

怎样修筑稳定土壤路面

陈炳麟 编著

人民交通出版社

本書是根据苏联資料結合著者参与这种路面的試驗、設計、施工工作中的一些体会写成的。

本書主要介紹公路土壤的分类，土壤的物理力学性質，穩定土壤的材料，无机和有机結合料穩定土壤路面的計算和施工，粒料改善土路以及穩定土壤路面的应用和养护等。并附有图片和計算图表，以供公路工作人員参考应用。

本書适宜于工農学习，初級公路技術人員及中等公路工程专业学生亦可作参考。

怎样修筑穩定土壤路面

陈炳麟編著

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号)

新华書店发行

公私合营慈成印刷工厂印刷

， *

1958年4月北京第一版 1958年4月北京第一次印刷

开本：787×1092 1/32 印張：1 1/4 張

全書：40,000字 印數：1—1300册

統一書号：15044·1244-京

定价(8)：0.22元

目 录

前 言	0
第一章 公路土壤分类	4
§ 1 土壤的颗粒组成	4
§ 2 土壤的简易鉴别法和路用性质	5
第二章 土壤的物理力学性质	6
§ 3 土壤的三相	6
§ 4 土壤的级配	7
§ 5 土壤的稠度界限	8
§ 6 土壤的压实和承稳性	8
§ 7 土的冻结及膨胀	9
§ 8 稳定土壤的意义	10
第三章 稳定土壤的材料	11
§ 9 土	11
§ 10 石灰	12
§ 11 水泥	12
§ 12 有机结合料	13
§ 13 其他	13
第四章 无机结合料稳定土壤路面	13
§ 14 无机结合料稳定土壤的性质	13
§ 15 施工方法	15
§ 16 流水作业及劳动力机具配备	20
第五章 有机结合料稳定土壤路面	26
§ 17 路面的特点	26
§ 18 施工方法	27
第六章 粒料改善土路	30

§ 19	概述.....	30
§ 20	配料計算.....	31
§ 21	断面型式.....	36
§ 22	施工方法.....	37
§ 23	土壤的改善.....	39
第七章	綜合穩定法.....	39
第八章	穩定土壤路面的应用.....	40
第九章	穩定土壤路面的养护.....	42

前 言

在祖國社会主义建設事业飞跃发展的形势下，相应地改善公路交通运输条件的工作，便成了整个建設事业不可分割的一部分。而在改善公路运输条件的措施中，由于路面的好坏，对于行車速度、运输成本、交通安全的关系很大，因此，路面问题是当前重要课题之一。

全国公路通车里程中，很大部分是沒有路面的土路，造成运输效率低，成本高、雨天交通受阻等不良后果。这些土路大部分是在不产砂石材料的地区里修筑的，如果从很远的地方运砂石材料来修筑路面，需要費很大的人力和財力。只有利用当地土壤来修筑路面才是最经济的方法。稳定土壤路面是用科学方法利用土壤掺拌适当材料来修筑的一种新型路面。

当土壤以适当材料和方法处治以后，能够改善土壤的有害性質，使它在晴天不发生松散揚尘，雨天不发生泥濘及变形陷車等不良現象，而与石料路面有同等的效用，能够維持平整，坚固耐用。

在苏联和許多国家采用稳定土壤的方法来修筑次要道路路面及飞机場跑道的基层已获得丰富的經驗和显著的效果。解放后我国按照苏联专家的建議，在华北地区已修筑了几段試驗路，并取得了一定的經驗。有些路綫已在推广采用。

公路路面的基本经济原则是要求以最低廉的造价修筑符合于当前交通需要的路面。路面是根据交通情况的发展而逐步改善的。如果当前交通量不大，稳定土壤路面可以作为主要承重层；将来交通量增加时，它可以作为基层，上面可鋪置青路面或水泥混凝土路面。这就是所謂分期修建，从低級过渡到高級型式的具体措施。以等級來說，稳定土壤路面属于低級路面及过渡式路面。

