

2020 年度 土質力学 II 及び演習 期末試験（レポート試験）

2020 年 7 月 29 日（水）解答時間 10:00～12:00, 提出締切 12:15

注意事項：

- 問題は 5 問です。解答するレポート用紙は何枚使っても構いませんが、問題【1】から【5】の各問題で解答用紙を分け、また各問題の解答用紙の冒頭に氏名、学生番号を記入してください。
- ひとつの問題を複数枚に渡って解答しても構いませんが、同じページに複数の問題を解答しないようにしてください。
- 12:00 に解答をやめ、12:15 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、余裕をもって提出してください。
- 試験中は講義資料等を見ても構いませんが、時間配分には十分に留意してください。
- 他者の答案と類似するものについては、後日口頭試問を行い、理解度を確認することがあります。
- 解答に単位が必要な場合は明記してください。

【1】

図 1 に示すように、層厚 8 m の均一な正規圧密粘土層の上に道路盛土を建設することを考える。粘土層の下部は非常に強固な地盤である。盛土の湿潤単位体積重量 $\gamma_t = 15.8 \text{ kN/m}^3$ 、粘土層の飽和単位体積重量 $\gamma_{\text{sat}} = 18.3 \text{ kN/m}^3$ である。また粘土層の初期間隙比 $e_0 = 0.9$ 、圧縮指数 $C_c = 0.2$ 、圧密係数 $c_v = 0.02 \text{ m}^2/\text{day}$ とする。地下水位は粘土層の上面に一致しており、間隙水は粘土層の上下端両方から排水されるとする。水の単位体積重量 $\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$ である。

盛土の建設を 2 段階で行うことを考える。はじめに、粘土層の上に法面勾配が 1:2 で高さ $H_1 = 4.0 \text{ m}$ 、底面の幅 $W = 20.0 \text{ m}$ の盛土を築造し、盛土荷重による先行圧密（プレロード）を行う。この盛土は築造後 Δt 日間放置し、その間に粘土層内では過剰間隙水が排水され圧密沈下量 S_2 が発生するとする。なお、図 2 に示す通り、 $S_2 < S_1$ の関係がある。ただし、 S_1 は盛土高さ H_1 による粘土層最終圧密沈下量を表す。つぎに、盛土の一部を撤去し、盛土高さを $H_2 = 2.0 \text{ m}$ とする。なお、盛土底面の幅と法面勾配は一定である。

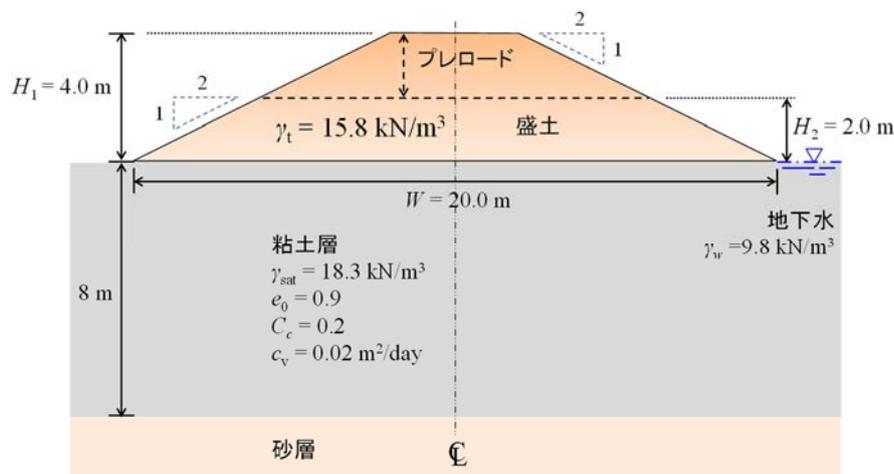


図 1 地盤と盛土の概要

ここで、粘土層の応力状態として、粘土層中央の応力状態を用いることが可能であるとする。さらに、盛土の築造による粘土層内の応力増分は、盛土中央直下の地盤の鉛直応力増分を用いることが可能であり、その鉛直応力増分は弾性理論により求められるとする。以下の計算においては、盛土荷重による即時沈下、盛土の変形、盛土の撤去に伴う地盤の変形は無視できるとする。また、盛土の築造と撤去は瞬時に行われるとし、これらに関わる期間は計算に考慮する必要はない。さらに、問題を解くために、表1と図3を用いてもよい。粘土層は鉛直方向に1次的に変形するとしたとき、以下の問いに答えなさい。

