

87.351
WZQ
143857

路基設計與建築

翁朝慶編著

人民交通出版社

143957

110747

借 期

路基設計與建築

翁朝慶編著



C0054586

人民交通出版社

4806

11561/24

由於近年來在路基土壤與排水方面的研究有了不少新的成就，因而使道路設計中的路基設計也幾乎成了一個獨立的設計步驟。本書第一篇即根據蘇聯最近資料予以系統整理，對路基設計的理論作了全面敘述；第二篇講述路基建築的方法；第三篇專論特殊地區的路基設計與建築，尤其着重介紹沼澤地帶、滑坍與碎落地帶的設計與建築。本書可作公路工程人員學習參考，亦可作大學道路專業的教學參考用書。

書號:1095-滬

路基設計與建築

翁朝慶編著

人民交通出版社出版

北京安定門外和平里

新華書店發行

上海市印刷公司印刷

編輯：郭秉鉞

1955年12月上海第一版 1955年12月上海第一次印刷

開本：787×1092 1/25 印張：22 $\frac{12}{25}$ 張

全書595,000字 印數：1—1300冊

定價(9)：四元六角

上海市書刊出版業營業許可證出字第零零陸號



目 錄

第一篇 路 基 設 計

第一章 引論

§ 1 路基設計的基本原則	1
---------------	---

第二章 路基土壤的性質

§ 2 路基土壤的分類	6
§ 3 土壤構成成份的相互作用	7
§ 4 土壤的各特性溼度	11
§ 5 壓實的土壤之強度與水穩定性	15
§ 6 三體態土壤的壓實過程	20
§ 7 土壤的壓實性	24
§ 8 土壤結構對於土壤狀態和強度的影響	27

第三章 自然因素對路基土壤工作情況的影響

§ 9 自然因素	37
§ 10 路基的一般水文情況	38
§ 11 路基的冬季溼度累積現象	42
§ 12 計算冬季聚流量的方法	55
§ 13 路基品質的評斷	60

第四章 路基土壤密實度的設計和檢查

§ 14 對路基土壤密實度的要求	71
§ 15 控制壓實工作的重要性	75
§ 16 密實度的設計和檢查	76

第五章 路基排水

§ 17 排水系統和排水目的	85
----------------	----

§ 18 明溝的水力計算.....	87
§ 19 邊溝.....	94
§ 20 截水溝和排水溝.....	96
§ 21 蒸發池和滲水井.....	102
§ 22 跌水和溜槽.....	105
§ 23 暗溝和暗溝的水力計算.....	120
§ 24 路基基身內水份的排除方法和路基的提高.....	126
§ 25 砂基.....	131
§ 26 縱向排水管.....	140
§ 27 不透水隔離層.....	152
§ 28 大孔隙材料隔離層.....	155
§ 29 隔溫層.....	158

第六章 路基穩定性的設計

§ 30 對路基穩定性的要求.....	161
§ 31 路基的形變.....	163
§ 32 路基穩定性的計算.....	167
§ 33 浸水路堤的穩定性.....	173
§ 34 山坡路堤的穩定性.....	175
§ 35 軟弱地基上的路堤.....	177
§ 36 邊坡加固.....	183
§ 37 密實度溼度儀理論.....	192
§ 38 計算和測定各項溼度與密實度的工作步驟.....	197

第二篇 路 基 建 築

第七章 路基建築引論

§ 39 路基工作在道路建築中的重要性.....	208
§ 40 路基工作的分類.....	209
§ 41 路基工作的施工程序.....	213
§ 42 路基工作的基本施工方法.....	214
§ 43 築做方案和一般規則.....	215

第八章 準備工作

§ 44 恢復路綫和訂定路界	223
§ 45 砍伐樹木和拔除樹根	227
§ 46 房屋和構造物的拆遷	234
§ 47 路基放樣	235
§ 48 臨時道路	243

第九章 機械化的土方施工方法

§ 49 土壤的翻鬆	244
§ 50 路基的剖形修築法——平土機工作	251
§ 51 鏟運機工作	271
§ 52 平土升運機工作	285
§ 53 挖土機工作	295
§ 54 挖土機工作中的土方運輸工作	310
§ 55 推土機工作	325
§ 56 土壤的壓實工作	344
§ 57 山區的路基土方工作	355