本書是根据苏联資料并結合著者参与这种路面的試驗、設計、施工工作中的一些体会写成的。为了使讀者比較有系統地理解这种路面，故对于必要的土壤基本知識先作概括的介紹。

第一章 公路土壤分类

§ 1 土壤的顆粒組成

岩石經過很長的历史过程，受到气候和雨雪的侵蝕而分解，变为散碎的顆粒，这种現象叫做风化，风化的产物叫做土。土的化学和物理性質是很复杂的，在各部門的科学里有它們自己特定的分类方法。在公路工程中，土的分类是以顆粒的大小来区别和命名的。2~0.05 公厘的顆粒叫做砂；0.05~0.005公厘的顆粒叫做粉土；小于0.005公厘的顆粒叫做粘土。这是三种基本土壤的分类。因为土的顆粒有大小之分，所以它們的性質也不一样。然而，我們通常看到的土并不是上述三种顆粒的某一种单独存在而是混合存在的。我們根据公路工程应用上的需要又把这些混合顆粒按照含砂，粉土及粘土的百分率共分为 9 类，如表1所示。这9种土的名称和它們的特性是應該熟識的。

公路土壤根据顆粒組成的分类 表 1

編 号	土 壤 名 称		顆 粒 組 成 百 分 率 (按重量計)			塑性 指数
	中国科学院 1956年 修正	以 往 沿 用	砂 (2~0.05公 厘)	粉 土 (0.05~0.005 公厘)	粘土 (小于0.005 公厘)	
1	砂 土	砂 土	—	少于15%	少于3%	—
2	粉土質砂土	粉砂質砂土	—	15~50%	少于3%	—
3	亞砂土	砂質垆壤	2~0.25公厘的 顆粒多于50%	少于砂之含量	3~12%	< 7
4	細亞砂土	細砂質垆壤	2~0.25公厘的 顆粒少于50%	少于砂之含量	3~12%	< 7
5	粉 土	粉砂土	—	多于砂之含量	0~12%	< 7
6	亞粘土	粘土質垆壤	多于粉土	—	12~18%	> 7
7	重亞粘土	重粘土質垆壤	多于粉土	—	18~25%	> 10
8	粉土質亞粘土	粉砂質粘土垆壤	—	多于砂之含量	12~25%	> 7
9	粘 土	粘 土	—	—	多于25%	> 15

§ 2 土壤的簡易鑑別法和路用性質

严格的說，上述九种土壤應該用實驗室的方法通过試驗才能決定它的种类。但是，想知道土的概括性質，在沒有条件作試驗时，也可以用放大鏡和肉眼看出来，并用手指的感觉作簡單的鑑別。

下面是簡單的鑑別方法和路用性質：

(1) 砂土 干燥时沒有粘性，汽車通行时灰尘很大，容易松散，阻力較大。沒有掺入粘性材料以前不能作为路面材料，可以掺粘土来改善它。湿时有粘聚性，透水性很强，雨后干得快，小雨时可以行車，可作为路基材料。鑑別法：用手揉捏时感到很粗糙，用肉眼可以看出显著的砂粒，湿润时搓不成土条（規定土条直徑以3公厘为准，以下同）。

(2) 粉土質砂土 与砂土性質略同，但細顆粒較多，行車阻力更大，透水性比砂土差。鑑別法：湿润时搓不成土条，但手上粘着粉土粒，干后容易去掉。用肉眼可以看出有少量的砂土粒。

(3) 亞砂土 有适当的透水性和粘結性，是良好的路基材料。雨后易干，行車不很泥濘，干燥时也不严重松散。利用行車压实，容易維持表面平整。鑑別法：湿润时用力可以捏成土团，但搓不成条。干后有少量粘土粘着手上，不易去掉。干土团容易打碎。

