

X11
1222
高等學校教學用書

土學及土力學

В. Ф. БАБЛОН, Н. И. БЫКОВСКИЙ, А. В. ГЕРБУРТ-ГЕЙБОРТ, А. Я. ТУЛАЕВ 著
陳樑生 陳仲頤 王和祥 譯

公曆一九五五年貳月十貳日

高等教育出版社

高等學校教學用書



土 學 及 土 力 學

上 冊

В. Ф. 巴布可夫, Н. И. 貝可夫斯基 著
А. В. 格爾步特-格波維奇, А. Я. 杜拉也夫
陳 樑 生 陳 仲 頤 王 和 祥 譯

高 等 教 育 出 版 社

本書係根據蘇聯內務部公路總局道路技術書籍出版社 (Издательство дорожно-технической литературы гупосдора МВД СССР) 1950 年出版的 В. Ф. 巴布可夫 (Бабков)、Н. И. 貝可夫斯基 (Быковский)、А. В. 格爾步特-格波維奇 (Гербург-Гейбович) 和 А. Я. 杜拉也夫 (Тулаев) 合著的“土學及土力學” (Грунтоведение и механика грунтов) 第二版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定作為汽車道路院系的“汽車幹線及城市道路”和“橋樑及隧道”專業的教科書。

本書中譯本分上下兩冊出版。上冊內容為土的發生、土的物理性質和土在工程建築中的作用。下冊內容為蘇聯土壤的描述、土的勘測試驗和土的性質的改善。

參加本書上冊翻譯和校訂工作的有清華大學土力學及基礎工程教研組陳傑生、陳仲頤和王和祥等同志。

土 學 及 土 力 學

書號 158 (原 158)

巴 布 可 夫 等 著

陳 傑 生 等 譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 瑞 興 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

春 明 印 書 館 印 刷

上 海 新 昌 路 四 八 一 弄 二 號

開本 850×1079 1/28 印張 11 11/14 字數 270,000

一九五四年十二月上海第一版

印數 1—6,000

一九五四年十二月上海第一次印刷

定價 洋 15,000

原 序

蘇聯汽車路建築的今後發展與高級路面比重每年的增長有關。改良路面要求路堤和地基具有最大的穩定性。黨、政府和斯大林同志本人關於提高汽車路建設速度和質量的指示，交給道路工程師們以更重大的責任，去擔負起在蘇聯廣大國境內各種各樣氣候、水文和土的條件下正確地設計和建造道路的任務。

對於建造任何工程結構，尤其是對於建造汽車路和橋梁來說，正確地利用土，正確地利用它們的物理力學性質，具有重大的意義。

現代道路建築，要求對於土的物理和力學，對於它們的形成歷史和層積條件，以及對於它們作為建築物地基和建築材料時內部所產生的各種過程的控制方法，有深入的知識。

在道路建築中，由於使用地殼表面的土壤層作為地基和建築材料，產生了特殊的問題。

道路建築者必須明確地了解對於利用土覆蓋層(грунтовая толща)的土壤層作為地基和建築材料的特性有決定意義的造壤過程的性質，並必須明確地了解在所研究地區的條件下水-熱情況的一般特徵。

蘇聯學者過去十年中在土力學領域內所作的重大研究，以及蘇聯內務部公路總局道路科學研究所和其他科學研究機構在土堤穩定方面所進行的研究，要求將許多新的資料收入教科書的有關部份。

在編寫這個教本中，著者曾以俄國和蘇聯的傑出的學者 В. В. 達庫查也夫(Докучаев)、В. Р. 威廉士(Вильямс)、М. М. 費拉托夫(Филатов)、Г. И. 帕克羅夫斯基(Покровский)、斯大林獎金獲得者 Н. М. 格爾謝凡諾夫(Герсевич)、Н. Н. 伊凡諾夫(Иванов)、Н. А. 齊托維奇以及其他創立關於土的現代科學的學者們的著作作為論述的根據。

