

平成 16 年度 土質力学 II 及び演習 中間試験

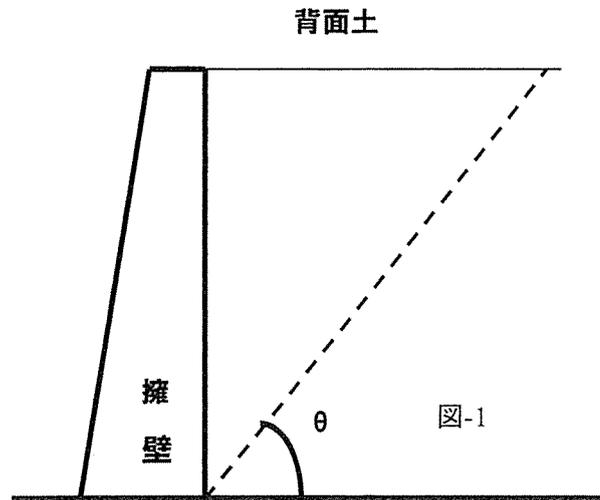
2004 年 11 月 16 日 (火) 10:30~12:00 155 講義室・207 講義室

注意事項：

- 問題は 2 問で、解答用紙は 2 枚である。各問 1 枚の解答用紙を用い、【1】番の問題から順に解答せよ。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もよい。
- 各問の配点は均等である。
- 持ち込みは一切不可。不正行為があった場合は、本科目の単位は認定しない。

【1】図のような背面が鉛直な擁壁についての土圧に関して、次の設問に答えよ。なお、背面土の地表面は水平で、力は単位奥行き当たりを考える。

- (1) まず壁が背面土の方向に動き、すべり面に沿って土塊が押し上げられる場合を考える。力の釣り合いから土圧を求める Coulomb の考え方に基づいて、図-1 のような滑り面を仮想した場合、壁面と滑り面とで囲まれる土塊の重量 W (kN/m)、滑り面に垂直な抗力 N (kN/m)、滑り面に平行な抵抗 T (kN/m)、擁壁に働く土圧合力 P_p (kN/m) の関係を、それぞれの力のベクトルの釣り合いを示す連力図で表しなさい。但し、水平に対するすべり面の角度を θ ($^\circ$)、背面土の内部摩擦角を Φ ($^\circ$)、擁壁と背面土の間の摩擦角を δ ($^\circ$) で表すこととし、連力図には、 N と T の合力 F (kN/m) と、 P_p 、 W そして F の力のベクトルの間の角度を前記記号を用いて示すこと。また、滑り面におけるせん断抵抗は内部摩擦角 Φ のみに起因する。



- (2) 背面土の深さが H (m) で、擁壁と背面土の間の摩擦角 δ が 0° 、背面土の単位体積重量が γ のとき、擁壁に働く土圧合力 P_p は $\frac{1}{2}\gamma H^2 \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\Phi}{2}\right)$ (kN/m) となる。(1) の連力図から、この土圧合力 P_p (kN/m) を求める方法を説明しなさい。
- (3) 次に擁壁が背面土から離れる方向に動く場合を考える。背面土が破壊に至る際の力の釣り合いに基づいて土圧を求める Rankine の考え方に基づいて、背面土が破壊する際の深さ z (m) の地点の応力状態を示す Mohr の応力円を描きなさい。但し背面土の単位体積重量を γ (kN/m³)、粘着力を c (kN/m²)、内部摩擦角を Φ ($^\circ$) とし、次に述べるものを、与えられた記号で図中に描いておくこと。i) 深さ z の地点の鉛直方向応力の値 σ_v (kN/m²)、ii) 深さ z の地点の水平方向応力の値 σ_h (kN/m²)、iii) 内部摩擦角 Φ ($^\circ$) および粘着力 c (kN/m²) と、それらの値をもつ背面土の破壊線、iv) 滑り面の方向。
- (4) 問(3)の Mohr の応力円から、深さ z の地点の水平方向応力の値 σ_h (kN/m²) と擁壁にかかる土圧の合力 P_0 (kN/m) を、 γ 、 c 、 Φ 、 z および H で表しなさい。但し、土圧の合力 P_0 は背面土の深さ H (m) に対する合力を表すものとする。
- (5) 図-1 を解答用紙に写して、問(4)で表される水平方向応力の値 σ_h (kN/m²) の土圧分布を描き、限界深さ z_c (m) を求めなさい。但し、土圧分布図には地表面および深さ H (m) での水平方向応力の値を、 γ 、 c 、 Φ 、および H で表して記入しておくこと。

【2】以下の設問について答えよ。

- (1) 浅い基礎と深い基礎の相違について述べよ。また、代表的な浅い基礎の形式について図を用いて概説せよ。
- (2) 地盤の支持力特性は、地盤条件の違いにより異なる性質を示すことが知られている。軟弱粘土と過圧密粘土を対象とした場合の、それぞれの荷重強度-沈下曲線について模式図を用いて示す共に、その破壊形態の違いについて説明せよ。
- (3) 一般的な支持力公式は、次式により表される。

$$q_d = \frac{Q}{B} = cN_c + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma + \gamma D_f N_q$$

- 1) 上式の各項の意味について説明せよ。
- 2) 上式を用いて、安全率を SF として許容支持力 q_a を誘導せよ。
- (4) 以下の条件での、限界支持力 q_d および許容支持力 q_a を算定せよ。また、設計上このフーチング基礎で支持可能となる上部荷重 Q も算定せよ。

(設計条件)

- ・地盤条件： $c_u=20 \text{ kN/m}^2$, $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$, $N_c=5.7$, $N_\gamma=0.0$, $N_q=1.0$
- ・フーチング基礎の形状：根入れ長 $D_f=2.0\text{m}$, フーチング幅 $B=5\text{m}$
- ・安全率： $SF=3.0$

- (5) 以下の用語の意味について説明せよ。
- ・先端支持杭
 - ・ネガティブフリクション

平成 17 年度 土質力学Ⅱ 及び演習 中間試験

【問題 1】

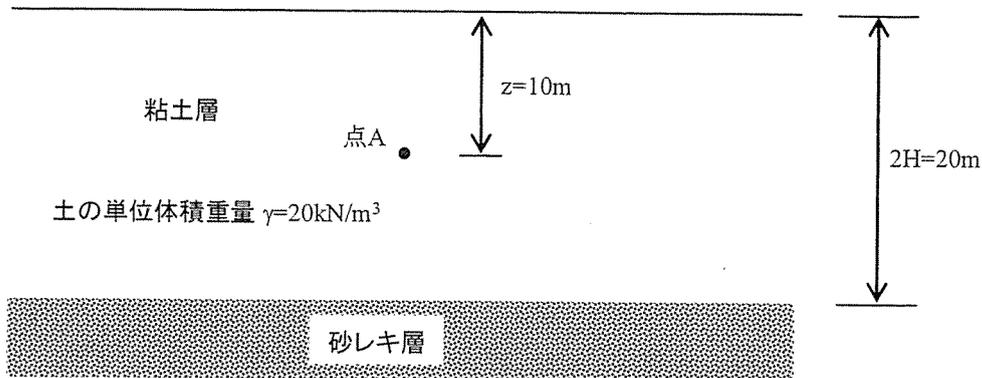


図-1

図-1 を参考にして、以下の設問に答えよ。なお、この粘土層は完全飽和状態にあるとし、また簡単のために水の単位体積重量 $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ とせよ。

(1) 図-1 に示す点 A から試料を採取した。この点 A における有効土被り圧は、間隙水圧を算定せよ。また、点 A から試料を採取して地表面に取り出した時、その試料の間隙水圧はどのように変化するか説明せよ。

(2) 点 A から採取した試料について圧密試験を行った結果、図-2 に示すような $e - \log p$ 関係が得られ、Casagrande の方法で算定した圧密降伏応力が $p_c = 150 \text{ kN/m}^2$ であった。なお、図-2 において、 C_s および C_c は、それぞれ膨潤指数、圧縮指数を表す。

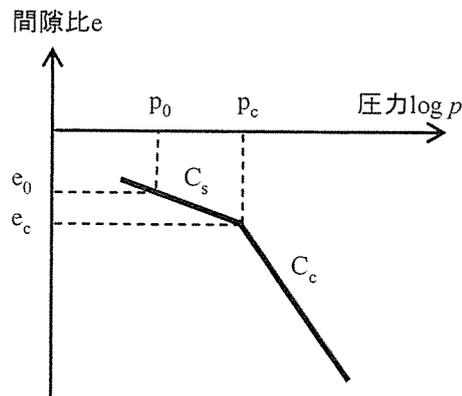


図-2

この結果より、この試料は正規圧密状態にあるか、あるいは過圧密状態にあるかについて答えると共に、この時の過圧密比 OCR を算定せよ。

(3) 圧密試験結果より算定された圧密係数が $c_v = 1000 \text{ cm}^2/\text{day}$ であった。この時、図-1 に示す地盤に上載荷重を作用させた場合に、圧密度 90% になるのに必要となる時間を算定せよ。なお、圧密度 90% に相当する時間係数 $(T_v)_{90}$ は簡単のため 0.9 とせよ。

(4) 図-1 の地盤に対して、図-3(1) に示すような台形荷重を作用させた。この場合に、盛土中央直下の点 A における鉛直応力増分 $\Delta \sigma_v$ を、図-3(2) に示す堤体荷重に対する Osterberg の図表を用いて算定せよ。ただし、盛土に用いた砂の単位体積重量を $\gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3$ とする。

