

## 土質力学演習

- (1) ①乾燥密度と単位体積乾燥重量、湿潤密度と単位体積湿潤重量の関係を示せ。  
 ②乾燥密度  $1.5 \text{ g/cm}^3$  は、乾燥単位体積重量でいくつになるか。

(2)  $S_r = \frac{w\rho_s}{e\rho_w} = \frac{wG_s}{e}$  が成立することを示せ

$\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + \frac{w}{100}}$  が成立することを示せ (ただし、ここで含水比  $w$  は%表示)

- (4)  $\gamma_d$  を 間隙比  $e$  を用いて表現する  
 (5) 間隙比  $e$  を間隙率  $n$  を使って表せ  
 (6) 飽和時の  $\gamma_d$ 、 $\gamma_t$  を含水比  $w$  を使って表せ  
 (7) 下記のデータを使って含水比を計算せよ

(試料+容器)の質量	$m_a=195.54\text{g}$
(炉乾燥試料+容器)の質量	$m_b=163.76\text{g}$
容器の質量	$m_c=100.15\text{g}$

(8) 土をサンプリングして直径  $5\text{cm}$ 、高さ  $10\text{cm}$  の円筒形に整形した。精密にノギスを使って測定したところ、直径は  $5.020\text{cm}$ 、高さは  $10.015\text{cm}$  であった。この時の供試体の質量は  $360.36\text{g}$  であった。この時の湿潤密度と単位体積湿潤重量を求めよ。

(9) 含水比  $12.3\%$  の砂がある。湿潤密度が  $1.792\text{g/cm}^3$  であった。この砂を乾燥させて容積  $113.1\text{cm}^3$  のモールドに最も密に詰めたときの質量は  $204.0\text{g}$ 、最も緩く詰めたときの質量が  $156.0\text{g}$  であった。この砂の自然状態における相対密度  $D_r$  はいくらになるか？ただし、土粒子密度を  $2.65\text{g/cm}^3$  とする。

(10) 土粒子密度  $2.67\text{g/cm}^3$ 、間隙比  $e=3.081$ 、含水比  $102.8\%$  の土がある。この土の飽和度を求めよ。ただし、水の密度は  $1.00\text{g/cm}^3$  とする。

## 土質力学演習

1. 粘土地盤から採取した試料の質量を測定したところ  $57.0\text{g}$  であった。乾燥後測定すると、乾土質量は  $30.5\text{g}$  になった。一方この土の液性限界と塑性限界を別途測定したところ、 $W_L=84.5\%$ 、 $W_P=58.4\%$  であった。この試料の液性指数 ( $I_L$ ) を求めよ。また、僅かに排水して湿潤状態の質量が  $54.0\text{g}$  になった。この時の液性指数を求め、はじめの水分量と排水後の水分量に対応する粘土の状態を考えよ。

2. ある土のコンシステンシー限界試験を行った。LL( $W_L$ ) =71.8%、PL( $W_p$ )=24.9%、自然含水比( $w_n$ )=64.8%であった。塑性指数  $I_p$ 、液性指数  $I_L$  およびコンシステンシー指数  $I_c$  を求めよ。

含水比 (%)	落下回数
100	12
50	29
30	35
15	40

3. ①液性限界の測定を行った。右表の様な結果が得られた時、液性限界 ( $W_L$ ) を求めよ。 ②この土の塑性限界が 35%であった。このときの塑性指数 ( $I_p$ ) を求めよ。