第十章 非機械化的土方施工方法

§ 58 人工挖土	362
§ 59 手工挖土時的裝土和運土工作	364
§ 60 手工操作時的填土夯實工作	370

第十一章 築做土方的水力方法

§ 61 一般情況	372
§ 62 土壤的沖洗	373
§ 63 泥漿的運送	378
§ 64 土壤的沉積	382

第十二章 爆炸工程施工方法

§ 65 爆炸材料	385
§ 66 爆炸材料的儲存與搬運	390

§ 67 裝藥量和炮眼深度的選擇·····	392
§ 68 通常爆炸工作的實施·····	396
§ 69 特殊爆炸工作的實施·····	411
§ 70 爆炸工作中的安全措施·····	420

第十三章 土工的冬季施工

§ 71 總說·····	422
§ 72 冬季施工的特點·····	423

第十四章 路基工作的組織

§ 73 一般要求·····	427
§ 74 土方的調配·····	428
§ 75 廣場的土方調配·····	438
§ 76 施工方法的選擇·····	439
§ 77 機器數量的計算、機械工作隊的組合·····	446
§ 78 提高機械與工人生產率的方法·····	472
§ 79 工作組織計劃的制訂·····	475
§ 80 路基工作的計算與驗收·····	476

第三篇 特殊地區的路基設計與建築

第十五章 泥沼地帶的路基

§ 81 泥沼地帶的分類·····	478
§ 82 泥沼地帶的路基設計·····	481
§ 83 泥沼地帶的路基建築·····	486
§ 84 木質路基·····	497

第十六章 滑坍與碎落地帶的路基

§ 85 滑坍現象和原因·····	501
§ 86 滑坍地帶的處理方法·····	503
§ 87 碎落現象和原因·····	507
§ 88 碎落地帶的處理方法·····	508

第十七章 乾旱地區的道路

§ 89 沙漠上的道路.....	510
§ 90 碱土上的道路.....	518
§ 91 灌溉區的道路.....	529

第十八章 峽谷、暗穴和永凍地區的道路

§ 92 峽谷的形成.....	534
§ 93 峽谷地區的路綫.....	536
§ 94 峽谷的穩定與加固.....	539
§ 95 暗穴地區的道路.....	544
§ 96 永凍地區的道路.....	547

第一章 引 論

§1 路基設計的基本原則

有些人認為：選定路線，把道路縱坡設計完成，並且訂定出橫斷面之後，祇要按照這些路線、縱坡和橫斷面施工就是了，再不需要有所謂路基設計；或者認為所謂路基設計已經包括在選線、設計縱坡和訂定橫斷面等步驟之內。這些都是過去的想法；從現代的技術水平和現代交通運輸對道路的要求看來，必須要有單獨的“路基設計”，並且路線、縱坡和橫斷面設計也必須結合路基方面的要求來進行。

道路路基比較寬闊，而其路堤高度一般是較低的；這樣就容易受到地形和水文條件的影響，發生滑動和形變。另一方面，由於道路上的運量、速度和載重日漸增高，一則對於路面和路基發生了較大的影響，再則對於路面平整度與強度的要求亦日漸增高。要提高整個道路結構（包括路基和路面）的強度，就必須解決地基強度和均勻性的問題，否則就要使路面的造價增高，或者不能符合使用上的要求。

根據道路的這些工作特性，對於現代的道路路基提出了更肯定、更嚴格的要求，不僅僅是做成一種在外形上暫時符合於路線、縱坡與橫斷面設計的路基。從基本上說，現代的道路路基應當符合於下列要求：

（甲）路基應當堅強與穩定，也就是在荷重、空氣、水文等等因素作用之下、不改變其形狀，或者形狀改變得很少；

（乙）路基應當成為路面的堅強基礎。

祇從性質上提出這些要求還是不夠的；爲了能夠進行具體設計，必須再從數值方面提出更具體的要求。這就是說，要訂出容許的形變數值，要規定在最不利情況（水文、氣候等等）下的強度標準，以及在一定面積內強度的穩定程度。

先從長期的冬季隆起、甚至剩餘的形變說起。

在現代的路面強度理論中，是以形變模量來表示路基的剛度（強度）；根據各種理由，廢棄了早先所採用的地基承载力的觀念。根據研究，地基承载力不可能表示地基的工作特性，蓋路面結構不決定於地基上的最大單位荷重，而首先決定於地基的屈服程度（形變），亦即決定於用形變模量來確定的特性^①。