如同編寫第一版時一樣，著者們力求在土的科學現況所許可的條

件下儘可能扼要地敘述土學和土力學的基礎。

在編寫土的性質的改善一篇時，著者們曾根據下述想法來執筆的，即：在“築路學”和“地基及基礎工程”課程中，對於利用人工加固的土建築路面和其他結構有關問題，以及對於改善土的性質的技術，均有詳細的討論。因此，在本書中，關於改善土的性質的方法，我們的討論主要在於分析物理-化學過程和估計土經過改善後的物理-力學性質。

實驗室土的試驗方法在專門為學生寫的實驗教材中講述。著者們認為，在本書中僅需要提出土的實驗室和現場試驗研究的原則，使得學生能夠將他們自己在實驗室內所獲得的知識，和閱讀理論課程有關土的試驗部份時所獲得的知識，綜合起來。

某些問題，對於特別關心中學和土力學問題的優秀學生有用，而在一般教學大綱裏並沒有的，在這書內討論得十分簡略。

這本教科書是將 1941 年出版的教學參考書“土學及土力學”作徹底修改而編成的。

參加本書編寫工作的有下列副教授—技術科學候補博士：

B. Ф. 巴布可夫——緒論，第八至十一及十三章；

第十二章（與 A. Я. 杜拉也夫合寫）；

第十七章（與 H. И. 貝可夫斯基合寫）；

第十八章（與 A. B. 格爾布特-格波維奇合寫）；

H. И. 貝可夫斯基——第三及十六章；

A. B. 格爾布特-格波維奇——第一、二、四至六，十五、十九至二十二章；

A. Я. 杜拉也夫——第七、十四、二十三章。

本書的總校訂工作由 A. B. 格爾布特-格波維奇擔任。

著者們在擬訂這本教科書的內容提綱時得到 H. B. 俄納斯基 (Орнатский) 教授極大的幫助。

著者們認為必須向本書手稿的評閱者和參加討論者——A. K. 比路

列 (Бируля)、В. Г. 布雷切夫 (Булычев)、М. И. 伏爾可夫 (Волков)、Н. Н. 伊凡諾夫 (Иванов)、С. С. 莫羅佐夫 (Морозов)、К. С. 俄杜揚茲 (Ордуянц) 教授們, А. А. 格爾措格 (Герцог)、Я. А. 卡路日斯基 (Калужский)、Е. В. 克路切次基 (Крутецкий)、Ф. Н. 潘切列也夫 (Пантелеев)、Д. Е. 波立興 (Польшин)、А. К. 沙文 (Савин)、Р. С. 謝列平 (Шеляпин)、Д. А. 莫紀列夫斯基 (Могилевский) 副教授們, 以及公路總局道路科學研究所的老輩同事 Н. А. 普扎可夫 (Пузаков) 和 М. Н. 特羅逸茲基 (Троицкий) 表示衷心的謝意。

著者識

目 錄

原序

緒論	1
§1 土對於公路建築的意義	1
§2 有關土的科學的發展簡史	4

第一篇 土的發生

第一章 關於土的一般概念	17
§3 關於地殼構造的基本知識	17
§4 關於建築工程上所用的土的概念	17
§5 關於土按照起源而分類的概念	19
第二章 土的生成	23
§6 土覆蓋層生成的過程	23
§7 風化過程在土覆蓋層生成中的作用	24
§8 風化產物的搬運和沉積	28
§9 起源於冰川的土	32
§10 黃土及似黃土的岩石	35
§11 有機原始的土	37
§12 關於土的礦物部份和有機部份組成的概念	40
第三章 造壤作用	42
§13 關於土壤層意義的一般概念	42
§14 造壤因素	43
§15 關於統一造壤過程的概念	45

第二篇 土的物理性質

第四章 土作為散佈系	48
§16 關於散佈系及物質膠懸的基本知識	48
§17 散佈度與土的比面積	54
§18 土中的膠體，其組成與性質	56
§19 土中的凝集和散化現象	57
§20 土的液相	59
§21 土的吸收能力	60

