

土壤力學講義

第一回

504985-1



社團法 人 考友社 出版發行

土壤力學講義 第一回



第一講 緒論.....	1
命題大綱.....	1
重點整理.....	2
一、土壤的指數性質與分類.....	2
二、土壤結構與粘土礦物.....	32
精選試題.....	45

第一講 緒論



一、土壤的指數性質與分類

- (一)基本概念
- (二)土壤的基本物理物數
- (三)粒徑分析
- (四)粗粒土與細粒土常用指數
- (五)土壤的分類
- (六)各種土壤的主要工程性質

二、土壤結構與粘土礦物

- (一)土壤的礦物成分
- (二)非粘性土壤結構
- (三)粘土礦物
- (四)雙電層與擴散層
- (五)土壤結構型式與工程性質
- (六)軟弱土壤



一、土壤的指數性質與分類

(一)基本概念：

1.土壤的生成：

- (1)土壤是指地球外殼之火成岩、水成岩或變質岩等岩石，經風化作用所形成之疏鬆或不甚堅實的沈積物或堆積物，例如：卵石、礫石、砂、粘土及有機物等。
- (2)土壤的全部成分，不但包括固體顆粒本身，尚包含其孔隙內所充滿的水份，水中溶解的鹽類及孔隙中的空氣。

2.土壤鑽探取樣與試驗的基本流程：

如圖(-)所示，其內容說明如下：

- (1)傳統鑽探取樣方式取得土體後，依土壤擾動程度不同，適合進行的土壤試驗種類也不同，擾動程度小的土壤視為原狀土樣，可進行工程性質試驗，如滲透試驗、壓縮性試驗、強度試驗等，所獲得的工程參數可直接用於大地工程設計與分析上。
- (2)惟原狀土樣取得不易而且工程性質試驗較為昂貴，因此若能間接使用擾動程度大的土壤進行較廉價的指數試驗，藉以獲得土壤指數性質，再透過結晶—土壤分類法，定性或定量的推論出土壤工程性質，可為經濟又實惠的作法。

3.指數性質與工程性質：

(1)指數試驗：

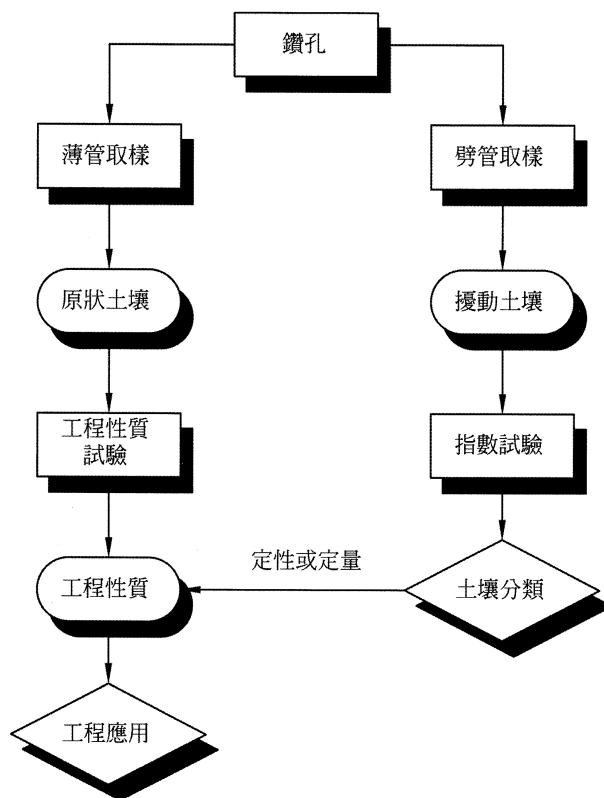
即分析土壤組成之比例關係，而土粒及土壤的物理特性即組成了指數性質，透過指數試驗可將土壤分類，鑑別，如滲透性，壓縮性等複雜的工程性質與指數性質都有關聯。

