

## 2021 年度 土質力学Ⅰ及び演習 定期試験

2022 年 1 月 25 日 (火) 13:15～15:15 共通 155・共通 1・共通 3 講義室

### 注意事項：

- 問題は全 4 問です。
- 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。
- 解答に単位が必要な場合は明記すること。

### [対面受験者]

- 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た上で、各問につき 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、同じ用紙の裏側に解答してください。

### [オンライン受験者]

- 試験中常にカメラを ON にすること。
- 大問ごとに別々の用紙に解答し、全てのページに名前と学生番号を記入してください。
- 15:15 に解答をやめ、15:30 までに解答用紙を PandA から提出してください。提出期限を過ぎたものは理由に関わらず受け取らないので、余裕をもって提出すること。
- ひとつの問題を複数枚の用紙に渡って解答しても構わないが、同じページに複数の大問を解答しないこと。
- 画面上で講義資料等の閲覧等が疑われる場合は、個別に面談し然るべき対応を取るので注意すること。

【1】

(1) 次の用語を簡潔に説明せよ。必要であれば図や式を用いても良い。

- 1) 液性指数            2) 飽和度            3) 土粒子密度            4) 最大乾燥密度

(2) 以下の問いに答えよ。

1) 締固めエネルギー $E_c$ は、以下の式で定義される。

$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_L \cdot N_B}{V}$$

$E_c$ : 締固めエネルギー (kJ/m<sup>3</sup>),  $W_R$ : ランマー (ハンマー) の重量 (kN),  $N_L$ : 突固め層数,  
 $V$ : モールドの容積 (m<sup>3</sup>),  $H$ : ランマー (ハンマー) の落下高さ (m),  $N_B$ : 1層当たりの突固め回数

粒度幅の広い単一の土試料を用いて、以下の3種類の方法で締固め試験を行ったとき、A~Cのそれぞれの方法で得られる締固め曲線は一般的にどのような位置関係になるか図示せよ。また、同じ図にゼロ空気間隙曲線も併記せよ。各曲線の概形と位置関係が分かれば良い。

方法	ランマー (ハンマー) の質量 (kg)	モールド容積 (cm <sup>3</sup> )	突固め層数	1層あたりの突固め回数
A	2.5	1000	3	25
B	2.5	2200	3	55
C	4.5	1000	5	25

2) 最大乾燥密度が $\rho_{dmax}$  (Mg/m<sup>3</sup>)の土を、最適含水比 $w_{opt}$  (%)に調整した後、締固め度 $D_r$  (%)で締め固めて盛土を造成した。このときの盛り土の乾燥密度 $\rho_d$ と湿潤密度 $\rho_t$ を、記号を用いて表せ。

3) 図1の地盤における砂層底部の有効応力 $\sigma_1'$ を、記号を用いて答えよ。また、降雨により地下水位が地表面まで上昇した時の砂層底部の有効応力 $\sigma_2'$ を求めるとともに、降雨前後での有効応力 $\sigma_1', \sigma_2'$ の大小関係を導け。ただし、各層の湿潤単位体積重量 $\gamma_t$  (kN/m<sup>3</sup>)と飽和単位体積重量 $\gamma_{sat}$  (kN/m<sup>3</sup>)は図に示すとおりであり、水の単位体積重量は $\gamma_w$  (kN/m<sup>3</sup>)である。地下水位の変動により地盤の構造は変化しないものとする。

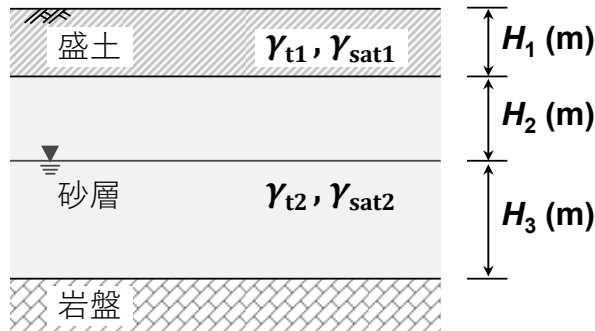


図1

【2】

図2のような砂柱に対し、定水位透水試験を実施した。10秒間計測を3回行い、平均  $2.30 \text{ cm}^3$  の流量が計測された。砂層の断面積  $A$  は  $1.00 \times 10 \text{ cm}^2$  として、砂層の水の流れに関する以下の設問に答えよ。なお、土粒子の比重  $G_s$  は、2.70、間隙比  $e$  が 0.60、水の密度  $\rho_w$  を  $1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  とし、砂層の水の流れは定常状態で飽和しており、水の流れはダルシー則に従う（連通管等での摩擦損失や形状損失は無視できる）とする。また、基準面は図に示す通りで、重力加速度  $g$  は  $9.81 \text{ m/s}^2$  とする。

