

113 年特種考試地方政府公務人員考試試題

考試別：地方政府公務人員考試

等 別：三等考試

類 科：土木工程

科 目：土壤力學

劉明老師解題

一、請解釋下列名詞（或縮寫、符號）之意涵：（每小題 5 分，共 25 分）

(一) OMC

(二) A-line

(三) OCR

(四) CU 試驗

(五) PI

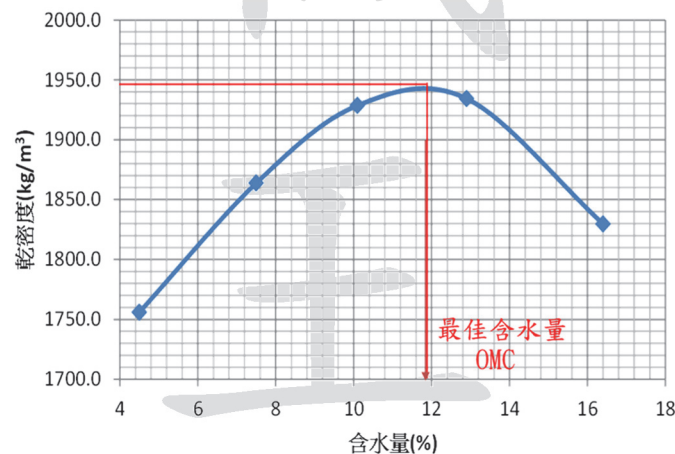
【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《破題關鍵》了解土壤物理性質與土壤力學的基本定義
3. 《使用學說》參考土壤力學講義各章的基本定義
4. 《命中特區》土壤力學講義 PP.1-57, PP.1-22, PP.40-10, PP.5-16, PP.1-21

【擬答】

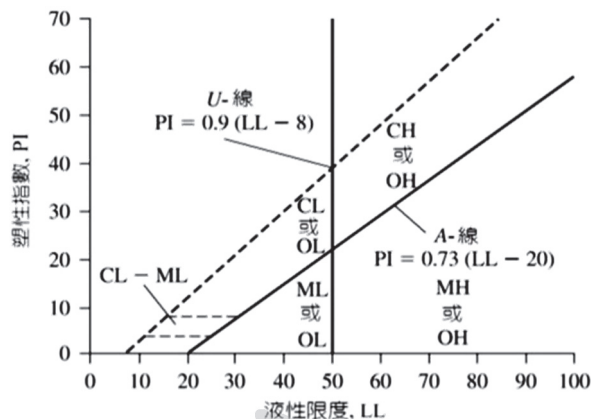
(一)最佳含水量(optimum moisture content, OMC):

在夯實的過程中加水，透過顆粒間相互滑動而使得土壤之組構更緊密。乾密度逐漸增加加水太多後乾密度會逐漸減少。乾密度與含水量之關係為夯實曲線。土壤之最大乾單位重所對應之含水量為最佳含水量如下圖：



(二) 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，其公式如下：

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



1. 土壤之(PI, LL)點在塑性圖上，落在 A-LINE 之上方則為 C(黏土)(參考上圖)。
2. 土壤之(PI, LL)點在塑性圖上，落在 A-LINE 下方則為 M(粉土)。

(三) OCR (over consolidation ratio)

土壤的過壓密比 (over consolidation ratio, OCR) 可以定義為 $OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'}$ 其中 σ'_c 是預壓密壓力，而 σ' 是現地土壤之有效應力，當 OCR 大於 1 時則土壤為過壓密土壤。

(四) CU 試驗(壓密不排水試驗)

黏土的三軸壓密不排水試驗可分為以下兩步驟:

1. 飽和的試體首先用三軸容器內全方位的液體壓力 σ_3 加以壓密，造成排水直到圍壓增加所造成的孔隙水壓消散如圖 1 之(a)與(b)所示。當圍壓增加所造成的孔隙水壓消散為 0，且體積也不再變化此時為壓密階段結束。
2. 再對試體增加軸差應力 $\Delta\sigma_d$ 直到破壞。如圖 1 之(c)與(d)或(e)所示，其中(d)為正常壓密黏土之行為而(e)為過壓密黏土之行為。在此剪壞階段試驗中，試體的排水管線是關閉的。因為不允許排水，孔隙水壓 Δu_d 會改變如圖 1 之(f)或(g) 所示。

