

《土壤力學(包括基礎工程)》

一、回答下列有關地盤下陷問題：

- (一)現地土層模型如表1所列，砂土層A下方為厚度4m之黏土層B，地下水位以上簡化為乾土單位重，地下水位位於地表下2m。當地下水位於短時間內降至地表下5m深度後維持不變，計算因地下水位下降引致之黏土層壓密完成後之地盤下陷量。(10分)
- (二)若此黏土層於室內進行試體厚度2.5cm之雙向排水單向度壓密試驗，達到50%平均壓密度 ($U_{avg}\%$) 所需時間為120秒，請預測現地達到50%平均壓密度所需天數 ($U_{avg}\%=50\%$, $T_{v,50\%}=0.197$) 並參考圖1推估此時於深度10m及12m之孔隙水壓力。(15分)

$$T_v = \frac{c_v t}{(H_{dr})^2}, \begin{cases} T = \frac{\pi}{4} \left(\frac{U\%}{100} \right)^2 \text{ for } U \leq 60\% \\ T = 1.781 - 0.933 \log(100 - U\%) \text{ for } U > 60\% \end{cases}$$

表1 土層模型

土層	深度 (m)	土壤種類	相關參數
A	0.0 - 8.0	砂土	乾單位重=14kN/m ³ ，飽和單位重=17.8kN/m ³
B	8.0 - 12.0	黏土	飽和單位重=18.8kN/m ³ ，孔隙比=0.8 LL=40，壓縮性指數 (C_c) = 0.27，回脹性指數 (C_r) = 0.05，預壓密應力 (σ'_p) = 100kPa
C	12.0 以下	岩盤	

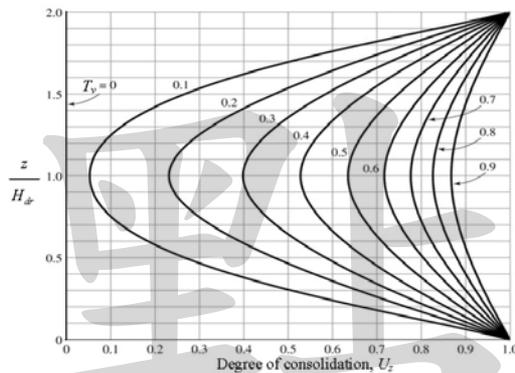


圖1 無因次壓密度變化圖

試題評析	<p>題目有瑕疵，沒有說明岩盤之性質。</p> <p>如果岩盤完整無裂縫，且岩石內無水，則上層砂土降水，黏土層將呈現矩形之超額孔隙水壓分布，並為單向排水。</p> <p>如果岩盤破碎且另有水壓力來源(如陽明山山麓或烏來山麓)，則上層砂土(地表棲留水)降水，並不影響岩盤水壓力，黏土層將呈現上寬下尖之超額孔隙水壓分布，並為雙向排水。這種案例在 Lambe and whitman 教科書有提到。</p> <p>自然界裡這兩種狀況都有，命題者似乎沒有意識到。</p> <p>由於第(二)小題給矩形之 u_e 消散圖，若以政治正確眼光觀之，命題者原先想法可能是岩盤完整無裂縫，且岩石內無水之情境。</p>
考點命中	歐陽老師《解說土壤力學》6-7節

解：

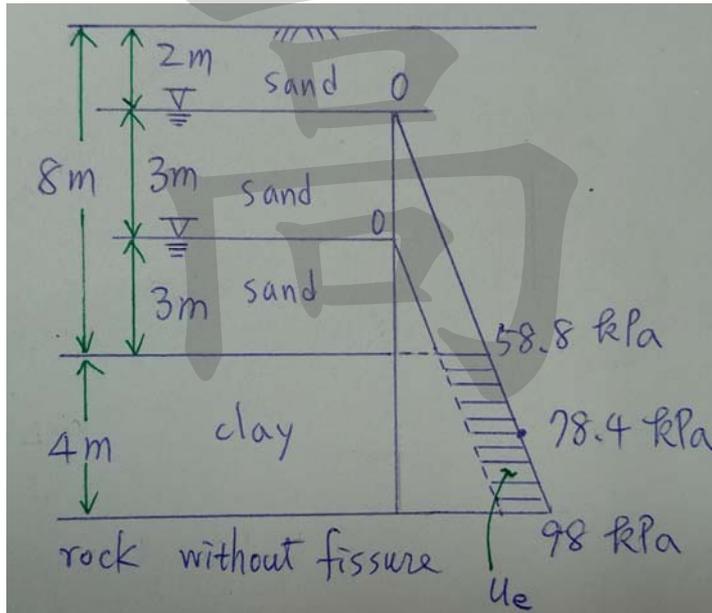
設岩盤完整無裂縫，且岩石內無水

(一)降水前， $\sigma'_0 = 2 \times 14 + 6(17.8 - 9.8) + 2(18.8 - 9.8) = 94 \text{ kPa} < \sigma'_c$

