

10173

高等學校教學用書

基本官藏

地基和基礎

上 冊

Н. Н. БОГОСЛОВУКИИ 著
同濟大學地質土壤基礎教研室譯



高等教育出版社

652

5/2704

TKK11

高等學校教學用書



地 基 和 基 礎

上 冊

H. H. 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。

為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為朱小林、朱百里、林佳、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為教材時，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 城 關 廠 一 七 〇 號

〔北京市書刊出版業登記證出字第〇五四號〕

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 印 刷 廠 印 刷

上 海 天 通 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 МНЦИ (即 Московский Инженерно-Строительный Институт 之縮寫) и.м. 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為藍本而編寫的。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、只提到一些為了代替全蘇標準 (OCT 90004 - 38) 而另定新標準的編訂計劃，因為在本書編著時，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，因為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。

因為根據上述要求來編著本書是一樁艱鉅的任務，所以根據以本書為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 Подводна, 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 6) 從計算求得的導得特徵	7
---------------------------	---

§ 1.1 b) 土壤的稠度	11
----------------------	----

§ 1.1 r) 土壤的粒徑組成份	12
-------------------------	----

§ 1.1 g) 透水性	13
--------------------	----

§ 1.1 e) 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 6) 毛細壓力	17
---------------------	----

§ 1.2 b) 土壤的黏結性	19
-----------------------	----

§ 1.2 r) 滲流力	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 6) 壓縮曲線	23
---------------------	----

§ 1.3 b) 土壤內的兩種壓力	26
-------------------------	----

§ 1.3 r) 水份和土壤骨架分擔作用的方式	27
-------------------------------	----

§ 1.3 g) 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 6) 關於浸潤附加沉陷性的土壤試驗	23
-------------------------------	----

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 6) 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_s	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(基爾傑依教授法).....	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 2) 地基土壤內滲流的水的影響.....	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 2) 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 2) 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 2) 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 2) 基礎對於傾覆的穩固性驗算.....	149
§ 5.5. 輕型結構的基礎.....	160
§ 5.5 a) 概論.....	160
§ 5.5 6) 木基礎.....	160
§ 5.5 2) 廠式圬工基礎.....	162
§ 5.5 r) 條形圬工基礎.....	164
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. $b > 1m$, $h \neq 2m$ 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. 關於橋上管橋壩等的規定.....	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. 建築物的沉降.....	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

下 冊 目 錄

第六章 淺層埋置的天然地基與淺基礎的施工法	185
§ 6.1. 在地下水位以上修築天然地基	185
§ 6.1 a) 基坑的開挖	185
§ 6.1 b) 無支撐基坑的邊坡	186
§ 6.1 n) 基坑邊坡的支撐	187
§ 6.1 r) 基礎的砌築	191
§ 6.1 x) 基坑的回填	192
§ 6.2. 在地下水位以下修築天然地基	192
§ 6.2 a) 基坑的圍壁	193
§ 6.2 b) 防止水份流入基坑	199
§ 6.2 n) 挖坑和排水	200
§ 6.3. 在水流地區修築天然地基	202
§ 6.3 a) 圍堰	202
§ 6.3 b) 按材料和結構而區分的圍堰型式	203
§ 6.4. 圍壁結構的計算	210
§ 6.4 a) 板樁牆的計算	210
§ 6.4 b) 圍堰的計算	214
§ 6.5. 飽和土壤內的特種施工法	217
§ 6.5 a) 水下灌注混凝土法	217
§ 6.5 b) 飽和土壤的凍結法	219
§ 6.6. 人工降低地下水位法	221
§ 6.6 a) 這個方法的要點及其不同的方式	222
§ 6.6 b) 降低水位法的裝置類節	228
§ 6.6 n) 降低水位裝置的計算中所用的理論資料	229
第七章 深層埋置的天然地基	231
§ 7.1. 土壤的瀝青灌注法	231
§ 7.1 a) 這個方法的要點	232
§ 7.1 b) 裝置的簡圖	233
§ 7.1 n) 瀝青的特徵	235
§ 7.1 r) 瀝青灌注法適用的條件	236

§ 7.2. 沉井	237
§ 7.2 a) 適用的條件	237
§ 7.2 6) 沉井的種類	238
§ 7.2 б) 沉井的各部份及其結構方式	243
§ 7.2 r) 在下沉地點修築沉井	247
§ 7.2 A) 從沉井內取出土壤的方法	250
§ 7.2 e) 沉井下沉時的特殊要求	254
§ 7.2 ж) 沉井的計算	256
§ 7.3. 氣壓沉箱	264
§ 7.3 a) 氣壓沉箱佈置的概念	264
§ 7.3 6) 氣壓沉箱佈置及設備的一般圖式	265
§ 7.3 б) 氣壓沉箱從地面下沉的工作	273
§ 7.3 r) 氣壓沉箱的種類	277
§ 7.3 A) 氣壓沉箱室計算的基本原理及作用力的確定	288
§ 7.3 e) 壓縮空氣對於人體器官的影響及氣壓沉箱工作中的衛生保安規則	291
§ 7.3 ж) 氣壓沉箱工作法和其他深地基修築法比較的優缺點	293

