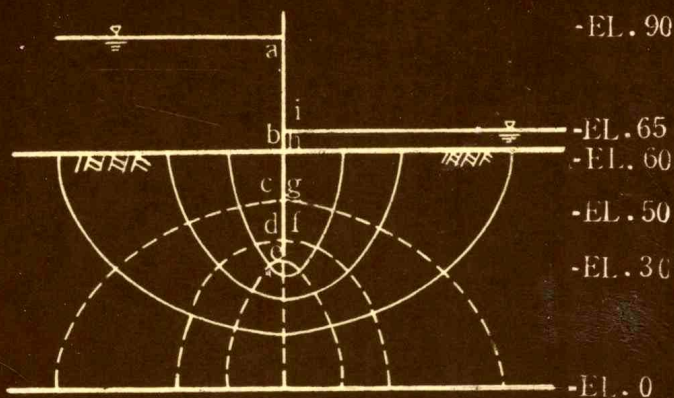
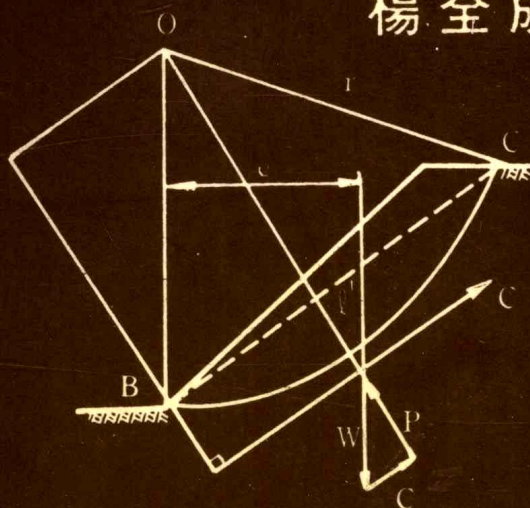


科技
用書

理論土壤力學

楊全成 編著



人生書局

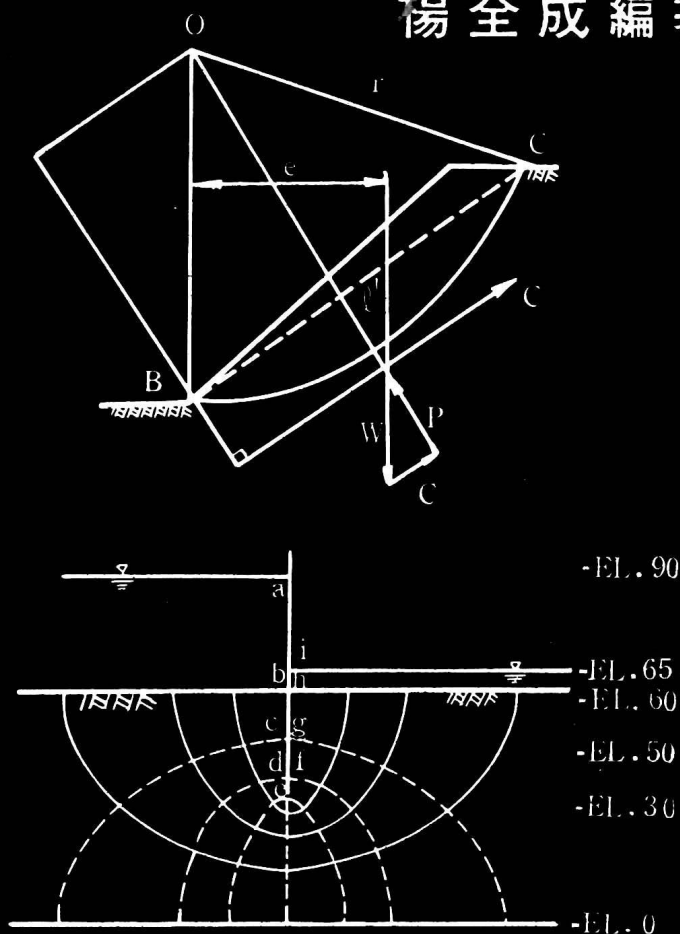




科技
用書

理論土壤力學

楊全成 編著



人生書局



版
權
所
有



翻
印
必
究

行政院新聞局出版事業登記證
局版台業字第零伍伍貳號
內政部著作權執照字號
台內著字第叁零肆玖柒號

中華民國七十三年八月十五日初版
中華民國七十四年三月十五日修訂版



理論土壤力學

編著者：楊 全 成
發行者：李 林 月 霞
出版者：人 生 書 局
地 址：高雄市塩埕區新樂路一四五號
電 話：(07)5516528 (07)5315470
郵 撥：0460378～9 帳號 戶名：李明蓉
印 刷：利昇印刷廠
地 址：歸仁鄉中正路193巷48號
電 話：(06)2304677
總經銷：人 生 書 局