降水後長期， $\sigma''_0 = 5 \times 14 + 3(17.8 - 9.8) + 2(18.8 - 9.8) = 112 \text{ kPa} > \sigma'_c = 100 \text{ kPa}$

$$\Delta H_c = \frac{C_r H_0}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + \frac{C_c H_0}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_c} = \frac{0.05 \times 400}{1.8} \log \frac{100}{94} + \frac{0.27 \times 400}{1.8} \log \frac{112}{100}$$

$$= 0.2986 + 2.953 = \underline{3.25 \text{ cm}}$$



(二)依 $T H_{dr}^2 = c_v t$

按比例 $\frac{H_{dr}^2}{H_{dr}^2} = \frac{t}{t} \Rightarrow \frac{1.25^2}{400^2} = \frac{120}{t}$

解出 $t = 12288000 \text{ sec} = \underline{142.2 \text{ days}}$

at $z = 10 \text{ m}$

$u_w = u_{ss} + u_e = 5 \times 9.8 + (1 - U_z)u_{e0} = 5 \times 9.8 + (1 - 0.45)3 \times 9.8 = \underline{65.17 \text{ kPa}}$

at $z = 12 \text{ m}$

$u_w = u_{ss} + u_e = 7 \times 9.8 + (1 - U_z)u_{e0} = 7 \times 9.8 + (1 - 0.25)3 \times 9.8 = \underline{90.65 \text{ kPa}}$

另一種詮釋

設岩盤有裂縫，岩盤另有水壓力來源，岩盤之水壓力不依附於地表棲留水

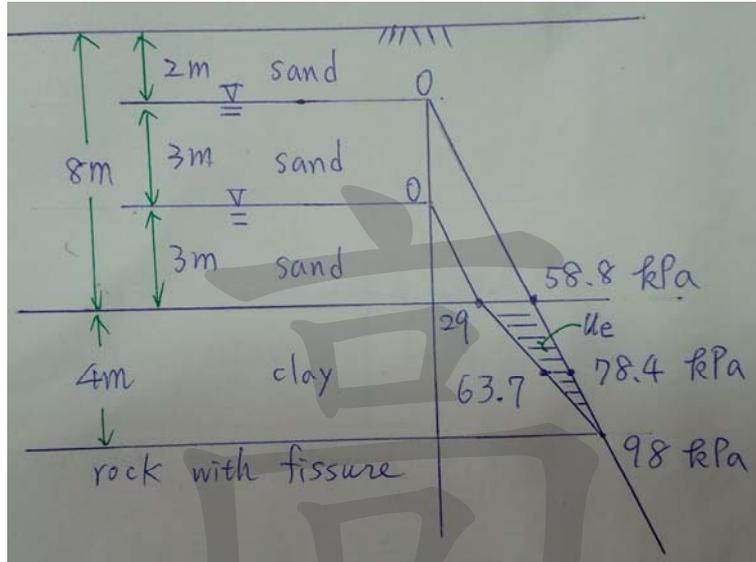
(一)降水前， $\sigma'_0 = 2 \times 14 + 6(17.8 - 9.8) + 2(18.8 - 9.8) = 94 \text{ kPa} < \sigma'_c = 100 \text{ kPa}$

降水後長期， $\sigma_0 = 5 \times 14 + 3(17.8) + 2(18.8) = 161 \text{ kPa}$

降水後長期 $u_w = (29.4 + 98) / 2 = 63.7 \text{ kPa}$

降水後長期 $\sigma'_0 = 161 - 63.7 = 97.3 \text{ kPa} < \sigma'_c$

$$\Delta H_c = \frac{C_r H_0}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} = \frac{0.05 \times 400}{1.8} \log \frac{97.3}{94} = \underline{0.166 \text{ cm}}$$



(二) 依 $TH_{dr}^2 = c_v t$

$$\text{按比例 } \frac{H_{dr}^2}{H_{dr}^2} = \frac{t}{t} \Rightarrow \frac{1.25^2}{200^2} = \frac{120}{t}$$

