

2022年度 土質力学Ⅱ及び演習 定期試験

2022年7月27日(水) 10:00~12:00 共通1・共通155 講義室

注意事項:

- 問題は5問です。解答用紙も5枚ありますので、5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。
- 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。

- (1) 図1に示すような不透水性岩盤上に厚さ10mの軟弱粘土層が堆積している地盤を考える。この粘土層の体積圧縮係数は $m_v = 3.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{kN}$ 、圧密係数は $c_v = 2.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{day}$ である。いま、地表面に幅20m、奥行き10mの長方形べた基礎を有する構造物を建設することを考える。この構造物により、等分布荷重 $q = 100 \text{ kN/m}^2$ が作用するものとする。ここで、粘土層の応力状態は、粘土層中央(地表面から深さ5m)の値を用いることが可能であるとする。さらに、構造物の建設による粘土層内の応力増分は、構造物中央直下における地盤の応力増分を用いることが可能であり、弾性理論により求められるとする。
- (1-1) 構造物を建設した際、構造物中央直下5mの位置での応力増分を求めよ。必要であれば図2を用いてもよい。
- (1-2) 構造物の圧密沈下量を計算せよ。
- (1-3) 構造物の建設によって、圧密度90% (時間係数 $T_v = 0.848$) に達するのに要する時間を求めよ。
- (1-4) 圧密に要する時間を短縮するためにサンドドレーン工法を採用することとした。図3に示すように、砂杭の直径 $d_w = 0.4 \text{ m}$ 、打設間隔 $d = 2.13 \text{ m}$ の正方形配置でサンドドレーンを打設したとき、それと等しい断面積を有する円の直径で定義されるサンドドレーンの有効集水径 d_e を求めよ。
- (1-5) 図4に示すバロンの理論解を表す図を用いて、サンドドレーンを打設した場合に圧密度90%に達する時間を求めよ。なお、簡単のため、粘土の鉛直方向と水平方向の圧密係数は同一 ($c_v = c_h$) とする。
- (2) 図5は、地表面に集中荷重 Q が作用した際の鉛直方向の地盤内応力について、Boussinesq およびStrohschneiderの理論値を模式的に示している。地盤を弾性体と仮定するBoussinesqの理論では、地表面付近において応力は横方向に無限に広がることになるが、実際には、Strohschneiderの理論のように地盤内の応力分布はある閉合領域の範囲内に限られ、その外部では応力が発生しないことが知られている。Boussinesqの理論値が実際の応力分布とは異なるのはなぜか説明せよ。