第八章 人工地基 299

§ 8.1. 修築人工地基的基本方法	299
§ 8.1 a) 砂墊層法	299
§ 8.1 6) 土壤的機械固結法	301
§ 8.1 б) 土壤的水泥灌漿法	303
§ 8.1 r) 土壤的化學加固法	304
§ 8.2. 樁基	306
§ 8.2 a) 樁的種類	306
§ 8.2 6) 打入樁的構造	307
§ 8.2 б) 打樁入土的設備	314
§ 8.2 r) 打樁入土的工作程序	320
§ 8.2 A) 藉壓力水沖洗入土的樁	322
§ 8.2 6) 扭旋入土的樁(螺旋樁)	324
§ 8.2 ж) 灌注(混凝土)樁	324
§ 8.2 9) 樁台的構造	334
§ 8.3. 樁基的計算	338
§ 8.3 a) 確定單樁承載量的方法	338
§ 8.3 6) 樁基承載量的確定法	355

第九章 在黃土性的土及永凍土上修築天然地基的情形	364
§ 9.1. 在黃土性的土上設計及修築天然地基的特點	364
§ 9.1 a) 黃土性土壤的標誌	364
§ 9.1 б) 黃土性土壤在建築方面的性質	366
§ 9.1 в) 工程地質勘察的特點	368
§ 9.1 г) 選擇基礎埋置深度的標高	369
§ 9.1 д) 許可承壓力的標準	370
§ 9.1 e) 關於設計和施工的特殊要求	371
§ 9.2. 在永凍區域的地基設計和施工的特點	375
§ 9.2 a) 基本概念	375
§ 9.2 б) 在永凍區域的建築物的變形的特性及其原因	386
§ 9.2 в) 建築場地的凍土勘察的特點	387
§ 9.2 г) 在永凍土上做建築物地基的方法	389
§ 9.2 д) 永凍土的許可承壓力的標準	396
§ 9.2 e) 在“凍脹性”土壤上面的基礎的計算及防止凍脹的措施	397
§ 9.2 ж) 關於防止冰推現象的措施	400
第十章 機器基礎	402
§ 10.1. 概論	402
§ 10.1 a) 基礎振動的本質	402
§ 10.1 б) 撞擊荷載和振動荷載對於土壤的影響	412
§ 10.1 в) 各種機器基礎的要求	415
§ 10.2. 機器下的地基和基礎的計算原理	417
§ 10.2 a) 渦輪發電機基礎	417
§ 10.2 б) 具有曲柄連桿機構的機器的基礎	419
§ 10.2 в) 衝鏈的基礎	421
§ 10.3. 減少建築物因機器的工作而發生的振動的方法	425
§ 10.3 a) 設計機器和基礎時的措施	425
§ 10.3 б) 減振器	428
推薦參考書目	428
主要術語俄華對照表	431

地基和基礎

第六章 淺層埋置的天然地基 與淺基礎的施工法

在天然地基上修築淺基礎時，要把工作分為下列各種：基坑的開挖，基坑的支撐，基坑的排水措施（當基礎底面低於地下水位時），基礎的砌築，以及坑壁與基礎間的回填工作。最簡單的修築情形，顯然是在地下水位以上砌築基礎。

§ 6.1. 在地下水位以上修築天然地基

§ 6.1 a) 基坑的開挖

基坑就是在土壤內挖掘的坑，以便挖好後在坑內砌置建築物的地下部份（包括基礎在內）。如為整體式建築物具有片筏基礎時，或重型房屋具有地下室時，就在整個建築物之下完全挖成基坑。條形基礎和牆基礎下面的基坑，挖成若干排的狹溝；柱的單式基礎之下的基坑，挖成個別的坑。

基坑底的標高，取決於設計上的基礎埋置深度。坑底的大小，當然要做得比基礎在平面圖內的設計尺寸大一些，以便工人們在坑內砌築基礎時，可以站在基礎的旁邊工作。全部房屋之下挖成整個基坑時，坑底的尺寸要比基礎的設計尺寸加寬 $1m$ 。對於牆基礎來說，只要在坑底的一邊加寬 $0.25m$ 就夠了；對於柱基礎來說，在防止土壤下落到新築基礎圪工上去的條件下，這種加寬還可以減少一些。