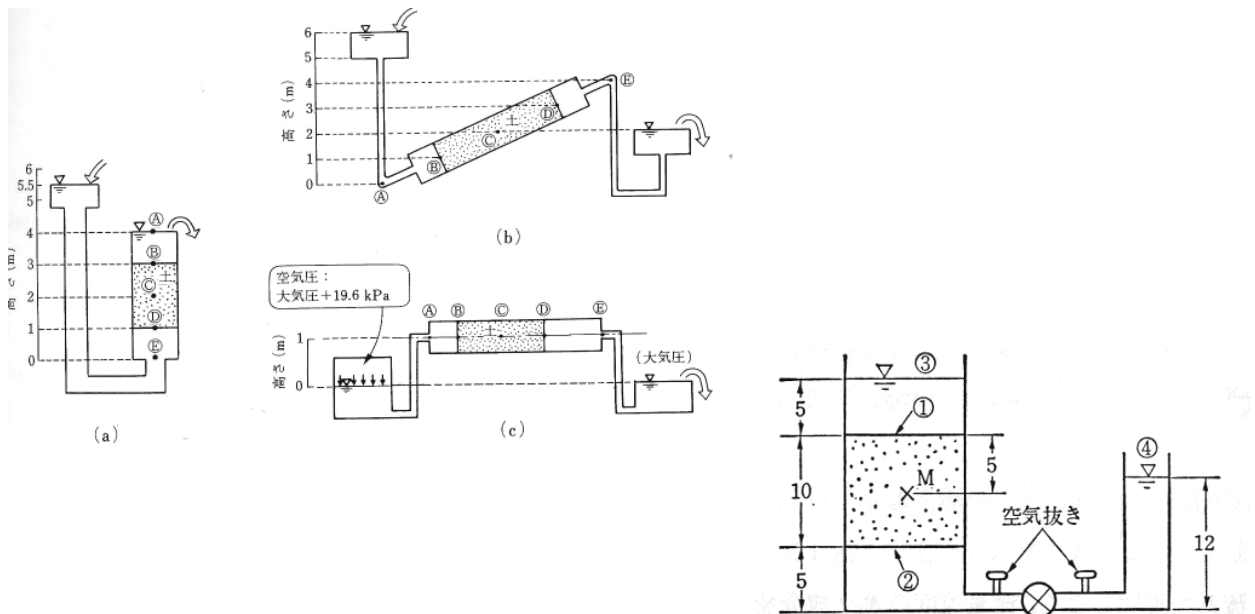
③水分調整して含水比 45%にした。この時の液性指数( $I_L$ )、コンシステンシー指数 ( $I_c$ ) を求めよ (方眼紙)

4. ある現場で土を採取した。自然含水比は 22.3%であった。この土をある程度乾燥させてから体積が  $1000\text{cm}^3$  のモールドを用いて締め固め試験を行った。そのときは、含水比 14.8%で湿土の質量が 1262g、その後水を少し加えて締め固め試験をした結果含水比が 18.6%で、湿土の質量が 1439g であった。同様に試験を繰り返し、(21.5%, 1640g) ,(24.1%, 1885g) ,(27.0%, 1937g) ,(33.2%, 1849g) というデータを得た。

- この時の最適含水比を求めよ。 (方眼紙)
- 現場の土 1t を最適含水比に調整するために必要な水量を求めよ

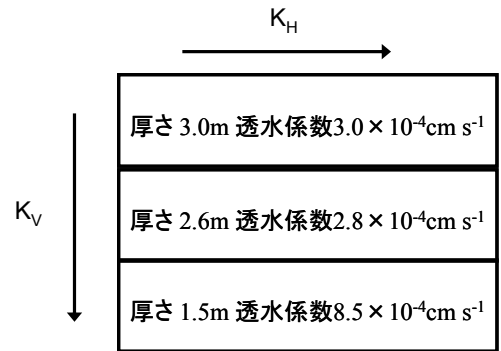
2010,11,04 土質演習

1. 圧力水頭, 全水頭, 位置水頭の分布を描け

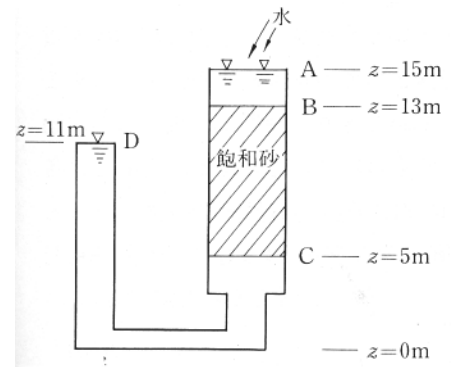


2. 下記のような配管で土中と水槽がつながっている。コックを開ける前の水压分布を示せ、また、コックを開けた直後の水压分布はどうなるか？また圧力分布が変化する理由は？

