

水工建築物地基和基礎

Н. И. 安尼西莫夫著

伍修燾 徐志英合譯

人民交通出版社

水工建築物地基和基礎

Н. И. 安尼西莫夫著

伍修燾 徐志英合譯

人民交通出版社

統一書号:15044•2024-京

水工建築物地基和基礎

Н. И. АНИСИМОВ

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

РЕЧИЗДАТ

МОСКВА 1952

本書根据苏联河运出版社1952年莫斯科俄文版本譯出

伍修燾 徐志英合譯

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

新華書店發行

公私合营慈成印刷工厂印刷

1956年7月北京第一版 1956年7月北京第一次印刷

開本: 850 × 1168 毫米 印張: 6 張

全書: 180,000字 印數: 1—4,100冊

定價:(11) 1.40元

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号)

一 版 序 言

由于在文献中缺乏为水工建築專業人員用的地基和基礎方面的書籍，使得水利工程師們不得不去采用为工業及民用建築專業人員寫的地基和基礎的教程，而在这些教程中实际上几乎完全没有表达出水工建築的特点。

本書为帮助水利工程师而出版，并包含有这样一些必需的补充知識，有了它們就能够消除水工結構課程与地基和基礎課程之間的脫節。

著者在書中不再重复一些虽然实际上是有关填及水閘的地基和基礎、但在水工結構方面的著作中总是要叙述的知識（防止自溢流堰泄下的或在地基中滲透的水对于基礎的冲刷）。

同时，在本書的許多章節中載有一些最新的知識，这些知識不僅为水利工程师所必需，而且也為所有各專業的建築工程师所必需。其中如：苏联学者在近三年來所建立的土壤凝聚性及变形的最新理論；樁基的理論；錨碇板樁牆及無錨碇板樁牆靜力学；板樁的和格型的岸壁和圍堰；地下水位的降低等。

著者認為必須向編寫第十九章《填基防滲帷幕的設置》的 T. M. 柯尔薩可娃工程师和編寫第二十章《在建築物的修建期間地下水位的降低》的 B. H. 馬可夫斯卡婭工程师致以衷心的謝意。

著 者

二 版 序 言

本書的第一版在短期內即告售盡，因而使得著者不得不準備本書的第二版。

在第二版中，鑒于蘇聯技術上的成就，乃以很大的篇幅重寫了第十章《在水平荷載的作用下單根樁及樁羣的工作》，同時還改寫了第十四章的第二**節《集中荷載對於碼頭岸壁的作用》。

還增補了第二十一章的第二節《雙排板樁圍堰》和增添了T. M. 柯爾薩可娃寫的第二十二章《近似確定水工建築物擋土牆上土壓力的表和要點》。

承蒙A. A. 特維爾吉斯洛夫工程師在審稿時提出寶貴意見，著者認為必須向他致謝。

著 者

** ——譯者改正，以下同。

譯 者 的 話

本書是根据苏联河运出版社 1952 年版本(第二版)譯出的，
同時根据原書著者 Н.И. 安尼西莫夫教授的來信，按他拟在第三
版时予以修改的意見作了修正。〔修正处加*形符号〕

譯者在翻譯的过程中也更正了原書中的个别錯誤，并均取得
原書著者的同意。〔更正处加**形符号〕

水利部專家工作室周恒子同志曾协助校閱了一部分譯稿，謹
此致謝。

目 錄

一版序言	
二版序言	
第 一 章 粘土类土壤的凝聚性及变形的最新理論	1
1. 土壤凝聚性的最新理論	1
2. 粘土类土壤变形的最新理論	8
第 二 章 基礎下面的土壤工作	13
第 三 章 在矩形及圓形的匀布荷載下土壤中的豎向 应力; 在偏心荷載下基礎的轉动角	16
1. 在匀布荷載的矩形基礎下面土壤中某一深度处的 豎向应力	16
2. 在圓形和正方形基礎的情形下, 以集中荷載代替 連續荷載时所產生之誤差	21
3. 当地基变形时, 在偏心荷載下圓形及正方形基礎 的轉动角	23
第 四 章 土坡穩定性的計算	24
1. 無护面的土坡	24
2. 河岸及河堤的护面土坡	31
第 五 章 决定渠道边坡穩定性的因素	35
1. 地質因素对于渠道边坡穩定性的影响	35
2. 渠中冰凌、水位漲落、行船及風浪对于渠道边坡 穩定性的影响	36
第 六 章 木樁、鋼筋混凝土樁和混凝土樁	37
1. 木樁	37
2. 鋼筋混凝土打設樁	38
3. 就地澆築混凝土樁	40

