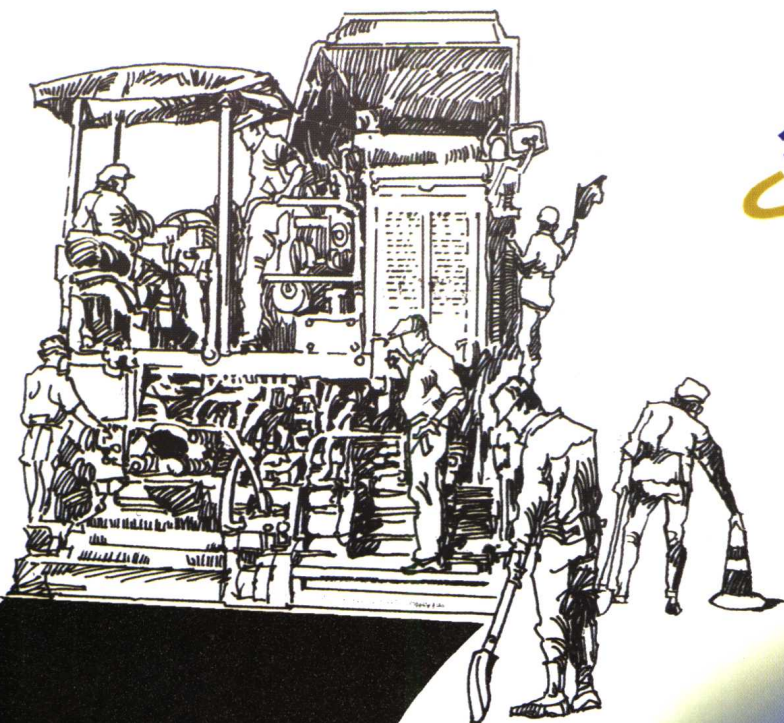


公路施工技术丛书



殷永高 屠筱北 主编
石明礼 主审

公路地基处理

人民交通出版社

公路施工技术丛书

公路地基处理

殷永高	屠筱北	主编
石明礼		主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书系《公路施工技术丛书》之一,分三部分介绍了公路地基的处理方法:路基、结构物地基处理的常用方法;路基、结构物地基处理的新工艺、新材料;新型地基加固形式——干振复合材料桩。本书力求简明实用,重点介绍了干振复合桩复合地基这种新型的地基加固形式,分析了这种地基处理形式的力学性能和强度发展机理、材料特性,为工程应用提供了设计计算依据、施工工艺以及检测方法。

本书可供从事交通建设的设计、施工、科研和教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路地基处理 / 殷永高,屠筱北主编. —北京:人民交通出版社,2002.11

(公路施工技术丛书)

ISBN 7-114-04463-1

I. 地... II. ①殷...②屠... III. 道路工程—地基处理 IV. U416.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 076111 号

公路施工技术丛书

Gonglu Dijī Chuli

公路地基处理

殷永高 屠筱北 主编

石明礼 主审

正文设计:王静红 责任校对:尹 静 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:11 字数:259 千

2002 年 11 月 第 1 版

2002 年 11 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—4000 册 定价:22.00 元

ISBN 7-114-04463-1

“公路施工技术丛书”

编委会名单

主任委员:刘效尧

副主任委员:黄 伟 李正辉 吴德心

委 员:(以姓氏笔画为序)

方崇旺	王丰胜	卞国炎	孙 江	刘家保
李皖生	朱新实	宋 文	陈会年	陈世宜
吴均枢	张征宇	俞高明	殷岳川	殷治宁
钱东升	曹光伦	谢新宇	程中则	程跃辉
譙志清	戴强民			