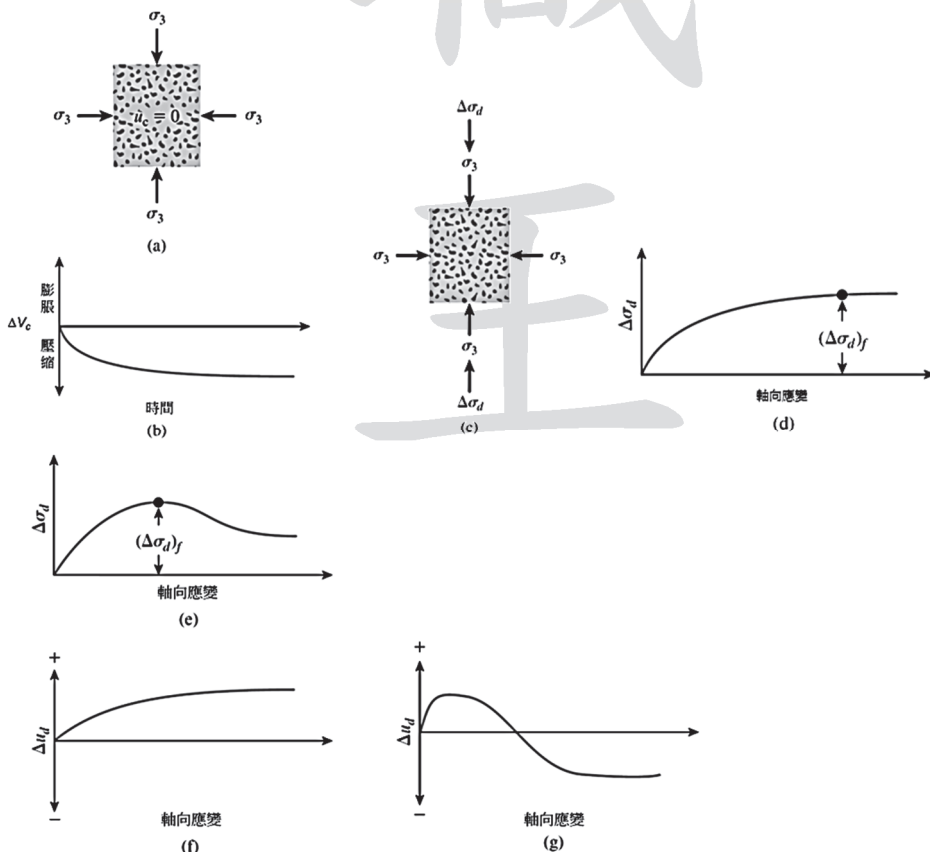


圖 1 壓密—不排水試驗之步驟

由土壤之 CU 試驗結果可得土壤之剪力強度參數

(五) PI (Plasticity Index)

塑性指數 (plasticity index, PI) 是土壤液性與塑性限度的差距，或者以下式表達：

$$PI = LL - PL$$

Burmister (1949) 用以下方法根據塑性指數為土壤進行定性分析：

PI	敘述
0	非塑性
1-5	微塑性
5-10	低塑性
10-20	中塑性
20-40	高塑性
> 40	非常高塑性

塑性指數是為細料土壤 (fine-grained soils) 分類時的重要指數。

二、什麼是土壤剪力強度參數 (shear strength parameters)？請詳述兩種求取土壤剪力強度參數的試驗方法、步驟及數據處理。(25 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《破題關鍵》了解土壤剪力強度參數與土壤剪力強度參數的試驗方法
3. 《使用學說》參考土壤力學講義第五章的土壤剪力強度參數與土壤剪力強度參數的試驗方法
4. 《命中特區》土壤力學講義 PP.5-2，PP.5-3，PP.5-16

