

2022年度 土質力学Ⅱ及び演習 中間試験

2022年6月8日(水) 8:45~10:15 共通1・共通155 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】以下の問いに答えよ。

- (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。地下水面は地表面と一致しているものとする。この粘土地盤上に荷重を急激に加えた後の圧密過程を、Terzaghi の 1次元圧密方程式に基づいて解析する。
- (1-1) 次の4つの式を用いて、Terzaghi の 1次元圧密方程式を誘導せよ。その際、圧密係数 c_v と他の土質パラメータとの関係を示すこと。

$$\text{土の有効応力-ひずみ関係：} \quad d\varepsilon = m_v d\sigma' \quad \text{式(1)}$$

$$\text{全応力一定：} \quad \frac{\partial \sigma}{\partial t} = \frac{\partial \sigma'}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial t} = 0 \quad \text{式(2)}$$

$$\text{ダルシーの法則：} \quad v = -k \frac{\partial h}{\partial z} = -\frac{k}{\gamma_w} \frac{\partial u}{\partial z} \quad \text{式(3)}$$

$$\text{水の連続式：} \quad \frac{\partial v}{\partial z} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \quad \text{式(4)}$$

ここで、 ε ：土のひずみ、 m_v ：体積圧縮係数、 σ' ：有効応力、 σ ：全応力、 u ：過剰間隙水圧、 t ：時間、 v ：間隙水の流速、 k ：透水係数、 h ：全水頭、 z ：位置座標、 γ_w ：水の単位体積重量、とする。

- (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) 圧密方程式の解は、時間係数 T_v を用いて表わすことができる。初期過剰間隙水圧が深さによらず一定値 u_0 のとき、横軸を過剰間隙水圧 u と u_0 の比 (u/u_0)、縦軸を深さ z と層厚 H の比 (z/H) して、圧密方程式の解と時間係数との関係を模式的に図示せよ。

- (2) (1)の粘土層の層厚は $H = 3 \text{ m}$ であった。この粘土層より試料を採取して圧密試験を行ったところ、厚さ 2 cm の供試体が 90% 圧密するのに 20 分かかった。この粘土層が 90% 圧密するのに要する時間を答えよ。
- (3) 粘土地盤の地表面に図-1 に示す長方形（各辺の長さは a, b ）の等分布荷重 q を載荷するとき、隅角部直下の深さ z における鉛直応力 σ_z は、 a/z と b/z の関数 I_q を用いて式(5)のように表される。この関数を用いて、図-2 に示す点 A に生じる鉛直応力 σ_z を示せ。ただし、粘土地盤は線形弾性体とする。

$$\sigma_z = I_q \left(\frac{a}{z}, \frac{b}{z} \right) \cdot q \quad \text{式(5)}$$

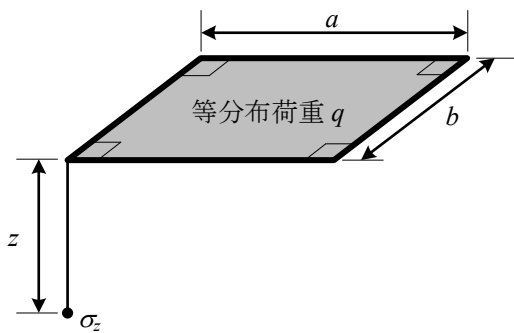


図-1

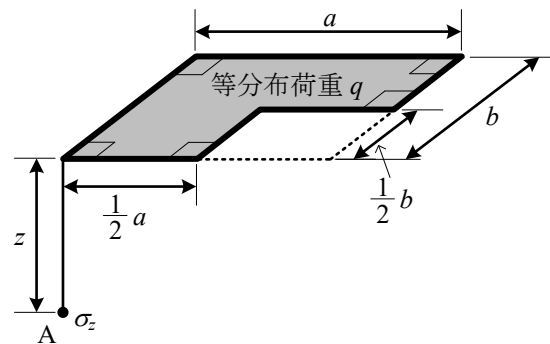


図-2

【2】以下の問いに答えよ。

- (1) ある粘土試料を用いて、一軸圧縮試験を実施した。試験の結果、一軸圧縮強さ q_u は 120 kN/m^2 であった。さらに、同じ粘土試料を用いて、非圧密非排水三軸圧縮試験を側圧 150 kN/m^2 で実施した。
- (1-1) 一軸圧縮試験では、試料を採取した深さでの有効応力が維持されている。有効応力が維持される理由を述べよ。
- (1-2) この粘土の非排水せん断強さ c_u を求めよ。
- (1-3) 上記の一軸圧縮試験および非圧密非排水三軸圧縮試験における、破壊時の Mohr の円をそれぞれ描け。
- (2) ある粘土試料を用いて、側圧 150 kN/m^2 で等方圧密した後に、圧密非排水三軸圧縮試験を実施した。破壊時において軸差応力 q は 126 kN/m^2 、過剰間隙水圧 u は 72 kN/m^2 であった。
- (2-1) 破壊時の平均有効 p' 、スケンプトンの間隙圧係数 A_f 、破壊応力比 M_f を求めよ。
- (2-2) 粘着力 c' をゼロと仮定できるとき、内部摩擦角 ϕ' を求めよ。
- (2-3) この試験の全応力径路を $p - q$ 平面に、および予想される有効応力径路を $p' - q$ 平面に描け。
- (2-4) 仮にこの試料を用いて、側圧 150 kN/m^2 で等方圧密した後に、圧密排水三軸圧縮試験を実施した場合、破壊時の軸差応力 q と平均有効 p' を求めよ。
- (3) 図-3 を解答用紙に書き写し、(a) に密な砂とゆるい砂の圧密排水三軸圧縮試験、(b) に密な砂とゆるい砂の圧密非排水三軸圧縮試験で得られる実験結果の概略を描け。ただし、圧縮を正とする。 ε_a は軸ひずみ、 ε_v は体積ひずみである。