序 言

受人民交通出版社的委托,安徽省交通厅组织编写了《公路施工技术丛书》。1999年2月成立了该“丛书”编委会,并确定编写《公路施工测量》、《公路地基处理》、《公路路基施工》、《公路路面基层施工》、《公路沥青路面施工》、《公路水泥混凝土路面施工》、《公路沿线设施施工》、《公路小桥涵及构造物》、《公路排水设施》、《公路隧道施工技术》、《公路施工机械》、《公路施工组织管理与概预算编制》、《公路施工监理》、《公路施工试验与检测》等十四个分册。

本“丛书”旨在全面系统的汇编公路施工各个环节的实用技术,尽可能反映公路施工技术的最新成果。本“丛书”内容广、覆盖面宽。

该“丛书”中各分册均以施工技术作为主线,但有些施工环节很难与设计计划分开来,所以这些分册在编写时不拘泥于施工技术,力求把问题阐述清楚。

限于我们的水平,疏漏和错误在所难免,希广大读者提出批评和意见,以便再版时修订。

《公路施工技术丛书》编委会主任 刘效尧

2000年1月1日

前 言

近年来,随着我国高速公路建设的高速发展,很多地基处理方法在交通工程建设中得到了广泛的应用,一些传统的方法被加以改进,一些新材料、新工艺和新的地基处理方法被开发和应用,并在生产实践中被不断地完善和发展,积累了丰富的经验,使得地基处理技术水平得到了很大的提高,逐步形成了具有公路软基处理特色的地基处理模式。

本书的编写原则:一是针对性,介绍了在公路软土地基处理中常用的处理方法;二是实用性,在理论上不作过多的探讨,使读者明白怎样去使用这些“方法”;三是先进性,将目前正用于公路软基处理的新材料及施工工艺介绍给读者;四是创新性,将结合生产的科研成果,应用状况、设计、施工、检测方法详细介绍给读者。

本书第一章由殷永高编写;第二章由方昱编写;第三章由王常才、施小平编写;第四章由严任苗编写;第五章由屠筱北、施小平编写;第六章由王常才编写;第七章由丁祖武、殷永高编写;第八章由殷永高、钱觉时编写;第九章由严任苗编写。本书由殷永高、屠筱北主编,石明礼主审。

本书引用了许多科研、工程单位和个人的一些科研成果和技术总结,谨向这些单位和谷林涛、阮道红、周明高等同仁致以衷心的感谢!

限于编者水平,本书不足和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
第二节 常用地基处理方法	1
第三节 地基处理方案的选择	2
一、地质勘察	2
二、地基处理方案的选择	2
第二章 软土地基浅层处理	4
第一节 概述	4
第二节 浅层处理	5
一、类型、作用与适用范围	5
二、浅层处理设计	7
三、垫层材料	12
四、硬壳层及垫层施工	13
五、工程实例	16
第三章 排水固结法处理软基	18
第一节 概述	18
第二节 排水固结法原理	18
第三节 排水固结法加固地基的设计与计算	19
一、预压法	19
二、砂井排水法(包括袋装砂井)	20
三、地基抗剪强度增长的计算	23
四、稳定分析	24
五、沉降计算	25
第四节 真空预压法	26
一、简介	26
二、加固机理	27
三、真空预压法施工	27
四、质量检验	28
第五节 施工工艺	28
一、水平排水垫层的施工	28
二、竖向排水体的施工	29
三、预压荷载	31
第六节 效果检测及加荷速率的控制	33
一、孔隙水压力观测	33

