

国家示范院校重点建设专业

城镇建设专业课程改革系列教材

路基路面工程施工

◎主 编 张晓战

◎副主编 叶明林 闫超君

◎编 委 (按姓氏笔画为序)

刘天宝 许景春 汪晓霞

唐 鹏 蒋 红

◎主 审 徐晓娥

路基路面工程施工

主 编 张晓战

副主编 叶明林 闫超君

编 委 (按姓氏笔画为序)

刘天宝 许景春 汪晓霞

唐 鹏 蒋 红

主 审 徐晓娥

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

路基路面工程施工/张晓战主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2010.5

ISBN 978-7-5650-0185-7

I. 路… II. 张… III. ①路基—道路工程—工程施工—高等学校—教材②路面—道路工程—工程施工—高等学校—教材 IV. ①U416.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 082319 号

路基路面工程施工

主编 张晓战

责任编辑 陆向军

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2010 年 5 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2010 年 5 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
电 话	总编室:0551—2903038	印 张	21.75
	发行部:0551—2903198	字 数	526 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	合肥星光印务有限责任公司
E-mail	press@hfutpress.com.cn	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0185-7

定价:35.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

前 言

本书是国家示范建设院校重点建设专业——城镇建设专业的专业建设与课程改革的重要成果之一。

它是根据教育部有关指导性精神和意见,充分吸收高职教育相关课程改革的成果,着力体现“职业性”与“高等性”的高职教育特色,依照国家示范性高职高专专业——城镇建设专业人才培养目标对本门课程的要求,遵循城镇建设专业的以项目为载体“工学交替任务驱动”的工学结合人才培养模式,以“工作过程为导向”进行开发的。在校企共同开发的课程标准与教学组织设计、教材编写大纲的基础上而编写的。培养学生具备一般道路路基路面施工、质量控制与管理的职业能力。

本书注重结合城镇和新农村建设实际,体现道路施工人才需求特点,重点突出基本知识和基本技能的培养及熟悉相关施工标准,在内容编排上,以测量放样、材料检验、路堤填筑施工、路堑开挖施工、路面基层(垫层)施工、沥青混凝土路面施工、水泥混凝土路面施工等内容为主线,构成了一个完整的工作过程。在编写过程中,突出了“以就业为导向、以岗位为依据、以能力为本位”的思想,依托仿真或真实的学习情境,注重职业能力的训练和个性培养,体现两个育人主体、两个育人环境的本质特征,实现了理论与实践的融合。

本书由安徽水利水电职业技术学院张晓战主编,编写了学习项目1;安徽水利水电职业技术学院刘天宝编写学习项目2;安徽水利水电职业技术学院闫超君编写学习项目3;安徽水利水电职业技术学院蒋红编写学习项目4;安徽水利水电职业技术学院汪晓霞编写学习项目5;安徽水利水电职业技术学院唐鹏编写学习项目6;安徽水利水电职业技术学院许景春编写全书测量放样内容。全书由张晓战统稿,安徽水利股份开发有限公司徐晓娥主审。

本书的编写,参考和引用了以些相关专业书籍的论述,编者在此一并谨向这些论述的作者们表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加上编者水平有限,不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2010年5月

目 录

学习项目 1 路基填筑施工	(1)
学习情境 1.1 特殊地基处理	(3)
1.1.1 处理方法及选用原则	(4)
1.1.2 表层处理法	(9)
1.1.3 换填土层法	(11)
1.1.4 重压法	(13)
1.1.5 深层拌和法	(14)
1.1.6 排水固结法	(15)
1.1.7 化学加固法	(19)
学习情境 1.2 施工准备工作	(21)
1.2.1 施工准备工作概述	(22)
1.2.2 组织准备	(25)
1.2.3 设备准备	(27)
1.2.4 技术准备	(30)
学习情境 1.3 分层填筑	(39)
1.3.1 路堤填筑类型的确定	(41)
1.3.2 路堤填筑施工的工艺流程	(43)
1.3.3 路堤填筑施工的主要工序及控制要点	(44)
学习情境 1.4 分层压实及检查	(49)
1.4.1 土基压实	(50)
1.4.2 填石路基、土石混填路基压实	(56)
1.4.3 土的最佳含水量及最大干密度测定与实训	(58)
1.4.4 路基压实度检测与实训	(64)
学习情境 1.5 路基整修及验收	(74)
1.5.1 路基整修	(75)
1.5.2 路基质量检验及中期验收	(76)
思考题	(82)
学习项目 2 路堑开挖施工	(84)
学习情境 2.1 测量放样	(87)
2.1.1 路堑中桩放样	(90)

