

# 《土壤力學與基礎工程》

一、(一)無滲流時無限邊坡之穩定性計算公式推導。(15分)

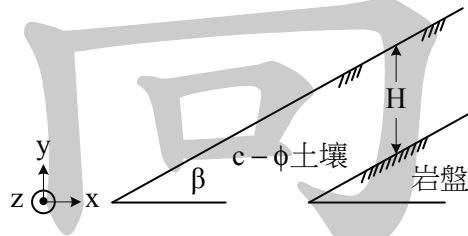
(二)常見穩定邊坡工法與其對應適用性之描述。(10分)

試題評析	此推導上課有完全操練，完全送分。
考點命中	歐陽老師《解說基礎工程》2-13頁。

解：

(一)

(1)



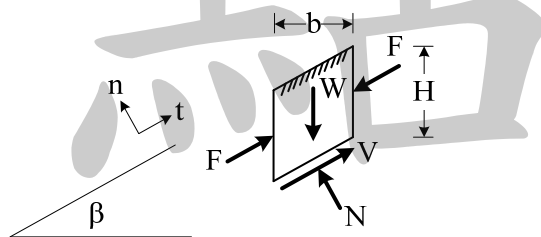
從地表切寬度  $b$ 、深度  $H$ 、厚度一單位(出紙面)的分離體，

分離體自重  $W = \gamma bH$

正向力  $N = W \cos \beta$ ， 剪力  $V = W \sin \beta$

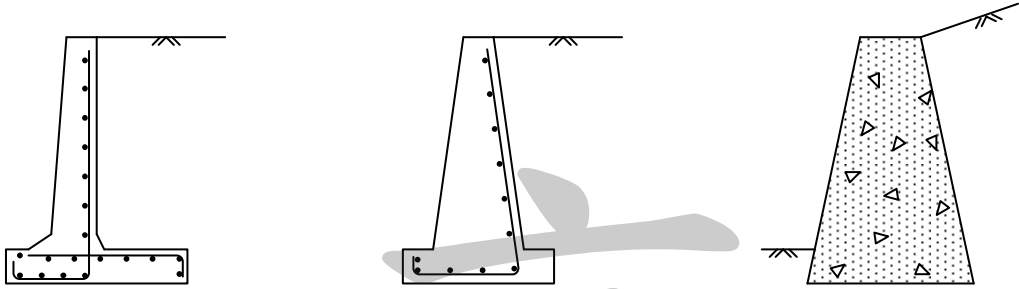
$$\begin{aligned} \text{分離體底部激發出來的剪應力 } \tau_d = V/A &= \frac{W \sin \beta}{b / \cos \beta} = \frac{W}{b} \cos \beta \sin \beta = \gamma H \cos \beta \sin \beta \\ &= \text{傾斜單位面積之作用力} \quad (\checkmark) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{分離體底部抗剪強度 } \tau_f = c + \sigma \tan \phi &= c + (N/A) \tan \phi = c + \frac{W \cos \beta}{b / \cos \beta} \tan \phi \\ &= c + \frac{W}{b} \cos^2 \beta \tan \phi = c + (\gamma H \cos^2 \beta) \tan \phi \quad (\checkmark) \\ &= \text{傾斜單位面積之最大抗力} \end{aligned}$$

