

## 109 年專技高考 土木技師試題

等 別：高等考試  
類 科：土木工程技師  
科 目：大地工程(含土壤力學、基礎工程與工程地質)

### 一、針對活動斷層及斷層泥，請說明：(20 分)

- (一) 依據經濟部中央地質調查所，說明臺灣之活動斷層如何定義？其如何分類？
- (二) 說明斷層泥之力學性質。當隧道開挖時遭遇斷層泥，其可能產生之影響。

《考題難易》★★★ 能了解活動斷層與斷層泥定義

《命中特區》在工程地質講義 4-10，6-40

### 【擬答】：

#### (一) 中央地質調查所活動斷層分類：

第一類活動斷層(9)，為一萬年內曾經發生錯移之斷層，或錯移現代結構物之斷層，或與地震相伴生之斷層，或錯移現代沖積層之斷層，或地形監測證實具潛移活動性之斷層。

第二類活動斷層(15)，為過去十萬年以來曾經發生錯移之斷層，或錯移階地堆積物或台地堆積層之斷層。

存疑性活動斷層(27)，為將第四紀地層錯移之斷層，或將紅土緩起伏面錯移之斷層，或具活動斷層地形特徵，但缺乏地質資料佐證之斷層。

#### (二) 斷層泥之力學性質包含強度參數 $c$ 和 $\phi$ ，和變形參數 $E$ ，與滲透係數，當這些力學性質很差或弱時，會產生以下問題：

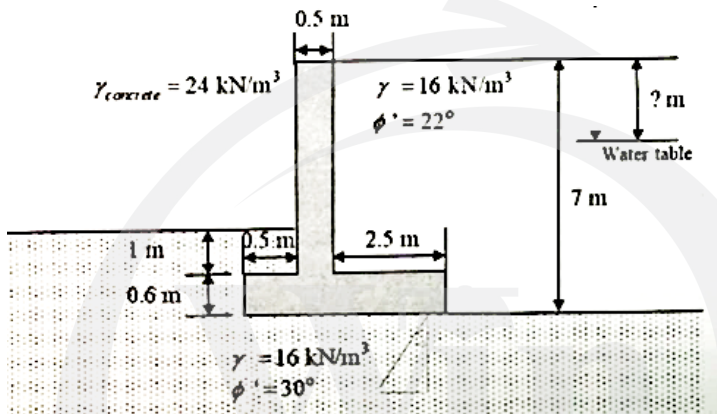
1. 斷層及斷層泥：開挖中遇到斷層，常發生斷層泥、斷層屑伴同地下水湧入隧道已開挖段，造成工作停頓。
2. 湧水量：湧水量大，施工必然困難。可以排水廊道等方式來克服。

二、有一懸臂式擋土牆如圖所示，牆背回填土壤之單位重  $\gamma = 16\text{kN}/\text{m}^3$ ，摩擦角  $\phi' = 22^\circ$ ，牆前土壤之單位重  $\gamma = 16\text{kN}/\text{m}^3$ ，摩擦角  $\phi' = 30^\circ$ ，地下水位遠低於擋土牆底部，請以 Rankine 土壓力理論計算：(20 分)

(一) 此牆抗傾倒之安全係數。

(二) 若牆底與土壤之摩擦角為土壤之  $2/3$ ，此牆滑移之安全係數。

(三) 由於擋土牆之排水孔失效，導致牆後地下水上升，土壤之飽和單位重  $\gamma_{sat} = 19.5\text{kN}/\text{m}^3$ ，請問當地下水上升至距牆背地表多少深度時發生滑移破壞(假設牆抵抗滑力同(二)題之結果)？



《考題難易》 ★★★★★

《命中特區》 此題出現在基礎工程講義 5-46 之類似題

【擬答】：

(一) 此牆抗傾倒之安全係數：

主動土壓力  $P_a$  之計算

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right) = 0.46$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma K_a H^2 = \frac{1}{2} 16 \times 0.46 \times 7^2 = 180.32 \text{ kN/m}$$

被動土壓力  $P_p$  之計算

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = 3$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma K_p H^2 = \frac{1}{2} 16 \times 3 \times 1.6^2 = 61.44 \text{ kN/m}$$

1. 牆土自重及抗翻力矩計算

位置	單位長度重量 ( $kN/m$ )	力臂 ( $m$ )	力矩 ( $kN-m/m$ )
牆身	$0.5 \times 6.4 \times 24 = 76.8$	0.75	57.6
牆基	$0.6 \times 3.5 \times 24 = 50.4$	1.75	88.2
背填土	$2.5 \times 6.4 \times 16 = 256$	2.25	576
	$\Sigma V = 383.2$		$\Sigma M_r = 721.8$