2.1.2 路堑开挖边桩(路堑顶桩)放样	(92)
2.1.3 路堑开挖高程和平面控制	(93)
学习情境 2.2 路堑排水设计与施工	(95)
2.2.1 路基排水要求及一般设计原则	(96)
2.2.2 地表排水设施的设计及施工	(96)
2.2.3 地下排水设施的设计及施工	(102)
学习情境 2.3 土方开挖	(105)
2.3.1 路堑开挖施工工艺流程图	(106)
2.3.2 土质路堑开挖注意的问题	(107)
2.3.3 土质路堑开挖方案	(108)
2.3.4 土质路堑的横向开挖	(110)
2.3.5 土质路堑的纵向挖掘	(110)
学习情境 2.4 石方开挖	(111)
2.4.1 一般规定	(113)
2.4.2 石质路堑开挖应注意的问题	(113)
2.4.3 石质路堑开挖方案	(115)
2.4.4 工程爆破类型	(116)
2.4.5 爆破作业	(122)
2.4.6 爆炸药品的管理	(123)
思考题	(123)
学习项目 3 路面基层(垫层)施工	(124)
学习情境 3.1 混合料组成设计	(130)
3.1.1 路面基层(垫层)对材料的要求	(131)
3.1.2 半刚性基层、底基层的组成设计	(141)
学习情境 3.2 测量放样	(147)
3.2.1 路面基层(垫层)中线、边桩放样	(149)
3.2.2 层铺厚度控制	(153)
学习情境 3.3 混合料摊铺与成型	(156)
3.3.1 路拌法摊铺和成型	(157)
3.3.2 厂拌法摊铺和成型	(163)
学习情境 3.4 混合料碾压与养生	(166)
3.4.1 混合料的碾压施工	(167)
3.4.2 混合料养生	(172)
学习情境 3.5 质量检查及验收	(174)
3.5.1 质量控制要点	(175)
3.5.2 压实度检测	(179)

3.5.3 弯沉检测	(180)
3.5.4 灰剂量检测及实训	(184)
思考题	(188)
学习项目 4 沥青混凝土路面施工	(190)
学习情境 4.1 沥青混合料配合比设计	(196)
4.1.1 沥青路面的分类及特点	(198)
4.1.2 标准轴载与交通量分级	(199)
4.1.3 沥青路面结构设计	(201)
学习情境 4.2 测量放样	(205)
4.2.1 沥青路面施工放样	(206)
4.2.2 沥青混合料摊铺层厚控制	(208)
4.2.3 路基路面放样精度要求和检测	(208)
学习情境 4.3 混合料生产及运输	(210)
4.3.1 沥青混合料原材料性能	(213)
4.3.2 沥青混合料生产工艺	(215)
4.3.3 沥青混合料质量检验	(218)
4.3.4 沥青混合料运输	(229)
学习情境 4.4 现场摊铺及压实	(230)
4.4.1 沥青混合料摊铺机械	(232)
4.4.2 沥青混合料摊铺施工	(234)
4.4.3 沥青混合料碾压施工	(237)
学习情境 4.5 质量检查及验收	(239)
4.5.1 沥青路面质量控制要点	(241)
4.5.2 沥青路面平整度、渗透系数检测及实训	(247)
4.5.3 沥青路面压实度、弯沉检测及实训	(255)
思考题	(259)
学习项目 5 水泥混凝土路面施工	(261)
学习情境 5.1 水泥混凝土配合比设计	(263)
5.1.1 水泥混凝土路面的分类及特点	(266)
5.1.2 水泥混凝土路面的构造	(267)
5.1.3 水泥混凝土路面材料的要求	(272)
5.1.4 水泥混凝土路面结构设计	(280)
学习情境 5.2 测量放样	(285)
5.2.1 水泥混凝土路面施工放样	(287)
5.2.2 路基路面放样精度要求和检测	(288)