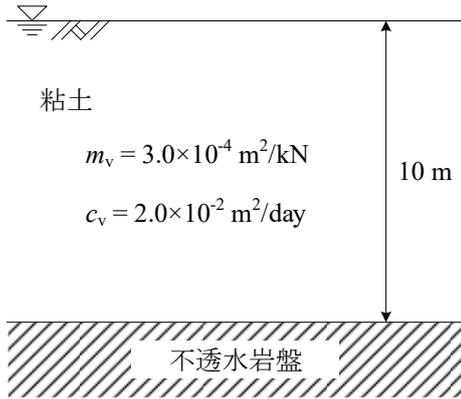


図 1

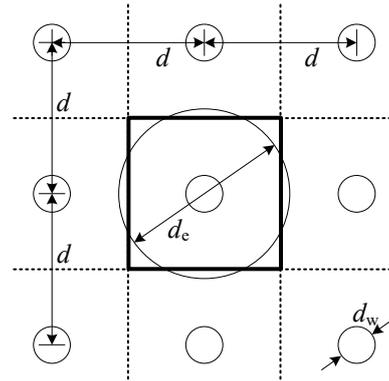


図 3

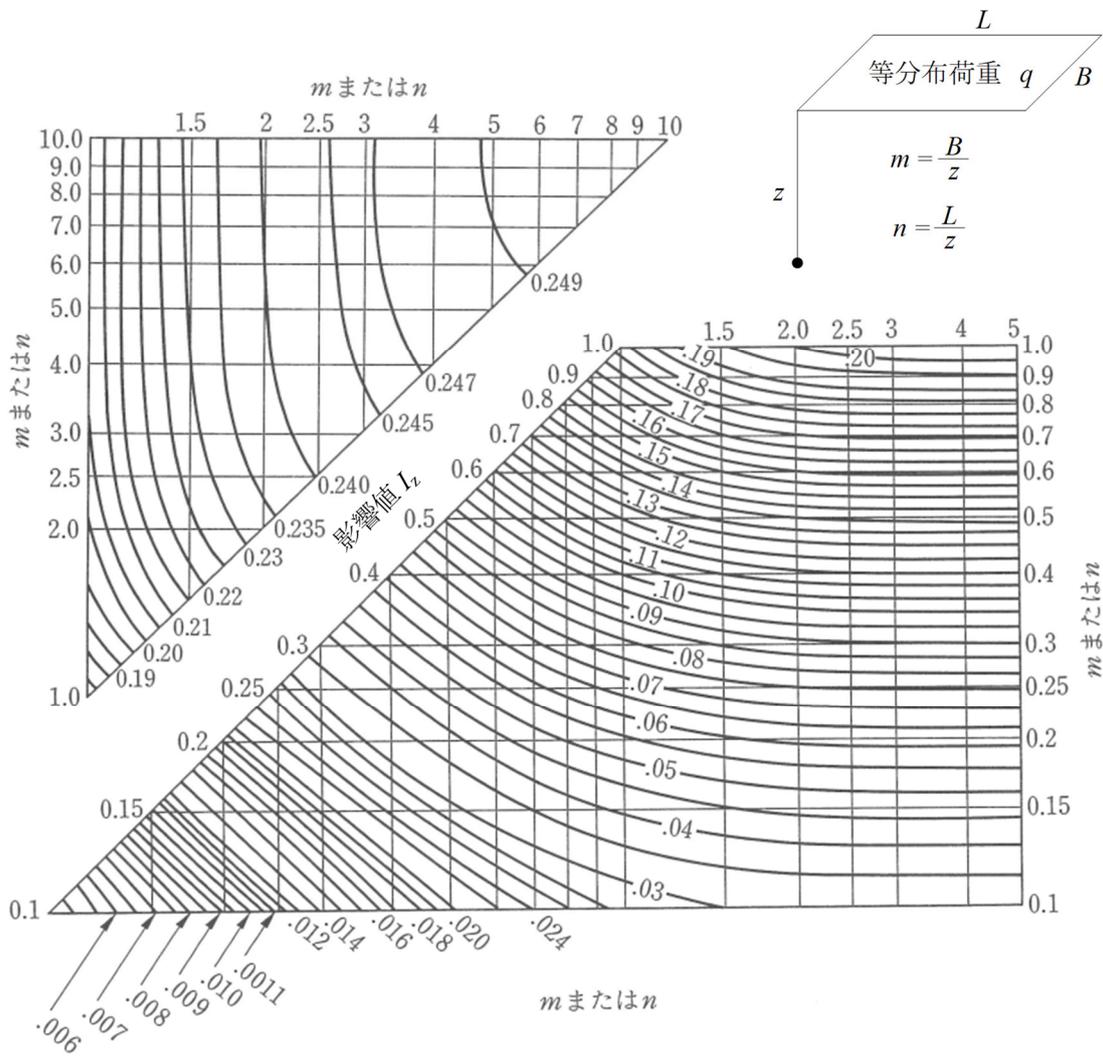


図 2

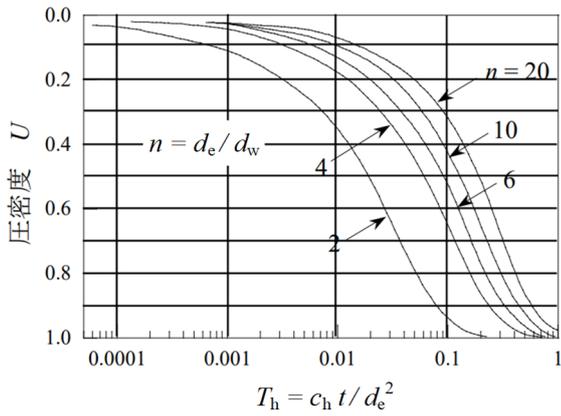


図 4

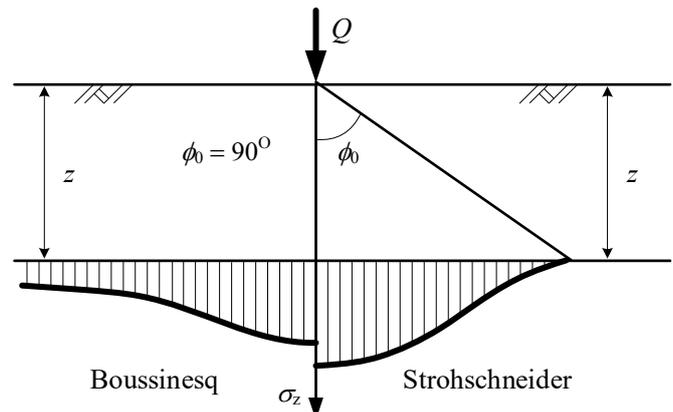


図 5

【2】 以下の問いに答えよ

飽和状態にある正規圧密粘土を用いて、側圧 200 kN/m^2 で等方圧密したのちに、側圧を一定に保ったまま圧密非排水（ $\overline{\text{CU}}$ ）三軸圧縮試験を実施した。ここで、正規圧密粘土の粘着力 c' はゼロとみなせるとする。破壊時において、軸圧 σ_a は 400 kN/m^2 、間隙水圧 u は 100 kN/m^2 であった。さらに、同じ粘土試料を用いて、2 つの追加試験を実施した。追加試験はいずれも圧密排水（CD）一面せん断試験であり、粘土は過圧密状態であるとする。1 つ目の追加試験では、破壊時において垂直応力は 10 kN/m^2 、せん断応力は 22.7 kN/m^2 であった。2 つ目の追加試験では、破壊時において垂直応力は 50 kN/m^2 、せん断応力は 33.4 kN/m^2 であった。

- (1) 圧密非排水三軸圧縮試験と圧密排水一面せん断試験から得られる強度定数（粘着力 c' 、内部摩擦角 ϕ' ）をそれぞれ求めよ。
- (2) 実験に使用した粘土の圧密降伏応力を求めよ。
- (3) 圧密非排水三軸圧縮試験において、スケンプトンの間隙圧係数 A_f を求めよ。