2. 抗傾安全係數

$$\text{抗傾 } FS = \frac{M_r}{M_d} = \frac{721.8 + 61.44(1/3)}{180.32 \times (7/3)} = \frac{742.28}{420.75} = 1.76$$

(二) 牆滑移之安全係數：

$$\text{抗滑 } FS = \frac{F_r}{P_a} = \frac{\Sigma V \tan \delta + P_p}{P_a} = \frac{383.2 \tan(2/3)30^\circ + 61.44}{180.32} = \frac{139.47 + 61.44}{180.32} = 1.11$$

(三) 地下水上升至距牆背地表多少深度時發生滑移破壞(假設牆抵抗滑力同(二)題之結果，故破壞時之水平推力 =  $139.47 + 61.44 = 200.91$  破壞時之水平推力 = 下圖有地下水之水平推力之和有地下水之水平壓力圖如下

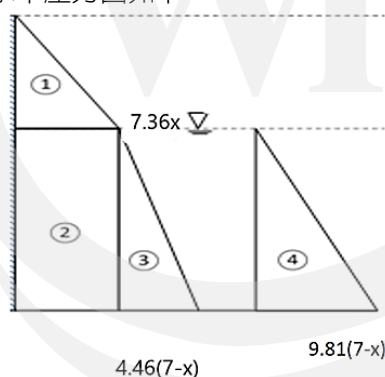


圖 1 壓力 =  $0.46(16)x = 7.36x$

圖 3 底部之壓力增量 =  $4.467(7-x)$

圖 4 水壓力 =  $9.81(7-x)$

有地下水之總水平推力 = 破壞時之水平推力

$$7.36x(0.5x) + 7.36x(7-x) + (0.5)4.46(7-x)^2 + (0.5)9.81(7-x)^2 = 200.9$$

$$349.615 - 48.37x + 3.455x^2 = 200.9$$

$$x^2 - 14x + 43.04 = 0 \Rightarrow x = 4.56(m)$$

地下水上升至距牆背地表下 4.56m 深度時發生滑移破壞

三、針對一土壤(比重 2.70)進行標準夯實試驗(Standard Proctor Compaction test)，其結果如下所示。

(20 分)

濕密度 $\gamma_m (kg/m^3)$	1890	2080	2150	2130	1990
含水量(%)	11.3	13.7	14.8	17.1	19.6

(一) 繪製乾密度與含水量關係曲線，求取最大乾密度與最佳含水量。

(二) 繪製無空氣孔隙曲線(Zero air void curve)

(三) 現地夯實時，欲降低其滲透性，含水量應控制在乾側或濕側？說明其原因。

《考題難易》★★★

《命中特區》此題出現在之土力講義 1-43 類似題

【擬答】：

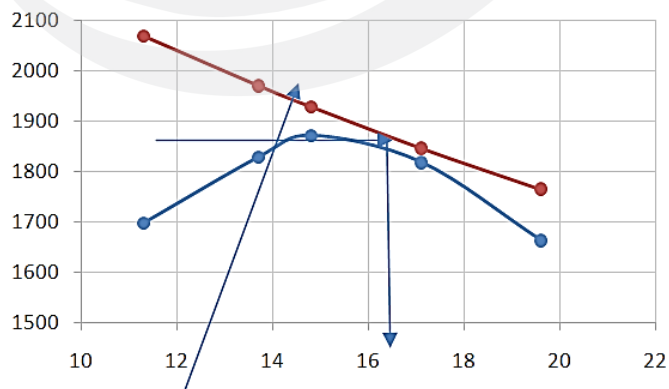
$$(-) \rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \omega}$$

$$\text{當 } S=100\% \text{ 時, } \rho_{d(zero)} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + G_s \omega}$$

分別求下表對應之乾密度

$\rho_m (kg/m^3)$	$w(\%)$	$\rho_d (kg/m^3)$	零孔隙曲線 $\rho_d$
1890	11.3	1698.11	2068.81
2080	13.7	1829.38	1970.95
2150	14.8	1872.82	1929.12
2130	17.1	1818.96	1847.16
1990	19.6	1663.88	1765.63

可得夯實曲線如下之藍色線：



最大乾密度  $1890(kg/m^3)$  最佳含水量 14.8%

(二) 繪出零孔隙曲線(Zero air void curve)

