

## 2021 年度 土質力学Ⅱ 及び演習 定期試験

2021 年 7 月 28 日 (水) 10:00~12:00 共通 2・共通 155 講義室+オンライン

注意事項：

- 問題は 5 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 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。

### [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。
- 12:00 に解答をやめ、12:10 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。
- 講義資料等を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】以下の問いに答えよ。

(1) 湿潤単位体積重量  $\gamma_t = 16.0 \text{ kN/m}^3$  の砂質地盤上に、半径  $R = 2.0 \text{ m}$  の円形タンクを設置する。以下に示す ASCE (1972) のガイドラインに従い、サンプル採取のために必要となるボーリングの掘削深度を決定したい。円形基礎の設置により砂質地盤上には等分布荷重  $q = 160 \text{ kN/m}^2$  が作用するものとする。地下水面が地表面から十分に深いところにあるとき、必要なボーリング調査の最小深さを次の手順により概算せよ。

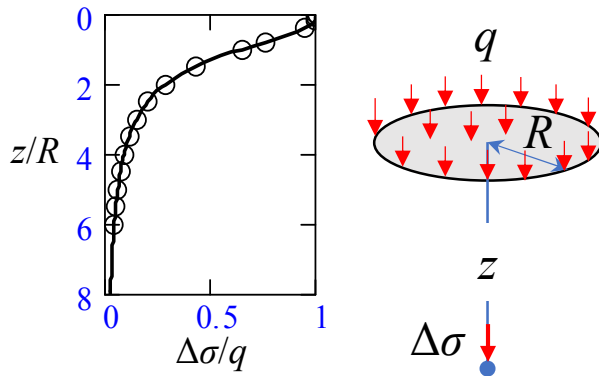
- $\Delta\sigma/q = 0.1$  となる深さ  $D1$  を求める。ただし、 $\Delta\sigma$  は  $D1$  の深さにおける鉛直方向の応力増加、 $q$  は基礎底面の実質応力である。
- $\Delta\sigma/\sigma'_0 = 0.05$  となる深さ  $D2$  を求める。ただし、 $\Delta\sigma$  は  $D2$  の深さにおける鉛直方向の応力増加、 $\sigma'_0$  は  $D2$  の深さにおける有効土被り圧である。
- $D1$  と  $D2$  の小さい値を採用する。

地盤を半無限弾性体と仮定し、半径が  $R$  の円形等分布荷重  $q$  が表面に作用した場合、中央点直下の点で生じる鉛直応力  $\Delta\sigma$  は式(1)によって決定される。なお、解を求める表 1 を推定に用いてもよい。

$$\Delta\sigma = q \left( 1 - \left( \frac{1}{1 + (z/R)^{-2}} \right)^{3/2} \right) \quad \text{式(1)}$$

表 1 :  $z/R$  による  $\Delta\sigma/q$  の変化 「式(1)」

$z/R$	$\Delta\sigma/q$	$z/R$	$\Delta\sigma/q$
0.0	1	2.5	0.200
0.1	0.999	3.0	0.146
0.2	0.992	3.5	0.111
0.4	0.949	4.0	0.087
0.8	0.756	4.5	0.070
1.0	0.646	5.0	0.057
1.5	0.424	5.5	0.048
2.0	0.284	6.0	0.040



- (2) ボーリング調査後、想定していない層厚 2 m の均一な正規圧密飽和粘土層が 5.0~7.0 m の深さの間に見つかった。粘土サンプルを調べる室内試験では、飽和単位体積重量  $\gamma_{sat} = 19.0 \text{ kN/m}^3$ 、初期間隙比  $e_0 = 0.5$ 、圧縮指数  $C_c = 0.75$  が得られた。水の単位体積重量  $\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$  を用い、地下水位は図 1 に示すように粘性土層上端と同じ位置にあるとし、円形タンクの圧密沈下量を求めよ。ここで、一次元圧密沈下の計算においては、粘土層中央の応力状態を使用できるとし、地盤の即時沈下は無視する。