学习情境 5.3 混凝土生产及运输	(290)
5.3.1 水泥混凝土施工机械	(291)
5.3.2 水泥混凝土原材料检验及实训	(297)
5.3.3 水泥混凝土生产工艺及注意事项	(301)
5.3.4 水泥混凝土的运输	(303)
学习情境 5.4 立模及混凝土浇筑	(304)
5.4.1 水泥混凝土路面立模及检查	(306)
5.4.2 水泥混凝土路面浇筑施工	(309)
5.4.3 水泥混凝土路面变形缝及构造缝处理	(311)
5.4.4 水泥混凝土路面养护	(316)
学习情境 5.5 质量检查及验收	(317)
5.5.1 摊铺前检验	(317)
5.5.2 施工中质量检验	(318)
5.5.3 交工质量检验及施工总结	(321)
思考题	(322)
学习项目 6 综合实训	(323)
学习情境 6.1 熟悉设计文件和规范	(323)
6.1.1 实训目的	(323)
6.1.2 实训内容	(323)
6.1.3 知识与技能支持	(323)
6.1.4 实训条件及场所	(324)
6.1.5 实训分组	(324)
6.1.6 工作流程	(324)
6.1.7 进程计划	(324)
6.1.8 考核标准	(324)
6.1.9 实训成果	(325)
6.1.10 实训管理要求	(325)
学习情境 6.2 现场施工测量放样	(325)
6.2.1 实训目的	(325)
6.2.2 实训内容	(325)
6.2.3 知识与技能支持	(326)
6.2.4 实训条件及场所	(326)
6.2.5 实训分组	(326)
6.2.6 工作流程	(326)
6.2.7 进程计划	(327)
6.2.8 考核标准	(327)

6.2.9 实训成果	(327)
6.2.10 实训管理要求	(327)
学习情境 6.3 材料检测试验	(328)
6.3.1 实训目的	(328)
6.3.2 实训内容	(328)
6.3.3 知识与技能支持	(328)
6.3.4 实训条件及场所	(329)
6.3.5 实训分组	(329)
6.3.6 工作流程	(329)
6.3.7 进程计划	(329)
6.3.8 考核标准	(330)
6.3.9 实训成果	(330)
6.3.10 实训要求	(330)
学习情境 6.4 现场施工质量控制	(330)
6.4.1 实训目的	(330)
6.4.2 实训内容	(331)
6.4.3 知识与技能支持	(331)
6.4.4 实训条件及场所	(331)
6.4.5 实训分组	(331)
6.4.6 工作流程	(332)
6.4.7 进程计划	(332)
6.4.8 考核标准	(332)
6.4.9 实训成果	(332)
6.4.10 实训要求	(333)
学习情境 6.5 中期交付验收	(333)
6.5.1 实训目的	(333)
6.5.2 实训内容	(333)
6.5.3 知识与技能支持	(333)
6.5.4 实训条件及场所	(334)
6.5.5 实训分组	(334)
6.5.6 工作流程	(334)
6.5.7 进程计划	(334)
6.5.8 考核标准	(334)
6.5.9 实训成果	(335)
6.5.10 实训要求	(335)
参考文献	(336)