3. 右図の土層の縦方向、横方向の平均の透水係数を計算せよ



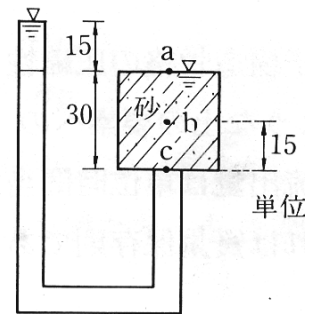
4. 右の図のような土層に対して見かけの流速(ダルシー流速, 流束)を求めると共に, 真の流速(間隙流速)全水頭, 圧力水頭, 位置水頭の分布を描け。ただし, 透水係数  $k=0.01\text{cm/sec}$ , 土の断面積  $A=100\text{cm}^2$ , 間隙率  $n=0.5$  である。



$$G_s = 2.66$$

$$e = 0.66$$

6. 右下図の全水頭, 間隙水圧と位置水頭を図示し, a,b,c における間隙水圧を求めよ。



20101111

土質力学演習(西村)

1. 透水関係追加

土の中に流れがあるような場合の有効応力を求めよ。ただし, 水の流れが土の上から下向きにある場合は, 有効応力が浸透圧分増加する

2. 圧密沈下量を求める方法 1)  $a_v$  法, 2)  $C_c$  法, 3)  $m_v$  法の計算式を示せ。

3. 厚さ 10m の粘土層がある。圧密によって  $e_0=2.10$  が  $e=1.80$  に変化した。このときの沈下量を求めよ。(ヒント:  $\Delta e=(\Delta L/L)=\Delta e/(1+e_0)$ ・・・テキスト P124, 式(6.3))

4. 内径 6cm, 高さ 2cm の飽和粘土の供試体に荷重 96 kN/m<sup>2</sup> を加えて圧密したところ, 供試体の高さが 1.75cm になった。土粒子密度 2.65 g/cm<sup>3</sup>, 試料の乾燥重量 45.24g としたとき

1) 初期間隙比  $e_0$ , 圧密後の間隙比  $e$  を求めよ

2) 体積圧縮係数  $m_v$  を求めよ

5. . 粘土の供試体の標準圧密試験を行った。 $e-\log p$  曲線から圧密圧力が  $p_1=98$  kN/m<sup>2</sup> と  $p_2=198$  kN/m<sup>2</sup> のときにそれぞれに対する間隙比  $e_1=2.11$ ,  $e_2=1.90$  であった。実際の地盤における粘土層の厚さが 10m のとき, 圧密沈下量  $S$  を求めよ。(1)から 4)までの方法で結果を比較してみる)

1)  $e-\log p$  法 ( $\varepsilon-\log p$  または  $e-\log p$  に図示すると, 荷重と変位が直線関係にあることを仮定する)

2)  $C_c$  法,

3)  $m_v$  法

4)  $a_v$  法

2010 年 11 月 25 日

土質力学演習

1. Mohr 円を導出せよ。(教科書 P160～参照)

2. Mohr-Coulomb 破壊基準において、破壊面の傾き  $\alpha$  と強度定数  $c$ 、 $\phi$  の関係が

$$\phi = 2\alpha - \frac{\pi}{2}$$

$$c = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2} \sec \phi - \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2} \tan \phi$$