(2)指數性質：

含水量、單位重、土粒比重、粒徑分佈曲線、阿太堡限度與指數、相對密度。

(3)工程性質：

滲透性、壓縮性、剪力強度、夯實性。



圖(一) 土壤鑽探取樣與試驗的基本流程

4. 土壤指數性質與分類的目的：

(1) 土壤性質分類之目的：

土壤是一種極為複雜的材料，而任何一種工程皆與土壤有關，為使工程設計與施工，能達到安全性、經濟性、耐用性，工程師必須瞭解土壤性質，並加以分類，而得到土壤的工程性質，為設計之依據。

(2) 土壤工程性質：

① 壓縮性質：

瞭解土壤提載重後變形狀況。

② 剪力強度性質：

瞭解土壤的各種狀況下之剪力強度。

③ 滲透性質：

瞭解土壤內水滲透與土壤排水問題。

5. 土壤顆粒的尺寸：

土壤通常根據其主要顆粒尺寸的大小分成礫石、砂、粉土或黏土，說明如下：

(1)礫石 (gravel) :

係岩石的碎顆粒，偶爾含有石英、長石和其他礦物顆粒。

(2)砂土 (sand) :

其顆粒主要是由石英與長石組成。其他礦物顆粒有時也會出現在砂中。

(3)粉土 (silt) :

係由非常細的石英顆粒與一些雲母礦物所組成的扁平狀細微土壤顆粒。

(4)黏土 (clay) :

大部分是由微細扁平狀之雲母、黏土礦物和其他種類的礦物所組成。

(二)土壤的基本物理物數 :

1.組成土壤之三態 :

土壤由空氣、水、土粒組成，此三項組成分屬汽態、液態及固態，為自然界中的物態三相，說明如下：

(1)固態 :

包括岩石礦物，粘土礦物，粒間粘結劑及有機物。

(2)液態 :

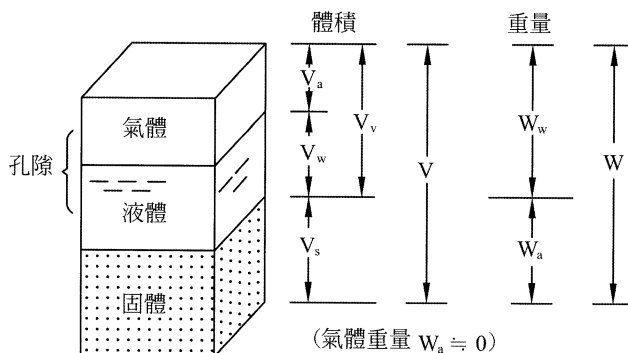
包括水份及溶於水中之離子。

(3)汽態 :

包括空氣、水蒸氣。

2.土壤的組成三相圖 :

由此可見土壤就其組合物觀察，土壤實際上是屬於複合材料，組成土壤之成分中空氣有體積沒有重量而且具有壓縮性，水有體積有重量而不具有壓縮性但會因吸水與排水而改變水的體積，土粒有體積有重量而不具有壓縮性，土壤的組成可以三相圖表示如下：