第五章 土在顆粒大小和形狀方面的特性	68
§ 22 關於粒徑級配的觀念	63
§ 23 土顆粒按照大小的分類	64
§ 24 土顆粒的形狀	66
§ 25 土的集粒級配	66
§ 26 土按照粒徑(微小集粒)級配的分類	67
§ 27 土的粒徑級配的圖示	70
§ 28 粒徑級配的綜合特性	73
第六章 土的組織特性	75
§ 29 土的結構	75
§ 30 土內顆粒的相對排列(微小結構)	77
§ 31 關於土作為單相、二相和三相體系的簡略概念	78
§ 32 土各相比例的量的特徵, 土的孔隙度和濕度	81
第七章 土內骨架、水及空氣的相互作用	85
§ 33 進入土中的水的來源	85
§ 34 土中水的形態	87
§ 35 封閉在土中的氣體和水蒸氣	93
§ 36 分界含水量	94
§ 37 土質體	97
§ 38 土中的微管現象	98
§ 39 土的黏性	102
§ 40 土的收縮與膨脹	103
§ 41 透水性	105
§ 42 水在土中的移動	110
§ 43 土的熱特性	112

第三篇 工程建築中土的作用

第八章 土的彈性變形與塑性變形	117
§ 44 關於外荷作用下土的變形的一般概念	117
§ 45 土變形的形態	118
§ 46 重複荷載下土的變形	120
§ 47 土在壓力作用下壓縮變形與側向位移的關係	123
§ 48 土的側膨脹係數及側向壓力	125
§ 49 土的壓縮過程	128
§ 50 土的變形模量	133
第九章 土體內應力的分佈	135
§ 51 土的應力情況	135

§ 52	土的應力情況的特性	136
§ 53	土中應力的計算方法	139
§ 54	垂直力所引起的應力的分佈	142
§ 55	作用在長條面積上的荷載所引起的應力的分佈	148
§ 56	作用在有限面積上的荷載所引起的應力的分佈	152
§ 57	不均勻土內應力的分佈	157
§ 58	直接在受載底版下的應力分佈	163
§ 59	荷載瞬時間作用下土內的應力	166
§ 60	土中內力對於土體應力情況的影響	169
第十章	土壓縮的速度	173
§ 61	土隨時間的變形	173
§ 62	飽和土固結時壓力傳遞到土骨架上的過程	175
§ 63	滲流的水和土的骨架的相互作用(動水壓力)	177
§ 64	飽和土變形過程中壓力與含水量隨時間的變化(微分方程的引導)	181
§ 65	H. M. 格爾謝凡諾夫微分方程的解	186
§ 66	H. M. 格爾謝凡諾夫動水壓力微分方程的近似解	188
§ 67	飽和土的壓縮速度	189
§ 68	成層地基上建築物沉降速度的決定	193
第十一章	土體的沉降	196
§ 69	建築物最後下沉量的決定	196
§ 70	應用彈性理論方法決定沉降	198
§ 71	活動區深度的決定	201
§ 72	沉降的分層總和	202
§ 73	軟弱地基上填土的下沉	204
§ 74	大孔土的下沉	207
§ 75	衝擊及振動荷載作用下土的下沉	211
第十二章	土的內摩阻力和黏聚力	216
§ 76	土的剪變形	216
§ 77	土的抗剪強度	218
§ 78	土的黏聚力	219
§ 79	土的內摩阻係數	223
§ 80	天然休止角	225
§ 81	飽和土的抗剪強度	227
§ 82	土的內摩阻力及黏聚力與土的埋藏條件及狀態之間的關係	228
第十三章	土抵抗外荷作用的強度	230
§ 83	關於土的穩定性的一般概念	230
§ 84	土中發生塑性剪裂的條件	231
§ 85	從抵抗發生塑性變形的穩定條件決定土的許可耐壓力	234
§ 86	從極限平衡條件決定穩定性	237