を示せ。ただし、 $\sec \phi = 1 / \cos \phi$ 、 $\cot \phi = \cos \phi / \sin \phi$  である。

3. 一面せん断試験

一面せん断試験を行って、次の表のような垂直荷重に対してせん断力が測定された。ただし、試料は直径 6cm の円筒状とする。

- (1) 垂直応力、せん断応力を計算し、垂直応力－せん断応力図を描け
- (2) 粘着力  $c$ 、内部摩擦角  $\phi$  を求めよ

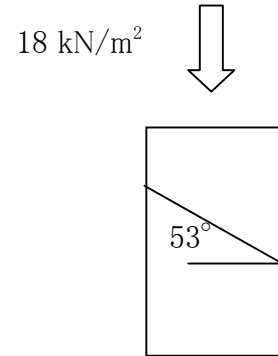
垂直荷重(N)	100	200	300	400
せん断力(N)	210	250	280	330

4. 一軸圧縮試験

- (1) 一軸圧縮強さが  $q_u$  のとき、粘着力  $c$  と内部摩擦角  $\phi$  が

$$\alpha = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$$

$$c = \frac{q_u}{\tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} \text{ を示せ。}$$



(Mohr－Coulomb の破壊基準の図を見て考える)

- (2) 一軸圧縮強度が  $18 \text{ kN/m}^2$ 、破壊面の角度が  $53$  度のとき、

- 1) Mohr 円を描け
- 2) 粘着力  $c$  と内部摩擦角  $\phi$  を求めよ。

5. 三軸圧縮試験 (宿題)

三軸圧縮試験を行った結果、次表のような結果を得た。

- (1) Mohr 円を描け
- (2) 粘着力  $c$  と内部摩擦角  $\phi$  を求めよ
- (3) 試料破壊時の予想される破壊面の傾きは何度か？

供試体 No.	側圧 ( $\sigma_3 \text{ kN/m}^2$ )	圧縮強さ側圧 ( $\sigma_1 \text{ kN/m}^2$ )
1	5	12.2
2	10	18.8
3	15	26.3
4	20	34.0
5	25	40.2

土質力学演習 回答例

1. Mohr 円の導出せよ

水平から角度  $\alpha$  をなす最大主応力面について直応力、せん断応力は

$$\sigma_\alpha = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\alpha$$

$$\tau_\alpha = -\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2} \sin 2\alpha$$

$\sin 2\alpha$ 、 $\cos 2\alpha$  を消去すると

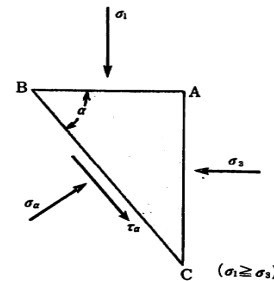


図 7.5 主応力面を基準にした応力変換

$$\left(\sigma_a - \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2}\right)^2 + \tau_{xz}^2 = \left(\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}\right)^2$$

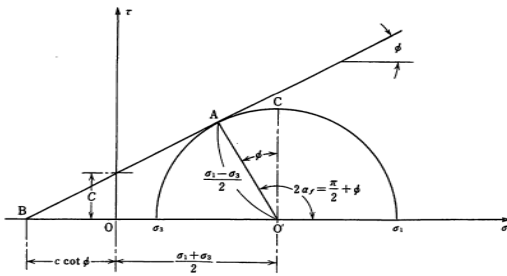


図 7.13 破壊条件の主応力による表わし方

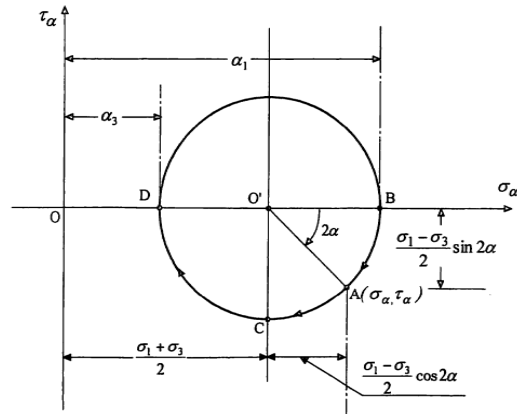


図 7.6 Mohr の応力円表示

2. Mohr-Coulomb 破壊基準において、破壊面の傾き  $\alpha$  と強度定数  $c$ 、 $\phi$  の関係が

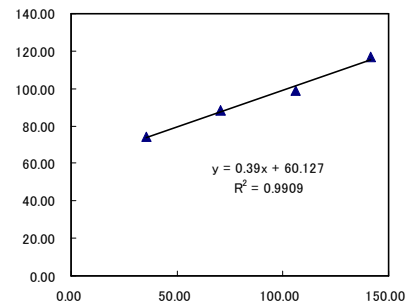
$$\phi = 2\alpha - \frac{\pi}{2}$$

$$c = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2} \sec \phi - \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2} \tan \phi$$

