

2024 年度 土質力学Ⅰ及び演習 定期試験

2025 年 1 月 28 日（火）13:15～15:15

注意事項：

- 問題は全部で 4 問である。
- 解答用紙 4 枚を配付する。4 枚すべてに氏名・学生番号等の必要事項を記入すること。記入漏れがあった場合は採点できない場合がある。
- 各問に 1 枚の解答用紙を用い、【1】から順に解答すること。それぞれ表側に書ききれないときは同じ用紙の裏面に続きを解答し、1 つの大問の答案が複数枚の用紙にまたがらないよう注意すること。複数枚にわたって解答した場合は採点できない場合がある。
- 解答に単位が必要な場合は必ず明記すること。
- 関数電卓と定規の持ち込みは可能であるが、電卓のプログラム機能、携帯電話等の電卓機能の使用は認めない。
- 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、然るべき対応を取る。

【1】

(1) 土の物理量に関する以下の問いに答えよ.

- 1) 土の間隙比 e , 含水比 w (%)および飽和度 S_r (%)を, 図 1 に示した記号 (土の三相の体積, 質量) を用いて表せ.
- 2) 土粒子の比重を G_s としたとき, $eS_r = wG_s$ の関係が成り立つことを示せ.

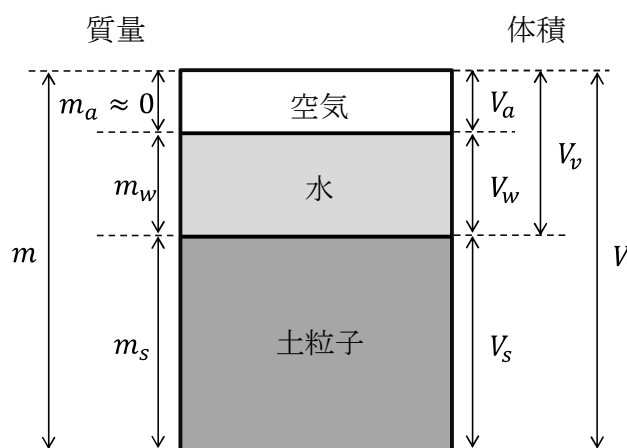


図 1

(2) 土取り場から掘削した土を締め固めて, 河川堤防の盛土を建設する場合を考える. 以下の問いに答えよ. ただし, 水の密度は 1.00 Mg/m^3 とする.

- 1) 土取り場の土を調査したところ, 自然状態で湿潤密度 $\rho_t = 1.70 \text{ Mg/m}^3$, 含水比 $w = 15.0 \%$, 土粒子の比重 $G_s = 2.70$ であった. 土取り場における自然状態の土の間隙比, 飽和度, および乾燥密度を求めよ.
- 2) 土取り場の土の締め固め特性を把握するために締め固め試験を行ったところ, 最大乾燥密度 $\rho_{dmax} = 1.90 \text{ Mg/m}^3$, 最適含水比 $w_{opt} = 18.0 \%$ と求まった. この土を最適含水比で締め固め度が 90.0% となるように締め固めて, 体積が $30,000 \text{ m}^3$ の盛土の建設する場合に, 土取り場で掘削しなければならない自然状態の土の体積を求めよ.
- 3) 河川堤防の建設にあたって, 盛土の締め固めを行うことで期待される効果を「せん断強度」, 「圧縮性」, 「透水性」の三つのキーワードを使って 100 字程度で述べよ.

(3) 以下の用語について 50～100 字で説明せよ.