学习项目 1 路基填筑施工

【学习目标】 通过本章的学习要求掌握特殊地基的常用处理方法,掌握路堤填筑的方法和要求,了解路基压实原理,掌握路堤压实和质量检验方法,了解常用的土方工程施工机械类型,掌握土方工程施工机械的选择和配套原则。

【项目描述】 某合同段路线全长 5 km,其中路基土方填筑有 749805 m³,为此在进行路基填筑施工前选择 K1+300~K1+425 段作为填方试验段,通过试验路段确定合适的施工工艺和合适的填筑层厚、最大填料粒径、碾压遍数等参数,用于指导后期大规模施工。

1. 施工准备

(1)熟悉图纸、合同文件、技术规范和复测线路控制桩点。

(2)定取土场和弃土场,计划将 K1+425 至 K1+800 左侧山谷段作为弃土场,将 K3+600 左侧进去 300 m 银田村集体山作为取土场。

(3)工地试验室在取土场取样进行土工试验,确定土样的最佳含水量等技术参数。

(4)所有准备用于土方施工的机械设备应进行检查和维修、保养,保证最佳工作状态。

(5)施工试验路段两侧应做好临时排水沟,保证施工场地内不积水。

(6)做好临时施工便道,便于运输设备通行。

2. 施工组织及方案

(1)填筑前准备工作。用全站仪将路线中桩、边桩进行实地放样,测量原地面高程,绘制横断面图。将路基原地面表土、农作物等进行清除,腐殖土应集中堆放以备绿化使用。由于 K1+300~K1+425 段经过农田,应在清除表土后立即组织试验人员对地基进行承载力检测,若不能满足设计要求的承载力,应会同监理工程师商量进一步的软基处理措施。

准备工作完成后经监理工程师同意进行试验路段施工,填筑时有监理工程师旁站,并做好各种原始数据的详细记录供监理工程师审批。填筑土方来源为改河开挖土方或借土场土方。

(2)路基填筑施工。路基填筑施工按以下八个步骤进行循环作业:场地清理→基底处理→分层填筑→摊铺整平→洒水或晾晒→机械碾压→检验鉴定→路基面整修。

填筑前应在处理好的基底上用石灰在填筑范围内打格划线,线格宽度应事先计算好,计算时考虑每车的装车方量和规范要求的 30 cm 松铺厚度,保证一格一车土,推土机推开后能够互相连续且厚度均匀(30 cm 左右)。以后每层路基填筑前均应打格划线。

装载机和挖掘机装土,自卸汽车运输,现场专人指挥汽车倒土,推土机摊开土堆,人工摘除掺杂在土中的一些不适用的腐殖土和有机杂质,平地机进行初平。

填筑压实采用振动压路机碾压,先自两侧开始向中间推进,后由中间向两侧碾压,每次重复 1/3 轮宽,碾压时与人工补填坑槽土方同步进行,其程序为:静压→振压→补料→再振压→终压(静压),碾压前后无明显轮迹或沉降差等于零。

现场施工人员应记录汽车运输情况、推土机和平地机前后衔接情况、压路机碾压遍数、土料现场松铺的实际厚度及目测土料的含水量等情况。

碾压完成后,应及时组织质检人员检查高程、压实度,通过压实前后高程、基底高程对

比,可以确定该层的松铺系数,压实度检查合格可确定压路机合理的碾压遍数和不同填料的最佳含水量,否则需要继续碾压和调整。

后续每层填筑均按照此法施工,记录每次的施工数据,作为以后编写施工总结的依据。

该段路基填筑至设计标高后,将试验段所取得的各种数据和施工组织运用数理统计等方法进行整理分析,编写路基试验段总结,确定出合理有效的路基填筑施工工艺,上报至总监办审核确定后,以此作为路基施工的依据,指导全标段的施工。

3. 质量保证措施

路基试验段的施工,应严格按照路基施工技术规范的要求来开展,且施工中作好各种情况的记录,获取第一手原始资料。施工过程中严格服从监理工程师的监督管理,加强自检,当下层路基填筑碾压合格后方可进入上一层施工。在工程施工的全过程中,应建立事前、事中、事后的质量监控系统。

