

111 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：土木工程、水利工程

科 目：土壤力學（包括基礎工程）

劉明老師解題

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	

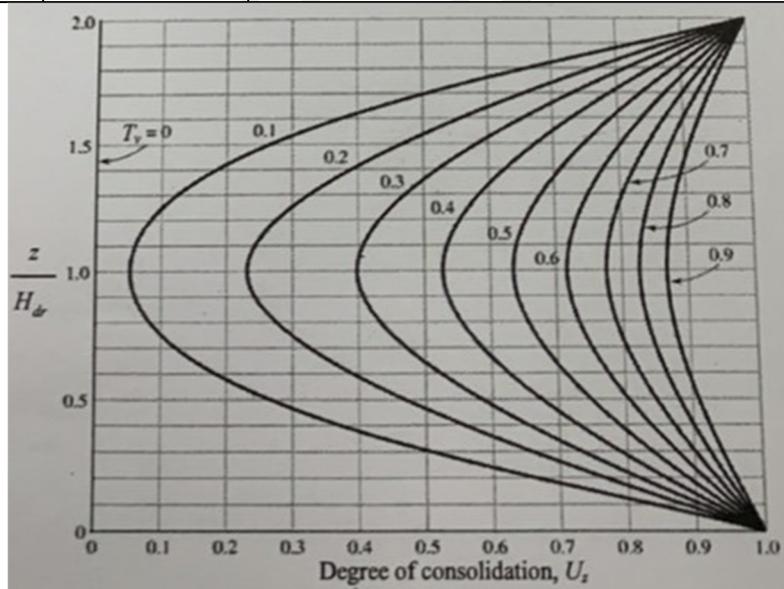


圖 1 無因次壓密度變化圖

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★★
2. 《破題關鍵》了解壓密理論與壓密沉陷的計算
3. 《使用法條》or 《使用學說》
見土力講義 PP. 4-14 與 PP. 4-24。

【擬答】

(一)

黏土層中間有效應力

$$\sigma'_0 = 2(14) + 6(17.8 - 9.81) + 2(18.8 - 9.81) = 93.92kPa$$

公職王歷屆試題 (111 年高考)

抽取地下水後黏土層中間有效應力

$$\sigma'_0 = 5(14) + 3(17.8 - 9.81) + 2(18.8 - 9.81) = 111.95 \text{ kPa}$$

預壓密壓力為 100kPa 故地下水位下降引致之黏土層壓密完成後之地盤下陷量如下:

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0}$$
$$= \frac{0.05 \times 400}{1 + 0.8} \log \frac{100}{93.92} + \frac{(0.27) \times 400}{1 + 0.8} \log \frac{111.95}{100} = 0.33 + 2.94 = 3.27 \text{ cm}$$

(二)

(a) 達最終沉陷量一半所需時間

$$U=50\%, T_{50}=0.197, T_v = \frac{C_v t}{H^2}, \text{ 雙向排水}$$

$$t = \frac{T_v \cdot H_{dr}^2}{C_v} = \frac{0.197 \times 300^2}{5.6 \times 10^{-2}} = 316607 \text{ s} = 3.66 \text{ day} = 0.01 \text{ year}$$

$$t_1: t_2 = H_1^2: H_2^2 = 400^2: 1.25^2$$

$$\therefore t_1 = \left(\frac{400}{1.25}\right)^2 \times t_2 = 102400 \times 120 = 12288000 \text{ s} = 142.2 \text{ days}$$

(b)

平均壓密度為 50% 時

$$T_v = \frac{C_v t}{H^2} = 0.197$$

$$z=10\text{m 在黏土層中央 } \frac{z}{H} = \frac{2}{4} = 0.5, \text{ 查圖得 } U_z = 0.3$$

超額孔隙水壓計算如下:

$$U_z = 1 - \frac{u_z}{u_0} = 1 - \frac{u_z}{18.03} = 0.3 \rightarrow u_z = 12.62 \text{ kPa}$$

$$z=12\text{m 在黏土層中央 } \frac{z}{H} = \frac{4}{4} = 1, \text{ 查圖得 } U_z = 0.23$$

超額孔隙水壓計算如下:

$$U_z = 1 - \frac{u_z}{u_0} = 1 - \frac{u_z}{18.03} = 0.23 \rightarrow u_z = 13.88 \text{ kPa}$$

