

九十九年專門職業及技術人員高等考試大地工程學參考題解

本科由實力專任教師**施國欽**老師即時解答

一、何謂縮性限度 (shrinkage limit) ? 若某土壤進行縮性限度試驗，並得到如下之數據：試驗前之飽和濕土重 22.2 g，體積為 14.6 cm³，而收縮後之乾土重 12.0 g，體積為 5.5 cm³。試求此土壤的縮性限度及比重 (specific gravity)。(20 分)

【解題老師】施國欽 老師

• 99 年土木技師試題 •

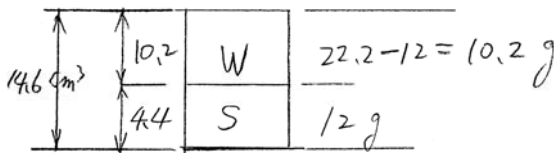
問題剖析

縮性限度的體積等於烘乾後體積。

參考解答

(1) 縮性限度：為土壤半固體與固體狀態之間的含水比；或為黏性土飽和時之最小含水比；亦為土壤乾燥過程中，體積不再縮小的最大含水比。

(2)



$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{12}{4.4} = 2.73 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{比重 } G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{2.73}{1} = 2.73 \quad V_2 = 5.5 \text{ cm}^3$$

$$\text{縮性限度 } SL = \frac{W_w}{W_s} = \frac{\gamma_w (V_2 - V_s)}{W_s} = \frac{\gamma_w}{W_s} \left(V_2 - \frac{W_s}{G_s \gamma_w} \right) = \frac{\gamma_w V_2}{W_s} - \frac{1}{G_s} = \frac{1 \times 5.5}{12} - \frac{1}{2.73} = 0.092 = 9.2\%$$

※本題請參考“實力大地工程(一)土壤力學—〔2.4.1 節 (P2-35~2-36)〕”

100 年技師高考【精修班】

台北班 1/2(日)13:30 施工

台中班 1/2(日)09:00 材力

台南班 3/6(日)09:00 材力

高雄班 1/1(六)18:00 土力

其他課程陸續開課

~歡迎免費試聽~

二、某飽和黏土層之地下水位於地表處，茲取此黏土進行三軸壓密不排水試驗，試驗中同時量測孔隙水壓力，下表所列為兩組試體破壞時的應力：(25 分)

試體	總應力 σ_{1f} (kPa)	總應力 σ_{3f} (kPa)	孔隙水壓力 u_f (kPa)
第一組	14	10	3
第二組	28	20	6

(一) 試求此土壤之有效應力強度參數 c' 、 ϕ' 。

(二) 若某平面上之正向有效應力 (normal effective stress) 為 12 kPa，則沿此平面之剪力強度為何？

(三) 若此黏土取自地表下 10 m，其孔隙比 $e_0 = 1.0$ ，比重 $G_s = 2.7$ ，另進行無圍壓縮試驗 (unconfined compression test)，試求此黏土之無圍壓縮強度。

【解題老師】施國欽 老師

• 99 年土木技師試題 •

問題剖析

(1) 三軸試驗解題儘量列表計算。

(2) 無圍壓縮強度可利用經驗公式推估。

參考解答

(一)有效應力強度參數之計算

(單位：kPa)

試驗	σ_{3f}	$\sigma_{1f} - \sigma_{3f}$	σ_{1f}	u_f	σ'_{3f}	σ'_{1f}	P'	q'
CU	10	4	14	3	7	11	9	2
CU	20	8	28	6	14	22	18	4

直線迴歸得 $a=0$ ，得 $c'=0$

$$\sin \phi' = \tan \alpha = 0.222, \phi' = 12.8^\circ$$

(二) $\sigma' = 12 \text{ kPa}$ ，則 $\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi' = 0 + 12 \tan 12.8^\circ = 2.73 \text{ kPa}$ (三)無圍壓縮強度 q_u 之計算

$$\text{飽和黏土單位重 } \gamma_{sat} = \frac{G_s + e_0}{1 + e_0} \gamma_w = \frac{2.7 + 1}{1 + 1} \times 9.81 = 18.15 \text{ kPa}$$

$$\text{浸水單位重 } \gamma' = 18.15 - 9.81 = 8.34 \text{ kPa}$$

$$\text{地表下 } 10 \text{ m 之有效應力 } \sigma'_0 = 8.34 \times 10 = 83.4 \text{ kPa}$$

