

大 學 用 書

高等土力學

陳克誠編著

正 中 書 局 印 行

大 學 用 書

高 等 土 力 學

陳 克 誠 編 著

正 中 書 局 印 行



版權所有

翻印必究

中華民國六十七年八月臺初版

大學高等土力學

大一冊 基本定價 精裝四元四角
平裝三元三角

(外埠酌加運費滙費)

編著者	陳	克	誠
發行人	黎	元	譽
發行印刷	正	中	書局

新聞局出版事業登記證 局版臺業字第一九九號(7499)徽
分類號碼：441.15 (1000) (7389)

正中書局

CHENG CHUNG BOOK COMPANY

地址：臺灣臺北市衡陽路二十號

Address: 20 Heng Yang Road Taipei, Taiwan, Republic of China

經理室電話：3821145 編審部電話：3821147

業務部電話：3821153 門市部電話：3822214

郵政劃撥：九九一四號

海外總經銷

OVERSEAS AGENCIES

香港總經銷：集成圖書公司

總辦事處：香港九龍油麻地北海街七號

電話：3-886172-4

日本總經銷：海風書店

地址：東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地

電話：291-4345

東海書店

地址：京都市左京區田中門前町九八番地

電話：791-6592

泰國總經銷：集成圖書公司

地址：泰國曼谷耀輝力路233號

美國總經銷：華強圖書公司

Address: 41 Division St., New York, N.Y. 10002 U.S.A.

歐洲總經銷：英華圖書公司

Address: 14 Gerrard Street London W.I. England

加拿大總經銷：嘉華圖書公司

Address: China Court, Suite 212, 208 Spadina Avenue Toronto
Ontario, CANADA M5T 2C2

自 序

經過半世紀的研究與發展，土力學已成為理論完備的科學，但土壤為一最複雜的研究對象，組織成份既雜，應用範圍更廣，因之一般土力學教科書，不是太重實際，失之太簡，就是偏重理論，失之太深。前者幾使人誤解：土力學為一種不需要數學的科學；後者則使初學者莫測高深，望之卻步，尤其是篇幅太長，決不是在一學期，甚至一學年所能授完的。作者深信，這種現象，是多數學者，具有同感的。因此作者在國內外各大學教學期間，常自備筆記，作為授課的依據。本書即係根據十餘年來，在美國各大學教學的筆記，並參考歐美新著編寫而成。茲承正中書局允為出版，藉以貢獻於國內學術界，至為感謝。

本書主要內容除對土壤各種基本特性，以定義詳加解釋(第二章)及對各基本理論分別闡述(第三、四、五章)外，並特別強調各特性間的相互關係；但各章仍有其不可分割的連環性：例如第三章的空隙水流的研討，即為第四、五各章中，討論土壤變形的基本原因的根據；同樣的，其他如彈性力學理論以及土壓力理論各章，亦與土壤載重能量等問題，均有相互的關係。

本書目的，主要在使學生，對於顆粒性物料(土壤)的力學的多元性問題，予以思考的訓練，並培養其分析問題的能力。雖然討論了許多基本數學公式，但目的並不是在教學生的數學。依照一般慣例，土力學應為大三的課程，則大學生對於以微積分為基礎的本書，應能充分了解。換言之，本書雖以研究所的研究生為主要對象，但如作為大學部的教材，亦不致發生數學上的困難。

2 高等土力學

至關於各種試驗技術，僅限於作必要的解釋時，方予以敘述。全部試驗方法，因限於篇幅，概未列入，擬以專書方式，另行編著。

惟本書內容的選擇，僅憑作者個人的判斷。各人觀點不同，仍不免疏漏之處，敬希 讀者先生賜予指正。書末附中英德名詞對照表，請與拙著：「土壤力學與基礎學」一書中的附錄相比照。

本書承正中書局允為出版，臺大教授洪如江先生代為校訂，謹在此一併致謝。

陳克誠 於美國紐約市

民國六十六年十二月

目 次

第一章 緒 論	1
第一節 土壤在土木工程中的應用範圍	1
第二節 土壤力學中的問題及其目的	2
第三節 理論與實際	2
第二章 土壤的物理特性	5
第一節 土壤的組成成分及其特性	5
一、物體三態	5
二、土壤的基本特性	6
三、細粒土壤的結構	9
四、天然砂土的積層	10
第二節 土粒大小與形態	12
第三節 顆粒分析	13
一、篩分析法	13
二、比重計分析法	14
第四節 土壤的分類	19
一、根據顆粒分布的分類	19
二、三角形的土壤分類	23
三、依土壤的應用而區分	24
四、依稠性限度作土壤分類	25
第五節 粗粒及細粒土壤的定義	26