第 七 章	鋼筋混凝土板樁和板樁排	46
第 八 章	鋼板樁和鋼板樁排	48
	1. 概述	48
	2. 鋼板樁各種型式的選擇和比較	52
第 九 章	在垂直荷載下單根樁和樁群的承載能力	55
	1. 單根支承樁	55
	2. 單根懸承樁	56
	3. 支承樁樁群的承載能力	59
	4. 懸承樁樁群的工作 (根據在蘇聯進行的試驗數據)	59
	5. 由單根懸承樁的承載能力換算為懸承樁樁群的承載能力	60
	6. 在垂直荷載下單根懸承樁試樁和懸承樁樁群工地試驗結果 (1941 年)	61
	7. 在樁群的工作下土壤中剪應力和豎向應力的計算	62
	8. 運用懸承樁樁群設計原理的要點	69
	9. 樁基的沉陷	74
第 十 章	在水平荷載的作用下單根樁和樁群的工作 (低承台)	77
第 十 一 章	沉樁入土的快速方法	90
第 十 二 章	基礎的型式	93
第 十 三 章	建造在樁基上或應用板樁的建築物實例	97
第 十 四 章	板樁排計算的基本數據	102
	1. 計算鋼板樁牆時, 具有水平地面的土推力和土抗力	102
	2. 集中荷載對於碼頭岸壁的作用	106
	3. 地面傾斜時的土抗力	108
第 十 五 章	無錨碇板樁牆的計算	109
	1. 概 述	109

2. 滲流對板樁排穩定性的影響	115
第十六章 在頂端錨系的板樁牆的計算	120
1. 概述	120
2. 板樁牆的下端未受錨固，並且僅僅由於土抗力而 得到支持的情形	120
3. 部分利用土抗力的雙錨碇（或橫樑）板樁牆的 情形	122
4. 板樁牆部分地或全部地錨固在地基中而上端裝 置錨碇的情形	125
第十七章 沿牆的高度設置有數個橫樑或錨碇的板 樁牆的計算	131
第十八章 碼頭板樁牆	134
1. 錨碇裝置	134
2. 板樁牆所能支承的垂直壓力	139
第十九章 填基防滲帷幕的設置	140
1. 概述	140
2. 利用露天開挖方法修建填的截水牆	143
3. 在木板樁排之間的開挖	143
4. 應用鋼板樁排來開挖基槽或修建防滲帷幕	144
5. 利用地基的水泥灌漿或粘土灌漿修建防滲帷幕	144
6. 瀝青灌漿法	146
7. 凍結法	146
第二十章 在建築物的修建期間地下水位的降低	146
1. 歷史簡介	146
2. 地下排水的方法	147
3. 基本的計算方法	152
第二十一章 板樁圍堰	158
1. 單排板樁圍堰	158
2. 雙排板樁圍堰	162
3. 在修理工程中由企口方木組成的木框圍堰	174

4. 格型岸壁与格型圍堰	175
第二十二章 近似確定水工建築物擋土牆上的土压力的	
表和要点	185
1. 概述	185
2. 垂直牆背 ($\alpha = 90^\circ$; $\varphi = \beta$) 上的土压力	187
3. 斜牆背 ($\alpha < 90^\circ$) 上的土压力	189
4. 斜牆背 ($\alpha > 90^\circ$) 上的土压力	194
5. 折綫牆背上的土压力	201
附錄 1	202
附錄 2	204
附錄 3	206

第一章 粘土类土壤的凝聚性 及變形的最新理論

1. 土壤凝聚性的最新理論

在許多解釋粘土类土壤凝聚性的假說中，毛管理論是最普遍的一种。按照毛管理論，当土壤孔隙中充滿水时，土壤的凝聚性就应当消失。但是，大家都知道，在苏联有許多巨型的土壤已存在二十年以上，它們的穩定性在很大程度上是靠填身及填基饱和粘土类土壤的凝聚性來保證的。同时，根据实验的数据，填身饱和土壤的凝聚力数值往往超过 1.5 噸/平方公尺。