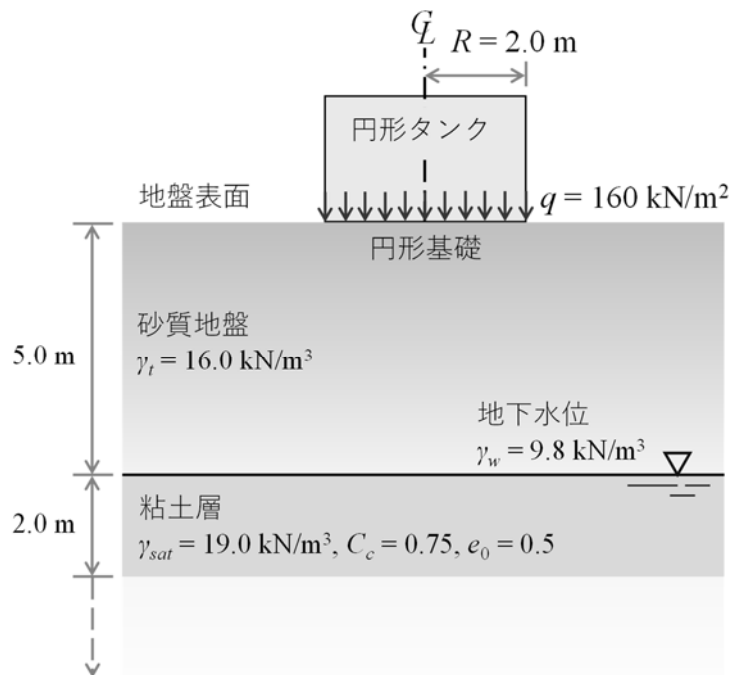


図 1

【2】以下の問いに答えよ。

- (1) ある粘土地盤から試料を採取し、一軸圧縮試験を実施した。一軸圧縮試験では、拘束圧を作用させないが、供試体の有効応力は地盤内の有効応力と等しい状態で実験できる。
- (1-1) 試料採取前後で間隙水圧はどのように変化するか説明せよ。
- (1-2) 供試体の有効応力を地盤内の有効応力と等しい状態で維持するためには、試料をどのような状態で保管すればよいか、間隙比に着目して説明せよ。
- (2) Mohr-Coulomb の破壊規準を最大主応力 $\sigma_1$ 、最小主応力 $\sigma_3$ 、粘着力 $c$ 、内部摩擦角 $\phi$ を用いて示せ。
- (3) ある粘土試料を用いて側圧 $\sigma_3$ を  $100 \text{ kN/m}^2$  で圧密非排水三軸圧縮試験を行ったところ、破壊時の軸圧 $\sigma_1$ は  $196 \text{ kN/m}^2$ 、過剰間隙水圧 $u_w$ は  $57.0 \text{ kN/m}^2$ であった。
- (3-1) 破壊時の平均有効応力 $p'$ 、スケンプトンの間隙圧係数 $A_f$ を求めよ。
- (3-2) この粘土の破壊応力比 $M_f$ を求めよ。
- (3-3) 次に、同じ粘土試料を用いて側圧 $\sigma_3$ を  $100 \text{ kN/m}^2$  で圧密排水三軸圧縮試験を行う場合、破壊時に予想される平均有効応力 $p'$ と軸差応力 $q$ を求めよ。
- (3-4) 上記の圧密排水三軸圧縮試験と圧密非排水三軸圧縮試験の有効応力径路を $p' - q$ 平面に描け。
- (3-5) 圧密排水三軸圧縮試験で予想される体積ひずみ $\varepsilon_v$ と軸ひずみ $\varepsilon_a$ の関係を図示せよ。

【3】以下の問いに答えよ。

図2のような砂質土の背面土を有する高さ4mの剛な擁壁を考える。地下水位は降雨によって変動し、現在は背面土の表面から深さ $z$  m ( $0 < z < 4$ )に位置している。擁壁背面に作用する土圧はランキン土圧を仮定する。擁壁背面の摩擦は無視する。なお、砂質土の湿潤単位体積重量 $\gamma_t$ は $15 \text{ kN/m}^3$ 、砂質土の飽和単位体積重量 $\gamma_{\text{sat}}$ は $19 \text{ kN/m}^3$ 、水の単位体積重量 $\gamma_w$ は簡易的に $10 \text{ kN/m}^3$ 、砂質土の内部摩擦角 $\phi'$ は30度、粘着力 $c'$ は $0 \text{ kN/m}^2$ とする。

- (1) 擁壁背面に作用する単位奥行きあたりの水圧の深度分布を $z$ を用いて描け。
- (2) 擁壁背面に作用する単位奥行きあたりの水圧の合力を $z$ の関数で示せ。
- (3) 擁壁背面に作用する単位奥行きあたりの土圧の深度分布を $z$ を用いて描け。
- (4) 擁壁背面に作用する単位奥行きあたりの土圧の合力を $z$ の関数で示せ。
- (5) 擁壁底面における単位奥行きあたりの摩擦に対する抵抗力を求めよ。なお、擁壁の単位体積重量は $25 \text{ kN/m}^3$ 、幅は2m、底面の摩擦係数は0.3とする。
- (6) 降雨によって地下水位が変動する場合、擁壁が滑動する可能性について述べよ。なお、安全率は1とする。