(5) (4) で求めた鉛直応力増分 $\Delta \sigma_v$ を用いて、盛土中央部では沈下が一次元的に生じると仮定し、盛土中央部における圧密沈下量を算定するものとする。この盛土中央部における圧密沈下量の算定法について論述せよ（ただし、 C_s および C_c 、圧密降伏応力 p_c 、鉛直応力増分 $\Delta \sigma_v$ を用いて説明すること）。

平成 17 年度 土質力学Ⅱ 及び演習 中間試験

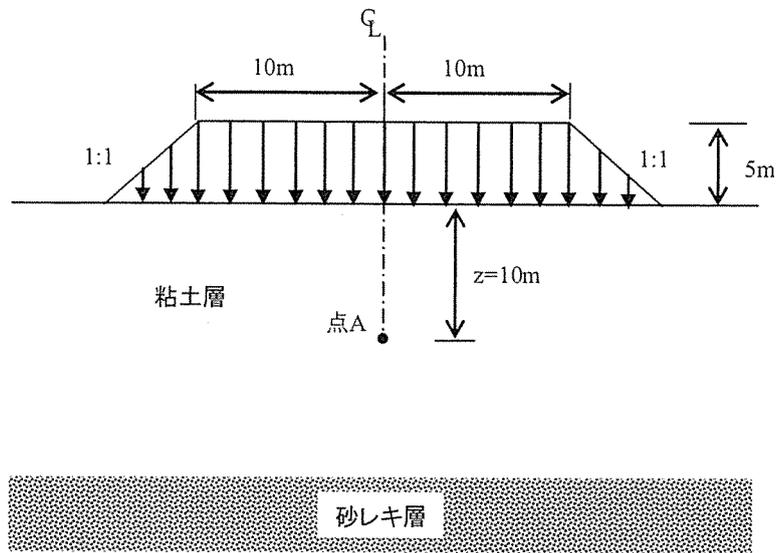


図-3 (1)

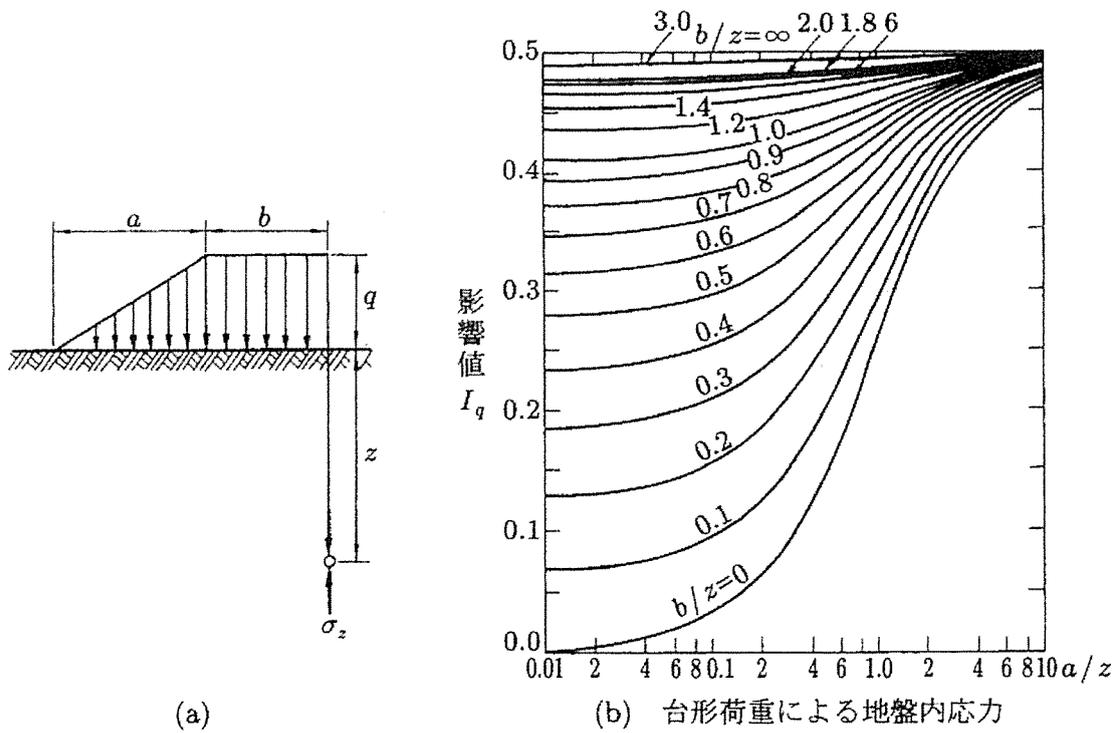


図-3 (2)

平成 17 年度 土質力学Ⅱ 及び演習 中間試験

【問題 2】

飽和した粘土を 100kPa まで圧密し、非排水圧密 3 軸圧縮試験を行った。破壊時の軸差応力

($q = \sigma_1 - \sigma_3$) は $q = 96\text{kPa}$ 、平均有効応力 ($p' = (\sigma_1' + 2\sigma_3')/3$) は $p' = 80\text{kPa}$ であった。

間隙水圧係数 A_f はいくらか、また、粘着力が 0 として、モール・クーロンの破壊規準によ

りこの粘土の内部摩擦角を求めよ。さらに、全応力径路と予想される有効応力径路を $p'-q, p-q$ 空間に描け。

【問題 3】

滑らかな壁面を持つ高さ H の鉛直な擁壁がある。以下の問いに答えよ。ただし、裏込め地盤（乾燥した砂地盤）の単位体積重量は γ で、地盤のせん断強度は $s = \sigma \tan \phi$ で表されるとする。また、裏込め地盤の地表面は水平とする。

- 1) 裏込め地盤が極限平衡状態にあるとして、破壊時のモールの応力円を用い、擁壁に作用するランキンの主働土圧分布と受働土圧分布を図示せよ。
- 2) クーロンの土くさびの考え方を用いて、主働状態と受働状態にある土くさびに働く力のベクトル図（連力図）を示せ。ただし、土くさびの角度は θ （鉛直擁壁からの角度）とする。さらに、主働土圧と受働土圧の求め方を説明せよ。

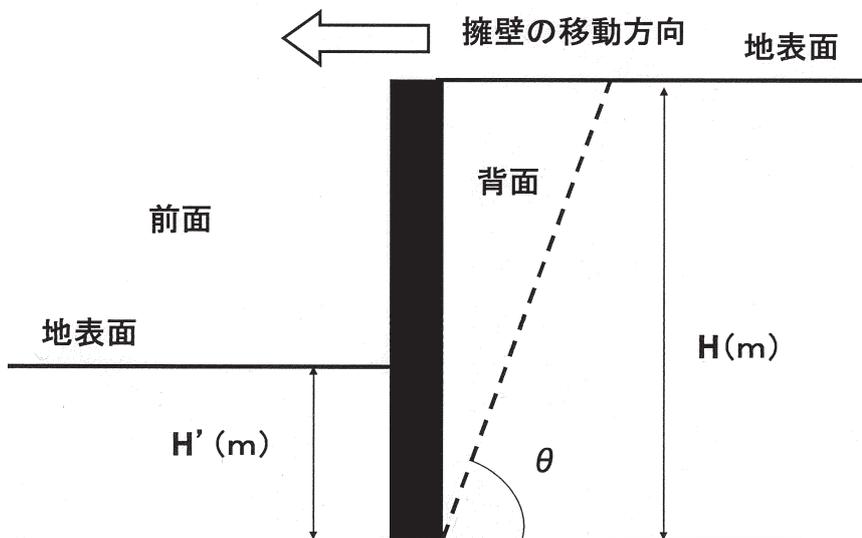
この試験結果に基づいて、以下の事項について答えよ。

- 1) 上記の破壊状態に対する間隙水圧係数 A_f を誘導せよ。
- 2) 上記の破壊状態について、全応力表示でのモールの応力円および、有効応力表示でのモールの応力円を図示せよ。

ただし、全応力表示および有効応力表示の 2 つのモールの応力円での、主応力の座標を与えられた条件を用いて明記すること

【3】 以下の設問に答えよ。

- (1) 前面および背面が均質な砂（粘着力=0，内部摩擦角= ϕ （°），単位体積重量= γ （ kN/m^3 ））からなる地盤に設けられた高さ H （m）の擁壁において、背面の土が下図に示すような角度をもつすべり面に沿って滑り出した。このとき、背面の土が擁壁に及ぼす土圧を Coulomb の解析法に基づいて求めたい。滑り面に垂直にはたらく抗力を N （ kN/m ），滑り面に平行にはたらく抵抗を T （ kN/m ）， N （ kN/m ）と T （ kN/m ）の合力を F （ kN/m ），擁壁にはたらく土圧合力を P （ kN/m ）として、それぞれの力のベクトルの釣り合いを示す連力図を、それぞれの力のベクトルの間の角度と大きさを明記して描きなさい。なお背面土の地表面は水平で、擁壁と背面土の間の摩擦は無視できるものとし、擁壁の壁は鉛直とする。
- (2) (1)で描いた連力図からこの土圧の合力を求める方法を説明しなさい。
- (3) (1)における擁壁の前面に作用する土圧の合力 P' （ kN/m ）を Rankine の方法によって求めたい。擁壁前面に作用する土圧を表す Mohr の応力円を表す図を描きなさい。ただし、図には鉛直方向の土圧および水平方向の土圧をそれぞれ σ_v （ kN/m^2 ）， σ_h （ kN/m^2 ）で表して記入し、Coulomb の破壊線とその傾き、すべり面とその角度（水平方向となす角度）も明記しなさい。
- (4) (3)の Mohr の応力円を利用して σ_h （ kN/m^2 ）を求め、擁壁前面に作用する土圧の合力 P' （ kN/m ）を求めなさい。ただし、擁壁前面の下端は地表面から H' （m）の深さにあるとし、それぞれの値は H' （m），内部摩擦角 ϕ ，単位体積重量 γ （ kN/m^3 ）を用いて表すこと。



