

高等學校教學用書

地基和基礎

上 冊

Н. Н. БОГОСЛОВСКИЙ 著
同濟大學地質土壤基礎教研室譯

高等教育出版社

高等學校教學用書



地 基 和 基 礎

上 冊

Н. Н. 鮑高斯洛夫斯基著
同濟大學地質土壤基礎教研室譯

高 等 教 育 出 版 社

本書係根據蘇聯國立建築書籍出版社（Государственное издательство строительной литературы）出版的技術科學候補博士鮑高斯洛夫斯基副教授（Н. Н. Богословский）所著“地基和基礎”（Основания и фундаменты）1947年版譯出。原書經蘇聯人民委員會議全蘇高等教育委員會審定為高等技術學校教科書。

本書符合於“工業建築與民用建築”專業的“地基和基礎”這門課程的教學大綱，但是也考慮到了其他工程建築專業對於該課程的要求。

爲了減少閱讀本書的困難起見，譯者加了若干譯註，並且在書末加編附錄。

參加集體翻譯、編寫附錄及校稿工作者爲朱小林、朱百里、林佺、俞調梅、張守華、鄭大同、蔣開清同志。本教研室的其他同志：王引生、余紹襄、胡文堯、潘千里、戴智本等在採用譯稿作爲教材時，提出了寶貴的意見，並且參加了抄寫和校對定稿的工作。

地 基 和 基 礎

上 冊

書號76(譯71)

鮑 高 斯 洛 夫 斯 基 著

同濟大學地質土壤基礎教研室譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 瑞 境 廠 一 七 〇 號

〔北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號〕

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 印 刷 廠 印 刷

上 海 天 通 巷 路 一 九 〇 號

開本787×1092 1/25 印張7 10.5/12.5 字數 156,000

一九五四年九月上海第一版 印數 1—6,000

一九五四年九月上海第一次印刷 定價 羊 10,000

序

本書係根據蘇聯人民委員會議全蘇高等教育委員會 1943 年 9 月 15 日第 266 號指示編寫而成。

本書各個問題的內容、份量及解釋，乃根據蘇聯全蘇人民建築委員會教育司教學指導室所規定的基本原則，決定如下：

1. 本書為高等建築學校學生用的“地基和基礎”這門課程的教科書。

2. 本書應以儘量緊湊而具體的方式，把這門課程的基本原理部份教給學生。

3. 本書所包括的材料，是實際上可以按教學計劃中所規定的講授時數講完的。

4. 書中教材的敘述，緊緊環繞着一定的教學目的：就是要使得學生能夠了解並且掌握這個學科的方法和一般內容，這個學科怎樣分配在各章節之內，各章節的連貫性，以及它們之間的相互關係。

5. 本書所包括的知識應是：學生在學習這門學科的過程中所必須掌握的知識，以及學生在考試時所必須具有的知識。

6. 書中關於教材的解釋，關於實驗室作業程序及有關課程設計的說明，均有專書可查（另印行的版本），至於深入地研究個別問題所需的各種論據、表格和資料，均可見於各該問題的專門教程（單行本）中。

本書主要是供工業與民用建築專業作為按照該專業教學計劃中所規定的六十學時講授之用，但是如果將本書主要部份的一般內容加以精簡，而對於書中所提到的若干特殊問題僅涉及概論，也可以使本書供其他各專業之用。

本書係根據著者在莫斯科古比雪夫建築學院^①的講稿，以及 1940

① МИСИ (即 Московский Инженерно-Строительный Институт 之縮寫) им. Куйбышева。

年出版的我和技術科學博士 B. K. 德莫霍夫斯基^① 教授合編的一本教科書爲藍本而編寫的。並且也吸取了用這本教科書教學生們所得到的經驗。

本書講到地基和基礎的設計標準，只提到一些爲了代替全蘇標準 (OCT 90004—38) 而另定新標準的編訂計劃，因爲在本書編著時，關於地基和基礎部份的新標準的修訂工作還沒有完成。

