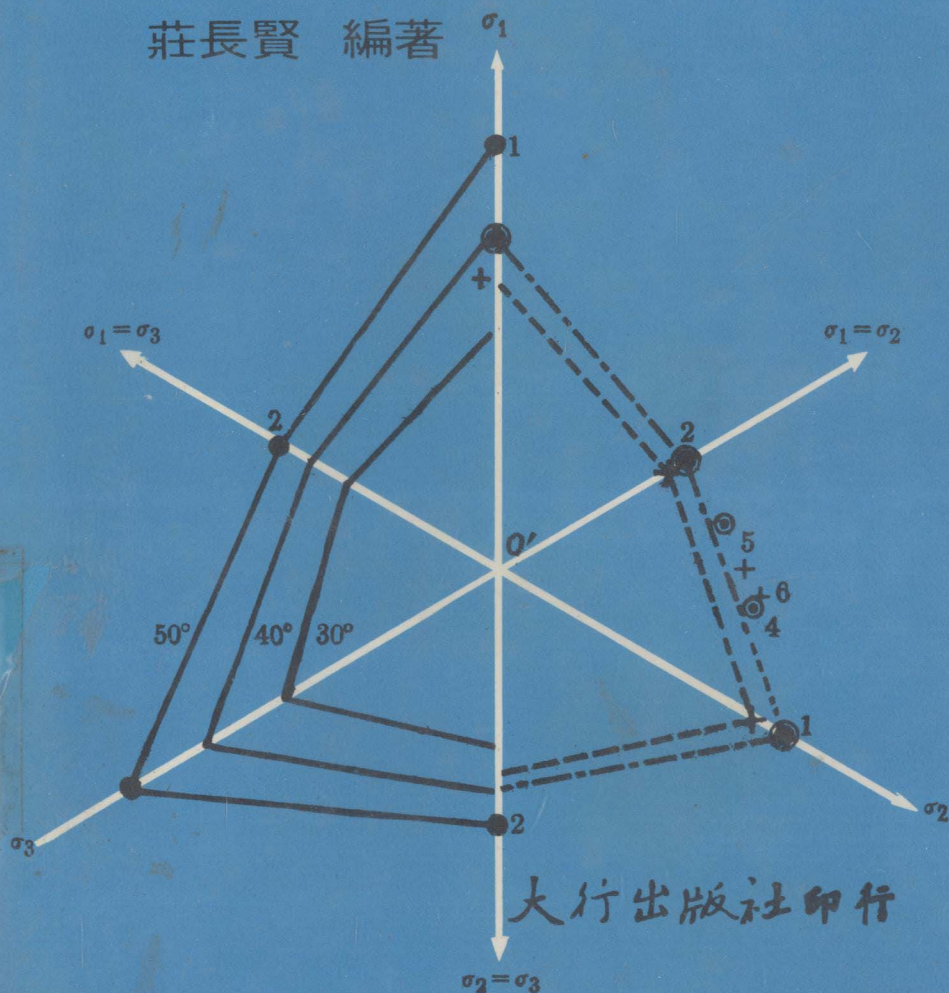


科技用書

基本土壤力學

莊長賢 編著

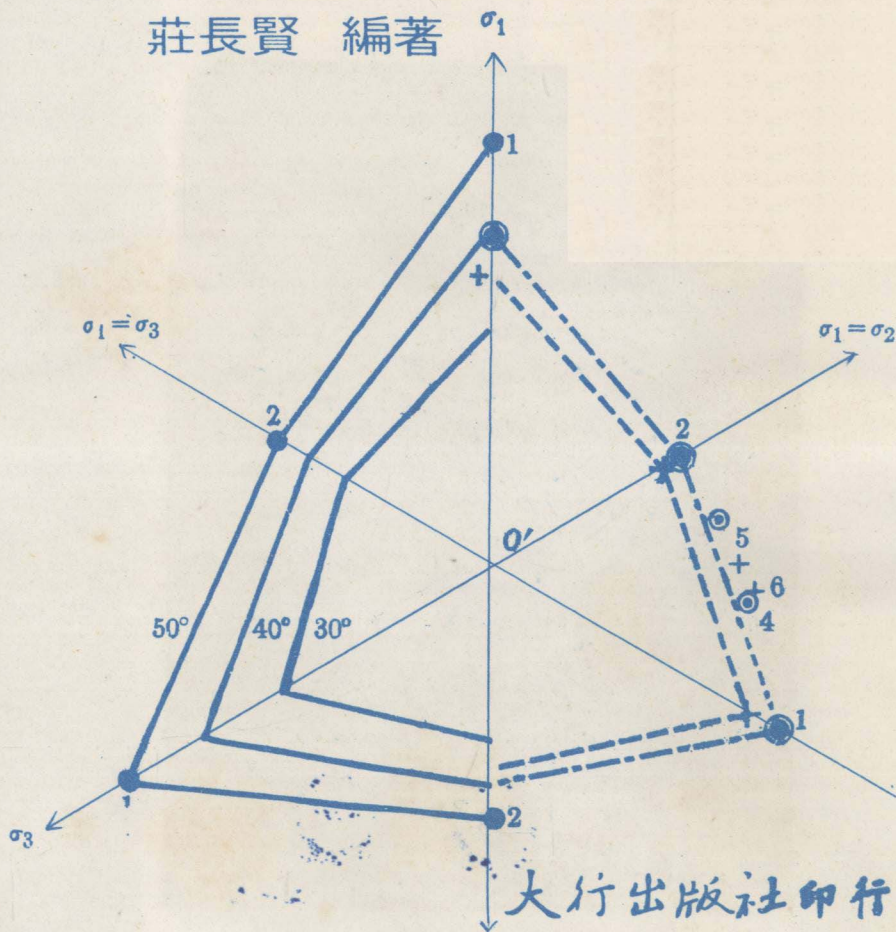


大行出版社印行

科技用書

基本土壤力學

莊長賢 編著





中華民國六十九年九月 日二版

中華民國六十六年九月 日初版

書名：基本土壤力學（修訂本）

著作者：莊長賢編著

發行人：裴振九

出版者：大行出版社

社址：台南市體育路41巷26號

電話：253685號

本社免費郵政劃撥帳號南字第32936號

本社登記證字第：行政院新聞局

局版台業字第0395號

總經銷：成大書局有限公司

台南市體育路41巷26號

電話：253685號

特價：平 50元 精 70元

編號：B 0011-0032

同業友好・敬請愛護 二一〇

序

土壤力學爲本國土木、水利及相關科系必修之科目，每年土木、水利高考亦列爲必考主科之一，然因土壤行爲深具複雜性及力學理論之應用頗不易把握，初學者常不易領悟其精義，更難期望考試有良好表現。作者有鑒於此，乃着手編著本書，以淺近之描述，一貫的解說，力求使土壤力學之理論易爲讀者所接受；並爲方便讀者複習土壤力學參加高考，本書搜集許多例題，以一貫的解法，反覆說明理論之應用，並將歷年所搜集之高考資料附列於書後，而給予參考解答。作者誠懇地希望本書對讀者在土力學的研習過程中有所助益。

本書之成，實基於前輩土力學者之豐富資料，尤以游啓亨教授、胡邵敏博士之教導，受益最多。

本書疏誤之處，敬請先進及學者專家不吝指正。

莊長賢 敬識於旗山

民國六十六年九月

基本土壤力學 目 錄

第一章 土壤之基本性質

§ 1-1	土壤力學之定義·····	1
§ 1-2	土壤之成分·····	1
§ 1-3	土壤之基本性質·····	2
§ 1-4	土壤之構造·····	5
§ 1-5	粘土礦物·····	7
§ 1-6	岩石礦物·····	9
§ 1-7	篩分析與比重計分析·····	10
§ 1-8	阿太堡限度·····	11
§ 1-9	土壤之工程分類·····	14
	習 題 一·····	29

第二章 土內水流分析

§ 2-1	土內靜止水·····	32
§ 2-2	靜平衡法·····	32
§ 2-3	能量法·····	34
§ 2-4	土壤水份之靜效應·····	36
§ 2-5	土壤之滲透性·····	46
§ 2-6	滲透性係數之測定·····	47
§ 2-7	滲 流·····	52
§ 2-8	水流之壓力效應·····	66
	習 題 二·····	81