2007 年度 土質力学 II 及び演習 中間試験

2007 年 5 月 30 日 (水) 8:45~10:15 8 号館大講義室・5 号館共通 3 講義室

注意事項：

- 問題は 3 問で、解答用紙も 3 枚です。解答用紙 3 枚全てに氏名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】番の問題から順に解答して下さい。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下さい。
- 各問の配点は均等です。
- 持ち込みは一切不可です。不正行為があった場合は本科目の単位は認定しません。

【1】 粘土地盤の圧密沈下等に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 層厚 10 m の粘土地盤上に構造物を築造したところ、粘土地盤中の平均圧力が 80 kN/m^2 増加した。圧密沈下による最終的な沈下量を求めよ。ただし、粘土の平均的な体積圧縮係数は $m_v = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{kN}$ であり、また、二次圧密は無視してよい。
- (2) 上の粘土地盤の条件において、粘土地盤の下面が不透水境界であるとき、圧密度 $U = 0.5$ (50%) に達するまでに要する年数を求めよ。ただし、粘土の平均的な圧密係数は $C_v = 2 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ 、圧密度 $U = 0.5$ に達する時の時間係数は $T_v = 0.2$ 、また、1 年 $= 3 \times 10^7 \text{ s}$ としよ。
- (3) 粘土地盤の地表面に図-1 に示す分布荷重を載荷する時、地表面から深さ z にある C 点に生じる鉛直応力 σ_z は、 a/z 、 b/z の関数として次式で与えられる。

$$\sigma_z = I_q \left(\frac{a}{z}, \frac{b}{z} \right) \cdot q \quad (1)$$

この時、式(1)の関数を用いて、地表面から深さ z にある A 点、B 点に生じる鉛直応力 σ_z を、それぞれ求めよ。ただし、粘土地盤は線形弾性的な挙動をするものとする。

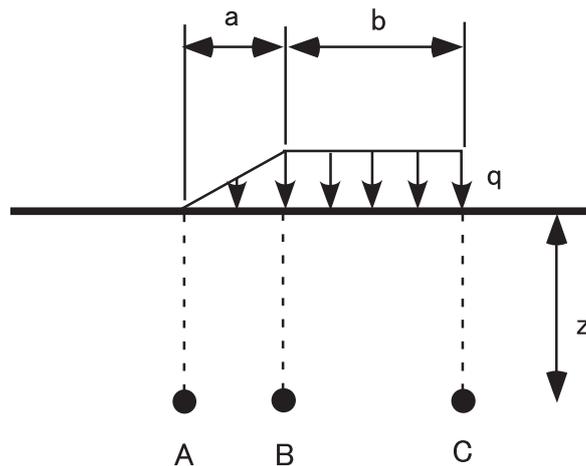


図-1

【2】 圧密応力 100 kPa のもとで等方圧密したのち、側圧一定のもとで飽和粘性土の非排水三軸圧縮試験を行った。その結果、鉛直全応力が 160 kPa に達したときに供試体は破壊した。破壊時の過剰間隙水圧の値は 70 kPa であった。この場合、モールクーロン破壊規準が成り立ち、有効粘着力成分 c' は無視できるとして、内部摩擦角 ϕ' の値を求めよ。

【3】 土圧に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 静止土圧、主働土圧および受働土圧を説明せよ。
- (2) 図-2 のような擁壁に作用するランキンの主働土圧を求めよ。
- (3) 次に、図-3 のように地下水位が地表面より -1m のところにある場合のランキン土圧と水圧の合力とその作用点を求めよ。

ただし、土の湿潤密度は 20.7 kN/m^3 、水の密度は 9.8 kN/m^3 、主働土圧係数 $K_a = 0.333$ とし、粘着力はないものとする。

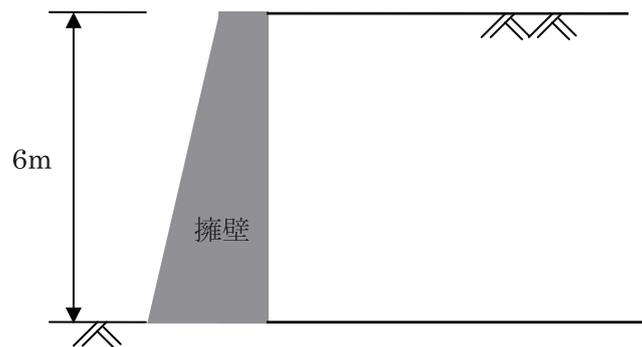


図-2

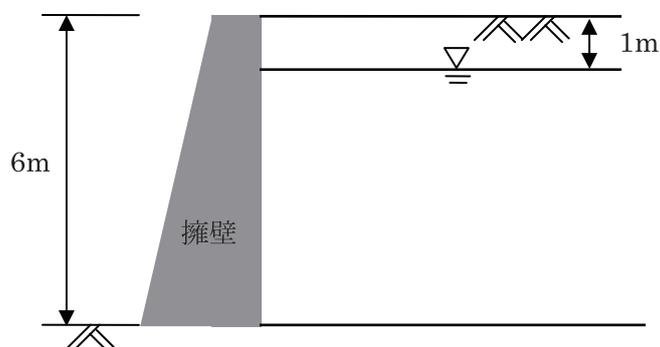


図-3

2008 年度 土質力学 II 及び演習 中間試験

2008 年 5 月 28 日 (水) 8:45~10:15

共通 155 講義室 (A 班, B 班), C 班 (共通 1 講義)

注意事項 :

- 問題は 3 問で, 解答用紙も 3 枚です. 解答用紙 3 枚全てに氏名等必要事項を記入した上で, 各問 1 枚の解答用紙を用い, 【問題 1】から順に解答して下さい. 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下さい.
- 各問の配点は均等です.

持ち込みは一切不可です. 不正行為があった場合は本科目の単位は認定しません.

【問題 1】

- (1) テルツアギーの一次元圧密方程式を導け. ただし, 圧密係数を C_v , 間隙水圧を u とする.
- (2) 以下のような圧密方程式の解法に関する記述に関して, 以下の問に答えよ.
問: 下記の文中のア, イとウを示せ. さらに, (12)式から, この解が境界条件を満足することおよび, 無限時間後の間隙水圧の値について述べよ.

「時間係数を $T_v = \frac{C_v t}{H^2}$, 無次元化深さを $Z = \frac{x}{H}$ とすると,

時間係数と無次元化深さによって無次元化されたテルツアギーの一次元圧密方程式

$$\frac{\partial u}{\partial T_v} = \frac{\partial^2 u}{\partial Z^2} \quad (1)$$

が得られる. この圧密方程式を以下の境界条件のもとで解く.

$$\text{初期条件: } T_v = 0 \quad \text{で} \quad u = U_0(Z) \quad (2)$$

$$\text{境界条件: } Z = 0 \quad \text{と} \quad Z = 2, \quad \text{で} \quad u = 0 \quad (3)$$

簡単のため, $T = T_v$ とおくと, (1)式の解が次のように変数分離できるとする.

$$u(Z, T) = W(T)S(Z) \quad (4)$$

(4)式を(1)式へ代入して,

$$\frac{\partial u}{\partial T} = W^1(T)S(Z) \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial Z^2} = S^2(Z)W(T) \quad (6)$$

よって,

$$\frac{W^1}{W} = \frac{S^2}{S} \quad (7)$$

ただし, W^1, S^2 は W と S の T 及び Z に関する 1 回及び 2 回微分である.

(7)式が成立するためには, これが定数とならねばならない.

この定数を $-(n\pi/2)^2$ とすると,

$$\frac{\partial W}{\partial T} + \left(\frac{n\pi}{2}\right)^2 W = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 S}{\partial Z^2} + \left(\frac{n\pi}{2}\right)^2 S = 0 \quad (9)$$

$u(0,T) = 0, u(2,T) = 0$ だから, (8)式から,

$$W = [\text{ア}] \quad (10)$$

また, (9)式より,

$$S = [\text{イ}] \quad (11)$$

$n = 1, 2, 3, \dots$ の場合も解であるから, 解の重ね合わせによって, 間隙水圧は,

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} B_n [\text{ウ}] \quad (12)$$

となる。」

- (3) 上部と下部が砂層である厚さ5mの軟弱粘土層が, 上部砂層に一樣な荷重を受け, 載荷直後の粘土中の間隙水圧が一定である場合の圧密を考える. この時, 圧密が90%に達する時間を求めよ. ただし, C_v 値は $2 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sec}$, 90%圧密時の時間係数を0.848とする.
- (4) 圧密を促進する軟弱地盤の改良工法とその方法を述べよ.
- (5) 地盤は一般に弾性体ではないが, 半無限線形弾性体に対して求めたブシネスクの応力の解が地盤内応力の推定に有用な理由を述べよ.

