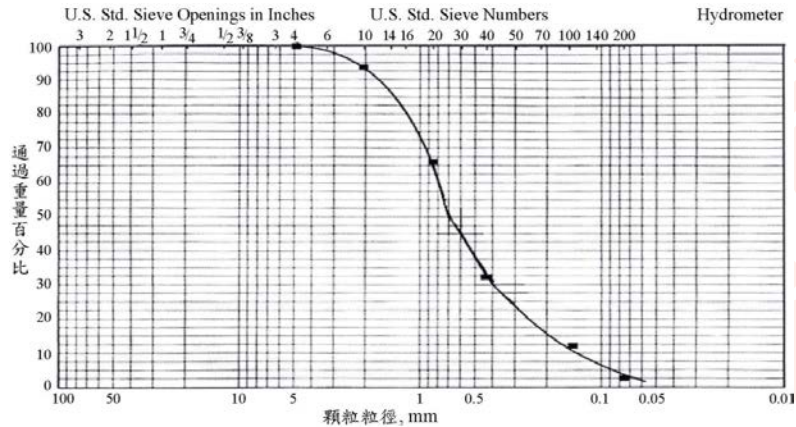


100 年鐵路人員特別考試高員三級土壤力學參考解答

一、(一)試述如何由試驗求得土壤之顆粒粒徑分布曲線？(7 分)

(二)某土樣由試驗求得其顆粒粒徑分布曲線如下圖所示，求此試樣之平均粒徑、均勻係數 C_u 及曲率係數 C_c 各為若干？另依美國統一土壤分類法 (USCS)，判斷此土壤之級配狀況。(12 分)

(三)試說明如何應用土壤顆粒粒徑分布曲線，求取適用供作濾層材料之粒徑曲線範圍。(7 分)



(100 鐵路高員-土壤力學 #1)

【參考解答】

(一)粒徑分析曲線可由篩分析及比重計分析試驗之結果求得，以顆粒直徑(對數尺度)為橫軸，通過百分比(算數尺度)為縱軸之半對數圖表示。

其中篩分析可求得顆粒直徑大於 0.075mm(#200 篩)之粒徑分佈；比重計分析可求得顆粒直徑小於 0.075mm 之粒徑分佈。

(二)查圖得知：

1. 有效粒徑 $D_{10} = 0.15 \text{ mm}$

2. 均勻係數 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.8}{0.15} = 5.33$

3. 曲率係數 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = \frac{0.4^2}{0.8 \times 0.15} = 1.33$

4. 因為通過#4 篩(4.76 mm) > 50%，所以可判斷土樣為砂質土壤。

因為曲率係數 $C_c = 1.33$ (介於 1~3 之間)，但均勻係數 $C_u = 5.33 < 6$ ，故研判此土壤級配不良。

(三)可採下列兩準則來選擇供作濾層材料之粒徑曲線範圍：

1. $\frac{D_{15(F)}}{D_{85(B)}} < 4$ ，防止基層材料之土壤流出濾層。

2. $\frac{D_{15(F)}}{D_{15(B)}} > 4$ ，考慮透水。

式中： $D_{15(F)}$ = 濾層材料之通過百分比為 15% 之直徑

$D_{15(B)}$ = 基層材料之通過百分比為 15% 之直徑

$D_{85(B)}$ = 基層材料之通過百分比為 85% 之直徑

二、某工地經調查發現，其地層具有一 10m 厚之過壓密黏土層，此黏土層上方覆有一 3m 厚之砂土層，而黏土層下方亦有一 3m 厚之砂土層，再下層則為很深之泥岩層，地下水位於地表下 2m。地下水以上砂土層之飽和度為 30%，砂土層之浸水單位重 γ' 為 10 kN/m^3 ，孔隙比 e 為 2.65。假設此過壓密黏土層之前期最大壓密應力較現存應力大 10 kPa ，黏土層之含水量 ω 為 35%，孔隙比 e 為 2.70，經壓密試驗求得其壓縮性指數 C_c 為 0.35，回脹性指數 C_s 為 0.03，壓密係數 C_v 為 $0.011 \text{ m}^2/\text{天}$ 。此工地欲進行以大範圍填土之預載重試驗 (preloading test)，填土厚 4 m，單位重為 20 kN/m^3 ，試求：

(一)分兩層計算此黏土層之最終壓密沉陷量 (ultimate settlement) 為若干 m? (13 分)

(二)欲達最終壓密沉陷量之 50%，90%，100%，各需時若干天? (12 分)