當  $S=100\%$ 時， $e = \omega G_s$

$$\rho_{d(zero)} = \frac{G_s \gamma_w}{1+e} = \frac{G_s \gamma_w}{1+G_s \omega}$$

故使用上式可得零孔隙曲線，結果如上表第四欄其如上圖之紅線

(三) 濕側夯實時，土壤會形成分散結構(dispersion structure)即土壤顆粒呈平行排列(下圖左)而減小其滲透性如下圖右上左所示。故現地夯實時含水量應控制在濕側，以降低其滲透係數。

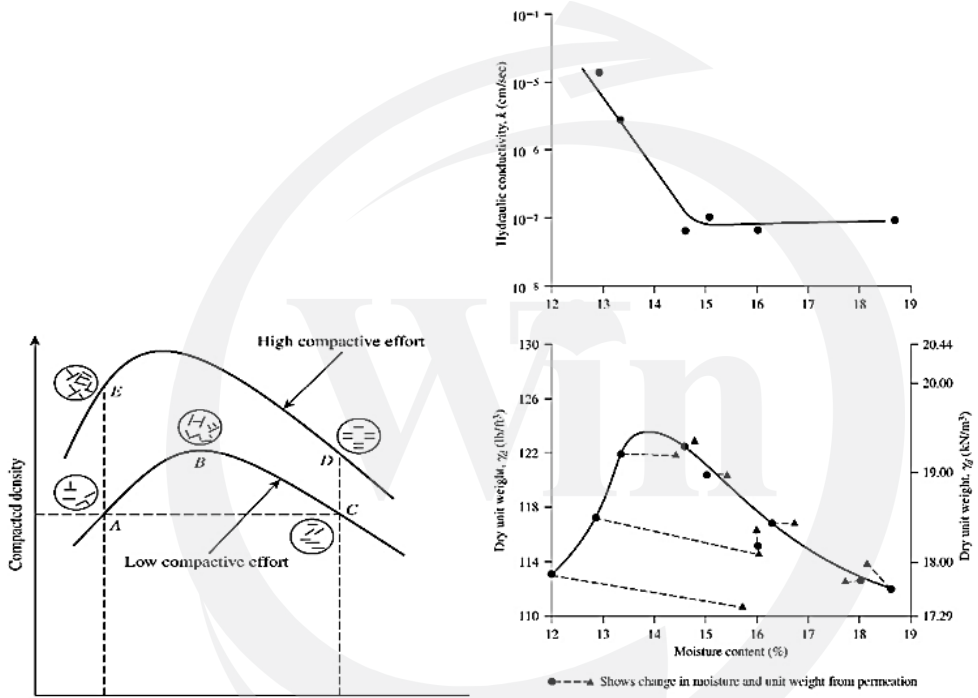
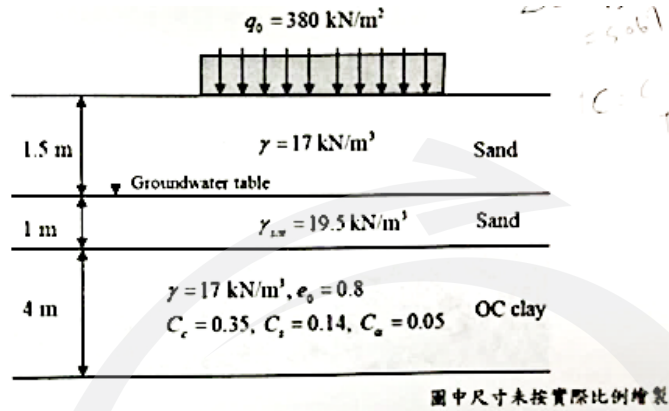


Figure 5.16 Effect of compaction on hydraulic conductivity of clayey soil (After Lambe, 1958b)

四、一地層分布與性質如圖所示，圖中黏土層(OC clay)之預壓密應力為  $75kN/m^2$ ，初始孔隙比  $e_0 = 0.8$ ，今於此地層之上築一土堤，長度及寬度分別為 15m 與 5 m，試評估黏土層之壓密沉陷量：(20 分)