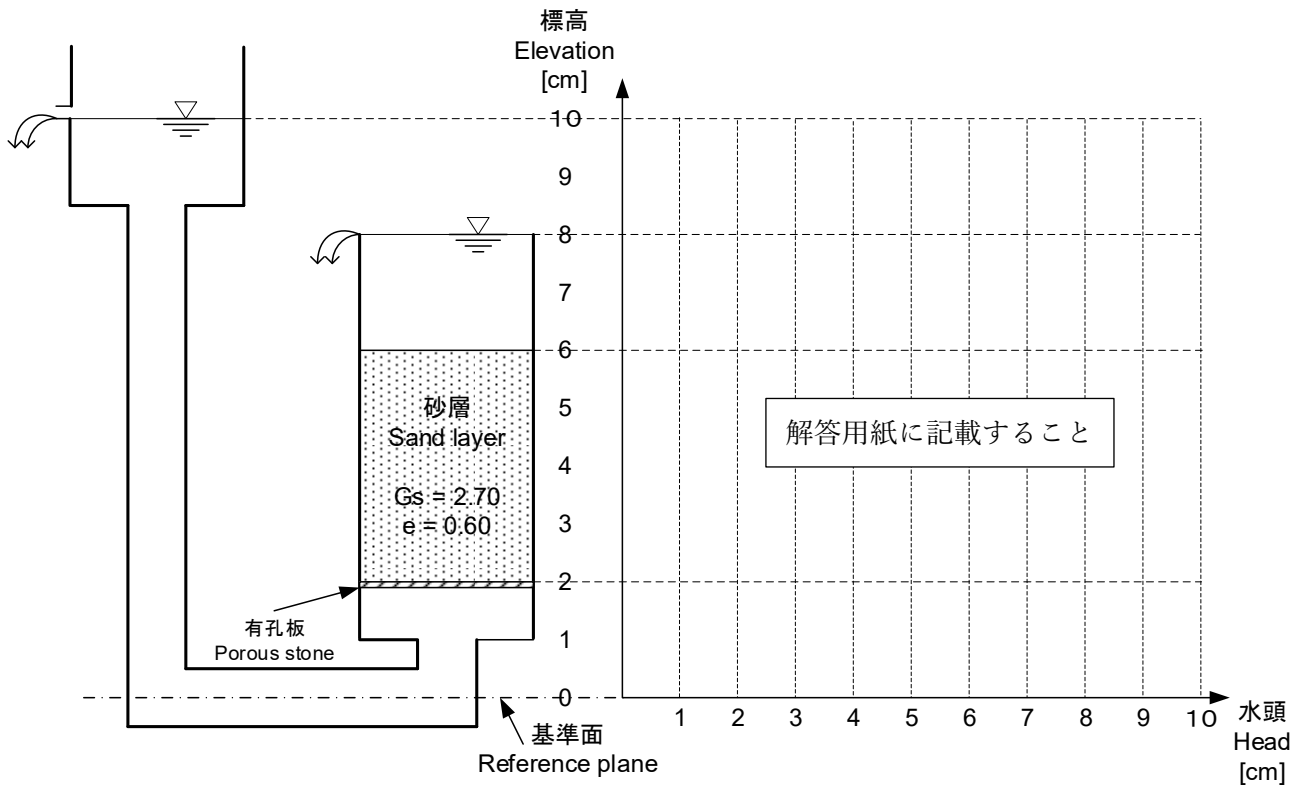


図2

- (1) 砂層の基準面からの位置水頭、圧力水頭、ピエゾ水頭の分布を図示せよ。併せて、砂層の上面、下面のそれぞれの水頭の値は図に記載すること。
- (2) 動水勾配および砂層の透水係数を求めよ。
- (3) 飽和砂の単位体積重量を求め、砂層下端での鉛直有効応力  $\sigma'$  を求めよ。
- (4) 基準面から 10 cm に位置する上流タンクの排水口を閉じ、水位をゆっくり上昇させた。砂層がクイックサンド状態になるときの基準面からの水位を求めよ。