有若干十分重要的問題，如地震現象，地震對於地基和基礎穩固性的影響，以及在房屋的重建和加建工作中，關於托換基礎^② 及加固基礎的特點等問題，在本書中未曾予以說明，因爲它們未被列入蘇聯人民建築委員會教育司所批准的教學大綱內。

因爲根據上述要求來編著本書是一樁艱鉅的任務，所以根據以本書爲高等學校教科書的經驗而提出的廣泛批評，是必要的。著者謹在此預先對所有費心指出本書缺點而提出各種批評意見的同志們致以衷心的謝意。

著 者

① Дмоховский。

② Подводка, underpinning。

上 冊 目 錄

序	
緒論	1
第一章 土壤的基本的物理和力學性質及其特徵	6
§ 1.1. 土壤的物理特徵	7
§ 1.1 a) 用試驗室方法求得的數值	7
§ 1.1 б) 從計算求得的導得特徵	7
§ 1.1 в) 土壤的稠度	11
§ 1.1 г) 土壤的粒徑粗細成份	12
§ 1.1 д) 透水性	13
§ 1.1 е) 根據狀態和性質區分土壤的分類方案	16
§ 1.2. 和水份存在於土壤內有關的土壤組織和性質	16
§ 1.2 a) 土壤的結構	16
§ 1.2 б) 毛細壓力	17
§ 1.2 в) 土壤的黏結性	19
§ 1.2 г) 濾流	21
§ 1.3. 壓力對於孔隙率的關係	23
§ 1.3 a) 太沙基原理	23
§ 1.3 б) 壓縮曲線	23
§ 1.3 в) 土壤內的兩種壓力	26
§ 1.3 г) 水份和土壤骨架分擔作用的方式	27
§ 1.3 д) 側壓力係數	28
§ 1.4. 土壤的抗剪強度	29
§ 1.5. 土壤在局部荷載下的屈伏(荷載試驗法)	31
§ 1.5 a) 壓力對於土壤沉陷關係的曲線	31
§ 1.5 б) 關於浸潤附加沉陷性的土壤試驗	25
第二章 建築場地的工程地質勘察	37
§ 2.1. 概論	37
§ 2.2. 勘察工作的基本類型	40
§ 2.2 a) 爲了選擇和鑑定擬用建築場地的一般探測工作	40
§ 2.2 б) 在個別建築物下面的詳細探測工作	42

§ 2.3. 在建築場地進行地質勘察的方法	43
§ 2.3 a) 探井鑽探法	43
§ 2.3 б) 鑽孔鑽探法	44
§ 2.4. 勘察資料的整理(鑽探剖面圖及地質剖面圖)	48
§ 2.5. 建築場地土壤檢驗報告資料的範圍和內容	50
§ 2.6. 在壩及其他水工建築物下勘察的特點	52
第三章 土壤在荷載下的應力情況和變形(沉陷)	53
§ 3.1. 基礎底面下的承壓力分佈	53
§ 3.1 a) 承壓力分佈的計算圖形	53
§ 3.1 б) 承壓力分佈的真實圖形	56
§ 3.2. 基礎底面以下深處土壤內的壓力分佈	60
§ 3.2 a) 壓力分佈的計算圖形	60
§ 3.2 б) 局部荷載影響下的土壤壓力分佈的試驗數據	63
§ 3.2 в) 基礎底面下的土壤壓力分佈的計算方案	65
§ 3.3. 土壤在荷載下的總變形(沉陷)的絕對數值	70
§ 3.3 a) 在沒有側向膨脹的壓縮下求土壤的沉陷量	71
§ 3.3 б) 求基礎的預估沉陷量	73
§ 3.3 в) 求壓縮模數 E	74
§ 3.4. 求得在穩定過程中的沉陷量	75
§ 3.4 a) 當土壤的全部壓縮層內具有等值的壓力時,求得時間對於沉陷關係的函數(蓋爾謝萬諾夫教授法)	75
§ 3.4 б) 關於土壤內壓縮層的等代厚度的概念	77
§ 3.4 в) 對於各種壓力圖形、求得時間對於沉陷關係的函數(基爾僕依教授法)	79
§ 3.4 г) 許可沉陷量及許可沉陷差異量	81
第四章 關於土壤承載量及地基土壤穩固性確定法的概念	83
§ 4.1. 着力層土壤在中心荷載下的許可承壓力	83
§ 4.1 a) 確定土壤許可承壓力的基本方法	85
§ 4.1 б) 當埋置深度 $h > 2m$ 及 $h < 2m$ 時,確定土壤的許可承壓力	91
§ 4.1 в) 在地下室基礎下面、確定地基許可承壓力	93
§ 4.2. 下臥層強度的驗算	94
§ 4.3. 承載層土壤在偏心荷載下的許可承壓力	96
§ 4.4. 在中心荷載下,確定土壤在基礎底面下被擠出的穩固性條件	97
§ 4.5. 從土壤凍結的條件來決定地基標高	102
§ 4.5 a) 關於凍結深度的概念	103