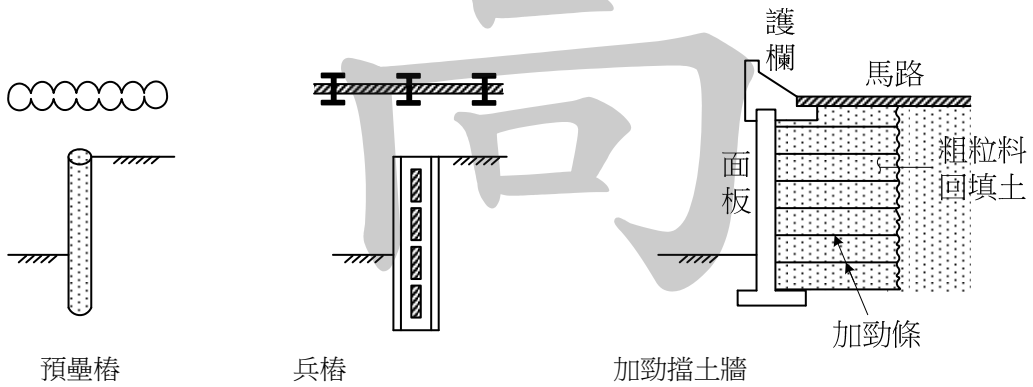


$$\begin{aligned} (2) FS = \text{抗剪強度 } \tau_f / \text{激發出來的剪應力 } \tau_d &= \frac{c + \gamma H \cos^2 \beta \tan \phi}{\gamma H \cos \beta \sin \beta} \\ &= \frac{c}{\gamma H \cos \beta \sin \beta} + \frac{\tan \phi}{\tan \beta} = \text{凝聚力貢獻} + \text{內摩擦角貢獻} \end{aligned}$$

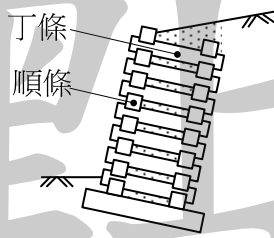
(二)



可用較剛性的擋土牆，如上三圖，需要基地土壤較堅硬，剛性的擋土牆怕差異沉陷。

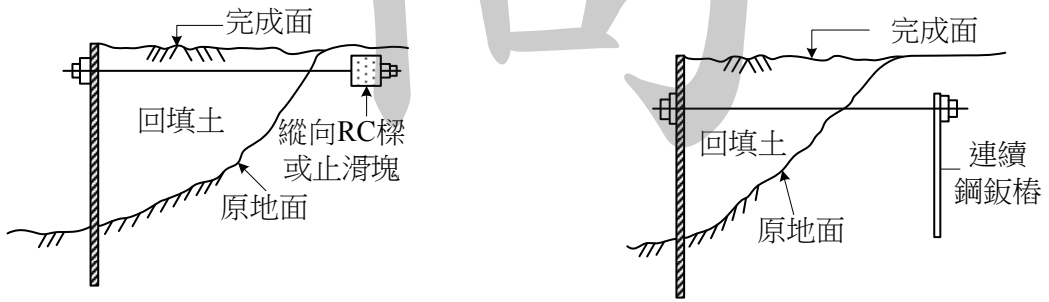
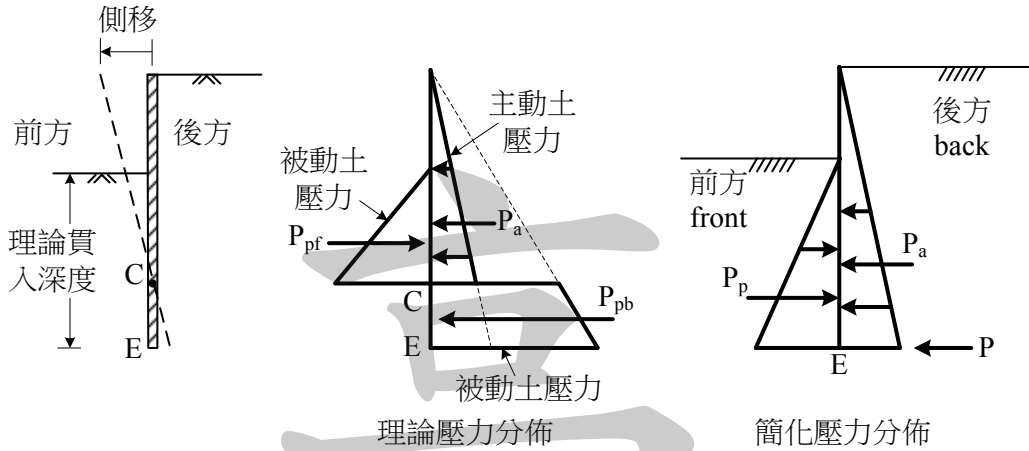


預壘樁較耗成本，需插到預估滑動面以下。兵樁較少作為邊坡擋土設施，但有一些簡易擋土措施是只打鋼軌樁，並不插木板(也無法插)，只以鋼軌樁的抗剪能力對抗滑動面的剪力。加勁擋土牆的速度是施工快，回填土可取現地較優土壤，較抗差異沉陷，然耐久性問題。