第三章 土壤之壓密——體積變化

§ 3-1	體積變化之基本概念	87
§ 3-2	土壤之壓縮特性	87
§ 3-3	壓密作用之彈簧模式與質流模式之發展	90
§ 3-4	單向度壓密理論	95
§ 3-5	壓密試驗	99
§ 3-6	正常壓密粘土、預壓密粘土及其沉陷量之預估	103
	習 題 三	110

第四章 土壤之夯實

§ 4-1	概 說	115
§ 4-2	夯實土壤之理論	115
§ 4-3	標準及改良普羅克達夯實試驗	117
§ 4-4	夯實對土壤工程性質之影響	119
§ 4-5	加州載重比試驗	126
§ 4-6	工地密度試驗	128
	習 題 四	132

第五章 土壤之抗剪強度

§ 5-1	強度理論	135
§ 5-2	抗剪強度試驗	137
§ 5-3	直接剪力試驗	138
§ 5-4	直接剪力試驗分析	139
§ 5-5	三軸壓縮試驗	144
§ 5-6	孔隙水壓力參數	149
§ 5-7	無旁壓壓縮試驗	155

§ 5-8	剪翼板試驗	156
-------	-------------	-----

習 題 五	169
-------------	-----

第六章 土壓力理論

§ 6-1	概 說	174
-------	-----------	-----

§ 6-2	靜止土壓	174
-------	------------	-----

§ 6-3	Rankine 土壓理論	178
-------	--------------------	-----

§ 6-4	Coulomb 土壓理論	188
-------	--------------------	-----

§ 6-5	Coulomb 土壓理論之圖解法	190
-------	------------------------	-----

習 題 六	207
-------------	-----

第七章 壓力傳播理論與沈陷量分析

§ 7-1	概 說	212
-------	-----------	-----

§ 7-2	壓力傳播試驗	213
-------	--------------	-----

§ 7-3	壓力傳播之理論公式	215
-------	-----------------	-----

§ 7-4	壓力傳播計算常用圖表	221
-------	------------------	-----

§ 7-5	沉陷問題及其分析	232
-------	----------------	-----

§ 7-6	沉陷量計算公式之檢討	235
-------	------------------	-----

§ 7-7	沉陷之制馭	239
-------	-------------	-----

習 題 七	249
-------------	-----

第八章 穩定分析

§ 8-1	概 說	258
-------	-----------	-----

§ 8-2	土壤承載重之試驗	258
-------	----------------	-----

§ 8-3	極限承載力之塑性平衡理論	262
-------	--------------------	-----

§ 8-4	邊坡穩定分析	272
-------	--------------	-----

§ 8-5	實際問題之應用	287
-------	---------------	-----

習 題 八	297
-------------	-----

第九章 淺基礎

§ 9-1 基礎概說	302
§ 9-2 地基調查	304
§ 9-3 淺基礎之形式與作用	309
習 題 九	324

第十章 深基礎

§ 10-1 深基礎概說	328
§ 10-2 樁 基 礎	328
§ 10-3 墩 基	370
§ 10-4 沉 箱	372
習 題 十	376

第十一章 擋土結構物

§ 11-1 概 說	380
§ 11-2 擋 土 牆	380
§ 11-3 板樁牆	389
§ 11-4 圍 堰	401
習 題 十一	413

附錄一 適應各種結構物之地基調查法與結構物間之適應性及 其選擇說明	418
--	-----

附錄二 邊坡崩坍之分類 — 摘自「泥岩地區邊坡破壞原因之 研究」	422
---	-----

附錄三 切土邊坡之穩定分析	428
---------------------	-----

附錄四	以 Bishop 法作邊坡穩定分析 (Bowles, 1974)	441
附錄五	冰凍作用	451
附錄六	歷屆高考土壤力學試題及解答索引	458
	66 年高考試題	475