2 高等土力學

第六節	細粒土壤的物理特性	28
	一、吸附性的水膜	28
	二、湧泉的可能性	30
	三、粘土的重要礦物質成分	30
第七節	粘土形態及其敏感性	35
	一、稠性限度	35
	二、粘土敏感性	37
	三、縮性限度 SL	40
第八節	土壤壓縮理論	42
第九節	自由與自流式的地下水位	44
第十節	表面張力與毛管作用	47
	一、毛管現象的理論	47
	二、毛管現象的應用	48
	三、毛管高度的測定	50
第十一節	側面受限制時的壓縮試驗	51
	一、儀器	51
	二、土樣放置	52
	三、壓縮過程的模型	52
	四、固結速率的計算	54
	五、試驗步驟	56
	六、試驗結果的計算	56
	七、等量壓縮力	57
第十二節	壓縮試驗的討論	58
	一、壓力-空隙比曲線	58
	二、土壤的相對沉陷	64
第十三節	土壤的彈性係數 E_s	66

第十四節	土壤彈性係數 E_s 與的關係	74
第十五節	土壤的有效應力 P	76
第三章	土壤破裂理論	79
第一節	應力圖解法	79
	一、摩爾應力圓的基本公式	79
	二、摩爾圓極點的位置及其應用	82
	三、應力橢圓	84
第二節	剪力試驗	87
第三節	庫倫與克雷 - 梯特曼的基本公式	89
	一、通論	89
	二、庫倫公式	90
	三、克雷 - 梯曼公式	91
	四、具有摩擦力的土壤的破裂條件	92
	五、具最凝聚土土壤的破裂條件	95
	六、剪力試驗的圖線	97
第四節	天然土壤的剪力強度	100
	一、天然坡度角 β	100
	二、各種土壤的內摩擦角 ρ 的數值	100
	三、坡度崩坍的過程	101
第五節	三軸試驗的「壓力—空隙」比圖線	101
第四章	土壤滲透率 k	107
第一節	達西定律	107
第二節	在毛管中的水流	108
	一、土壤爲一毛管系統	109

4 高等土力學

第三節 k 值的確定	110
一、在試驗室確定 k 值的方法	110
二、根據毛管壓力計算滲透率 k	113
三、在水平方向測定 k 值	115
四、滲透率與空隙比的關係	115
五、層狀土壤的 k 值	116

第五章 空隙水流

119

第一節 直線型水流	119
-----------------	-----

第二節 與中心對稱的平面型水流

 並具有直線型的過濾流線

120

 一、在水平方向，向一井管流動

120

 二、由側面流入一溝渠的水流

121

 三、穿過一水平的不透水層的井管，同時井底為球
 面形的水流情形

122

 四、含水層具有水平頂蓋層，流向一圓柱形底面
 的水溝的水流狀態

123

第三節 立體型水流	124
-----------------	-----

 一、位勢函數的特性

125

 二、水面壅高時的水流問題

126

第四節 具有自由水面的水流	127
---------------------	-----

 一、杜普易假定

128

第五節 流入水井及水溝的水流	132
----------------------	-----

 一、流量公式

132

 二、自流井

133

第六節 平面型的水流過程	133
--------------------	-----

一、等角相似形圖型	134
二、流線、等壓線及形狀因數	135
三、壓力線的圖解法	137
四、地下水流區域的實例	138
第七節 水流壓力	149
第八節 臨界坡降	150
第九節 在滲流水面上的水流壓力	152
第十節 有自由水面的水流的重疊	154
第十一節 電滲理論	156
第十二節 不穩定水流	158
第十三節 直線型的不穩定空隙水流	160
第六章 粘土層的固結問題	165
第一節 固結度 U	165
第二節 由沉陷時間歷程曲線計算滲透率	169
第三節 固結理論的近似解法	172
第四節 多元的(立體型)的固結問題	174
第七章 彈性力學的理論	177
第一節 引言	177
第二節 在「半空間」上的單一重荷	178
一、因單一重荷所引起的應力	178
二、因單一重荷所發生的移動	183
第三節 線形重荷	185
第四節 彈性均質半空間假定的評判	189
第五節 由試驗得出壓力傳播的覆證	190

6 高等土力學

第六節	均勻分布的重荷所引起的應力	192
一、應力		192
二、垂直移動		205
第七節	軟質及剛性重荷面積	208
第八節	剛性體重荷	209
一、剛性圓形板與剛性長條形		210
二、剛性基面的重荷不在面積中心（偏心重荷）時的應力		213
第九節	彈性圓形板，彈性條形	214
第十節	在水平力作用之下，基面接合層摩擦力的討論	216
第十一節	沉降的計算	218
一、確定土層情況		218
二、確定在建築物建造的前後，土層中的應力狀態		219
三、沉降量的確定		221
四、根據第一土層的平均強度係數的知識，約略估計土層表面的沉降量		222
第十二節	地基係數理論	226
一、理論的假定		226
二、在剛性基礎下的地基反應力		228
三、在有伸縮性基礎下的地基反應力		229
四、地基係數理論的應用		230
五、根據彈性力學的理論，討論基礎下的應力		232
第八章	半空間的限度情況—土壓力理論的根據	237
第一節	蘭金的土壓力理論	238
一、有水平限界面的半空間		238