(100 鐵路高員-土壤力學 #2)

【參考解答】

(一)sand(上)：地下水位之下：

$$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w$$

$$19.81 = \frac{G_s + 2.65}{1 + 2.65} (9.81)$$

$$G_s = 4.72$$

地下水位之上：

$$Se = \omega G_s$$

$$\omega = \frac{Se}{G_s} = \frac{(30\%)(2.65)}{4.72} = 0.168$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1 + e} = \frac{\gamma_t}{1 + \omega}$$

$$\gamma_t = \frac{\gamma_s(1 + \omega)}{1 + e} = \frac{G_s \gamma_w (1 + 0.168)}{1 + 2.65} = \frac{(4.72)(9.81)(1 + 0.168)}{1 + 2.65} = 14.81 \text{ kN/m}^3$$

OC clay：

$$Se = \omega G_s$$

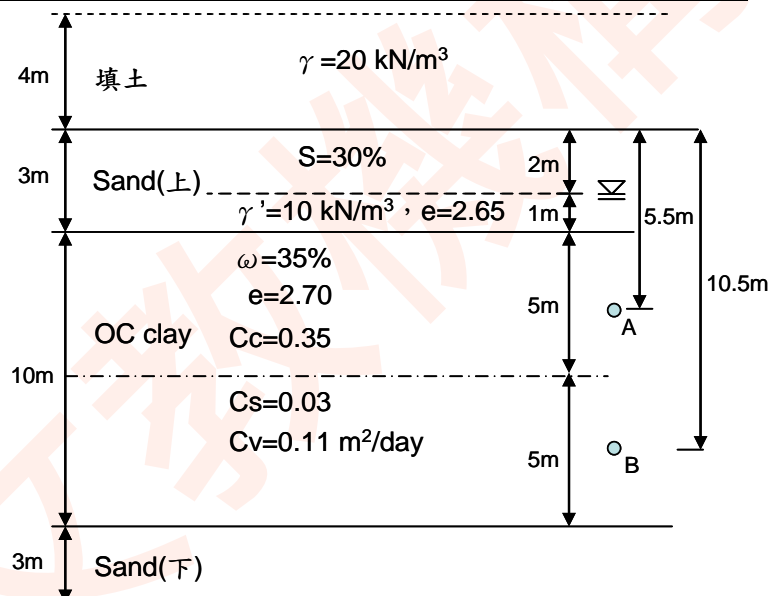
$$G_s = \frac{Se}{\omega} = \frac{(100\%)(2.7)}{(35\%)} = 7.71$$

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w = \frac{7.71 + 2.7}{1 + 2.7} (9.81) = 27.6 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma'_A = 14.81 \times 2 + 10 \times 1 + (27.6 - 9.81) \times 2.5 = 84.1 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_C = 10 + \sigma'_A = 10 + 84.1 = 94.1 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta P = 20 \times 4 = 80 \text{ kN/m}^2$$



$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{C_s H}{1+e} \log \frac{\sigma_c}{\sigma'_A} + \frac{C_c H}{1+e} \log \frac{\sigma'_A + \Delta P}{\sigma_c} \\
 &= \frac{(0.03)(5)}{1+2.7} \log \frac{94.1}{84.1} + \frac{(0.35)(5)}{1+2.7} \log \frac{84.1+80}{94.1} \\
 &= 0.002 + 0.114 = 0.116 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\sigma'_B = 14.81 \times 2 + 10 \times 1 + (27.6 - 9.81) \times 7.5 = 173.0245 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_c = 10 + \sigma'_B = 10 + 173.0245 = 183.045 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta P = 20 \times 4 = 80 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 S_2 &= \frac{C_s H}{1+e} \log \frac{\sigma_c}{\sigma'_B} + \frac{C_c H}{1+e} \log \frac{\sigma'_B + \Delta P}{\sigma_c} \\
 &= \frac{(0.03)(5)}{1+2.7} \log \frac{183.045}{173.045} + \frac{(0.35)(5)}{1+2.7} \log \frac{173.045+80}{183.045} \\
 &= 0.0001 + 0.067 = 0.067 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$S = S_1 + S_2 = 0.116 + 0.067 = 0.183 \text{ m}$$