根據現代的理論，道路路面強度的充分與否，首先決定於垂直與水平方面的容許形變。各種柔性路面由於溫度變化而表現的形變、差別得很多。各種路面的容許相對延度相差也有十倍或更多。例如，地氈青路面，在負溫度（攝氏零度以下）時、容許的相對延度僅爲千分之幾，而在正溫度時（攝氏零度以上）爲百分之幾；對於次高級路面，則在負溫度與正溫度時的容許相對延度相應地爲百分之幾和十分之幾。在各種溫度下，水泥混凝土路面的容許相對延度都祇有萬分之幾。在冬季，於相距不到2公尺的兩點如由於凍脹而發生1公分的高差，則造成小於千分之一的相對延度；由於此項相對延度，在瀝青混凝土路面上不致引起裂縫，但是在水泥混凝土路面上就要受到損害了。因此，不同的路面對於路基形變有不同的要求，高級路面要求得較高，而水泥混凝土路面要求得更高。經過多次試驗指出，在春融時，由於重車輪而發生的最大垂直形變也不應當超過1公分。此外，爲了保證行車的充分速度，在任何種路面的表面上，於3公尺段落中不應有超過0.5公分的不平整度。

換言之，路基應符合三項條件：（甲）不產生超過一定限度的沉陷、隆起等等現象，（就2-3公尺距離內而言，高級路面除水泥混凝土

① 對於這種觀念的進一步了解，可參閱 E.I. 伊萬諾夫著：公路路面學上冊（中譯本由人民交通出版社出版）；或本人編著的“道路路面結構理論”（中國科學圖書公司出版）。

土而外，在冬季限制於1公分，在全年限制於3公分，次高級路面在冬季限制於2-3公分，在全年限制於5公分）；（乙）應當使路面保持前述的平整度；（丙）在最濕時期，仍應有充分的剛度（強度），免得爲了保持路面不破壞，和保持垂直形變不超過容許數值而過份加厚路面。

路基的彈性形變會影響表面的平整度，並且在汽車通過時會引起震動，所以也有相當的重要性。彈性形變主要的是對於沼澤上或有機質泥漿上的路堤穩定性有危害。因此，礦質部分的路堤高度 H_0 和發生顯著彈性形變的層厚 h ，

必須有一定的比例（圖1）。

近似正確地算出^①，若容許的彈性形變約爲0.5公分，當泥煤愈軟及 H_0 小數值愈

小時，則比例 $\frac{H_0}{h}$ 應當愈大

（表1）。

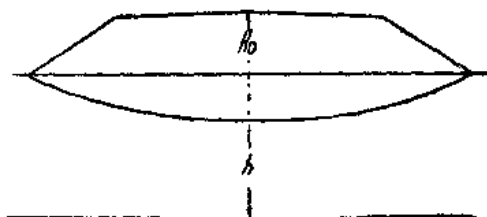


圖1 軟基礎上的路堤

表 1

H_0 (公尺)	$a = \frac{H_0}{h}$		
	軟 泥 煤	密實泥煤，有機質泥漿	
2	>8	>2	
3	>3	>1	
4	>2	>0.75	
5	>1	>0.5	

路基的穩定性不僅在於上述各方面；它本身的整體滑動或是邊坡的坍塌，也時常造成很大的災害。這種情況主要發生於路線通過山坡，或是高路堤、深路塹的路段，甚至同時受到地面水或地下水的侵襲時。

^① 在這裏祇說“近似正確地”算出而不說“正確地”算出，是因為變值有若干個，不可能把它們同時都確定，再則在土壤力學上對這方面的某些問題還有一些不能肯定之處。

對於這類情況的數值方面的要求，因為所遇情況的不同，而有很大的出入；在以後的有關章節中將要個別地提出。

怎樣才能達到前列的各項要求呢？首先必須了解路基土壤的性質，以及各種自然與人為的因素對於土壤性質的影響；然後根據這些了解的知識，擬定防止有害因素的措施和擬定增高強度和穩定性的措施。