圖(二) 土壤的組成三相圖

3. 土壤三相元素之相關組成定義如下：

(1) 孔隙比 (void ratio)：

代表土體中孔隙體積與顆粒體積之比值。

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (0 < e < \infty)$$

(2) 孔隙率 (porosity)：

代表土體中孔隙體積在土壤體積中所佔之比率。

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (0 < n < 100\%)$$

【註】孔隙比 (e) 與孔隙率 (n) 在應用上之差異：

- ① 土壤受壓或吸水回脹時量測變形量，用 e 較佳。
- ② 土壤進行透水試驗，推求滲流速度以 n 較佳。

(3) 飽和度 (saturation)：

代表土壤中孔隙體積中水所佔之比率，乾燥狀態下此值為 0，飽和狀態下此值為 100%。

$$S = \frac{V_w}{V_v} \quad (0 < S < 100\%)$$

(4) 含水量 (water content)：

代表土壤中孔隙水與顆粒之重量比，當土壤在封閉容器內，此值不受土壤擾動或變形影響，在土壤試驗中為必須測定的基本指數之一。

$$w = \frac{W_w}{W_s} \quad (0 < w < \infty)$$

含水量試驗方法：

$$w = \frac{W_t - W_d}{W_d - W_c}$$

式中：

W_t ：溼土與容器重。

W_d ：乾土與容器重，進行土壤含水量試驗時，試體在烘箱中的

溫度為 110°C。

W_c ：容器重。

【註】孔隙比 e 值對土壤而言重要性高於含水量 w 之上，可是作粘土之剪力強度試驗時，仍以量測含水量為主，因 e 值無法精確量測。

(5)土粒單位重：

是指土壤顆粒的體積與土壤顆粒的重量比。

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

(6)土粒比重：

①土粒單位重與 4°C 水的單位重比值，此值與顆粒所屬的礦物有關，如石英礦物的砂土顆粒比重約 2.65 即是，一般砂土分布範圍在 2.65~2.69，粘土分布範圍在 2.70~2.75，土粒比重在土壤試驗中為必須測定的基本指數之一。

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

②實驗室利用比重瓶試驗測定土粒比重，比重瓶試驗說明如下：

設 W_2 = 比重瓶裝滿水的重量， W_s = 乾土重（烘乾後）， W_1 = 乾土加入瓶中並加滿水的總重：

$$\text{土粒體積 } V_s = \frac{\text{排開水重}}{\text{水單水重}} = \frac{W_2 + W_s - W_1}{G_T \gamma_w}$$

$$\text{土粒單位重 } \gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{W_s G_T \gamma_w}{W_2 + W_s - W_1}$$

$$\text{土粒比重 } G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s G_T}{W_2 + W_s - W_1}$$

式中：

G_T = T°C 時水之比重。

(7)乾土單位重：

土壤在乾燥狀態下的單位重，一般分布範圍 14~20 kN/m³

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{G_s}{1+e} \gamma_w$$

(8) 濕土單位重：

土壤在潮濕狀態下的單位重，一般分布範圍 16~22 kN/m³

$$\gamma_t = \frac{W}{V} = \frac{G_s + S \times e}{1+e} \gamma_w \quad (\text{或用 } \gamma_m \text{ 表示})$$

(9) 飽和單位重：

土壤在飽和狀態下的單位重，一般分布範圍 18~23 kN/m³

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{W}{V} = \frac{G_s + e}{1+e} \gamma_w \quad (\text{當 } S=1 \text{ 時})$$

(10) 浸水單位重：

地下水位下的土體受浮力作用時的單位重，一般分布範圍 8~13 kN/m³

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = \frac{G_s - 1}{1+e} \gamma_w \quad (\text{或用 } \gamma_{\text{sub}} \text{ 表示})$$

4. 各土壤指數之關係式：

(1) 孔隙比與孔隙率的互換關係：

$$n = \frac{e}{1+e} \quad \text{和} \quad e = \frac{n}{1-n} \dots\dots\dots 1-1 \text{ 式}$$

《證明》利用孔隙比定義：

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_v}{V - V_v} = \frac{\frac{V_v}{V}}{1 - \frac{V_v}{V}} = \frac{n}{1-n}$$

也可寫為 $n = (1-n) \times e$

$$n + ne = e, \quad \text{可得} \quad n = \frac{e}{1+e}$$

♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥
♥♥ 精選試題 ♥♥
♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥

一、有一飽和黏土土樣，原直徑 $D=10\text{cm}$ ，高度 $H=3\text{cm}$ ，經壓縮後 $D=10\text{cm}$ ， $H=2.5\text{cm}$ ， $G_s=2.65$ ，壓縮前 $w=60\%$ ，試求：受壓前後之單位重。