(4) 細亞砂土 与亞砂土略同，但細砂土粒較多。湿润时不如亞砂土稳定。鑑別法：与亞砂土同，只是用手揉捏感到細砂顆粒較多。

(5) 粉土 透水性不好，湿时有极微的粘性，很不稳定，雨后不能行車。干燥时很易松散，行車灰尘大，是一种最坏的也是不容易改善的土壤。最不宜作为路基路面的材料。鑑別法：顆粒似粉狀，干土餅用手指輕压即碎，加水湿润后輕輕拍它的表面，即有水分浮現，再加一些水就成流动状态。

(6) 亞粘土 有粘結性，不易透水。干燥时行車暢利，雨后泥濘，可作为石子路面的粘結料，可以用石灰或水泥来改善。鑑別法：搓不成長土条。湿润后有粘土粘手，用手指揉捏感到有砂粒。干土餅須用力才能压碎。

(7) 重亞粘土 是粘土含量較多的亞粘土。粘性很强，透水性很差。干时坚硬，行車不起灰尘，雨后泥濘严重，易起車轍，干后不易平复，是良

好的石子路面粘結料。鑑別法：可以搓成長土條而不斷裂。用水揉搓時感到膩滑，但有少數砂粒存在。干土餅不易壓碎，粘著手時不易去掉。

（8）粉土質亞粘土 粘性不如重亞粘土，透水性差，干時變硬，能保證行車，灰塵不大。濕潤時極不穩定，雨後泥濘嚴重。作為石子路面粘結料時不易打碎。鑑別法：只可搓成短土條，干土餅容易壓碎，濕潤後容易成流動狀態。

（9）粘土 粘性極強，極難透水，干時很堅硬，行車時無塵土。如不受雨水浸潤，能維持很大的交通量而不需修理。但小雨後就溼滑異常，在干和濕的情況下有異常顯著的區別，是石子路面良好的粘結料，但不易打碎。鑑別法：可搓成長土條而不斷裂。用手揉搓感到很膩滑。干土餅不易用手壓碎，用錘搗打也不易成粉狀。

第二章 土壤的物理力學性質

§ 3 土壤的三相

在疏松或压实的土块里都包括有固体的土粒、水份和空气，这称为土壤的三相。我們必須了解土粒對於水份和空氣的關係才能理解和掌握穩定土壤的意義和技術。

假如將土塊放大，我們可以看到里面有土粒、水份和空氣，如圖 1 所示：

假設有一個立方體的土塊，它的水份如果不變，那麼，壓得愈密實，它的單位體積重量就愈大。可見得從土塊的輕重就知道它的密實程度如何。假如我們真正能夠把土粒、水分、空氣分別開來，象圖 2（2—1 和 2—2）那樣，

