

113 年公務人員高等考試三級考試試題

等 別：三等

類 科：土木工程

科 目：土壤力學

劉明老師解題

一、請解釋下列土壤力學領域的符號或名詞：（每小題 5 分，共 25 分）

(一) D_{10}

(二) Relative density

(三) Critical hydraulic gradient

(四) Sand cone method

(五) Plasticity chart

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★★

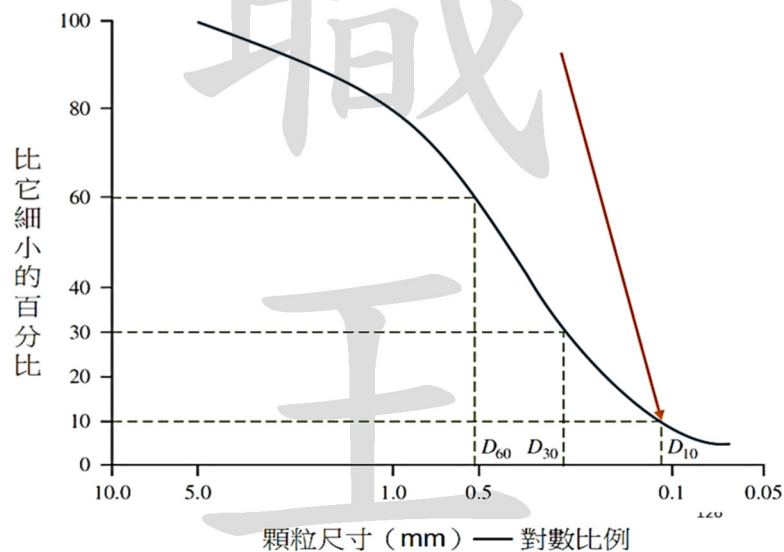
2. 《破題關鍵》了解土力的名詞定義與意義

3. 《使用法條》or《使用學說》

見土力講義 PP.1-10，PP.1-17，PP.3-6，PP.1-39，PP.1-22。

【擬答】

(一) D_{10} 有效粒徑 (effective size)：此參數對應粒徑分布曲線中通過 10% 時的粒徑如下圖箭頭所指。顆粒性土壤的有效粒徑，它是用來估計土壤水力傳導係數很好的一個量測值。



Hazen 於 1930 年對比較均勻砂土所提出水力傳導係數的經驗公式：

$$K = cD_{10}^2$$

其中 c ：常數，在 1.0 到 1.5 之間； D_{10} ：有效粒徑，以 mm 為單位。

(二) Relative density(相對密度)

相對密度(Relative density)定義如下：

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

e ：砂土在自然狀態下的孔隙比。

$e_{\max}$ ：砂土最鬆時之最大孔隙比。

$e_{\min}$ ：砂土最密時之最小孔隙比。

粒狀土壤的緊密程度與土壤的相對密度關係如下表：

相對密度 (%)	土層之描述
0-15	非常鬆
15-50	鬆
50-70	中緊
70-85	緊
85-100	非常緊

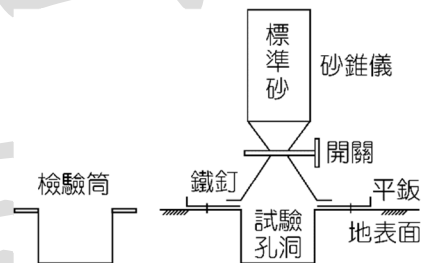
(三) Critical hydraulic gradient(臨界水力坡降)

砂土之臨界水力坡降意謂著在土壤顆粒間沒有接觸應力 $\sigma'_A = 0$ ，即土壤有效應力與滲流力相等，土壤結構將因而崩潰，這種情況稱為流態條件(quick condition)，或隆起破壞(failure by

$$i_{cr} = \frac{\gamma'}{\gamma_w} = \frac{G_s - 1}{1 + e}$$

(四) Sand cone method(砂錐法)：

在工地夯實的過程中，知道土壤夯實之單位重是否已達到要求的規格非常有用。工地量測夯實土單位重（工地密度試驗）可用於檢驗填築完成底層或基層之壓實度是否合乎範。測定工地密度常有方法為砂錐法如下圖。



砂錐法計算過程如下：

瓶+ 錐斗+ 砂土（使用前）之總重 W_1 ，

瓶+ 錐斗+ 砂土（使用後）之總重 W_4

孔洞中砂 $W = W_1 - W_4 - W_C$ (錐斗的砂)，則夯實土乾單位重計算如下：

$$V(hole) = \frac{W}{\gamma_d}, \quad \gamma = \frac{W}{V}, \quad \gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w},$$