二、沉降观测·····	33
三、侧向位移观测·····	34
第四章 加筋法处理软基 ·····	36
第一节 土工合成材料·····	36
一、简介·····	36
二、土工合成材料的类型及特性·····	37
三、土工合成材料的作用、原理及应用·····	40
四、土工合成材料加固地基的设计及施工要点·····	44
五、土工合成材料基本性质的试验和检测方法·····	50
六、土工合成材料应用范围·····	54
第二节 加筋土结构·····	55
第五章 灌浆法与高压喷射注浆法处理软基 ·····	58
第一节 灌浆法·····	58
一、简介·····	58
二、浆液材料·····	59
三、设计计算·····	65
四、施工方法·····	71
五、工程实例·····	76
第二节 高压旋喷注浆法处理软基·····	77
一、简介·····	77
二、高压旋喷注浆法加固机理·····	78
三、施工顺序及基本设计参数·····	79
四、高压旋喷注浆法施工设计·····	81
五、旋喷法的适用范围·····	86
第六章 砂桩、石灰桩、碎石桩、CFG 桩 ·····	87
第一节 砂桩·····	87
一、简介·····	87
二、作用原理·····	87
三、设计与计算·····	88
四、砂桩施工·····	90
五、质量检验·····	93
第二节 石灰桩·····	93
一、简介·····	93
二、作用原理·····	94
三、设计与计算·····	94
四、施工要求·····	95
五、质量检验·····	95
第三节 碎石桩·····	95
一、简介·····	95
二、作用原理·····	96

三、设计与计算	96
四、施工工艺	97
第四节 CFG 桩	101
一、简介	101
二、作用原理	101
三、设计与计算	101
四、施工工艺	103
五、效果检验	104
第七章 深层搅拌桩	105
第一节 概 述	105
第二节 加固机理	105
一、加固机理	105
二、水泥加固土体影响因素的分析	106
第三节 设计与计算	107
一、复合地基设计与计算	107
二、水泥土支挡结构	109
三、复合地基沉降计算	109
第四节 施工方法	110
一、深层搅拌桩(湿法)	110
二、粉喷桩(干法)	111
第五节 工程实例	112
一、提高桥台地基承载力实例	112
二、粉喷桩加固桥墩地基深厚软土实例	113
第六节 深层搅拌桩(复合地基)质量检测	115
第八章 干振复合桩	117
第一节 概述	117
第二节 复合桩材料的力学性能及其配合比	117
一、桩体构成材料的物理化学性质	118
二、桩体材料的选择与配合比设计	120
三、复合桩体材料的力学性能及其影响因素	125
第三节 设计与计算	130
一、材料选用和桩尺寸	130
二、置换率和桩距计算	131
三、沉降变形计算	132
四、碎石垫层的作用	133
第四节 施工工艺	133
一、设备方案比选	133
二、施工工艺试验	134
第五节 工程验收	135
第六节 试验研究与工程实例	136

一、试验方案设计	136
二、现场试验结果及分析	136
三、计算实例	142
第七节 技术经济评价	144
一、桩的经济效益	145
二、复合桩的社会效益	146
第九章 特殊土地基处理	147
第一节 概述	147
第二节 软弱土地基	147
一、软粘土	147
二、软粘土地基处理方法简介	148
三、软粘土地基大面积地面堆载问题	149
第三节 杂填土	149
一、分类及主要性质	149
二、使用条件	150
三、处理	150
第四节 冲填土	150
一、形成	150
二、主要工程性质	150
三、冲填土地基的容许承载力	151
四、处理	151
第五节 松散砂土	152
一、基本概念	152
二、液化地基的处理	152
第六节 山区地基	153
一、山区地基特点	153
二、山区岩土地基	154
三、山区填土地基	155
第七节 湿陷性黄土地基	156
一、湿陷性黄土的特性	156
二、黄土湿陷性的评价	156
三、湿陷性黄土地基的工程措施	158
第八节 膨胀土	158
一、膨胀土地基的特征	158
二、膨胀土地基的处理	159
参考文献	161

第一章 绪 论

第一节 概 述

随着现代工业科技的发展,在公路建设中已有越来越多的软基处理技术在各项实际工程中得以应用、推广,尤其在近几十年以来,各种新的工艺更是层出不穷。一方面,大量现场的应用成果为该领域的研究提供了许多宝贵的实践经验;另一方面,随着理论研究的不断深入,让我们对于多种地基处理的机理有了更清晰的认识,进而为工程方案的选择、设计及施工应用提供了可靠的理论基础。正是由于这两个方面的相互促进,使得现代软基处理技术得到了前所未有的发展。