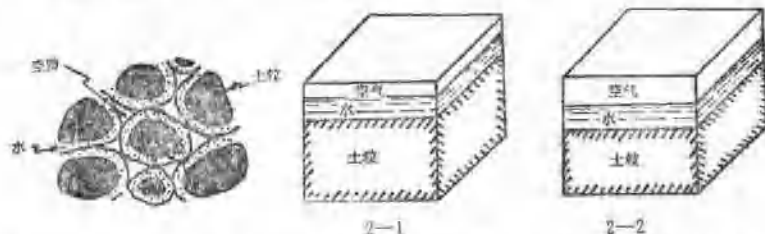


圖 1. 土壤的放大形狀和三相

圖 2 密實土與疏松土單位體積中三相的分布情形

那么，图 2 (2—1) 表示压得比较密实的土块，图 2 (2—2) 表示比较疏松的土块。

如果能够把水份和空气都排除掉，整块都是固体的土粒，没有一点孔隙，这时整块土粒的重量与此整块土粒体积之比称为土壤的比重，以克/立方公分或吨/立方公尺来表示，亦即固体土粒与体积相同的水的重量之比。各种土的比重不同，一般是 2.6~2.7，即 2.6 克~2.7 克/立方公分或 2.6~2.7 吨/立方公尺。通常看到的土是含有水份和孔隙的，在这种情况下，它的重量要比比重轻得多。包括有空隙和水份在内的土重称为湿容重。如果将水份去掉就称为干容重。它们的单位都是以克/立方公分或吨/立方公尺来表示的。例如 250 立方公分的湿土重是 300 克，烘干以后是 250 克，它的湿容重是 $300/250 = 1.2$ 克/立方公分或 1.2 吨/立方公尺；干容重是 $250/250 = 1$ 克/立方公分或 1.0 吨/立方公尺。

土中孔隙体积与土粒体积之比称为孔隙比。孔隙比愈大表示愈疏松。例如：土粒中的孔隙体积是 250 立方公分，土粒体积是 1000 立方公分，那么，孔隙比 = $250/1000 = 0.25$ 。

土中水份的重量与干土重量之比以百分数表示之称为含水量。例如：水份重量是 120 克，干土重是 1000 克，那么，含水量 = $120/1000 \times 100 = 12\%$ 。

上面所讲的几个名词和简单的计算方法是实际工作中常常要应用的，应该牢记着。

§ 4 土壤的级配

上面已经讲过，土壤是大小不同的土粒混合存在的，那么，颗粒的大小对稳定土壤的性质有什么关系呢？除了其他性质姑且不谈外，单就密实度来说，有它重要的意义。

假使把土块放大来看，当土粒是大小混合起来的时候，小土粒就填充大土粒的孔隙，更小的土粒就填充小土粒的孔隙。这样，一级填一级，就会形成一个孔隙很少的密实体，如图 3 (3—1) 所示。如果土粒的大小是均匀的而没有逐级填充的作用，那么，孔隙就很大，成为疏松体，如图 3 (3—2) 所示。

很显然，密实体的承载力大，疏松体的承载力小。因此，当我们选用黏

粒大小不同的土时，对承载力来说，就会得到较好的效果。这种颗粒的组成称为级配。良好的级配，对于各种大小颗粒所占的百分率有一定的规律和范围。因此在选土时要注意到级配得好不好，这就不难理解到含有良好级配成份的亚砂土（见表1）是一种良好的路基材料。

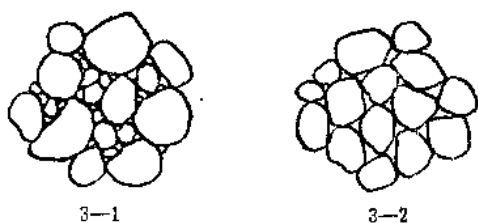


圖3 土壤顆粒的級配

§ 5 土壤的稠度界限

土在干燥状态时是固体的硬块，如果加水润湿便会慢慢地变软。当土体揉搓成直径3公厘的土条就开始断裂时称为硬塑状态，所需要的水份（按于土重的百分率表示）称为塑性限度或简称塑限。如果继续加水，它会变得更软而终于开始象半液体一样流动。这时称为流动状态，所需要的水份（按于土重的百分率表示）称为液性限度或简称液限。液限减去塑限称为塑性指数。例如有一种土，它的液限=32，表示这种土当含水量达32%时便开始流动；它的塑限=18，表示当含水量达18%时便开始成为硬塑状态。塑性指数=32-18=14。塑性指数是鉴别一种土的粘土含量的主要指标，也就是鉴别粘性强弱的指标。塑性指数愈大，粘性愈强，在实际工作中是一个常用的指标。

§ 6 土壤的压实和水稳性

土在干燥时碾压，形成疏松现象，不容易压实。在过份潮湿时碾压，形成弹簧现象，也不可能压实，只有在不干不湿的状态时才最容易压实。我们从许多试验中得到证明：当土由干的状态逐渐加水压实，它就会由疏松状态渐变至密实状态。到了一定含水量时能够压至最大密实度。如果继续加水碾压，它的密实度又会逐渐降低，以至于完全失去压实的可能性。达到最大密实度时所需的含水量称为最佳含水量。土的压实过程与含水量的关系如图4的曲线所示。土的压实度愈大，对于遭受水湿的影响愈小，这时的承载强度