§ 4.5 6) 從凍結條件來決定基礎底面的埋置深度.....	108
§ 4.6. 水對於地基土壤的穩固性的影響.....	110
§ 4.6 a) 地下水對於地基土壤的骨架及對於基礎的浮力作用.....	110
§ 4.6 6) 地下水位的漲落.....	111
§ 4.6 B) 壩基土壤內滲流着的水的影響.....	113
§ 4.6 r) 地下水對於建築物地下部份的混凝土的侵蝕作用.....	114
§ 4.7. 地基的類型.....	115
§ 4.7 a) 天然地基.....	115
§ 4.7 6) 人工地基.....	116
第五章 天然地基上的基礎	171
§ 5.1. 概論.....	117
§ 5.2. 基礎的種類.....	118
§ 5.2 a) 基礎的材料.....	118
§ 5.2 6) 基礎的結構形式.....	119
§ 5.2 B) 根據圬工材料的性能及計算方法的基礎分類法.....	125
§ 5.3. 中心荷載下的淺基礎的計算.....	129
§ 5.3 a) 剛性條形牆基礎的計算.....	129
§ 5.3 6) 剛性方形柱基礎的計算.....	131
§ 5.3 B) 採用剛性基礎的條件.....	132
§ 5.3 r) 柱下彈性基礎的計算.....	134
§ 5.3 x) 條形鋼筋混凝土基礎計算的特點.....	137
§ 5.4. 在鉛直和水平荷載下的基礎的計算.....	141
§ 5.4 a) 作用於基礎的力系.....	141
§ 5.4 6) 基礎對於滑動的穩固性驗算.....	142
§ 5.4 B) 基礎對於傾覆的穩固性驗算.....	149
§ 5.5. 輕型結構的基礎.....	150
§ 5.5 a) 概論.....	150
§ 5.5 6) 木基礎.....	150
§ 5.5 B) 廠式圬工基礎.....	152
§ 5.5 r) 條形圬工基礎.....	154
譯者補編附錄	155
附錄 I. 側壓力係數、壓縮模數及壓縮層的等代厚度和泊松比的關係.....	155
附錄 II. 蘇聯 1948 年工業與民用房屋及建築物天然地基設計標準及技術規範的要點.....	158

§ A 2.1. 概論.....	158
§ A 2.2. 土壤分類.....	159
§ A 2.3. 計算承壓力及許可承壓力,着力層及下臥層,壓縮層.....	161
§ A 2.4. 許可承壓力表.....	163
§ A 2.5. $b > 1\text{m}$, $h \approx 2\text{m}$ 時的許可承壓力.....	167
§ A 2.6. 下臥層內有軟弱土層時的計算法.....	168
§ A 2.7. 偏心荷載.....	170
§ A 2.8. 關於工業建築物的特殊規定.....	170
§ A 2.9. 關於擋土牆橋臺等的規定.....	171
§ A 2.10. 地下室基礎下的許可承壓力	171
§ A 2.11. 已有建築物的地基許可承壓力的提高	172
§ A 2.12. 建築物的沉陷	172
§ A 2.13. 基礎的埋置深度	173
§ A 2.14. 大孔土	174
附錄 III. 蘇聯 1947 年市政部地基規範的要點	179
§ A 3.1. 土壤分類.....	179
§ A 3.2. 土壤的許可承壓力.....	180
§ A 3.3. 許可承壓力的提高.....	181
附錄 IV. 蘇聯 1947 年交通部地基規範的要點	182
§ A 4.1. 土壤的許可承壓力.....	182
§ A 4.2 許可承壓力的提高.....	182

