

穩定土壤的道路基層與鋪砌層

斯大林獎金獲得者地質礦物學碩士

B.M. 別茲魯克 著

李鴻斌譯 左元華校

人民交通出版社

7.351
24

穩定土壤的道路基層與鋪砌層

斯大林獎金獲得者地質礦物學碩士

B.M. 別茲魯克 著

李鴻斌譯 左元華校

人民交通出版社

本書扼要地說明道路建築中常用的幾種土壤的主要性質，以及用有機和無機結合料處治土壤，改變土壤性質，用以修築道路基層與鋪砌層的方法。係蘇聯道路工人通俗小叢書之一，內容淺顯，適於廣大築路工人與一般幹部學習業務之用。

書號：1071-京

穩定土壤的道路基層與鋪砌層

В.М.ВЕЗРУК

ДОРОЖНЫЕ ОСНОВАНИЯ И ПОКРЫТИЯ
ИЗ ОБРАБОТАННЫХ ГРУНТОВ

АВТОТРАНСИЗДАТ
МОСКВА—1953

本書根據蘇聯汽車運輸與公路部出版社1953年莫斯科俄文版本譯出

李鴻斌譯 左元華校

人民交通出版社 出版
(北京北兵馬司一號)

新華書店發行
萃斌閣印刷廠印刷

初編者：程玉四 複審者：徐澄清

1955年4月北京第一版 1955年4月北京第一次印刷

開本：31"×43" 1/4 印張：1 1/2張

全書：26,000字 印數：1—3600冊

定價(8)：0.22元

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號)

目 錄

土壤的生成與性質

粗粒碎屑土壤.....	4
砂土.....	6
塑性微細碎屑土壤.....	7
土壤按性質與生成的分類.....	8
土壤的粘結性、含水量和密實度.....	12
土壤的最大密實度和最佳含水量.....	15
最佳顆粒組成的土壤.....	17

用處治的土壤修建基層與鋪砌層

水泥穩定土壤的基層與鋪砌層.....	21
石灰處治土壤的基層與鋪砌層.....	25
瀝青處治土壤的基層與鋪砌層.....	27
柏油處治土壤的基層與鋪砌層.....	33

我們偉大祖國的領域是極為遼闊的。從黑海和裏海到北冰洋，從涅芒和維斯拉到勘察加和千島羣島，蘇維埃祖國的土地分佈在數千萬公里上。它們的自然條件和氣候是各種各樣的。地下藏有無窮盡的資源——不同的礦物、鑽石和建築材料。

運輸業的運轉量隨着工業、農業、建築材料生產的發展，以及商品流通的增長而增加。

爲了完成第五個五年計劃所規定的任務，必需加緊發展汽車運輸和公路建築。

因此，不僅是幹線建築，就是連接我國遼遠地區的地方道路，也具有重大的意義。

它的長度超過高級路面道路的長度許多倍。

爲了建築簡易式道路，尤其是在不出產石料、礫石和砂的地方，就要廣泛地使用不同的當地材料。

首先要利用當地土壤作爲築路材料。

在這種情況下，將使造價便宜，且由於節省了運輸的原故，此種道路的建築期限也將縮短。

在這本小冊子裏，說明有關道路方面的極重要的某些土壤性質的簡明知識，以及敘述用結合料——水泥、石灰、瀝青和柏油穩定土壤的許多方法。這些方法業經在施工中試驗，建築公路時均可廣泛採用。