本文以公路建设中的具体实例为依据,在总结了近十几年本领域应用成果的基础上,具体介绍了常用的软基处理方法,还就具体工程的应用,介绍了一些传统工艺的改进方案,并在复合地基一章中首次详细介绍了干振复合桩复合地基这种新型处理方式的研究现状及应用情况。

第二节 常用地基处理方法

在软基处理领域,目前所采用的工艺措施很多,因此不同的学者从不同角度出发提出了不同的分类方式。本书中,作者根据软基处理的不同加固机理,针对公路路基,桥、涵构造物地基和路基病害处理,将目前公路中常用的处理方法作了如下分类:

- 1. 置换法(浅层处理——详见第二章) 多用于路基局部软弱层和小型构造物地基处理;
- 2. 密实法(排水固结法——详见第三章) 多用于大面积路基软弱层处理;
- 3. 加筋法(详见第四章) 适用于路基的稳定、防护、绿化;
- 4. 灌浆法(详见第五章) 适用于土基及路基病害处理;
- 5. 复合地基法(详见第六、七、八章) 该方法是目前本领域的研究热点,被广泛应用于多种软基处理工程中。

本书将主要讨论以上这五大类方法,并重点介绍复合地基法。在此我们根据桩体的强度和刚度将复合地基分为以下几类,如表 1-1 所示。

复合地基类型 表 1-1

复合地基	散体桩复合地基	碎石桩
		渣土桩
		砂桩
	一般粘结强度(柔性)桩复合地基	灰土桩
		石灰桩
		深层搅拌桩
		夯实水泥土桩

续上表

复合地基	中等粘结强度桩(半刚性、刚性)复合地基	干振复合桩
	高粘结强度桩(刚性)复合地基	CFG 桩
		素混凝土桩
		碎石压力灌注桩

第三节 地基处理方案的选择

一、地质勘察

在确定地基处理方法之前,必须收集有关资料,主要包括:详细的工程地质勘察资料,本地区其它工程和其它地区同类工程过去应用地基处理的经验,以及材料和机械设备的来源情况,其中最重要的是工程地质资料。详细的工程地质勘察资料是判断天然地基能否满足建筑物对地基要求的重要依据。如果需要进行地基处理,详细、准确的工程地质勘察资料也是确定合理的地基处理方法的主要依据之一。但是有时由于对线路地质勘察工作不够重视,往往为了赶进度、节省费用,而导致地质资料不够详细,精确度不高,造成地基处理方案过于保守,费用过大。尤其是一些小型构造物地基,更是缺乏足够的地勘资料,因此,在地勘方案的选择,钻探点布位的布设及勘探深度,土样的试验内容等方面应从工程实际出发,使其更具有代表性、可适用性,并且,还应尽可能提供小型结构物的地基土工试验报告,对局部不良地质地段(如沟、塘、老河道)应补充钻探点,对大面积不良地质地段除采用常规的试验检测以外,还应补充原位荷载试验等内容。但是,地质勘察的要求应适当,既要把地质条件搞清楚,又应避免要求过高过多,原则上应争取以最少的勘察工作量,而能满足工程上的需要。对地质勘察,应根据工程的需要提出明确的要求。

二、地基处理方案的选择

线路地质条件是千变万化的,但总体上可归纳为三种情况:(1)表层软弱地基;(2)浅层软弱夹层地基;(3)深层软弱地基。根据本书的分类方式,针对常见的一些软基形式,提供了一些软基处理的参考做法(其中包括一些特殊工程地基的处理),如表 1-2 所示。