全一冊定價：新台幣叁佰元整
附錄程式定價：卡帶120元
" " "：磁帶200元

楊 序

台灣近年來經濟急速發展，高樓林立，計劃中之大樓已達三十餘層，地下室達地面下五層，特殊工程、水壩、電廠等不斷興建，山坡地因都市建地日昂而不斷開發中，各類工程在興建或開發過程中因土壤地質問題曾發生各類失敗事例。土壤工程專業工程師賴於大學研究所在此方面人材之培育，而一般較屬例行性工作則有賴於專科之訓練。目前市面上適用於大學及研究所之教材非常之多，楊君鑒於專科適用教材之需要，特為完成「理論土壤力學」一書，此書之特點在於：

一、適合初學及專科方面教學之用。

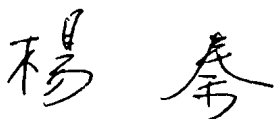
二、理論與試驗配合，具參考價值。

三、理論之闡述深入淺出，易於了解。

四、內容並具創新。

五、附錄之電子計算機程式符合目前個人電腦流行之趨勢，並具實用價值。

特為之序。



博士 謹識

於勤慎土壤工程顧問有限公司

73. 7. 10.

自序

坊間有關土壤力學與基礎工程之書籍不下數十種，然對於土壤力學之試驗及基本理論有一詳盡完整的敘述者並不多見，筆者鑑於諸位讀者對於各書抉擇之茫然，乃於課餘之暇，從事「理論土壤力學」一書之編纂工作，以饗讀者，期能以最短的時間瞭解土壤力學之奧秘。

本書係參照教育部七十二年一月頒佈之五年制專科學校「土壤力學」課程標準編纂而成，並着重於試驗與理論之配合，理論之闡述。隨著資訊潮流之來臨，本書特將各章之理論以BASIC語言寫成程式，以資應用。

本書於編寫期間承蒙諸位師長、同仁之建言與切磋，並提供寶貴之意見，蒙恩師楊秦博士爲之序文，使本書增色不少，在此書付梓前一并深致謝忱。

筆者才疏學淺，又編寫及打字匆促，雖再三校對，但疏誤之處，仍所難免，敬請諸位先進及學者專家不吝給予指正是幸。

楊全成 敬識

於澄清湖畔

中華民國七十三年七月二十日

理論土壤力學 目 錄

第一章 土壤的生成結構與基本性質

§ 1—1	土壤力學之歷史、特性、目的及工程應用	1
§ 1—2	岩石的種類與風化	2
§ 1—3	土壤的生成與礦物成分	3
§ 1—4	粘土礦物	5
§ 1—5	土壤之種類及其成因	7
§ 1—6	土壤的結構	8
§ 1—7	土壤之天然性質及其試驗	10
	習 題 一	26

第二章 土壤的分析與分類

§ 2—1	土壤的機械分析	29
§ 2—2	粒徑分佈曲線	37
§ 2—3	阿太堡限度及土壤之指數性質	39
§ 2—4	土壤分類	45
§ 2—5	土壤的特性及鑑別	51
	習 題 二	63

第三章 土壤的滲透性與滲流分析

§ 3—1	土壤內毛細管作用	65
§ 3—2	土壤的滲透性	68

II

§ 3—3	滲透性係數之測定	71
§ 3—4	疊層土壤滲透性係數	79
§ 3—5	滲流理論	82
§ 3—6	滲流網與滲流量	84
§ 3—7	土壩之滲流分析	96
	習題三	98

第四章 土壤之有效壓力

§ 4—1	土壤之總壓力、有效壓力及孔隙水壓力	103
§ 4—2	毛細水份負壓力之影響	105
§ 4—3	水流之壓力效應	113
§ 4—4	土壤液化	116
	習題四	125