- 1) 相対密度
- 2) 有効応力

【2】

(1) 以下の問いに答えよ，必要に応じて式を使用してもよい。

(1-1) クイックサンド状態について説明せよ。

(1-2) 定水位透水試験と変水位透水試験は，土の透水係数を決定するために用いられる．それぞれの試験が用いられる条件を説明せよ。

(1-3) 3つの層から成る飽和地盤の鉛直方向の透水を考える．下の図2に示すパラメータを使用して，すべての層を全体として考慮した場合の土の等価鉛直透水係数 k_v を表せ．3層の土の透水係数はそれぞれ k_1 , k_2 , k_3 で，厚さはそれぞれ H_1 , H_2 , H_3 とする。

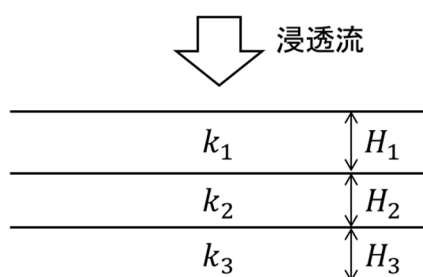


図 2

(2) 不透水性の岩盤の上に厚さ 8.0 m の砂層が堆積している湖底を考える．水深は 2.5 m である．掘削を可能にするために，図 3 に示すように，2 列の平行な矢板が湖底に打ち込まれている．湖底への貫入深さは 6.0 m であり，2 列の矢板の間を，湖底面から 1.9 m 下の深さまで掘削する．掘削領域内の水位は，ポンプによって掘削面と一致するように保たれる．基準点是不透水性岩盤の上部にあるとする．このとき，図 3 に示すようなフロー ネットが描かれる．砂の乾燥単位体積重量と飽和単位体積重量は，それぞれ 17.5 kN/m³ と 20.5 kN/m³ とし，水の単位体積重量は 9.8 kN/m³ とする．また速度水頭は無視できるとする．以下の問いに答えよ。

(2-1) 点 A と点 D における全水頭を求めよ。

(2-2) 点 A と点 D における圧力水頭を求めよ。

(2-3) 点 A と点 D における水圧を求めよ。

(2-4) 点 A と点 D における鉛直有効応力を求めよ。

(2-5) 矢板間の掘削空間への浸水量が，奥行方向単位長さ 0.25 m³/hour 場合，砂の透水係数を求めよ

(2-6) 湖の水位が上昇すると、掘削区域でクイックサンドが生じる。点 A, B, C, D で示された場所のうち、どの場所が最もクイックサンドのリスクが高いか、簡単な理由とともに答えよ。