土壤的生成與性質

地球表面並不是平坦和光滑的，而是有隆起的地方、平原和河谷、高山、深海和湖沼。研究過去與現在的地球，研究它組成岩層的生成條件和結構指出了，地球的外貌並不是不變的。

在地球的許多部分上，已經發生了和正在發生着縱向和橫向的移動，火山爆發和地震。因之就形成山脈和其間的山谷。

地球表面同樣也不是靜止的。水和風、熱和冷都影響着它，逐漸地使其整體性起着變化，形成所謂沉積岩，其變種即為碎屑岩。

經過數百萬年，岩石被破壞。陡坡逐漸平緩，成為斜坡。

被太陽晒熱的石塊，入夜完全冷卻。這種冷和熱的交替，使形成岩石的細小顆粒體積發生收縮和膨脹。岩石上呈現許多微細的裂縫，並逐漸加深和變寬。

水流入裂縫中間，結凍以後體積增加，於是使岩石更加裂碎。

許多古老的山脈，譬如烏拉爾山具有平緩的斜坡和傾斜的山頂（圖1），相反的，比較年輕的山脈，其造山的過程尚未完畢的（例如天山、科別特達格山等），是高出地平面的鋸齒形岩石的堆積。

在山溪的淺灘上和蘇聯歐洲部分北半部的原野上可以遇到這樣被裂縫分開的石塊，它是各種形式的碎片，用手將它們輕輕的一壓，就會很容易的壓碎。

岩石的這種破壞叫做風化。



圖1 表面被冲刷的山嶺

在河水、山溪、雨水和流水，以及浪的破壞性的強力影響下，岩石被破壞了形成沉積岩和碎屑岩：碎石或卵石、礫石、砂、粘土質壩母和粘土（圖2）。



圖2 被海水激浪冲毀的岩石海岸

由於氣候（水、溫度、空氣、光綫）、植物、動物，尤其是微生物等的共同影響，岩石就變為土壤，土壤是岩石品質變化的產物。人的活動對於土壤品質特徵的形式和加強——表土的肥沃——起着重要的作用。

土壤是我們主要的天然財富之一。肥沃的、豐富的黑色土壤，在世界上沒有一個國家能像蘇聯那樣佔有如此巨大的面積。

關於土壤的科學——土壤學，當十九世紀末葉在俄國已萌芽了。它和土壤學創始人的名字B.B. 多庫查耶夫教授及其學說的繼承人П.А. 柯斯退切夫教授和B.P. 威里雅姆斯院士是分不開的。