也愈大。由此可知，在路基和路面施工时，求出土壤的最佳含水量，并且在最佳含水量时进行碾压工作是非常重要的。不是随便在什么含水量都可以压实的，从图4就可以说明这一点。一般施工规定，土在压实时的含水量不应超过或低于最佳含水量的2%。各种土的最佳含水量不一样，它的规律是：粘性愈大，最佳含水量愈高。砂性土壤愈多，最佳含水量愈低。粘性（塑性）土壤的最佳含水量，可用相当于塑限的含水量，无粘性（无塑性）土壤的最佳含水量则用液性限度时含水量的0.66倍。进行土的压实时，应该由试验先求得最佳含水量。各种土壤的最佳含水量一般均在下列范围内：

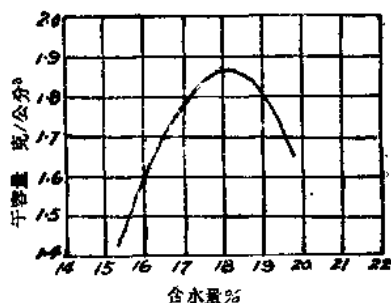


圖4 土壤压实度与含水量的关系

砂土	7~11%
粉砂質砂土及細砂質垆土 ^①	10~16%
砂質垆土	9~14%
粉砂土及粉砂質粘土垆土	16~22%
粘土質垆土	13~19%
重粘土質垆土及粘土	18~24%

附注：上表系摘自“公路路基施工技术规范”（人民交通出版社1953年版第41页）供参考。

§ 7 土的冻害及翻漿

将一个土块放在一块湿润的棉花上面，经过一段时间，水份便会上升到土块的上面来，这种现象是由于土的毛细管吸引作用而产生的。因为土块里有无数的毛细孔隙，水份由于表面张力作用便会慢慢地填充到孔隙里，代替了一部分孔隙的位置。毛细水上升高度与土的种类有关，一般說，土的粘性愈大，毛细水上升高度也愈高。此外，土的孔隙愈大，毛细水含量也随之增加。我们知道了毛细水上升的发生就可以进一步了解冰冻和翻漿现象的由来。

① 原系粉砂土及輕砂質垆土，疑有誤——編者。

了。

在冬季的日子里，空气的湿度不断地下降，地面也随着降温。水份在土里的移动有一种特性，它会由毛细管里从高温向低温的方向移动。由于冬季地面比地下的温度低，水份也就从下面升到上面来，而且冰冻时期比非冰冻时期升得更快更高。水份上升以后，受到降温的影响在土里就结成冰晶，同时体积膨胀，这称为土的冻胀现象。冻胀以后，土的孔隙就随着增加。通常在一天里，中午气温较高时冰层融化，早上和晚上气温较低时，水分又再结成冰晶。在气温这样反复变化时，土的孔隙愈来愈大，含水量就愈来愈多，冻胀现象就愈来愈严重。在北方地区，这种现象是常见的。然而在严寒的冬季里，由于水分结冰，路面虽然变得起伏不平，但却很坚硬，对于行车除了颠簸较甚以外，不会发生什么重大障碍。可是一到了春季，气温一天比一天高，靠近地面土里的冰晶就愈来愈多地融化变为水份，而下面的冻土层又还未解冻，融水不能往下渗透，于是上层土的含水量就急剧地增加，成为很软的可塑状态，甚至成为泥漿，这就严重地破坏它原来所具有的承载强度，这种现象称为翻浆现象。无论铺筑那一种路面都必需有防止翻浆的措施才能保证路面不受破坏，对于稳定路面更是重要。因为稳定土路的毛细水作用要比石子路面为大，而且路面破坏了就很难恢复。不像石子路面那样，可以将石子挖起来重新翻修。