解出 $t = 3072000 \text{ sec} = \underline{35.6 \text{ days}}$

at $z = 10 \text{ m}$

$$u_w = 8 \times 9.8 - U_z \times u_{e0} = 78.4 - 0.25 \times (1.5 \times 9.8) = \underline{74.725 \text{ kPa}}$$

at $z = 12 \text{ m}$

$$u_w = 10 \times 9.8 = \underline{98 \text{ kPa}}$$

二、回答下列側向土壓力與擋土牆問題：

(一) 對有效剪應力強度參數為 ($c' = 0, \phi' = 30^\circ$) 之顆粒性土壤，考慮一土壤元素其垂直有效應力為 100 kPa ，計算此元素於 K_0 、Rankine 主動破壞及 Rankine 被動破壞這三種狀態之水平土壓力並繪製此三莫爾圓 (Mohr circle)，並標註其極點 (pole)。(15分)

(二) 列出傳統 RC 擋土牆穩定性分析需考慮五種可能破壞型態。(10分)

試題評析	本題是基本送分題，歐陽再三強調要帶圓規進考場，命題教授乃歐陽同路人，砍掉那些不聽歐陽金玉良言的人。
考點命中	歐陽老師《解說基礎工程》1-1節、1-6節。

解：

(一) $K_0 = 1 - \sin 30^\circ = 0.5$

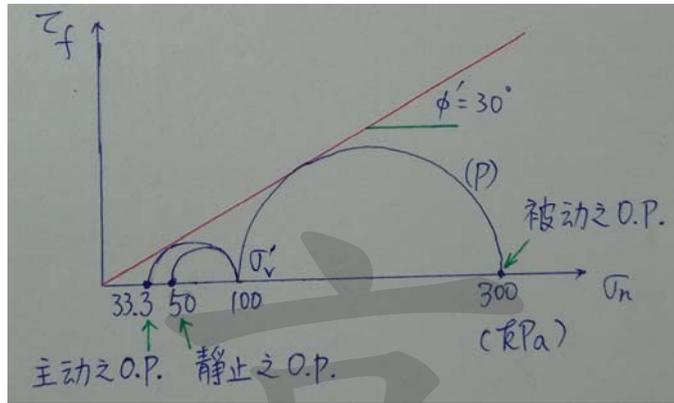
$$K_0 \text{ 狀態 } \sigma'_h = K_0 \times \sigma'_v = 0.5 \times 100 = \underline{50 \text{ kPa}}$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - 0.5 \times 30^\circ) = 1/3$$

$$K_a \text{ 狀態 } \sigma'_h = K_a \times \sigma'_v = 100 / 3 = \underline{33.3 \text{ kPa}}$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + 0.5 \times 30^\circ) = 3$$

$$K_p \text{ 狀態 } \sigma'_h = K_p \times \sigma'_v = 100 \times 3 = \underline{300 \text{ kPa}}$$



(二)抗滑失敗、抗翻失敗、基礎承载力失敗、淺層或深層滑動失敗、RC牆體失敗(指鋼筋與混凝土材料)。

三、考慮40m內土層模型如表2所示，地下水位位於地表下5m，假設地下水位以上土壤總體單位重與飽和單位重相同，考慮一底部封閉之圓形鋼管樁，其外徑為50cm，厚度為4cm，貫入土中樁長為30m，計算下列數值：

- (一) 使用 Meyerhof(1976)公式，推估樁尖垂直承载力(Point bearing capacity, Q_p)。(5分)
- (二) 分別採用 α -method (採用 $\alpha = 0.5(\bar{\sigma}_v / c_u)^{0.45}$, $\bar{\sigma}_v$ 為平均垂直有效應力)、 β -method (兩黏土層重模有效摩擦角均為 $\phi'_r = 30^\circ$) 及 λ -method ($\lambda = 0.14$) 計算樁側阻力 (shaft resistance)。(15分)
- (三) 採用 $FS = 4.0$ ，計算不同樁側阻力下淨容許承载力 (net allowable pile capacity)。(5分)

表2 樁基礎分析地質模型

土層	深度 (m)	土壤種類	相關參數
A	0.0 - 10.0	黏土	飽和單位重 = 18.8 kN/m ³ ，正常壓力黏土 不排水剪力強度 $c_u = 30$ kPa
B	10.0 - 40.0	黏土	飽和單位重 = 19.8 kN/m ³ ，正常壓密黏土 不排水剪力強度 $c_u = 100$ kPa