研究作為表土的母岩的土壤形成的性質和條件的多庫查耶夫理論，在他的學生П.А. 節棉特謙斯基和M.M. 費拉托夫兩教授的作品中獲得了更進一步的發展。

這些蘇聯學者的作品，到二十世紀二十年代的時候已經創造了新的科學部門——道路土壤學。

這樣就着手科學的研究：如何利用不同的土壤作為構築汽車公路的建築材料。

粗 粒 碎 屑 土 壤

整塊的岩石（花崗岩、片麻岩、石灰岩、砂岩等）沿着最弱的部分破裂。

最微小的碎屑被水洗蝕，並沖入河床中去。逐漸產生不同粒度的碎屑。帶有尖稜的大塊碎屑，其大小由4到10公分的叫做碎石，同一大小而沒有稜角的碎屑叫做卵石。

表面光滑的岩石塊，其大小不超過40~50公厘的，叫做礫石（圖3）。

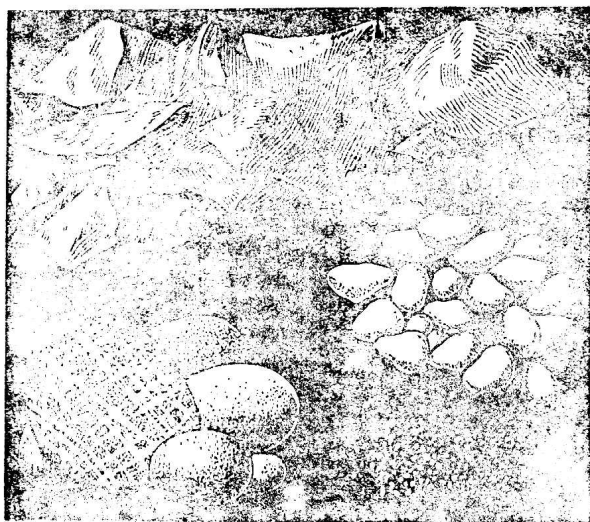


圖3 碎石(上)，卵石(左下) 礫石及沙(右)。

礫石係由破壞的山岩最堅固的碎片所組成。這種寶貴的建築材料，常被採用在道路建築上。依據岩石的性質和水流的力量，礫石的形狀與圓滑度是不同的。

由破碎的頁岩中，通常形成薄板式樣的礫石，稱為扁石。礫石顆粒越長和石層越薄，那末它在鋪砌層中的壓實也就越壞。

當水的作用不大時，岩石層的碎片具有尖角形式，由天然碎石材料形成沉積物。

這些材料，尤其是礫石，均含有顆粒比較細小的混合物（砂質的、粉砂質的和粘土質的），使碎石在壓實之後具有大的密實度和粘結性。

在道路建築上採用礫石和天然碎石是很適當的，因為在物質、技術、資源上將得到很大的節約。

砂 土

在河谷中，在海岸邊和湖沼地，產生各種的碎屑岩。細小顆粒（所謂粉土顆粒由0.05至0.005公厘，和粘土顆粒。小於0.005公厘）被流水沖向個別低窪地區，遺留下來的小顆粒，叫做砂土（其大小由2至0.05公厘）。

砂土在沙漠地區佔着廣大的面積（比如在卡拉庫姆），對於沙土的形成和堆積，風起着主要的作用（圖4）。

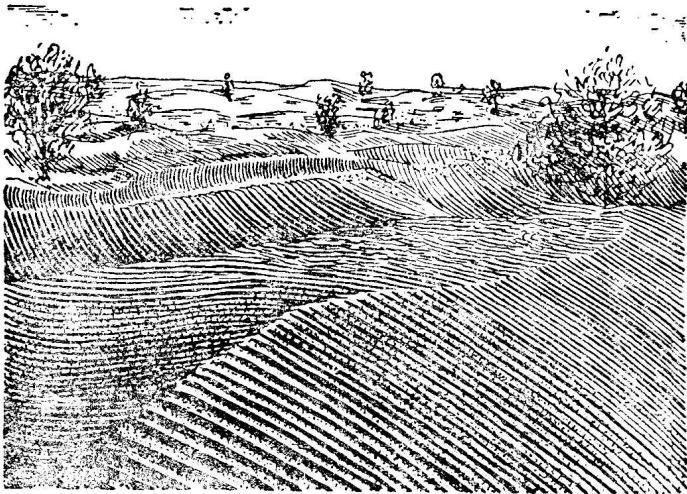


圖4 卡拉庫姆沙漠中的弧形砂丘

當大風時，細砂被吹向空中和數百公里以外。比較細小的粉砂能够被風吹到數千公里以外，同時在大氣中可以上昇到數公里的高度。

砂和其他土壤（如黃土），由於風的影響而形成的，叫做風成岩。

就生成的條件和粒度的大小來說，砂是各種各樣的。

它們在道路方面具有重要的性質：滲水很快，在特別潮濕時，既不膨脹，也很穩定。

因此，砂與礫石和碎石一樣，在道路建築上常被採用。

塑性微細碎屑土壤

當各種岩石破壞時，不僅形成堅固的大顆碎屑——圓石、礫石及砂，並且積聚許多不大於0.05公厘的細小顆粒，它的性質和較大的顆粒不同。

所謂塑性土壤，不僅是由於岩石的力學碎裂和位移所形成和積聚，並且主要是由於整塊岩石分解時（風化）進行的化學過程的結果。

岩石被碎裂的越多且個別顆粒越小時，它們的性質就更不同於形成它們的那種岩石的原始性質。

由於這些顆粒的總表面特別加大，因此具有了新的性質。

這是不難想像的，假若用任何一塊物體做一個小立方體，其邊等於1公分時，各面的總面積則為6平方公分。

我們將這個立方體分成新的立方體，它的邊小二分之一，亦即等於 $\frac{1}{2}$ 公分（圖5），則由以前的立方體得到八個新的立方體，而其表面將等於12平方公分。