(二) 達最終壓密沉陷量之 50% :

$$T_{50} = \frac{C_v t}{(H_{dr})^2}$$

$$0.197 = \frac{(0.011)t}{(10/2)^2}$$

$$T = 447.73 \text{ 天}$$

達最終壓密沉陷量之 90% :

$$T_{90} = \frac{C_v t}{(H_{dr})^2}$$

$$0.848 = \frac{(0.011)t}{(10/2)^2}$$

$$T = 1927.3 \text{ 天}$$

達最終壓密沉陷量之 100% :

$$T_{100} = \frac{C_v t}{(H_{dr})^2}$$

$$1 = \frac{(0.011)t}{(10/2)^2}$$

$$T = 2272.73 \text{ 天}$$

三、有某一乾砂試樣，進行三軸壓密慢剪(S-type)試驗，試體破壞時之旁束壓力 $\sigma_3 = 105 \text{ kPa}$ ，垂直軸向壓力 $\sigma_1 = 385 \text{ kPa}$ 。同一乾砂試樣在相同孔隙比下，亦進行直接剪力試驗，試體直徑為 6 cm ，試驗時施加之正向力為 850 N 。試求在進行直接剪力試驗時：

(一)施加之剪力應至少為若干 N 時，試體會破壞？(9 分)

(二)試分別求作用在破壞面上之剪應力和試體之最大剪應力及其作用方向(與水平面之夾角)，繪圖說明並標示其值。(16 分)

(100 鐵路高員-土壤力學 #3)

【參考解答】

(一)因為三軸壓密慢剪試驗即為壓密排水試驗，

$$\therefore \sigma_3 = \sigma'_3 = 105 \text{ kPa} , \sigma_1 = \sigma'_1 = 385 \text{ kPa}$$

另因為乾砂， $\therefore c = 0$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$\Rightarrow 385 = 105 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$\Rightarrow \phi' = 34.85^\circ$$

進行直接剪力試驗， $\tau_f = \sigma' \tan \phi'$

$$\frac{S}{A} = \frac{V}{A} \tan \phi' , A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} (0.06)^2 = 0.00283 \text{ m}^2$$

$$\frac{S}{0.00283} = \frac{850}{0.00283} \tan 34.85^\circ$$

$$S = 591.87 \text{ N}$$

故施加之剪力至少為 591.87 N 時，試體才會破壞！

(二)

1.破壞面上之剪應力

$$\tau_f = \frac{S}{A} = \frac{591.87}{0.00283} = 209141 \text{ Pa} = 209.14 \text{ kPa}$$

破壞面上之正應力

$$\sigma_f = \frac{V}{A} = \frac{850}{0.00283} = 300353 \text{ Pa} = 300.35 \text{ kPa}$$

2.

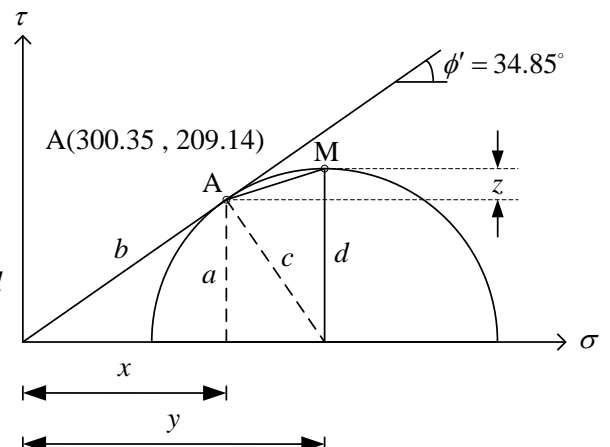
$$\frac{a}{b} = \sin \phi' , \frac{209.14}{b} = \sin 34.85^\circ \Rightarrow b = 365.99$$

$$\frac{a}{x} = \tan \phi' , \frac{209.14}{x} = \tan 34.85^\circ \Rightarrow x = 300.35$$

$$\frac{c}{b} = \tan \phi' , \frac{c}{365.99} = \tan 34.85^\circ \Rightarrow c = 254.84 = d$$

$$\frac{c}{y} = \sin \phi' , \frac{254.84}{y} = \sin 34.85^\circ \Rightarrow y = 445.97$$

試體最大剪應力 $d = 254.84 \text{ kPa}$



\overline{AM} 線為最大剪應力之作用方向，與水平面之夾角 $\tan^{-1}\left(\frac{z}{y-x}\right)$

$$\tan^{-1}\left(\frac{z}{y-x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{d-a}{y-x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{254.84 - 209.14}{445.97 - 300.35}\right) = \tan^{-1}\frac{45.7}{145.62} = 17.42^\circ$$

九華文教機構