

## 109 年土木工程高考試試題

類科：土木工程

科目：土壤力學 (包括基礎工程)

一、如何進行黏土的三軸壓密不排水試驗(CU Test)? 如何由試驗結果, 分別得到土壤之不排水及排水剪力強度參數?(25 分)

《考題難易》：★★★

【解題關鍵】：了解三軸壓密不排水試驗 / 了解三軸壓密不排水試驗之計算公式

【命中特區】：志聖 109 土壤力學 PP.5-16 至 5-18。

【擬答】

黏土的三軸壓密不排水試驗可分為以下兩步驟：

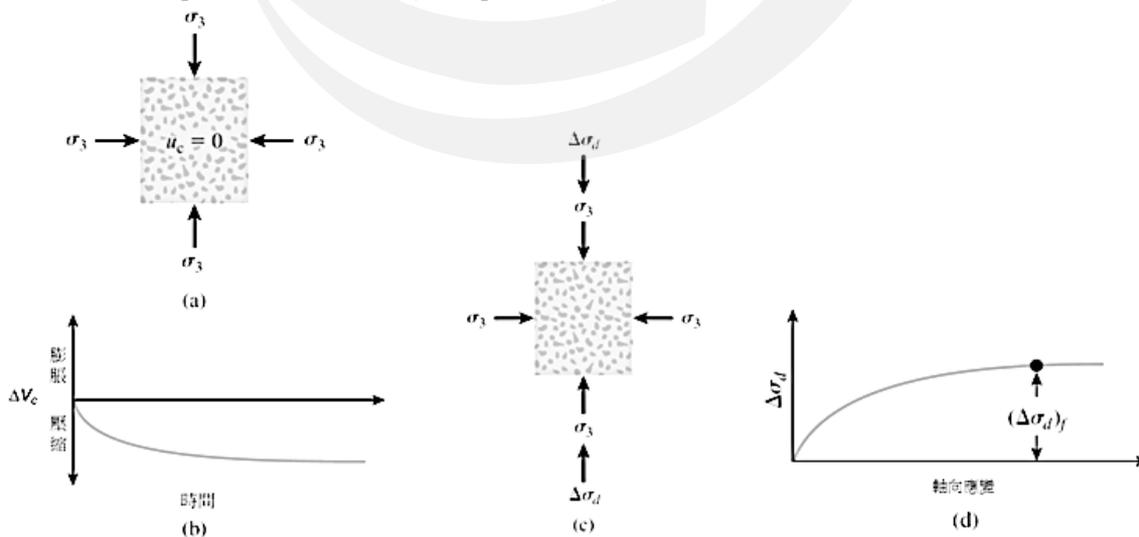
- (一) 飽和的試體首先用三軸容器內全方位的液體壓力  $\sigma_3$  加以壓密, 造成排水直到圍壓增加所造成的孔隙水壓消散如圖 1 之(a)與(b)所示。當圍壓增加所造成的孔隙水壓消散為 0, 且體積也不再變化此時為壓密階段結束。
- (二) 接著再對試體增加軸差應力  $\Delta\sigma_d$  直到破壞。如圖 1 之(c)與(d)或(e)所示, 其中(d)為正常壓密黏土之行為而(e)為過壓密黏土之行為。在此剪壞階段試驗中, 試體的排水管線是關閉的。因為不允許排水, 孔隙水壓  $\Delta u_d$  會改變如圖 1 之(f)或(g)所示。