- (1) 盛土を建設する前の粘土層中央における有効鉛直応力 σ'_{z0} を求めよ。
- (2) 高さ H_1 の盛土を建設した際、盛土中央直下の粘土層中央における鉛直応力増分 $\Delta\sigma_1$ を求めよ。
- (3) 初期の有効鉛直応力 σ'_{z0} を用いて、鉛直応力増分 $\Delta\sigma_1$ による粘土層中央の沈下量 S_1 を求めよ。
- (4) 高さ H_2 の盛土による、盛土中央直下の粘土層中央における鉛直応力増分 $\Delta\sigma_2$ を求めよ。
- (5) 初期の有効鉛直応力 σ'_{z0} を用いて、鉛直応力増分 $\Delta\sigma_2$ による粘土層中央の沈下量 S_2 を求めよ。
- (6) 粘土層が90%圧密に到達するまでにかかる日数 (t_{90}) を計算せよ。
- (7) 高さ H_1 の盛土による粘土層の圧密量を S_2 に収めるためには、先行圧密による期間 (Δt) を何日にすればよいか計算せよ。
- (8) 先行圧密に関する利点と限界を説明せよ。

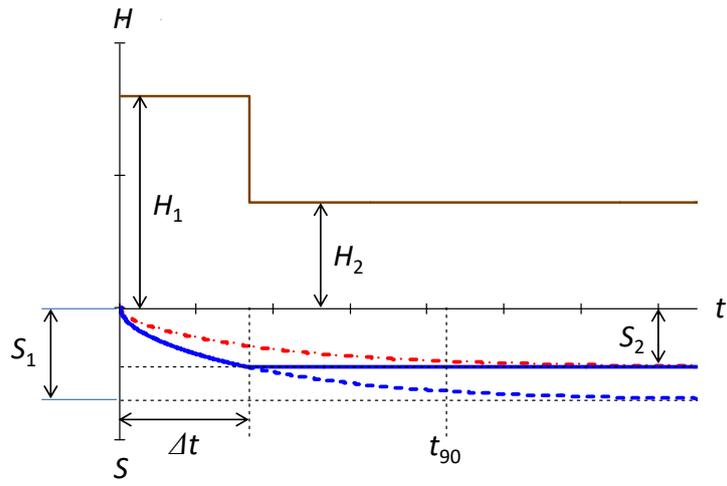


図2 圧密時間 (t) と圧密沈下量 (S) に対する先行圧密 (H_1 - H_2) の効果

表1 平均圧密度 U と時間係数 T_v の関係

U (%)	T_v						
0	0.000	25	0.049	50	0.197	75	0.477
5	0.002	30	0.071	55	0.239	80	0.567
10	0.008	35	0.096	60	0.286	85	0.684
15	0.018	40	0.126	65	0.340	90	0.848
20	0.031	45	0.159	70	0.403	95	1.129
						100	∞

