

# 《大地工程學》

一、請試述下列名詞之意涵：(每小題5分，共25分)

- (一) SPT- $(N_1)_{60,cs}$ (Corrected N)
- (二) 大地應力(Tectonic stress)
- (三) 混同層(Melange)
- (四) 消散耐久性試驗(Slake durability test)
- (五) 岩爆(Rock burst)

試題評析	消散耐久性試驗一般是在岩石力學裡教，此問答題較意外。其餘四題上課皆有講過。第(五)題在工程地質正課與題庫班多次提及，同學有來上課應有印象。
考點命中	1.第(一)題 $(N_1)_{60}$ 見《高點建國解說基礎工程講義》，第三章；第六節。 2.第(三)題見《高點建國解說工程地質講義》第1-7頁。

解：

- (一) SPT試驗的儀器並未標準化，各廠牌不一。就算是同一廠牌，用久了也會有摩擦力大增，傳到鑽桿最底端的有效打擊能量減少的問題，導致同一地點，不同機具、不同新舊，打出的N值不同。眾人意識到N必須用某種「標準裝備」打出的數據來衡量才對。60的意思是因為美國早期大部分的SPT設備，只能把夯錘提高後重力位能的60%有效傳到孔底的鑽桿前端，挾其國力、學術輸出與經濟優勢，大家就把現地的N修正到 $N_{60}$ 。由於工程師還是想從原打數N值預估相對密度，所以N值要做圍壓修正，一般來講就是以一大氣壓作為標準圍壓。經過圍壓修正的N值稱為 $N_1$ 。 $(N_1)_{60}$ 就是有經過能量修正與圍壓修正的N值。
- (二) 大地應力指關係到地體構造 (tectonics或geotectonics) 的應力，尤其指地殼上部與造山運動有關的應力。這種應力，在地殼中的大地區域(tectonic domain)裡是均勻的，大地區域指幾千至幾百平方公里，大地應力也是這一大地區域內的地質構造組合及變形特徵的原始動力。大地應力是大區域的力量，如板塊對撞的力量。台灣的大地應力方向，主要在東南-西北方向，其原因乃菲律賓板塊向西北碰撞歐亞大陸板塊所致。Tectonic就是「板塊的」之意。
- (三) 混同層是大規模的角礫狀岩石，通體破碎，它們缺乏連續的層面以及夾雜著各種大小不一的岩塊，甚至包含細微的顆粒與外來岩塊。在大陸板塊邊緣及海洋板塊邊緣，受地殼間推擠的剪力作用，岩體產生劇烈的變形及破裂，破裂尺寸不一，非常複雜難以分層，可能火成岩、沉積岩、變質岩都有，此即是混同層，案例如台東海岸山脈。混同層鬆散，徒手可剝開，不適合做為建築物基礎。
- (四) 岩石材料經過消散耐久性試驗之後的乾重與試驗前乾重之比值，稱為該岩石材料之消散耐久性指數。此數值越大，岩石可謂越堅硬，越能抵抗自然界風化侵蝕。岩石材料消散耐久性之大小，顯示出岩石材料抵抗乾濕循環、輕度攪拌與摩擦之能力。試驗儀器為消散耐久儀，以一馬達轉速20 rpm轉動二圓鼓，而該二圓鼓之外表為銅網，網目為2 mm × 2 mm，圓鼓皆有一半浸在水中。試驗前，選擇岩石材料試體10塊，每塊重大約40至60公克，烘乾後稱其重量(此為未來的分母m1)，將其置於圓鼓中，其時試體已停留在圓鼓銅網上並受浸水作用。然後開動馬達使圓鼓轉動10分鐘，試體在轉動過程中，歷經甚多次之「浸水、被銅網帶離水域而進入空氣中、再度落回水中、互相碰撞與摩擦」等循環。在多次循環中，耐久性不佳之岩石材料會消散成泥漿，最後取出尚停留在鼓中之試體，烘乾之，再稱其重量(此為分子)，試驗即告完成。