框架擋土牆

框架擋土牆之框架有預鑄產品，施工迅速，較抗差異沉陷，可取工址之大卵石做填入材料，省成本。



臨時性邊坡亦可用鋼板樁，依需求打或不打地錨、設置或不設置拉桿。

如果是較低等級的公路邊坡，可用混凝土噴漿+掛鋼絲網+打岩釘。

如果是較高等級的公路邊坡，可用混凝土格梁+地錨穩定邊坡，這是高速公路邊坡的標準做法。

黑點

## 二、(一)何謂正常壓密土壤與過壓密土壤？(10分)

(二)如何應用室內試驗求取土壤之壓縮指數(Cc)，並用於壓密沉陷量計算？(15分)

試題評析	國家為促進青年就業率，出得這麼簡單，煞費苦心了。
考點命中	歐陽老師《解說土壤力學》6-8頁與6-12頁。

解：

(一)

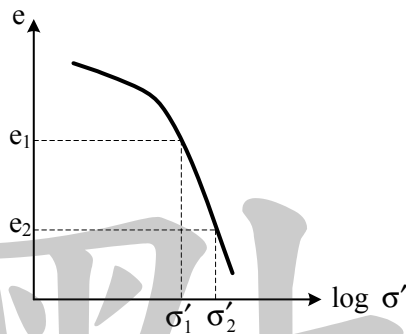
在現場，可以依據各土層厚度及各單位重，求出取樣點的 $\sigma'_v$ 。 $\sigma'_v = \sum \gamma_i h_i$ ，它來自乘法與加法。

從半對數座標軸的壓密試驗曲線上，可以判讀出試體當初在現場所受過的最大有效應力，此應力稱為預壓密應力(Preconsolidation Pressure) $\sigma'_c$

若 $\sigma'_v = \sigma'_c$ ，則現場土壤為正常壓密(Normally Consolidated, NC)土壤。黏土在自然沉積的過程中，僅受到自重壓縮，並且完成壓密，未經歷過解壓，這樣的黏土，稱為正常壓密黏土。

若 $\sigma'_v < \sigma'_c$ ，則現場土壤為過壓密(Over Consolidated, OC)土壤，現場處於解壓狀態。例如開挖地下室，開挖面以下的土壤即是 OC。興建地下室，是對 OC 加載。

(二)



現將單向度壓密試驗所得資料繪在半對數圖紙上，橫軸為  $\log \sigma'$ ，縱軸為  $e$ ，描點 $(\log \sigma', e)$ ，即畫出壓密曲線，如圖。觀察圖，試驗的後期，曲線的斜率接近常數，便於工程師使用(使用時還是要注意工程應力區間)，可取後期的點位，求出斜率的絕對值  $C_c$ ，此即壓縮指數(Compression Index)。

$$C_c \equiv \left| \frac{\Delta e}{\Delta \log \sigma'} \right| = \frac{e_1 - e_2}{\log \sigma'_2 - \log \sigma'_1} = \frac{e_1 - e_2}{\log(\sigma'_2 / \sigma'_1)}$$

$$\text{正常壓密黏土 } \Delta H_c = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0}$$

$$\text{過壓密黏土 } \Delta H_c = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0} \quad \text{for } \sigma'_0 + \Delta \sigma' \leq \sigma'_c$$

$$\text{過壓密黏土 } \Delta H_c = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_c} \quad \text{for } \sigma'_0 + \Delta \sigma' > \sigma'_c$$

三、(一)請描述土壤液化發生之要件。(10分)

(二)進行土壤液化簡易評估時，所需具備之基本參數為何與需如何取得？  
(15分)

試題評析	第(一)小題是送分，第(二)小題稍具難度。
考點命中	歐陽老師《解說基礎工程》7-6頁。

解：

(一)

發生液化的前提條件有三：

- (1) 疏鬆砂土層。
- (2) 地下水位夠充沛，砂土呈飽和或接近飽和。
- (3) 震動力(e.g.地震、震爆、打樁震動)夠大到某一程度以上，且延時要夠久，一般認為地震延時至少大於 15 秒。

(二)