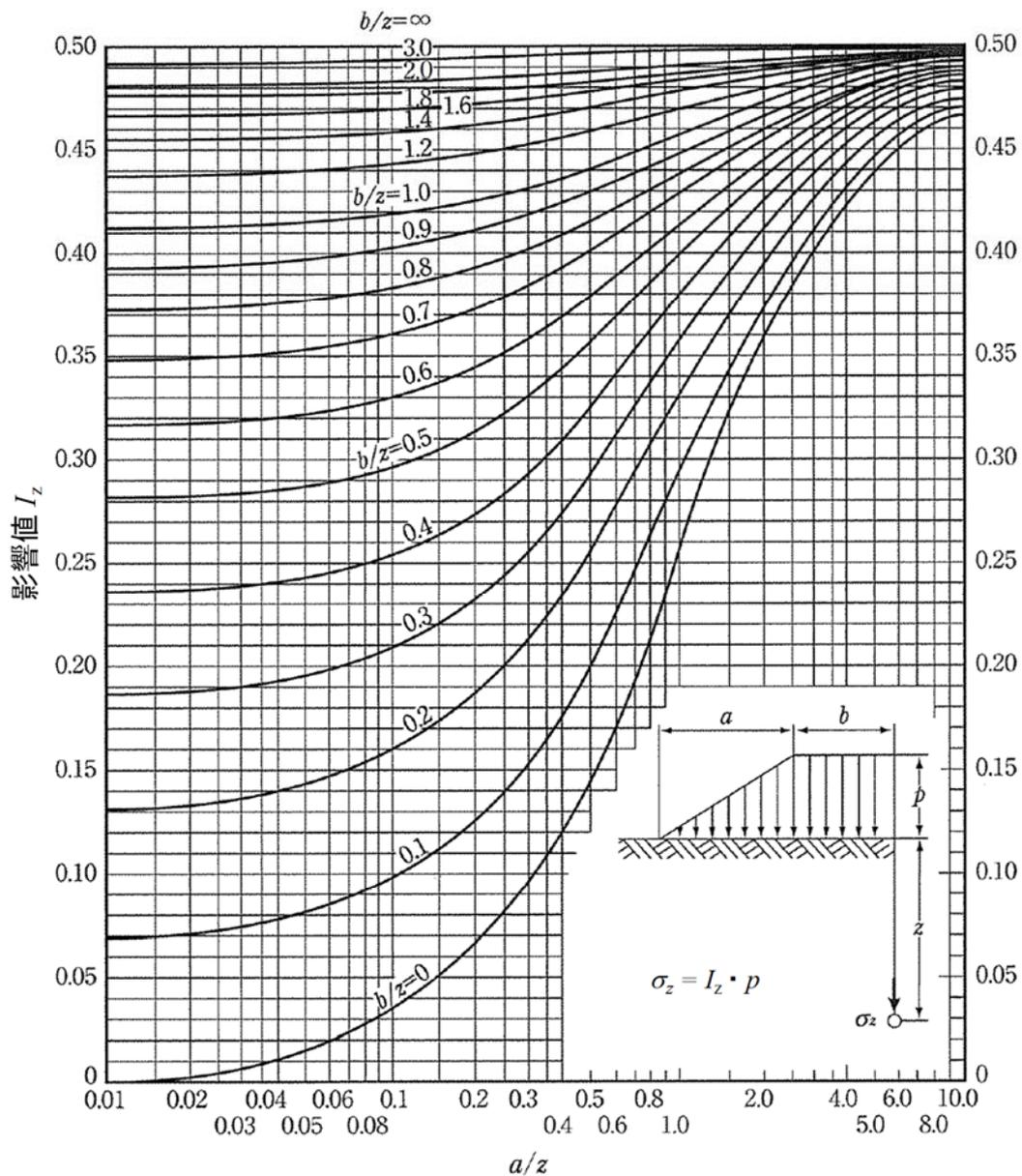


図3 半断面盛土荷重による地盤の垂直応力増分に関する影響値

【2】

- (1) 水の上を歩くことは難しいが、土の上は歩くことができる。この理由を説明せよ。
- (2) 土と鋼に対して、外部から力を受けたときの体積変化の違いについて説明せよ。

【3】

図4に示すように、粘性土層と砂質土層で構成される地盤に土留め壁を設置し、土留め壁の左側地盤を5mまで掘削することを計画した。掘削完了時の地下水面は、粘性土層上端に位置している。このとき、以下の問いに答えよ。

ただし、土留め壁と地盤の間には摩擦力が発生しないものとする。また、粘性土層は工事期間が短いため非排水状態で破壊が生じると考えてよい。なお、水の単位体積重量は簡単のため 10 kN/m^3 として良い。