软基处理的一般方法 表 1-2

	置换法	密实法	加筋法	灌浆法	复合地基法				
					砂桩、石灰桩	碎石桩	CFG 桩	深层搅拌桩	干振复合桩
表层软弱地基	√	√	√		√				√
浅层软弱夹层地基			√	√		√	√	√	√
深层软弱地基		√	√	√			√	√	√
小型构造物地基	√						√	√	√
桥梁地基							√	√	√

对于具体的工程,由于地基条件不同以及工程对地基的要求不同,而且施工机械,材料来源也因地区和部门不同而有较大的差别,因此,应针对每一具体工程进行细致分析,从地基条件、处理要求、工程费用、材料、机械设备来源以及工程进度等各方面进行综合考虑,以确定比较合适的地基处理方法。

在确定地基处理方法时,可根据工程的具体情况对几种地基处理方法进行技术、经济以及施工进度等方面的比较。选出技术上可靠,经济上合理,且能满足施工进度要求的最佳处理方案。也可采用两种或两种以上的组合处理方案。同时还应考虑环境保护、节约能源等方面因素。

第二章 软土地基浅层处理

第一节 概 述

高速公路软土地基处理,是关系到能否在计划营运期内保持道路路况良好、保证行车速度及安全运行的关键问题之一。随着我国在软土地基上修建的高速公路数量越来越多,已经积累了相当丰富的经验,对软基处理的设计、施工工艺、设备、材料、检测等手段已逐渐趋于成熟。但由于软土性状千差万别、地质资料代表性的局限及设计参数误差等因素影响,往往使处理后的效果与设计预想产生较大差异。如计算超过极限高度的路堤,由于加载方式的变化,路基可保持稳定,而路堤沉降量预测值往往与观测沉降量相差一倍以上等。所以在软土地基的设计和方案比选中,如何确保地质资料及计算参数的真实准确,因地制宜、恰到好处地选择处理方案,体现经济、可靠、投资少、效益高的指导原则,是软土地基处理的关键。

各种软基处理方法有其各自特点,选择原则是可靠实用,尽可能做到既合理又经济。不是所有的软基都要处理,首先要考虑不处理的可能性。如不处理不能满足需要,则首先选择浅层处理,若不可行才考虑深层处理。方案选择时不能仅考虑荷载和变形因素,要综合施工期地表状况、结构物密度、填土高度、施工进度要求、施工季节、当地的设备、材料、气候条件等因素统筹考虑,广开思路,往往能找到更有效、快速、经济的方案。

在软土处理的实施过程中,要有滚动设计、动态管理观念。如设计预压期和预压荷载是明确的,但在施工过程中如采取沉降速率和预压期双控制,可及时调整预压时间及预压荷载;要重视施工期的补勘工作,对各种因素造成补勘与详勘时的水文地质条件变化,应在施工方案中及时予以调整等。

软土地基浅层处理相对于复合地基等深层处理有两个显著特点:(1)处理位置在路床浅层,水文地质和自然条件差异性较深层地基更大,设计计算模式和参数选择的可靠性低;(2)浅层处理包含内容繁多,处理方式、材料、设备、工艺等选择余地及组合较多。所以,浅层处理的关键在于全面了解各种因素,综合比选,找到最佳组合,这也是浅层处理的难点。选择方案稍有偏差,可能得到相反的处理效果。如排水垫层可阻断地下水渗透路基,加速地表软土排水固结,但如果软土路段上部为隔水硬壳层,同样铺设了砂垫层,不仅不能排水,反而可能因其透水性损毁原地表硬壳层,反而破坏了路基稳定。再如硬壳层可承受部分路基荷载,减少沉降量,但在台背等工后沉降要求更严格的路段,往往在路基两侧开沟截断硬壳层,加速前期固结以满足工后沉降要求,而不能像正常路基段采取加固加厚措施。针对浅层处理复杂多变的特点,本书列举了一些处理措施,供软土地基浅层处理参考。