第一章 土壤之基本性質

§ 1-1 土壤力學之定義

地球外殼之火成岩、水成岩及變質岩等岩石，經風化作用所成之鬆疏或不甚堅硬之小礫石、砂、粉土及粘土等之沈積物或堆積物稱為土壤。

凡以工程基礎及工程材料之觀點，應用水力學及工程力學之定律以研究土壤之科學稱為土壤力學。

§ 1-2 土壤之成分

土壤為岩石風化後之生成物，以各種粒徑之礦物顆粒形成土壤之骨幹，其空隙則存在着水分與空氣。任何土壤之成分皆由土壤三相物質之各種組合所構成：

1 固相成分（固體）

- (1) 主要岩石礦物
- (2) 粘土礦物
- (3) 土粒間之膠結劑
- (4) 有機質

2 液相成分（液體）

- (1) 水
- (2) 溶解之鹽類

3 氣相成分（氣體）

- (1) 空氣

(2) 水蒸氣

土壤之成分與構造為影響土壤工程性質之主要因素。

§ 1-3 土壤之基本性質

1 孔隙比與孔隙率

土壤由固體之土粒與顆粒間之孔隙結合而成如前所述，圖 1-1 為土壤構成之示意圖，通常表示土壤孔隙之多寡常用孔隙比 (Void ratio) 與孔隙率 (Porosity)，其定義如后。

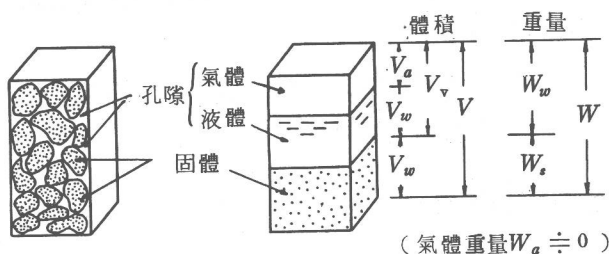


圖 1-1 土壤構成示意圖

$$\text{孔隙比 } e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-1)$$

$$\text{孔隙率 } n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中：

V = 土壤總體積

V_s = 土粒體積

V_v = 孔隙體積

2 含水量 (Moisture content)

含水量定義為土壤內含水重與土粒重之比，即

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中：

w = 含水量

W_s = 土粒重

W_w = 土壤內之含水重

3. 飽和度 (*Degree of saturation*)

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中：

S = 飽和度

V_w = 孔隙中之水分體積

4. 比重

土粒比重 G_s 定義為土粒單位重與 4°C 純水單位重之比。即

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

式中：

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = \text{土粒單位重}$$

$$\gamma_o = 4^\circ\text{C 純水之單位重}$$

5. 相對密度 (*Relative density*)

相對密度 D_r 用以表示砂土夯實狀態之緊密程度。

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (1-5)$$

式中， e 為天然狀態砂土之孔隙比

$e_{\max}$ 為最緊密狀態之孔隙比（最緊密狀態由實驗室獲得）

4 基本土壤力學

$e_{\min}$ 為最鬆疏狀態之孔隙比 (最鬆疏狀態由實驗室獲得)

通常砂土之相對密度介於 0 與 $\frac{1}{3}$ 者為鬆砂 (Loose sand)，相對密度在 $\frac{1}{3}$ 至 $\frac{2}{3}$ 者為中等緊密砂 (Medium sand)，相對密度在 $\frac{2}{3}$ 至 1 者稱為緊密砂 (Danse sand)。

6 相關公式

由圖 1-2，表示孔隙體積所佔比率可用二種系統。依照孔隙比與孔隙率之定義，可得

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{n}{1 - n} \quad (1-6)$$

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{e}{1 + e} \quad (1-7)$$

圖 1-3 所示為一很實用的土壤構成表示法，由該圖吾人甚易得到下列幾個重要的關係式。

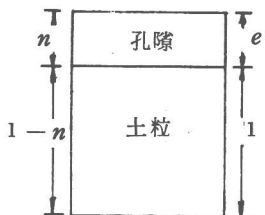


圖 1-2

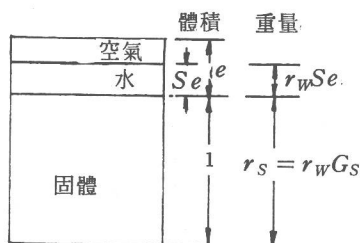


圖 1-3

$$\textcircled{1} \quad w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{\gamma_w \cdot S \cdot e}{\gamma_w G_s} = \frac{Se}{G_s}$$

$$\therefore w G_s = Se \quad (1-8)$$

$$\textcircled{2} \quad \gamma_m = \frac{W}{V} = \frac{\gamma_w Se + G_s \gamma_w}{1 + e}$$