第一循環， $I_{d1} = \frac{m_2}{m_1} \times 100\%$  (first-cycle slake durability index)

第二循環， $I_{d2} = \frac{m_3}{m_1} \times 100\%$  (second-cycle slake durability index)

$m_1$  是最初岩石試體乾重， $m_2$  是經過第一循環之後的剩餘岩石試體乾重， $m_3$  是經過第二循環之後的剩餘岩石試體乾重。

耐久性(durability)	$I_{d1}$	$I_{d2}$
非常高(very high)	> 99	98 ~ 100
高(high)	98 ~ 99	95 ~ 98
中高等(medium high)	95 ~ 98	85 ~ 95
中等(medium)	85 ~ 95	60 ~ 85
低(low)	60 ~ 85	30 ~ 60
非常低(very low)	< 60	0 ~ 30

消散耐久性之比較，通常以經過第二循環試驗之值為準(指  $I_{d2}$ )，但每一循環試驗之數值皆須報告。若消散耐久性小於 10%，例如泥岩、頁岩、黏土岩、粉土岩，則岩石必定甚為軟弱。

(五)對於覆蓋層超過1000公尺的隧道，因為覆土圍壓過大，在開挖期間，開挖形成解壓，對隧道斷面邊緣的岩石產生很大的軸差應力，導致岩石向隧道中心點發出巨響噴爆而出(有位移空間)，謂之岩爆，是短期內能量釋放，容易招致人員機具傷亡。岩爆其實是岩體應力的重新調整，但在很短的時間內重新調整。

如果覆蓋層未超過1000公尺(隧道斷面中心點到山頂)，隧道開挖比較不容易岩爆。台灣隧道，隧道斷面中心點到山頂很少超過1000公尺，不易岩爆。

## 二、某工址鑽探調查孔物理性質試驗表部分資料如下表所示：

取樣深度(m)	標準貫入試驗			粒徑分析 (%)				含水量 (%)	液性限度 (%)	塑性限度 (%)	比重	單位重 $\text{kN/m}^3$
	15 cm	15 cm	15 cm	礫石	砂	粉土	黏土					
1	4	5	6	1	85	14	0	24	-	-	2.71	19
2	1	1	2	0	5	53	42	19	20	14	2.70	18
3	1	2	2	0	1	39	60	35	39	20	2.68	18

請根據上述資料回答以下問題：

(一)說明標準貫入試驗並計算 1 公尺深度之 SPT-N 值。(5 分)

(二)計算 2 公尺深度取樣土壤之塑性指數並說明其統一土壤分類符號。(10 分)

(三)計算 3 公尺深度取樣土壤之孔隙比及飽和度。(10 分)

試題評析	1.老師於課堂上提及SPT之意義解釋必考，果然考出！ 2.土壤分類塑性圖之陰影區須優先檢核，果然考出！ 3.試體含水量大於縮性限度，則試體飽和， $S=100\%$ 。果然考出！
考點命中	《高點建國解說土壤力學講義》頁3-4，圖3-1，試體含水量大於縮性限度，則試體飽和。

解：

(一)

SPT試驗乃以63.5 kg重的夯錘，76.2公分的落距，夯擊劈管取樣器入土。一般來講，在土層變化處以及每隔1.0~1.5公尺深度作一次SPT。以1.5公尺為例，首先洗孔前進105公分，剩餘45公分係由夯擊劈管前進。每循環夯擊劈管時，須將其擊入土45公分，且分三段記錄。第一段15公分的打擊數忽略不計，因可能受垃圾、雜物、洗孔過程、落土影響而不準確；後面兩段(30公分，1英尺)所需的打擊數總和，即為N值(blow/ft)。若打數N超過50還不能通過30公分，則該段可以不再打，惟須記錄貫入深度。與N值對應的經驗公式相當多，N值可估計土壤單壓強度、不排水剪力強度、稠度、相對密度 $D_r$ 、內摩擦角、基樁承载力、沉陷量、進行砂土液化潛能評估。惟SPT係人為操作，經常因人為因素造成貫入能量不標準，可重現率(Repeatability)很低，應以自動落錘設備改善之。