を示せ。ただし、 $\sec \phi = 1 / \cos \phi$ 、 $\cot \phi = \cos \phi / \sin \phi$  である。

$$\left(\frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2} + c \cot \phi\right) \sin \phi = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$$

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 2c \cdot \cos \phi + (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \phi$$



### 3. 一面せん断試験

一面せん断試験を行って、次の表のような垂直荷重に対してせん断力が測定された。

(1) 垂直応力、せん断応力を計算し、垂直応力-せん断応力図を描け

(2) 粘着力  $c$ 、内部摩擦角  $\phi$  を求めよ

垂直力(N)	100	200	300	400
垂直応力(kN/m <sup>2</sup> )	35.37	70.74	106.11	141.48
せん断力(N)	210	250	280	330
せん断応力(kN/m <sup>2</sup> )	74.27	88.42	99.03	116.72

粘着力  $\doteq 60 \text{ kN/m}^2$ 、

$\tan \phi = 0.39$   $\phi = 21.3$  度

4. 一軸圧縮試験

(1) 一軸圧縮強さが  $q_u$  のとき、粘着力  $c$  と内部摩擦角  $\phi$  が

$$\alpha = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$$

$$c = \frac{q_u}{\tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)}$$

を示せ。(Mohr-Coulomb の破壊基準の図を見て考える)

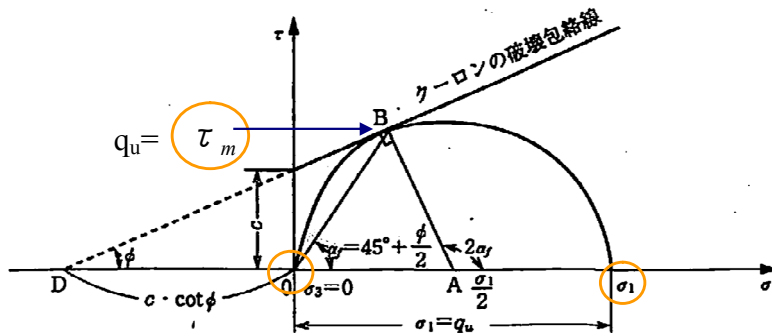


図 5.13 一軸圧縮試験のモールの応力円

(2) 一軸圧縮強度が 18 kN/m<sup>2</sup>、破壊面の角度が 53 度のとき、

- 1) Mohr 円を描け
- 2) 粘着力  $c$  と内部摩擦角  $\phi$  を求めよ。

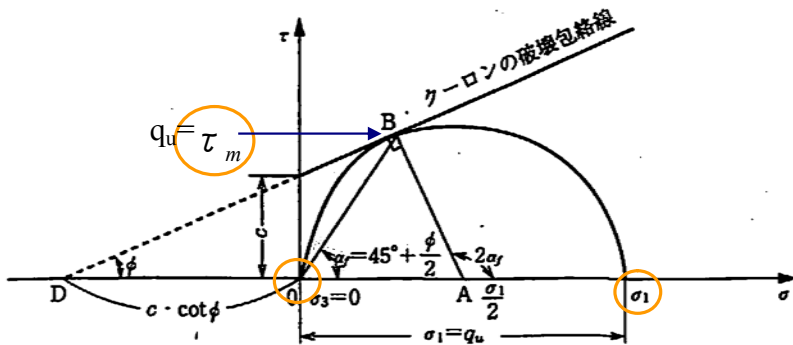


図 5.13 一軸圧縮試験のモールの応力円

18kN/m<sup>2</sup>

$$53 = \frac{\phi}{2} + \frac{\pi}{4} \quad \phi = 16 \text{ 度}, c = 6.8 \text{ kN.m}^2$$