換句話說，毛管理論已被建立在科学实验基礎上的確定無疑的工程实践所推翻了。

值得指出的是：毛管理論所提出的作为說明土壤凝聚性的土壤中弯液面的粘結作用，尚未在任何地方和任何时候被任何人完全可靠地在实验上予以証实。

在長期的、主要是苏联專家們的科学实验工作的过程中，查明了毛管理論是不能反映出在凝聚性土壤中所發生的主要过程的實質的。同时，还查明了薄膜水分的作用是很大的。

在凝聚性土壤中，薄膜水分以很大的速度运动着。水的薄膜运动的主要原因，是由于土壤顆粒水化程度的差異，也就是由于水膜厚度的差異；由于这个緣故，于是出現一种保證水分在薄膜状态下向着具有較薄水膜的土壤顆粒移动的吸力。这种假定曾在研究黃土狀壤土的性狀时得到完全的証实，在这种土壤中，水分迅速地擴散到其他方向，同时擴散到很大的距离（自有水的渠道向其他方向擴散至 25~30 公尺）。水分在 0.10 的坡降下向其他方向擴散的速度数值（达 1 公尺/晝夜）表明着，在这里所發生的并不是

水的渗透运动。

水膜对于凝聚性土壤的顆粒表现出一种楔开作用，这并使得凝聚力及摩阻力减小。因此，如果在天然条件下，阻止土壤固結的是由于土壤中含有水穩性很差的膠結物質所產生的凝聚力，則凝聚性土壤在潤湿和自重的影响下，毋需任何附加荷載就可以發生沉陷。

当粘土类土壤飽水时，有些土壤發生分解，另外一些土壤則具有水穩性的特点。在后者的場合，表现出土壤顆粒穩定的膠結作用的影响，这种膠結作用可以防止土壤吸附水膜。由此就說明，为什么道路工作人員能够成功地采用土壤的瀝青化法來阻止土壤顆粒吸附水分。这种情况的正確性曾由B.B. 阿尔漢盖里斯基的專門實驗証实。H.Я. 傑尼索夫教授的繼續實驗証明，凝聚性土壤（不擾动的或粉末狀的）被薄膜水浸湿引起土壤的沉陷值差不多和土壤完全飽和时相等。H.Я. 傑尼索夫的實驗还証明，在土壤孔隙中自礦化水脫落的鹽膜具有粘結作用。

当然，薄膜的厚度和減少摩阻力和凝聚力的薄膜楔开作用也决定于水的礦化程度。因此，進入土壤孔隙中并降低礦化程度的大气水分能够增厚土壤的水膜和減少摩阻力及凝聚力。

因此，土壤在荷載下的性狀不僅是决定于荷載的强度及土壤的孔隙率，而且还决定于土壤顆粒的吸附能力、土壤顆粒的大小（顆粒比面積数值）、水分含量以及水分的化学成分。

現在我們來談一談土壤的膠結作用。石膏、氯化鈉、碳酸鹽和硫酸鈣、細小的粘土顆粒、無機膠体以及在顆粒表面形成有机礦物化合物的有机膠体，均在土壤中起着膠結作用。

黃土狀壤土往往具有高的孔隙率和低的含水量的特点，它們系被不抗水的化合物（碳酸鈣和硫酸鈣）所膠結。但是欲溶解这些化合物仍然是需要相当大量的弱礦化水。

滲入膠結物縫隙中并減少土壤的摩阻力及凝聚力的水所形成的水膜，可以促使黃土狀壤土迅速分解。黃土狀壤土的高的孔隙率与土壤所承受的自重压力是完全不相適應的。水膜的增厚，除

了減少摩阻力及凝聚力以外，并且还由于使土壤壓縮的同一土壤重力引起另外的效果；这种土壤重力在压实土壤时，使土壤很快地达到在很大的程度上与上复層土壤重量的压力相适应的孔隙率。此时就發生黃土狀壤土下沉的現象。如上所指出，这种下沉性黃土狀壤土含有很少量的粘土顆粒；它們主要由石英顆粒組成，并且一部分由長石顆粒組成。下沉性黃土狀壤土的含水量很低，因為它們是在較現代更干燥的时期中形成的。

关于粘土类土壤，应当指出，如果水膜的楔开作用已經得到証明，那末它們的粘結作用尚未由实验証实。在1937年，Л.Б. 維廉斯基在期刊上發表意見，認為水并不是一个獨立的膠結因素，而僅僅是促成膠結的因素。在后來，И.В. 格列賓希柯夫院士曾証实了矽酸膠体薄膜的特殊的而且極為重要的作用，这种矽酸膠体薄膜形成在矽酸鹽，尤其是处于高度分散状态的矽酸鹽的表面上。这种薄膜是一种膠狀溶液，它們的粘結作用在礦化水中可以大大地提高。粘土类土壤的凝聚性还可能决定于膠体土粒所組成的膠体薄膜的影响，这种膠体土粒系被束縛水分子所包围。較大的土粒系被这种造成土壤凝聚性的膠体薄膜包围着。膠体薄膜随着含水量的降低在土壤固結时逐漸脫水，同时土壤的力学强度增高。