(a) 圧密排水三軸圧縮試験



(b) 圧密非排水三軸圧縮試験

図-3

【3】擁壁の背面は必ずしも鉛直である必要はなく、傾斜している場合もある。図-4 に示すように、擁壁背面の裏込め地盤が水平で粘着力がない ($c = 0 \text{ kPa}$) 場合、鉛直面から角度 α 傾斜している擁壁背面 ($\alpha > 0^\circ$) に作用する土圧に関して以下の間に答えよ。ここで、点 x は擁壁背面の下端、点 y は擁壁背面の天端、点 z は裏込め地盤の表面と点 x を通る鉛直面の交点である。

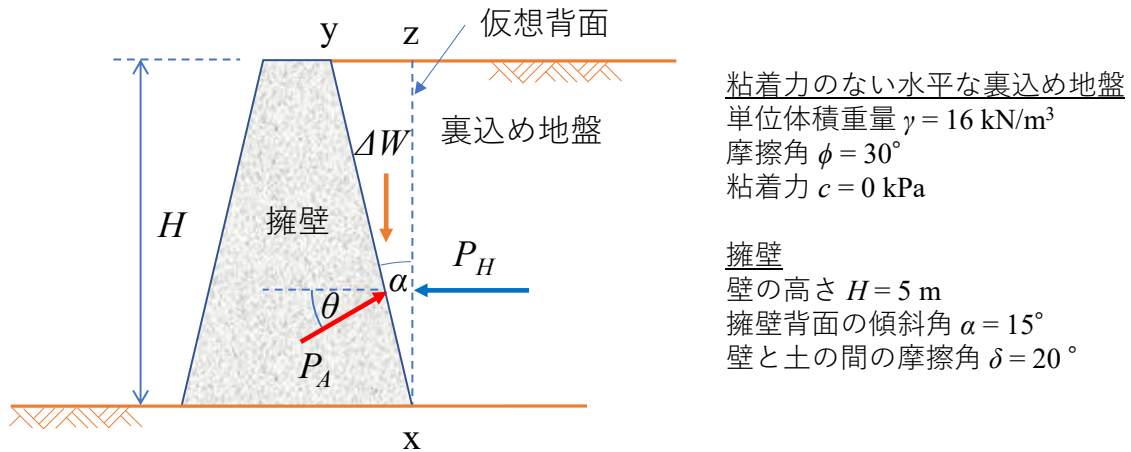


図-4

- (1) ランキン土圧理論では擁壁背面の傾斜を考慮することができないが、クーロン土圧理論では考慮することができる理由を説明せよ。
- (2) 擁壁の下端を通る鉛直面 xz はせん断応力が作用しない仮想背面と仮定すれば、ランキンの主働土圧理論を適用することができる。裏込め地盤の単位体積重量 γ を 16 kN/m^3 、内部摩擦角 ϕ を 30° とし、擁壁の高さ H を 5 m とするとき、仮想背面に作用する単位奥行きあたりの主働土圧による水平方向の合力 (P_H) を求めよ。
- (3) 擁壁背面の傾斜角 α が 15° であるとき、三角形 xyz の単位奥行きあたりの重量 (ΔW) を計算せよ。なお、重量 ΔW と仮想背面および擁壁背面に作用する力は釣り合っている。ここでは、力のベクトル P_H と ΔW の合力を求めることにより、擁壁背面に作用する合力の大きさ (P_A) と水平面からの傾斜角 (θ) を求めよ。
- (4) クーロン土圧理論によれば、擁壁にかかる合力 P_A は次の式で表される。ただし、壁と土の間の摩擦角 δ が 20° である。

$$P_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_A, \text{ ここで } K_A = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin \phi \sin(\phi + \delta)}{\cos \alpha \cos(\alpha + \delta)}} \right]^2}$$

クーロン土圧理論に基づいて、図-4 に示されているパラメータを使用して、角度 θ と擁壁背面に作用する合力の大きさ (P_A) を求めよ。

- (5) 上記の(3)と(4)から得られた P_A と θ を比較し、仮想背面の仮定に伴う利点と限界について議論せよ。