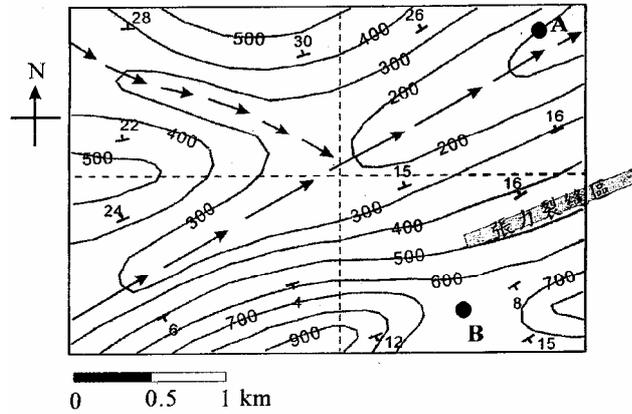


## 九十六年專門職業及技術人員高等考試大地工程學參考題解

一、山區之地形圖如右圖，表土層厚度約 1 至 2 米，現擬建立連結 A 點至 B 點之公路。請將右圖大致描繪於答案卷，並於其上標出合理之公路路線、說明此區域可能之地質構造、定線的理由及沿線可能遭遇之工程問題。(25 分)

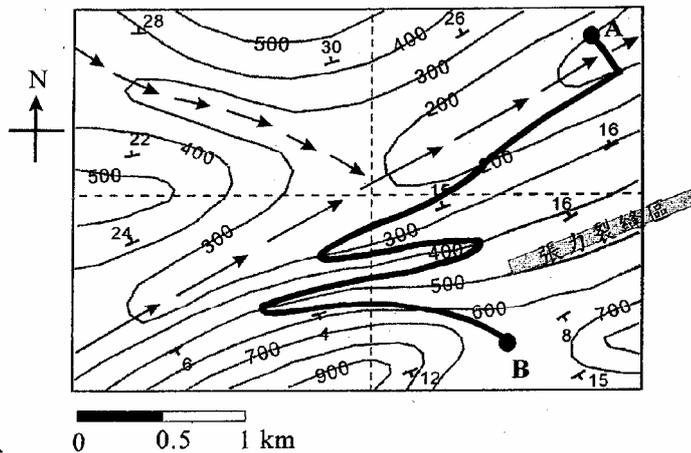
註：等高線高程差 100 公尺，露頭所量得之傾向標於圖中且傾角單位為角度，箭頭為河流及其流動方向，岩層界面摩擦角約為 10~18 度。



• 96 年土木技師試題 •

### 參考題解

(一)合理之公路路線



(二)此區域可能之地質構造

- (1)順向坡及逆向坡：道路為了降低坡度採「之」字形，因此會有很多路線大致平行層面走向，則道路一側為順向坡，另一側為逆向坡。
- (2)背斜：在圖上張力裂縫區的南、北側之層面傾向相反，因此，研判張力裂縫區為背斜軸軸部。

(三)定線理由

- (1)要滿足公路縱坡坡度要求，視道路等級而定，最大坡度可考慮達到 12%。
- (2)儘量避開張力裂縫區，因該區域較破碎，邊坡較不穩定。

(四)沿線可能遭遇之工程問題

- (1)順向坡平面滑動：在張力裂縫區的北側，其道路的南側邊坡，大多為順向坡，且本工址之邊坡坡度約介於 25~45 度之間，風化表土層約 1~2 m，因此表土易沿土岩界面滑動。另順向坡之傾角約為 16 度，當為層界面摩擦角小於 16 度時，較易發生平面滑動，影響邊坡及路基穩定性。
- (2)背斜軸附近邊坡易坍塌：由於背斜軸較破碎，邊坡及路基較不穩定。
- (3)沖刷與淤積：圖上西側顯示為兩條溪流匯集，最後匯流成一條，因此，靠近河谷行水區，邊坡易被沖刷，影響邊坡穩定，且被沖刷的土石會衝擊橋台、橋墩及堆積在下游，影響橋涵之通水斷面。

