

## 土質力学Ⅱ及び演習 中間試験

2024年5月29日(水) 8:45~10:15 共通155・共通1講義室

### 注意事項：

- 問題は3問です。解答用紙も3枚ありますので、3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。
- 関数電卓と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。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ともに、し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】

(1) 不透水性の岩盤上に層厚 $H$ の飽和した粘土層が堆積している。なお、地下水面は地表面と一致しているものとする。この粘土地盤上に一定荷重を瞬間的に加えた後の圧密を考える。

(1-1) Terzaghi の圧密方程式は次式で表される。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

ここで、 $u$ は過剰間隙水圧、 $c_v$ は圧密係数、 $t$ は時間、 $z$ は深度方向の座標である。必要となる4つの条件式を示した上で、Terzaghi の圧密方程式を誘導せよ。なお、誘導に当たっては表-1に示すパラメータの中から必要なものを用いること。

表-1

$v$ : 間隙水の流速	$k$ : 透水係数	$\gamma_w$ : 水の単位体積重量
$u$ : 過剰間隙水圧	$\varepsilon$ : 体積ひずみ	$m_v$ : 体積弾性係数
$\sigma'$ : 有効応力	$\sigma$ : 全応力	$c_v$ : 圧密係数
$t$ : 時間	$z$ : 深度方向の座標	

(1-2) 粘土層の上面（地表面、 $z = 0$ ）での境界条件を示せ。

(1-3) 粘土層の下面（不透水性の岩盤の上面、 $z = H$ ）での境界条件を示せ。

(1-4) 初期過剰間隙水圧が深さによらず一定値 $u_0$ のとき、圧密方程式の解は次式で与えられる。横軸を過剰間隙水圧 $u$ 、縦軸を深さ $z$ として、過剰間隙水圧分布の初期値、圧密途中および圧密終了後の概略図を示せ。

$$u(z, t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2u_0}{M} \sin \frac{M}{H} z \cdot \exp(-M^2 T_v)$$

ただし、 $M = (2n + 1)\pi/2$ 、 $T_v = c_v t / H^2$ である。

(2) 図-1は、地表面に集中荷重 $P$ が作用するときの圧力球根を示している。以下の問いに答えよ。

(2-1) 圧力球根とは何か説明せよ。また、その活用法としてどのようなものが考えられるか答えよ。

(2-2) 地表面に集中荷重 $P$ が作用するとき、任意の点 $A(x, y, z)$ における鉛直応力増分 $\Delta\sigma_z$ は次式で表される。

$$\Delta\sigma_z = \frac{3Pz^3}{2\pi r^5}$$

ここで、 $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$  である。

地表面に作用する集中荷重 $P$ による圧力球根の形について、図-1に示す極座標 $(r, \theta)$ を用いて極方程式を示せ。（ヒント： $r$ を $r_0$ と $\theta$ を用いた式で表せ）

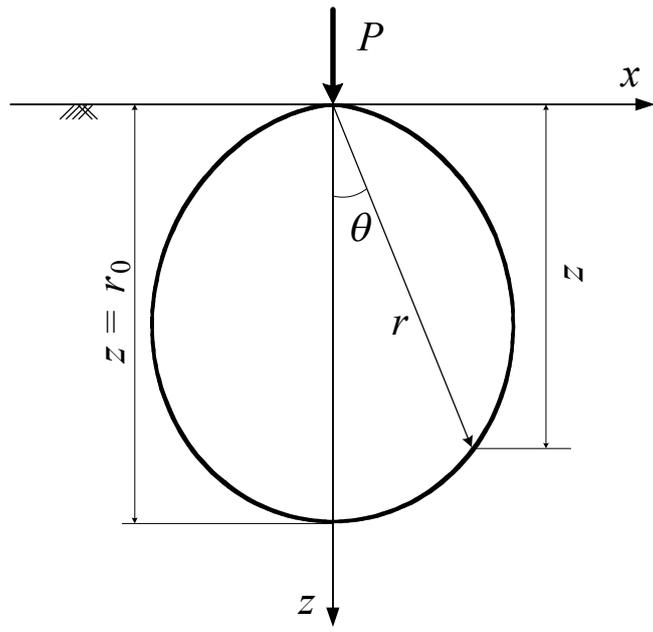


图-1

## 【2】

先行圧密応力が 100 kPa の飽和粘土供試体に対して、以下の手順で三軸圧縮試験を行った。まず、拘束圧 200 kPa で等方圧密した。圧密終了後に非排水条件で拘束圧を 50 kPa 上昇させて、間隙圧係数  $B$  値を測定した。その後、拘束圧を 200 kPa に戻し、過剰間隙水圧を測定しながら拘束圧一定で非排水せん断試験を行った。この飽和粘土は粘着力  $c' = 0$ 、内部摩擦角  $\phi' = 30^\circ$  で、破壊時の間隙圧係数  $A_f = 0.9$  であった。以下の問いに答えよ。

