

2022 年度 土質力学Ⅰ及び演習 定期試験

2023 年 1 月 31 日 (火) 13:15～15:15 共通 155・共通 1 講義室

注意事項：

- 問題は全 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、同じ用紙の裏側に解答してください。
- 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してください。

【1】以下の問いに答えよ。ただし、水の密度 ρ_w は $1.00 \text{ Mg/m}^3 (= \text{g/cm}^3)$ とする。

- (1) 間隙比 e ，含水比 w ，飽和度 S_r ，土粒子の比重 G_s について， $e \cdot S_r = w \cdot G_s$ の関係が成り立つことを示せ。必要であれば図を用いて良い。
- (2) 盛土を築造するために，以下の諸量を有する土取り場から土を採取することにした。この土取り場の自然状態での間隙比 e ，間隙率 n ，飽和度 S_r を求めよ。

土粒子密度 ρ_s	2.70 Mg/m^3
自然含水比 w_n	20.0%
湿潤密度 ρ_t	1.80 Mg/m^3
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	1.80 Mg/m^3

- (3) (2)の土取り場を $5,400 \text{ m}^3$ 掘削して土を採取し，締固め度 90.0%で盛土を築造した。採取した湿潤状態の土の質量 m と，築造された盛土の体積を求めよ。
- (4) 突き固めた土の含水比と乾燥密度，せん断強さ，透水係数の一般的な関係について，概形を示せ。解答用紙に図 1 のグラフを書き写し，乾燥密度，せん断強さ，透水係数の各ピークと最適含水比の位置関係が明確に分かるように図示すること。また，締固め曲線にはゼロ空隙曲線も併せて示すこと。

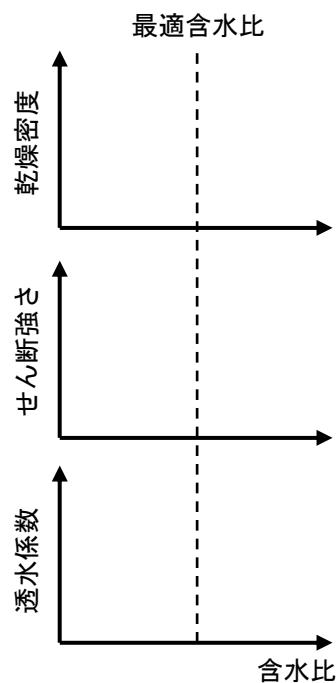


図 1

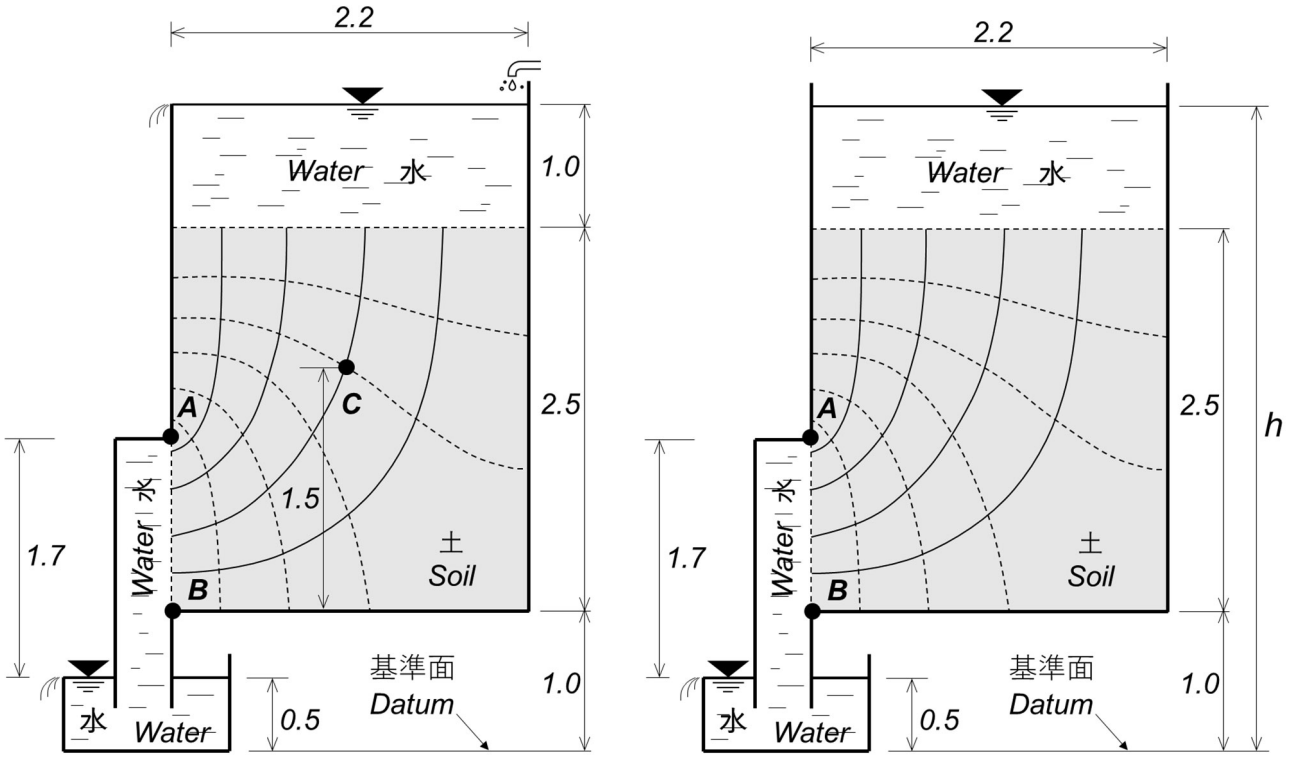
- (5) 乾燥密度の高い盛土を築造するために有効と考えられる対策や方法を，2つ挙げよ。