試題評析	黏土層 Q_p 只有一種算法，歐陽上課再三強調。 此題計算量大，考生平常應多算題幹長的題目，以及解答長的題目。
考點命中	歐陽老師《解說基礎工程》5-3節。

解：

$$(一) Q_p = c_u N_c * A_p = 100 \times 9 \times \frac{\pi}{4} \times 0.5^2 = \underline{176.715 \text{ kN}}$$

(二) α 法：

$$\text{at } z = 2.5 \text{ m}$$

$$\sigma'_v = 2.5 \times 18.8 = 47 \text{ kPa}$$

at $z = 7.5$ m

$$\sigma'_v = 5 \times 18.8 + 2.5(18.8 - 9.8) = 116.5 \text{ kPa}$$

$$\text{第一層黏土之平均垂直有效應力} = \frac{47 + 116.5}{2} = 81.75 \text{ kPa}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma'_v}{c_u} \right)^{0.45} = \frac{1}{2} \left(\frac{81.75}{30} \right)^{0.45} = 0.785$$

at $z = 20$ m

$$\sigma'_v = 5 \times 18.8 + 5(18.8 - 9.8) + 10 \times (19.8 - 9.8) = 239 \text{ kPa}$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma'_v}{c_u} \right)^{0.45} = \frac{1}{2} \left(\frac{239}{100} \right)^{0.45} = 0.74$$

$$Q_s = \alpha_1 c_{u1} A_{s1} + \alpha_2 c_{u2} A_{s2} = 0.785 \times 30 \times 0.5\pi \times 10 + 0.74 \times 100 \times 0.5\pi \times 20 = \underline{\underline{2694.8 \text{ kN}}}$$

β 法：

$$\text{設 } K_s = 1 - \sin\phi'_R = 1 - \sin 30^\circ = 0.5$$

at $z = 2.5$ m

$$\sigma'_v = 2.5 \times 18.8 = 47 \text{ kPa}$$

$$f_{s1} = \sigma'_v K_s \tan\phi'_R = 47 \times 0.5 \times \tan 30^\circ = 13.568 \text{ kPa}$$

at $z = 7.5$ m

$$\sigma'_v = 5 \times 18.8 + 2.5(18.8 - 9.8) = 116.5 \text{ kPa}$$

$$f_{s2} = \sigma'_v K_s \tan\phi'_R = 116.5 \times 0.5 \times \tan 30^\circ = 33.631 \text{ kPa}$$

at $z = 20$ m

$$\sigma'_v = 5 \times 18.8 + 5 \times (18.8 - 9.8) + 10 \times (19.8 - 9.8) = 239 \text{ kPa}$$

$$f_{s3} = \sigma'_v K_s \tan\phi'_R = 239 \times 0.5 \times \tan 30^\circ = 68.993 \text{ kPa}$$

$$Q_s = 13.568 \times 0.5\pi \times 5 + 33.631 \times 0.5\pi \times 5 + 68.993 \times 0.5\pi \times 20 = \underline{\underline{2538.2 \text{ kN}}}$$

λ 法：

$$c_{u,avg} = 30/3 + 2(100)/3 = 76.667 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v,avg} = 81.75/3 + 2(239)/3 = 186.583 \text{ kPa}$$

$$f_s = \lambda(\sigma'_{v,avg} + 2c_u) = 0.14(186.583 + 2 \times 76.667) = 47.588 \text{ kPa}$$

$$Q_s = f_s A_s = 47.588 \times 0.5\pi \times 30 = \underline{\underline{2242.5 \text{ kN}}}$$

$$\text{(三)} \alpha \text{法： } Q_a = \frac{Q_p + Q_s}{4} = \frac{176.715 + 2694.8}{4} = \underline{\underline{717.9 \text{ kN}}}$$

$$\beta \text{法： } Q_a = \frac{Q_p + Q_s}{4} = \frac{176.715 + 2538.2}{4} = \underline{\underline{678.7 \text{ kN}}}$$

$$\lambda \text{法： } Q_a = \frac{Q_p + Q_s}{4} = \frac{176.715 + 2242.5}{4} = \underline{\underline{604.8 \text{ kN}}}$$