【問題2】

原位置から飽和した正規圧密粘土をサンプリングした乱さない試料を用いて、以下のような各種試験を実施した結果に基づき、以下の設問に答えよ。

(1) この試料を用いて一軸圧縮試験をした結果、得られた一軸圧縮強さ q_u が 100 kN/m^2 であった。また、この試料を練り返して新たに作成した試料を用いて一軸圧縮試験をした結果、得られた一軸圧縮強さ q_{ur} が 10 kN/m^2 であった。

- 1) この2つの試験結果における応力-ひずみ関係を模式的に図示せよ。
- 2) この乱さない試料の理論的に推定される非排水せん断強度 c_u を算定せよ。
- 3) このサンプリング試料の鋭敏比 S_f を算定せよ。

(2) この試料を用いて、圧密応力 $\sigma_3=200 \text{ kN/m}^2$ で圧密非排水三軸試験 (CU) を実施したところ、以下の結果を得た。

・破壊時の軸差応力 $q=110 \text{ kN/m}^2$

・破壊時の間隙水圧 $u_f=88 \text{ kN/m}^2$

この試験結果に基づいて、以下の事項について答えよ。

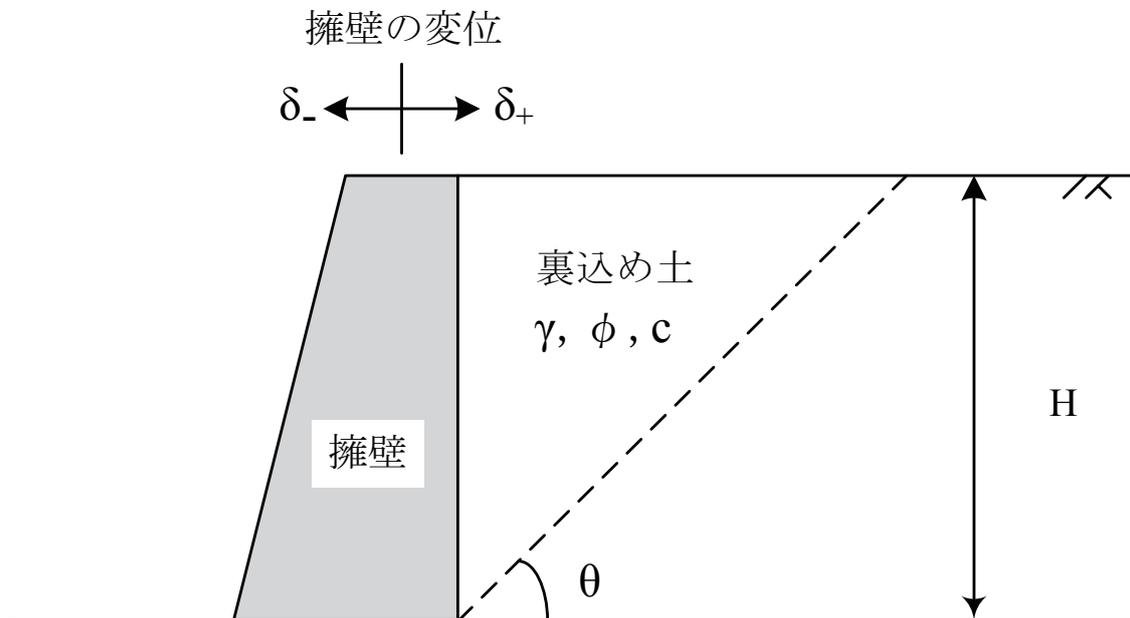
- 1) 上記の破壊状態に対する間隙水圧係数 A_f を算定せよ。
- 2) 上記の破壊状態について、全応力表示でのモールの応力円および有効応力表示でのモールの応力円を図示せよ。

ただし、全応力表示のモールの応力円（実線で表示）および、有効応力表示のモールの応力円（破線で表示）での、それぞれの主応力 ($\sigma_1, \sigma_3, \sigma'_1, \sigma'_3$) の座標値に具体的な数値を用いて明記すること

【問題3】

以下の問いに答えよ。

- (1) 土圧と水圧の違いに関して、土圧係数をキーワードにして簡単に説明せよ。
- (2) 下図のような高さ H (裏込めの内部摩擦角 ϕ , 粘着力 c , 単位体積重量 γ) の擁壁を考える。擁壁の変位 (δ) を横軸に土圧を縦軸にとって、擁壁に作用する代表的な3種類の土圧を図中に明記せよ。
- (3) 擁壁が図中左側 (δ_-) の方向に変位する時の、擁壁に作用する土圧をクーロン土圧の考え方で求めたい。ただし、裏込め土の粘着力 c はゼロで、擁壁は滑らかでなく裏込め土との間には摩擦 (摩擦角 α) があると仮定する。図に示すような土楔に作用する力の連力図を記述せよ。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。
- (4) (3)に示した連力図からクーロン土圧の考え方で、擁壁が図中左側 (δ_-) の方向に変位する時の、擁壁に作用する土圧の求め方を簡単に説明せよ。
- (5) 裏込め土の地盤条件を再度実験で確認したところ、粘着力がゼロではないことがわかった。そこで擁壁が左側に移動するとき作用する土圧を、ランキン土圧の考え方をういて深さ z での土圧を求め、高さ H の擁壁に作用する土圧の分布形状を図示せよ。ただし、この場合は擁壁と裏込め土との間の摩擦は無視してよい。

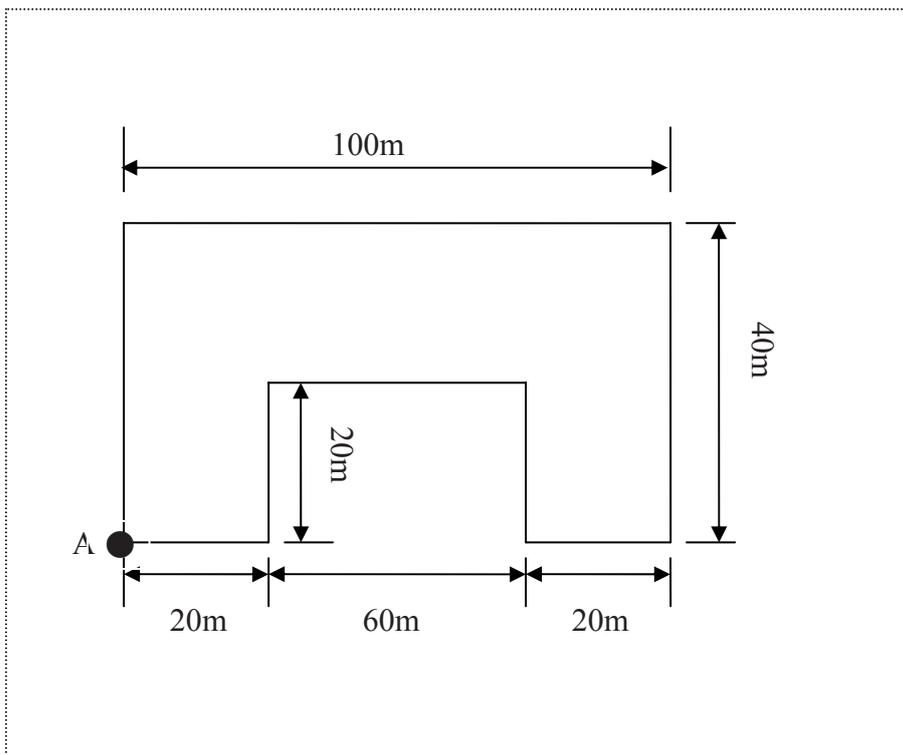


2009年 6月10日 (水) 8:45~10:15

共通1講義室 (A班) 共通155教室 (B班, C班)

【問題1】

- 1) テルツアギーの一次元圧密方程式を導くための仮定を述べ、圧密方程式を導き、その特徴を述べよ。ただし、圧密係数を C_v 、を間隙水圧を u とする。
- 2) 圧密を促進する軟弱地盤の改良工法である、サンドドレーン工法を説明せよ。
- 3) 以下のような凹型の建物がある。建物による基礎への等分布荷重が 100kN/m^2 の場合、Newmarkの図表を用いてA点直下、10mでの鉛直応力を求めよ。