【擬答】

(一) 摩爾 (Mohr, 1900) 提出了材料破裂的理論，認為一材料的破壞是因為正向應力與剪應力組合達到一臨界狀況，而非單獨的最大正向應力或剪應力所造成，所以破壞面上的正向應力與剪應力有一如下的函數關係：

$$\tau_f = f(\sigma)$$

在大多數的土壤力學問題中，約略假設在破壞面上之剪應力是正向應力的線性函數即足夠 (Coulomb, 1776)。此一線性函數可以寫成土壤之強度為土壤抵抗破壞之能力，其以一般以摩爾庫倫破壞準則為主，可表示如下：

$$\tau = c + \sigma \tan \psi$$

式中 σ = 剪斷面之正向力

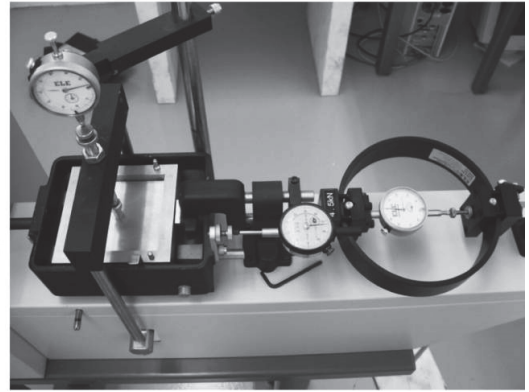
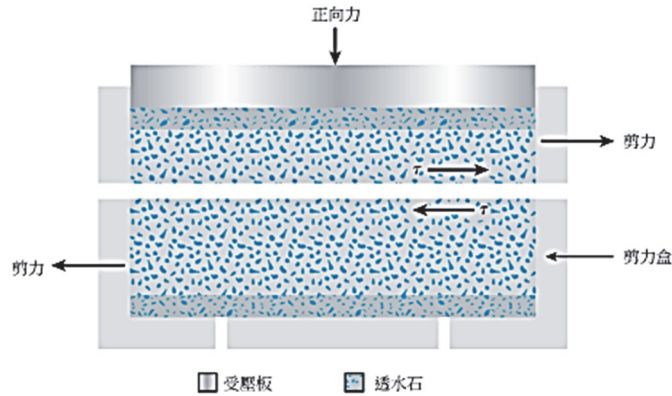
c = 凝聚力

ψ = 摩擦角

凝聚力 c 與摩擦角 ψ 稱為土壤之剪力強度參數，

(二) 現有決定各種土壤試體剪力強度參數之室內試驗有許多種。以下將為直接剪力試驗與三軸試驗之 CU 試驗做說明。

1. 直接剪力試驗是最古老也是最簡單的剪力試驗裝置。直接剪力試驗可輕易得出乾砂之參數。此試驗是將試體置於分成兩半之剪力盒中進行如下圖，



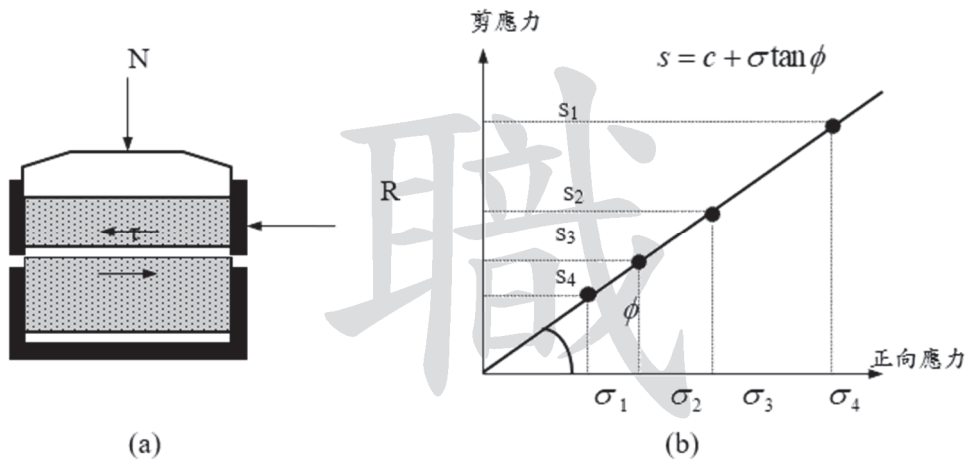
首先施加一正向載重於試體上，再於剪力盒上半部施加一剪力至試體破壞，破壞時之正向應力及剪應力可決定如下：

$$\sigma' = \frac{N}{A}$$

$$s = \frac{R}{A}$$

式中 A = 土壤破壞面之面積，即剪力盒之斷面積

改變不同正向載重可進行幾次試驗，則砂土之磨擦角可由 s 對 σ' 如下圖



砂土之直接剪力試驗：(a)試驗設備示意圖；(b)繪製試驗結果以求得磨擦角所示決定，或 $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{s}{\sigma'}\right)$ 可獲得土壤的強度參數