在試驗中, 同時量測  $\Delta\sigma_d$  與  $\Delta u_d$ , 其中(f)為正常壓密黏土之行為而(g)為過壓密黏

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

土之行為。此時  $\Delta u_d$  增加可以用一無因數形式來表示：

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



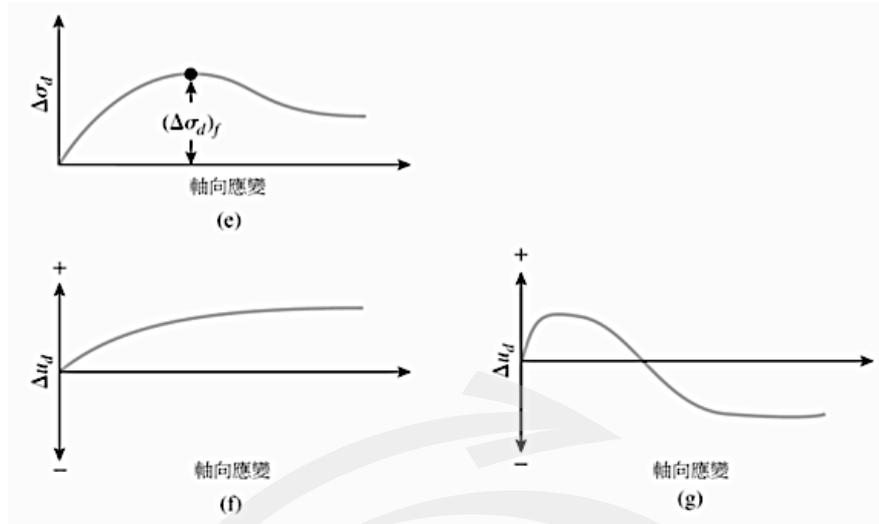


圖 1 壓密—不排水試驗之步驟

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

測如圖 2 左圖所示，主應力可以做如下計算：

1. 破壞時之最大主應力(總)： $\sigma_3 + (\Delta\sigma_d)_f = \sigma_1$
2. 破壞時之最大主應力(有效)： $\sigma_3 - (\Delta u_d)_f = \sigma'_1$
3. 破壞時之最小主應力(總)： $\sigma_3$
4. 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  $\phi$  可由如圖 2 中總應力莫爾圓(實線)

切線與水平線之度  $\phi$ ，公式如下：

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

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

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

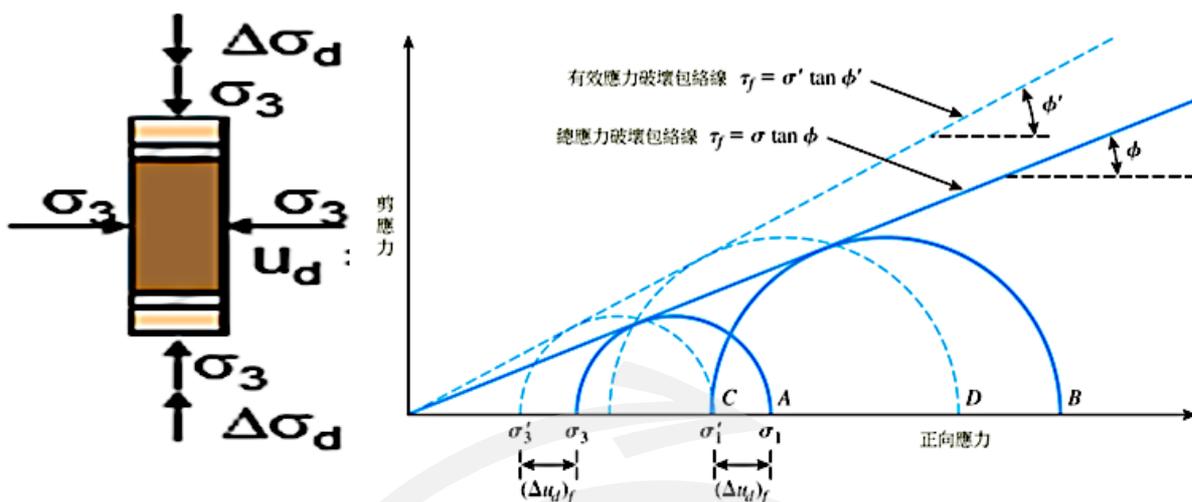
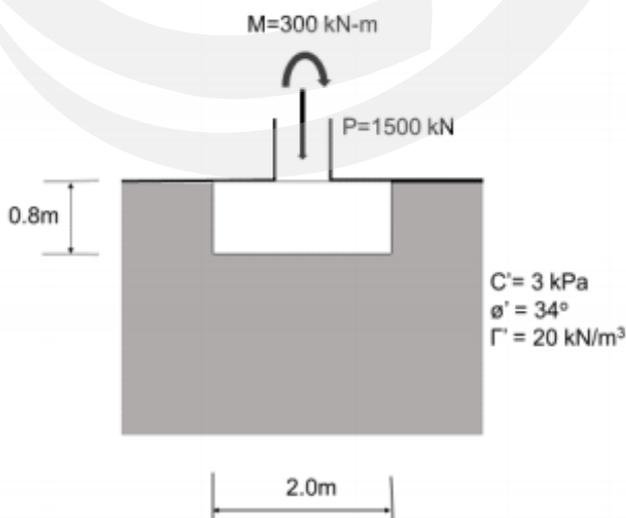


