

## 106 年專技高考土木技師 考試試題

類科：土木技師

科目：大地工程學(包括土壤力學、基礎工程與工程地質)

### 甲、申論題部分

一、試解說下列各小題：(每小題 5 分，共 20 分)

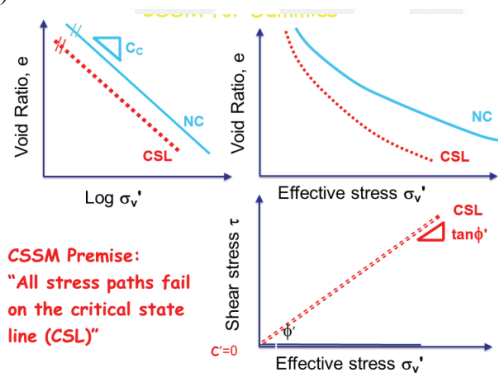
- (一)粉土(silt)顆粒粒徑之範圍。
- (二)砂土之臨界狀態線(critical state line)。
- (三)如何計算黏土過壓密比(over-consolidation ratio)？
- (四)砂土之臨界水力坡降 $i_{critical}$  (critical hydraulic gradient)。

#### 【擬答】

(一)粉土(silt)粒徑之範圍是在 0.075mm 至 0.002mm

(二)砂土臨界狀態線(Critical State line, CSL)：

砂土在壓密後無論是在排水或不排水試驗其應力路徑由藍色線(或實線)到達此一此條線時就破壞，前兩張圖為 $e - \log \sigma_v'$ 與 $e - \sigma_v'$ 圖，下圖為 $\tau(q) - \sigma_v'$ 圖此線即為砂土臨界狀態線如下圖紅色線(或虛線)



(三)過壓密 (overconsolidated)：

指土壤現有的有效覆土壓力低於其所曾受過最大的壓力。而過去所曾受過最大的有效壓力稱為預壓密壓力(preconsolidation pressure)。可用 Casagrande 法求出預壓密壓力， $\sigma'_c$  則土壤的過

壓密比(overconsolidation ratio, OCR)可以用下式求得  $OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'}$

(四)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)

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

完全命中!!!!第一題考題請參閱本班土壤力學教材

(一)講義 1-7(二)講義 5-33(三)講義 4-10(四)講義 3-6

二、進行三個不擾動正常壓密黏土試體之三軸壓密不排水試驗(Consolidation Undrained Test)，試體破壞時所記錄的應力與孔隙水壓資料如下表所示。試繪出此黏土之排水與不排水剪力破壞包絡線，計算其強度參數，(20 分)並計算第一個試體破壞時之孔隙水壓參數  $A_f$ 。(5 分)

| 圍壓 ( $kN/m^2$ ) | 破壞時軸差應力 ( $kN/m^2$ ) | 破壞時孔隙水壓 ( $kN/m^2$ ) |
|-----------------|----------------------|----------------------|
| 200             | 118                  | 110                  |
| 400             | 240                  | 220                  |
| 600             | 352                  | 320                  |

## 【擬答】

| 試體 | $\sigma_3$ | $\Delta\sigma$ | $u$ | $\sigma_1$ | $\sigma'_1$ | $\sigma'_3$ |
|----|------------|----------------|-----|------------|-------------|-------------|
| 1  | 200        | 118            | 110 | 318        | 208         | 90          |
| 2  | 400        | 240            | 220 | 640        | 420         | 180         |
| 3  | 600        | 352            | 320 | 952        | 632         | 280         |

依題意，飽和正常壓密黏土  $C' = 0$ ，需求之計算強度參數只有  $\phi$  與  $\phi'$ 。 $\phi$  之公式如下，理論上三個莫爾圓都與破壞包絡線相切，然而因試驗之誤差則不一定相切，此時可用最小二乘法求得最佳的破壞包絡線，但因計算較繁故本題採用簡

單平均法

$$\sin \phi_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} \Rightarrow \sin \phi_1 = \frac{318 - 200}{318 + 200} \Rightarrow \phi_1 = 13.16^\circ$$

$$\sin \phi_2 = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} \Rightarrow \sin \phi_2 = \frac{640 - 400}{640 + 400} \Rightarrow \phi_2 = 13.88^\circ$$

$$\sin \phi_3 = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} \Rightarrow \sin \phi_3 = \frac{952 - 600}{952 + 600} \Rightarrow \phi_3 = 13.11^\circ$$

$$\text{故平均之 } \phi \text{ 為 } \phi = \frac{13.16 + 13.88 + 13.11}{3} = 13.38^\circ$$