【3】

図3に示すような半無限地盤の粘土層中央（深度10 m）から採取した飽和粘土試料を用いて一次元段階荷重圧密試験を実施した。圧密試験の供試体は直径6 cm、高さ2 cmで、第一段階荷重で10 kN/m<sup>2</sup>を与え、その後は $\Delta p_{n+1}/p_n = 1$ （ $\Delta p_{n+1}$ ：n+1段階の応力増分， $p_n$ ：n段階の荷重）となるよう24時間サイクルで段階荷重を行うものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 採取した粘土は正規圧密状態であったとすると、圧密降伏応力  $p_c$  はいくらになるかを計算せよ。
- (2) 第5段階目（10→20→40→80→160）の荷重応力  $p_5 = 160 \text{ kN/m}^2$  における圧密が完了した時点で、供試体高さは  $H_5 = 1.821 \text{ cm}$  となった。この状態から次段階（第6段階目）の荷重  $\Delta p_6 = 160 \text{ kN/m}^2$  を行ったところ、 $p_6 = 320 \text{ kN/m}^2$  における荷重段階の圧縮量  $\Delta H_6 = 0.161 \text{ cm}$  が得られた。 $p_6 = 320 \text{ kN/m}^2$  の荷重終了時点における供試体高さ  $H_6$  と荷重開始時点の供試体高さ  $H_5$  を用いて、第6段階目（ $p_6 = 320 \text{ kN/m}^2$ ）における供試体平均高さ  $\overline{H}_6$ （荷重前後の高さの相加平均）を求め、この  $\overline{H}_6$  を基準として荷重  $\Delta p_6 = 160 \text{ kN/m}^2$  によって供試体に生じた鉛直ひずみ  $\varepsilon_v$  を計算せよ。
- (3) 荷重応力  $p_5 = 160 \text{ kN/m}^2$  における圧密が終了した時点での間隙比  $e_5 = 2.50$  であることがわかっていると、 $p_6 = 320 \text{ kN/m}^2$  における圧密が終了した時点における間隙比  $e_6$  を求めよ。
- (4) 荷重段階  $p_6 = 320 \text{ kN/m}^2$ （ $\Delta p_6 = 160 \text{ kN/m}^2$ ）における体積圧縮係数  $m_v$  を求めよ。
- (5) (1)の条件が成立するとして（現在の粘土の状態は正規圧密状態である）、この粘土の圧縮指数  $C_c$  を計算せよ。
- (6) 図の状態から地下水位を粘土層上面まで2 m 低下させた。この時粘土層に生じる最終沈下量を計算せよ。なお、粘土層の圧密は一次的に生じるものとし、粘土層の代表応力として中央深度（試料採取点）のものを使用すること。（ヒント：初期状態における粘土中央の間隙比  $e_0$  を求める必要がある。（1）より粘土層は正規圧密状態にあり、(5)で  $C_c$  が求められている。（3）の  $e_5$ （ $p_5 = 160 \text{ kN/m}^2$ ）を利用すると初期応力に対する間隙比  $e_0$  が求められる。）