【2】 図 2(a), (b)は土をろ過材としたろ過装置を示している。同図の土の部分には、流線と等ポテンシャル線で囲まれた各領域がおよそ正方形になるようにフローネットが描かれている。ろ過装置には、線 AB の位置に厚さが無視できる網目状の仕切りが設置されており、水を通すことは出来るが土は変形しないものとする。基準面の位置は図に示す通りとし、土の奥行は 1 m である。

はじめに、図 2(a)に示す通り、ろ過材である土の材料が砂で、水の流れが定常状態である場合を考える。上流側と下流側の水位は一定に保たれているとし、砂を通過する流量は $2.88 \text{ m}^3/\text{hr}$ である。次の(1)から(4)の問いに答えよ。なお、速度水頭は無視できるとする。

- (1) 点 A における位置水頭, 圧力水頭, 全水頭を求めよ。
- (2) 点 B における位置水頭, 圧力水頭, 全水頭を求めよ。
- (3) 点 C における位置水頭, 圧力水頭, 全水頭を求めよ。
- (4) 砂の透水係数を求めよ。

(5) つぎに、図 2(b)に示す通り、ろ過材である土の材料がシルト質砂である場合を考える。初期状態 ($t=0$) における上流側の水位は $h=4.5 \text{ m}$ であり、以後、上流側への水の供給はないものとする。上流側の水位は時間とともに減少し、 $h=4.5 - 0.02 t$ (t は時間) で表される。10 時間後、上流側の水位は $h=4.3 \text{ m}$ まで低下した。この間、土の状態やフローネットは変化しないとする。シルト質砂の透水係数 (単位: m/s) を求めよ。



(a) 問(1)~(4) (b) 問(5)

図 2 ろ過装置の概略図 (図中の数字の単位は m)

【3】 図3に示すような、下部を不透水性岩盤層、上部を砂層で囲まれた正規圧密粘土地盤の地表面に盛土を構築する。盛土の構築は非常に短期間で行われ、盛土構築により一様な荷重 100 kN/m^2 が、瞬時に地表面に載荷されると考える。このとき、粘土地盤の一次元圧密沈下および圧密時間に関する以下の問いに答えよ。水の単位体積重量は 9.81 kN/m^3 、砂層の湿潤単位体積重量は 19.0 kN/m^3 、載荷前の粘土層の飽和単位体積重量は 17.0 kN/m^3 である。盛土構築前の粘土層は正規圧密状態であり、圧密の進行は Terzaghi の一次元圧密理論に従うものとする。さらに、地下水面は常に砂層と粘土層の境界に位置するものとし、載荷による砂層の圧密沈下は無視できるものとする。