2. 黏土的三軸壓密不排水試驗可分為以下兩步驟：

- (1) 飽和的試體首先用三軸容器內全方位的液體壓力 σ_3 加以壓密，造成排水直到圍壓增加所造成的孔隙水壓消散如圖 1 之(a)與(b)所示。當圍壓增加所造成的孔隙水壓消散為 0，且體積也不再變化此時為壓密階段結束。
- (2) 接著再對試體增加軸差應力 $\Delta\sigma_d$ 直到破壞。如圖 1 之(c)與(d)或(e)所示，其中(d)為正常壓密黏土之行為而(e)為過壓密黏土之行為。在此剪壞階段試驗中，試體的排水管線是關閉的。因為不允許排水，孔隙水壓 Δu_d 會改變如圖 1 之(f)或(g)所示。在試驗中，同時量測 $\Delta\sigma_d$ 與 Δu_d ，其中(f)為正常壓密黏土之行為而(g)為過壓密黏土之行為。此時 Δu_d 增加可以用一無因數形式來表示：

$$\bar{A} = \frac{\Delta u_d}{\Delta\sigma_d}$$

其中 A = Skempton 孔隙水壓參數 (Skempton, 1954)。

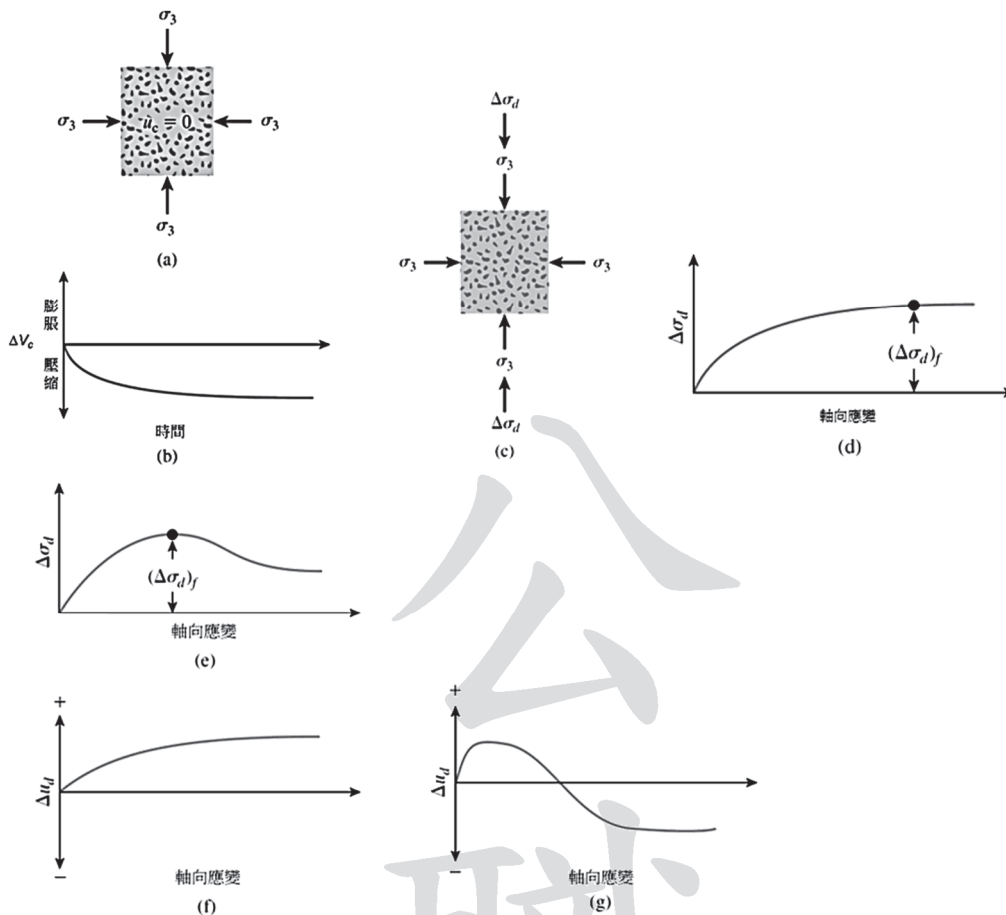


圖 1 壓密—不排水試驗之步驟

土壤之不排水與排水剪力強度參數之計算如下：

(三)在壓密—不排水試驗中，總主應力與有效主應力是不一樣的。因為破壞時的孔隙水壓有量測如下圖左圖所示，主應力可以做如下計算：

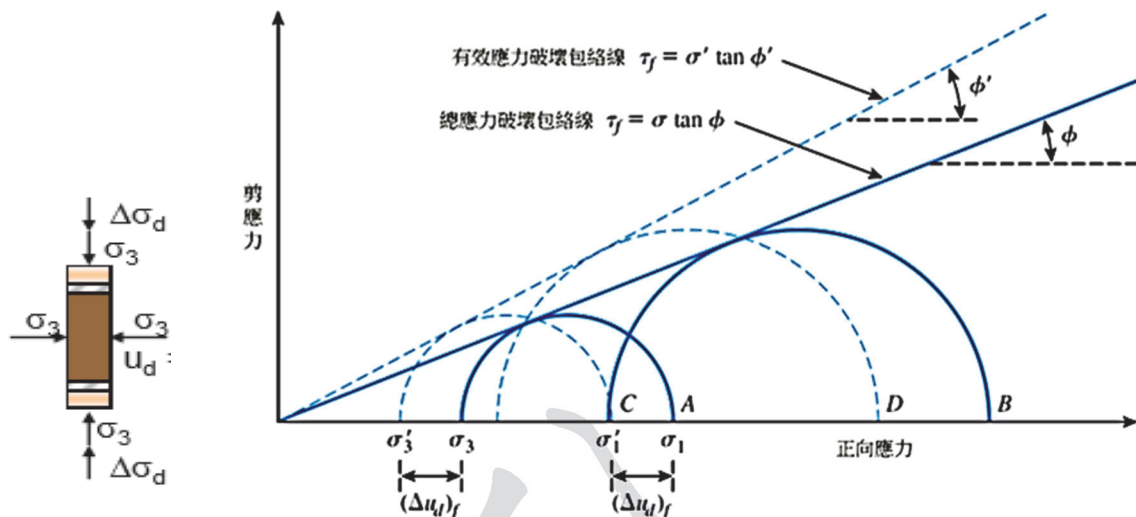
- 破壞時之最大主應力（總）： $\sigma_3 + (\Delta\sigma_d)_f = \sigma_1$
- 破壞時之最大主應力（有效）： $\sigma_1 - (\Delta u_d)_f = \sigma'_1$
- 破壞時之最小主應力（總）： σ_3
- 破壞時之最小主應力（有效）： $\sigma_3 - (\Delta u_d)_f = \sigma'_3$

對正常壓密黏土($c=0$)，不排水剪力強度參數 ϕ 可由如圖 2 中總應力莫爾圓(實線)切線與水平線之角度 ϕ ，公式如下：

$$\sin \phi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3}$$

排水剪力強度參數 ϕ' 可由有效應力莫爾圓(虛線)切線與水平線之角度 ϕ' ，公式如下：

$$\sin \phi' = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 - 2(\Delta u_d)_f}$$



圖壓密—不排水試驗在剪壞階段之軸差應力 $\Delta\sigma_d$ 與孔隙水壓 Δu_d 差及主應力莫爾圓

三、請詳述壓密試驗的步驟及如何求得相關參數【預壓密壓力 (pre-consolidation pressure)、壓縮指數 (compression index) C_c 及壓密係數 (coefficient of consolidation) c_v 】。(25 分)