下図はNewmark の図表で $\sigma_z = qf_B(m,n)$ の $f_B(m,n)$ の値

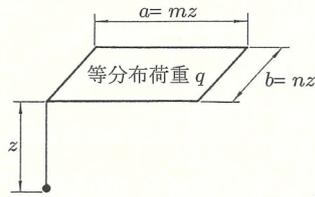


図 11.8 長方形等分布荷重による鉛直応力

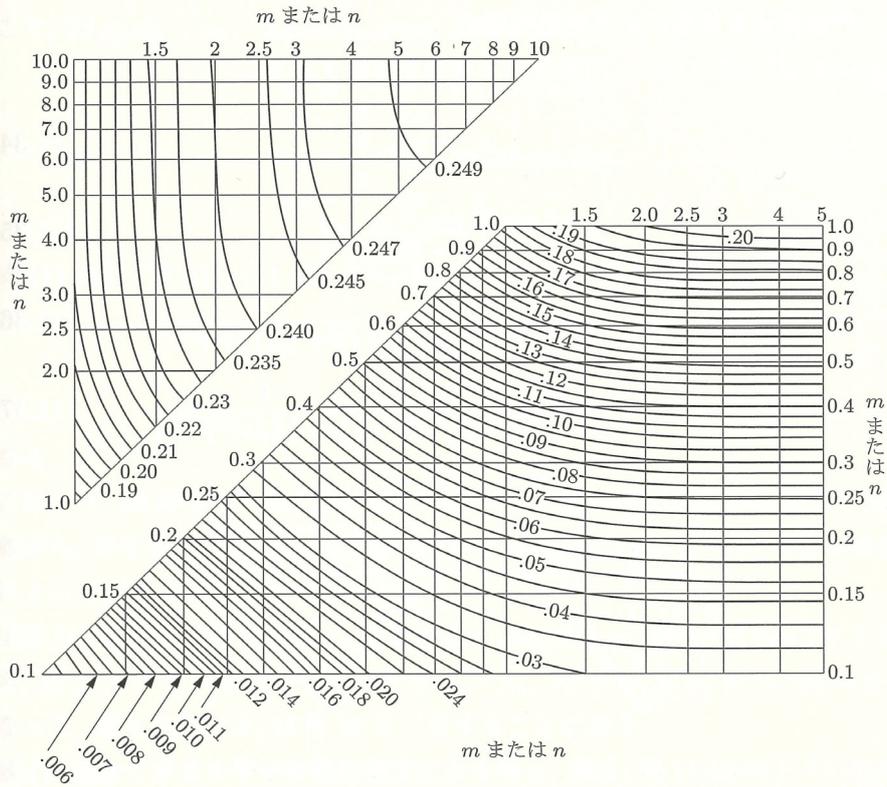


図 11.9 長方形等分布荷重による地盤内応力

【問題2】

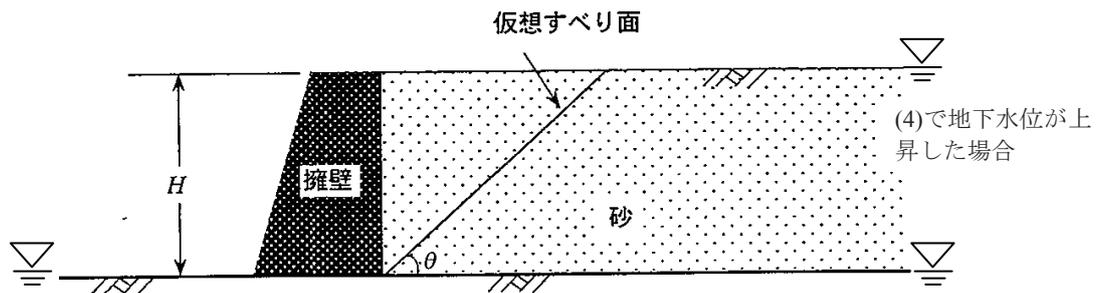
原位置から飽和した正規圧密粘土をサンプリングした乱さない試料を用いて、以下のような各種試験を実施した。以下の設問に答えよ。

- (1) 試料は原位置地盤の深さ H から採取した。この場合に、試料内の間隙水圧はどのように変化するか説明せよ。
ただし、この粘土の単位体積重量 γ 、水中単位体積重量は γ' 、水の単位体積重量は γ_w として標記せよ。
- (2) この試料を用いて一軸圧縮試験をした結果、得られた圧縮強さが q_u であった。この試験結果をモールの応力円を用いて図示すると共に、理論的に推定される非排水せん断強度 c_u を誘導せよ。また、この試料を練り返して新たに作成した試料を用いて一軸圧縮試験をした結果、得られた圧縮強さは q_{ur} であった。このサンプリング試料の鋭敏比を誘導せよ。
- (3) この試料を用いて、圧密応力 σ_3 で圧密非排水三軸試験 (CU) を実施した所、以下の結果を得た。
 - ・破壊時の軸差応力 $q=(\Delta\sigma)_f$
 - ・破壊時の間隙水圧 u_fこの試験結果に基づいて、以下の事項について答えよ。
 - 1) 上記の破壊状態に対する間隙水圧係数 A_f を誘導せよ。
 - 2) 上記の破壊状態について、全応力表示でのモールの応力円および、有効応力表示でのモールの応力円を図示せよ。
ただし、全応力表示および有効応力表示の2つのモールの応力円での、主応力の座標を与えられた条件を用いて明記すること。

【問題 3】

図のような高さ H の擁壁に土圧が働いている。裏込め土は表面が水平な砂質土（内部摩擦角 $\phi \neq 0$, 粘着力 $c=0$, 単位体積重量 γ ）であるとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 擁壁に働く静止土圧・受働土圧・主働土圧を，擁壁の水平変位を横軸にとり縦軸に土圧をとって正しく図示せよ。
- (2) 擁壁背面が滑らかであるとして，主働状態にあるクーロンの土くさびに働く力のベクトル図を示し，主働土圧 Pa の求め方を述べよ（土圧 Pa を直接求める必要はない）。
- (3) 擁壁背面が滑らかであるとして，ランキン土圧の考え方をを用い，深さ z における受働土圧を求めよ。
- (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。ただし水の単位体積重量は γ_w とする。



2010 年度 土質力学 II 及び演習 中間試験

2010 年 6 月 9 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・学生番号等の必要事項を記入した上で各問 1 枚の解答用紙を用い、【問題 1】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。
- 持ち込みは一切不可です。不正行為があった場合は本科目の単位は認定しません。
- 解答に単位が必要な場合は明記すること。

【問題 1】以下の設問に答えなさい。

- (1) テルツアギーの一次元圧密方程式を導くときの仮定を述べ、圧密方程式を導け。ただし、圧密係数を C_v 、間隙水圧を u とする。
- (2) 上部と下部に砂層がある軟弱粘土層がある。その軟弱粘土層の厚さは 10 m で、中心部の鉛直有効応力が 100 kPa である。この軟弱粘土層の上部砂層に一樣な荷重 50 kPa を受けた場合、載荷直後の粘土中の間隙水圧は一定であるとして圧密を考える。圧密が 90% に達する時間とその時の軟弱粘土層の圧縮沈下量を求めよ。ただし、軟弱粘土層の C_v 値は $10.2 \text{ m}^2/\text{年}$ 、初期間隙比 1.5、圧縮指数 C_c を 1.0、90% 圧密時の時間係数を 0.848、とする。また、 $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 2 = 0.301$ とする。
- (3) 軟弱地盤の圧密を促進する工法について述べよ。

【問題 2】 以下の設問に答えなさい。

- (1) 土に水圧を介して等方的な応力 σ_3 を加えて圧縮したのち、载荷軸を介して鉛直方向にさらに応力を加えてせん断する試験を三軸圧縮試験という。三軸圧縮試験は圧縮過程とせん断過程の 2 段階で行われるが、それぞれの過程における排水の制御によって 3 種類の試験法が考えられている。
 - 1) 3 種類の試験法と各試験で求められる強度定数を説明せよ。
 - 2) それぞれの試験法において、側圧 σ_3 を 3 段階に変えて試験を実施した時のモールの応力円を、全応力と有効応力に分けて図示せよ。

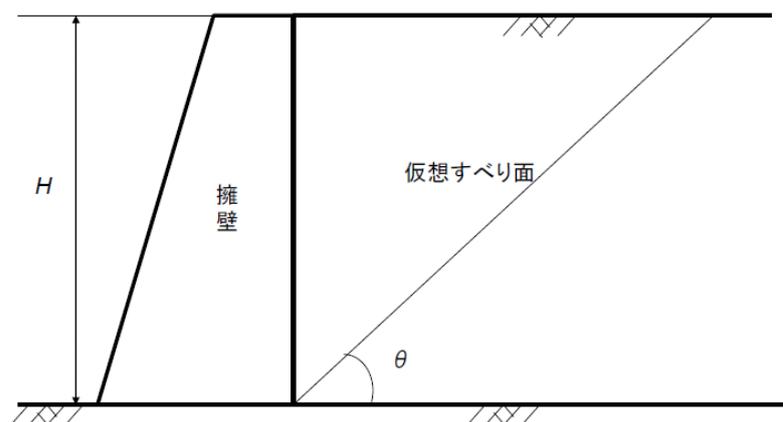
- (2) 以下の語句を簡単に説明せよ
 - 1) 鋭敏比
 - 2) ダイレイタンシー
 - 3) スケンプトンの間隙圧係数

【問題 3】

図のように裏込めされた背面が鉛直な高さ H の擁壁を考える。裏込め地盤の粘着力 c は 0、内部摩擦角は ϕ 、単位体積重量は γ とする。地表面の傾斜角は θ として、次の設問に答えなさい。

- (1) 擁壁背面と地盤との間に摩擦角 δ が働く場合、主働および受働状態にあるクーロンの土くさびに働くベクトルをそれぞれ図示し、さらに主働土圧 P_a と受働土圧 P_p をすべり面の角度 θ の関数として表し、クーロンの主働土圧と受働土圧を求める手順を説明しなさい。なお、各ベクトルが何を表すものかを説明すること。

- (2) 地盤が極限状態にあるとして、破壊時のモールの応力円を描いて、擁壁に働くランキンの主働土圧 P_a と受働土圧 P_p をそれぞれ誘導しなさい。なお誘導にあたっては、主働状態の水平方向応力を σ_{ha} 、受働状態の水平方向応力を σ_{hp} 、鉛直方向応力を σ_v とし、擁壁背面と地盤との間には摩擦は働かないと考え、裏込め地盤のせん断強度 τ は $\tau = \sigma \tan \phi$ で表されるとする。



2011 年度 土質力学 II 及び演習 中間試験

2011 年 6 月 8 日 (水) 8:45~10:15 共通 1 講義室・共通 155 講義室

注意事項：

- 問題は 3 問です。解答用紙は 3 枚あります。3 枚すべてに氏名・学生番号等の必要事項を記入した上で、各問 1 枚の解答用紙を用い、【問題 1】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。
- 持ち込みは一切不可です。
- 解答に単位が必要な場合は明記すること。

【問題 1】 不透水性の岩盤上に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。このとき、以下の設問に答えなさい。

- (1) 粘土層の一次元圧密方程式は、a)ダルシーの法則、b)間隙水の連続式、c)土の有効応力-ひずみ関係、d)全応力一定条件、の 4 つの仮定・条件から導かれる。これら a)~d)の仮定・条件をそれぞれ数式で表せ。ただし、過剰間隙水圧 (=間隙水圧 - 静水圧) を u 、時間を t 、深さ方向の座標を z とする。
- (2) 上の a)~d)の条件から、以下の圧密方程式を導け。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