第二节 浅层处理

一、类型、作用与适用范围

软土地基浅层处理是相对于深层排水固结及复合地基而言,指对路床处理深度一般小于 5.0m 的软土地基,通过表面单一或综合处理方式,达到提高地基抗剪强度和压缩模量的目的,在上部荷载作用下,确保路基稳定和减小变形,满足工后沉降要求的处理方式。

根据路床排水条件及地表土性质的不同,可分为硬壳层的处理及加固、排水垫层、置换垫层及浅层复合地基等处理方式。

根据处理材料的不同,可将垫层及置换材料分为砂垫层、碎石垫层、山皮石垫层、粉煤灰、灰土、二灰土、水泥土垫层、干渣垫层及素土垫层等。

按施工方法的不同,又可分为以下 12 种。

1. 硬壳层补强法

此法适用于硬壳层有效厚度超过临界厚度时路基相对稳定。通过详细勘察资料,确定现场硬壳层有效厚度及土层物理力学指标,如根据荷载形式计算的硬壳层临界厚度大于实际厚度,则可通过振动碾压、冲击压实及夯压等方式改变其厚度和物理力学指标,使硬壳层尽量改善,达到充分利用软土地基潜力的目的。特别对于粘土硬壳层下卧砂性软土,纵向排水条件较差、路基填土高度较低(2.5m 以下)及湿陷性黄土地基的处理较为经济适用。

2. 砂石挤淤法

此法包括抛石挤淤及砂碎石挤淤,适用于湖塘河底等积水洼地。对于地下水位高、塘水不易抽干、表面无硬壳,软土液性指数大,厚度薄,片石能下沉至下卧层表面,宜采用抛石挤淤。一般采用较大的片石(直径不宜小于 30cm),抛石从中部开始,逐次向两旁展开,使淤泥向两边挤出,在片石高出水位 50cm 后,采用重型压实机械碾压、夯压,然后在其上铺设反滤层辅以土工格栅后填土;对于软基段沟塘,如淤泥层较厚,无明显下卧硬层,难以确定清淤深度,机械无法在塘底操作的条件下,宜采用填砂或石屑挤淤。为保证挤淤后路基稳定,可在坡脚线外填筑土体围堰兼做反压护道及填料的包边土。围堰排水后,挤淤从中部开始向两旁展开,先在中部开挖清淤槽 3~5m 宽,以保证填料有足够侧向挤压力。第一层填砂厚度 1.5m 左右,以轻型压路机可稳压为度,两侧挤出的淤泥在围堰与填砂之间及时清出,塘基稳定后,以上填砂 30cm 一层,采用中型压路机碾压,保证 90% 以上密实度。填料高出围堰顶 50cm 后,两侧设置干砌片石及土工布反滤层,并在砂石面以上铺设土工布或土工格栅后填土,由于砂石增加了塘底软弱层的透水性,塘底淤泥在路堤及砂石荷载下水分迅速渗透入砂石层,加速塘底下层淤泥的固结,可有效提高地基承载力。

3. 垫层法

在软土地基地面上,铺设一层特殊材料,再在其上填筑路堤,称为垫层法。如地表无硬壳层或为透水性硬壳层,垫层材料宜选用砂石等透水性材料,统称为排水垫层。排水垫层直接铺设在软土地基表面上,使其在软土和填土之间增设一排水面,从而使地基在填土荷载作用下,加速了地基的排水固结,提高地基强度。垫层厚度以保证不致因沉降发生断裂为宜,目前多选用 50cm 左右。当辅以土工布或格栅时,由于变形趋于均匀,可适当减少垫层厚度。当软土层为粘性软土或硬壳层,封水条件较好时,不宜采用透水性垫层,应使用加固型垫层,利用垫层强

度和刚度,使上部荷载的传递得到有效调整,减少路床应力并使其分布均匀。其硬化材料多种多样,应以就地取材为原则,体现实用、快速、投资少、效益高的特点。具体材料及处理方式有:

(1)级配较好的山皮石废料,最大粒径 20cm,含泥量 5% 以下,连续级配,可直接按 30cm 一层,振压或冲压密实。

(2)原地表翻拌石灰水泥等处理后,地表以上再加铺石灰土、水泥土或二灰土,可根据地表水或地下水状况选用相应水稳性材料。

(3)高炉混合矿渣或钢渣垫层。材料露天堆放至少一年以上,最大粒径控制 20cm,通过 0.075mm 筛孔的颗粒,塑性指数不宜超过 6,铺筑的矿渣层顶面可用最大粒径 5cm,最小厚度 10cm 且级配良好的矿渣做封层。压实度用碾压遍数控制。

矿渣垫层有以下特点:具有良好的渗透排水效果,颗粒粗糙,压实后嵌锁牢固,稳定性好,强度高;矿渣料具有一定的胶结性,其后期强度和整体性好。矿渣是工业废料,料源丰富,价格低廉,施工方便。

4. 置换法

该法又称换土垫层法,是指将路床顶面以下一定范围的软弱土层利用人工、机械或其它方法清除,分层置换强度较高的砂、碎石、山坡石,改良土以及其它性能稳定和无侵蚀性的材料,并振实(压实)到要求的密实度。对于软土厚度不大,埋藏浅,无硬壳层,路床承载力低及路基填土高度不大的路段辅以等载或超载预压较为适用。换填深度根据路床承载力及外荷载情况综合确定,需满足路基稳定及工后沉降指标要求,一般在路基填土高度 5m 以下,路床承载力标准值在 100kPa 以下时,换填 80cm,承载力标准值在 50kPa 以下时,换填 120~150cm。当地下水位低于换填基底高程,软土透水性差,路堤填土高度在 2.5m 以下时,可采用改良土等隔水型材料换填。当地下水位高,软土渗水性好,路堤填土高度较大时,宜选用透水性材料换填以加快软土层固结。置换法通常辅以土工布或土工格栅以扩散应力,减少总沉降量及工后不均匀沉降。

5. 浅层复合地基处理

这种方法是相对于深层水泥搅拌桩、粉喷桩、碎石桩等复合地基处理方式而言,指对路基表层 3~5m 的软土地基进行石灰桩、二灰桩、CFG 桩及干振复合桩等方式处理,以达到桩土共同承担上部荷载的目的。浅层复合地基处理对下卧层为非软土地基,地表硬壳层效应差、排水条件差、挖除换填工作量大、处理范围广以及进度要求紧的路床处理特别适用。为实现桩土共同承担上部荷载的目的,浅层复合地基处理方案选择的关键是根据软土的含水量、孔隙比、承载力等指标对桩体提出相应要求:桩体的强度、刚度指标,对软土的挤密置换率(选择桩径及间距),吸水效率要求等。对高含水量软土可选用石灰桩、二灰桩,但桩体本身强度刚度较低;CFG 桩强度较高,但吸水率低,可用于低含水量软土。由于近年来复合桩发展较快,材料选择范围不断加宽,新工艺不断出现。干振复合桩就同时满足了吸水率及强度刚度指标综合要求,其桩体强度 3~8MPa,吸水率 30%~50%,能有效改善桩间土物理力学指标,充分发挥桩、土力学潜能,达到浅层复合地基处理的最优化效果。比如,合(肥)—徐(州)高速公路北段 269K 的 300m 芦苇荡淤泥质土干振复合桩处理,软土层厚 3.5m 左右,采用桩径 15cm、桩长 4m、间距 90cm 的复合桩,处理后,复合地基承载力从 85kPa 提高到平均 177kPa,路基荷载压缩沉降 3cm 左右,符合了软土处理的目的。干振复合桩的施工工艺及材料配比设计等详见第八章。