土壤液化簡易評估，所需的基本參數為特定深度的SPT-N值與特定規模的地震在該深度引起的平均剪應力 $\tau_{av}$ 。其原理係根據工址指定深度的實際應力狀態，計算出特定規模的地震在該深度引起的平均剪應力 $\tau_{av}$ 。接著取同深度樣品回試驗室，以動力三軸試驗，求出土壤液化所須的動剪應力 $\tau$ ，兩者剪應力再來相比，得抗液化FS。

主要包含下列二項工作：

(1)評估地震引致之剪應力                      【計算外力】

欲評估地震引致之剪應力，應根據設計地震之大小，採用簡化法(Seed et al. 1971)估計，或依設計地震歷時記錄用類似SHAKE 程式(Schnabel et al, 1972)之單向度擬線性地盤反應分析法計算，所得之剪應力歷時可用「相當於均勻剪應力作用次數」的觀念求取平均剪應力的大小(Seed et al, 1975)，以代表地盤於地震作用時所受剪應力的大小。

Seed採用下式估計地震引致之平均剪應力大小：

$$\left(\frac{\tau_{av}}{\sigma'_v}\right)_L = 0.65 \frac{A_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d \quad [7.2]$$

其中 $A_{max}$ 為設計地震的最大地表加速度值，以 $g$ 表示

$\sigma_v$ 為土壤之垂直覆土壓力，

$\sigma'_v$ 為土壤之有效覆土壓力，

$r_d$ 為考慮土壤為可變形體之應力折減係數(Stress Reduction Factor)。深度越深， $r_d$ 越小，代表越深的土壤，越不易液化。

0.65就是設計地震的最大地表加速度值打65折，此乃考慮到地震過程中，地表加速度值會變化，並非一直維持在最大值，故打65折代表波動平均值。

## (2)評估基地土壤之抗液化強度 【計算強度】

欲評估基地土壤之抗液化強度須有詳細之地質鑽探與土壤試驗資料，根據土壤動態性質求得，依試驗方式可分為室內試驗法與現地試驗法兩類。

舉現地試驗的SPT-N法為例：Seed et al.簡易經驗法(1971,1979,1983,1985)

此法為美國H.B. Seed 教授所領導之研究群，長期累積相關研究成果所提出之簡易經驗法，為類似方法之原創者，該法主要是蒐集世界上許多規模 $M \approx 7.5$ 大地震之案例，估計現地液化及非液化飽和砂土所受之地震反覆剪應力比(Stress Ratio) $SR_{15}$ 與 $(N_1)_{60}$ 之關係， $(N_1)_{60}$ 為鑽桿能量比為60%標準落錘能量且修正至有效覆土應力為 $1 \text{ kgf/cm}^2$ 之SPT-N值，據以建立一條判定液化與否之臨界關係曲線 $SR_{15} = f((N_1)_{60})$ ，即抗液化強度 $SR_{15}$ 與 $(N_1)_{60}$ 之關係。對於不同地震規模，則利用規模與振動作用周數之經驗關係，建立了不同地震規模之臨界曲線。如此，即可直接利用現地SPT-N值評估地層在不同地震規模作用下之液化潛能，在使用上甚為簡便。

四、(一)請說明筏式基礎與擴展基腳在工程應用上的差異性。(10分)  
 (二)淺基礎方形基腳之極限承载力為何？(15分)

試題評析	教科書上典型問題，完全得分。
考點命中	歐陽老師《解說基礎工程》3-17頁與4-2頁。

解：

(一)

筏基使用時機如下：

1. 柱基腳之底面積超過建築物底部總面積之 1/2。
2. 基礎可能發生過大之差異沉陷。
3. 土壤承载力不佳，使用其他淺基礎無法安全支承。
4. 須抵抗向上之靜水壓力。
5. 沿鄰近基地或建築物而建造。
6. 地層含孔洞或性質複雜之高壓縮性土壤者。
7. 欲防止或減低土層內部因基礎載重產生之應力集中現象。
8. 提高建築物基礎抗液化的能力。
9. 需要地下室之停車空間或賣場。

相對的，擴展基腳使用時機如下：

1. 柱基腳之底面積未達建築物底部總面積之1/2。
2. 基礎無發生過大之差異沉陷之可能。
3. 土壤承载力優良，如卵礫石層。
4. 建物無地下室，希望節省成本。
5. 普通建築，非重要之公用使用建築。