上式當 $S = 100\%$ 時，可得

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w \quad (1-9)$$

$$\textcircled{3} \quad \gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w = \frac{G_s - 1}{1 + e} \gamma_w \quad (1-10)$$

$$\textcircled{4} \quad \gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{\gamma_s}{1 + e}$$

$$\text{再由圖 1-1, } \gamma_m = \frac{W}{V} = \frac{W_w + W_s}{V} = \frac{W_s}{V} (1 + w) = \gamma_d (1 + w)$$

$$\therefore \gamma_d = \frac{\gamma_s}{1 + e} = \frac{\gamma_m}{1 + w} \quad (1-11)$$

上列公式中，

γ_m = 土壤單位重

γ_{sat} = 飽和土壤單位重

γ_{sub} = 浸水土壤單位重

γ_d = 乾土單位重

§ 1-4 土壤之構造

土壤之構造可分為下列五種

1 單粒結構 (*Single-Grained Structure*)

土粒最簡單之結構如圖 1-4 所示，(a) 係孔隙比較大，土壤較鬆

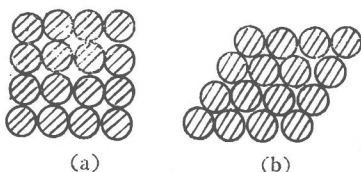


圖 1-4 單粒結構

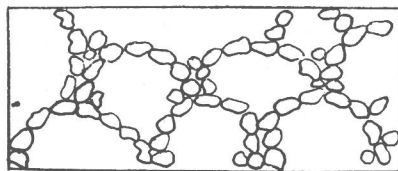


圖 1-5 蜂巢結構

疏者，(b)係土壤較緊密之單粒結構。疏鬆之單粒土壤受到震動時，立刻有沈陷發生；至於緊密之單粒土壤結構雖有沈陷產生，唯其量甚小而無危險。

2 蜂巢結構 (*Honeycombed structure*)

當塊狀土粒沈澱於底部而維持其接觸時之位置，因土粒微小，重量小於土粒間之吸引力，不能像粗粒滾動至另一穩定位置，而形成蜂巢結構，如圖 1-5 所示。此種土壤結構一遇震動，立刻產生崩坍現象。

3 密簇結構 (*Flocculent structure*)

土粒甚細之土壤如粘土中之膠體，因單位體積土粒之表面積甚大，土粒間之作用力甚大於重力作用，故浮懸於水中不易下沉；另者膠體帶同性電荷彼此排斥互相碰撞使之發生布朗運動 (*Brownian movement*)。若水中含有電解質，則土粒將結聚形成密簇結構，如圖 1-6 所示。密簇結構之土壤均可壓縮，孔隙愈大，壓縮性愈大。

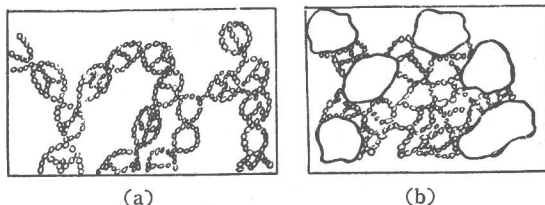


圖 1-6 密簇構造 (兩種形態)

4 混合結構 (*Complex structure*)

天然土壤之基本構造概如上述三種，唯亦有混合數種結構而成混合結構，例如塊狀土粒相互接觸而粘土細粒夾於其孔隙中，成為堅固理想之土壤結構。

5 二次結構 (*Secondary structure*)

均等質之土壤易產生二次構造。粘土如因乾燥或由於風化而發生收縮及裂縫現象，此種裂縫部份漸被其他土壤所填充，最後又形成一整體而不均勻之構造。二次構造之土壤，必具顏色參差不同之現象。