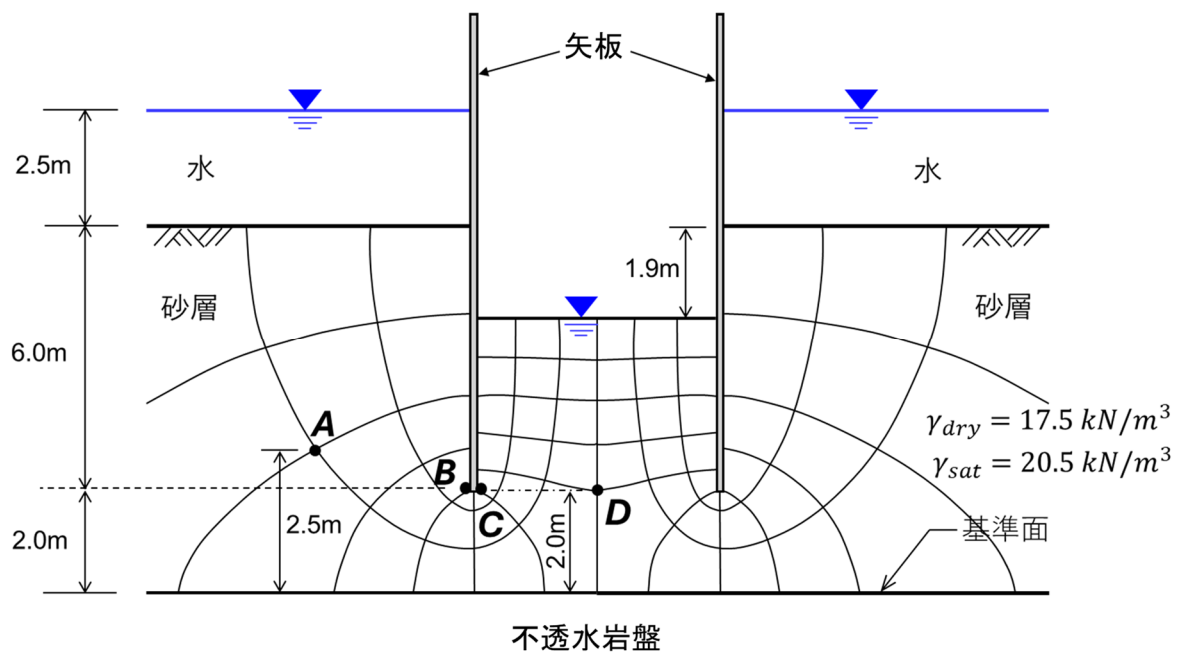


図 3

【3】上部および下部ともに砂層で囲まれた正規圧密粘土地盤を考える（図 4）。上部砂層から井戸による揚水を行った結果、当初は地表面から 3 m の位置 A にあった地下水位が、非常に短時間で位置 B（砂層と粘土層の境界）まで低下した。このとき、以下の問いに答えよ。なお、水の単位体積重量は 9.80 kN/m^3 、砂層の湿潤単位体積重量と飽和単位体積重量はそれぞれ 18.0 kN/m^3 と 20.0 kN/m^3 、粘土層の飽和単位体積重量は 15.0 kN/m^3 とする。また、圧密の進行は Terzaghi の一次元圧密理論に従うとする。

- (1) 地下水位低下前と低下後（十分な時間が経過した後）のそれぞれにおいて、地盤内 ($0 \leq z \leq 14 \text{ m}$) の全応力、有効応力、間隙水圧の分布図を描け。なお、分布図が一意に定まるよう、直線の折れ曲がり点などには必ず値を示すこと。
- (2) 地下水位低下前の粘土層から不攪乱試料を採取して圧密試験を実施したところ、図 5 に示すような間隙比と圧密圧力の関係（ $e\text{-}\log p'$ 曲線）が得られた。この結果に基づいて、地下水位低下に伴う粘土層全体の最終沈下量[cm]を求めよ。なお、粘土層の初期間隙比 e_0 は 1.80 とし、粘土層中央部（C 点）における応力とひずみを代表値として用いてよい。
- (3) 粘土試料の圧密試験の結果、平均圧密度 90%に到達するまでに必要な時間は 577 秒であった。平均圧密度 90%に対する時間係数を $T_v = 0.848$ として、圧密係数 $C_v[\text{cm}^2/\text{day}]$ を求めよ。ここに、粘土試料の寸法は直径 6.00 cm、高さ 2.00 cm であり、両面排水条件で試験は実施されたものとする。
- (4) 圧密試験の結果に基づき、粘土層が平均圧密度 90%に到達するのに必要な時間[day]を求めよ。
- (5) 図 4 で粘土層の下部が砂層ではなく不透水性岩盤層であると仮定する。ここで、強制的に粘土層の温度を上昇させる（間隙水の粘性を低下させる）ことで、粘土層の体積圧縮特性は変えずに透水係数を 2 倍に大きくすることができた。この場合、(2)(4)で求めた地下水位低下に伴う最終沈下量と沈下に要する時間はどうか（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。
- (6) 再び、図 4 において地下水位低下前の状態を考える。プレロード工法として、地表面に盛土を非常に短時間で構築し、十分な時間が経過し粘土層の沈下が収束した後、非常に短時間で盛土を撤去した。盛土撤去後（十分な時間が経過した後）に C 点において過圧密比 2.50 を実現するため、必要となる盛土による一様な荷重[kPa (=kN/m²)]を求めよ。また、この後で地下水位を位置 A から位置 B に低下させた場合、地下水位低下に伴う粘土層の鉛直変位量は(2)で求めた最終沈下量と比べてどうか（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。

