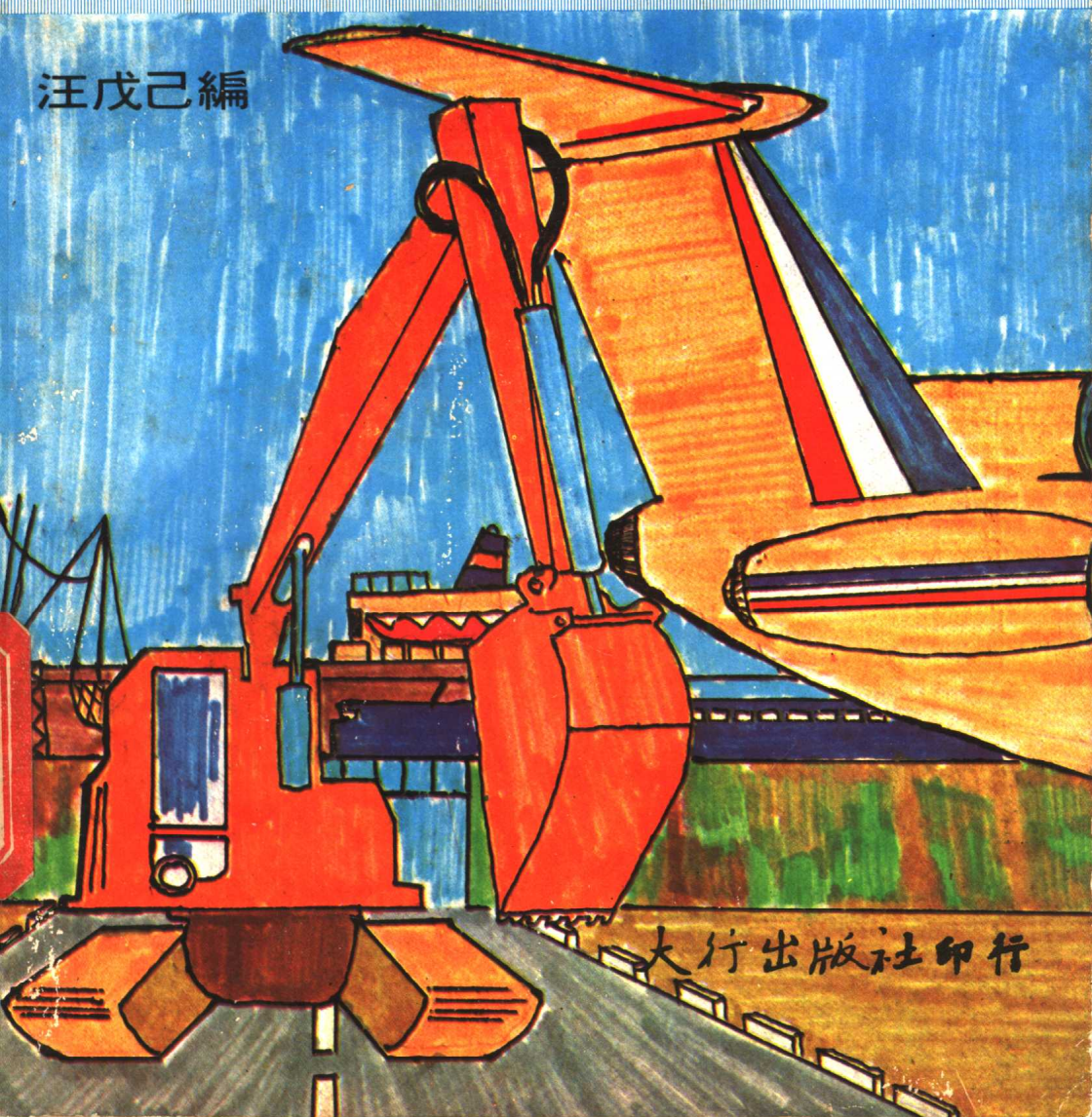


科技用書

土壤力学及實驗 与基礎工程

汪戊己編



大行出版社印行

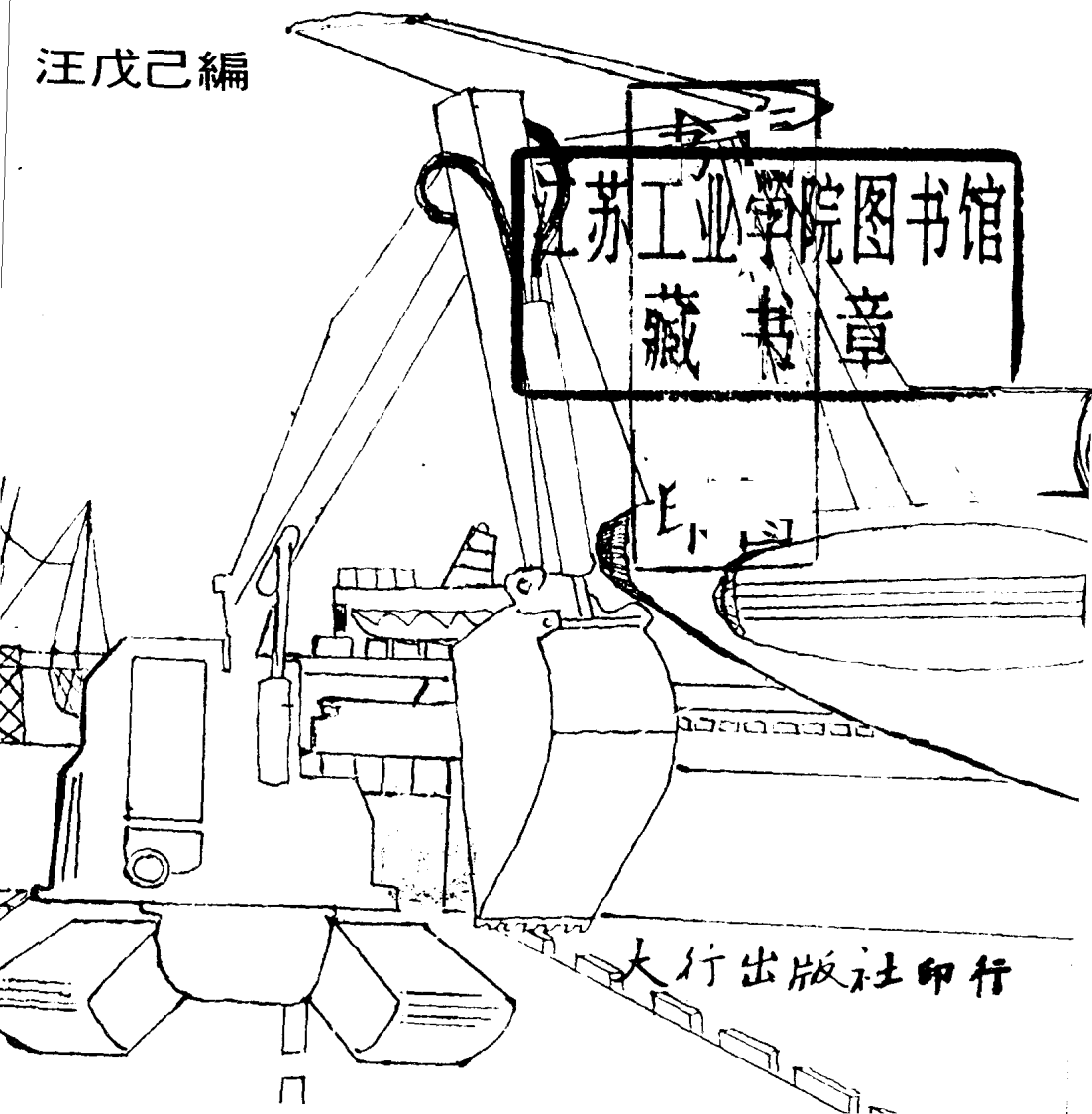
科技用書

土壤力学及實驗 与基礎工程

汪戊己編

江苏工业学院图书馆
藏书章

大行出版社印行





中華民國六十六年八月 日初版

書名：土壤力學及實驗與基礎工程

著作者：汪 戊 己 編

發行人：裴 振 九

出版者：大 行 出 版 社

社址：台南市健康路33巷16弄9號

電話：2 5 3 6 8 5 號

本社免費郵政劃撥帳號南字第32936號

本社登記證字號：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

台南市中正路43號

電話：2 2 0 9 1 6 號

特 價：平新台幣

編 號：B 0 0 0 0 4 2 4

同業好友·敬請愛護

緒 言

軍事工程係指軍中之一切土木建築工程而言，與民間之土木工程係相對的。但軍事工程之內容，除包括一切土木建築工程外，核子防護工程亦屬其範疇。不過軍事工程亦有其特點，一般之土木建築工程，講究安全、經濟與合理三大要求，然而軍事工程為爭取時間，除以上三大要求之外，最要緊的是實用與快速！一切都以「新」「速」「實」「簡」為原則，故本書之內容，均依據此原則來論訂。至於工程設計之基本理論與施工之技術，則無二致。