1公尺處， $N = 5 + 6 = 11$

(二) $PI = LL - PL = 20 - 14 = 6$

PI介於 4~7，LL介於16~25，落於塑性圖陰影區 故為 CL-ML

(三)含水量=35% > PL = 20% > SL 故飽和度  $S = 100\%$

$Se = w G_s$  故  $e = w G_s = 0.35(2.68) = 0.938$

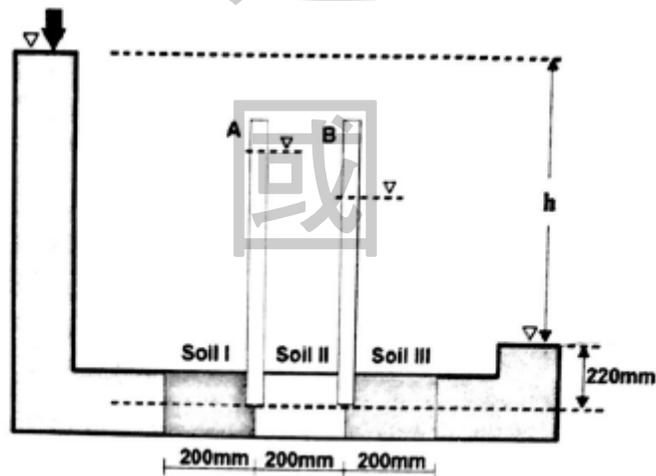
三、滲流試驗剖面圖所示，其中三種不同土層，每層200mm長，斷面直徑150mm，在土壤變化處設置水壓計A與B，試體兩端水頭差 $h$ 為500mm，三種土壤之孔隙率( $n$ )與滲透係數( $k$ )分別為Soil I： $n=0.5$ ， $k=5 \times 10^{-3}$ (cm/sec)；

Soil II： $n=0.6$ ， $k=5 \times 10^{-2}$ (cm/sec)；Soil III： $n=0.4$ ， $k=5 \times 10^{-4}$ (cm/sec)。

(一)決定每小時流經此試體之水量。(5分)

(二)以下游出口處水位為基線，決定土壤I出口處之壓力水頭及總水頭。(10分)

(三)決定水壓計B之水柱高度及土壤III之滲流速度(seepage velocity)。(10分)



試題評析	<p>1.這是總水頭、壓力水頭基本題型。命題者為了加速閱卷速度，定datum在下游出口處。三種土壤的外視流速是相同的。</p> <p>2.土壤III的滲流速度是其外視流速除以<math>n</math>。</p> <p>3.總水頭損失之「搶劫比」公式，本班教法獨一無二，好用又搶分，命題者十分捧場!</p>
考點命中	《高點建國解說土壤力學講義》頁5-30，例題5-7.1。

解：

(一)滲流垂直土壤層面  $\frac{\Sigma H}{k_e} = \frac{H_1}{k_1} + \frac{H_2}{k_2} + \frac{H_3}{k_3}$

$$\frac{60}{k_e} = \frac{20}{5(10)^{-3}} + \frac{20}{5(10)^{-2}} + \frac{20}{5(10)^{-4}} \quad \text{解出 } k_e = 1.3514 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

$$Q = k_e i A t = 1.3514 \times 10^{-3} \times (50/60) \times \frac{\pi}{4} (15)^2 \times 3600 = \underline{716.41 \text{ cm}^3/\text{hr}}$$

$$(二) \Delta h_1 : \Delta h_2 : \Delta h_3 = \frac{L_1}{A_1 k_1} : \frac{L_2}{A_2 k_2} : \frac{L_3}{A_3 k_3} = \frac{1}{1k_1} : \frac{1}{1k_2} : \frac{1}{1k_3} = 1000:100:10000$$