圖 2 壓密—不排水試驗在剪壞階段之軸差應力  $\Delta\sigma_d$  與孔隙水壓  $\Delta u_d$  差及主應力莫爾圓

二、某一  $2m \times 2m$  寬之正方形基腳，置於地表下  $0.8m$  處，基腳正中心同時承受垂直載重  $1500kN$  和一個彎矩載重  $300kN \cdot m$ ，如圖一所示，且地下水在極深處。

- (一) 試求此單向偏心彎矩載重及垂直載重導致贅餘力(Resultant force)之偏心距  $e_B$  為何？並計算基礎因此贅餘力而承受最大 ( $q_{max}$ ) 和最小 ( $q_{min}$ ) 的承載應力各為何？ (10 分)
  - (二) 基礎下的土壤參數如圖一所示，當  $\phi' = 34^\circ$  時，其承載力因子  $N_c = 52.6$ ， $N_q = 36.5$ ， $N_\gamma = 39.6$ ，求可承擔的極限承載應力 ( $q_u$ ) 為何？ (15 分)
- (提示：有效寬度  $B' = (B - 2 \times e_B)$ )



《考題難易》：★★★★

【解題關鍵】：

了解單向偏心載重之最大( $q_{\max}$ )與最小( $q_{\min}$ )承應力公式

了解單向偏心載重之極限承應力

【命中特區】：志聖 109 基礎工程 PP.2-17 至 2-19。

【擬答】

(一) 偏心距  $e_B$  與最大( $q_{\max}$ )與最小( $q_{\min}$ )承應力計算如下：

$$e_B = \frac{M}{Q} = \frac{300}{1500} \times 10^2 = 20\text{cm} < B/6 = 200/6 = 33.33\text{cm}$$

$$q_{\max} = \frac{Q}{BL} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{1500}{(2 \times 2)} \left( 1 + \frac{6(0.2)}{2} \right) = 600\text{kN/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{Q}{BL} \left( 1 - \frac{6e}{B} \right) = \frac{1500}{(2 \times 2)} \left( 1 - \frac{6(0.2)}{2} \right) = 150\text{kN/m}^2$$

(二) 假設使用 Terzaghi 極限承載應力公式：

方形基礎公式如下

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma B'N_\gamma$$

上式中有效寬度  $B' = B - 2e = 2 - 2(0.2) = 1.6$

$$c = 3\text{kPa}, \gamma = 20\text{kN/m}^3$$

當  $\phi' = 34^\circ$  時，其承載力因子  $N_c = 52.6$ ， $N_q = 36.5$ ， $N_\gamma = 39.6$

$$q_u = (1.3)(3)(52.6) + (0.8 \times 20)(36.5) + (0.4)(20)(1.6)(39.6) \\ = 205.14 + 584 + 506.88 = 1296.02\text{kN/m}^2$$

三·某基地土層剖面，由地表面開始，包含  $5m$  的砂土，其下面是  $13m$  厚的黏土，地下水在地表面以下  $2.8m$ 。地下水位以上的砂土單位重是  $19kN/m^3$ ，水位以下的砂土飽和單位重是  $20kN/m^3$ 。黏土之飽和單位重是  $15.7kN/m^3$ ，有效摩擦角是  $35^\circ$ ，過壓密比是  $2.0$ 。試計算地表面以下  $11.0m$  深處的垂直總應力、垂直有效應力、水平總應力、水平有效應力各為何？（提示： $K_0 = (1 - \sin \phi') \times (OCR)^{\sin \phi'}$ ）(25 分)