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 100kPa, 計算此元素於 K0、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)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《破題關鍵》了解土壓力理論與擋土牆破壞模式
3. 《使用法條》or 《使用學說》
見基礎講義 PP. 5-17 與 PP. 5-33。

【擬答】

$$(一) K_a = \tan^2(45 - \frac{30}{2}) = \frac{1}{3} \quad K_p = \tan^2(45 + \frac{30}{2}) = 3$$

$$K_0 = 1 - \sin(30) = 0.5$$

主動土壓力、靜止土壓力、與被動土壓力之計算如下:

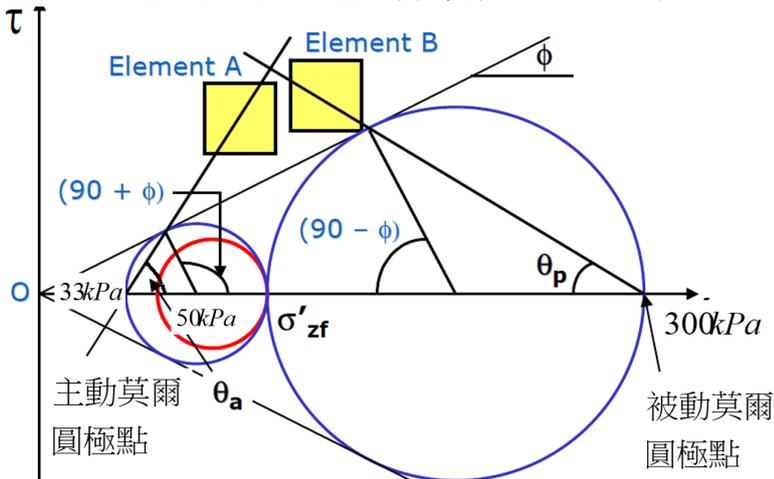
$$p_a = K_a \sigma'_v = 0.33(100) = 33 \text{ kPa}$$

$$p_0 = K_0 \sigma'_v = 0.5(100) = 50 \text{ kPa}$$

$$p_p = K_p \sigma'_v = 3(100) = 300 \text{ kPa}$$

公職王歷屆試題 (111年高考)

主動土壓力、靜止土壓力、與被動土壓力之莫爾圓 (Mohr circle) 如下圖，並主動土壓力與被動土壓力莫爾圓之極點標註在圖上



(二) 擋土牆穩定性之五種破壞模式

1. 可能由牆趾產生傾倒 [參見圖(a)]。
2. 可能沿其底版面產生滑動 [參見圖(b)]。
3. 可能因牆底土壤之承载力不足而發生破壞 [參見圖(c)]。
4. 可能遭遇深層的剪力破壞 [參見圖(d)]。
5. 此外也可能產生牆身與底板之剪力與彎矩破壞

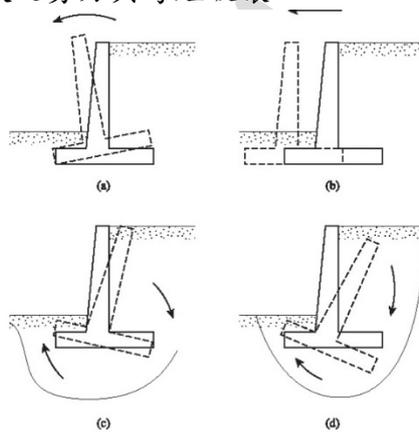


圖 擋土牆的破壞：(a)傾倒；(b)滑動；(c)承载力破壞；(d)深層剪力破壞



志光×保成×學儒 與有榮焉、有你真好

行民人廉

穩佔全國
過半席次

全國第1

三等一般行政新北市錄取率100%	四等一般行政台南市錄取率100%	三等一般民政台北市錄取率80%
三等一般行政竹苗區錄取率100%	四等一般行政高雄市錄取率100%	三等人事行政高雄市錄取率80%
三等一般行政台南市錄取率100%	四等一般行政花東區錄取率100%	四等一般民政屏東縣錄取率80%
三等一般行政澎湖縣錄取率100%	四等一般行政金門縣錄取率100%	四等一般民政連江縣錄取率80%
三等一般民政高雄市錄取率100%	四等一般民政竹苗區錄取率100%	四等一般民政新北市錄取率77%
三等一般民政花東區錄取率100%	四等人事行政竹苗區錄取率100%	三等一般行政桃園市錄取率75%
三等一般民政澎湖縣錄取率100%	五等一般行政高雄市錄取率100%	三等一般行政台中市錄取率75%
三等人事行政台中市錄取率100%	五等一般民政台南市錄取率100%	三等一般行政雲嘉區錄取率75%
三等人事行政彰投區錄取率100%	五等人事行政雲嘉區錄取率100%	四等一般行政桃園市錄取率75%
三等人事行政金門縣錄取率100%	五等人事行政澎湖縣錄取率100%	四等人事行政高雄市錄取率75%
三等法律廉政新北市錄取率100%	三等人事行政台北市錄取率91%	四等人事行政台北市錄取率70%
四等一般行政台中市錄取率100%	三等一般行政台北市錄取率88%	三等一般民政新北市錄取率67%