答：(一)求受壓前原來的 γ_{sat} ：

$$\because S \times e = G_s \times w \Rightarrow 1 \times e = 2.65 \times 0.6 \Rightarrow e = 1.59$$

$$\text{由 } \gamma_d = \frac{\gamma_s}{1+e} = \frac{\gamma_t}{1+w} \Rightarrow \frac{2.65}{1+1.59} = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{1+0.6} \Rightarrow \gamma_{\text{sat}} = 1.64\text{t/m}^3$$

(二)推求受壓後之孔隙比值 e' ：

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta V_w}{V_s + eV_s} = \frac{\Delta e \times V_s}{(1+e)V_s} = \frac{\Delta e}{1+e}$$

$$\therefore \Delta e = \frac{\Delta H}{H} \times (1+e) = \frac{3-2.5}{3} \times (1+1.59) = 0.43$$

受壓後孔隙比 $e' = e - \Delta e = 1.59 - 0.43 = 1.16$

解得受壓後單位重：

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{1+w'}{1+e'} \times \gamma_s = \frac{1+(\frac{e'}{G_s})}{1+e'} \times \gamma_s = \frac{1+(\frac{1.16}{2.65})}{1+1.16} \times 2.65 = 1.76\text{t/m}^3$$

【註】飽和黏土的體積變化即為其排水量。

二、試分別說明粗粒土壤之工程性質與粘性土壤之工程性質。

答：(一)粗粒土壤之工程性質：

粗粒土壤包括砂土，礫石，卵石，或三者任一為主之混合物。其主要之工程性質包括下列各項：

1. 因摩擦好具極佳的抗剪強度，承载力大，沉陷量小，且沉陷於加載後短時間內發生，通常此種土壤為支承構造物和道路之優良的基礎材料。

504985-1

2. 壓實容易而不易凍結，為最好的路基填土材料。
3. 此種土壤的側壓力小且易排水故為擋土牆及地下室牆壁之最好的牆背填土材料。
4. 滲透性大，不能單獨用作阻水之土堤，開挖時有發生管湧的可能性。
5. 易受振動荷重（如地震或動載重）而顆粒重排造成沉陷，有發生液化的可能性。
6. 影響粗粒土壤之工程性質之顆粒因素為壓實度、緊密狀態、粒徑大小、粒徑分佈以及土粒之形狀。

(二)粘性土壤之工程性質：

粘性土壤包括粘土，粉土質粘土，粘土與砂或礫石之混合土壤。其主要的工程性質如下：

1. 抗剪強度小，承载力小。
2. 常為可塑的和可壓縮的，長時間在一定荷重作用下，與發生潛變。
3. 易因含水量增大而失去部分抗剪強度，也會因受擾動而失去部分抗剪強度。
4. 由於側壓力大，此種土壤為不良的牆背填土材料。
5. 因抗剪強度小且不易壓實，故為不良的路基填土材料。
6. 實用上，此種土壤為非滲透性的材料。
7. 粘土斜坡容易發生滑動。

三、含水量 95%之火山灰 300g 與含水量 11%之細砂 400g 均勻混合時，求混合土之含水量。

$$\text{答：} \gamma_d = \frac{\gamma_t}{1+w} \Rightarrow W_s = \frac{W}{1+w}$$

$$\text{火山灰：乾土重 } W_{s1} = \frac{300}{1+0.95} = 153.85\text{g}$$

$$\text{含水重 } W_{w1} = W_1 - W_{s1} = 300 - 153.85 = 146.15\text{g}$$

$$\text{細砂：乾土重 } W_{s2} = \frac{400}{1+0.11} = 360.36\text{g}$$

$$\text{含水重 } W_{w2} = W_2 - W_{s2} = 400 - 360.36 = 39.64\text{g}$$

$$\text{混合後含水量 } w = \frac{W_{w1} + W_{w2}}{W_{s1} + W_{s2}} = \frac{146.15 + 39.64}{153.85 + 360.36} = 36.1\%$$