(一) 主要壓密沉陷量？

(二) 當主要壓密於 1 年結束，評估 5 年後之二次壓密沉陷量。



《考題難易》★★★

《命中特區》此題出現在此題出現在之土力講義 4-20 類似題

【擬答】：

(一) 主要壓密沉陷量：

$$\sigma_0 = 17(1.5) + 1(19.5 - 9.81) + 2(17 - 9.81) = 49.57kPa$$

$$49.57kPa < 75kPa \text{ 是 OC clay}$$

求黏土層中間之應力增量(2:1 法則)

$$\Delta\sigma_m = \frac{380(15 \times 5)}{(15 + 4.5)(5 + 4.5)} = 153.85kPa$$

$$49.57 + 153.85kPa > 75kPa \text{ 由 OC clay 到 NC clay}$$

$$C_s = 0.14 \quad C_c = 0.35$$

主要壓密沉陷量為

$$S_c = \frac{(0.14)400}{1 + 0.8} \log \frac{75}{49.57} + \frac{(0.35)400}{1 + 0.8} \log \frac{153.85}{75} = 5.59 + 24.47 = 29.86cm$$

(二) 評估 5 年後之二次壓密沉陷量

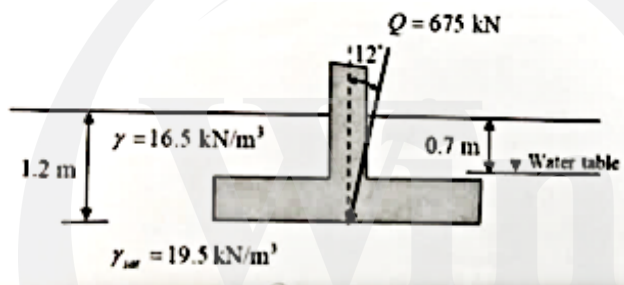
$$e_p = e_o - \Delta e_{\text{主壓密}}$$

$$\Delta e = (0.14) \log \frac{75}{49.57} + (0.35) \log \frac{153.85}{75} = 0.025 + 0.11 = 0.13$$

$$e_p = e_o - \Delta e = 0.8 - 0.13 = 0.67$$

$$S_c = \frac{(0.05)400}{1+0.67} \log \frac{5}{1} = 8.37 \text{ cm}$$

五、一正方形基礎座落於土壤中，基礎面在地面下 1.2m，承受一傾斜荷重 675kN，傾斜角度為  $12^\circ$ ，如圖所示。該土壤之濕單位重  $\gamma_m = 16.5 \text{ kN/m}^3$ ，飽和單位重  $\gamma_{sat} = 19.5 \text{ kN/m}^3$ ，地下水位在地面下 0.7m。(20 分)



(一) 為求取土壤強度參數，進行三個不擾動土壤試體之三軸壓密不排水試驗(Consolidated

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，試繪出此土壤之總應力與有效應力破壞包絡線，求取上述基礎設計所需之莫爾-庫倫(Mohr-Coulomb Criterion)強度參數。

試體編號	圍壓 $\sigma_3 (\text{kN/m}^2)$	軸差壓力 $(\sigma_1 - \sigma_3) (\text{kN/m}^2)$	孔隙水壓 ( $u$ ) $(\text{kN/m}^2)$
1	50	57	21
2	100	118	40
3	200	205	82
4	400	423	158

(二) 若安全係數  $FS = 3.0$ ，決定基礎寬度  $B$  為多少。

參考公式

$$q_{ult} = \left( \frac{q_u - q}{FS} \right) + q$$

Shape factors	Depth factors	Inclination factors
$F_{cs} = 1 + \left( \frac{B}{L} \right) \left( \frac{N_q}{N_c} \right)$	$F_{cd} = 1 + 0.4 \left( \frac{D_f}{B} \right)$	$F_{ci} = F_{qi} = \left( 1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$
$F_{qs} = 1 + \left( \frac{B}{L} \right) \tan \varphi'$	$F_{qd} = 1 + 2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 \frac{D_f}{B}$	$F_{qi} = \left( 1 - \frac{\beta}{\varphi'} \right)^2$
$F_{ys} = 1 - 0.4 \left( \frac{B}{L} \right)$	$F_{yd} = 1$	

$\phi$ (度)	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\phi$ (度)	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
23	18.05	8.66	8.20	37	55.63	42.92	66.19
24	19.32	9.60	9.44	38	61.35	48.93	78.03
25	20.72	10.66	10.88	39	67.87	55.96	92.25
26	22.25	11.85	12.54	40	75.31	64.20	109.41
27	23.94	13.20	14.47	41	83.86	73.90	130.22
28	25.80	14.72	16.72	42	93.71	85.38	155.55
29	27.86	16.44	19.34	43	105.11	99.02	186.54
30	30.14	18.40	22.40	44	118.37	115.31	224.64
31	32.67	20.63	25.99	45	133.88	134.88	271.76
32	35.49	23.18	30.22	46	152.10	158.51	330.35
33	38.64	26.09	35.19	47	173.64	187.21	403.67
34	42.16	29.44	41.06	48	199.26	222.31	496.01
35	46.12	33.30	48.03	49	229.93	265.51	613.16
36	50.59	37.75	56.31	50	266.89	319.07	762.89