- (4) 同じ粘土試料を用いて、平均有効応力（ p' ）を一定に保った状態で圧密排水（CD）三軸圧縮試験を実施した。ここで、 p' は 3 方向の有効主応力の平均、粘土は正規密状態であるとする。試験では、側圧 200 kN/m^2 で等方圧密を行ったのち、せん断時は p' を一定に保つために、軸応力を増加させる一方で側圧を減少させた。破壊時の軸圧と側圧をそれぞれ計算せよ。また、 $p'-q$ 平面に有効応力経路を描け。

注：(1)と(2)は図を用いて解答してもよいが、その際は正確な図を描くこと。解答に用いた図が不正確な場合は減点する可能性がある。

【3】以下の問いに答えよ。

- (1) 土圧を勉強する意義や目的を 50 字以内で記述せよ。
- (2) 図 6 に示す高さ H (裏込め土の内部摩擦角 ϕ , 粘着力 c , 単位体積重量 γ) の地下水位が底面にある擁壁を考える。擁壁が図中右側の方向に変位する場合と左側の方向に変位する場合の擁壁に作用する土圧を, クーロン土圧の考え方で求め比較したい。各々の場合の土楔に作用する力の連力図を記述して土圧の大きさを比較せよ。その際, 連力図を構成する力に適切な記号をつけ, それぞれの力の説明も明記すること。ただし, 裏込め土の粘着力 c はゼロ, 擁壁は滑らかで裏込め土との間には摩擦がないと仮定する。
- (3) 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。そこで, 擁壁が左側に移動するとき作用する土圧を, ランキンの考え方でモールの応力円を用いて求め, 高さ H の擁壁に作用する土圧の分布形状を図示せよ。
- (4) 擁壁背面の地下水位が地表面に上昇した場合と地下水位が擁壁底面にある場合の主働土圧合力 (土圧と水圧の合力) の大小関係を, 土圧と水圧の違いに着目して説明せよ。ただし裏込め土の粘着力 c はゼロとし, 水の単位体積重量は γ_w とする。地下水位が擁壁底面にある場合, 深さ z での主働土圧 p は $p=K_a\gamma z$ と書けるとする。