	二、表面爲傾斜的半空間	242
	三、蘭金土壓力理論的應用	248
第 二 節	庫倫的土壓理論	250
	一、計算土壓力的半圖解法	251
	二、土壓力的計算法	252
	三、雷布漢定律	253
	四、彭色雷的製圖法	255
第 三 節	土壓力總力的位置	259
	一、牆的轉動或傾側，以牆腳點爲中心	259
	二、牆身作平行的移動	260
	三、牆的上部是固定的	260
	四、阿德對於牆身移動的影響的研究	261
第 四 節	非連續性的影響	262
	一、各土層的土質不同	262
	二、牆的背面，爲一曲折面時	264
	三、如填充土壤的面層是曲折的	265
	四、線形重荷的影響	266
第 五 節	凝聚力對於土壓力的影響	268
第 六 節	土抗力	270
	一、假定滑裂面爲平面時的土抗力計算	270
	二、滑裂面爲曲線時，土抗力的計算	273
第 七 節	土壓力的綜合討論	275
第 八 節	倉庫理論	281
第 九 節	板牆上的土壓力	284
第 十 節	地基的荷重力	285
	一、一般討論	285

8 高等土力學

二、條形基礎286
三、圓形基礎300
四、急驟的重荷301

第九章 坡度的穩定問題.....303

第一節 坡度303
第二節 坡度的穩定度303
第三節 在深層崩坍時，根據荷重能力，研究坡度穩定度...304
第四節 平面滑裂面308
 一、平面滑裂面經過坡腳點時308
第五節 圓形滑裂面311
 一、根據圓形滑裂面的穩定度計算311
第六節 臨界坡高度314
第七節 深層滑裂面316
第八節 土壤的壓實317
 一、最佳含水量 W_p 318
 二、壓實功能 E_c 319

第一章 緒 論

第一節 土壤在土木工程中的應用範圍

土壤係由地殼中岩石，經過物理及化學的風化作用而成的產物。所以在天然中存在的土壤，包括各種大小不同，形狀各異的礦物成分。同時除礦物質的土粒以外，並含有水分、空氣或其他氣體，形成爲一最複雜的材料。爲避免混淆計，本書中，在討論土壤組成成分時，將以固體土質（包括礦物或有機成分），代表土壤的固體成分。

土壤力學，在土木工程中，應用範圍甚廣，但主要的可分爲下列四種：

1. 以土壤作爲建築材料。在所有土建築物中，例如土堤、土填，所應用的材料，幾乎全部爲土壤，在道路工程，飛機跑道中，亦大部分爲土壤。

2. 以土壤作爲地基。其作用爲負荷建築物（包括路面及飛機跑道）重量的承重體。

3. 以土壤作爲地下水的承載體，例如地下水流以及自來水工程、排水工程、灌溉工程中的蓄水庫、攔水壩均屬之。

4. 土壤本身，亦爲建築物中的一種重荷，例如擋土牆及隧道所承受的土壓力。

因土壤的應用甚廣，土建築物的歷史悠久，在數百年前，即已形成爲獨立發展的工程技術，現在稱爲古典土壓力學。在古典土壓力時代，關於土工的設計，全屬嘗試性質，僅憑失敗的經驗，以求進步。所以在這一時期，進步甚緩，而且只是間歇的進步。最近五十年來，

2 高等土力學

根據過去失敗的經驗，以及成功的實例，並利用物理學，特別是力學的理論，得以經驗與理論兼顧，因之土力學的內容，日益充實，進步一日千里，更發展了許多新的理論，可稱為土力學的成熟時期。至關於科學理論的根據，最重要是：水力學、動力水力學、彈性力學以及塑性學理論等等。

第二節 土壤力學中的問題及其目的

土壤力學中的問題，簡單的說，是將力學及水力學的理論，應用於土層之中。所謂土層，包括疏鬆的岩石，淤積土層，風化土層或人工堆築的土層在內。綜合言之，土力學的問題，可以概括為下列三類：

1. 用試驗方法，確定土壤的物理特性（主要是測定土壤的各種係數或常數）。但此處應將土壤分為兩大類，即：天然土壤與人工土建築物（例如堤工），為研究的對象。

2. 將理論以及由經驗得來的知識，應用於實際的建築問題上。對所有的工程現象，尋求因果的定性的關係；或在天然條件下，對其作用或影響作數字的預測。例如：在荷重條件下，預測土壤物理性的變化。

3. 發展新方法，以觀測地層的移動並確定地基中應力的大小及其分布。

第三節 理論與實際

在所有建築材料中，只有鋼料的彈性最為單純，可以直接應用彈性力學的定律以作計算。其他的建築材料，尤其是土壤，其彈性最為

繁複，如根據彈性力學以作計算，不僅步驟煩瑣，而且不合實際。因此土木工程師，必須尋求簡化的假定，以期符合實用。這種情形，亦如在鋼筋混凝土建築物中，不能直接由嚴格的應力與應變間的直線定律作為出發點，必須採用較大的安全因素，以簡化計算的步驟。這一觀點，在作土力學的計算時，應首先有所了解。

4 高等土力學