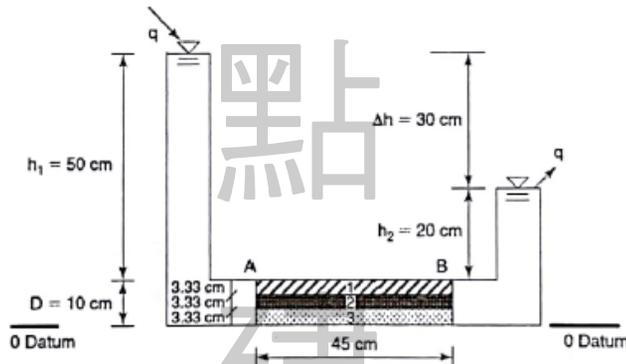


# 《大地工程學》

- 一、水流通過三層土壤，如圖所示。土壤橫斷面為邊長 100 mm 之正方形。3 種土壤之水力傳導係數分別為： $k_1=1 \times 10^{-4}$  m/s (土壤 1)、 $k_2=5 \times 10^{-6}$  m/s (土壤 2)、 $k_3=3 \times 10^{-5}$  m/s (土壤 3)。試計算下列問題：(每小題 5 分，共 15 分)
- (一)水流通過三層土壤之等效水力傳導係數。
- (二)計算 A 及 B 點之壓力水頭。
- (三)計算水流通過三層土壤之流率 (flow rate)。



試題評析	1.流線平行土壤層面， $k_e = (k_e + k_e + k_e) / 3$ ，這是基本送分題。 2. $q = k_e i A$ ，還是基本送分題。
考點命中	命中太多，族繁不及備載！版面有限，僅列一例： 請見《解說土壤力學》，頁5-27，例題5-6.1，相似度95%。

解：

(一)流線平行土壤層面， $k_e = (k_e + k_e + k_e) / 3 = 4.5 \times 10^{-5}$  m/sec =  $4.5 \times 10^{-7}$  cm/sec

(二) $h_{p,A} = \underline{50 \text{ cm}}$   
 $h_{p,B} = \underline{20 \text{ cm}}$

(三) $q = k_e i A = 4.5 \times 10^{-7} \times (30/45) \times 100 = \underline{3 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{sec}}$

- 二、採用未飽和黏土進行兩次壓密不排水之三軸壓縮試驗 (CU 試驗)，假設未飽和試體之孔隙水壓  $u$  等於量測孔隙水壓  $u_w$  與飽和度  $S$  之乘積 ( $u = S \times u_w$ )。當黏土試體破壞時，可量得下列試驗結果：(每小題 5 分，共 15 分)

參數	圍壓 $\sigma_3$ (kPa)	軸壓 $\sigma_1$ (kPa)	飽和度 $S$ (%)	量測孔隙水壓 $u_w$ (kPa)
試驗一	20	190	60	-100
試驗二	60	450	50	-300

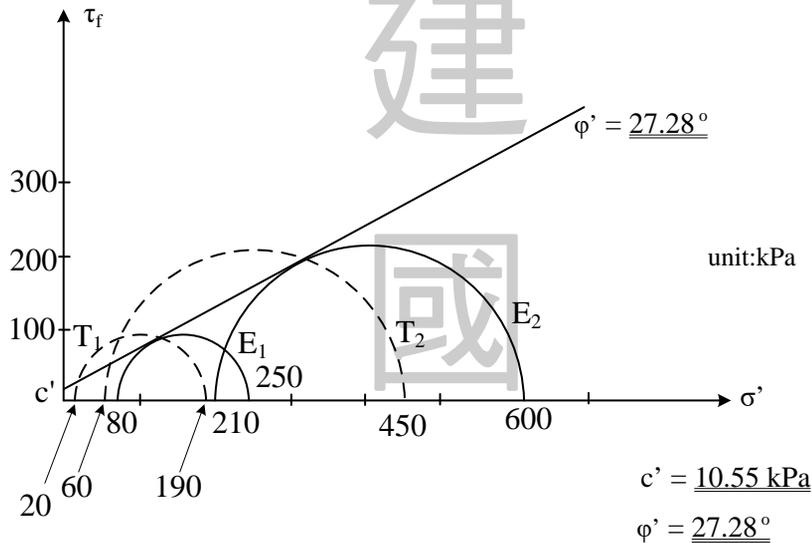
- (一)計算試體破壞時之總應力圍壓  $\sigma_3$  與軸壓  $\sigma_1$  以及有效應力圍壓  $\sigma'_3$  與軸壓  $\sigma'_1$ 。
- (二)繪製試體破壞時之莫爾圓 (Mohr circle) (採用  $\tau \sim \sigma'$  座標) 及破壞包絡線。
- (三)求取此黏土之有效應力凝聚力  $c'$  及有效摩擦角  $\phi'$ 。

