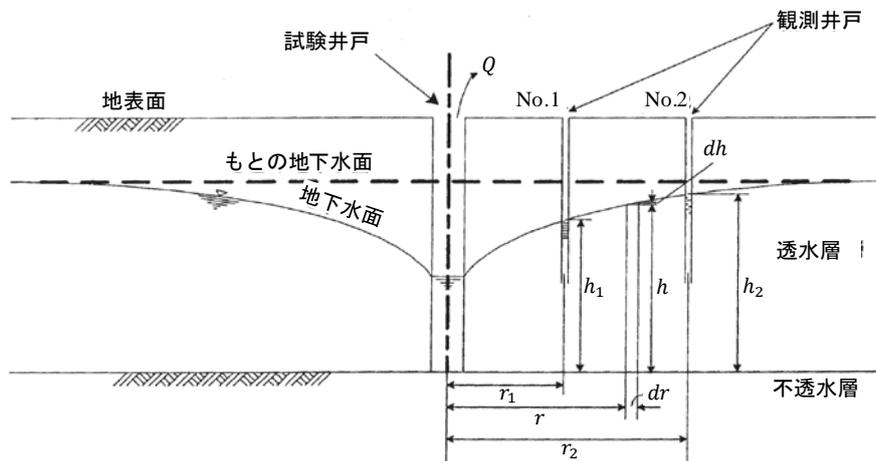


図 3

2) 図4に示すように、ある土試料に対する(a)~(c)の3つの条件を考える。

- (1) 土試料内を含む $z = 0 \sim 6\text{m}$ の全水頭、位置水頭、圧力水頭の深度分布図を(a)~(c)それぞれに対して示せ。ただし、 $z = 0\text{m}$ を水頭の基準面とせよ。
- (2) (a)~(c)の土試料下端の点Bにおける有効応力をそれぞれ $\sigma'_{(a)}$ 、 $\sigma'_{(b)}$ 、 $\sigma'_{(c)}$ とする時、これらの大小関係を不等式で表すと共に、その理由を説明せよ。

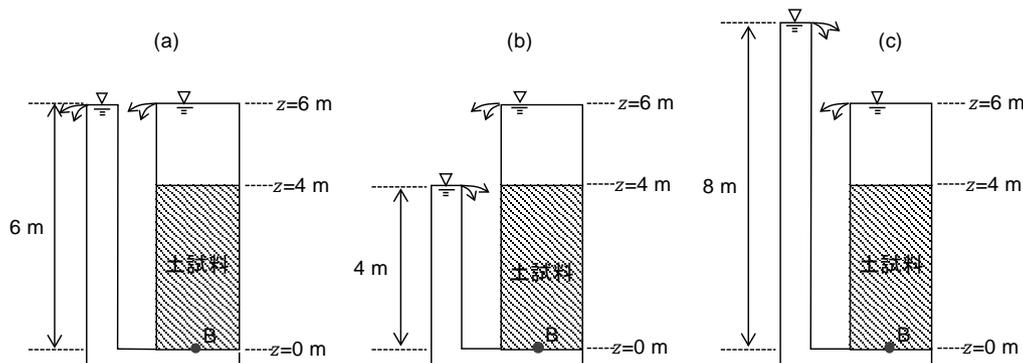
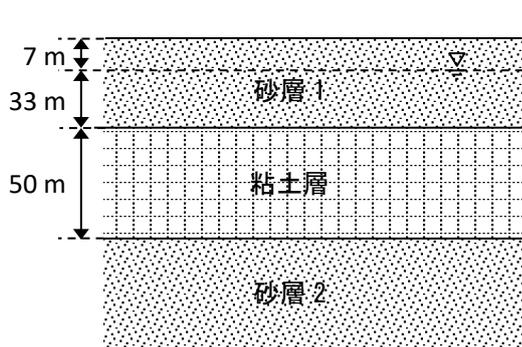


図 4

【3】1950年代から1960年代にかけての高度成長期に、大阪を含む多くの大都市で工業用水として地下水の汲み上げ量が急増したことにより、一時は30m程地下水位が低下した。地下水位の低下が地盤沈下を引き起こすことが認知されて以来、大阪では地下水の汲み上げを抑制し、現状の地下水位は汲み上げ前の水準まで回復している。

今、仮に、図5に示すような地下水位低下前の正規圧密粘土層の中央部から不攪乱の試料を採取したとする。この試料を用いて両面排水の圧密試験を実施した。供試体の寸法は直径6.00cm、高さ2.50cmである。試験の結果、2分3秒で平均圧密度が50%となることが分かった。また、圧縮指数 $C_C$ は1.20、膨潤指数 $C_S$ は $C_S = \frac{1}{6} C_C$ 、初期間隙比 $e_0$ は2.00であった。水の単位体積重量 $\gamma_w$ は $9.81 \text{ kN/m}^3$ として、以下の問いに答えよ。