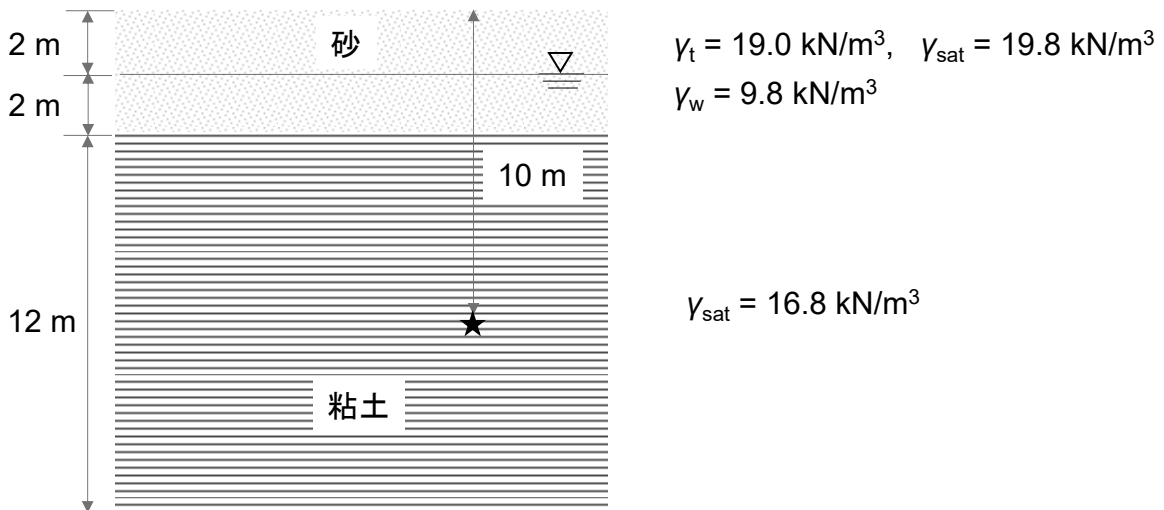


図3

【4】以下の問いに答えよ。

(1) 以下の空欄に当てはまる適切な語句を答えよ。

一面せん断試験では、種々の鉛直応力とそれらの鉛直応力下での破壊時の①応力との関係から Coulomb の破壊規準を定めることができる。

一軸圧縮試験は主に粘土に対して用いられる試験で、粘土の圧縮強さを得ることができる。練り返した試料の圧縮強さに対する自然堆積試料の圧縮強さの比を②と呼ぶ。これはその粘土の③指数が大きいほど大きくなることが知られている。

三軸圧縮試験では、④応力がゼロである⑤応力状態で実施する。種々の拘束圧で実施した試験における破壊時の応力状態を Mohr の円で図示し、それらの円の⑥として得られるのが Mohr の破壊規準であり、これを⑦したものが Mohr-Coulomb の破壊規準である。

せん断による体積変化を⑧と呼ぶ。一般に、密な砂や過圧密粘土では、せん断によって体積が⑨し、圧密非排水三軸圧縮試験では⑩の間隙水圧が発生する。

(2) 土中のある点において、図 4 に示すような応力状態であるとする。

- 1) 最大主応力，最大主応力面の方向，最小主応力，最小主応力面の方向を求めよ。
- 2) A-A 面に作用する応力を求めよ。

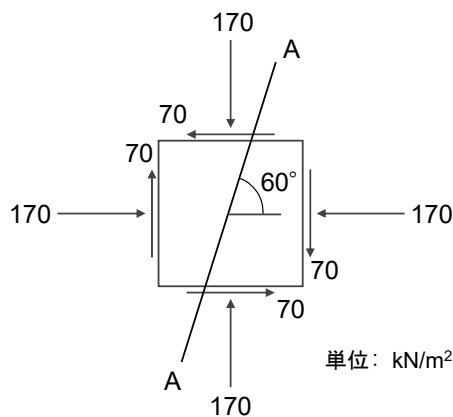


図 4

(3) 飽和状態にある正規圧密粘土を対象に圧密非排水 ( $\overline{CU}$ ) 三軸圧縮試験を側圧  $\sigma_3 = 300 \text{ kN/m}^2$  で実施したところ、破壊時の軸応力  $\sigma_1$ ，間隙水圧  $u_w$  がそれぞれ  $\sigma_1 = 500 \text{ kN/m}^2$ ， $u_w = 180 \text{ kN/m}^2$  であった。このとき、以下の問いに答えよ。

- 1) 破壊時の全応力，および有効応力に関する Mohr の応力円をそれぞれ描け。
- 2) Mohr-Coulomb の破壊規準が成立するとして，この粘土の有効応力に関する内部摩擦角  $\phi'$  の値を求めよ。なお，正規圧密粘土であることから，有効応力に関する粘着力  $c' = 0 \text{ kN/m}^2$  とみなせると考えてよい。
- 3) 粘土内に生じる破壊面の方向を求めよ。
- 4) 仮に同じ粘土を用いて圧密排水三軸圧縮試験を実施したとすると，破壊時の軸圧応力  $\sigma_1$  はいくらになるか求めよ。