- (1) 砂質土層の粘着力 c は 0 kN/m^2 、内部摩擦角 ϕ は 30° である。砂質土層の主働土圧係数を求めよ。
- (2) 粘性土層の非排水せん断強さ c_u は深さによらず 35 kN/m^2 であるとする。粘性土層のある点における鉛直有効応力 σ'_v を 90 kN/m^2 とする。この点において、粘性土が主働破壊状態となった時のモールの応力円および受働破壊状態となった時のモールの応力円を描け。なお、モールの応力円の図には、軸との交点の応力値を記載すること。
- (3) 土留め壁の背面側（図中の土留め壁右側）の地盤が主働破壊状態になったとき、土留め壁の背面に作用する単位奥行きあたりの側圧（水圧と土圧の和）の鉛直分布図を図示せよ。また、単位奥行きあたりの側圧の合力と作用位置を求めよ。なお、作用位置は土留め壁下端からの高さで示せ。
- (4) 土留め壁の前面側（図中の土留め壁左側）の地盤が受働破壊状態になったとき、土留め壁の前面に作用する単位奥行きあたりの側圧（水圧と土圧の和）の鉛直分布図を図示せよ。また、単位奥行きあたりの側圧の合力と作用位置を求めよ。なお、作用位置は土留め壁下端からの高さで示せ。
- (5) 土留め壁の下端を回転中心と考えて、この土留め壁の安定性を検討せよ。

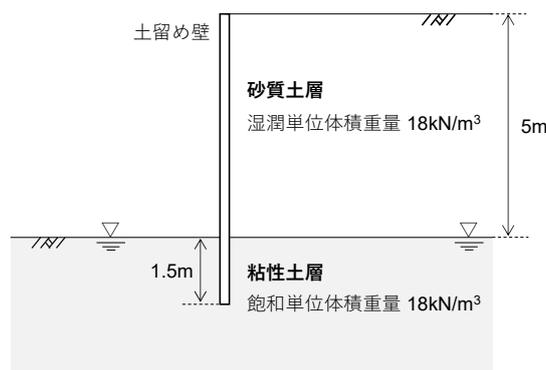


図4

【4】

- (1) 帯状基礎の対称面から右半分の断面図を図5に示す。Terzaghiによる帯状基礎の極限支持力 q_u は、支持力係数 N_c 、 N_γ 、 N_q を用いて次の式で表される。なお、 γ は単位体積重量、 c は粘着力、 B は基礎幅、 D_f は基礎の根入れ深さである。

$$q_u = cN_c + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma + \gamma D_f N_q$$

- 1) この式を誘導するために Terzaghi が仮定したすべり線を示せ。まず答案用紙に図4を描き（記号は不要）、そこにすべり線を示せ。また、すべり線と地表面のなす角度も示せ。
- 2) 1)の図に示したすべり線におけるすべりの向きを示せ。
- 3) いずれの支持力係数も内部摩擦角 ϕ の関数となる。その理由を述べよ。
- 4) Terzaghi 以外の支持力算定式では、支持力係数の関数形が異なっている。その理由を述べよ。
- 5) 安全率を F として、許容支持力 q_a を誘導せよ。誘導過程では式だけでなく、その仮定も述べよ。
- 6) 図5では地下水位がずっと下の方にある。地下水位が徐々に上昇し、地表面に達するとする。この過程で極限支持力の値はどのように変化するか説明せよ。ただし、粘着力 c および内部摩擦角 ϕ は変化しないと仮定する。