在脫水的过程中，膠体薄膜愈益变得坚硬，而薄膜在土壤壓縮的过程中恢复凝聚性的能力可能喪失。膠体薄膜恢复粘土类土壤凝聚性的能力僅僅是在某些个别的含水量限度內出現，即：在縮性限度（划分土壤半固体状态与固体状态的含水量）和液性下限（划分土壤的流动状态与塑性状态的含水量）之間。如果增加粘土类土壤上面的荷載，則土壤的壓縮或多或少是由完全破坏土壤顆粒之間的粘結开始的。此时，土壤的顆粒系緊密地排列着。如果土壤在这种状态下受到充分的湿润，則土壤中可能產生新的粘結。但是，如果土壤的含水量小于縮性限度，就不能恢复原來的粘結；不过，这并不妨碍在水分的作用下形成膠体薄膜时產生新的粘結。

如果膠結着土壤的膠體薄膜的含水量增加，土壤的凝聚性便要降低（因為凝膠被稀釋），結果便減低了土壤的強度。減弱水的礦化程度也導致同樣的結果。

因此，物理化學過程在產生粘土類土壤凝聚性的過程中起着主要作用。

在確定了土壤凝聚性的本質以後，自然需要闡明粘土類土壤的凝聚性對於重力固結過程的影響。這個問題已由 Н.Я. 傑尼索夫加以研究^①。

在研究粘土類土壤時，往往發現隨着土壤埋積的深度孔隙率缺乏合乎規律的減少。顯然，這種規律性系受着在粘土中所具有的凝聚性的阻礙，而這種凝聚性是粘土早期在高的孔隙率的情形下沉積所形成的。破壞土粒間的粘結，往往可以使土壤由固體狀態轉變為塑性或甚至流動狀態，而毋需同時在土壤中另外增加水分。

粘土類土壤的固結條件可能是非常不同的。

當土壤的顆粒在水的介質中沉積時，如果有膠體薄膜存在，由於這種薄膜在粘土類沉積物迅速沉積時可以減少摩阻力，則土壤的固結有着最好的條件。

在這裡，具有一切的條件為土壤在自己的重力作用下固結及以後被膠體薄膜及各種化學化合物所膠結。

如果在土壤早期沉積時有促使土壤產生粘結的礦化水存在，並且土壤沉積的速度很慢，特別是土壤沉積時有間歇，這時外力數值的增加停滯而膠結作用增強，則造成最壞的土壤固結條件。

如果在地面上堆積有陸面（風積的、坡積的和洪積的）沉積物，則在經常的水分影響下（在氣候潮濕的情況下）和早期缺少加強時產生最好的固結條件。

氣候乾燥的區域具有最壞條件的特點，因為在這種區域中形成下沉性黃土狀壤土。

① 《蘇聯科學院報告》，第 55 卷第 5 期，蘇聯科學院出版社出版，1947 年。

在自然条件下，一般土壤既不是在最好的条件下固結，也不是在最坏的条件下固結，而是在兩者之間。因此，照例地，土壤的孔隙率不僅是決定于所承受的压力，而且还決定于土壤中早期發生的粘結的存在，而这种粘結，能阻止土壤在上复沉積物的重力作用下固結。这种阻力在各种自然条件下表現是不一样的，依这些条件对于固結是比較接近于最好的还是最坏的决定。因此，在自然条件下，土壤的孔隙率与它所承受的压力表現出不同程度的不相適應。

当阻止土壤及时固結的凝聚性破坏时，土壤在天然的，亦即在自然的压力下將达到較大的固結，并且达到使孔隙率与压力相适应。滲入土壤孔隙中的弱礦化水对于土壤的影响，也同样可以促成这点。由此可見，在实际条件下，在建築物下面的土壤工作远不遵照土壤力学关于孔隙率与压力相适应的基本假定，因为这种適應是在被破坏了粘結的土样实验下，也就是說是在最好的土壤固結条件下建立的。

膠体的或其他膠結物質的粘結薄膜是使粘土类土壤固結不充分的主要原因。这些薄膜的形成可能發生于沉積物沉積的早期。膠体薄膜是礦物顆粒的表層；它們的粘結影响表現在土壤顆粒的接触区域。

因为在接触处薄膜具有較土壤顆粒为小的尺寸，則当外力作用时，在薄膜中可能產生增大了的应力。

粘土类土壤的不同变形主要是由于粘結薄膜的整体性被破坏的結果。粘土类土壤在土壤骨架不同点上的坚固性及强度有顯著的差異这点，是很可以作为粘土的特征的。这样，顆粒的坚固性在某种程度上高于顆粒之間粘結的坚固性。此外，在顆粒的粘結处，由于該处尺寸較顆粒为小，故应力大于顆粒本身的应力。