用砂錐法求得工地密度 γ_d 後可用下列公式求工地壓實度是否合乎範。

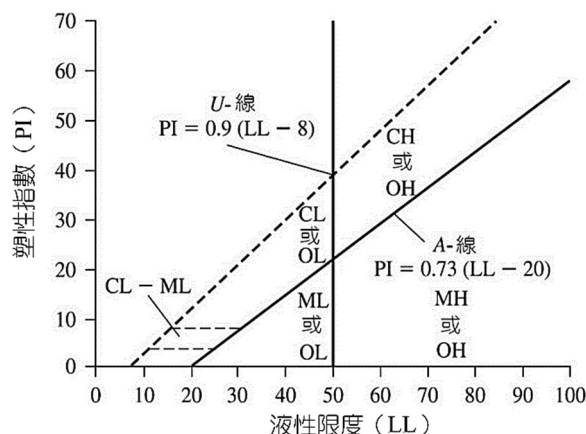
$$R = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d \max}} \times 100\%$$

(五) Plasticity chart 塑性圖

Casagrande (1932) 研究許多種自然土壤之塑性指數與液性限度間的關係。根據試驗結果，他提出如下之塑性圖。此圖之重點是根據經驗所導出的 A-線，其公式為：

$$PI = 0.73(LL - 20)$$

塑性圖可作為細顆粒土壤之分類說明如下圖與內容：



公職王歷屆試題 (113 高考)

1. C(黏土):若土壤之(PI, LL)點在塑性圖上, 在 A-LINE 上則為 C(黏土)
如低塑性黏土為 CL
2. M(粉土或):若土壤之(PI, LL)點在塑性圖上, 在 A-LINE 下則為 M(粉土)
如高塑性粉土為 MH
3. L 低塑性 (Low Plastic): 液性限度 $LL < 50\%$, 則為低塑性土壤
4. H 高塑性 (High Plastic): 液性限度 $LL > 50\%$, 則為高塑性土壤

選擇志望,志光,學協,超級函授 選擇上榜

土木金榜創佳績

22大雙榜 14大狀元 13大榜眼 7大探花

 楊○禮 高普考土木工程 專技高考土木技師	 王○男 地特三等雲嘉區 地特四等雲嘉區	 王○銘 專技高考土木工程 高考土木工程	 吳○偉 高考土木工程 普考土木工程	 田○妮 原特四等土木工程
 許○捷 調查局三等 營繕工程組	 林○宏 台電僱員東區 土木工程類	 邱○慶 水利署灌溉 工程人員台東	 黃○華 地特四等新北市	 何○宇 水利署灌溉 工程人員宜蘭
 洪○祥 水利署灌溉 工程人員嘉南	 陳○旻 地特四等花東區	 林○隆 檢察事務官 (營繕工程組)	 林○豪 水利署灌溉 工程人員彰化	

優秀考取

 **許○華** 112土木技師+高考土木工程
連續考取 土木高考是CP值最高的公職考科, 我利用晚上看課程(兼職Uber), 感謝家人的支持。

王○鈞 高普考土木工程雙榜
一年考取 補習班系統性的整理各科重點加上老師的講解, 讓更容易把考科吸收進大腦中。

二、某土壤進行物理性質試驗, 數據如下: 液性限度 $LL=52\%$, 塑性指數 $PI=20\%$, 54%通過 200 號篩, 比重 $GS=2.7$ 。此土壤進行 Proctor Test, 求得壓實後試體 X 具有最大乾單位重 $\gamma_{dmax}=20.37 \text{ kN/cm}^3$ 及最佳含水量 $OMC=10\%$, 請問試體 X 的飽和度是多少? (25 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《破題關鍵》了解土力的 Proctor Test 的計算
3. 《使用法條》or 《使用學說》
見土力講義 PP.1-43 題 13。

【擬答】

$\gamma_{dmax}=20.37 \text{ kN/cm}^3$ 及最佳含水量 $OMC=10\%$, 比重 $GS=2.7$ 。

$$e = \frac{Gs \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{(2.70)(9.81)}{20.37} - 1 = 0.3$$

$$S = \frac{\omega G_s}{e} = \frac{(0.1)(2.70)}{0.3} \times 100\% = 90\%$$

試體 X 的飽和度是 90%

三、請以 Terzaghi 單向度壓密理論回答下列問題：

某地層為厚度 10m 之飽和正常壓密黏土層，上為砂土層，下為岩盤。在外加載重作用下，預估黏土層最終將產生 30 cm 之主要壓密沉陷量。現場觀測結果顯示，在外加載重作用 30 天後此黏土層有 9 cm 的沉陷量。

【假設砂土層及岩盤的壓縮性可以忽略】。

(一) Terzaghi 推導壓密方程式過程中做了那些假設？(10 分)

(二) 黏土層達到 27 cm 的沉陷量需幾天？(10 分)

(三) 求黏土層壓密係數。(5 分)

【參考資料】

平均壓密度 (U) 與時間因素 (T_v) 之關係

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

U	0.1	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	1.0
T_v	0.008	0.071	0.197	0.287	0.403	0.567	0.848	1.163	∞