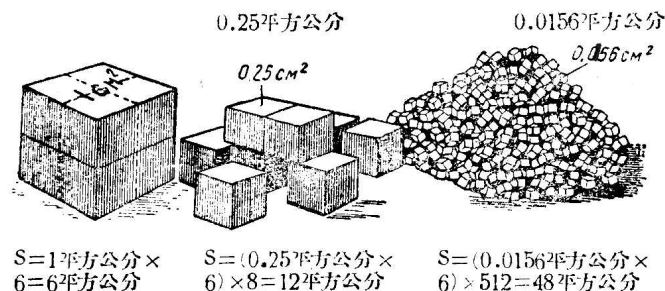


圖5 物體分裂時的表面增大

如物體繼續分裂時，則其表面將更增大。其邊等於0.01公分的立方體，表面是不太大的——共0.0006平方公分。但是，用原始邊長為1公分的立方體，將其分裂到邊長為0.01公分，將得到1,000,000個立方體，其總的表面已為600平方公分。

當分裂達到0.1公微（0.00001公分）或更小時，1立方公分的物體的總表面將按數十個或數百個平方公尺來計算。

土壤，在這樣碎裂時，質量上即呈現出新的性質，不再保有原有的粗的顆粒（砂粒、礫石）。

在潤濕時，它們變為流動的塑性物體；在乾燥時就變硬，也就是說，呈現出粘結性。由於這些土壤中顆粒之間的微細孔隙的原故，顯現出吸水的能力，並能使水的毛細作用上昇到若干公尺的高度。

在自然界中，具有各種各樣化學和礦物成份的岩石受到水、氣溫和風的破壞與影響。根據這種原因，甚至於受到同樣破壞時，土壤在某些性質上亦有不同程度的表現。

由於各種各樣性質的土壤，它們在本質上影響到建築質量所以在道路建築中利用土壤時應加以考慮。

土壤按性質與生成的分類

為了鑑定利用於道路建築中的土壤起見，如上所述，土壤的顆粒組成具有重大的意義。

依據砂土（2~0.05公厘）、粉砂土（0.05~0.005公厘）和粘土顆粒（小於0.005公厘）的含量，土壤可叫做砂、砂質壙母、粘土質壙母和粘土。

在野外，這些土壤按照表1所示的外表特徵，大概地可以分別出來。

在實驗室中鑑別土壤則比較準確。

按顆粒組合成而確定土壤用的野外特徵 表 1

土壤名稱	土壤在手掌上揉搓時的感覺	表面形狀	土壤狀態		在潮濕狀態下搓條的可能性	道 路 性 質
			乾	濕		
砂	砂質的感覺	看來僅是砂的顆粒	散粒的	無塑性的	不能搓成條狀。	在乾的狀態下是不粘結的。在乾燥期間，沙上的路很難行車(無鋪砌層)。爲了改進行車，必需添加粘土質壙母或粘土。
砂質壙母	粉砂質壙母的砂質的感覺	砂的顆粒較粉砂質粘土爲多	用手施壓力後，容易成塊	塑性不大	很難搓成3~5公厘直徑的條狀。	粘結較弱的土壤，無論在乾燥或潮濕狀態下，具有某種程度的穩定性。雨後乾得很快。
粉砂	像面粉樣的物質感覺	粉砂質顆粒較砂粒爲多	差不多沒有粘結性	流動的	差不多不能搓成條狀。用土壤做成的球在震動時即成餅。	很少粘結的翻漿土壤。在乾燥狀態下，容易磨損和飛揚。潮濕時，則變爲流砂。可以添加有粘結性的材料(砂、礫石)予以改進。
粘土質壙母的粘	在粉砂質粘土中感覺砂的顆粒。	粉砂質粘土顆粒顯著於砂	在壓碎時，需要用力	可塑性的和粘附的	在揉搓時，可成2~3公厘直徑的條狀。	粘結的土壤。滲水不良和乾燥遲緩。在乾燥狀態下，行車很好；如過於潮濕，則幾乎不能行車。如添加沙土，可有很大的效果。如排水條件良好，則獲得穩定的路基。
粘	土地須用很大的氣力壓碎	同類的細粉粉質物質。	塊是堅硬的；經錘擊後，成單塊的塊體	極塑性的和極粘附的	可以搓成長而細的直徑小於1公厘的線條；土球在壓成餅時，沿邊緣並無裂痕。	在乾燥狀態下，是最堅硬的，具有很大的粘結性，在潮濕時很快變軟。具有塑性和很大的粘附性。實際上並不透水，乾得也很慢。如添加砂時，很難拌合。當建築路基時，須有排水設施。