陸軍官校畢業的學生，將來都是復國建國的工程師，尤其工兵科同學，他們個個都是未來的軍中工程師，所以軍事工程是他們必修的重要課程之一。本系開授此一科目，為達其要求，遂有改編原有教材之計劃，因工程科學的進步一日千里，若不吸取一些較新的知識，怎能適應現代化的戰爭。爰於民國六十四年，經系務會議通過，請由汪戊己、韋建、林文天、吳坤宗四位先生擔任編寫工作。他們四位在本校執教有年，不但學有專長，且其經驗豐富，尤以均能了解在應用上的需要，使學生能寄理論於實際，而編訂了這本書，做為本系新的教材。

這本書雖是官校學生的教本，但也是一般土木建築科系學生及從業人員之最佳參考資料，譬如橋樑工程中之簡捷設計法，以及機場方面的資料，均非一般土木建築科系同學可以獲得的，自有它應用的價值，歡迎有關人士採閱參考，必有可取之處。

書成，僅此數語為序，並慰編著的四位老師，也希望各工程先進指正缺失，將來有所補正，謝謝。

顧以能 謹識

民國六十六年校慶于陸官校軍工系

編者的話

- 一、本書配合目前教學需要，將內容分爲土壤力學、基礎工程學、定線土工、道路工程、鐵路工程、橋樑工程、機場工程及港灣工程等八篇，視將來教學情形再做增訂。
- 二、本書編著之目標，除發揮軍事工程之特點外，因資料較新，內容豐富，可做爲一般土木工程方向之參考教材。
- 三、書中章節，可視實際授課需要刪減，留爲學生自行參考之用。
- 四、編者經驗有限，編寫時間倉促，漏失之處在所難免，盼各工程先進不吝賜教，俾再版時訂正，謝謝。