- 二、(一)於壕溝開挖支撐系統中，試說明內部支撐與背拉式地錨支撐各自之優缺點。(8 分)
- (二)舉例說明背拉式地錨之種類及其在土木工程中之應用場合。(8 分)
- (三)一硬粘土層中之背拉式地錨，其固定端擬使用灌漿技術以改善其固定端之摩擦效應。設此地錨固定端長 6 m，鑽孔之直徑為 100 mm，固定端之有效直徑為 200 mm，硬粘土層之  $\phi_u = 0^\circ$ ， $c_u = 120 \text{ kPa}$ ，表面摩擦係數  $\alpha$  為 0.5， $N_c = 9$ ，求此地錨之極限承載力。(9 分)

• 96 年土木技師試題 •

### 問題剖析

固定端的直徑大於鑽孔直徑，因此研判為擴座型地錨，其極限承載力包含錨碇體的摩擦力及擴座的承載力。

### 參考題解

(一)內部支撐與背拉式地錨支撐之優缺點：

	內 部 支 撐	地 錨 背 拉
優 點	(1)在基礎淺而小時，支撐迅速，成本低。 (2)土壤強度高低均適用。 (3)無侵害他人地權之困優。	(1)無內支撐的阻擋，施工便利。 (2)開挖面積甚大時，採內支撐有挫屈之虞，背拉則無此顧忌。 (3)開挖平面形狀不規則，內支撐配置有困難，背拉則較無影響。 (4)基地以斜坡明挖為主，但僅一面支撐時，可採背拉方式施作。
缺 點	(1)支撐過長易挫屈及變形。 (2)深開挖時太多支撐影響施工及工期。	(1)地錨延伸至基地外側，侵害他人地權。 (2)需有良質地層當做固定端，若該層太深則不經濟。 (3)施工技術需較高。

註：摘自施國欽編著大地工程學(二)4.6.2 節

(二)背拉式地錨之種類及應用場合：

受力型式	說 明	適用之地質材料
摩擦式地錨	錨碇端之斷面均勻，主要靠灌漿材料與地盤之間的摩擦力作為錨碇力。	岩盤 粘土
擴大型灌漿地錨	藉由灌漿的擠壓作用使錨碇斷面增大，除增加摩擦效果，亦有部份的承壓作用。	砂土 礫石
(多階)擴座型地錨	固定端有一次或多階段的擴座，以增加承壓及錨碇力。	粘土

註：摘自施國欽編著大地工程學(二)2.11.2 節

(三)地錨極限承載力  $P_u$  為：

$$P_u = \tau A + q_b A_b = (\alpha C_u) \pi D L + (C_u N_c) \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = (0.5 \times 120) \times \pi \times 0.2 \times 6 + 120 \times 9 \times \frac{\pi}{4} (0.2^2 - 0.1^2)$$

$$= 226.2 + 25.4 = 251.6 \text{ kN}$$

三、(一)試扼要說明當土壤發生液化時，地表可能造成那些破壞型態？(5 分)

(二)試說明 Iwasaki (1982) 液化潛能指數  $P_L$  (Liquefaction Potential Index) 之意義，並指出其與抵抗液化之安全係數有何差異。(5 分)

(三) 921 集集大地震期間，台灣中部地區某鑽孔之地下水位距地表面 2 m，土層主要為均勻之粉土質細砂層， $\gamma_t = 18 \text{ kN/m}^3$ ，細料含量小於 5%。於當地測站所測得之地震規模  $M_w$  為 7.6，