ここに、 C_v は圧密係数である。

- (3) 不透水性の岩盤上の粘土層における圧密方程式の境界条件を書け。(地表面を $z=0$ 、粘土層下面 (岩盤面) を $z=H$ とする。)
- (4) 上の問題において、過剰間隙水圧の初期条件 (载荷直後の過剰間隙水圧) を $u=u_0$ として、圧密方程式の解を求めよ。

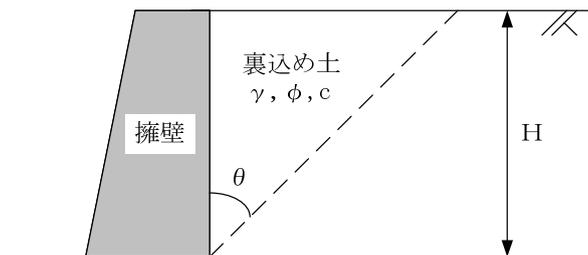
【問題2】 原位置より採取した乱さない正規圧密粘土を用いて、一軸圧縮試験および三軸圧縮試験（圧密非排水試験）を実施した。このとき、以下の設問に答えなさい。

- (1) 乱さない試料、およびそれを練り返して作成した試料の2種類の試料を用いて一軸圧縮試験を実施した。その結果得られた一軸圧縮強さは、それぞれ q_u および q_{uv} であった。以下の設問に答えなさい。
- ・この2種類の一軸圧縮試験結果で得られたと考えられる応力-ひずみ関係を図示して解説せよ（応力-ひずみ関係図には、それぞれの試験で得られた一軸圧縮強さも併せて示すこと）。
 - ・鋭敏比 S_r を算定せよ。
- (2) (1)の乱さない試料より得られた一軸圧縮強さ q_u と、それに理論上対応すると考えられる非排水せん断強度 c_u との関係について図示して解説せよ。
- (3) 乱さない試料を用いて圧密応力 p_1 で圧密した後、非排水状態で圧縮したところ、軸差応力 ($q = \sigma_1 - \sigma_3$) および間隙水圧の破壊時の値は、それぞれ q_f および u_w であった。以下の設問に答えなさい。
- ・破壊時の全応力および有効応力のモールの応力円を描け。
 - ・間隙水圧係数 A_r を算定せよ。
 - ・全応力径路と予想される有効応力径路を p - q 平面、 p' - q 平面に描け。ただし、 $q = \sigma_1 - \sigma_3$ 、 $p = (\sigma_1 + 2\sigma_3)/3$ 、 $p' = (\sigma'_1 + 2\sigma'_3)/3$ とする。

【問題3】 以下の設問に答えなさい。

- (1) 下の図(a)のような高さ H (裏込め土の内部摩擦角 ϕ 、粘着力 c 、単位体積重量 γ) の擁壁を考える。擁壁の変位 δ を横軸に、擁壁に作用する土圧を縦軸にとって、擁壁に作用する土圧を図示せよ。代表的な3種類の土圧を必ず図中に明記すること。
- (2) 擁壁が図中右側 (δ_+) の方向に変位する時の、擁壁に作用する土圧をクーロン土圧の考え方で求めたい。ただし、裏込め土の粘着力 c はゼロで、擁壁と裏込め土の間には摩擦がなく滑らかであると仮定する。図(a)に示すような土楔(くさび)に作用する力の連力図を明記せよ。連力図を構成する力に適切な記号を付け、それぞれの力の説明も記述すること。
- (3) (2)に示した連力図からクーロン土圧の考え方で、擁壁が図中右側 (δ_+) の方向に変位する時の、擁壁に作用する土圧の求め方を簡単に説明せよ。
- (4) 裏込め土の地盤条件を再度実験で調べると、粘着力がゼロでないことがわかった。擁壁が図中左側 (δ_-) の方向に変位する時、裏込め表面から深さ z の位置で擁壁に作用する土圧を、ランキン土圧の考え方をを用いて求めよ。さらに高さ H の擁壁に作用する土圧の分布形状を正しく図示せよ。
- (5) 下の図(b)のように、雨が降ったことによって擁壁底面より下にあった地下水位が、擁壁の底面から高さ h まで上昇した。擁壁の変位 δ がゼロであるとして、水位が上昇した時の擁壁に作用する土圧を図示せよ。土圧分と水圧分に分けて、擁壁底面の深さに作用する土圧に関してはその大きさを明記すること。ただし、水の単位体積重量は γ_w とする。

擁壁の変位 $\delta_- \leftarrow \rightarrow \delta_+$



図(a)



図(b)

2012 年度 土質力学II 及び演習 中間試験
2012年6月6日 (水) 8:45～10:15 共通1 講義室・共通155 講義室

注意事項：

- 問題は3問です。解答用紙は3枚あります。3枚すべてに氏名・学生番号等の必要事項を記入した上で、各問1枚の解答用紙を用い、【問題1】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。
- 持ち込みは一切不可です。
- 解答に単位が必要な場合は明記してください。

【問題1】

(1) 時間係数 T_v と無次元化深さ Z によって無次元化されたテルツアギーの一次元圧密方程式は次のように表される。

$$\frac{\partial u}{\partial T_v} = \frac{\partial^2 u}{\partial Z^2} \quad (1)$$

この圧密方程式を以下の境界条件のもとで解け。また、時間係数を説明せよ。

$$\text{初期条件: } T_v = 0 \quad \text{で} \quad u = U_0(Z) \quad (2)$$

$$\text{境界条件: } Z = 0 \quad \text{と} \quad Z = 2, \quad \text{で} \quad u = 0 \quad (3)$$

ヒント：(1) 式の解が次のように変数分離できるとする。

$$u(Z, T) = W(T)S(Z) \quad (4)$$

- (2) 2つ以上の圧密促進工法について、その方法を説明せよ。
- (3) 弾性地盤表面に鉛直に集中荷重が作用した場合、地盤内の鉛直応力について、ブシネスクの解を用いてその特徴を説明せよ。

【問題2】

- (1) 原位置から飽和した正規圧密粘土をサンプリングした試料を用いて、以下のような各種試験を実施した結果に基づき、以下の設問に答えよ。
- (a) この試料を用いて一軸圧縮試験をした結果、得られた一軸圧縮強度が q_u であった。この試験結果をモールの応力円を用いて図示するとともに、理論的に推定される非排水せん断強度 c_u を誘導せよ。また、この試料を練り返して新たに作成した試料を用いて一軸圧縮試験をした結果、得られた一軸圧縮強度は q_{ur} であった。このサンプリング試料の鋭敏比を誘導せよ。
- (b) この試料を用いて、圧密応力 σ_3 で圧密非排水三軸試験 (CU) を実施したところ、以下の結果を得た。
- ・破壊時の軸差応力 $q = (\Delta\sigma_1)_f$
 - ・破壊時の間隙水圧 u_f
- この試験結果に基づいて、以下の事項について答えよ。
- ① 上記の破壊状態に対する間隙水圧係数 A_f を誘導せよ。
 - ② 上記の破壊状態について、全応力円および、有効応力円でのモールの応力円を図示せよ。
ただし、全応力表示および有効応力表示の2つのモールの応力円での、主応力の座標を与えられた条件を用いて明記すること。
- (2) 砂質土のダイレイタンシー特性に関し、ゆるい砂と密な砂に分けて、図表を用いながら簡単に説明せよ。

【問題3】以下の設問に答えよ。

- (1) 図3-1a) に示すよう壁と土圧の関係において、それぞれの土圧の状態1～状態3に対応する①～③に示す土圧の名称を記述せよ。また、図3-1b) および図3-1c) に示す状態は、それぞれ図3-1a) に示す土圧のどの状態に相当するかを、④および⑤に数値で示せ。

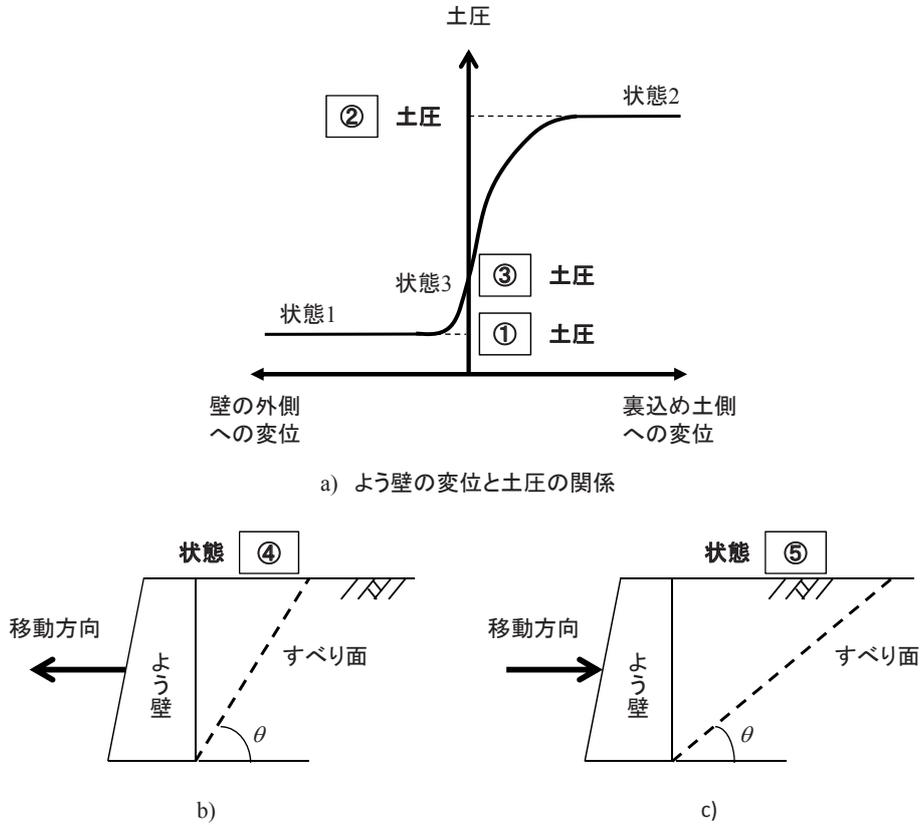


図3-1 よう壁と土圧およびすべり面の関係

- (2) 図3-2に示す水平地盤（土の単位体積重量 γ ）に高さ H のよう壁が設置されている。よう壁に作用するクーロンの土圧理論に基づいて算定される主動土圧について、連力図を用いて説明せよ。ただし、土とよう壁との摩擦角は δ である。