§ 87	填方底下軟弱的土對於被擠出的抵抗	241
§ 88	路基土的強度	243
§ 89	土的基座係數	248
§ 90	土對轉輪造成變形的抵抗	250
§ 91	挖掘時土抵抗切削的強度	255
§ 92	土坡抵抗坍塌的強度	258
第十四章 水及熱的情況對於路堤穩定性的影響		264
§ 93	關於土中水及熱的情況的一般概念	264
§ 94	土中水的平衡	265
§ 95	土中水的情況的週年循環	269
§ 96	凍結過程中土內水份的移動	273
§ 97	凍結過程中進入路堤上部的水量的計算	278
§ 98	土中水-熱情況對於土抵抗外荷強度的影響	281
§ 99	永凍地	283
第十五章 凍土的建築性質		289
§ 100	凍土的基本特性	289
§ 101	凍土抵抗外來荷載的強度	293
§ 102	凍土的變形	298
腳註參考書原文		301
中俄文人名對照表		307
中俄文專業名詞對照表		310

土學及土力學

緒 論

§ 1 土對於公路建築的意義

地殼最上面一些層的材料——土——是分佈最廣的建築材料。許多結構物——路堤、工事、壩——是用土築成的。土的地基是每一個建築物所必有的一部分；它承受建築物的荷載。

土對於公路建築，比之對建築工程其他部門，意義還來得更加重大。

道路的行車部分建築在路堤上面，而土又是建築路堤的材料（圖 1a）。要建築道路快而便宜，必須利用積在路線附近當地的土來修造路堤，雖然在許多情況下這些土的性質可能不是很有利的。從地面下很淺地方取出的土，由於受特殊的造壤過程的影響，具有一些特性，這些特性在建造及其後保養道路時必須考慮到。

在出產石料不足的地區，土經過適當的技術處理得到必要的性質後用於建造路面（圖 1b）。

最後，在佔道路網很大一部分的低級道路上，汽車直接在土的行車面上行駛（圖 1b）。

在道路結構中，土是在複雜的自然條件下工作。汽車路的路堤處於溫度和濕度季節性變化的區域以內。路堤的土當浸濕時，強度改變。由於這個原因，許多道路結構（路面、路堤）在每年的不同季節具有不同的強度。氣候因素——溫度和濕度的作用，特別在凍結和融化的季節，會引起路堤和土的地基一系列的變形。當使用道路時必需向這些變形

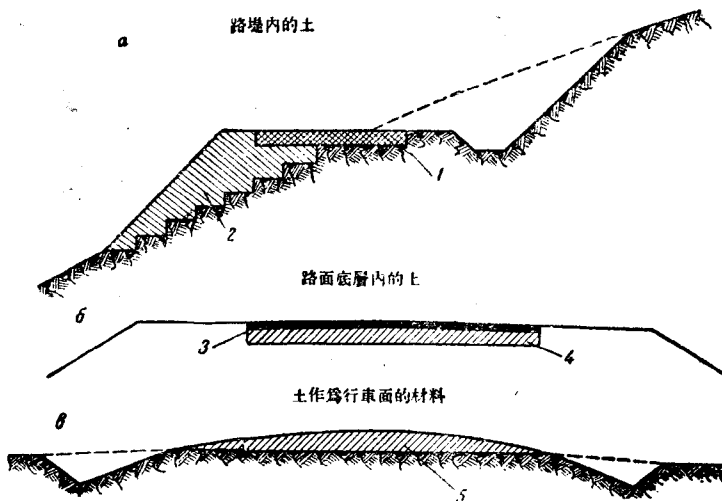


圖 1. 土應用在公路建築中：

- 1—底土作為路堤； 2—填土作為路堤； 3—柏油混凝土路面；
4—攪入水泥加固的土作為底層； 5—車輛壓實的土層。

鬥爭；因為這樣，在設計道路時，一個特殊的任務就是預先知道這些變形。

由於在路上行駛的汽車所產生的多次而短促的荷載作用，土的強度可能增加（加密）或被破壞（輪溝、破碎、塵化），隨土的濕度而定。

上述特點使路堤和路面內土的工作條件比較公路人工結構（дорожные искусственные сооружения）、居房和廠房地基內土的工作條件——在那裏溫度和水的情況不大變化，來得複雜。因為這樣，道路專家不但要知道人工結構、居房和廠房地基內土的一般工作條件，而且還要知道汽車路路堤內土的工作的特點。