110高普考 志光×保成×學儒

你的王者貴賓席

不只錄取，高普雙榜全都要

民政吳○傑	行政何○如	行政林○嫻	行政湯○達	人事吳○華	人事張○瑀	人事黃○瑜	財廉邱○文
民政施○敏	行政余○霏	行政林○儀	行政馮○齡	人事呂○儒	人事張○雅	人事黃○茹	財廉邱○真
民政曾○萱	行政吳○穎	行政金○希	行政黃○正	人事李○涵	人事曹○煌	人事楊○宏	財廉施○汶
民政曾○仁	行政吳○禎	行政徐○偵	行政黃○潔	人事李○靖	人事曹○容	人事葉○利	財廉洪○芸
民政黃○珮	行政吳○彤	行政祝○瑩	行政黃○琪	人事辛○容	人事許○文	人事鄭○宇	財廉張○婷
民政楊○閱	行政周○婕	行政張○甄	行政楊○玟	人事林○亦	人事許○凌	人事賴○雯	財廉梅○容
民政董○青	行政呂○寧	行政張○今	行政劉○萱	人事林○庭	人事郭○濠	人事賴○婷	財廉陳○羽
民政詹○佩	行政李○安	行政莊○盈	行政鄭○昕	人事林○茜	人事陳○安	人事戴○琦	
民政盧○仁	行政李○珊	行政陳○明	行政賴○庭	人事花○育	人事陳○萱	人事簡○筠	
民政羅○禎	行政李○容	行政陳○琦	行政龍○帆	人事施○文	人事陳○楷	人事羅○敏	
民政嚴○瑜	行政林○穎	行政陳○甫	行政簡○庭	人事胡○萱	人事陳○禎	人事羅○哲	
行政王○遠	行政陳○萱	行政陳○偉	人事王○君	人事孫○	人事陳○云	法廉林○欣	
行政王○慈	行政林○謙	行政陳○釗	人事何○瑄	人事徐○慈	人事黃○淇	法廉黃○涵	



公職王歷屆試題 (111 年高考)

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保何單位重相同，考慮一底部封閉之圓型鋼管樁，其外徑為 50cm，厚度為 4 cm，貫入土中樁長為 30m，計算下列數值：

- (一)使用 Meyerhof(1976)公式，推估樁間垂直承載力(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($\lambda=0.14$)計算樁側抵抗力(shaft resistance)。(15 分)
- (三)採用 FS=4.0，計算不同樁側抵抗力下淨容許承載力(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=18.8kN/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=19.8kN/m ³ ，正常壓密黏土不排水剪力強度 $c_u=100$ kPa/

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★★
2. 《破題關鍵》了解樁在黏土層極限承載力之計算
3. 《使用法條》or 《使用學說》
見基礎講義 PP. 4-25。

【擬答】

(一)包含樁內土壤之斷面積為：

$$A = \frac{\pi}{4} 0.5^2 = 0.196m^2$$

計算淨樁底承載力 由公式

$$Q_p = c' N^* c A_p = 9c_u A_p = 9(100)(0.196) = 176.7kN$$

(二)

(1) α 法

$$\alpha = 0.5(\bar{\sigma}'_v/c_u)^{0.45}$$

當 $z=0\sim 10$ m， $c_{u(1)}=30$ kN/m²。

$$\alpha_1 = 0.5(\bar{\sigma}'_v/c_u)^{0.45}$$

$= 0.5[(18.8-9.81)(5)/30]^{0.45} = 0.63$ 大於，故採用 $\alpha_1=0.63$ ；

當 $z=10\sim 30$ m， $c_{u(2)}=100$ kN/m²，

$$\alpha_2 = 0.5(\bar{\sigma}'_v/c_u)^{0.45}$$

$= 0.5[(18.8-9.81)(10)+(19.8-9.81)(10)]/100]^{0.45} = 0.67$ ，故採用 $\alpha_1=0.67$ ；