地表加速度  $a_{max}$  為 0.3。設地震所造成之剪應力比為： $\tau_{ave}/\sigma'_0 = 0.65(\sigma_0/\sigma'_0)(a_{max}/g)\gamma_d$ ，現地標準貫入打擊數對覆土壓力之修正式採  $C_N = (Pa/\sigma'_0)^{1/2}$  計算，設該粉土質細砂層於地表下深度  $z=9\text{m}$  處之現場 SPT-N 值為 12，試依據美國 Seed (1997) 所發展出來之簡易經驗法，計算此土壤單元抵抗液化之安全係數。(15 分)

註：1. 假設應力折減因子隨地層深度呈線性變化，已知於地表面之應力折減因子  $\gamma_d = 1.0$ ，於地表面下 10 m 深處之應力折減因子  $\gamma_d = 0.9$ 。

2. 鑽桿對深度之能量修正公式採： $ER(\%) = 30(z/11) + 50$  計算。

3. 地震規模修正係數採： $MSF = 10^{2.24}/M_w^{2.56}$  計算。

4. 土壤之抗液化強度採下列公式計算：

$$CRR_{M=7.5} = (\tau/\sigma'_0) = (a + cx + ex^2 + gx^3) / (1 + bx + dx^2 + fx^3 + hx^4)$$

$$x = (N_1)_{60cs}, \quad x < 30$$

$$CRR_{M=7.5} = 0.05, \quad x < 3$$

$$a = 0.048, \quad e = 0.0006136$$

$$b = -0.1248, \quad f = -0.003285$$

$$c = -0.004721, \quad g = -1.673 \times 10^{-5}$$

$$d = 0.009578, \quad h = 3.714 \times 10^{-6}$$

• 96 年土木技師試題 •

### 參考題解

(一) 液化常見的破壞類型如下：

- |                       |               |
|-----------------------|---------------|
| (1) 結構物上浮。            | (2) 噴砂或噴泥水現象。 |
| (3) 邊坡滑動，包含側向擴展及流動破壞。 | (4) 結構物傾倒或沈陷。 |
| (5) 結構受側向力作用而破壞。      |               |

(二) 液化潛能指數  $P_L$  之定義為： $P_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$

式中  $F(z)$  = 抗液化係數， $F(z) = 1 - F_L$ ，其中  $F_L$  為抗液化安全係數， $W(z)$  = 深度權重係數  
Iwasaki 認為土層越疏鬆，抵抗液化的安全係數  $F_L$  越小，則  $F(z)$  及  $P_L$  越大，表示液化的機率越高；其次，液化位置淺， $W(z)$  及  $P_L$  越大；液化厚度 ( $dz$ ) 越厚， $P_L$  越大，液化機率越高。

(三) 有效覆土壓力  $\sigma'_0$  之計算：

(1) 有效覆土壓力  $\sigma'_0$  之計算

$$\text{假設 } \gamma_t = \gamma_{sat} = 18 \text{ kN/m}^3 \quad \sigma'_0 = 18 \times 2 + (18 - 9.8) \times 7 = 93.4 \text{ kPa}$$

(2) 修正 N 值

$$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{93.4}} = 1.011 \quad ER(\%) = 30 \times \frac{9}{11} + 50 = 74.5\%$$

$$\text{修正後 } N_1 = 1.011 \times 12 \times \frac{74.5}{60} = 15$$

(3) 土壤抗液化強度

$$CRR_{M=7.5} = \frac{\tau}{\sigma'_0} = \frac{(0.048 - 0.004721 \times 15 + 0.0006136 \times 15^2 - 1.673 \times 10^{-5} \times 15^3)}{(1 - 0.1248 \times 15 + 0.009578 \times 15^2 - 0.0003285 \times 15^3 + 3.714 \times 10^{-6} \times 15^4)}$$

$$= \frac{0.048 - 0.071 + 0.138 - 0.0565}{1 - 1.872 + 2.155 - 1.1087 + 0.188} = \frac{0.0585}{0.3623} = 0.1615$$

(註：題目  $f$  應為  $-0.0003285$ )

$$\text{地震規模修正係數： } MSF = \frac{10^{2.24}}{7.6^{2.56}} = 0.9663 \quad \text{修正 } CRR = 0.1615 \times 0.9663 = 0.156$$