第五章 土壤之壓密

§ 5—1	壓縮與壓密	127
§ 5—2	壓密作用與 Terzaghi 模式	128
§ 5—3	壓密理論	129
§ 5—4	壓密試驗及其結果之整理	134
§ 5—5	預壓密壓力與工地壓密線之求法	142
§ 5—6	土壤沉陷量計算	153
§ 5—7	壓密速率之差分解析法	161
	習題五	166

第六章 土壤之剪力強度

§ 6—1	垂直應力與剪應力·····	169
§ 6—2	土壤之剪力強度·····	173
§ 6—3	破壞理論·····	176
§ 6—4	土壤剪力試驗之種類·····	182
§ 6—5	直接剪力試驗·····	183
§ 6—6	三軸壓縮試驗·····	188
§ 6—7	無旁束壓縮試驗·····	208
§ 6—8	十字片剪力試驗·····	212
§ 6—9	應力路徑·····	216
	習 題 六·····	224

第七章 土壤之夯實

§ 7—1	土壤夯實原理·····	227
§ 7—2	土壤夯實試驗·····	229
§ 7—3	土壤之夯實特性·····	232
§ 7—4	C.B.R. 試驗 ·····	233
§ 7—5	工地密度試驗 ·····	238
	習 題 七·····	240

第八章 側向土壓力

§ 8—1	土壤之塑性平衡 ·····	243
§ 8—2	土壓力之種類及其發生之條件·····	245
§ 8—3	Rainkine 土壓力理論·····	252
§ 8—4	Coulomb 土壓力理論 ·····	267
§ 8—5	Culmann 圖解法 ·····	269

IV

§ 8—6	Poncelet 圖解法	272
§ 8—7	孔內水平載重試驗	274
§ 8—8	泥漿牆	279
§ 8—9	加勁土壤及其穩定分析	288
	習 題 八	301

第九章 邊坡之穩定分析

§ 9—1	邊坡破壞之原因	305
§ 9—2	邊坡破壞之種類	305
§ 9—3	邊坡穩定分析之種類	307
§ 9—4	Culmann 分析法	309
§ 9—5	圓弧分析法	318
§ 9—6	切片分析法	319
§ 9—7	摩擦圓分析法	326
§ 9—8	Taylor 分析法	330
§ 9—9	層狀土壤之滑動破壞	338
	習 題 九	342

第十章 基礎地盤之應力分析

§ 10—1	由覆土重量及地下水壓力所引起的土內應力	345
§ 10—2	壓力分佈之簡單假設	345
§ 10—3	壓力傳播試驗	347
§ 10—4	由結構荷重所引起的土內應力 (彈性理論)	350
§ 10—5	Newmark 垂直壓力影響圖	352
§ 10—6	應用有限元素法求結構物載重所引起的新增	

加壓力	355
習 題 十	362

第十一章 基礎之承載力理論

§ 11-1	基礎荷重之種類	363
§ 11-2	基礎破壞之形式	363
§ 11-3	各種基礎承載力之定義	364
§ 11-4	基礎下面土壤內部之塑性平衡	365
§ 11-5	極限承載力理論	372
§ 11-6	斜力或偏心作用下之極限承載力	392
§ 11-7	平鈹載重試驗	395
§ 11-8	平鈹載重試驗結果之應用	397
§ 11-9	開挖面底部穩定性問題	404
	習 題 十 一	413

附 錄 一	土壤天然性質計算程式	415
附 錄 二	壓密速率之有限差分法解析程式	421
附 錄 三	莫耳圓相關參數解析程式	424
附 錄 四	主動被動土壓力計算程式	428
附 錄 五	切片法邊坡穩定分析程式	431
附 錄 六	基礎壓力傳播之有限元素法解析程式	433
附 錄 七	承載力計算程式	435

第一章 土壤的生成結構與基本性質

§ 1—1 土壤力學之歷史、特性、目的及工程應用

(一)土壤力學發展之歷史

自古以來，土壤供給人類各種生存條件，因此初期對土壤之研究乃與農作物有關之農業土壤學及與地球構造有關之地質學。

但自十九世紀工業革命後，科學之進步日新月異，大型土木工程相繼出現如摩天大樓、大水壩、高速公路、大橋樑及機場，使土壤除了應用於工程材料外，更應用於重要工程之基礎，故土壤與工程之密切關係漸為學者及工程師所注意。