導致膠体薄膜喪失彈性的粘土类土壤的極限固結，促使土壤顆粒与薄膜在强度上的差別減少，即在此处粘土类土壤的性質表現在与固体的性質相近似。

土壤的孔隙率与其上面的压力愈不適應，于是土壤的形成愈

是处于坏的固結条件，而因此当土壤所处的条件变化时（進水，地下水的礦化作用減少，外界的荷載增加），土壤愈是具有固結的可能性。

一直到现在还認為，凝聚性土壤的强度系决定于毛管压力。事实上，如上所指出，起决定性作用的是特殊的分子力，这种分子力所表現的强度，决定于土壤孔隙中水分的含量和土壤形成的条件。

粉末狀土壤在被水浸湿的影响下沉陷增加，在現今被認為是由于粗的团聚体分解和在土壤顆粒的表面出現有起着潤滑作用的膠体薄膜的緣故。粘土类土壤在自然条件下的固結作用系由于膠体薄膜在顆粒的接触处脫水作用的結果。在接触处，由于局部压力增大，因而含水量达到極小。

但是不同的膠体薄膜具有不同的脫水能力，因而就說明为甚么某些非常古老的粘土尚保持有塑性能力；同时比較幼年形成的固結作用也由此得到解釋。

在粘土类土壤中，膠体薄膜的脫水作用可以使得薄膜在進入水时丧失軟化的能力。同时在凝聚性破坏以后進入水分时，膠体薄膜結合土壤顆粒的能力也可能丧失。

因此，根据新的理論观点，我們就能够說明毛管理論所不能解釋的現象，例如：粘土类土壤的水穩性；不擾动的土样与由同一凝聚性土壤所調制的土膏在荷載下性狀的差別；饱和土壤和僅有薄膜水分的土壤在压縮系数上差別很少；以及其他許多現象等。同时，沉陷的計算結果和所觀察到的建築物沉陷的結果不相符合的原因，也就变得更加明白了。在以前，我們主要是用不完善的土壤試驗儀器和試驗方法來解釋这些現象；而現在，我們確立了更深刻的关于土壤压縮現象根本性質的理論，即土壤的压縮，不僅是决定于压力，而且还决定于土壤存在条件的变化。

关于粘土类土壤的抗压强度問題，必須指出，不擾动的粘土土样具有較土膏形式的土样高得多的强度：对于海成因的粘土要高到 8~15 倍，而对于冰川成因的粘土要高到 2~4 倍。

現在我們轉到問題的結論。

关于对建築工程师有实际意义的土壤性質的知識，即关于土壤的壓縮性和穩定性的知識，在其發展的最初階段，不可避免地會發生关于凝聚性本質的問題。已出現的毛管理論會有其嚴整性和应用数学分析的可能性。

但是随后，土壤中的許多現象都不能够借助毛管理論來解釋，毛管理論与事实發生矛盾。这些現象的性質業已表明，毛管理論沒有抓住在凝聚性土壤中所發生的过程的實質。但是毛管理論的拥护者却迴避对这一假說表示怀疑；不但如此，他們还竭力去解釋所出現的矛盾，这些矛盾在制定假說时就已經暴露出來了。

由于在近15年來科学实验工作的結果，闡明了土壤凝聚性性質的實質，并建立了嚴整的理論，这种嚴整的理論能够解釋根据毛管理論的观点所無法解釋的一切現象。

Н.Я.傑尼索夫根据他多年科学实验的及室內的工作，并利用了苏联許多学者的工作成就，其中有И.В. 格列賓希柯夫和П.А. 列賓捷尔院士，以及И.Н. 安吉波夫-卡拉塔也夫，Б.В. 傑利雅金，К.И. 李西欽諾教授，到1947年，建立了土壤凝聚性的新理論以代替毛管理論，这个新理論我們已簡要敘述于上。

新的理論十分着重地指出，不是在土壤將在建築物基礎下面工作的物理化学条件下試驗土壤是不適宜的。不擾动土样应当在符合于实际情况的物理化学的水环境条件下受試驗。

但是大家知道，土壤在基礎下面將是在变化無常的条件下工作；因此，瞭解这种条件的变化是否会在基礎沉陷的計算結果中引起重大的变化是重要的。

這個問題是應該受到很大的重視的，因为在建築現場，土壤环境的物理化学条件，在建築物建造以前和建造以后，不可避免地會改变，这一点甚至在目前在建築物使用时期还是引起許多麻煩的原因。

其次，確定活动区域厚度的現代方法也需要予以修正，因为