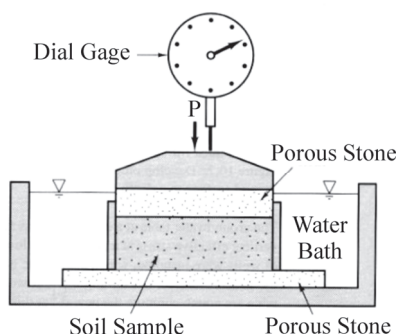
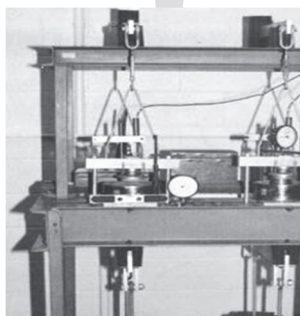
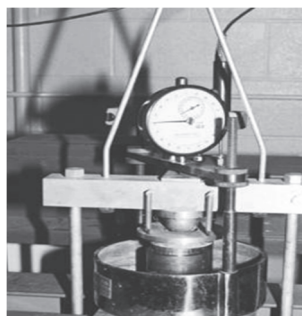
【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《破題關鍵》了解土壤壓密試驗與土壤壓密試驗相關之參數
3. 《使用學說》參考土壤力學講義第四章土壤壓密試驗與土壤壓密試驗相關之參數
4. 《命中特區》土壤力學講義 PP.4-5, PP.4-9, PP.4-14, PP.4-28

【擬答】

(一)壓密試驗的步驟:

Terzaghi 首先提出單向度壓密試驗的程序。此試驗是在一壓密裝置〔有時稱之為壓密儀 (oedometer)〕。土壤試體放在一金屬環中，並被兩片透水石包夾，一片在試體上方，另一片在下。試體直徑通常是 64 mm，厚度為 25 mm。試體的載重是經由一槓桿臂施加，試體的壓縮使用測微指示儀來量測。試驗期間試體浸在水中。每一載重通常維持 24 小時，然後載重加倍，這也使得試體所受壓力加倍，試體壓縮的量測繼續進行。試驗完成後，決定試體的乾重。以下四張圖為壓密試驗的設備與受力示意圖。

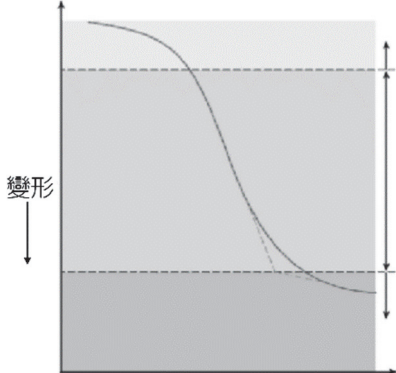


公職王歷屆試題 (113 地方特考)

下圖顯示試體變形與時間關係圖之一般形狀。每一載重我們可以觀察到三個明顯的階段

階段 I：初始壓縮，其大小受預壓力（將在後面敘述）的影響。

階段 II：主壓密，在此階段中因為孔隙水被擠壓排出，而使得超額孔隙水壓逐漸地轉換成有效應力。

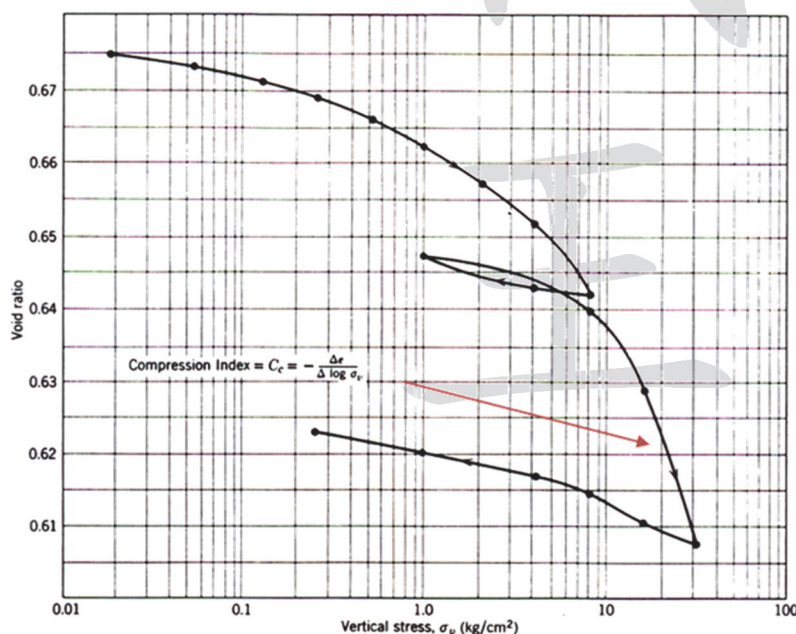


在試驗中得到各載重下之時間—變形曲線圖後，我們還需要分析試體中孔隙比在不同階段荷重壓力下的改變得孔隙比—壓力圖如下圖。

(二) 壓縮指數 (C_c) 定義與求法如下:

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log \sigma'}$$

其無單位，在壓密試驗中得到孔隙比在不同壓力下的改變，其孔隙比—壓力圖(e-logp)如下圖。故可由壓密試驗求取土壤之壓縮指數如下圖公式或箭頭所指的斜率:

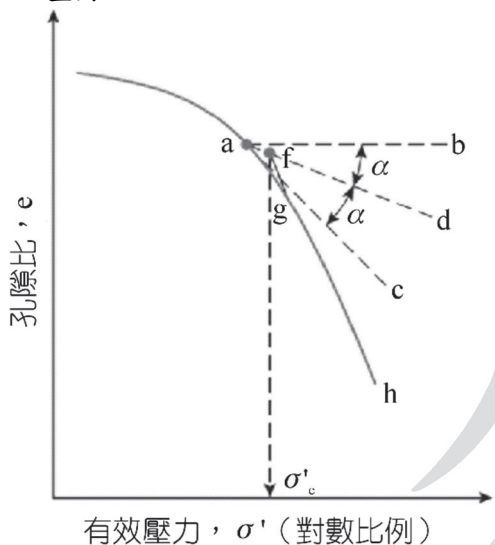


(三) Casagrande 法求預壓密壓力 (pre-consolidation pressure) :

1. 由孔隙比—壓力圖如下圖以目視觀察，找出一點 a，此點之 e-log σ' 曲線有最小的曲率半徑。
2. 畫一橫線 ab。
3. 在 a 點畫切線 ac。

4. 畫直線 ad，將 bac 角等分為二。

5. 將 e-log σ' 曲線中之直線段 gh 向後延伸與 ad 線相交於 f 點。f 點之橫座標值就是預壓密壓力，σ'c



(四) 以對數時間法求土壤的壓密係數：

步驟 1：延長主壓密與次壓密的直線部分，此兩直線相交於 A 點。A 點的縱座標以 d_{100} 表示——也就是在 100% 主壓密完成時的變形。

步驟 2：試體變形與 $\log t$ 曲線的初始部分在自然比例下約成拋物線形。在彎曲的部分選擇 t_1 與 t_2 ，使得 $t_2 = 4t_1$ 假設在 $(t_2 - t_1)$ 差內之變形量為 x 。

步驟 3：畫一橫線 DE，使得垂直距離 BD 等於 x 。對應於橫線 DE 之變形為 d_0 （也就是在 0% 壓密時之變形量）。

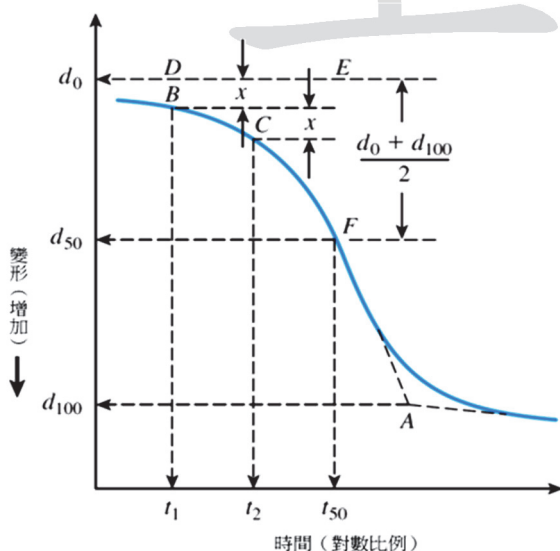
步驟 4：壓密曲線上 F 點的縱座標代表 50% 主壓密時的變形量，而它的橫座標是對應的時間 (t_{50})。

步驟 5：在平均壓密度為 50% 時， $T_v = 0.197$ ，所以

$$T_{50} = \frac{c_v t_{50}}{H_{dr}^2}$$

或

$$c_v = \frac{0.197 H_{dr}^2}{t_{50}}$$



公職王歷屆試題 (113 地方特考)

四、某土壤比重 $G_s = 2.7$ ，飽和單位重 $\gamma_{sat} = 20.93 \text{ kN/m}^3$ ，求：

(每小題 5 分，共 25 分)