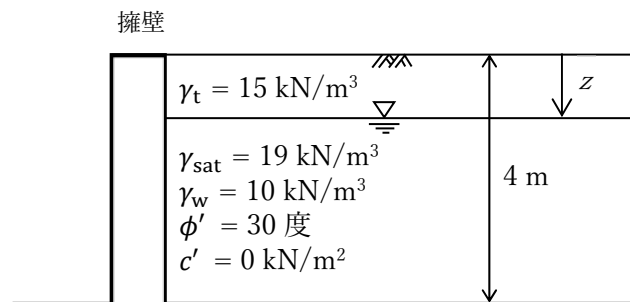


図2

【4】以下の問いに答えよ。

- (1) 地盤の支持力を推定しなければならない理由を 50 字以内で記述せよ。
- (2) Terzaghi の支持力公式誘導時の地盤破壊メカニズムを図示せよ。
- (3) ネガティブフリクションを受ける杭の軸力分布を図示せよ。

【5】

(1) 斜面安定に関する以下の問いに答えよ。

- (1-1) 図 3 に示す無限長直線斜面において、地表面から深さ  $H_f$  の位置に斜面表層に平行な仮想のすべり面を考える。この時、地表面とこの仮想すべり面との間の土の領域  $abcd$  に作用する力のつりあいから、すべりに対する安全率を求めよ (安全率の導出過程も記すこと)。ただし、 $N, S$  はそれぞれ領域の底面に作用する垂直力とせん断力とし、領域  $abcd$  の左右の側面に作用している力  $E$  は互いに釣り合っているとして考慮しなくてよいこととする。また、地下水位は十分に深いところであり、すべり面に作用する土の強度はモール・クーロンの破壊規準 ( $\tau = c + \sigma \tan \phi$ ) に従うとする。解答の際には、 $c, \gamma, H_f, \sigma, \phi, \theta$  のみ用いてよいこととする。
- (1-2) (1-1) の斜面において、安全率を高めるために図 4 に示すようにグラウンドアンカーによる対策を行う。グラウンドアンカーは水平面から角度  $\alpha$  で設置され、その設置密度は領域  $abcd$  の面積につき 1 本であるとする。また、グラウンドアンカー 1 本あたりの張力は  $T$  とする。グラウンドアンカーによる対策原理として、①すべり面に垂直な力を増大させる効果 (締め付け効果) と②すべりに抵抗する力を増大させる効果 (引き止め効果)，があると考えられる。①、②の両方を考慮した場合のすべりに対する安全率を求めよ。ただし、アンカー自体の剛性は無視してよい。解答の際には、 $c, \gamma, H_f, \sigma, \phi, \theta, L, \alpha, T$  のみ用いてよいこととする。

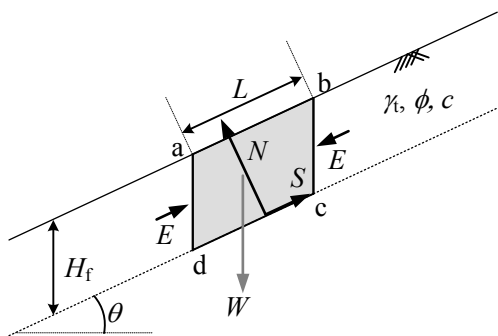


図 3

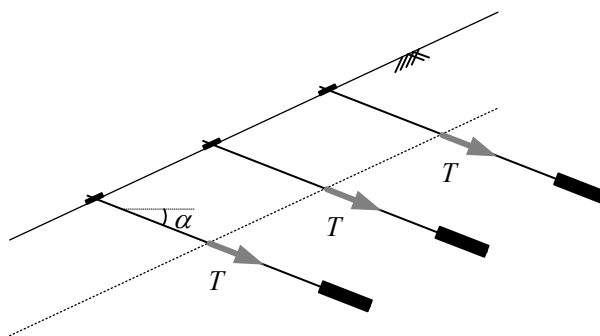


図 4

(2) 地盤振動・液状化に関する以下の問いに答えよ。

- (2-1) 緩詰め飽和砂質土を用いてせん断応力比一定の繰返し中空ねじり試験を実施し、ある繰返し回数に達したところで液状化が発生したと判断した。図5に示す5つのグラフ全てに、この実験で得られる実験結果の概略を描け。
- (2-2) 砂の液状化特性を評価する場合、同一試料に対してせん断応力比を変化させて複数回の実験を行う。この理由について、一連の実験から得られる「液状化強度曲線」を図示して説明せよ。
- (2-3) 地震時に地盤が液状化する理由について説明せよ。その際、重要だと思う箇所3つに線を引け。