地基和基礎

緒 論

任何建築物的地基，乃是指這樣的全部地質層次：它承受由於造起來了的建築物的重量而產生的壓力，而且在這種壓力作用之下發生變形（發生沉陷）。

凡地質層次，不論它們的成份，組織，名稱，含水狀態如何，只要它們是用作建築物地基的時候，就都稱為土壤。

建築物的基礎，是指建築物的這樣的一部份，用它來把由於造起來的建築物的重量而產生的壓力傳遞到地基，而且使得壓力更均勻地分佈。建築物的基礎是一種常用特殊材料造成的（通常是用圬工砌築，混凝土或鋼筋混凝土）結構。

直接在地面下的土壤是軟弱的，包含着偶有的雜質和填土的夾層（由於人們歷史活動的結果）。這種土壤的性質不是恆定的，不均勻的，正像它們的成份一樣。直接在地面下的土層，在冬季要凍結。為了保證建築物有均勻而堅固的地基，就迫使工程師們把基礎加深到這樣的地質層次：由於地層形成的情形，以及上面地層的重量，這種地質層次已經是壓實的了，而且是十分可靠的了。

圖 1 是建築物的地面以下部份的佈置圖。天然地面的標高不一定和設計標高一致。如以 H 表示基礎對於設計標高的埋置深度，以 h 表示基礎對於天然地面標高的埋置深度，那末， H 和 h 之間實際上可有下列三種不同的關係：

(1) $H > h$ ——按照設計要在基礎的周圍填土；

(2) $H < h$ ——按照設計要挖土；

用期間的要求(根據許可沉陷量)提高了。

這些新的要求,提出了一連串關於(作為建築物地基材料的)土壤在荷載下如何作用的理論和計算方法的新問題。

二十世紀初,關於土壤的質和土壤在荷載下如何作用的特點,曾進行過大量的試驗室的和理論的研究,這就引起了新的學科“土壤結構力學”的形成和發展。在土壤研究中最有成果者是卡爾·太沙基教授^①和 Н. М. 蓋爾謝萬諾夫教授^②的工作。

這些工作,使得我們能夠根據土壤的狀態和性質,做出有科學根據的土壤分類法,也使我們能得到土壤在荷載下應力情況的計算方案的理論基礎。同時也使我們找到了土壤在壓力作用下的沉陷過程的複雜現象所具有的規律性。

“地基和基礎”學程的教本的任務,就在於根據科學和技術的現有成就,對建築物的地基和基礎的設計原理;和在不同結構方式下如何進行地基和基礎的施工,予以有系統的敘述。

就“地基和基礎”這門課程的內容來說,它在整個技術學科中乃是建築工程和工程地質學之間取得聯繫的一個環節。

“地基和基礎工程”這門課程有一些獨特的特點,使得它和結構方面其他學科大不相同。

在設計房屋和建築物的承載結構時,設計人員可以根據作用力系及荷載的大小,選擇那些爲了滿足強度的條件而必需的材料;假使市場上缺乏能夠滿足設計要求的材料,那末設計人員就可以向技師提出一定的要求,而得到新的材料。當蘇維埃宮^③的修建要求高級鋼料的時候,蘇聯的冶金專家就供給了新的 ДС 標號的鋼料。

① 卡爾·太沙基 (Karl Terzaghi): “土壤結構力學” (Erdbaumechanik), 1925 年維也納版。俄文譯本, 1933。

② Н. М. 蓋爾謝萬諾夫 (Герсеванов): “飽和土壤的動力學” (Динамика грунтовой массы), 1937 年莫斯科第三版。