《考題難易》：★★★

【解題關鍵】：考題屬靈活應用型 / 了解有效應力與靜止土壓力之理論

【命中特區】：109 土壤力學 PP.5-38 至 5-39 第 3 題類似。109 基礎工程 PP.5-34 第 4 題類似。

【擬答】

地表面下  $11.0m$  深處的垂直總應力  $\sigma_v$  與垂直有效應力  $\sigma'_v$  計算如下：

$$\sigma_v = 19 \times 2.8 + 20 \times 2.2 + 15.7 \times 6 = 191.4kPa$$

$$u_0 = r_w \times z = 9.81 \times 8.2 = 80.44kPa$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - u_0 = 191.4 - 80.44 = 110.96kPa$$

地表面下  $11.0m$  深處的水平總應力  $\sigma_h$ 、水平有效應力  $\sigma'_h$

$$K_0 = (1 - \sin \phi') \times (OCR)^{\sin \phi'} = (1 - \sin 35^\circ)(2)^{\sin 35^\circ} = 0.426(1.488) = 0.634$$

$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v = 0.634 \times 110.96 = 70.348kPa$$

$$\sigma_h = \sigma'_h + u_0 = 70.348 + 80.44 = 150.78kPa$$

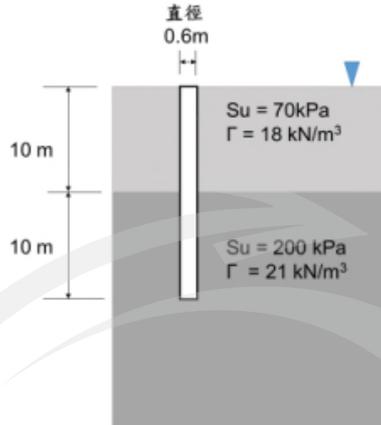
答：垂直總應力： $\sigma_v = 191.4kPa$

垂直有效應力： $\sigma'_v = 110.96kPa$

水平總應力： $\sigma_h = 150.78kPa$

水平有效應力： $\sigma'_h = 70.348kPa$

四·某 20m 長之實心混凝土樁，樁徑 60cm，打進兩層飽和黏土中，如圖二所示。樁身摩擦力採用總應力  $\alpha$  方法計算，設當不排水剪力強度  $S_u = 70kPa$  時， $\alpha = 0.55$ ；當  $S_u = 200kPa$  時， $\alpha = 0.48$ 。另樁底承載應力因子  $N_c = 9.0$ 。在分別考慮樁身摩擦力及樁底之極限承載力之貢獻後，計算該樁總極限承載力為何。(25 分)



《考題難易》：★★★

【解題關鍵】：了解黏土樁身摩擦力採用總應力  $\alpha$  方法 / 了解黏土樁底之極限承載

【命中特區】：109 基礎工程 PP.4-16 與 PP.4-23 及 PP.4-25 第 4 題。

【擬答】

假設基樁灌入第一層與第二層深度皆為 10m

不排水剪力強度為  $S_u = 70kPa$  時， $\alpha = 0.75$ ；當  $S_u = 200kPa$  時， $\alpha = 0.48$ 。

樁底承載因子  $N_c = 9$ 。

樁總極限承載力公式如下：

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$= (S_{u2} N_c) A_b + \alpha_1 S_{u1} A_{s1} + \alpha_2 S_{u2} A_{s2}$$

$$= (200 \times 9) \times \frac{\pi}{4} \times 0.6^2 + 0.75 \times 70 \times \pi \times 0.6 \times 10 + 0.48 \times 200 \times \pi \times 0.6 \times 10$$

$$= 508.94 + 989.60 + 1809.56 = 3308.10kPa$$

祝金榜題名  
最新名師線上解題&開課