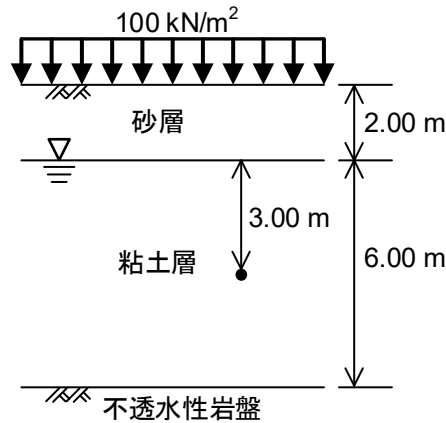


図3

- (1) 盛土構築前の粘土層中央部における、①初期鉛直全応力、②初期間隙水圧、③初期鉛直有効応力をそれぞれ求めよ。
- (2) 盛土構築により地表面から一様な荷重が載荷された直後の粘土層中央部における、①鉛直全応力、②間隙水圧、③鉛直有効応力をそれぞれ求めよ。また、載荷後十分な時間が経過し圧密が終了した時、これらの値はそれぞれ載荷直後と比較してどのように変化するか簡潔に説明せよ。
- (3) 盛土構築前に粘土層中央部からサンプリングした粘土試料に対して圧密試験を実施した結果、初期間隙比 $e_0=1.00$ 、圧縮指数 $C_c=1.20$ であることが分かった。この結果に基づいて盛土構築による粘土層全体の最終沈下量を求めよ。粘土層中央部における応力値を代表値として用いてよい。
- (4) 粘土試料の圧密試験の結果、平均圧密度 90%に達するまでに 424 秒を要した。平均圧密度 90%に対する時間係数は $T_v = 0.848$ であるとき、圧密係数 $C_v [\text{m}^2/\text{s}]$ を求めよ。ただし、粘土試料の寸法は直径 6.00 cm 、高さ 2.00 cm であり、圧密試験は両面排水条件で行われたとする。
- (5) この粘土地盤が平均圧密度 90%に達するのに要する時間 [日] を求めよ。
- (6) 盛土構築前の初期状態から地表面に載荷される圧力が 100 kN/m^2 よりも大きい場合、同じ粘土地盤において平均圧密度 90%に達するまでの時間はどうなるか (増加する・減少する・変化しない)、理由とともに簡潔に説明せよ。ただし、圧密係数 C_v は圧密進行中においても常に一定であるとする。

【4】以下の問いに答えよ。

(1) 地盤内のある点において、図4のように応力が作用している状態を考える。

- 1) 図4の応力状態のモールの応力円を描け。なお、応力円の中心座標と半径をそれぞれ示すこと。
- 2) 1)で描いたモールの応力円を用いて、最大および最小主応力、またこれらの主応力の作用する面の方向を求めよ。
- 3) 1)で描いたモールの応力円を用いて、A-A'面に作用する垂直応力とせん断応力を求めよ。

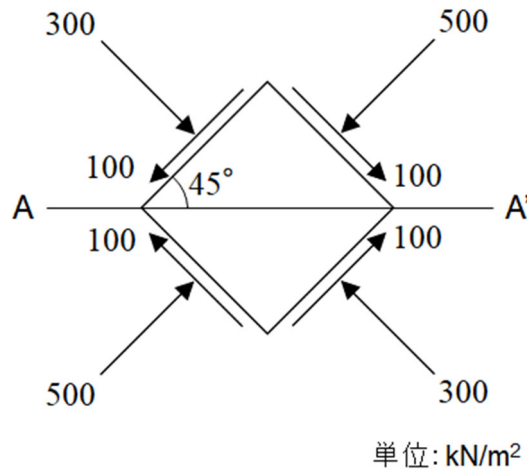


図4

(2) 飽和したシルト質砂を対象に、側圧 $\sigma_3 = 250 \text{ kN/m}^2$ の条件で圧密非排水（ $\overline{\text{CU}}$ ）三軸圧縮試験を実施したところ、軸圧 $\sigma_1 = 450 \text{ kN/m}^2$ 、間隙水圧 $u_w = 150 \text{ kN/m}^2$ に達したところで破壊が生じた。なお、破壊は、最大主応力面から反時計回りに 60° 傾いた面に沿って生じていた。

- 1) 破壊時の全応力および有効応力に関するモールの応力円をそれぞれ描け。
- 2) 破壊面に作用している垂直有効応力 σ'_f とせん断応力 τ_f を求めよ。
- 3) モール・クーロンの破壊規準が成立すると仮定して、試験に用いたシルト質砂の粘着力 c' およびせん断抵抗角 ϕ' を求めよ。
- 4) ゆるい砂や正規圧密粘土の圧密非排水三軸試験では、一般に正の過剰間隙水圧が発生する。この理由をダイレイタンシーの観点から説明せよ。ただし、圧力は圧縮を正とする。