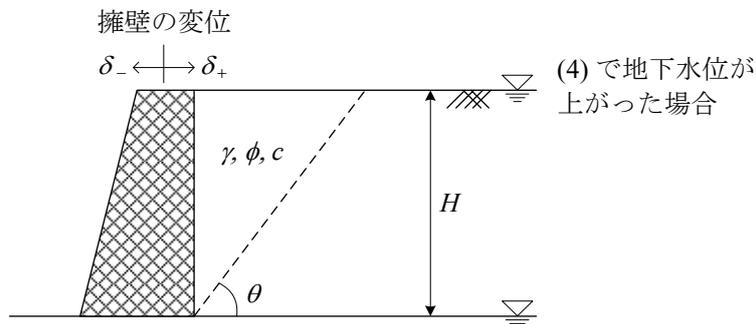


図 6

【4】地表面荷重 q を受ける地盤上に幅 B の帯状基礎が築造されている場合を考える．地盤が極限支持力に達するとき，Terzaghi は図 7 に示すようにすべり線が発生し，それにより地盤が領域 I, II, III に分割されると考えた．ここでは，地表面とすべり線により囲まれた範囲を考え，最大幅 W と最大深さ H を定義する．領域 II の形状は，角度 θ と地盤の内部摩擦角 ϕ を用いて，対数らせん $r = \frac{1}{2}B \exp(\theta \tan \phi) / \cos \phi$ で表される．地盤の粘着力 (c) を 80 kN/m^2 ，内部摩擦角 (ϕ) を 30° ，湿潤単位体積重量 (γ) を 17 kN/m^3 とし，帯状基礎の幅 B は 1 m ，地表面荷重 q は 10 kN/m^2 とする．地下水の影響は考えないものとして，以下の問いに答えよ．

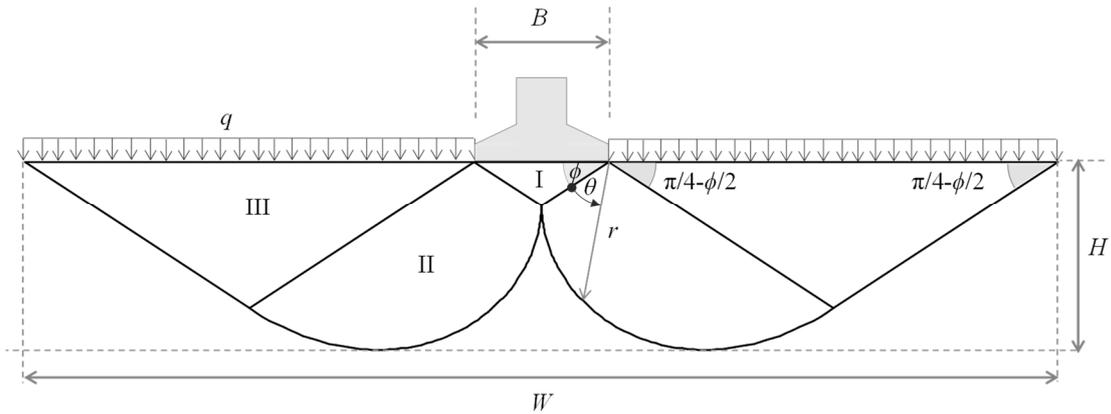


図 7

- (1) W/B を求めよ．
- (2) H/B を求めよ．
- (3) W と H を把握することは，基礎の設計と施工においてどのように役に立つか説明せよ．
- (4) 支持力係数を示す図 8 を用いて，極限支持力を計算せよ．
- (5) 安全率を 3 とした許容支持力を求めよ．