因此

$$Q_s = \sum p \Delta L f$$

$$Q_s = \alpha_1 c_{u(1)} [\pi(0.5)]10 + \alpha_2 c_{u(2)} [\pi(0.5)]20$$

$$= [(0.63)(30)10 + (0.67)(100)20] \pi(0.5) = 2401.7kN$$

(2) β 法

$$f = K \tan \phi'_R \sigma'_o = (1 - \sin \phi'_R) \tan \phi'_R \sigma'_o$$

當 $z=0\sim 10$ m

$$f_1 = (1 - \sin(30)) \tan(30) [(18.8 - 9.81)(5)] = 12.9kN/m^2$$

當 $z=10\sim 30$ m

$$f_2 = (1 - \sin(30)) \tan(30) [(18.8 - 9.81)(10) + (19.8 - 9.81)(10)] = 54.8kN/m^2$$

$$Q_s = \sum p \Delta L f$$

$$Q_s = [12.9(10) + 54.8(20)] (\pi)(0.5) = 1927.1kN$$

(3) λ 法

為求得平均垂直應力：

$$\bar{\sigma}_o = \frac{A}{L} = \frac{89.9(10)(0.5) + (89.9 + 289.7)20/2}{30} = 141.52 \text{ kN/m}^2$$

$$c_u = \frac{(30+100)}{2} = 65 \text{ kN/m}^2$$

λ 值為 0.14，所以：

$$f_{av} = \lambda(\bar{\sigma}_o + 2c_u) = 0.14[141.52 + 2(65)] = 38 \text{ kN/m}^2$$

因此

$$Q_s = pLf_{av} = \pi(0.5)(30)(38) = 1791.3 \text{ kN}$$

$$Q_u = Q_p + Q_s = 176.7 + 1791.3 = 1968 \text{ kN}$$

$$Q_a = \frac{1968}{4} = 492 \text{ kN}$$

(三)

(1) α 法

$$Q_u = Q_p + Q_s = 176.7 + 2401.7 = 2578.4 \text{ kN}$$

$$Q_a = \frac{2578.4}{4} = 644.6 \text{ kN}$$

(2) β 法

(3) λ 法

$$Q_u = Q_p + Q_s = 176.7 + 1927.1 = 2103.7 \text{ kN}$$

$$Q_a = \frac{2103.7}{4} = 525.9 \text{ kN}$$

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)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★★

2. 《破題關鍵》須了解黏土礦物之分類，AASHTO 及 USCS 土壤分類所需資料及角錐貫入儀法

3. 《使用法條》or 《使用學說》

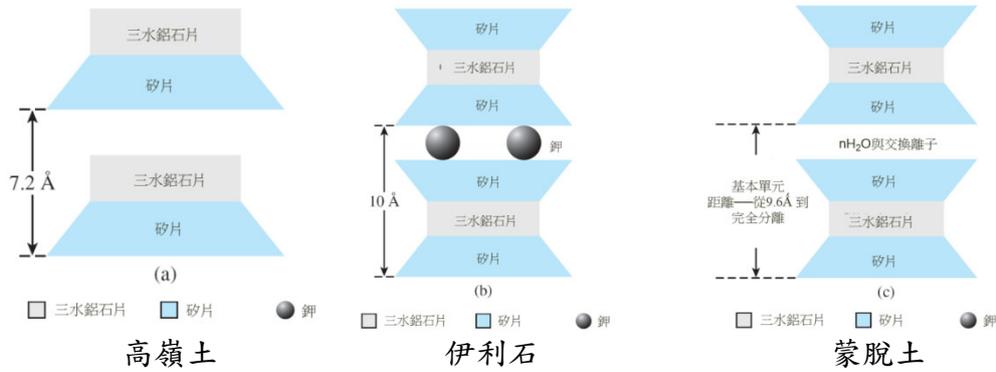
見土力講義 PP. 1-4 與 PP. 1-27(第三小題為成大今年研究所考題)。