③ Дворец Советов。

在設計地基的時候，情形就完全不同了。在這種情形下，設計人員對於地基材料幾乎不加選擇。因為如果已經選定了建築地點，那末工地的土壤條件也就事先已經了解了的。

在自然界所碰到的土壤是很不相同的，層理非常複雜，土壤的強度隨着各種各樣的原因而變化。這種情形使得我們要制定一個固定的規範，來規定對於作為建築物地基材料的土壤的強度特性，應當有怎樣的要求，就成為很困難的了。

在正常的設計情形下，在每一個新的建築場地都必須根據地質和水文地質情形，確定土壤的性質，決定那些必要的計算數據，和那些關於建築施工的特殊要求，有時也要包括關於造好了的建築物使用情形的特殊要求。

上述的關於地基設計的特點，就使得這種工作程序和其他的結構設計大大不同。為了修築任何一種結構的地基起見，在設計之前的不可缺少的工作步驟是建築場地的勘查（土壤情形的探測）；根據指定的土壤情形的勘查結果，應當能夠規定出具體的標準。

在正常情形，地基和基礎設計和施工的各個步驟的程序，應當如下：

1. 為了瞭解擬建區域的土層及地下水情形起見，在建築場地做地質勘查及水文地質勘查。
2. 對於場地的土壤進行實驗研究：在試驗室內的土樣分析，荷載試驗等。
3. 編製地區的地質和水文地質說明書，說明在地基內，將來作為着力帶的土壤的物理和力學性質的特徵，及其他。
4. 關於下列問題的初步解決，得到結論或概念：選定基礎的埋置深度、地基系統、許可承壓力的大小、和施工方法。
5. 設計地基和基礎。
6. 進行修築地基的施工。

當土壤具有特殊條件時，除此以外還要弄清楚在建築物使用時期的特殊要求。有時候工程師可以不遵守上述的程序，而在場地條件為已知的時候決定地基和基礎的解決辦法，但應以下列情形為準：(a)土壤的名稱和性質，已毫無疑義，(b)場地的地質構造是明顯而不複雜的，(B)有鄰近的巨型建築物的經驗，(r)對於臨時的或輕型的結構，可以降低要求，及其他等等。

第一章 土壤的基本的物理和力學性質及其特徵

建築場地勘查工作的經驗，以及這些工作的結果在地基設計和施工方面的應用，證明了按照土壤的狀態和性質來提供土壤分類的方案，是很困難的。

如果說關於整體的石頭（岩石類土壤）的分類標誌已經是十分明確和一定的話（岩石分析），那末關於碎裂了的石頭（非岩石類土壤）的這種標誌就是非常複雜的了；而且，爲了說明這種土壤的物理和力學性質的特徵，必須規定出一些特殊的術語。