上述土的工作特點要求道路專家能夠積極地對付土，改善它們在結構中的工作條件，並提高它們對於外來作用的抵抗能力。

在道路建築中，積極地對付土遵循兩條路徑：

a) 在土內創造適當的水和溫度條件使結構得到最大的穩定——從

道路排水使土內沒有多餘的水分，隔絕水的來源，進行熱的隔絕以創造土內固定的溫度條件，根據不同的土對於水的不同穩定性將它們放置在路堤適當的地位；

6) 改變土的組成或加以技術處理(灼燒及其他方法)藉以改善土的物理力學性質，提高它們的力學強度和它們對於水的穩定性。

不可能提出一個方法，它對於公路結構中的土提供最有利的工作條件而又能適應蘇聯境內不同的自然地理區域。氣候條件、路堤建造原理以及用來建造的土的材料本身不同，都使得建議一種使用土的標準方法變成不可能。設計者和施工者必須創造性地分析建築地域的自然條件，採取適合於這些條件的具體解決方案。

要做出正確的解決方案必須知道土的性質，知道土在荷載作用不同情況下的表現，並知道改善土的性質的方法。

“土學和土力學”是一門綜合的科學，它研究土的性質，並研究土用於建造工程結構物時內部所發生的過程。“土學和土力學”的各篇分別研究：

- а) 土的物理和物理化學性質及其與土的生成和堆積條件的關係；
- б) 在結構物的計算和建造中對待土的性質的方法；
- в) 改變土的性質藉以改善結構物的效用的方法。

土的工程科學到今天還處在形成和發展的階段中。它依靠俄國學術界卓越的地質學家和土壤學家——В. В. 達庫查也夫、В. Р. 威廉士、Ф. П. 沙瓦連斯基(Саваренский)及其他人的貢獻，利用他們在研究自然歷史因素對於土的性質及對於發生在土內部的造壤過程的影響方面所得到的成果。它同時奠基在俄國工程建築界的有名代表人物——В. И. 庫就莫夫(Курдюмов)、П. А. 米那也夫(Миняев)、Н. П. 普澤列夫斯基(Пузыревский)、Н. М. 格爾謝凡諾夫、Г. И. 帕克羅夫斯基、Н. Н. 伊凡諾夫、Н. А. 齊多維奇及其他人的貢獻上。

從建築力學、散佈系物理學和其他科學的一般原則出發，主要根據

俄國和蘇聯學者的研究，創立了土在外來荷載作用下工作理論的基礎，這些理論對於現代結構物的正確設計和建造是必要的。

§ 2 有關土的科學的發展簡史

建造結構物時利用土始自很遠的古代。還在公元前一千年，在古代的中國、巴比倫和希臘就已經用土建造了與灌溉事業有關的堤壩和運河。在古代羅馬，建造巨大的建築物，特別是建造水道橋時，要求建立承受重大荷載的基礎。古代羅馬人在建造聯結羅馬城與羅馬帝國遠邊地區的廣大道路網的路堤和路基方面表現了很高的要求。