6. 固化剂处理湿软地基

在多雨潮湿的平原湿软地区,地基普遍分布大量潮湿粘性土,其含水量高,塑性指数大,含较多有机质。由于粘粒含量及有机质影响,水泥及石灰等稳定效果较差,处理后很难达到密实度要求,采用置换法,成本又较高,在这种条件下采用新型粘性土固化材料稳定过湿土,提高地基承载力具有很强的适应性。在石灰水泥中,添加高性能无机增强吸水材料改性而成的复合固化材料,可起到强烈吸水、促进土粒砂化,形成针状矿物加筋作用,能有效降低过湿土含水量,改善压实性,增强稳定土强度、水稳性和抗冻融能力,达到就地利用不同有机质细粒土处理湿软地基的目的,是浅层软土处理新材料新工艺的发展方向之一。

二、浅层处理设计

1. 硬壳层的界定及临界厚度计算

1) 软土地区的路基类型

根据软土的工程特性,有无硬壳、硬壳的物理力学指标好坏及厚度大小,将软土地区的路基分成三种类型。

(1) 软土路基 软土直接出露地表,或者其上虽有硬壳层,而厚度不足 1.5m 的路基。

(2) 硬壳层路基 软土层上的表土层,其物理力学指标符合硬壳层标准,且厚度大于 1.5m 的路基。

(3) 正常路基 土基压缩范围内不存在软土,土基工作状态满足路面设计要求,或者硬壳层指标满足稠度 $W_c > 0.75$; 孔隙比 $e \leq 0.8$; 压缩系数 $\alpha \leq 0.2/\text{MPa}$; 比贯入阻力 $P_s \geq 2.4\text{MPa}$; 回弹模量 $E_0 > 22 \sim 25\text{MPa}$; 加州承载比 $\text{CBR} > 5$; 粘聚力 $C > 0.02\text{MPa}$; 其厚度能满足稳定性验算和容许沉降量要求的路基。

对于软土路基,必须进行稳定性检验和沉降计算,根据具体情况,进行路基的加固和处理。对于正常的路基,可以直接填筑路堤,或者直接铺筑路面,无特殊原因,一般不另作处理。对于硬壳层路基,是可以利用的,但它不同于正常路基,可能强度不够,不能满足路面的要求。也可能厚度小,虽已大于 1.5m,也还不能满足路堤沉降的要求和稳定性的需要,而要根据具体工程,改善土基,或作适当处理。

2) 硬壳层指标界定

目前国内外对硬壳层是作为软土的相对概念提出的,一般认为,软土层以上地表土指标 $W_c > 0.5$; $e < 1.0$; $\alpha < 0.5/\text{MPa}$, $P_s \geq 1.0\text{MPa}$; $E_0 \geq 10\text{MPa}$; $\text{CBR} > 2$; $C > 0.015\text{MPa}$ 的表土层视为硬壳层。

3) 硬壳层临界厚度的确定

理论上,硬壳效应随着硬壳层厚度的改变而改变。在实际工程中,往往硬壳层达到一定厚度时,方有利用的价值;这时的硬壳效应才比较明显,因此把可以利用的最小硬壳层厚度称为临界厚度。硬壳层临界厚度的确定是非常复杂的,它涉及到外荷载的形式、大小、硬壳和软土层的厚度和强度等因素。尽管如此,仍可粗略地提出硬壳层的临界厚度以供设计、施工使用。

根据汽车荷载作用下的双层体系,利用“DCT”路面弹性层状体的计算程序,并求出在汽车动荷载和承载板受力作用下,不同厚度硬壳层的应力~应变关系,以期找到在一定荷载作用下,(这里指 13t 轴重的活载和相当于黄河车载重的静载两种情况)硬壳发挥作用较明显的厚度即硬壳的临界厚度值。计算出的垂直应力 σ_z 、剪切应力 τ_{zx} 和垂直位移随硬壳强度和厚度的变化关系,绘成图 2-1、图 2-2、图 2-3、图 2-4、图 2-5。