注) 連力図においては、それぞれの力のベクトルを明示するとともに、その力の成分について説明を加えよ。

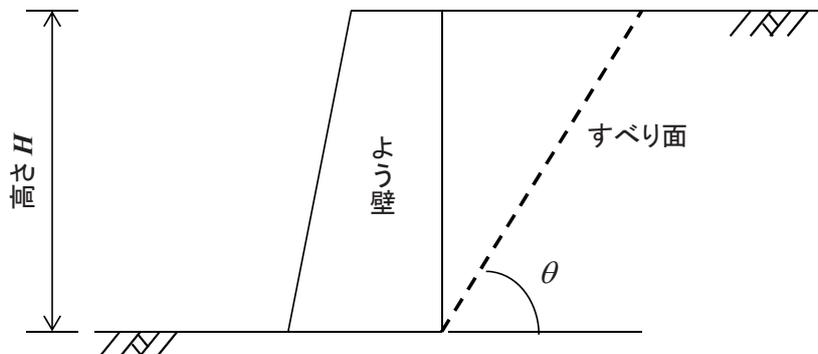


図3-2 水平地盤に設置したよう壁

- (3) 図3-3に示すように地盤を掘削する場合の自由支持矢板の設計を考える。掘削深さ H_1 および根入れ深さ H_2 とする時、ランキンの土圧理論に基づき、背面側および掘削側に作用する土圧の合力 P_1 および P_2 を算定するとともに、それぞれの合力の作用位置 h_1 および h_2 を算定せよ。ただし、土の単位体積重量を γ 、土の粘着力 c は0、土の内部摩擦角は ϕ とせよ。

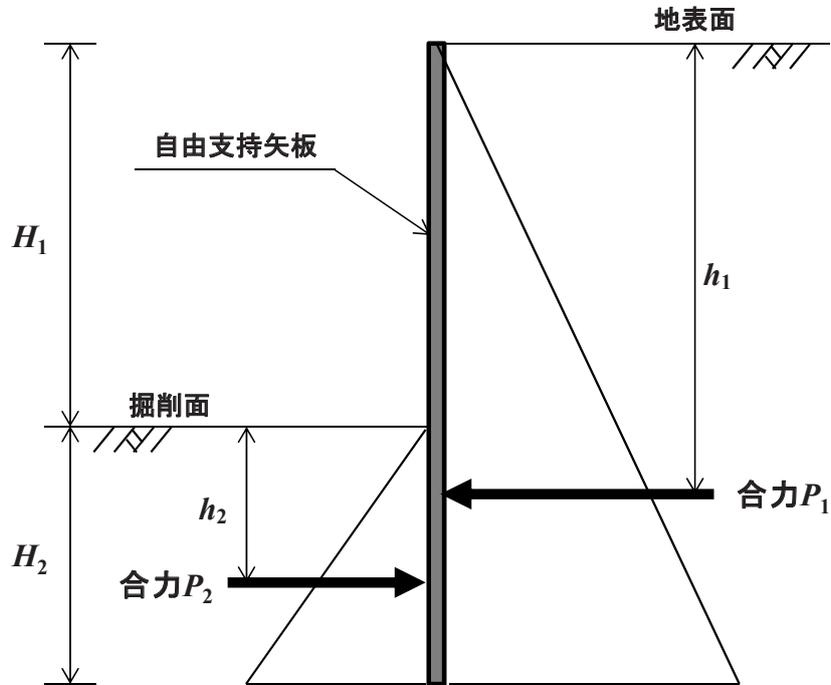


図3-3 自由支持矢板に作用する土圧分布

- (4) 図3-3に示す自由支持矢板に作用する土圧分布において、粘着力 c を有する地盤の場合には、土の粘着力 $c=0$ の場合に比較して、背面側および掘削側に作用する土圧分布がどのように異なるかを図示するとともに考察せよ。

2013 年度 土質力学 II 及び演習 中間試験

2013 年 6 月 12 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しません。
- 解答に単位が必要な場合は明記すること。

【1】以下の設問に答えよ。

- (1) テルツァギーの一次元圧密方程式を導くときの仮定を述べ、圧密方程式を導け。ただし、圧密係数を c_v 、間隙水圧を u とする。
- (2) 図 1-1 に示す砂層に挟まれた厚さ 8.00 m の粘土層がある。この粘土層の中央深さにおける現在の応力は 120 kN/m^2 で、初期間隙比は 1.50 であり、圧密試験の結果、粘土の圧縮指数 $C_c = 8.00 \times 10^{-1}$ 、圧密係数 $c_v = 250 \text{ cm}^2/\text{day}$ が得られている。この地盤の表面に、一様に分布する盛土荷重によって粘土層に加わる応力が 300 kN/m^2 増加した。以下の問いに答えよ。ただし、圧密度 90% に対する時間係数は $T_v = 0.848$ とする。
 - (a) 圧密沈下終了時の初期間隙比からの間隙比変化量 Δe を求めよ。
 - (b) この地盤の最終圧密沈下量 S_f を推定せよ。
 - (c) 最終圧密沈下量の 90% の沈下を生じるのに要する日数を推定せよ。ただし、盛土荷重によって生じる地盤内応力は深さ方向に一様に分布すると仮定する。
 - (d) 粘土層の下部が不透水の岩盤であるとした場合、最終沈下量の 90% の沈下を生じるのに要する日数を求めよ。

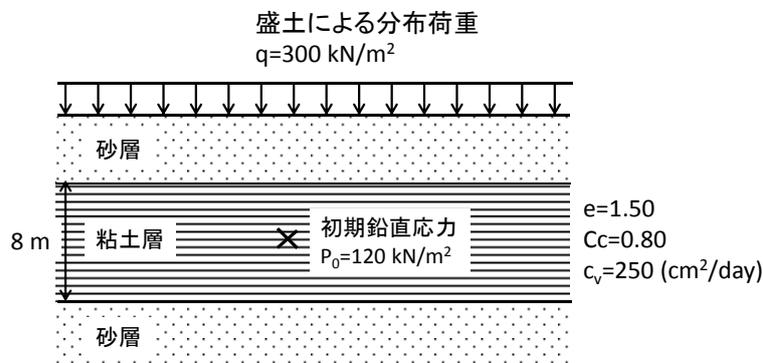


図 1-1 対象地盤

- (3) 地盤は一般に弾性体ではないが、半無限線形弾性体に対して求めたブシネスクの応力の解が地盤内応力の推定に有用な理由を述べよ。

【2】以下の設問に答えよ.

- (1) 原位置から飽和した正規圧密粘土をサンプリングした試料を用いて、一軸圧縮試験をした結果、得られた一軸圧縮強度が q_u であった. この試験結果をモールの応力円を用いて図示するとともに、理論的に推定される非排水せん断強度 c_u を誘導せよ. また、この試料を練り返して新たに作成した試料を用いて一軸圧縮試験をした結果、得られた一軸圧縮強度は q_{ur} であった. このサンプリング試料の鋭敏比を誘導せよ.
- (2) モールクーロンの破壊規準について、クーロンの破壊規準とモールの破壊規準を比較してその特徴を述べよ. また、主応力を用いたモールクーロンの破壊規準を、モールの応力円を用いて誘導せよ.
- (3) ある乾燥砂に対して、その初期密度を2通りに変えて、側圧一定の排水三軸試験を行った. ゆるい砂と密な砂のそれぞれに対し、体積変化と軸方向ひずみの関係を図示せよ. また、砂のダイレイタンシーに関して簡単に説明せよ.

【3】以下の設問に答えよ。

- (1) クーロンの土圧理論とランキンの土圧理論に基づき、それぞれ主働土圧を算定した場合に両者が一致する場合の条件について記述せよ。
- (2) 図 3-1 に示す水平地盤（土の単位体積重量 γ ）に高さ H のよう壁が設置されている。よう壁に作用するクーロンの土圧理論に基づいて算定される主働土圧について、連力図を用いて説明せよ。ただし、土とよう壁との摩擦角は δ とする。

注) 連力図においては、それぞれの力のベクトルを示すとともに、その力の成分について説明を加えよ。

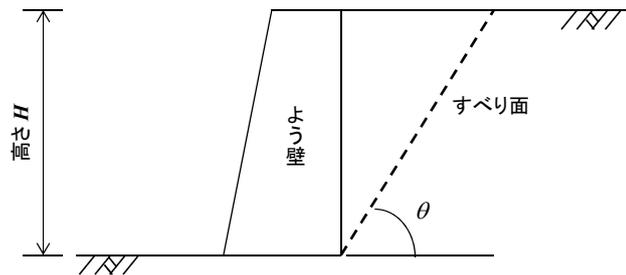


図 3-1 水平地盤に設置したよう壁

- (3) 図 3-2 に示す地盤条件の下で、地盤を掘削するとともに、背面に等分布荷重 q が作用する場合の自由支持矢板の設計を考える。掘削深さ H_1 および根入れ深さ H_2 とする時、ランキンの土圧理論に基づき設計するとして、以下の事項について答えよ。