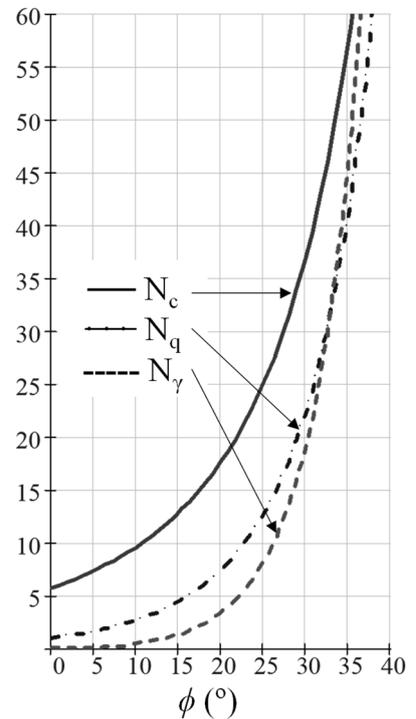


図 8

【5】以下の問いに答えよ。

- (1) 図9に示す地下水位を有するすべり土塊を n 個のスライスに分割してフェレニウス法による安定解析を行う。円弧の半径を r 、その中心を点 O として、右から数えて i 番目のスライスにつき、スライスの幅を b_i 、高さを H_i 、スライス底面の長さを l_i 、その勾配を α_i 、スライス底面における土の有効応力表示の粘着力を c'_i 、有効応力表示の内部摩擦角を ϕ'_i とする。また、スライスの重量を W_i 、スライス左右の側面に作用する力を E_i および E_{i+1} 、スライス底面の垂直抗力を P_i （有効垂直抗力 P'_i と間隙水圧 u_i による力 $u_i l_i$ の和）、せん断力を S_i とする。なお、フェレニウス法ではスライス左右の側面に作用する力の合力はすべり面に平行に働くと仮定してよい。
- (1-1) i 番目のスライスにおけるスライス底面に垂直な方向の力の釣合式を示せ。
- (1-2) 安全率を F とすると、 i 番目のスライスでの破壊条件式（すべり条件式）を示せ。
- (1-3) すべり土塊全体に対する O 点回りのモーメントの釣合式を示せ。
- (1-4) 以上より、すべり土塊の円弧すべりの安全率 F を示せ。
- (1-5) 降雨により地下水位が上昇した場合の斜面の安定性について、(1-4)で求めた安全率 F に基づき説明せよ。

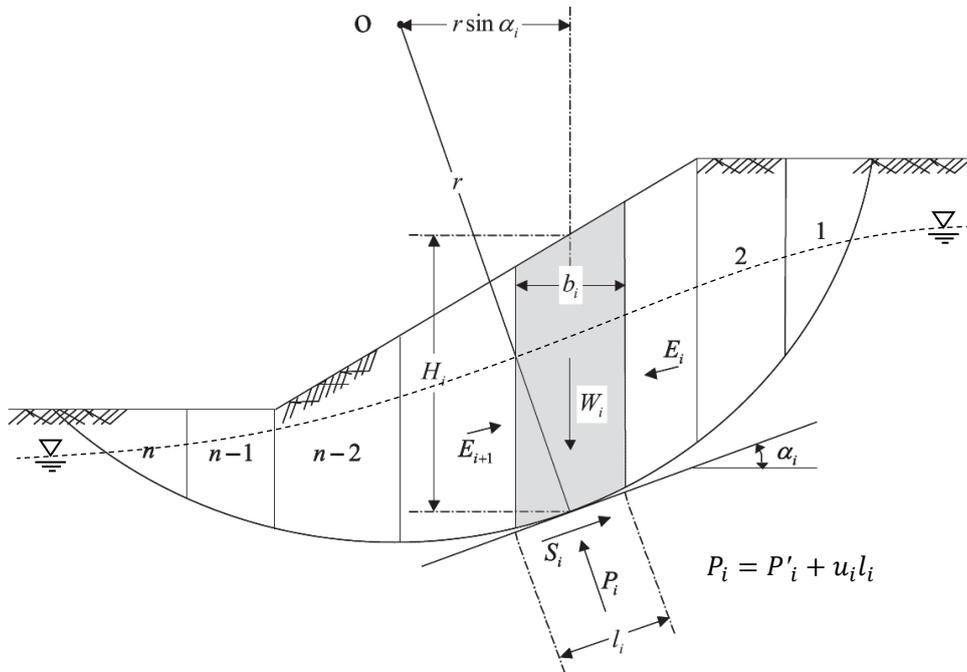


図9 すべり土塊

- (2) 地盤振動・液状化に関して以下の問いに答えよ。
- (2-1) 地盤の地震動増幅に影響する地盤条件を2つ挙げ、その影響を説明せよ。
- (2-2) 液状化対策の原理を3つ挙げ、その対策原理が対象とする液状化の発生要因を説明せよ。