<b>試題評析</b>	1.本題稍有創新，土壤不飽和，按照飽和度來算超額孔隙水壓，題目給公式，照著算就得分。 2.超額孔隙水壓是負數，本題是OC。 3.有聽歐陽老師叮嚀的考生，帶圓規又帶量角器，先恭喜您金榜題名！
<b>考點命中</b>	命中太多，族繁不及備載！版面有限，僅列一例： 請見《解說土壤力學》，頁7-39，例題7-5.1。

解：

- (一)第一個試體，破壞時孔隙水壓  $u_e = Su_w = 0.6(-100) = -60 \text{ kPa}$   
 第一個試體，破壞時  $\sigma_3 = 20 \text{ kPa}$ ， $\sigma_1 = 190 \text{ kPa}$ ， $\sigma'_3 = 80 \text{ kPa}$ ， $\sigma'_1 = 250 \text{ kPa}$
- 第二個試體，破壞時孔隙水壓  $u_e = Su_w = 0.5(-300) = -150 \text{ kPa}$   
 第二個試體，破壞時  $\sigma_3 = 60 \text{ kPa}$ ， $\sigma_1 = 450 \text{ kPa}$ ， $\sigma'_3 = 210 \text{ kPa}$ ， $\sigma'_1 = 600 \text{ kPa}$

(二)



(三)第一個試體

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 K_p + 2c' \sqrt{K_p} \quad 250 = 80 K_p + 2c' \sqrt{K_p} \dots\dots\dots ①$$

第二個試體

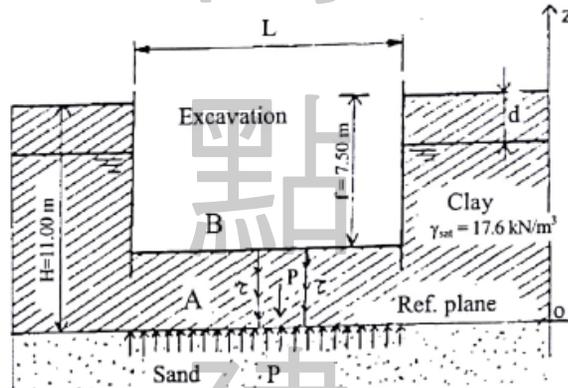
$$\sigma'_1 = \sigma'_3 K_p + 2c' \sqrt{K_p} \quad 600 = 210 K_p + 2c' \sqrt{K_p} \dots\dots\dots ②$$

聯立①與② 解出  $c' = 10.55 \text{ kPa}$

$$K_p = 2.6923 = \tan^2(45^\circ + 0.5 \phi')$$

解出  $\phi' = 27.28^\circ$

- 三、在堅硬的黏土層(飽和單位重  $\gamma_{\text{sat}} = 17.6 \text{ kN/m}^3$ )中進行開挖(Excavation)。當開挖深度達到 7.5 m 時，黏土層產生裂縫而地下水開始向上流動。隨後，並將下方砂土層之砂土帶至開挖面。鑽孔顯示，砂土層位於地表面下 11 m 深度處黏土層之下方。試計算下列兩種情況，在開挖面外之地下水水位  $d = ?$  ( $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ ) (每小題 10 分，共 20 分)
- (一)黏土層產生裂縫，地下水開始向上流動時。
- (二)砂土層(臨界水力坡降  $i_{\text{cr}} = 1.0$ )之砂土，被上湧水帶至開挖面時(quick sand)。