坑頂的尺寸常常要比坑底尺寸放大一些。放大多少，要取決於：
(1) 基坑的深度，(2) 土壤的種類和狀態，(3) 坑壁支撐的方法。

坑內挖土，要根據土方工作的一般施工規則進行，包括下列階段：挖掘土壤，從坑內取出挖土，裝車和運走。所有的工作可以用人工或藉機械的幫助來進行，視工作量及期限等而定。

在挖土的同時，把一部份挖土從場地運走，是適宜的工作法。成堆的土壤留在場地上，對於修建工作不方便，並且將引起場地上及基坑內積水。

防止雨水從場地流入基坑的適宜辦法，特別是在結構性土壤^①內，就是使雨水有系統地排除，並且防止這種水流入挖好的基坑。在地面上隨便堆置的土壤，以及運輸汽車的行駛，可能成為把防止地面水流入基坑的特種設施局部破壞的原因——有時候全部破壞。因此，我們對於這種排水設施的情況、以及它們是否具有正常的作用，必須特別仔細地加以注意。從同一觀點考慮，建議不要讓挖到設計標高的基坑，停留着過久的時間——就是說，從基坑部份的挖掘工作完畢，到開始在基坑內砌築基礎時為止的一段時間，應當是最短的。假使無法避免時間上脫節的話，最好把基坑挖到設計標高以上 0.5 m 為止，以便直接在開始砌築之前把基坑挖清到設計標高。

§6.16) 無支撐基坑的邊坡

有許多的場合，基坑挖好之後可以不用支撐而保持着邊坡。這種方式的可能性，取決於：(1)土壤的種類和狀態，(2)基坑挖好之後的外露期間有多久，(3)基坑頂面應當需要的尺寸是否可能實現。以前指出了：一切天然形成的土壤都有內聚性，它們在保持天然狀態時，可以在某一段時間內維持某種高度的接近於鉛直向的邊坡。上述的性質，就使得實際上可以在挖坑工作中容許短時期的邊坡——土壤的內聚力愈大時，邊坡愈陡。

① 譯註：Структурный грунт，大概是指黏性土壤，或者可能是指形成“團粒”(агрегат)的土壤。

在正常濕度的土壤內挖掘基坑時，如果邊坡之上沒有荷載而基坑工作加速進行的話，就可以根據“一般和特殊土建工程施工及驗收技術規範”定出邊坡的坡度（鉛直比水平——譯者）：

散粒砂①	1:0.75
亞砂土	1:0.50
亞粘土	1:0.33
黏土和膠結的礫岩	1:0.25
未風化的頁岩	1:0
岩石	1:0

§6.1 B) 基坑邊坡的支撐

假使根據施工條件，認為沒有支撐的邊坡是不可能的或不經濟的話，就可以採用防止邊坡滑瀉的方法，並且不管土壤屬於那一種類，總是藉接近鉛直的邊坡來進行挖坑工作——目的是減少挖方。

牆基下的狹溝形基坑的支撐，是實際上最簡單的情形。圖 112 表

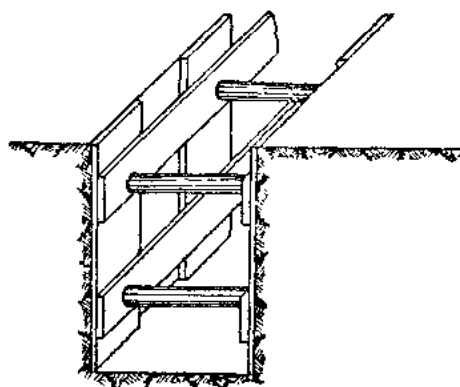


圖 112. 黏性土壤淺坑內的鉛直擋板支撐法，用最小的基坑邊坡。

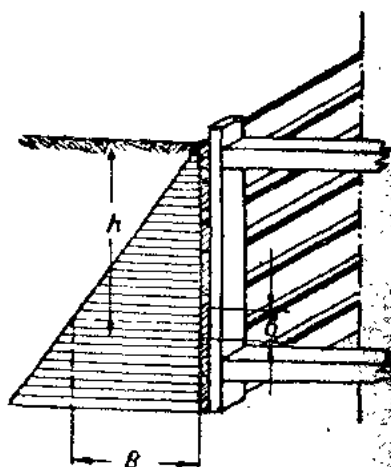


圖 113. 不連續的水平向擋板支撐法。

① Песок сыпучий.