- (a) 図 3-2 に示す矢板背面の深さ z の点 A おける主働土圧状態を表すモールの応力円を示せ。
- (b) (a) の算定結果に基づき、矢板背面に作用する土圧の合力 P を算定するとともに、その合力の作用位置 h_1 を算定せよ。

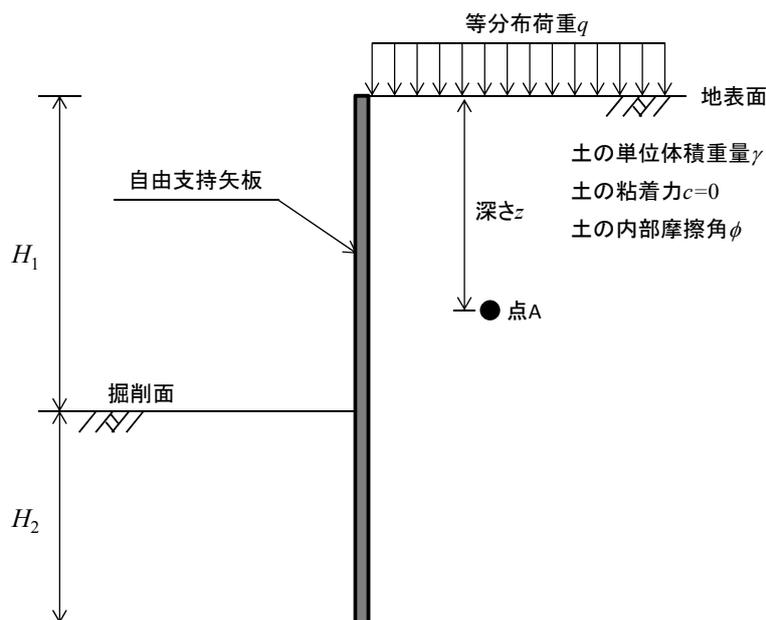


図 3-2 自由支持矢板

2014年度 土質力学II及び演習 中間試験

2014年5月28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。
- 筆記用具に加えて、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。不正行為があった場合は本科目の単位は認定しません。
- 解答に単位が必要な場合は明記すること。

【1】粘土地盤の圧密に関する以下の設問に答えよ。

- (1) 不透水性の岩盤上に飽和した粘土層が堆積している。なお、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、テルツアギーの一次元圧密方程式に基づいて解析する。過剰間隙水圧(=間隙水圧-静水圧)を u 、圧密係数を C_v 、時間を t 、深さ方向の座標を z とした時、圧密方程式は次式で与えられる。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (1)$$

- (a) 粘土層の上面(地表面)を $z=0$ 、粘土層の下面(不透水性の岩盤の上面)を $z=H$ とすると、粘土層の上面($z=0$)での境界条件を書け。
- (b) 粘土層の下面($z=H$)での境界条件を書け。(ヒント:ダルシーの法則において、流量がゼロとなる条件を考えよ。)

- (2) 圧密方程式を解くため、式(1)の解を、次式のとおり書く。

$$u = f(t)g(z) \quad (2)$$

式(2)を式(1)に代入すると、 $f'(t)$ を $f(t)$ の一階微分、 $g''(z)$ を $g(z)$ の2階微分として、

$$f'(t)g(z) = C_v f(t)g''(z) \quad (3)$$

これを整理して、

$$\frac{f'(t)}{f(t)} = C_v \frac{g''(z)}{g(z)} = -c (= \text{const}) \quad (4)$$

よって、

$$f'(t) = -cf(t) \quad (5)$$

$$g''(z) + \frac{c}{C_v} g(z) = 0 \quad (6)$$

これらを解いて,

$$f(t) = a_1 \exp(-ct) \quad (7)$$

$$g(z) = b_1 \sin\left(\sqrt{\frac{c}{C_v}} z\right) + b_2 \cos\left(\sqrt{\frac{c}{C_v}} z\right) \quad (8)$$

(a) 粘土層の上面 ($z=0$) での境界条件より, 式(8)の係数 b_2 を求めよ.

(b) 粘土層の下面 ($z=H$) での境界条件より, 式(8)のパラメタ c を求めよ. (ヒント: 任意の整数 $m=0,1,2,\dots, H, C_v$ を用いて書き表す)

(3) 圧密過程における過剰間隙水圧の初期値を $u = u_0$ とする. 圧密における境界条件は(1)と同じとして, 圧密方程式の解を求めよ.

(4) 時間係数 T_v について説明せよ.

【2】 以下の設問に答えよ.

(1) モール-クーロンの破壊規準について, 主応力を用いたモール-クーロンの破壊規準を, モールの応力円を用いて誘導せよ.

(2) 飽和した正規圧密粘土を 100 kPa まで等方圧密し, 側方応力 σ_3 一定で非排水三軸試験を行った. その結果, 鉛直全応力が 160 kPa に達したときに供試体は破壊した. 破壊時の間隙水圧は 70 kPa であった.

(a) 破壊時のモールの応力円を, 全応力表示および有効応力表示で描け.

(b) 破壊時の軸差応力 ($q = \sigma_1 - \sigma_3$) と平均有効応力 ($p' = (\sigma_1' + 2\sigma_3')/3$) を求めよ.

(c) モール-クーロンの破壊規準が成立し, 有効粘着力成分は無視できるとして内部摩擦角 ϕ' の値を求めよ.

(d) すべり面 (破壊面) が最大主応力面となす角を求めよ.

(e) 全応力経路と予想される有効応力経路を $p-q$, $p'-q$ 空間に描け.

(f) 排水および非排水せん断試験を行うことによって地盤の強度を調べる目的について, 盛土を築造する場合を例に挙げて述べよ.

(3) 以下の文中の(1)~(6)にふさわしい語句を, 下の (ア) ~ (カ) から重複することなく選べ.

緩い砂や正規圧密粘土を, 有効拘束圧一定でせん断すると体積が (1) し, 体積一定でせん断すると有効拘束圧が (2) する. この性質を (3) という. 一方, 密な砂や過圧密粘土を,

有効拘束圧一定でせん断すると体積が (4) し、体積一定でせん断すると有効拘束圧が (5) する。この性質を (6) という。

(ア) 増加, (イ) 減少, (ウ) 膨張, (エ) 収縮, (オ) 正のダイレイタンス, (カ) 負のダイレイタンス

(4) ある乾燥砂に対して、その初期密度を 2 通りに変えて、側圧一定の排水三軸試験を行った。ゆるい砂と密な砂のそれぞれに対し、体積変化と軸方向ひずみの関係を図示せよ。

【3】 以下の設問に答えよ。

(1) ランキン土圧理論とクーロン土圧理論における基本的な仮定について説明せよ。

(2) 図 1 に示すような地盤と滑らかな擁壁 AB を考える。

(a) 点 P におけるランキンの主働状態および受働状態での応力状態を、モールの応力円とモール-クーロンの破壊規準を用いて描け。ただし、 K_A を主働土圧係数、 K_P を受働土圧係数とする。

(b) 土の内部摩擦角が $\phi = 30^\circ$ であるとき、(a) のそれぞれの状態について主応力面に対する破壊面の角度を求めよ。また、地盤内における破壊面の方向について説明せよ。

(3) 滑らかな擁壁を考える。ただし擁壁面は垂直であり、地表面は水平であるとする。擁壁が裏込め土の方向に変位するとき、クーロン土圧理論に基づき次の設問に答えよ。

(a) 土くさびに働く応力ベクトルを図示せよ。

(b) この条件における連力図を描け。

(c) この擁壁に働く単位奥行き当たりの土圧合力を求める手順を示せ。

(4) 図 2 に示すような滑らかな擁壁を考える。地下水面は地表面から 1.5 m の深さにあるとする。擁壁が地盤から離れる方向に変位するとき、ランキン土圧理論に基づいて次の設問に答えよ。ただし水の単位体積重量は $\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$ とする。

(a) この条件における水平方向の土圧分布図を示せ。

(b) 擁壁の単位奥行き当たりの土圧合力を求めよ。

(c) また、(b) で求めた土圧合力の作用位置を求めよ。

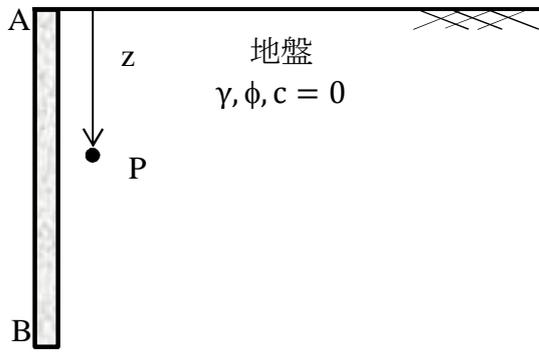


图 1

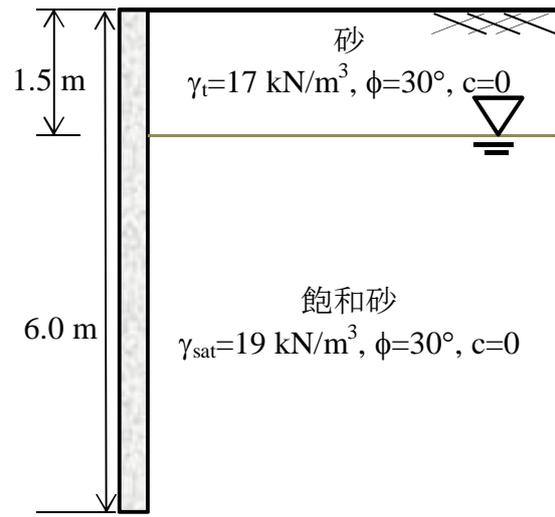


图 2