土壤的築路性質和它的生成、成長、化學和礦物的成份有關。

對於修築路基、土壤的道路基層和鋪砌層，上層多半利用1公尺厚的土壤。由於這種緣故，總是要考慮和利用這一層土壤表土作用的性質和特點。

依照表土的在道路方面很重要的性質，可以截然地分為：灰質土，黑土、棕色土和灰色土，鹽土、鹼土和沼澤土。

灰質土按照顆粒的組成是各種各樣的。這種灰質土廣闊的分佈在我國的森林地帶。這種土壤的特點是有深度為5~25公分的灰白色粉狀層，即所謂灰質層。含粉砂質成份的，粘結性小的灰質層吸水很快，並具有很快浸透和使水沿土壤細孔內移動的能力。

底下有緻密的和較粘的一層，滲水很差，並且不能通過水份。

照例，在灰質土壤的地帶，春秋兩季土壤具有過多的水份。

冬季，由於結凍的緣故，使潮濕的路基膨脹。春季，土壤很快的解凍，而在過於潮濕的地段上，路面被破壞。這叫做翻漿。

黑土佔着烏克蘭、庫班、沿伏爾加河中部、西伯利亞西部低窪地區的廣大草原的遼闊地帶。

黑土——最肥沃的土壤，是我國天然的資源。

通常，黑土係粘土質和粘土質壤母土壤，並含有10~12%以下的腐植質。

腐植物質促進黑土形成細粒堅實結構的特徵，並促使其具有很大的含水能力，這在用結合料將其處治時顯示出重大的影響。

黑土地帶的特徵是有長久的炎熱與乾燥的時期。在黑土草

原上往往缺乏建築道路所必需的材料，如：石、礫石及砂等。因此就要利用黑土作為築路材料。

棕色土和灰色土均在沿裏海的低窪地區，以及哈薩克、烏茲別克和土庫曼。其特點是含有不多的腐植物質，有碳酸鈣、石膏和往往數量不多的容易溶於水中的鹽份。棕色土，特別是灰色土，大半是粉砂土和粉砂質粘土壩母。它們均不甚明顯地和逐漸地變成基岩——黃土。

黃土，廣泛的分佈在中央亞細亞，在黑土的草原上也有淡黃色的特殊粉砂質粘土壩母，很容易被水浸透。黃土粘結力小，很容易被水沖蝕，同時形成垂直的傾斜面（斷壁），有時超過10~15公尺。

鹽土和鹹土。在灰土、棕土和黑土地帶，由於低窪地區氣候非常乾燥，在土壤中往往集積着許多容易溶於水中的鹽——氯化鈉（通常稱為食鹽）、硫酸鈉（元明粉）及其他等。在鹽的影響下，形成一種特殊的鹽漬土——鹽土和鹹土。