砂層1 (不飽和) :  
 $G_s=2.65, e = 0.70, S_r = 0.15 (= 15\%)$   
 砂層1 (飽和) :  
 $G_s=2.65, e = 0.70, S_r = 1.00 (= 100\%)$   
 粘土層:  
 $G_s=2.70, e_0 = 2.00$   
 砂層2:  
 $G_s=2.67, e = 0.70$

図5

- 1) 圧密試験の結果から、圧密係数 $c_v$ を求めよ。
- 2) 地下水位が図5に示す位置から25m低下した場合、粘土層の最終沈下量を求めよ。ただし、水位低下は瞬時に起こると仮定し、沈下量の計算には粘土層中央部の応力とひずみを粘土層の代表値として用いればよい。
- 3) 2)の水位低下に加えて、都市開発によって地表面の上載荷重が $100 \text{ kN/m}^2$ 増加した場合の粘土層の最終沈下量を計算せよ。ただし、水位低下と上載荷重の増加は同時かつ瞬時に起こると仮定する。
- 4) 3)の条件における圧密開始から、10年後および45年後の平均圧密度を計算せよ。

※この問いでは、以下の仮定がなされている。

- i. 地下水面以深の土は飽和している
- ii. 砂層1及び砂層2は共に圧縮せず、過剰間隙水圧は発生しない完全排水条件である
- iii. 表1を用いる場合、必要に応じて時間係数の少数第3位を四捨五入してよい
- iv. Terzaghi (テルツァーギ) の一次元圧密理論が適用できる

表1 平均圧密度と時間係数の関係

$U$ (%)	$T_v$	$U$ (%)	$T_v$	$U$ (%)	$T_v$
0	0.000	35	0.096	70	0.403
5	0.002	40	0.126	75	0.477
10	0.008	45	0.159	80	0.567
15	0.018	50	0.197	85	0.684
20	0.031	55	0.239	90	0.848
25	0.049	60	0.286	95	1.129
30	0.071	65	0.340	100	$\infty$

【4】以下の問いに答えよ。

- 1) 地盤内の土要素が図6のような応力状態である時、応力テンソルを行列表示すると①となり、このテンソルの固有値を求めると②, ③となる。したがって、最大主応力は② kN/m<sup>2</sup>, 最小主応力は③ kN/m<sup>2</sup>となる。最大主応力, 最小主応力が求まったので、この土要素の応力状態は、中心座標が④, 半径⑤のモールの応力円として描くことができる。さらに、この応力円を用いることで、図6の土要素の最大主応力が作用する面は、B面から⑥回りに⑦度回転した面であることがわかる。

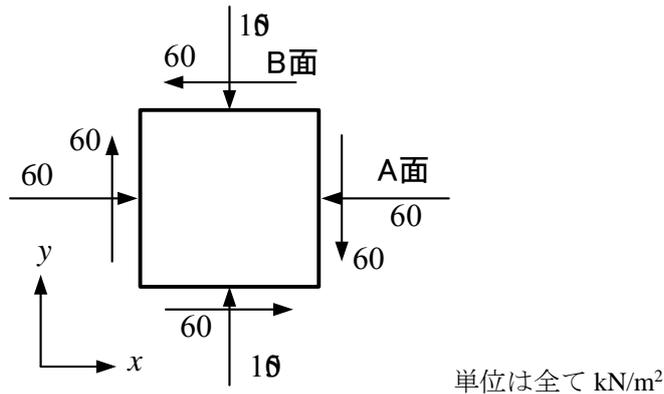


図6

- (1) 文中の①から⑤を求めよ。
  - (2) 図の応力状態のモールの応力円を描け。応力円には、中心座標, 半径, 円と $\sigma$ 軸との交点の座標は記載する。
  - (3) (2)で求めた応力円に図に示すA面, B面の応力状態を記せ。
  - (4) 文中の⑥, ⑦を求めよ。ただし, ⑥は適切な言葉が入る。また, ⑦の角度は,  $\alpha$ として2)で求めたモールの応力円にも図示せよ。
  - (5) 用極法を用いて主応力, 主応力の作用する面を求める方法を図示しながら説明せよ。
- 2) つぎに、飽和状態にある正規圧密粘土 ( $c'=0$  とみなす) を用いて、圧密非排水三軸試験を実施した。まず、側圧 $\sigma_3$ が 100 kN/m<sup>2</sup>になるまで等方的に圧密を実施した後、軸圧を増加させて三軸試験を実施した。その結果、軸圧 $\sigma_1$ が 200 kN/m<sup>2</sup>, 間隙水圧  $u$  が 20 kN/m<sup>2</sup> で破壊に至った。
- (1) 破壊時の有効応力でのモールの応力円を描き (中心座標, 半径, 円と $\sigma$ 軸との交点の座標は記載する), 内部摩擦角 $\phi'$ を求めよ。
  - (2) モール・クーロンの破壊規準が成立すると仮定した場合, 供試体に生じる破壊面での応力状態( $\sigma, \tau$ )と破壊面の方向を求めよ。