就路基本身來說，水文和溫度兩種自然條件對於它的強度和穩定性有莫大影響。圖2中示以地基形變模量在各季中的有系統的變化。在性質上，形變模量的變化總是具有與此相似的特性；譬如說，在三月到五月、數值很低，在七月到九月、數值較高。但是在數值上，這是可以調整的，可以使春融時形變模量的最低值有所提高。在調整中，我們可採用下列的基本方法：

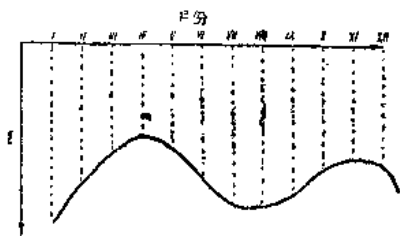


圖2 地基形變模量在年度中的變化

(甲)把地基壓得很密實；(乙)儘量減少路面基礎下的溼度累積量；(丙)排除由於某種原因而滲到基礎中的溼度，或是防止這種溼度侵及基礎。

就提高路基品質來說，土壤的壓實情況是極重要的因素。把土壤壓到某種密實度，就可以在一方面保證路面在建築後沒有顯著的剩餘形變；在另一方面使路基在冬季到春季的溼度重分佈情況下密度變化達到最少量。不均勻的垂直形變、對路面是有危害的；一般地，形變的絕對數值愈大，則形變不均勻的可能性也愈大；這種不均勻程度可達最大形變的0.25—0.30；因此，壓實工作可以減少這種危害性。現在認為在受冰凍影響和受到重車壓力分佈的路堤上層、壓實到所謂標準密壓度的0.90—0.95，就能消除剩餘形變對次高級和高級路面的危害性；但是還不能保證在冬季溼度重分佈時沒有密度的變化。

第二類的方法是水文與溫度情況的整理，經過整理後可以使路基上層的受潮情況受到很大的限制。溼度的來源可能是：1)地面水，2)毛細管溼度，3)由於溫度坡差的、任何型式的地下溼度的移動。根據不同的溼度來源，可以採用不同的措施，例如，提高路基高度，設置

排水層、隔離層、隔溫層等等。這類措施的有效程度，在近年來已經有了不同的看法，其技術細目在以後還要分別討論，在這裏主要地要提到：必須要結合着溼度來源，和技術經濟的核算，來選定某項或某數項措施。同時，第三類的措施也是減少路面基礎下溼度累積量的根本辦法之一。

第三類的方法包括了做排水溝、截水溝、邊溝等等。這類工作常常是在路幅範圍以外的，因此時常被忽略掉。這類工作的技術細目當然可以根據水文學和水力學的理論與有關資料，來詳細計算，但是總的佈置却有更大的重要性。

關於道路邊坡和整個路基的防止滑坍工作，直到現在還沒有受到應有的重視，時常是根據極粗糙的、土壤類型的估計，就把邊坡訂定了。道路的填挖高度比較小，一般距離臨界高度還很遠，所以這一類的工作方法通常沒有受到批評；不過，從技術經濟的觀點來說，這一項工作還是應當搞得更精確一些。遇到高路堤和深路塹，情況就不同了，我們必須根據精確測定的土壤和地基的性質，以及周圍的各種環境，再加上土壤力學方面的知識，做好設計工作。除了訂定適當的邊坡之外，有時還需要再施做護牆、護坡、截水溝等工程，才能保持整個路基的穩定。可惜的是：現在的土壤力學知識水平，還不能保證得到經常可靠的結果。

從上面一系列的說明，我們可以深切地認識到，必須要有系統的和縝密的“路基設計”，才能得到符合要求與穩定的路基，才能保證整個道路結構的經濟性。路基設計的任務是針對“標準的和特殊的剖面，啣接高路堤和深路塹的個別聯接路段，以及在不利的地質、水文與氣候情況下”的特殊措施。

現在關於路基設計的知識還很不夠；對於某些現象還不能徹底說明，對於某些措施的有效程度還不能十分肯定，有些工作還需要經過繁複的手續、進行個別的試驗和測定、才能得到必要的設計資料。

蘇聯學者和技術人員在這一方面是異常努力的，並且有很大貢獻的。例如，對於冬季的溼度累積現象，大規模的研究已經進行了十多年，設立了許多試驗站和觀察站，動員了許多研究者——值得注意的，