§ 8 稳定土壤的意义

由上面的叙述，可知当某些土壤，特别是粘性土壤，由于地面雨雪水、地下水、融冻水等外来水份的积聚，使它的含水量达到某种限度时（一般是超过它的塑性限度时），土路就会变软以及泞滑陷车。在干燥季节里，砂土或粉土则由于本身没有足够的粘结性，被行车压碎，成为疏松的土层，阻力很大，灰尘很多，也不利于行车。这些未经过处理的土路就不能达到晴雨畅利通车的要求。因此，必须设法处理。

稳定土壤路面是采用某些材料掺在土里，经过拌和均匀，在最佳含水量时压实至最大密实度而铺成的路面。它具备足够的抗水性，并且加强了耐冻性和粘结性。在恶劣的自然条件下，土粒粘结得很牢固，保持不致为害的含水量，借土粒的内摩擦力来承受行车的荷载，不发生超过容许限度的变形，保

持平整的表面，成为坚固耐用的路面。这就是稳定土壤的作用。

第三章 穩定土壤的材料

穩定土壤的主要材料包括土，粒料和結合料。水泥和石灰称为无机結合料，瀝青和柏油称为有机結合料。我們在使用这些材料时，應該了解它們的性質和選擇品种的方法。下面是簡略的介紹。

礫石、石屑、軟石料、礫渣、貝壳、砂、鍋爐爐渣等皆称为粒料，是路面的骨架材料。改善土路用的粒料，其尺寸一般在1公分以下，大于1公分的粒料路面不属于穩定土壤路面范畴，这里不作介紹。

§ 9 土

选土时，要看用什么結合料选什么土；或者要看用什么土，選擇什么結合料。例如亞砂土的級配成份較好，而且有相当好的粘結性，用无机結合料或有机結合料來穩定都可以得到滿意的效果。含砂土或粉土較多的土，由于缺乏粘性，容易松散，不易压实，不宜用无机結合料來穩定，只宜用有机結合料。含粘土成份較多的土恰恰相反，适宜用无机結合料而不适宜用有机結合料來穩定。最理想是当地有現成的亞砂土，可以直接用結合料來穩定。假使当地沒有天然的亞砂土时，如果发现上层是砂性土壤，下层粘土含量較多；或者在一个取土坑取得砂性土壤，另一个取土坑取得粘性土壤，在这种情况下，我們可以根据土的性質，把几种土滲和起来使用。在配合时，那一种土要滲多少，應該由試驗來決定，不是隨便配合的。如果成份選擇得好，不仅可以减少結合料用量，降低工程造价，而且还可以提高質量。因此，选土工作很重要，應該由有經驗的試驗人員選擇适当的采土場。

配土的方法是先将土样試驗，求得每种土中砂粒、粉土粒和粘土粒的百分率。然后根据粘土含量按表1第3号或第4号土顆粒組成的标准，計算各种土的配合比。例如有甲乙两种土，經試驗求得其顆粒組成如下：