- (1) 拘束圧 200 kPa で等方圧密した際の粘土供試体は正規圧密状態か過圧密状態か答えよ。
- (2) 拘束圧を 50 kPa 上昇させた時に生じる間隙水圧 ( $\Delta u$ ) および  $B$  値を求めよ。
- (3) 破壊時の偏差応力 ( $\sigma_{1f} - \sigma_{3f}$ ) を求めよ。
- (4) 破壊時の過剰間隙水圧 ( $\Delta u_f$ ) を求めよ。
- (5) 破壊時の最大有効主応力  $\sigma'_{1f}$ 、最小有効主応力  $\sigma'_{3f}$  を求めよ。
- (6) 破壊時のモールの有効応力円と、モール・クーロンの破壊規準を図示しなさい。また、用極法を用いて、“極”を図中に示すとともに、破壊面を描きなさい。
- (7) 供試体の破壊面に作用する有効垂直応力  $\sigma'_f$  とせん断応力  $\tau_f$  を求めよ。
- (8)  $x$  軸に平均有効応力 ( $p'$ )、 $y$  軸に偏差応力 ( $q$ ) を取る  $p'$ - $q$  面に破壊線を示し、圧密終了後の非排水せん断試験中の有効応力経路を描きなさい。また、破壊線に到達した際の ( $p'$ ,  $q$ ) を求めよ。

【3】

図-2 のような擁壁を考える．ただし，裏込め土の粘着力  $c'$  はゼロで，擁壁は摩擦がなく滑らかであり，地下水位は十分に深く間隙水圧はゼロと見なせると仮定する．以下の問いに答えよ．

- (1) 以下の2つの場合について，壁面に作用する土圧の名称を答えよ．
  - (a) 擁壁が図中左側 ( $\delta_-$ ) の方向に変位する場合
  - (b) 擁壁が図中右側 ( $\delta_+$ ) の方向に変位する場合
- (2) 擁壁に作用する土圧をクーロン土圧の考え方で求める．図に示す土くさびの重量を  $W$ ，仮想破壊面に垂直な抗力を  $N$ ，平行な摩擦抵抗を  $T$ ，擁壁に働く土圧合力を  $P$  とする．(1)の(a)，(b)の2つの場合について，土くさびに作用する連力図を示すと共に，土圧合力  $P$  を  $W$ ， $\theta$ ， $\phi'$  を用いて表せ．
- (3) (1)の(b)の場合について， $\theta$  で微分することにより土圧合力  $P$  を決定せよ．
- (4) 擁壁に作用する土圧をランキン土圧の考え方で求める．(1)の(a)，(b)の2つの場合について，破壊時のモールの円を示して，裏込め土の表面から深さ  $z$  の位置で壁面に作用する土圧を求めよ．
- (5) (1)の(b)の場合について，積分により土圧合力  $P$  を決定し，(3)と一致することを確認せよ．
- (6) 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．(1)の(a)の場合について，裏込め土の表面から深さ  $z$  の位置で壁面に作用する土圧合力  $P$  を求めよ．

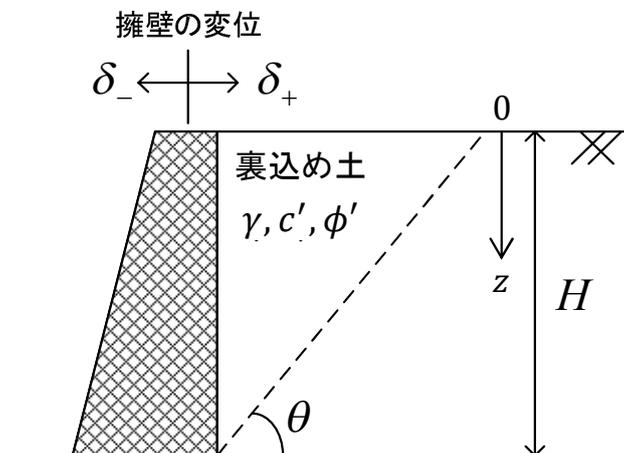


図-2