在古代俄羅斯和分佈在現今烏茲別克、土爾克明尼亞和塔什克等蘇維埃社會主義共和國領土上的一些國家裏，曾經進行許多對土的性質要求仔細考慮的建築和灌溉工程。分析許多難免的過失和結構物變形的實例，促進了關於土的經驗的累積和有關土的知識的系統化。考慮到在古代建築裏對於地基沉降很敏感的那一類設拱的磚石房屋很普遍的事實，不能不認為古代建築者在估計地基土的強度方面具有相當高的知識。早在十六世紀初葉，在諾夫哥羅德俄羅斯（Новгородская Русь），設拱石基曾被廣泛採用於木屋建築，是當時十分普遍而非罕見的地基類型（第三諾夫哥羅德編年史，1529年）。從彼得大帝的年代起，俄羅斯工業和運輸建設的發展，對於土的研究提出了新的課題，尤其在與水工結構物（堤壩及運河）有關的施工技術方面。金屬壩的築造技術在十八世紀已達到很高水平。建造在烏拉爾河上的堤壩當中有許多今天還在有效地服務着，而且即使從現代的眼光來看，仍然是些具有創造性的太膽的工程傑作^①。天才建設者 К. Д. 弗羅洛夫（Фролов）在 1780 年左右建造的高達 18 米的資米諾哥爾（Земногор）壩即為一例。

壩是根據對土仔細規定的要求和在施工地點進行專門調查而建造

① В. В. 大尼列夫斯基（Данилевский）：“十九世紀前俄羅斯水力建設史”國家能量出版社，1940 年。

的。1761 年建造茲拉多烏斯多夫(Златоустов)壩時對於土的質量的要求可以作為例子。“黏土不應是石質或砂質的。砂讓水很快流過去,因此必須認為是不適宜的。黏土不應當像肥皂那麼肥,因為太肥了使得它變乾時容易分層,甚至於破碎。變乾時會堅固地凝結成塊而不發生裂縫的那一種應當認為更好”。

築壩堆土採用了分層小心夯實的方法。乾的或成塊的土在夯打之前用水加濕,因為否則的話,土裏面存在“許多小的孔隙,水會逐漸滲進去”。關於壩工方面的問題,有許多手寫的文獻,其中格里哥列·馬霍金(Григория Махотин)的“關於工廠生產的備忘錄”被完整地保留了下來;它對築壩方法做了精確的指示。

偉大的俄羅斯學者 М. В. 羅莫諾索夫(Ломоносов)在“關於土層”的著作(1757—1759年)中指出了進行建築時估計土質的必要性;他說:“建築者應注意土作為地基的堅固性”。М. В. 羅莫諾索夫是土壤學的奠基者,因為他首先提出關於黑土的植物起源的假說,並指出雨水洗進和洗出“輕鬆的黑土粒”過程的存在。他按照成份將土分類,分為黑土、砂、“不同種類的黏土”和“黏土質淤泥”。按照顆粒大小,М. В. 羅莫諾索夫又將土區分為“從水中分出來”的黏泥粒、“從顆粒大小考慮可以無底止地加以區分”的砂、“大小超過豌豆”的礫石和卵石。

土質對道路行車性能的影響,很早以來就引起俄國建築者的注意。

1796 年出版的 П. Ф. 許列契爾(Шретер)的著作“關於城市街道的鋪砌”^①裏面有專門一章“關於認識要建造街道的城市的所有各種土或土壤”,專寫關於聖彼得堡土質的研究。

在同一著作的另一章“關於街道不好的原因,特別是當春季冰雪融化的時候”裏面,引證了水的情況對路基土性質的影響因素,並分析了輪溝形成的現象。關於進行新建築時土質水文的綜合調查有十分詳盡