汪戊己

韋 建

林文天

吳坤宗

謹識，時民國六十六年校慶，

於鳳山陸軍官校軍工系

目 錄

第一篇 土壤力學及實驗與基礎工程

第一章 緒 論

§ 1-1 引言	1
§ 1-2 土壤	1
§ 1-3 土壤力學及其發展	1
§ 1-4 基礎材料	2
§ 1-5 基本性質	4
§ 1-6 土壤之構造	6
§ 1-7 土壤之稠度	8
習 題 一	16

第二章 土壤之分析與分類

§ 2-1 分類之方法及目的	19
§ 2-2 地質學及土壤學上之分類	19
§ 2-3 顆粒大小之分類	20
§ 2-4 篩分析	20
§ 2-5 比重計分析	22
§ 2-6 土粒大小分佈曲線	24
§ 2-7 美國公路官員協會分類法	25
§ 2-8 統一土壤分類法	28
§ 2-9 野外土壤之識別與特性	29
習 題 二	31

第三章 土壤內之靜止水

§3-1 土內之靜止水	33
§3-2 靜力平衡法分析毛細管水	33
§3-3 毛細管水之靜力效應	35
§3-4 土壤中之滲流	38
§3-5 土壤之滲透性	39
§3-6 達西氏定律	39
§3-7 滲透性係數估計法	41
§3-8 滲透性係數實驗室測定法	43
§3-9 野外滲透性測定法	45
§3-10 沉積土層之滲透性係數	45
§3-11 流網	46
§3-12 流網之圖解法	49
§3-13 滲流壓力	50
§3-14 流砂及管湧	51
習 題 三	53