排水  $\phi'$  之公式如下：

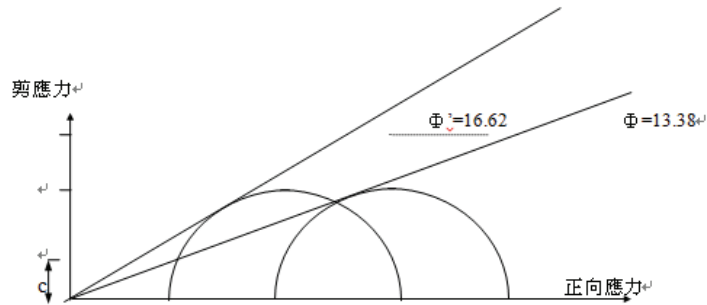
$$\sin \phi'_1 = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{\sigma'_1 + \sigma'_3} \Rightarrow \sin \phi'_1 = \frac{90}{318} \Rightarrow \phi'_1 = 16.44^\circ$$

$$\sin \phi'_2 = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{\sigma'_1 + \sigma'_3} \Rightarrow \sin \phi'_2 = \frac{180}{640} \Rightarrow \phi'_2 = 16.33^\circ$$

$$\sin \phi'_3 = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{\sigma'_1 + \sigma'_3} \Rightarrow \sin \phi'_3 = \frac{280}{952} \Rightarrow \phi'_3 = 17.10^\circ$$

故平均之  $\phi'$  為  $\phi' = \frac{16.44 + 16.33 + 17.10}{3} = 16.62^\circ$

排水  $\phi'$  與不排水  $\phi$  破壞包絡如下圖注意(注意排水與不排水只繪一個莫爾圓)



$$\Delta u_f = B(\Delta \sigma_{cf} + A_f \Delta \sigma_{df})$$

因飽和故  $B = 1$ ，且圍壓無變化， $\Delta \sigma_{cf}$  為 0 故

$$110 = A_f \Delta \sigma_{df} = A_f \times 118 \Rightarrow A_f = 0.93$$

完全命中!!本題請參閱本班土壤力學教材 5-37

三下圖是山區道路邊坡開挖所施築之重力式擋土牆，假設牆背光滑，滑動面為背填砂土與堅硬岩石之界面，試計算

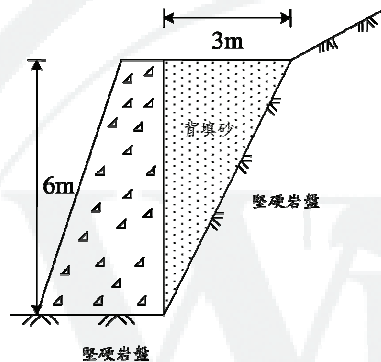
(一)無水情況作用在擋土牆上之主動土壓合力；(10 分)

(二)假設牆背滿水位狀況，作用在擋土牆上之主動土壓與水壓合力；(5 分)

(三)牆背無水條件與滿水位條件下，擋土牆之抗水平滑動與抗翻倒安全係數。(20 分)

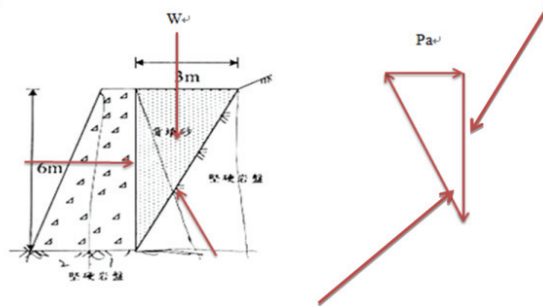
給定條件如下：

1. 混凝土牆單位重  $23\text{kN}/\text{m}^3$ ，牆頂寬  $1\text{m}$ ，底寬  $3\text{m}$ ；回填砂單位重  $17.5\text{kN}/\text{m}^3$ ，飽和重  $19.5\text{kN}/\text{m}^3$
2. 背填砂土與堅硬岩石之界面摩擦角  $30^\circ$ ，混凝土牆底之黏著強度  $c_B = 50\text{kN}/\text{m}^2$ ，摩擦角  $\phi_B = 20^\circ$ ，牆底無水壓。



【擬答】

(一)無水情況，以庫倫法分別求主動土壓力之大小，其力圖如下圖右側 W



背填砂土與堅硬岩石之界面摩擦角為  $30^\circ$ ， $W = 3(6)(0.5)(17) = 153\text{kN}$ ，由三角形正旋定理得

主動土壓力  $P_a$

$$\frac{P_a}{\sin 30^\circ} = \frac{153}{\sin 60^\circ}, \text{ 得 } P_a = 88.33\text{kN}/\text{m}$$