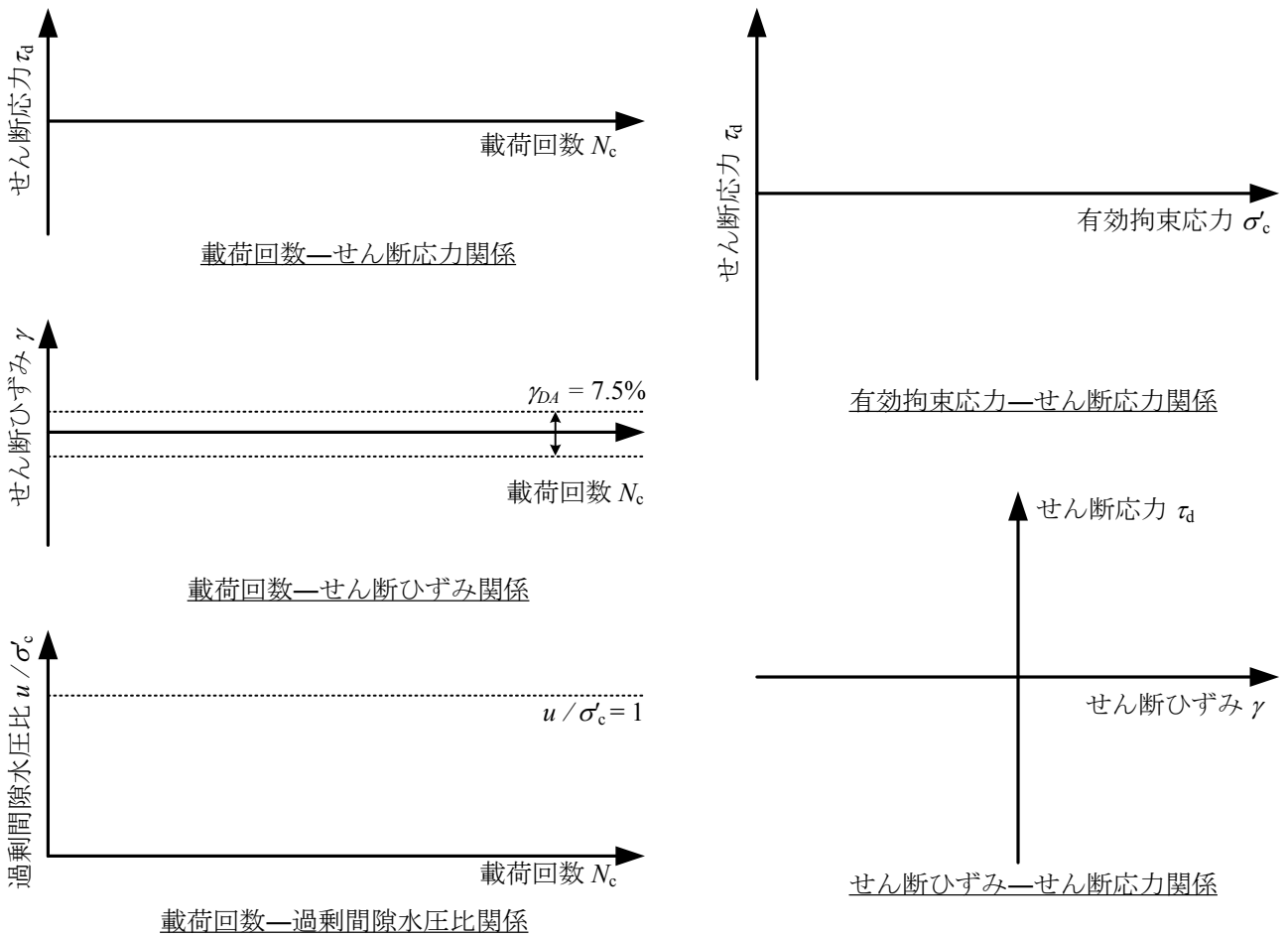


図5