第四章 土壤之壓縮性與壓密

§4-1 土壤之體積變化	56
§4-2 土壤之壓縮性	57
§4-3 土壤壓縮試驗	58
§4-4 土壤之回脹及重壓	58
§4-5 土壤之壓密性	60
§4-6 單向度壓密時率	62
§4-7 壓密與沉陷	63
習 題 四	68

第五章 土層之應力分析

§ 5-1 概論	70
§ 5-2 蓋土重量及地下水壓力所產生之土層應力	70
§ 5-3 集中荷重所產生的土層應力	70
§ 5-4 均佈荷重所引起之土層應力	73
§ 5-5 土層應力近似算法	75
習 題 五	76

第六章 土壤之強度

§ 6-1 引論	78
§ 6-2 庫隆氏定律	78
§ 6-3 垂直應力與剪應力	79
§ 6-4 摩爾氏破裂理論	81
§ 6-5 土壤之剪力強度試驗	82
(甲)直接剪力試驗	82
(乙)三軸剪力試驗	84
(丙)無側壓強度試驗	85
§ 6-6 乾燥礫石，砂土及沉泥之抗剪強度	86
§ 6-7 飽和砂礫，沉泥之抗剪強度	87
§ 6-8 粘性土壤之抗剪強度	87
§ 6-9 粘土抗剪強度之工地試驗（十字剪法）	88
習 題 六	89

第七章 土壤之穩定分析

§ 7-1 基礎土壤之穩定	92
§ 7-2 斜坡土壤之穩定	92
§ 7-3 土坡之穩定分析法	94
§ 7-4 庫門氏法	94

4 目 錄

§ 7-5 派特森氏法	97
§ 7-6 泰勒氏法	99
§ 7-7 費爾你氏法	102
§ 7-8 邊坡土壤之穩定面	103
§ 7-9 孔隙水對土坡穩定之影響	105
習 題 七	106

第八章 土壓力

§ 8-1 概論	107
§ 8-2 靜止土壓力	107
§ 8-3 主動土壓力	108
§ 8-4 被動土壓力	109
§ 8-5 土壓力之相互關係	110
§ 8-6 滑裂面理論	110
§ 8-7 郎金氏土壓論	112
§ 8-8 擋土牆之加載影響	117
習 題 八	118

第九章 土壤之穩定法

§ 9-1 土壤穩定之意義	119
§ 9-2 土壤穩定之目的	119
§ 9-3 土壤穩定法之種類	119
§ 9-4 排水及壓實之重要性	120
§ 9-5 土壤之壓實理論	120
§ 9-6 加州載重比 (C.B.R)	122
§ 9-7 工地之夯實	123
§ 9-8 排水穩定法	124
§ 9-9 機械穩定法	125
§ 9-10 瀝青土壤穩定法	127

§ 9-11 土壤水泥	128
§ 9-12 化學穩定法	128
習 題 九	129
第十章 基礎土壤之調查	
§ 10-1 鑽探方法	131
(一) 螺鑽法	131
(二) 冲鑽法	131
(三) 震波探測地質	132
§ 10-2 鑽探計劃	135
§ 10-3 鑽孔間隔及深度	135
第十一章 基礎之承力	
§ 11-1 土壤承力定義	137
§ 11-2 土壤承重之概述	138
§ 11-3 砂層之許可承力	139
§ 11-4 粘性土壤之承力	142
第十二章 放腳基礎	
§ 12-1 概論	146
§ 12-2 淺層基礎設計之要點	146
§ 12-3 獨立放腳基礎之設計	147
§ 12-4 牆基腳	157
§ 12-5 懸臂式基腳	157
§ 12-6 聯合基腳	158
§ 12-7 筏式基腳	158