	砂粒	粉土粒	粘土粒	土壤名称
甲土	73%	25%	2%	砂土
乙土	13%	55%	32%	粘土

現擬將两种土配成亞砂土，試求其配合比。

我們假設要求的粘土含量為10%，并設 x 為甲土的配合比（以小數表示），則乙土的配合比 $=1-x$

依題意列式如下：

$$2x + 32(1-x) = 10$$

解此式得： $x = 0.73$

即甲土的配合比 $=73\%$

乙土的配合比 $=100-73=27\%$

故配成功的土顆粒組成是：

$$\text{砂} = 73 \times 0.73 + 13 \times 0.27 = 57\%$$

$$\text{粉土} = 25 \times 0.73 + 55 \times 0.27 = 33\%$$

$$\text{粘土} = 2 \times 0.73 + 32 \times 0.27 = 10\%$$

这样就配成符合于第3号土（亞砂土）的規格。如果試算一次砂土及粉土成份还不能符合要求的規格時，可改變粘土的含量重新再算，至符合要求的規格為止。

§ 10 石 灰

石灰的質量可以用兩個簡單的試驗方法來鑑定。第一，要試驗消解率。將塊狀的生石灰泡在水里，過一會就會發熱變為漿糊一樣的石灰膏。如果全部消解沒有硬塊留存，這表明石灰的質量是好的，灰渣越多質量越低。不能消解的渣滓不能使用。第二要試驗碳酸鈣的含量。生石灰放置在空氣中所發生的化學變化，第一步是吸收空氣中的水蒸汽消解成熟石灰粉末，即氫氧化鈣，是一種溶于水的物體。第二步再吸收空氣中的二氧化碳，變為不再起膠結作用的碳酸鈣。這種碳酸鈣對於穩定土壤的作用將大大降低，是一種不溶于水的物體。這樣形成的氫氧化鈣或碳酸鈣都是粉末狀態，不能用肉眼去識別它。若將石灰粉溶于水，用濾紙濾過，很容易就試驗得出不溶于水的碳酸鈣含量是多少。如含量多則表明石灰的質量不好，不宜使用。這個試驗只有用石灰粉時才需要作，用塊灰時可以不作。

§ 11 水 泥

穩定土壤路面所用的水泥，一般是採用400號的波特蘭水泥（又稱為矽酸鹽水泥）。水泥在50分鐘左右就開始凝固，這稱為初凝。在6小時左右就變硬，這稱為終凝。由於路面施工要經過幾小時以後才能結束輾壓過程，因

此应选择終凝時間較長的品种而便于施工。水泥的标号越高，强度越大。400号以上的水泥适用于稳定土路的面层，200号水泥只用作高級或次高級路面的稳定土壤人工基础。

§ 12 有机結合料

有机結合料通常包括石油瀝青，頁岩瀝青和柏油三种，都是由粘稠的瀝青質同重油份或輕油份混合而成的。油份越多就越稀，油份越少就越稠。它的标号是以稀稠的程度来区别的。石油瀝青有膏体瀝青和液体瀝青两种。膏体瀝青太稠，不能用于稳定土壤，只有用液体瀝青。液体瀝青分为輕制瀝青和乳化瀝青两大类。輕制瀝青又分为快凝、中凝和慢凝三种。稳定土壤只能用中凝或慢凝两种。每种由1号至8号共有6个标号。一般采用3号、4号或5号。頁岩瀝青也是用液体的3号至5号。柏油的标号苏联分为8个等級，中国的新規格分为9个等級，稳定土壤用2号至5号。不論那一种有机結合料，在选择标号时，应根据施工季节的气溫、被处治土壤的粘土含量以及机械設備而定。低标号的瀝青（即較稀的）是适宜于施工氣溫較低，粘土含量較多和采用路拌机械时使用。較高标号的瀝青是在施工氣溫較高，粘土含量較少与采用拌和机拌料时使用。在能够充分拌和均匀的前提下，應該尽量采用較高的标号，因为这样可以获得較好的稳定性和較大的粘結性。

§ 13 其 他

为了提高稳定土壤的力学强度和稳定性，可以根据当地的地区条件和土壤的性質另外掺入其他材料，如氧化鈣、食鹽、亞硫酸紙漿廢液等。这些材料的用量都很少，只要千分之几就够了，掺入的数量應該由試驗来决定。