其中也包括了若干物理、數學和地質方面的研究者。他們在1944—1946年所研究的結果，在1950—1951年和1952—1953年都一再改進，使之更精確、更合理。蘇聯學者和技術人員所慣於建立的聯繫制度以及他們精進不懈的精神，實在是值得我們學習的。

第二章 路基土壤的性質

§2 路基土壤的分類

從道路工程的目標而言，可以把土壤按着其中的砂土、粉砂土和粘土含量的多少、予以分類，如表2所示^①。

土壤的道路分類法

表 2

土壤名稱 (本書採用者)	各成份的含量，按重量百分比計			一般書籍 曾用譯名
	砂 粒	粉 砂 粒	粘 土 粒	
	(尺寸2-0.05公厘)	(尺寸0.05-0.005公厘)	(尺寸<0.005公厘)	
砂 土	—	<15	<3	砂 土
粉砂質砂土	—	15—50	<3	粉砂質砂土
雜 砂 土	2-0.25公厘顆粒 >50%	—	3—12	砂質壤土
細雜砂土	2-0.25公厘顆粒 <50%	少於砂粒	3—12	細砂質壤土
粉 砂 土	—	多於砂粒	<12	粉 砂 土
雜 粘 土	多於粉砂粒	—	12—18	粘土質壤土
重雜粘土	多於粉砂粒	—	18—25	重粘土質壤土
粉砂質雜粘土	—	多於砂粒	12—25	粉砂質粘土
粘 土	—	—	>25	粘 土

① 關於土壤的名稱，交通部公路總局曾經有過暫時統一採用的名詞；但是其中有“壤土”一詞係由英文音譯而來，不易理解，外間又有各種不同的譯法。在未有更肯定、更合理的標準譯法之前，把過去一般書籍上所採用的和本書所採用的，一併列入表2內，以資對照。

各種土壤實際上屬於哪一類，當然可以通過試驗來決定；而表3所列現場的辨認方法以及各種土壤的性質，也是頗切實用的。

§3 土壤構成成份的相互作用

建築路基時，實際上所遇到的是“三體態”土壤，其成份中包括有固體顆粒，各種狀態的水份，以及空氣。在多數情況下，土壤的自然狀態（結構）受到了某種程度的擾動（破壞）。

其中的固體顆粒（或稱為實體）是數量不同、形狀不同的礦物與有機物的混合物。土壤實體可認為是多向擴散體系，這個體系的結構和結構中除了實體以外的空隙度主要決定於顆粒的大小和形狀；因此，這些因素也決定了可以容納其他兩種體態（液體與氣體）的容積。在不同成份的土壤中，以及在不同作用情況下，固體和其他兩種體態間也就產生了不同的相互作用。

土壤中的液體是含有各種溶解物的水份。溶解物和水份相互作用着；並且有時是溶解物和水聯合着，有時是水份單獨地，與土壤實體起了相互作用。由於作用情況的不同，水份就以不同的狀態存在於土壤空隙中；有的是游離水，就是可以由於地心吸力作用而排洩掉的；有的是毛細管水份；有的是粘結水（薄膜水），是以薄膜的形式包圍着個別的土粒，或是包圍着土粒的個別組合。同時，也會由於某種作用情況，水份轉變為水氣、而成為氣體存在於土壤空隙中；也會由於另外一些作用情況，水氣又凝聚成為水份，回復到液體狀態。

土壤中的氣體可以雜有各種氣體，有時是與大氣貫通的，有時是封閉在土壤內的。氣體在土壤中所佔的體積，視土壤的密實度及水份填充程度而定。

液體和氣體在土壤空隙中是活動的；按照作用在土壤上的物理機械作用，液體和氣體的數量可以有很大的變動。當土壤在自然情況下完全乾燥時，祇剩下少許薄膜水份包圍着土壤顆粒。當土壤為水所飽和時，祇剩下少許空氣圍繞着土壤顆粒。