第十三章 深基礎

§ 13-1 深基礎之類型	162
§ 13-2 樁基礎	162
§ 13-3 打樁公式	164
§ 13-4 樁之間隔及集體作用	166
習 題 十三	168

第十四章 擋土工程

第一節 擋土工之機能與種類

§ 14-1 擋土工之分類	169
§ 14-2 擋土牆各部名稱	169
§ 14-3 擋土牆之種類	169

第二節 擋土牆可能之破壞情形

§ 14-4 傾倒	171
§ 14-5 水平滑動	172
§ 14-6 擋土牆壓碎之考查	173
§ 14-7 擋土牆之施工	174

土壤實驗

實驗一：土壤含水量之測定	180
實驗二：土粒比重之測定	182
實驗三：顆粒分析	186
實驗四：液性限度試驗	192
實驗五：塑性限度試驗	195
實驗六：夯實試驗	197

實驗七：工地密度試驗—充砂法·····	200
實驗八：工地 C.B.R 試驗 ·····	203
實驗九：固結（壓密）試驗·····	206
實驗十：直接剪力試驗·····	215
實驗十一：三軸剪力試驗·····	219

第一篇 土壤力學及實驗 與基礎工程

第一章 緒 論

§ 1-1 引 言

學習與研究土壤力學，其目的為處理任何基礎工程問題時一定需要事先在工程地點行土壤調查，分析與試驗，所得之結論做為基礎設計之基本資料，如是所設計之基礎工程才能得安全，經濟之要求，如不預先調查而盲目設計則使用之安全係數必大耗費甚巨，且易發事先預想不到之意外事故，必使工程進度延緩，人員損傷之賠償，致增巨大之工費支出，因之事先調查所費很低，而得之安全保障，工程順利進行等益處甚大，這是土壤力學之貢獻。

§ 1-2 土 壤

地殼是由岩石及土壤所組成，岩石甚堅硬，取材需用爆炸或劈開等方法，同時於水中或空氣中，經久變換仍不失其抗壓強度，土壤係岩石經長久之風化作用而鬆疏之顆粒，它與水，空氣及有機物組成土壤。因其組成顆粒粒徑大小之不同比率它可分礫石，砂土，粘土及膠泥等。

§ 1-3 土壤力學及其發展

任一土木工程須以岩石及土壤為基礎，如竣工後之各項工程由於基礎土壤承载力之不足或基礎土壤之不均勻沉陷則會發生嚴重之危害，土木工程亦須以土壤為全部或局部做工程材料，岩石部份有一專門學科岩石力學（Rock Mechanics）研討，而由工程的立場將某一特定的土壤作為單位，加以分析明其特性然後可以

2 第一篇 土壤力學及實驗與基礎工程

知所處理的土壤科學謂之土壤力學(Soil Mechanics)。它與地質學家及農業學家所研究之土壤迥然不同，地質學家着重土壤的結構和形成；農業學家着重土壤化學，水土保持及植物生長層次之土壤，而土木工程師則着重於土壤物理及工程性質，在工程上如何處理土壤，應用土壤。

土壤力學發展歷史在中外均有很長的一段時間，如我國周朝之辨土宜之法(土壤分類法)，草人掌土化之法(土壤管理)，土動(排水，灌溉)及元朝之土會(土壤調查)等，但前人之研究只為近代土壤力學創造條件，由於古代已有土壤力學及岩石力學之基礎，諸如中國古代萬里長城，運河，驛馬車道等之築造才成功，近四十年來土壤力學之發展速度更快，更科學化。著名的如瑞典之阿太堡氏(A, Atterberg)研究土壤之分類，土壤之塑性，土壤含水量限界等性質，德國之寶碩氏(K, Terzaghi)發表粘土之固結理論及沉陷時間理論創立正確之數學方法表達土壤之性質之始者。土壤遂於土木工程之範疇內自成一部專問之學問。土壤力學問世之後，因需要迫切，各國研究比一新興科學之學者輩出，更由於試驗方法及儀器之進步，理論與實驗之密切連繫，故進步極速，在此廣而深之領域中還有更大的發展餘地，願各學者集中精力研究，以期此科學達日新，週密而正確之境界。

§ 1-4 基礎材料

基礎之作用是承載構造物如建築物，橋樑，擋土牆，鋪面版等，它荷重後需有足夠之強度，並把荷重往下傳佈使荷重逐漸消失，而保證構造物之穩定與安全。

因此基礎建造之初，最先考慮到的是土壤之性質，而其性質因其類別而異，遂分述如下：

1 岩盤：是一堅硬且完整的處於它原來形成之地，除岩石外無

其他物質。

2 碎岩：是破碎之岩石其間滲入軟弱之物質是岩石與土壤之中間物質。

3 塊石 (Boulders) 是一圓而直徑大於 10 英寸大碎石 (Cobbles) 是 2 ~ 10 吋徑，小碎石 (Pebbles) 是 2 mm 至 2 吋徑，塊石常孤立或伴着碎石或砂石一起。