在建築物地基內，任何非岩石類土壤都是一種由下列三種基本成份（相）所組成的複雜的物體。

- （а）形成土壤骨架的礦物質顆粒（固體相）；
- （б）局部填充着土壤孔隙的水份（液體相）；
- （в）空氣（氣體相）。

按照水份填充土壤孔隙的程度如何，土壤可以是三相的或二相的：

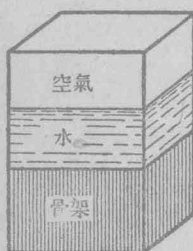


圖2. 土壤的三相結構示意圖。

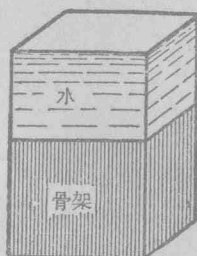


圖3. 土壤的二相結構示意圖（飽和土壤）。

假使空隙僅是局部被水份填充了，而在土壤孔隙內有些空氣，那末就是三相的（圖2）；假使水份把孔隙全部填滿了，那末就是二相的（圖3）。後者稱爲“飽和土壤”^①。

在大多數的建築工程中，建築物的地基是非岩石類土壤。因此，在研究各種土壤的工程性質的特徵之前，必須把土壤當做一種材料，把它

① грунтовая масса（直譯爲“土漿”——譯者）。

的基本的物理性質和力學性質加以系統化，來定出土壤的客觀標誌（特徵）。

§ 1.1. 土壤的物理特徵

§ 1.1 a) 用試驗室方法求得的數值

土壤的比重 γ —土壤的礦物部份每單位容積的重量。

土壤的容重 g_w —土壤每單位容積的重量。一般要求在天然情形下，這就是說，要在保持土樣天然含水量和孔隙率的條件下（未經破壞的結構）進行土壤容重的測定。土壤在天然含水量和孔隙率時的容重的測定，最好在野外進行。

以重量計算的含水量^① w ：土樣孔隙內水份的重量，對於同一土樣的土壤骨架的重量的比（以百分率計）。

下列數值：（1）土壤的比重，（2）土壤在天然情形下的容重，和（3）含水量——是原始的試驗室數據，由此可以用公式求得土壤的一系列的導得物理特徵的數值。

§ 1.1 b) 從計算求得的導得特徵

在天然含水量及孔隙率時，土壤每單位容積內的土壤骨架的重量（以後簡稱土壤的“乾容重”——譯者） g_0 ，乃根據上述的符號，用下列公式求得：

$$g_0 = \frac{g_w}{1 + 0.01 w} \quad (1)$$

土壤的孔隙率^② n ，就是土樣的孔隙的容積，對於土樣的容積的比（以百分率計）。根據上述的符號，可以用下列公式求孔隙率：

$$n = 100 \left(1 - \frac{g_0}{\gamma} \right) \quad (2)$$

如上面所說明的，容重常常是爲了具有天然含水量的土壤而測定

① 譯註：以下簡稱“含水量”。

② пористость。

的。在這種情形下，可以不先求 g_0 而直接計算孔隙率，即

$$n = 100 \left[1 - \frac{g_w}{\gamma(1 + 0.01 w)} \right] \quad (3)$$

孔隙比^① ε ，一是孔隙容積對於土壤骨架所佔容積的比（孔隙比是不名數）。 ε 的數值，可以用下列公式之一求得：

$$\varepsilon = \frac{n}{100 - n} \quad \text{或} \quad \varepsilon = \frac{\gamma(1 + 0.01 w)}{g_w} - 1 \quad (4)$$

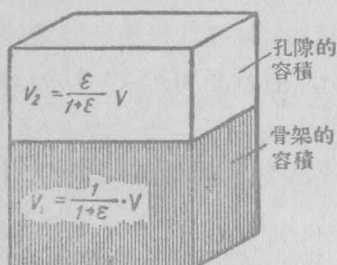


圖 4. 孔隙比 $\left(\varepsilon = \frac{V_2}{V_1}\right)$ 的物理意義。

太沙基教授所提出的這個表示土壤孔隙的特徵，要比 n 方便一些，因為在 $\varepsilon = \frac{V_2}{V_1}$ 式中，比值的分母是常數（圖 4）。

根據 $V_1 + V_2 = V$ 的關係，很容易利用孔隙比 ε 來表示在一定容積的土壤內，土壤骨架的容積和孔隙的容積各為若干：

$$V_1 = \frac{1}{1 + \varepsilon} V, \quad (5)$$

$$V_2 = \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon} V. \quad (6)$$

在試驗室測定土壤物理性質的特徵時，必須記住：即使土樣僅損失了一部份天然水份的時候， g_w ， g_0 ， n ， w ，和 ε 的測定就是不許可的了。理由是這樣的：由於可能發生的收縮，以及由於天然孔隙率和含水量的改變，就使得在這樣的情形下求得的這種特徵的數值，將與土層的實際情形不相符合；而且也就可以成為在把試驗室數據應用於實際工作中時發生誤會的原因。

飽和度^② G ，或含水量係數^③，是指土壤內孔隙水的重量，對於充

① коэффициент пористости, 直譯為“孔隙係數”。

② степень влажности。

③ коэффициент влажности。