5. 三軸圧縮試験 (宿題)

三軸圧縮試験を行った結果、次表のような結果を得た。

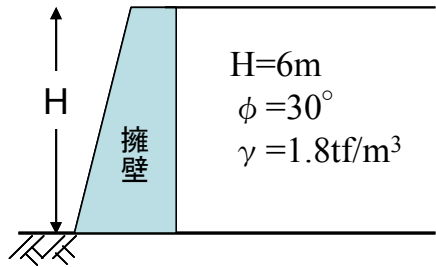
- (1) Mohr 円を描け
- (2) 粘着力  $c$  と内部摩擦角  $\phi$  を求めよ
- (3) 試料破壊時の予想される破壊面の傾きは何度か？

供試体 No.	側圧 ( $\sigma_3$ kN/m <sup>2</sup> )	圧縮強さ側圧 ( $\sigma_1$ kN/m <sup>2</sup> )
1	5	12.2
2	10	18.8
3	15	26.3
4	20	34.0
5	25	40.2

土質力学演習

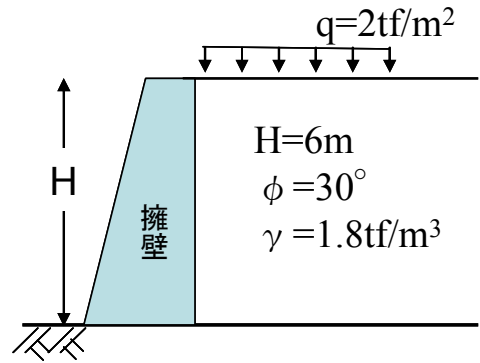
1. 右図の様なよう壁に働く土圧を求めよ。ただし、壁面と土の間の摩擦は考えない。

- 1) ランキンの主働土圧係数はいくらか
- 2) ランキンの主働土圧はいくらか
- 3) ランキンの受働土圧いくらか
- 4) よう壁の高さが 2 倍になるとランキンの主働土圧はいくらになるか？