試題評析	本題同時考上舉與砂湧，狀似龐大，可是歐陽書裡有一模一樣的題目，數據都一樣。注意水單位重是 $10 \text{ kN/m}^3$ 。
考點命中	請見《解說土壤力學》，頁5-111，出現一模一樣的題目，數據都一樣。 <b>歐陽100%完勝</b> 。

解：

(1) 裂隙產生時，此時發生上舉(uplift)，A、B間垂直距離為 3.5 m

$$FS = \frac{\gamma_{\text{sat}} h_1}{\gamma_w h_w} = \frac{17.6(3.5)}{(11-d)10} = 1 \quad \text{解出 } d = 4.84 \text{ m}$$

(2) 流砂發生時，黏土裂隙內充滿砂，該時刻砂之水力坡降 = 砂的臨界水力坡降

設砂  $\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$ ，故  $\gamma' = 20 - 10 = 10 \text{ kN/m}^3$

臨界水力坡降  $i_{\text{cr}} = \gamma' / \gamma_w = 10 / 10 = 1$

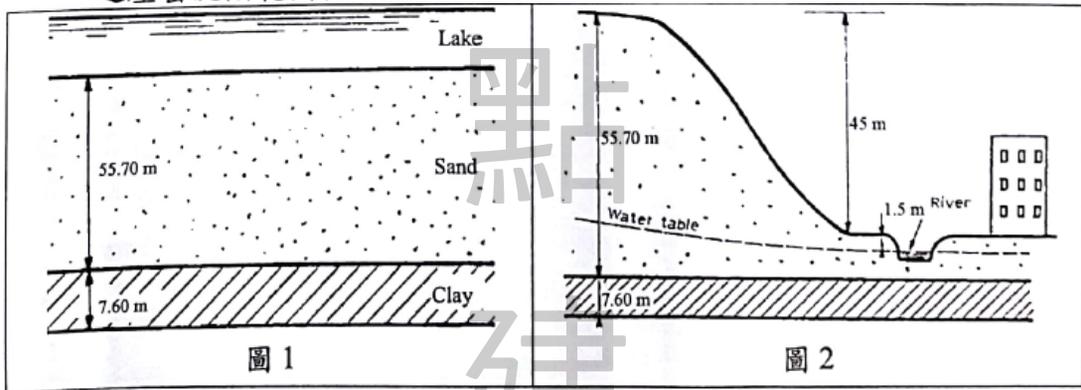
A、B間水力坡降  $i = \Delta h_1 / L = (7.5 - d) / 3.5$

令  $i_{\text{cr}} = i$  解出  $d = 4 \text{ m}$

※本小題是考黏土裏的裂隙充滿砂，裂隙貫通黏土塊，而砂產生流砂現象。

【版權所有，翻印必究】

- 四、某地區之湖泊 (Lake) 湖底由砂土層 (Sand) 組成厚度為 55.70 m，其下方為厚度 7.6 m 的黏土層 (Clay) (如圖 1 所示)。隨著時間推移，湖泊消失後湖底形成台地，且由於其上河流 (River) 之沖刷，最終形成河谷。現在台地距離河谷底部約 45 m。河川水位在谷底下方 1.5 m 處 (如圖 2 所示)。砂土層之浸水單位重  $\gamma' = 10.4 \text{ kN/m}^3$ ，濕土單位重  $\gamma_m = 17.6 \text{ kN/m}^3$ 。黏土層之比重  $G_s = 2.78$ ，含水量  $w = 35\%$ ，壓縮指數  $C_c = 0.32$ ，回脹指數  $C_s = [(1/4) \sim (1/10)] \times C_c$ 。(每小題 10 分，共 20 分)
- (一) 估算黏土層或黏土層頂面之預壓密壓力 (可忽略黏土層覆土壓力)。
- (二) 若建築物載重將造成黏土層之應力增量  $\Delta\sigma = 90 \text{ kN/m}^2$ ，請推估黏土層之壓密沉陷範圍值。