(4)地震所引起的平均剪應力比  $\tau_{ave}/\sigma'_0$ 

總應力  $\sigma_0 = 18 \times 9 = 162 \text{ kPa}$ ，直線內插求深度折減係數  $\gamma_d = 0.91$

$$\frac{\tau_{ave}}{\sigma'_0} = 0.65 \times \left( \frac{\sigma_0}{\sigma'_0} \right) \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \gamma_d = 0.65 \times \frac{162}{93.4} \times 0.3 \times 0.91 = 0.3078$$

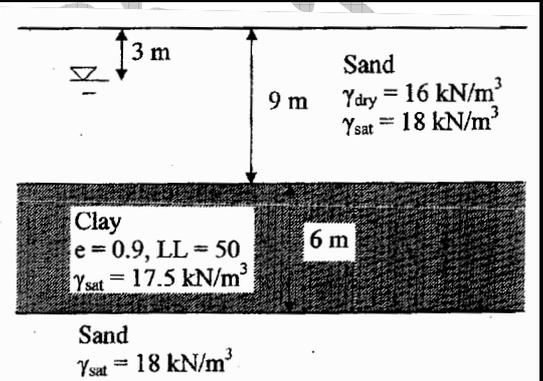
$$(5) \text{抗液化安全係數 } FS : FS = \frac{\tau/\sigma'_0}{\tau_{ave}/\sigma'_0} = \frac{0.156}{0.3078} = 0.507 < 1$$

(NG)

**觀念探討**

- (1)本題計算題研判題目數字打錯，若按原題目計算，CRR 會得負值，為不合理數據。  
 (2)原題目  $CRR_{M=7.5}$  只適用於  $M = 7.5$ ，而題目地震規模  $M_w = 7.6$ ，因此依題意要修正 CRR 值，修正後之 CRR 值會降低。

四、有一地層如右圖所示，該處地層之孔隙水壓呈靜水壓分佈，地下水位面位於地表下 3 m 處。該正常壓密粘土：  
 $\gamma_{sat} = 17.5 \text{ kN/m}^3$ ， $LL = 50$ ， $e = 0.9$ ， $k = 10^{-7} \text{ m/sec}$ ，如因長期使用需求將粘土層下方砂土層之水頭抽降 5 m，則對該粘土層之滲流及壓密狀況將造成何種影響？分別計算粘土層單位面積最大滲流量及壓密沉陷量。(25 分)



• 96 年土木技師試題 •

**參考題解**

在粘土層下方砂層抽水，會造成粘土層壓密沈陷，且地下水會在粘土層產生向下滲流，其計算如下：

(一)壓密沈陷量  $\Delta H_c$  計算

假設地下水位以上為乾砂，粘土層中央有效覆土壓力  $\sigma'_0$

$$\sigma'_0 = 16 \times 3 + (18 - 9.8) \times 6 + (17.5 - 9.8) \times 3 = 120.3 \text{ kPa}$$

$$\text{應力增量 } \Delta \sigma' = \frac{5}{2} \times 9.8 = 24.5 \text{ kPa}$$

根據 Terzaghi & Peck (1967) 之經驗公式： $C_c = 0.009(LL - 10) = 0.009 \times (50 - 10) = 0.36$

$$\Delta H_c = H_0 = \frac{C_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0} = 600 \times \frac{0.36}{1 + 0.9} \log \frac{120.36 + 24.5}{120.36} = 9.15 \text{ cm}$$

## (二)單位面積最大滲流量計算

$$q = kiA = 10^{-7} \times \frac{5}{6} \times 1 = 8.33 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m} = 7.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{day}/\text{m}$$

欲知 12/8、12/9 更詳細的解答

請至實力網站下載 [www.shi-li.com.tw](http://www.shi-li.com.tw)