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★

2. 《破題關鍵》了解土力壓密方程式理論與計算

3. 《使用法條》or《使用學說》

見土力講義 PP.4-20 至 PP.4-38 題 1，PP.4-45 題 8。

【擬答】

(一) Terzaghi 推導壓密方程式的假設：

壓密理論的假設：Terzaghi (1925) 首先提出理論來考慮飽和黏土單向度壓密的速率。其數學推導是根據以下六個假設 (參考 Taylor, 1948)：

1. 黏土—水之系統是均勻的。
2. 土壤是完全飽和的。
3. 水的壓縮性可以忽略。
4. 土壤固體顆粒的壓縮性可以忽略，但是土壤顆粒可以重新排列。
5. 水只在一個方向流動，也就是在壓縮的方向流動。
6. 達西定律是正確的。

(二) 黏土層達到 27 cm 沉陷量的天數：

黏土達到 27 cm 沉陷量的平均壓密度為

$$U = \frac{S_c(t)}{S_{c(\max)}} = \frac{27}{30} = 90\%$$

由題目提供之公式：

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

黏土層有 9 cm 的沉陷量之 T_v (亦可查表)

$$T_{v1} = \frac{\pi}{4} U^2 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{9}{30} \right)^2 = 0.071$$

黏土層有 27 cm 的沉陷量之 T_v (亦可查表)

$$T_{v2} = 1.781 - 0.933 \log(100 - 90) = 0.848$$

$$t = \frac{T_v \cdot H_{dr}^2}{C_v}$$

$$t_1 : t_2 = \frac{T_{v1} \cdot H_{dr}^2}{C_v} : \frac{T_{v2} \cdot H_{dr}^2}{C_v}$$

$$30 : t_2 = \frac{T_{v1} \cdot H_{dr}^2}{C_v} : \frac{T_{v2} \cdot H_{dr}^2}{C_v} = T_{v1} : T_{v2} = 0.071 : 0.848$$

$$t_2 = 358.31 \text{天}$$

(三)黏土層壓密係數

$$T_{90} = \frac{c_v t_{90}}{H^2}$$

$$0.848 = \frac{c_v 358.31}{(10)^2}$$

$$\text{故 } C_v = 0.237 \text{ m}^2/\text{day}$$

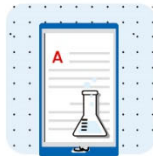
[志聖土木 × 超級函授] 全方位學習再進化!

線上上課+課後複習 超便利! ♡服務加倍♡學習加倍♡便利加倍

雲學習端 超彈性!



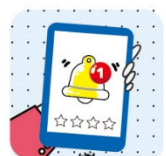
完整課程 上榜沒問題!



24hr 雲端 線上隨時上課



申論練筆 名師批閱指導



線上課業諮詢 專屬APP



中華電信 智能雲端平台



國考技巧 打造上榜力

四、下表為 CU 三軸試驗的數據，請求取 Mohr-Coulomb failure criterion 相關之剪力強度參數。

(25 分)

試體編號	圍壓 kN/m ²	軸差應力 kN/m ²	破壞時孔隙壓力 kN/m ²	試驗結束應變%
#1	100	300	40	10%
#2	160	360	70	10%

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《破題關鍵》了解土力在 CU 試驗中總應力強度參數與有效應力強度參數計算
3. 《使用法條》or《使用學說》

見土力講義 PP.5-16 至 PP.5-18，及 PP.5-63 題 24。

【擬答】

(一)總應力強度參數

σ_1 與 σ_3 的關係如下

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + 2c \tan(45 + \frac{\phi}{2}) \text{---①}$$

又 $\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_d$ ，故

$$\sigma_1^1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_d = 100 + 300 = 400$$

$$\sigma_1^2 = \sigma_3 + \Delta\sigma_d = 160 + 360 = 520$$

將上述兩個主應力帶入公式①得

$$400 = 100 \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + 2c \tan(45 + \frac{\phi}{2}) \text{---②}$$

$$520 = 160 \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + 2c \tan(45 + \frac{\phi}{2}) \text{---③}$$

將公式③-公式②得下式

$$120 = 60 \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \rightarrow \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) = 2 \rightarrow \tan(45 + \frac{\phi}{2}) = 1.414$$

$$\rightarrow 45 + \frac{\phi}{2} = 54.73^\circ, \text{ 故 } \phi = 19.47^\circ \text{ 將此代公式②得 } c = 70.72 \text{ kN/m}^2$$

(二)有效應力強度參數

$$\sigma_1^1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_d - u = 100 + 300 - (40) = 360 \quad \sigma_3^1 = 100 - (40) = 60$$

$$\sigma_1^2 = \sigma_3 + \Delta\sigma_d - u = 160 + 360 - (70) = 450 \quad \sigma_3^2 = 160 - (70) = 90$$

將上述兩個主應力帶入公式①得

$$360 = 60 \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + 2c \tan(45 + \frac{\phi}{2}) \text{---④}$$

$$450 = 90 \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + 2c \tan(45 + \frac{\phi}{2}) \text{---⑤}$$

將公式⑤-公式④得下式

$$90 = 30 \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \rightarrow \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) = 3 \rightarrow \tan(45 + \frac{\phi}{2}) = 1.732$$

$$\rightarrow 45 + \frac{\phi}{2} = 60^\circ, \text{ 故 } \phi = 30^\circ \text{ 將此代入公式④得 } c = 51.96 \text{ kN/m}^2$$