試題評析	1. 本題是沖刷解壓，使得NC變成OC的基本題型。 2. 由本題可知，位於山谷的土壤，可能是OC，人類蓋房子後，還是OC。
考點命中	請見《解說土壤力學》，頁6-44，例題6-7.3，是過壓密黏土經典例題。

解：

(一) 黏土層  $Se = w G_s$   $1(e) = 0.35(2.78) = 0.973$

$$\text{黏土層 } \gamma_{\text{sat}} = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w = \frac{2.78 + 0.973}{1 + 0.973} (9.81) = 18.66 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma' = 18.66 - 9.81 = 8.85 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{黏土層中點 } \sigma'_c = 55.7(10.4) + (7.6/2)(8.85) = \underline{612.91 \text{ kPa}}$$

$$\text{或黏土層頂面 } \sigma'_c = 55.7(10.4) = \underline{579.28 \text{ kPa}}$$

(二) 解壓後，水位線以下的砂土厚度 =  $55.7 - 45 - 1.5 = 9.2 \text{ m}$

$$\text{黏土層中點 } \sigma'_0 = 1.5\gamma_m + 9.2\gamma' + (7.6/2)(8.85) = 1.5(17.6) + 9.2(10.4) + (7.6/2)(8.85) \\ = 155.71 \text{ kPa}$$

$$90 + 155.71 = 245.71 \text{ kPa} < \sigma'_c$$

$$C_s = 0.25C_c \sim 0.1C_c = 0.08 \sim 0.032$$

$$\Delta H = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{90 + 155.71}{155.71} = \frac{0.032(760)}{1 + 0.973} \log \frac{90 + 155.71}{155.71} = 2.44 \text{ cm}$$

最大可能沉陷量 =  $2.44 \times 0.08 / 0.032 = 6.1 \text{ cm}$

沉陷量範圍 2.44 cm ~ 6.1 cm

五、擋土牆高 5 m，支撐水平無凝聚性背填砂土，如圖所示。背填砂土之內摩擦角  $\phi = 30^\circ$ 、孔隙比  $e = 0.53$ 、比重  $G_s = 2.7$ 、主動土壓力係數  $K_a = 0.308$ 。試計算下列(一)~(三)情況，單位寬度擋土牆之水平土壓作用力  $P_h = ?$  (含靜水壓作用力  $P_w$ ， $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ )。牆背粗糙，可假設牆背之牆摩擦角  $\delta = \phi$ 。(每小題 5 分，共 15 分)

(一)背填土採用乾砂土時。

(二)當牆體兩側完全浸水時(如碼頭之擋水牆)。

(三)當背填土完全浸水時(如圖)。



試題評析	1.本題考Coulomb土壓力，不是Rankine土壓力，題目說牆背粗糙。 2.砂土一定要用有效應力分析，土與水要拆開算。 3.題目說 $\delta = \phi$ ，用 $\delta$ 算你就中計了。要用《解說基礎工程》第1-36頁，公式號碼[1.20]。 4.水單位重 $10 \text{ kN/m}^3$ 。
考點命中	請見《解說基礎工程》，頁1-36，公式號碼[1.20]。

解：

$$(一) \gamma_s = \gamma_d(1+e) \quad 2.7 = \gamma_d(1+0.53)$$

$$\text{解出 } \gamma_d = 1.7647 \text{ tf/m}^3 = 17.647 \text{ kN/m}^3$$

$$P_h = 0.5K_a\gamma_d H^2 = 0.5(0.308)(17.647)(25) = \underline{67.941 \text{ kN/m}} \quad (\leftarrow)$$