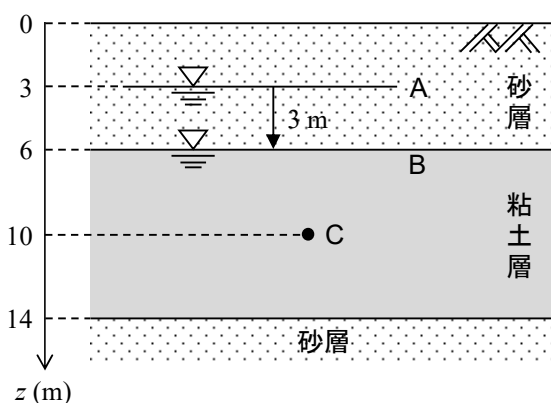


図 4

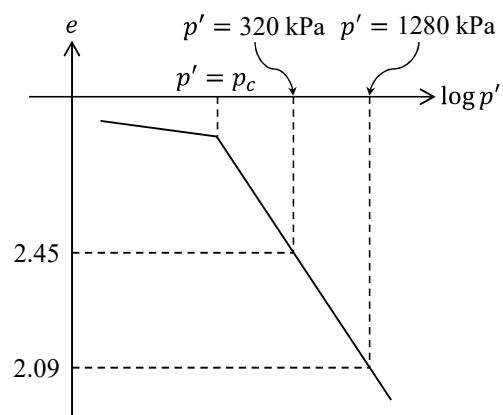


図 5

【4】以下の問いに答えよ。

飽和した正規圧密粘土を供試体にして、拘束圧（側圧）100 kPa で圧密非排水三軸圧縮試験を行ったところ、せん断過程について下図のような結果を得た。以下の問いに答えよ。

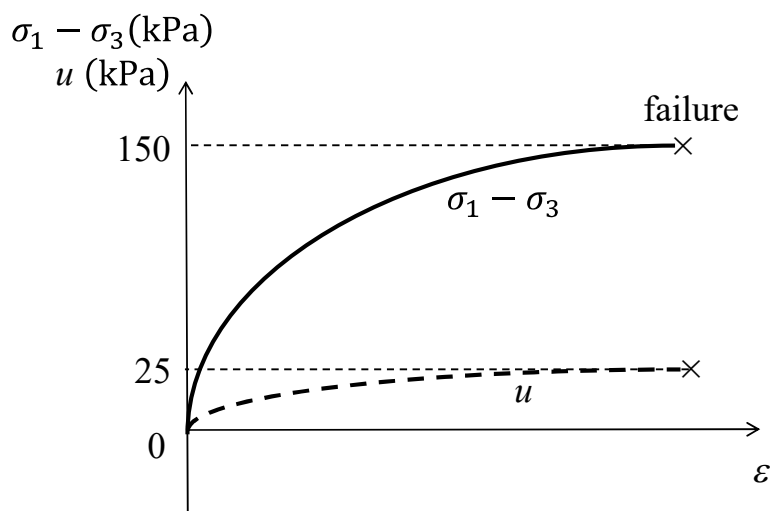


図 6

- (1) 圧密過程が終了したときの、供試体の全応力のモール円を描け。
- (2) せん断過程では、図 6 に示したように軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3 = 150 \text{ kPa}$ のとき供試体が破壊した。また、このとき間隙水圧 $u = 25 \text{ kPa}$ であった。破壊時における全応力のモール円を描け。
- (3) (2)で、破壊時における有効応力のモール円を描け。
- (4) 正規圧密粘土であることから $c' = 0$ とみなして、 ϕ' の値を求めよ。ただし、 c' と ϕ' はそれぞれ、圧密非排水三軸圧縮試験から求められる有効応力に関する粘着力とせん断抵抗角（内部摩擦角）である。
- (5) モール・クーロンの破壊規準が成立するとして、供試体に生じると考えられる破壊面の方向を求めよ。
- (6) 以下の文章で、【 ① 】と【 ② 】にあてはまるものをそれぞれ下の選択肢から選ぶとともに、なぜそれらを選んだのかを「ダイレイタンスー」という用語を用いて 100～200 字の範囲で①②まとめて説明せよ。

もし、同じ正規圧密粘土を使って、同じ拘束圧 100 kPa で圧密排水三軸圧縮試験を行った場合、せん断過程で間隙水圧は【 ① 】。また、供試体からの排水量は【 ② 】。

【 ① 】の選択肢 増加する；変化しない；減少する

【 ② 】の選択肢 正となる；ゼロとなる；負となる