對土壤性質有特殊研究者，當推瑞典之阿太堡氏（Atterberg），阿太堡氏自1900年開始研究土壤之分類法，繼則研究土壤之塑性含水界限性質。

1913年12月9日世界第一個土壤研究試驗機構「瑞典國有鐵路局土工技術委員會」於瑞典正式成立以後，其鄰國如芬蘭、丹麥、挪威各國亦於鐵路局下設立相似機構，以便推展土壤之研究工作。於歐州之其他各國如英國、德國及法國之學者亦對土壤試驗及數學解析特有貢獻。於1925年寶碩健氏（K. Terzaghi）發表粘土之壓密理論及沉陷時間理論創立嚴正之數學解法後，土壤遂於土木工程之範疇內自成一部專門之學問即土壤力學。

土壤力學問世以後，因需要迫切，於歐美方面如德、美、英、法、比、瑞等國，研究此一新興科學之學者輩出，更由於試驗方法及儀器之進步，理論與試驗能密切聯繫，故進步極速成就甚大。現在世界各國工科學及重要工程機關均有完備之土壤試驗機

2 理論土壤力學

構，同時甚多年青學者正集中精力從事研究，故土壤力學不日便可達到更週密及更完備之境域。

(一)土壤力學之特性

土壤力學與農業土壤學具有顯著之區別。因農業土壤學之研究中心在於土壤對農作物種類，生長及改良方面，其研究對象為與植物生長有關之一層薄淺之土壤，其深度有限而不包括礫石之類。土壤力學所研究之土壤不但包括礫石，而時常須深入地下幾十公尺。土壤力學與地質學亦具有顯著之區別，因地質學係研究地球生成、演變及構造為目的，而土壤力學係以研究土壤與工程之直接間接關係及各種理論與應用為目的。

故凡以工程材料及工程基礎之觀點，應用水力學及工程力學之定律以研究土壤行為之科學稱為土壤力學 (Soil Mechanics)。

(二)土壤力學之目的與應用

研究土壤力學可以了解土壤之基本性質及力學性質，根據這些性質可以用來分析與土壤有關之滲流量、承载力、沈陷量及穩定等問題。進而應用於道路、建築基礎、壩體及邊坡等工程。

§ 1—2 岩石的種類與風化作用

地殼由岩石 (Rocks) 及土壤 (Soils) 所組成，岩石及土壤的主要用途係用來做為基礎及營建材料。岩石可分為火成岩、沈積岩與變質岩三種。

(一)火成岩 (Igneous rock)

火成岩係由地球內部之岩漿侵入地殼內部或經火山爆發、地層斷裂噴出地面冷卻而成。其侵入地殼內部者稱為侵入岩 (Intrusive rock)，其噴出地面者稱為噴出岩 (Extrusive rock)。火成岩完全不含化石，全部或一部份為玻璃質，岩石表面無層狀、帶狀或葉狀構造。

(一) 沈積岩 (Sedimentary rock)

水成岩係由火成岩、沈積岩或變質岩經風化作用分解後，留在原地，或經風力、水力、冰河及其他動力帶至他處，沈積固結而成。沈積岩常呈層狀，不甚堅硬，又稱為成層岩 (Stratified rock)。

(二) 變質岩 (Metamorphic rock)

變質岩係由火成岩或沈積岩，經地熱、地壓及水蒸汽作用，使岩質重行組織，變質而成。

著名的火成岩、沈積岩及變質岩有下列數種：

火成岩—花崗岩、玄武岩、長英岩、輝石、角閃岩、閃長岩等。

沈積岩—礫岩、砂岩、泥岩、頁岩、石灰岩、鹽岩、石膏等。

變質岩—大理石、片麻岩、雲母片岩、蛇紋岩、板岩等。

地球外殼之火成岩、沈積岩及變質岩如暴露於大氣中，經長久時日之後，必產生自然破碎而腐壞之現象，此種自然作用稱為風化作用 (Weathering)。其來源大致分成物理作用、化學作用及有機作用三種。