(一) 孔隙比

(二) 孔隙率

(三) 乾單位重

(四) 浸水單位重

(五) 當土壤飽和度 $S = 81\%$ 時，求含水量

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★

2. 《破題關鍵》了解土壤物理性質的基本定義與三相圖之計算

3. 《使用學說》參考土壤力學講義第一章的物理性質基本定義與三相圖之計算

4. 《命中特區》土壤力學講義 PP.1-9, PP.1-54, PP.1-75

【擬答】

(一) 孔隙比

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w = \frac{(2.7 + e)}{1 + e} 9.81 = 20.93 \text{ kN/m}^3$$

由上式求得 $e = 0.5$

假設土壤體積 $V = 1 \text{ m}^3$ (因土壤飽和 $V_a = 0$)

$$V_s + V_w = 1$$

$$V_w / V_s = 0.5 = e$$

由上兩式得

$$\text{水體積 } V_w = 0.333 \text{ m}^3$$

$$\text{土壤顆粒體積 } V_s = 0.667 \text{ m}^3$$

$$\text{水重 } W_w = 9.81(0.333) = 3.267 \text{ kN}$$

$$\text{總重量 } W = 20.93 \text{ kN}$$

$$\text{故土壤顆粒重 } W_s = 20.93 - 3.267 = 17.663 \text{ kN}$$

以上計算所得三相圖之中重量與體積關係如右圖

(二) 孔隙率

$$n = V_w / V = 0.333$$

(三) 乾單位重

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{17.663}{1} = 17.663 \text{ kN/m}^3$$

(四) 浸水單位重

$$\gamma' = 20.93 - 9.81 = 11.12 \text{ kN/m}^3$$

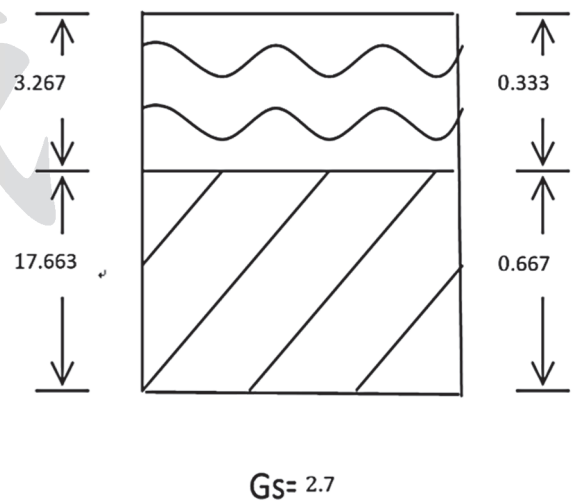
(五) 當土壤飽和度 $S = 81\%$ 時之含水量

$$0.81 = V_w / V_v$$

$$V_w = 0.81(0.333) = 0.27$$

$$W_w = 0.27(9.81) = 2.646$$

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} = \frac{2.646}{17.663} = 0.149 = 15\%$$



志光×學儒×保成
做你的考前專屬教練

奪榜特訓班



近年口碑成效最好之強效課程 考前70天助你強效提升破百分！

奪榜特訓班進步超有感總分最高提升**256**分

十大課程特色 就是要找有上榜決心的您

完整規劃、嚴格執行

集中管理

三大會考

申論指導

按表操課

弱科加強

專屬課輔

全面檢視

固定劃位

佳作觀摩

選擇精熟

依各區規劃為主，請洽全國門市



公職超強班

面授 + 視訊 + 函授
開啟上榜三效模式

★6期分期0利率

★面授 / 視訊 / 雲端函授 自由選

★優惠最低**85折** (持金卡&尊榮優惠可再享折扣)

★提供 正規班+總複習 CP值最高

自選面授or視訊
or雲端函授課程

超強 ▼
第一年考取退學費

扣除第一年學費&
第二年已使用教材費

第一
年

返班選擇適合學習模式

方案一 ▶ 到班學習

方案二 ▶ 雲端學習

升級
面授or視訊考取班

函授
年度正規班

安心專注

便利自主

一次繳費輔導至考取

輔考至該年度考試前

隔年起
僅繳交教材換證費

享有申論批改與
超級解惑王APP上榜資源

第二
年