示在黏性土壤內不深於 $2m$ 的基坑的支撐法，容許我們以最小的基坑邊坡挖至設計深度。這裏的邊坡防護，只需要在基坑外露期間，用鉛直擋板，加上水平向板條及橫撐。在黏性較低的土壤內挖掘鉛直邊坡時，會在挖掘過程中發生邊坡滑裂的危險。在這種場合，就在挖掘所及的

範圍內用水平向擋板作為邊坡的支撐。擋板之間可以有一些間隔（圖 113），或者它們形成整片的護壁（圖 114），視土壤的黏性如何而定。對於長而相當窄的基坑挖掘，最好採用所謂“柏林式”^① 支撐法；此法用於分段挖掘的工作中，需用最少量的支撐材料。

此法的要點，就是沿着基坑的縱向（沿着它的周圍）每隔 $1.5—2.0m$ 打下工字梁（作為沿着基坑縱軸的支架）。工字梁入土的深度，為坑底以下 $1—1.5m$ 。

當挖掘基坑時，在兩個工字梁之間放下擋板 a ，該擋板藉特製的填角木^② 而固定於工字梁支架上（圖 115）。從基坑挖出土壤時，同時將擋板壓下去。假使不容易把擋板壓下去

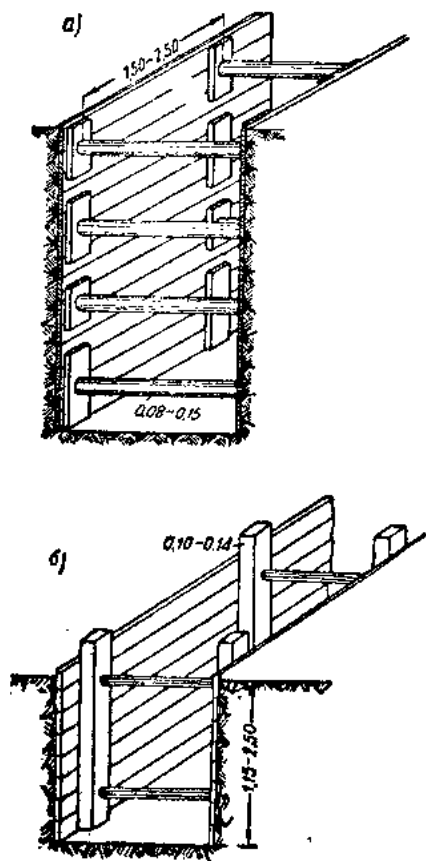


圖 114. 連續的水平向擋板支撐法。

① 此法在柏林地下鐵道修築中首次採用。

② Деревянные кобылки。

時，可以從側面把擋板鑲入工字梁的支架。在工字梁之間，用木材的橫撐、或特製的鐵管來撐住；這種鐵管由互相套合的各節所組成（後者的橫撐最大長度，可達10m）。

在某一段的工作結束之後，逐步從下面開始將擋板抽出，即可在另一段應用。在工作結束之後，也可以從土壤內把工字梁拔出來。

在平面圖內具有較大尺寸的基坑中，橫向支撐的結構不可能實現了。這裏就不得不採用斜撐式（圖116）或錨着式（圖117）的支撐。雖然後者的兩種方法給予基坑施工以較好的條件，但是也有其重要缺點：（1）在修築基坑時，斜撐引起不少的困難，而且支撐偶然受到外力作用時可能發生位移；（2）錨着式支撐所要求的基坑離錨樁的距離為：

$$L \geq \frac{H}{\operatorname{tg} \varphi},$$

式中 H —基坑的深度，m；

φ —土壤的天然坡度角。

這種錨着樁的安排，並不是常常可以實現的，特別是在民用建築的

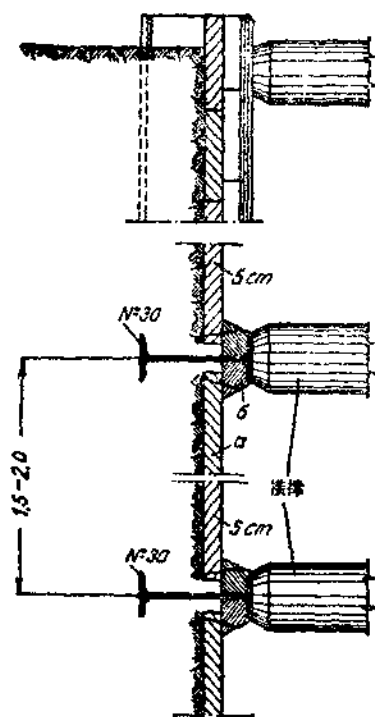


圖115 柏林式支撐法：

I—I—工字梁；

a—木板護壁；

δ—填角木。