(二) 假設牆背滿水狀況，其力圖類似但  $W = 3(6)(0.5)(19.5) = 175.5kN$ ，由三角形正旋定理得主動土壓力與水壓合力  $P_a$  如下：

$$\frac{P_a}{\sin 30^\circ} = \frac{175.5}{\sin 60^\circ}, \text{ 得 } P_a = 101.32kN/m$$

(三) 無水情況，抗水平滑動及抗翻力矩計算

| 位置  | 單位長度重量 ( $kN/m$ )                   | 力臂 ( $m$ ) | 力矩 ( $kN-m/m$ )    |
|-----|-------------------------------------|------------|--------------------|
| 牆 1 | $23 \times 6 \times 1 = 138$        | 2.5        | 345                |
| 牆 2 | $0.5 \times (6)(2) \times 23 = 138$ | 4/3        | 184                |
|     | $\Sigma V = 276$                    |            | $\Sigma M_r = 529$ |

安全係數計算

$$\text{抗滑 } FS = \frac{F_r}{P_a} = \frac{cL + \Sigma V \tan \delta}{P_a} = \frac{50(3) + 276 \tan 20^\circ}{88.33} = \frac{250.45}{88.33} \cong 2.84 > 1.5 \text{ 故 OK}$$

$$\text{抗傾倒 } FS = \frac{F_r}{F_d} = \frac{529}{88.33 \times 2} = \frac{529}{166.66} = 3.17 > 2 \text{ 故 OK}$$

牆背滿水狀況，擋土牆重量不變主動土壓力與水壓合力  $P_a$  為  $101.32kPa$

$$\text{抗滑 } FS = \frac{F_r}{P_a} = \frac{cL + \Sigma V \tan \delta}{P_a} = \frac{50(3) + 276 \tan 20^\circ}{101.32} = \frac{250.45}{101.32} = 2.47 > 1.5 \text{ 故 OK}$$

$$\text{抗傾倒 } FS = \frac{F_r}{F_d} = \frac{529}{101.32 \times 2} = \frac{529}{202.64} = 2.061 > 2 \text{ 故 OK}$$

**完全命中!!本題請參閱本班土壤力學教材 5-24 及上課 PPT 檔 5-51-52**

四請繪圖描述地質弱面之位置與方位；(5 分)試說明岩塊規模係數(Block Index) $I_B$ 、單位體積及節理數(Volumetric Joint Count) $J_v$ 與岩石品質指標(Rock Quality Designation)RQD 之定義。(15 分)

【擬答】

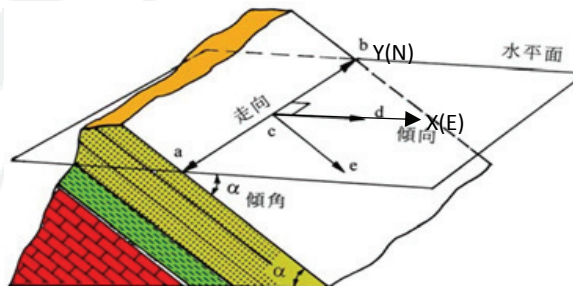
1. 弱面之位置與方位：

弱面之位置及方位：即弱面的走向、傾向、傾角

走向：為弱面與水平面相交的直線方向如下圖的 ab 線。

傾向：為垂直於走向並沿著若面傾斜面向下的傾斜線(如下圖中 ce 線)，該線在水平面上投影線所指的方向如 cd 線為傾向。

傾角：為弱面與水平面所夾的最大銳角。



2. 岩塊規模指數(Block Size Index, IB), 係指各組弱面間距的平均值表示：

$$I_B = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}{n}$$

上式中弱面數， $S_n$  為第  $n$  組弱面間距

3. 節理總體密度  $J_v$  表示，節理總體密度與岩塊大小之關係如下表。

節理總體密度與岩塊大小之關係

| $J_v$ (條/ $m^3$ ) | 岩塊大小   |
|-------------------|--------|
| < 1               | 非常大的岩塊 |
| 1~3               | 大岩塊    |
| 3~10              | 中等岩塊   |
| 10~30             | 小岩塊    |
| > 30              | 很小的岩塊  |
| > 60              | 粉碎的岩石  |

4. 岩石品質指標(Rock Quality Designation, RQD)：

$$RQD = \frac{\text{長度至少為}101.6\text{mm之岩心回收長度的總和}}{\text{理論上為岩心取樣長度}}$$

RQD 與岩體品質之關係

| RQD(%) | 岩體品質          |
|--------|---------------|
| 0~25   | 極差(Very Poor) |
| 25~50  | 差(Poor)       |
| 50~75  | 尚佳(Fair)      |
| 75~90  | 佳(Good)       |
| 90~100 | 極佳(Very Good) |

完全命中!!本題請參閱本班工程地質教材講義 4-23、4-15~16

祝 金榜題名