$$= 10:1:100$$

$$\Delta h_1 = (10/111)50 = 4.5 \text{ cm}$$

$$\Delta h_2 = (1/111)50 = 0.45 \text{ cm}$$

$$\Delta h_3 = (100/111)50 = 45.05 \text{ cm}$$

$$\text{土壤 1 出口處總水頭} = 50 - 4.5 = \underline{45.5 \text{ cm}}$$

$$\text{土壤 1 出口處壓力水頭} = 45.5 + 22 = \underline{67.5 \text{ cm}}$$

$$(三) \text{水柱高度} = 22 + \Delta h_3 = 22 + 45.05 = \underline{67.05 \text{ cm}}$$

$$\text{外視流速 } v = k_e i = 1.3514 \times 10^{-3} \times 50/60 = 1.1262 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

$$\text{滲流速度 } v_s = v / n = 1.1262 \times 10^{-3} / 0.4 = \underline{2.8154 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}}$$

- 四、某填海造地之離岸人工島面積約為 500 公頃，此人工島基地之平均海水深度為 18 公尺，基於沉陷量考量填土高度設定為 33 公尺，回填土乾單位重及飽和單位重分別為  $20.0 \text{ kN/m}^3$  及  $22.0 \text{ kN/m}^3$ ，海床底下有 50 公尺海積黏土，海積黏土層之下為砂性土層。假設海水單位重為  $10.0 \text{ kN/m}^3$ ，海積黏土層之飽和單位重 ( $\gamma_{\text{sat}}$ ) 為  $15.0 \text{ kN/m}^3$ ，孔隙比 ( $e_o$ ) 為 2.35，液性限度為 90%，塑性限度為 35%，壓縮指數 ( $C_c$ ) 為 0.72，再壓指數 ( $C_r$ ) 為壓縮指數 ( $C_c$ ) 的十分之一，二次壓縮指數 ( $C_\alpha$ ) 為壓縮指數 ( $C_c$ ) 的百分之五，過壓密比 (OCR) 為 2.0。假設忽略填土過程之影響，請問：
- (一)造地完成後此層海積黏土產生之主壓密沉陷量為何？(15 分)
- (二)若主壓密完成時間為 5 年，則 20 年後二次壓密沉陷量為何？(10 分)

試題評析	1.此為過壓密土壤壓成正常壓密土壤之基本題型。 2.題幹雖長，但是觀念、計算等等都很基本。 3.注意海水單位重 $10 \text{ kN/m}^3$ 。
考點命中	《高點建國解說土壤力學》頁6-51，例題6-8.1。

解：

$$(一) \text{面積 } 5 \text{ 公頃} = 5 \times 10^6 \text{ m}^2$$

若人工島為正方形，則  $B = 2236 \text{ m}$

海積黏土層厚度 50m，施工視為廣大面積加載

施工前，海積黏土層中點

$$\sigma'_0 = (50/2)(\gamma') = 25(15 - 10) = 125 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_c = \sigma'_0(\text{OCR}) = 125(2) = 250 \text{ kPa}$$

施工後，海積黏土層中點應力增量

$$\Delta \sigma' = 15\gamma_d + (33 - 15)(\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) = 15(20) + 18(22 - 10) = 516 \text{ kPa}$$

$$(二)C_r = C_c / 10 = 0.72/10 = 0.072$$

$$\begin{aligned}\Delta H_c &= \frac{C_r H}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + \frac{C_c H}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_c} \\ &= \frac{0.072(5000)}{1+2.35} \log \frac{250}{125} + \frac{0.72(5000)}{1+2.35} \log \frac{125+516}{250} \\ &= 32.35 + 439.43 = \underline{471.78 \text{ cm}}\end{aligned}$$

$$C_\alpha = 0.05C_c = 0.05 \times 0.72 = 0.036$$

$$\Delta H_s = \frac{C_\alpha H}{1+e_0} \log \frac{t_s}{t_p} = \frac{0.036(5000)}{1+2.35} \log \frac{20}{5} = \underline{32.35 \text{ cm}}$$

高  
點  
建  
國

【版權所有，翻印必究】