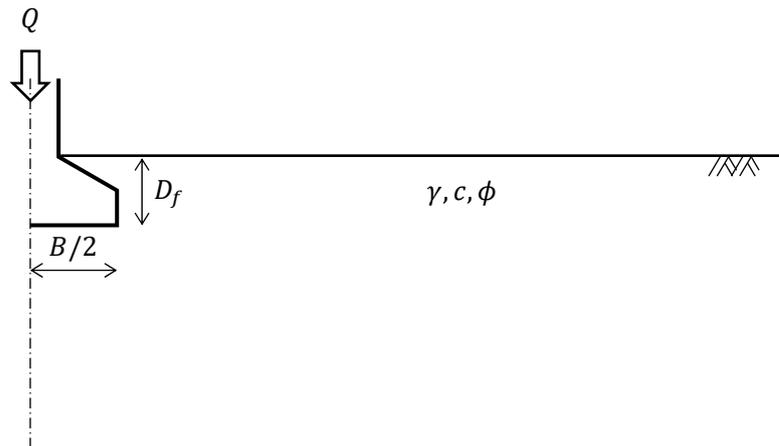


図5

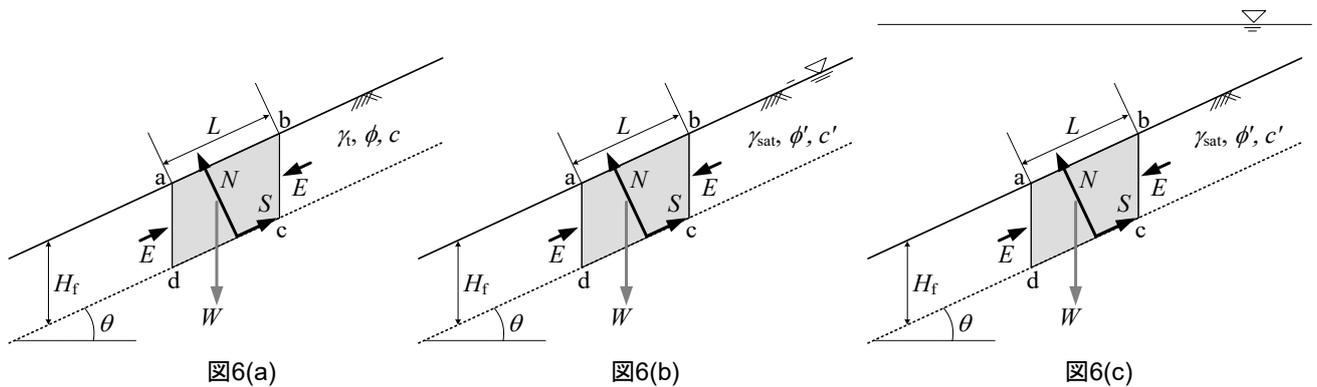
- (2) 局所せん断破壊時の極限支持力は、全般せん断破壊時のそれより一般に小さい。この理由を述べよ。
- (3) 杭基礎のネガティブフリクションに対する対策の原理を述べよ。

【5】

(1) 斜面安定に関する以下の問いに答えなさい

図6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、下記に示す 1)~3)における条件での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。

- 1) 地下水位は十分に深いところにあるとして(図6(a)) すべりに対する安全率を求めよ。ただし、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。
- 2) 連日の豪雨により斜面内の地下水位が上昇して地表面と一致した(図6(b))。斜面に平行で定常な浸透力が存在する場合のすべりに対する安全率を求めよ。ただし、すべり面に作用する土の強度は有効応力に対するモール・クーロンの破壊規準 ($\tau = c' + \sigma' \tan \phi'$) に従うとする。
- 3) 当該斜面を含む地域がダム建設用地に選定され、当該斜面がダム湖に水没した(図6(c))。ダム湖の水面は非常に高い位置にあり、ダム湖の水の流れはなく(静水状態)、領域 $abcd$ の左右の側面に作用する水圧の差は無視できるほど小さいとする。このとき、すべりに対する安全率を求めよ。また、仮に粘着力 $c' = 0$ とした場合に2)と3)の結果を比較し、浸透流がある場合と静水中の場合で斜面の安定性はどのように変化するか言及せよ。



(2) 地盤振動・液状化に関する以下の問いに答えなさい。

- 1) 地盤の液状化強度を調べる室内試験として非排水条件における繰返し三軸試験がある。拘束圧 σ_3 の等方状態から軸応力 σ_1 で繰返し荷重を与えた場合、この実験条件における応力比はどのように表現されるか？また、非排水繰返し三軸試験では、どのような面において地震時のせん断力を再現しているといえるか、モールの応力円を用いて説明せよ。
- 2) サイクリックモビリティについて説明せよ。
- 3) 液状化はゆるく堆積した砂質地盤において起こりやすいことが知られている。①粘土地盤、②礫質地盤、において液状化が発生しにくい理由について、考えられる理由を述べよ。