設以 m ， W_{06} 及 V 相應地來表示土壤中的固體顆粒、水份及空氣的含量（以土壤全部體積為一時的表示之），則可列成下式：

土壤的現場測定

土壤名稱	現場測定土壤的方法			
	在手掌中揉搓土壤時的感覺	在放大鏡與肉眼下所見的形狀	土壤狀態	
			乾時	潮濕時
砂土	砂狀物質的感覺	僅見砂粒	疏散	無塑性
粉砂質砂土	揉搓時，留有許多粉砂粒在手掌上	主要地看見砂粒，而雜有粉砂粒	疏散	無塑性
雜砂土	主要為粗的砂粒	主要地看見砂粒，而雜有粘土粒	用手壓時與擲於鏟上時，土壤易於破碎	
細雜砂土	主要為細的砂粒	同上	無膠結作用	
粉砂土	揉搓時得到像乾麵粉的印象	砂粒少，粉砂粒多	無膠結作用	溶解狀態
雜粘土	揉搓時覺到有砂粒，塊子易於壓碎	在細粉末中顯然看 出是缺少砂粒	壓碎時，需要一定的力量	塑性與粘着性低微
粉砂質雜粘土	揉搓時砂粒少，塊子易於壓碎	看到細的粉砂粒	大小塊均不硬，錘擊下分裂成更小的塊子	有塑性與粘着性
重雜粘土	在乾狀態下揉搓時，感覺到粘土物質中缺少砂粒，塊子壓碎得費力	同上	同上	同上，但程度較大
粘土	在濕狀態下揉搓時不覺得有砂粒，很費力才能把塊子壓碎	粘土構成的均勻細粉末物質，不會大於 0.25 公厘的顆粒大小	小塊堅硬，錘擊時併成個別大塊	很具塑性，極粘，並沾手

方法與其性質

表 3

法	物理機械性質(塑性, 危險的毛細管上升高度, 吸水性等等)	道路上的性質
揉成細條的可能性		
不能揉成細條	無塑性, 毛細管上升高度0.2—0.3公尺, 滲水性良好, 具有顯著的阻力係數	少粘性, 在一年的乾季中爲車輪所割切, 並造成較大的行車阻力。在雨季, 粘性增高, 行車便利。爲維持道路通車, 需要添加粘結料(粘土、瀝青、泥煤等)用爲級配添加料, 以改善粘土質土壤
不能揉成細條	無塑性, 毛細管上升高度0.3—0.6公尺, 滲水性良好; 內阻力係數高	同上, 但行車阻力相當大。在潮濕狀態下, 欠穩定; 不宜於作爲添加料
能揉成細條, 在3—5公厘粗細時即破碎成塊	塑性低於7; 毛細管上升高度0.3—0.6公尺, 滲水性良好	在道路性質上爲最佳的土壤; 級配成份接近於最佳成份; 保證其在道路上有良好的工作情況; 如果道路維護得好在每年乾季表面平整、路基易於爲汽車壓實; 在雨季幾乎無粘着性, 乾得快
搖動時, 易使小球成爲扁餅, 表面上有毛細管水份; 不能揉成細條	塑性低於7; 毛細管上升高度0.8—1.5公尺; 滲水性不大	少粘性, 在水飽和狀態下容易變爲疏散狀態, 幾乎完全喪失其承載力; 翻漿的土壤; 在乾季中, 形成較多的疏散狀態。能很好地用粘結料處理; 很少用作級配添加料
不能得到長的細條	塑性大於7; 毛細管上升高度1.0—1.3公尺; 滲水性低劣	粘性; 時常使路上翻漿; 有正確的養護時, 在乾季完全保證路上通車; 用粘結料處理時, 不一定得到良好結果; 可用爲對於砂土的添加料
不能得到長的細條, 著於3公厘直徑時破碎成塊	塑性大於7; 毛細管上升高度1.5—2.0公尺; 滲水性極低劣	性質較前一種土壤爲劣, 在潮濕狀態中、欠穩定, 翻漿的危險性更大
滾揉時, 得到1至2公厘直徑的細條; 將小球壓成扁餅時, 在邊緣上破裂	塑性大於10; 毛細管上升高度1.5—2.0公尺; 滲水性極低劣	粘性佳, 密實; 由於滲水性不佳, 在低處積水, 道路乾得很慢, 以致很快地形成陷坑, 並由於行車之割切、變得更壞
滾揉時得到堅實的, 直徑小於1公厘的細條; 易於滾成小球, 壓小球成扁餅時, 邊上不破裂	塑性大於15; 毛細管上升高度1.5—2.0公尺; 不透水土壤	乾時, 很硬並具有較大的承載力; 爲了維持道路通車, 需要用級配添加料來加強, 或施以穩定