4 碎石是岩石之碎片 (2 mm 至 6 吋徑)，常成袋形層分佈。

5 砂是一種由 0.05 至 2.0 mm 粒徑之小圓石可分細砂 (0.05 ~ 0.20 mm)，中砂 (0.20 ~ 0.60 mm)，及粗砂 (0.60 ~ 2.00 mm)。

6 粉砂 (Silt) 是一細粒粉狀之石粒，粒徑由 0.005 至 0.05 mm，有些顆粒用顯微鏡也不能辨別。

7 粘土 (clay) 是一超小無有機物之顆粒，其粒徑小於 0.005 mm，粘土又可分為軟，中，硬粘土，是依其含水量及固結程度而定。一種重質沖積土稱磚土 (adobe) 及細緻而滑的粘土稱 Gumbo。

8 硬盤泥 (Hardpan) 是一由石，砂，粉砂或粘土膠結一起之高密度土。生硝 (Caliche) 是一在蒸發過程中由石，砂，粉砂或鹽膠結一起的輕質土。

9 壤土 (Loam) 是由砂，粉砂及粘土並滲合有機物的稱腐植土 (humus)，這一類土通稱頂上土壤 (Topsoil)。

10 黃土 (Loess) 是一風積土，細粒土色含小於 0.05 mm 之粒徑。基礎工程材料中還有一種不穩定的爛泥 (Mud) 或腐泥土 (Muck) 是由粘緻性土及水，泥炭及有機質及 Bentonite，細顆粒火山灰組成。

各種土壤可以下列圖解表示之；其次談到岩石及土壤之成份岩石是由五種重要礦物組成，是砂，長石，雲母，鎂鐵及碳化物，粘



圖 1-1 土壤類別圖

土是由高嶺土，蒙特婁（Montmorillonites），伊利土（illites）都是高價氫氧化鋁及矽的化合物。

§ 1-5 基本性質

土壤是一三相混合物，土粒，水及空氣，土壤體積（ V_m ）

$$V_m = V_s + V_o = V_s + V_w + V_g \dots\dots\dots (1.1)$$

V_s : 土粒體積

V_o : 孔隙體積

V_w : 水之體積

V_g : 空氣體積

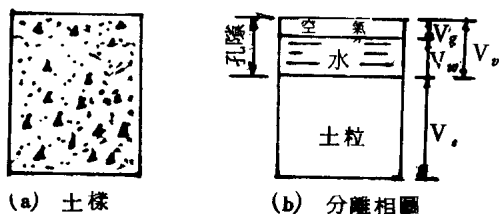


圖 1-2 三相土樣圖

土壤重量 (W_m)

$$W_m = W_s + W_w + W_g \cong W_s + W_w \cdots \cdots (1.2)$$

W_s : 土粒重量

W_w : 水之重量

$W_g = 0$: 空氣重量假定為不計。

土壤體積間之關係，主要的是孔隙率 (Porosity)，孔隙比 (Void ratio) 及飽和度 (degree of saturation)。

孔隙率 (n) 是土壤體積與孔隙體積之比的百分率表示。

$$n = \frac{V_v}{V_m} \times 100 \% \cdots \cdots (1.3)$$

孔隙比 (e) : 土壤孔隙體積與土粒體積之比。

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{n}{1 - n} \cdots \cdots (1.4)$$

飽和度 (S) : 土壤內含水體積與土壤內孔隙體積之百分比。

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \% \cdots \cdots (1.5)$$

土壤重量間之關係：包括單位重 (unit weight)，比重 (specific gravity) 及含水量 (Water Content)

土壤單位重 (γ_m) 單位體積內土壤之重量。

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m} \cdots \cdots (1.6)$$

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \quad \gamma_d = \frac{W_s}{V_m} \cdots \cdots (1.7)$$