第四章 无机結合料稳定土壤路面

§ 14 無机結合料穩定土壤的性質

无机結合料（水泥或石灰）稳定土壤路面的修筑，必須控制三个主要关键：

1. 适当的結合料用量——由土壤种类之不同及路面强度要求之不同而

異。一般說，粘土顆粒含量越多，需要的結合料也越多。

2. 适当的含水量——由土壤種類之不同及結合料種類及用量之不同而異，粘土含量越多或結合料用量越多，所需的含水量也越大。用壓實試驗求得最佳含水量。

3. 足夠的壓實度——用適當的輾壓工具壓至要求的密實度，一般不得小於標準壓實度的95%。如果不用重型壓路機，羊蹄路滾或載重汽車在規定時間內壓實，就不能達到壓實的要求。用人工打夯是無濟於事的。

水泥穩定土壤無論在力學強度、抗水性和耐凍性方面都比石灰穩定土壤強。然而在我國目前水泥產量不多，而石灰到處都可以燒制的情況下，採用石灰土壤的可能性要大得多，也比較經濟。因此這裡所介紹的內容偏重於石灰土壤方面。

水泥和石灰穩定土壤在施工中不同之點是水泥凝固快，須在幾小時以內完成全部工序，而石灰延至2~3天才完成也沒有多大的影響。它們在土壤中进行水化和凝固的過程也不一样。水泥是慢慢地吸收土中的水份而进行水化作用的。在凝固过程中还不断吸收水份，这称为水硬性材料。石灰需要吸收空气中的二氧化碳变为碳酸钙而凝固，这称为气硬性材料。如果土壤的含水量过大就会延長它的凝固期間，如果經常受潮，甚至歷久不能凝固。由於這種原因，在過分潮濕的冰凍地區不宜採用，對於非冰凍的潮濕地區仍然可以採用。

由試驗得知：水泥土壤經過攝氏零下20度最少十幾次凍融試驗才發生嚴重的破壞，而石灰土壤經過零下15度幾次凍融試驗就全部崩解。這說明石灰土的耐凍性不如水泥土。然而石灰土路一般都鋪有磨耗層，具有一定的隔濕作用，同時冬季地濕要比氣濕略高，在這樣條件下，即使氣濕達到零下15度，而石灰土路還沒有發生被凍壞現象，這一事實可以從石家莊附近所鋪築的試驗路得到證明。因此，可以說除了在嚴寒地區石灰土路是否可以採用這一問題還需要實地試驗才能證明外，非嚴寒地區是可以採用的。

由試驗還證明，水泥或石灰穩定土壤的耐磨性是不強的，石灰土比水泥土更差。因此必須在穩定土壤之上鋪築磨耗層才能保護它不受損壞。穩定土壤路面需有一定的厚度，如作為主要的承重層時不得小於12公分，作為基礎時不得小於8公分。

水泥是一种結合料，同时它也是一种耐压材料。故在稳定土壤中，水泥用量愈多则强度愈大。然而为了經濟起見，用量不宜过多，一般只采用6~15%（按水泥土壤混合料干容重計算）。石灰和水泥不同，当石灰用量达到15%以上时，增加石灰用量反而会降低它的强度，因为石灰不是耐压材料。一般采用8~15%（按干的熟石灰計算）。粘土的成份愈多，所需結合料的用量也愈多。

§ 15 施 工 方 法

水泥或石灰土路，在外国一般都用机械施工。目前我国因机械缺乏，曾創造畜力犁拌法获得成功，比人工拌和的質量好，工效高，已經逐步推广使用。下面所介紹的內容是畜力犁拌法的全部施工程序。

（1）备土 修筑路面所用的土可以从原路上，从边溝里，或另辟采土場来取得。但是从原路取土的方法，由于翻松掘碎都很困难，只有机械施工才用这方法，一般取土是从边溝挖取或从沿綫开辟采土場（图5）而取得。取来的土打得愈碎愈好，规定大于5公厘的土块不得超过10%。为了保証質量，必要时可以用8公厘孔徑的篩过篩，这些过篩的土，基本上就能滿足規定的要求，可以堆置路旁准备使用。



圖5 采土場篩土情形

（2）各結合料（水泥或石灰） 如用水泥时应随时从仓库运至工地即用，以免受潮。