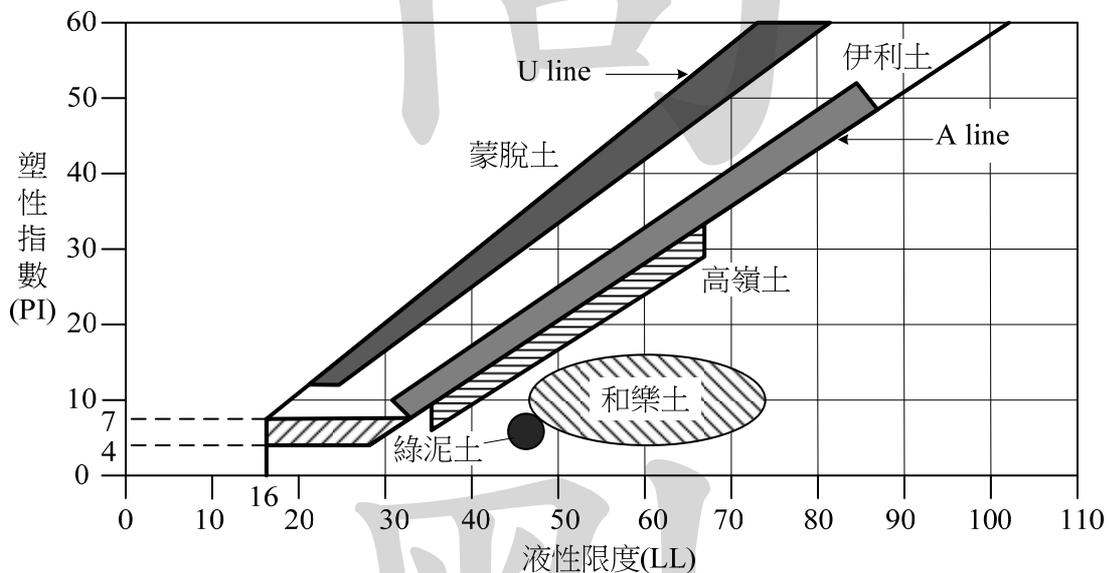
四、回答下列土壤物理性質問題：

- (一)請列出最常見之三種黏土礦物，並說明如何以一般土壤物理性質試驗辨別。(10分)
- (二)分別說明進行AASHTO及USCS土壤分類所需資料，並列出必要之篩號。(10分)
- (三)請說明如何以角錐貫入儀法(fall cone method)量測細顆粒土壤液限。(5分)

試題評析	此應為成大老師命題，fall cone method 是成大 111 年入學考題，AASHTO 也只有成大會考(以前成大博班資格考必考)。
考點命中	歐陽老師《解說土壤力學》2-3節、3-5節，以及高點補習班暑期題庫班講義。

解：

- (一)高嶺土、伊利土、蒙脫土。可進行液性限度與塑性限度試驗，求出LL與PI後，在塑性圖上定位，根據定位位置判定黏土礦物種類，例如下圖。

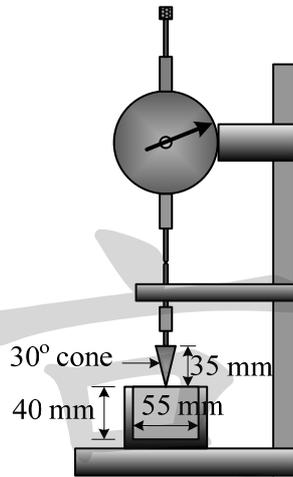


- (二)AASHTO分類需要篩分析試驗、液性限度試驗與塑性限度試驗結果。

USCS分類需要篩分析試驗、比重計分析試驗、液性限度試驗與塑性限度試驗結果。

AASHTO必要之篩號為#10、#40、#200。USCS必要之篩號為#4、#200。

- (三)fall cone method 試驗裝置包含錐尖張角 30° ，質量 80 公克的不鏽鋼金屬錐，該金屬錐先謹慎靜置於受測土壤試體表面，然後令其自由貫入 5 秒鐘，判讀錐尖貫入深度，如果貫入深度恰達 20 mm，則該土壤試體之含水量就是液性限度。由於很難一次就做出 LL，所以通常會準備 4~5 個試體，各試體的含水量不同，但都攪拌成均勻稠狀後進行試驗，將試驗後的 4~5 個點位繪製在全對數圖紙上，則貫入深度 20 mm 所對應的含水量，就是 LL。比之 Casagrande 的液限儀，本試驗的可重現率更高，速度快，人為誤差更小。



前述全對數圖紙上的回歸直線稱為 best-fit straight line，該線斜率稱為 m ，截距稱為 C ，則塑性限度 $PL=C(2)^m$ 。