(二)兩側水壓力平衡掉，同時不計

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w = \frac{2.7 + 0.53}{1 + 0.53} (10) = 21.111 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma' = 21.111 - 10 = 11.111 \text{ kN/m}^3$$

$$P_h = 0.5K_a\gamma' H^2 = 0.5(0.308)(11.111)(25) = \underline{42.778 \text{ kN/m}} \quad (\leftarrow)$$

$$(三) P_h = 42.778 + P_w = 42.778 + (5 \times 10) \times 5/2 = \underline{167.778 \text{ kN/m}} \quad (\leftarrow)$$

六、對於地球物理探測法 (Geophysical Exploration) 中，有關地電阻法 (Electrical Resistivity Method)，回答下列問題：(每小題 5 分，共 15 分)

(一)說明地電阻之探測原理 (可繪圖說明)。

(二)在地質調查中，如何運用地電阻探測成果來進行各種地質狀況判釋？

(三)在坡地整治工程中，如何配合地質鑽探及傾斜管觀測成果來進行地電阻配置？

試題評析	1.地電阻法常常拿來探測漏水位置，或水位位置，工程地質上常用，上課有教。 2.預計下次考透地雷達，再下次考兩者(地電阻法與透地雷達)之比較。
考點命中	《高點建國工程地質題庫班講義》，歐陽編撰，頁1-1，106年大地技師考古題。

解：

(一)地電阻探測法(Electrical Resistivity Image Profiling, RIP)為利用地層之電性差異，而測定地下狀況，主要應用在地下水位置測定、崩塌地範圍測定、溫泉深度測定、地熱、構造物基礎、空洞、水壩漏水位置測定、隧道漏水測定、湧水帶測定以及在施工時同時測定地下水變化、地質補強灌漿效果等方面。

電阻法探測為將一對電極的直流電通入地下，觀測其產生的人工電位場，由另一對電極測量電位差，由通入點之電流強度，依歐姆定律計算視電阻係數。電阻係數通常因各種岩層不同而相異，此為電探法探測地層構造之原理。

(二)一般而言，含水量越高(飽和黏土、飽和砂土、飽和粉土)、水連通性越高、可交換性離子越多、鹽分越高的地層，電阻率越低(一般以藍色表示)。

乾燥粗砂、乾燥卵礫石、已凝固之灌漿材料的電阻率越高(一般以紅色表示)。灌漿補強後之電阻率應升高，紅色區域增加。

電探法很容易可施測至較深之水平地層構造，然較深之薄層構造、傾角較大之深地層及地形效應較不易分析。

用電探法可獲得：

- (1) 地層電阻係數及厚度。
- (2) 岩盤深度及形貌。確認軟弱地層之分佈。
- (3) 基樁完整性檢驗。
- (4) 確認地質灌漿補強效果(補強前後各做一次 RIP)。
- (5) 確定風化層或崩積層厚度(如國道 3 號崩塌勘災)。
- (6) 連續壁漏水之灌漿補強效果(補強前後各做一次 RIP)。
- (7) 隧道前方湧水帶探測。
- (8) 地下水位面。
- (9) 地下管線、廢棄坑洞、路面下坑洞、基礎下坑洞探測。
- (10) 構造物漏水位置。

(三)若地質鑽探與傾斜管觀測成果顯示地底下構造複雜，變動較劇烈，或者接近山麓、盆地邊緣，工程師意欲知道大面積下的土壤層次構造，那麼應該採用雙偶極排列法(Dipole-dipole array)。

若地質鑽探與傾斜管觀測成果顯示地底下構造並不複雜，變動不劇烈，工程師意欲知道大面積下的土壤層次構造，那麼應該採用施蘭伯格排列法(Schlumberger array)或溫奈排列法(Wenner array)。