鹽土的特徵是在土壤表面和土壤孔隙的不同深度中的結晶體都堆積着鹽。

在此種情況下，如果具有氯化鈉的數量為1~2%時，則鹽土壓實良好，在土路上並不飛塵。

如有硫酸鈉時，則鹽土在乾燥時期內即失去粘結性，而在潮濕時則很快地浸透。

含有易溶鹽超過8%的土壤，是不宜用來建築路基的。

必須注意，鹽土多半位於低窪地區與鹽漬地下水的接近層。這就大大地使這種土壤的築路性質變壞。

與鹽土不同，鹹土的特徵是在深度等於或大於30~50公分的低層裏（水位）堆積着鹽。

在深度2~15至30~40公分處，存在着緻密的粘土層，差不

多毫無鹽份。

當挖掘探井或開挖取土坑時，這一層則分解成稜柱狀或核狀塊，稱為構造節理。

潤濕時具有快速的浸透，膨脹和過度粘附性能的緻密粘土層，在乾燥時期將使開挖取土坑發生困難，而在雨季由於滑動和粘附性大的緣故，在土路上行車也發生困難。

以上所述均係特徵顯著的和常常遇到的土壤。由於上述土壤具有不同顆粒（級配）的組成——砂、砂質壤土、粘土質壤土和粘土（見表1），因此在天然條件下增加了它的多樣性。

土壤的不同生成條件、各種化學和顆粒的組成有力地影響着道路的穩定性。因此在利用土壤作為築路材料時，一定要予以考慮。

土壤的粘結性、含水量和密實度

誰都注意到，當落雨時，道路上、耕田中或其他地方的土壤開始變為塑性物質，然後則變為流動的粘附性污泥。

雨停後，淤水乾涸，潮氣被蒸發出來，土壤就重新變成密實的物體。

土壤中含的具有膠粘能力的粘土顆粒越多，亦即土壤越粘，那末它在乾燥後強度（硬度）就越大。在乾燥時，土壤的性能，具有很大的強度，人們稱為土壤的粘結性。

用粘土所做的試件，在乾燥狀態下，抗壓強度常是每平方公分120~150公斤。

因此，拌合脫水的潮濕粘土，能使土壤顆粒固結成堅實的類似水泥的整體物質。但是，在粘土和水泥（例如波特蘭水泥）的膠粘能力方面具有極大的差別。

粘土的膠粘作用是臨時的，土壤一經受潮，就立刻喪失

了。相反的，水泥的膠粘作用是穩定的，而且是永久的。它並不消失，而在水的作用下，它還逐漸加強。

實踐證明，土壤的建築性質在濕度不同的情況下變化非常劇烈。同時，水不僅能够起不良的作用，而且也可以起優良的作用。

假若取些乾土並仔細地觀察它，就可發現下列的情形（圖 6）。

砂土大部分係由圓形顆粒所組成，本身之間不粘結，具有散粒性。

個別顆粒之間有很大的孔隙。在乾燥時，孔隙被空氣充滿，而當其潮濕時，孔隙局部的或全部的被水充滿。

與砂相反，粘土質壩母，尤其是粘土，在不同大小的塊中，個別顆粒能膠結和粘合。

顆粒的粘合和結構的形成是在分散極細的所謂膠體物質影響下發生的。具有膠體性質的腐植物質特別能促進形成堅實的、耐水的結構（例如在黑土中）。

因此，粘土質壩母和粘土具有獨特的組織。小塊之間形成大的孔隙和小塊內部形成最小的孔隙（圖 6）。

常遇到無結構的土壤，例如粉砂質土壤。它是一種少結合性的粉狀物質，並多多少少具有極細而相同的孔隙（圖 6）。

土壤中的孔隙被空氣或水所充滿，或在不同的比例下局部被空氣和水所充滿。

依據孔隙度的大小和孔隙是否被水或空氣充滿或兩者共同

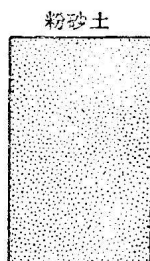


圖6 土壤的組織