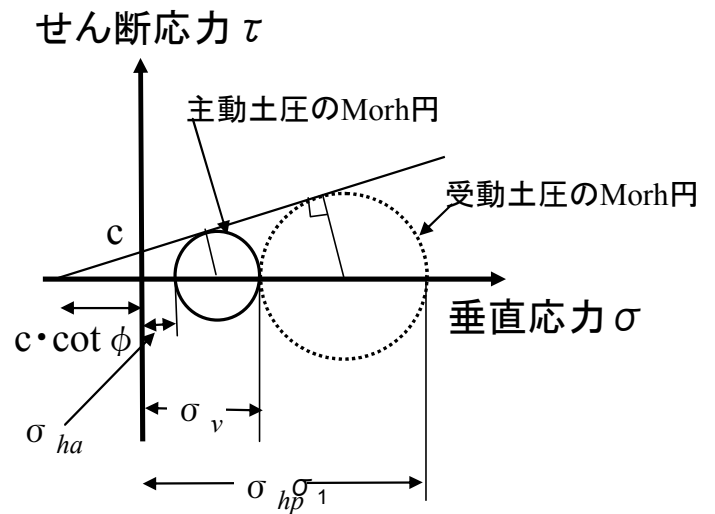


2. 右図のようによう壁の裏込め土に等分布加重が加わっているとき。

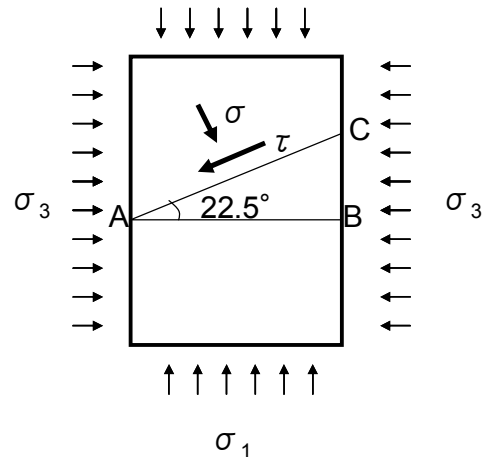
- 1) ランキンの主働土圧を計算せよ。
- ただし、鉛直に作用する等分布加重による水平方向の応力は、 $Ka \times q \times H$  ( $H$  は高さ) で算出し、いわゆる裏込め土の土圧と重ねあわせることができる。



3. 土に粘着力(c)がある場合の主働土圧, 受働土圧の Morh 円は右図のようになる。ここから、土圧係数, 主働土圧, 受働土圧を求める式を導出せよ。

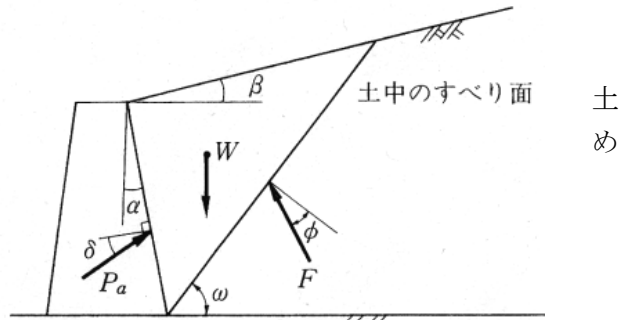


4. 最大主応力  $5 \text{ kgf/cm}^2$ , 最小主応力  $1 \text{ kgf/cm}^2$  の時, 最大主応力面 AB と  $22.5^\circ$  の角をなす面 AC を考え, ここに作用する垂直応力  $\sigma$  とせん断応力  $\tau$  をモール円を利用した図解法で算出せよ。



土質力学演習(土圧)

1. 右図のように壁体が土を支えている。  
 下記の①から③の場合についてクーロン土圧  $P$  を計算し、壁体の傾きや摩擦、裏込土の傾斜について考察せよ。



ただし、

$\sin 40 = 0.6429$

$\sin 30 = 0.5$

$\cos 15 = 0.966$

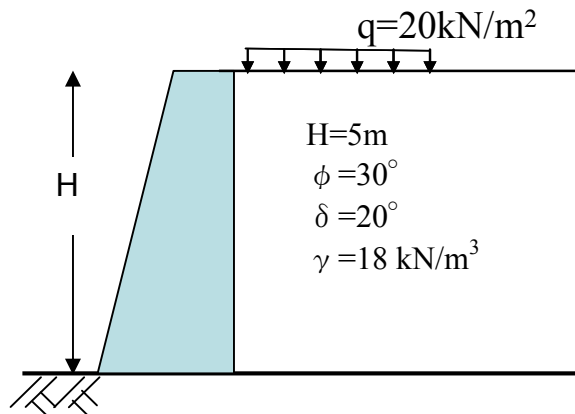
$\cos 25 = 0.906$

$\cos 2 = 0.9994$

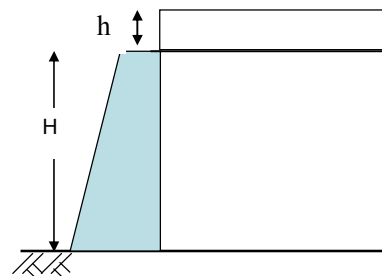
$\sin 17 = 0.2924$

	①	②	③
H(壁高 m)	5	5	5
$\alpha$	0	15	15
$\beta$	0	0	13
$\delta$	0	10	10
$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	18	18	18
$\phi$ (°)	30	30	30
c	0	0	0

2. 右図のように裏込め土に等分布加重が乗っている場合のクーロン土圧を計算せよ。  
 ヒント：等分布加重だけ裏込め土がかさ上げされたとみなし、クーロン土圧の  $H^2$  の代わりに  $(H+h)^2 - h^2$  を適用する。