【擬答】

(一)三種重要黏土之一的高嶺土 (kaolinite)，是由砂—三水鋁石片以 1:1 的架構重疊而成如下圖。

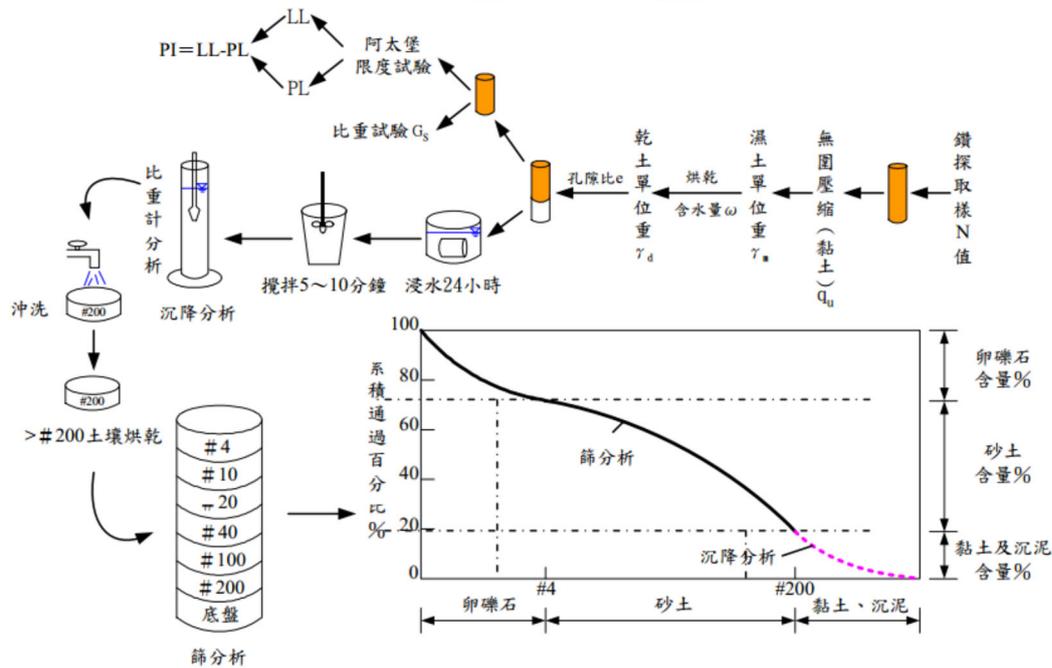
伊利石 (illite) 是由一層三水鋁石片與兩層矽片——一片在上、一片在下如下圖疊合而成。

蒙脫土 (montmorillonite) 之結構與伊利石類似，也就是一層三水鋁石片夾在兩層矽片之間參考下圖。



每單位質量土壤所有之總表面積定義為比面積來分辨，蒙脫土最大，伊利石次之，高嶺土最小。

(二)進行 AASHTO 及 USCS 土壤分類所需資料有粒徑分布、液性限度而將土壤若干組及次組，其流程如下圖。



必要之篩號如下:

- 200 號篩
- 40 號篩
- 10 號篩
- 4 號篩

(三)角錐貫入儀法 (fall cone method) 量測細顆粒土壤液限說明如下:

在本方法中，液性限度之定義是標準 30 度錐尖，重量 0.78 N 之落錐，以自由落下的方法，從土壤表面接觸點開始 (如下圖(a)) 於 5 秒鐘內貫入土中距離 $d = 20 \text{ mm}$ 時土壤之含水量如下圖。

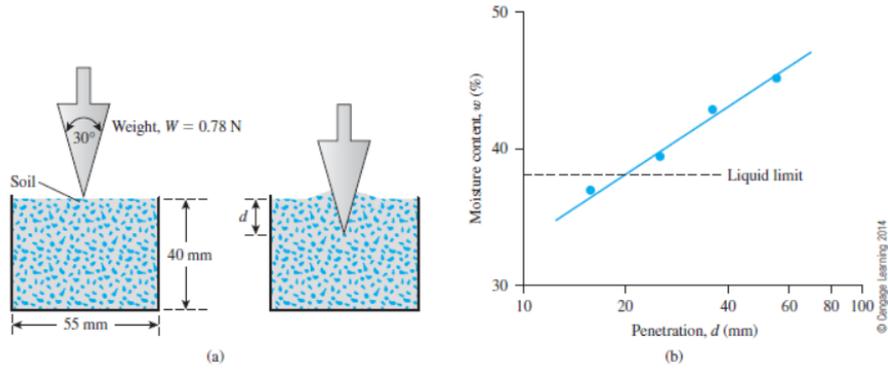


Figure 4.6 (a) Fall cone test (b) plot of moisture content vs. cone penetration for determination of liquid limit

公
職
王