《考題難易》★★★★★

《命中特區》土力講義 PP.5-53 與基礎工程講義 PP.2-15 至 PP.2-16 之類似題

【擬答】：

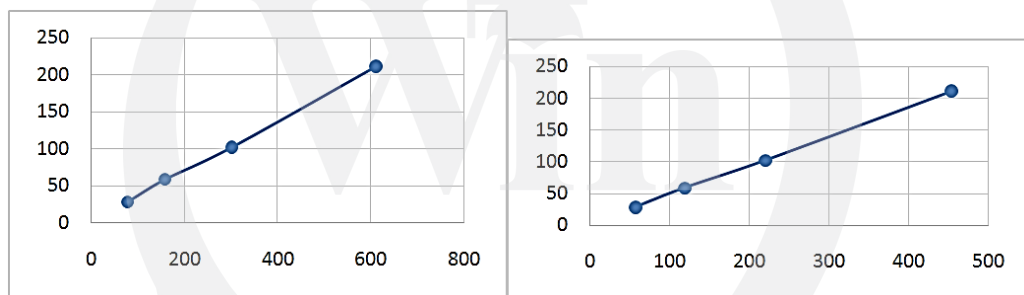


(一) 4 個試驗之總應力與有效應力如下表：

試體	$\sigma_3$	$\Delta\sigma$	$u$	$\sigma_1$	$\sigma'_1$	$\sigma'_3$
1	50	57	21	107	86	29
2	100	118	40	218	178	60
3	200	205	82	405	323	118
4	400	423	158	823	665	242

	$p$	$q$	$p'$	$q'$
1	78.5	28.5	57.5	28.5
2	159	59	119	59
3	302.5	102.5	220.5	102.5
4	611.5	211.5	453.5	211.5

利用  $p$  與  $q$  值得其總應力與有效應力修正破壞包絡線如下(左：總應力 右：有效應力)



基礎強度分析採用有效應力強度分析：

由上圖之破壞包絡線大約通過原點故  $c'$  可假設為 0

各個試驗之有效應力強度參數  $\phi'$  可由下式求得：

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \rightarrow 86 = 29 \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \Rightarrow \phi' = 30$$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \rightarrow 178 = 60 \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \Rightarrow \phi' = 30$$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \rightarrow 323 = 118 \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \Rightarrow \phi' = 28$$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \rightarrow 665 = 242 \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \Rightarrow \phi' = 28$$

將四個試驗之  $\phi'$  平均得  $\phi' = 29$

(二) 因  $c' = 0$ ，極限承載力變成

$$q_u = qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q = (0.7)(16.5) + (0.5)(19.5 - 9.81) = 11.55 + 4.85 = 16.40 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

由表 2.3，當  $\phi' = 29^\circ$  時

$$N_q = 16.44, N_\gamma = 19.34$$

$$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi' = 1 + 0.554 = 1.55$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right) = 0.6$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \frac{D_f}{B} = 1 + \frac{(0.294)(0.7)}{B} = 1 + \frac{0.205}{B}$$

$$F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^0}{90^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{12}{90}\right)^2 = 0.75$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta^0}{\phi'}\right)^2 = \left(1 - \frac{12}{29}\right)^2 = 0.34$$

因此

$$\begin{aligned} q_u &= (16.4)(16.44)(1.55)\left(1 + \frac{0.205}{B}\right)(0.75) + (0.5)(19.5 - 9.81)(B)(19.34)((0.6)(1)(0.34)) \\ &= 313.43 + \frac{62.45}{B} + 19.11B \end{aligned}$$

所以

$$q_{all} = \frac{q_u - q}{3} + q = 104.47 + \frac{20.81}{B} + 6.37B + (2/3)(16.4)$$

$$\text{已知 } Q = \text{總容許載重} = q_{all} \times B^2 \text{ 或 } q_{all} = \frac{675}{B^2}$$

故可得：

$$\frac{675}{B^2} = 115.4 + \frac{20.81}{B} + 6.37B$$

最後，藉由試誤法得， $B \approx 2.2 \text{ m}$