① “促進俄羅斯農業和房屋建築自由經濟協會報告續編”第二部份, 1796 年(原名見“參考書目”最後第二項)。

的指示；在這些調查的基礎上可以得到下列問題的結論：“怎樣引導水流並引導往何處”、“路面應當提高多少”和“應當如何獲得填充用的土、砂、礫石、圓石或碎石”。

十八世紀末葉客貨運的發展引起對土路行車性能的估計和對帶輪車子行走部份最合理型式的決定，進行一系列的實驗和理論研究。

1801年俄羅斯科學院 Н. И. 傅斯 (Фусс) 院士全世界第一次發表了關於輪溝形成過程的理論分析，題目是：“關於所有各種道路對四輪和雙輪車子的抵抗強度，以決定某種車子較他種車子為有益的理論經驗”。土對變形的抵抗表現在土對壓入的抵抗，而這個抵抗與變形的大小和天然休止角成正比。傅斯認為：車輪加荷於鬆軟的地面上時，土的“抵抗力的增加”“決定於陷入土中的深度，這個深度決定於材料的性質，亦即決定於它的靜水壓力，而這個壓力要通過實驗來決定”。可以認為 Н. И. 傅斯的工作奠定了在局部荷載作用下土的變形的研究基礎。

傅斯所作的假設一直到現在被應用於彈性地基上的樑和板的理論中，但這個假設常常被錯誤地認為是由德國學者齊美曼 (Циммерман) 和文克勒 (Винклер) 提出的。

十九世紀中鐵路和公路的建設經驗，對於土的性質的研究和對於用土建造的建築物的施工的研究，有很大的貢獻。

早在建築莫斯科與聖彼得堡之間的鐵路時，卓越的俄國工程師 П. П. 滅爾尼可夫 (Мельников) 採用從填方下面擠出泥炭的方法保證了造在軟弱地基上的鐵路填方的穩定性。他的方法是堆土“超過設計線，使它下沉達沼澤的底，這樣也就獲得了可靠的基礎”。

在 Е. 郭洛瓦切夫 (Головачев) 1870 年發表的著作“關於土路的建築”裏面，包括好些完善的新假說，說明關於土抵抗運輸荷載的強度與土中水的情況和土的壓實程度之間的關係以及土的各個部份在“土路

① 科學院叢報第一卷學術論文選，第一部份，1801 年（原名稱：“參考書目”最後一項）。

表面強度”中的作用。E. 郭洛瓦切夫所創議的根據壓力傳遞於土的條件來決定碎石路面厚度的方法，比之所謂“1901年麻薩朱塞公式（Массачузетская формула）”來得更準確，後者在過去常常被認為是計算道路路面厚度的第一個方法而出名。郭洛瓦切夫強調指出：建造道路時必須用實驗方法估計路基土在重型車輛通行下所形成輪溝的深度方面的性能。

許多時候，在地質條件複雜的區域修建道路，曾經要求對表層和深層的土都進行十分詳細的研究。為保證路堤的穩定，曾經採取複雜的工程措施。

例如，在1852—1860年間在基輔的尼科拉也夫（Николаев）斜坡上修建道路時就採用了複雜的工程措施。為固定住可能塌滑的一段，建造了複雜的排水系統來截住從兩個帶水層裏出來的水。排水管網和地下石砌排水溝的長度達3.9公里，而總排水量達325立方米/晝夜。

在俄國，鐵路和公路修建區域的土——地質條件的研究，有許多時候是在卓越的地質學家參加之下進行的。B. A. 俄布路切夫（Обручев）院士參加了查卡斯俾（Закаспий）公路和大西伯利亞鐵路的建設。A. П. 巴甫洛夫（Павлов）院士研究了沿伏爾加河岸鐵路線敷設區域的場方現象。

這些工作乃是工程地質學——研究由於建立工程結構物所引起的地質現象的一門科學——的初步萌芽。土學與土力學利用並補充工程地質學的方法和任務，說明土用在建築中的性質。

關於建築物地基土的穩定性理論，在十九世紀的大部份時期中得到發展，主要作為無黏性鬆散物體（砂就是這種物體的代表）的理論。許多研究主要從滑動面位置的近似概念出發，探討滑動土體作用在擋土牆上的壓力問題。

在上世紀五十年代裏首先應用鬆散物體理論於基礎穩定問題上的是偉大軍事工程師、克朗斯塔得（Кронштадт）要塞的建造者I. E. 巴務