由於 $c' = 0$ ，視為正常壓密黏土

根據基隆河流域之經驗公式

$$S_u = (0.22 \sim 0.32) \sigma'_0, \text{ 取 } S_u = 0.27 \sigma'_0 = 0.27 \times 83.4 = 22.52 \text{ kPa}$$

$$q_u = 2S_u = 45 \text{ kPa}$$

另解

根據 Brooker(1965)經驗公式，飽和正常壓密黏土 $K_0 = 0.95 - \sin \phi'$

$$\sigma'_h = \sigma'_v K_0 = 83.4 \times (0.95 - \sin 12.8^\circ) = 60.7 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_h = 60.7 + 9.81 \times 10 = 158.8 \text{ kN/m}^2$$

計算試體取出後之孔隙水壓假設孔隙水壓 A 參數與 CU 試驗結果相同。

$$A = \frac{3}{4} = 0.75$$

$$u_w = u_{ss} + \Delta u_w = u_{ss} + B[\Delta \sigma_3 + A(\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)] = 98.1 + 1 \times \{-158.8 + 0.75[-181.5 - (-158.8)]\} = -77.7 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma' = 0 - (-77.7) = 77.7$$

$$\Delta \sigma'_1 = q_u - 0.75q_u = 0.25q_u$$

$$\Delta \sigma'_3 = 0 - 0.75q_u = -0.75q_u$$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$77.7 + 0.25q_u = (77.7 - 0.75q_u) \tan^2 \left(45 + \frac{12.8^\circ}{2} \right)$$

$$q_u = 31.08 \text{ kN/m}^2$$

第二天土木技師【結構分析】解答

請上實力網站參閱

<http://www.shi-li.com.tw/>

※本題請參考“實力大地工程(一)土壤力學－〔7.3 節〕”

三、邊坡破壞類型中的崩落 (falls) 與滑動 (slides) 之運動過程有何不同？落石即屬於崩落的一種，其發生之源頭區與堆積區各有何種特徵？並請就源頭區與堆積區說明防護落石的方法。(20 分)

【解題老師】施國欽 老師

• 99 年土木技師試題 •

參考解答

(1)崩落是在懸崖邊，土石直接墜落下來，沒有沿著某一特定滑動面滑動，滑動則是土石沿著某一動面滑動者。

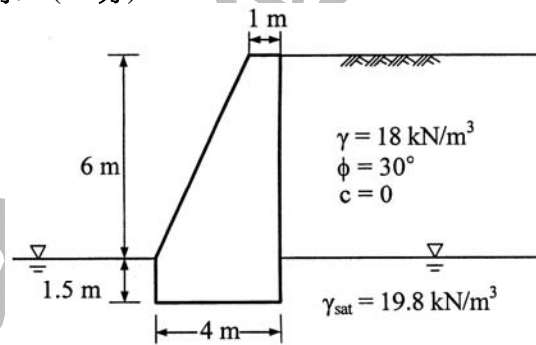
(2)落石在源頭區與堆積區的特徵與防護方法比較：

		源頭區	堆積區
特徵	坡度	陡峭	平緩
	顆粒形狀	角狀	較為圓形
	顆粒大小	較大顆	較小顆
防護方法		<ul style="list-style-type: none"> 以防落石網加岩栓將落石邊坡網住，避免土石墜落。 加強邊坡排水，含地表排水及地下排水，減少雨水對坡面的沖蝕。 	<ul style="list-style-type: none"> 以落石防護網、土堤、或落石棚（又稱明隧道）保護人車安全之被動防護。 若堆積區在河道上，可考慮採用梳子壩或潛壩攔截土石。 排水工法同左。

※本題請參考“實力大地工程(三)工程地質－〔6.3 節及 6.4 節〕”

四、圖示一高 7.5 m 之重力式擋土牆，埋置深度為 1.5 m，而地下水位在地表處。擋土牆之單位重 $\gamma_c = 24.0 \text{ kN/m}^3$ ；土壤之單位重 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ ，飽和單位重 $\gamma_{sat} = 19.8 \text{ kN/m}^3$ ，剪力強度參數 $c = 0$ ， $\phi = 30^\circ$ ，而牆與土壤間之摩擦角 $\delta = 20^\circ$ 。假設不計牆前的被動土壓力，且主動土壓力係數 $k_a = 0.297$ ，支承力因子 $N_c = 30.1$ 、 $N_q = 18.4$ 、 $N_\gamma = 15.7$ ，試求：(35 分)

- (一) 擋土牆抗傾倒之安全係數。
- (二) 擋土牆抗水平滑動之安全係數。
- (三) 合力作用點在牆底的位置。
- (四) 牆底最大垂直向應力 q_{max} 。
- (五) 牆底土壤的極限支承力 q_{ult} 。