§ 1-5 粘土礦物 (*Clay mineral*)

土壤之工程性質常視粘土礦物而定。粘土礦物通常係由兩個依離子鍵而形成之基本單元所構成。此二構造單元分別為二氧化矽頁 (Silica sheet) 及氫氧化鋁頁 (Gibbsite sheet)。二氧化矽頁係四個氧原子圍繞中心矽原子之四面體，經其頂點結合之六邊形體，成網狀無限連鎖狀。如圖 1-7 所示，通常以記號 $[S]$ 表示之。

氫氧化鋁頁係六個氫氧原子圍繞中心鋁原子形成之八面體，經六邊形平面網狀組織而成，如圖 1-8 所示，通常以記號 $[G]$ 表示之。

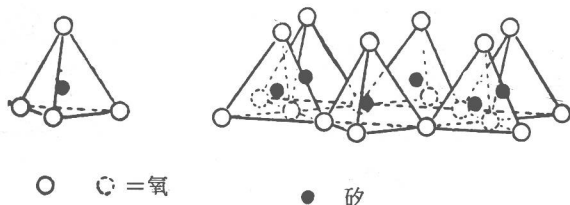


圖 1-7 四面體及二氧化矽頁

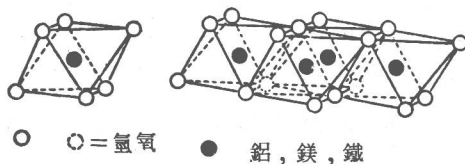


圖 1-8 八面體及氫氧化鋁頁

粘土礦物通常具備一定之晶體形狀，解理甚完全，晶系為斜方晶系或單斜晶系。其形狀為扁平成層狀，甚似雲母片之排列。據 Kerr 及 Houser 之研究，粘土礦物有十二種，其中以高嶺土，蒙特土及依利土最為重要。此三類之構造及特性分述如下：

1 高嶺土 (Kaolinite)，其構造單元為氫氧化鋁頁連結其下之二氧化矽頁而成，化學式為 $n[Al_2Si_2O_5(OH)_4]$ 。呈結晶狀態之高嶺土礦物，乃由基本構造單元堆積而成，如圖 1-9(a) 所示。構造單元頁間係氫鍵結合，具有甚大結合力，水份無法進化頁間，不易發生回脹或收縮現象。此種土壤為潮濕溫度及熱帶區粘土的主要成分，潮濕時微呈油質及塑性。其粘土單元片狀約為 1000 至 2000 Å 寬，厚為 100 至 1000 Å，如圖 1-10(a)。

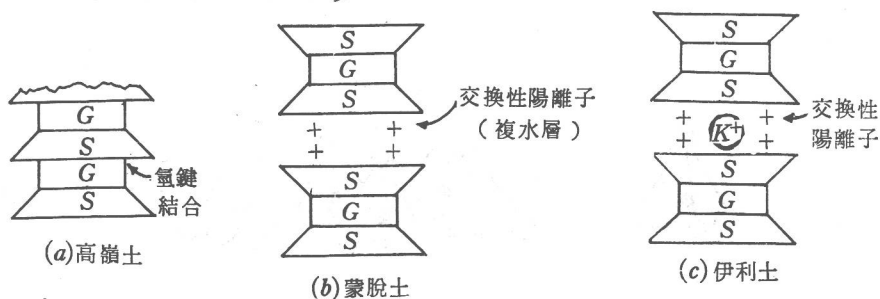


圖 1-9 粘土礦物

2 蒙特土 (Montmorillonite)，其構造單元如圖 1-9(b) 所示。以氫氧化鋁頁為中間，上下為二氧化矽頁，此種構造單元之結合係藉凡得瓦力 (Van der Waals forces) 為之。結合頁間因電偶極作用存在可交換陽離子之複水層。蒙特土結合力弱而水份易進入頁間，呈現高收縮性及高回脹性。低雨量之沙漠草原常係蒙特土構成。其單元片狀尺寸如圖 1-10(b)。