物理作用包括：水結、溫差、水及風之作用。

化學作用包括：氧化、水化、碳化及溶解作用。

有機作用包括：植物及細菌等之作用。

§ 1—3 土壤的生成與礦物成分

地球外殼之火成岩、沈積岩及變質岩等岩石，經風化作用而形成疏鬆或不甚堅硬之礫石、砂土、粉土及粘土等之沈積物或堆積物稱為土壤。

表層岩石受風化作用，其風化的程度愈近地面愈顯著，自上而下分為數層，其層次如圖 1—1 所示。

(一) 上層土 (Top-soil)

4 理論土壤力學

為最上層之土壤，最接近地面，完全氧化與水化，常呈黑色或暗褐色，為砂土、粉土及有機物混合而成，又稱為壤土（Loam）或稱墟姆。

(二)下層土（Sub-soil）

在上層土下方，色較淡，雜有少量未經風化之岩石。

(三)換質岩（Altered rock）

在下層土下方之岩石層，受過相當之風化，但未受較大之擾動，視之似甚堅硬，但觸之易碎。

(四)原狀岩（Unchanged rock）

為完全未受風化作用的岩石，保持原來狀態。

土壤之成份，主要者為無機物質及有機物質兩種。有機物質大致佔有 3 至 4 % 左右，雖泥炭土中有時高達 75 % 以上，但不常見。

無機物質為岩石風化所成之土粒，得分成礫石、砂土、粉土及粘土四種。粒徑大於 4.76 公厘者稱為礫石（Gravel

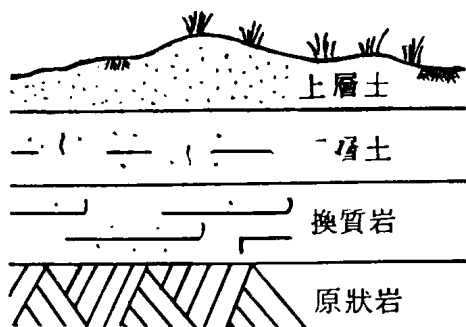


圖 1—1 岩石風化結果

），介於 0.074 至 4.76 公厘者稱為砂土（Sand），介於 0.002 至 0.074 公厘者稱為粉土（Silt），0.002 公厘以下者稱為粘土（Clay）。無機物質之主要化學成份為二氧化矽（ SiO_2 ）、三氧化二鋁（ Al_2O_3 ）、三氧化二鐵（ Fe_2O_3 ）、氧化鐵（ FeO ）、氧化鈣（ CaO ）、氧化鎂（ MgO ）、氧化鈉（ Na_2O ）、氧化鉀（ K_2O ）、二氧化鈦（ TiO_2 ）、氧化錳（ MnO ）、三氧化硫（ SO_3 ）及五氧化二磷（ P_2O_5 ）等。

無機物質佔土壤之主要成份，但少數土壤夾雜大量腐化之有機物如植物枝葉，動物屍體之類而成為腐植土（Muck）或泥炭土（

Peat)。此種土壤之有機物質含有量相當高，對農業上之植物生長雖甚合適，但對工程却無應用價值。

§ 1—4 粘土礦物 (Clay mineral)

土壤之工程性質常視粘土礦物之構成而定。粘土礦物通常係由兩個基本單元所構成。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—2 所示，通常以記號 $\boxed{S}$ 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—3 所示，通常以記號 $\boxed{G}$ 表示之。

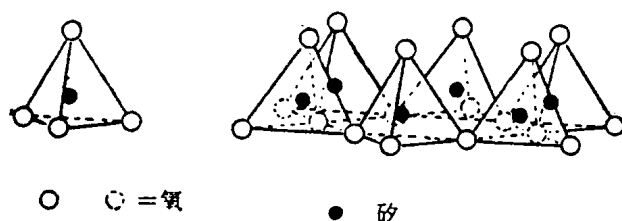


圖 1—2 四面體及二氧化矽頁

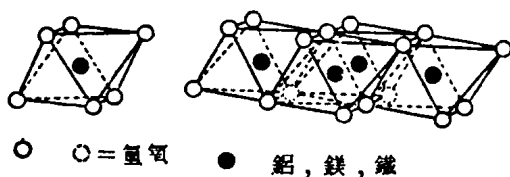


圖 1—3 八面體及氫氧化鋁頁

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、蒙特土及伊利土最為重要。此三類之構造及特性分述如下：

(一) 高嶺土 (Kaolinite)