【解題老師】施國欽 老師

• 99 年土木技師試題 •

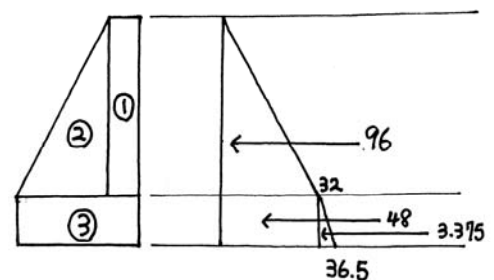
問題剖析

第(一)~(四)小題為擋土牆側向土壓力及穩定性評估，第五小題則為承載力計算。題目在牆基有水位，計算量會增加很多，計算時要非常仔細。

參考解答

牆體自重及抗翻力矩之計算

位置	單位長度重量 (kN/m)	力臂(m)	力矩 (kN-m/m)
1	$1 \times 6 \times 24 = 144$	3.5	504
2	$\frac{1}{2} \times 3 \times 6 \times 24 = 216$	2	432
3	$1.5 \times 4 \times 24 = 144$	2	288
	$\Sigma V = 504$		$\Sigma M_r = 1224$



只看廣告，各家都有吸引力？
細看解答，才知道真正實力！

$$\text{牆底上浮力 } U = (9.8 \times 1.5) \times 4 = 58.8 \text{ kN/m}$$

$$\text{主動土壓力 } \sigma_a = \gamma' z k_a - 2c\sqrt{k_a} + qk_a + u_w$$

$$\text{牆後深度 6 m } \quad \sigma'_a = 18 \times 6 \times 0.297 = 32 \text{ kPa}$$

$$\text{牆後深度 7.5 m } \quad \sigma'_a = (18 \times 6 + 10 \times 1.5) \times 0.297 = 36.5 \text{ kPa}$$

$$P_a = 96 + 48 + 3.375 = 147.4 \text{ kN/m}$$

(一) 抗傾倒安全係數之計算

$$\text{傾倒力矩 } M_d = 96 \times 3.5 + 48 \times 0.75 + 3.375 \times 0.5 = 336 + 36 + 1.69 = 373.69 \text{ kN-m/m}$$

$$FS = \frac{\Sigma M_r}{M_d} = \frac{1224}{373.69 + 58.8 \times 2} = \frac{1224}{491.29} = 2.49$$

(二) 抗水平滑動安全係數之計算

$$FS = \frac{F_r}{F_d} = \frac{(\Sigma V - U) \tan \delta}{P_a} = \frac{(504 - 58.8) \tan 20^\circ}{147.4} = 1.1$$

(三) 合力作用點在牆底的位置 (距牆趾位置 d)

$$d = \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_d}{\Sigma V - U} = \frac{1224 - 491.29}{504 - 58.8} = \frac{732.71}{445.2} = 1.646 \text{ m}$$

$$\text{偏心距 } e = \frac{B}{2} - d = 2 - 1.646 = 0.354 \text{ m}$$

(四) 牆底最大垂直向應力 q_{\max}

$$q_{\max} = \frac{\Sigma V'}{A} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{504 - 58.8}{4 \times 1} \times \left(1 + \frac{6 \times 0.354}{4} \right) = 170.4 \text{ kPa}$$

(五) 土壤極限支承力 q_{ult} 之計算

根據 Meyerhof 支承力公式修正

$$\text{有效寬度 } B' = B - 2e = 4 - 2 \times 0.354 = 3.292 \text{ m}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{P_a}{\Sigma V'} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{147.4}{504 - 58.8} \right) = 18.3^\circ$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\alpha}{90^\circ} \right)^2 = 0.64$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\alpha}{\phi} \right)^2 = \left(1 - \frac{18.3^\circ}{30^\circ} \right)^2 = 0.152$$

假設不考慮覆土修正

$$\begin{aligned} q_{ult} &= cN_c + qN_q F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma' B' N_\gamma F_{\gamma i} = 0 + 10 \times 1.5 \times 18.4 \times 0.64 + \frac{1}{2} \times 10 \times 3.292 \times 15.7 \times 0.152 \\ &= 176.64 + 39.28 = 215.9 \text{ kPa} \end{aligned}$$

※本題請參考“實力大地工程(二)基礎工程—〔1.8 節及 3.4 節〕”

實力二十週年慶—歡喜福袋送現金

“萬元” 現金等您抽，活動至 12/31 日，
千萬別猶豫，快來實力抽現金！