等分布加重  $q$  に由来する、 $h = q / \gamma_t$  だけ裏込め土をかさ上げたとき置き換える



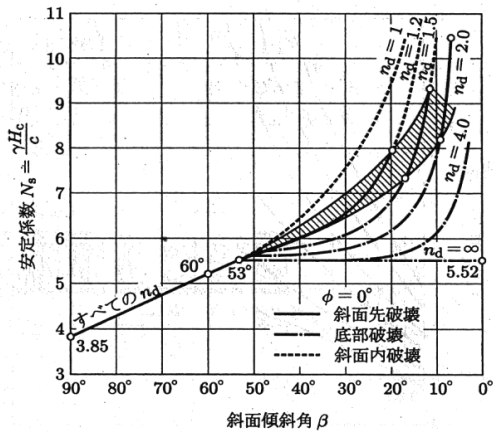


図 9.7 安定係数と斜面傾斜角および深さ係数の関係

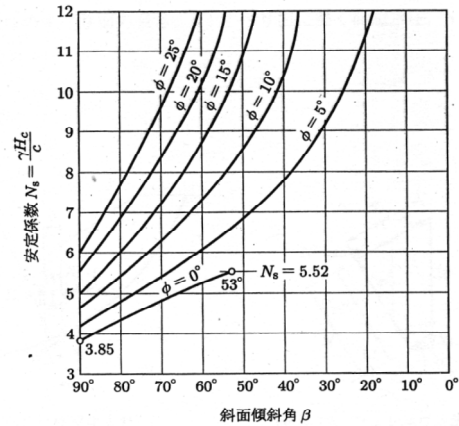


図 9.8 安定係数と斜面傾斜角および内部摩擦角の関係

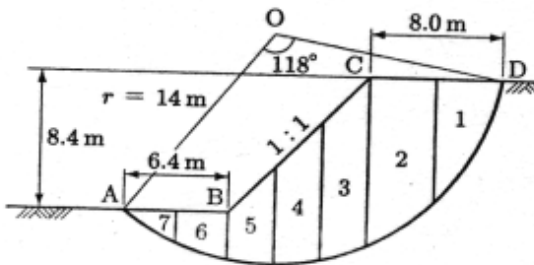
土質

力学演習(斜面安定)

1. 上の二つの図(テイラーの図表)を用いて下記に答よ

深さ 3m の鉛直な溝を掘削する場合の安全率(壁が崩れるかどうか?)を求めよ

- (1) 摩擦角  $\phi = 0^\circ$  , 粘着力  $c = 20.0 \text{ kN/m}^2$  ,  $\gamma_t = 16.0 \text{ kN/m}^3$  の粘土地盤
  - (2) 摩擦角  $\phi = 15^\circ$  , 粘着力  $c = 12.0 \text{ kN/m}^2$  ,  $\gamma_t = 17.0 \text{ kN/m}^3$  の砂質粘土地盤
- (2)は右の表を埋める形で考える



$\phi_m$ ( $^\circ$ )	$F_\phi$	$N_s$	$c_m$ ( $\text{kN/m}^2$ )	$F_c$
5	3.06	4.2	12.1	0.99
10				
.				
.				

2. 上の図の様な斜面の安全率をスエーデン法(フェレニウス法)を用いて求めよ。

ただし、摩擦角  $\phi = 5^\circ$  , 粘着力  $c = 25.0 \text{ kN/m}^2$  ,  $\gamma_t = 17.0 \text{ kN/m}^3$  で分割は下記の表のようである。

分割番号	$A_i$ ( $\text{m}^2$ )	$\alpha_i$ ( $^\circ$ )	$l_i$ (m)
1	19.32	48.35	$\Sigma l = 28.83$
2	35.83	34.58	
3	26.97	19.7	
4	19.73	6.78	
5	12.08	-4.46	
6	7.65	-16.90	
7	2.82	-31.24	