质量事前监控:做好施工前周密的准备工作,如工程原材料检测;工程机械的维修保养;施工方法、检测方法的研究;具体工程施工人员的管理等。

质量事中监控:把工程技术人员对工程图纸的理解渗透于施工的各工序之间,加强对每道工序的检测。

质量事后监控:对已完成工程质量进行检验评点,将工程原始资料、数据、文件收集整理。

4. 工程进度保证措施

为了尽快地获取试验段的施工成果以指导大面积施工,应组织项目部所有的人力、物力投入施工,加强现场施工管理和协调,积极主动与监理沟通,在保证质量的前提下,力争在11月25日开工,12月15日完成施工任务。

5. 安全生产及文明施工

(1)项目部成立安全领导小组,组长由项目副经理×××担任,具体事务由工地负责人×××担任,成员由×××等5人组成。制定切实可行的安全措施,要勤查、勤检,把安全隐患消除在萌芽状态。

(2)工地应制定文明施工目标,成立文明施工管理机构,确立文明施工管理形式,各施工段责任人负责本段的文明施工管理。

(3)施工现场悬挂施工标志牌,施工现场主要管理人员应持证上岗。

(4)晚上路基施工应保证足够的照明,现场一切设备的调动应由专人负责,所有机械设备必须按照正确的操作规程作业,严禁违章施工。

6. 环境保护措施

(1)施工现场晴天干燥时应经常洒水,避免扬尘,污染附近农作物和植被,影响环境。

(2)保护施工现场生态环境,尽量减少地表植被的破坏,工程完工后清理现场时,应疏通排灌河渠,恢复植被和草木。

(3)对于施工的弃土场,工程结束后,应进行坡面防护,场地整平,排水畅通,防止水土流失。

思考:阅读本案例后,你认为该路基试验段施工方案制订的是否合理完善,制定的依据在哪里?

学习情境 1.1 特殊地基处理

随着我国高等级公路的不断修建,湿软地基的处理加固已显得越来越重要。作为路基本身或其支承体,软土地基因土体含水量大、空隙比大而使地基呈现出强度低、压缩性大、沉降量大的软弱土层地基。

软土是指以沉积的饱和的软弱粘性土或以淤泥为主的地层,有时也夹有少量的腐泥或泥炭层。我国的软土地基按其成因不同,可分为滨海沉积类、湖泊沉积类、河滩沉积类和谷地沉积类四种;按其沉积的环境不同,可分为滨海相、三角洲相、泻湖相、溺湖相、湖相、河床相、河漫滩相、牛轭湖相、谷地相九种类型。

在公路工程中,根据天然含水量及天然孔隙比等主要特征,并结合其他指标对软土地基进行分类,通常可分为软粘性土类、淤泥质土类、淤泥类、泥炭质土类、泥炭类等五种类型。其具体分类及其物理力学特性,如表 1-1 所示。

表 1-1 软土地基分类及其物理力学特性

类型	天然密度 ρ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	含水量 ω (%)	空隙比 e	有机质含量 (%)	压缩系数 α_{1-2} (MPa^{-1})	渗透系数 K ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	快剪强度		标准贯 入值 $N_{63.5}$
							C_u kPa	Φ_u ($^\circ$)	
软粘性土	1600~1900	$\omega_L < \omega < 100$	>1.0	<3.0	>0.3	$<1 \times 10^{-6}$	<20	<10	<2
淤泥质土	1600~1900		$1.0 \sim 1.5$	$3.0 \sim 10$	>0.3				
淤泥	1600~1900		>1.5	$3.0 \sim 10$	>0.3				
泥炭质土	1000~1600	100~300	>3.0	10~50	>2.0	$<1 \times 10^{-3}$	<10	<20	
泥炭	1000	>300	>10	>50	>2.0	$<1 \times 10^{-2}$			

软土一般具有天然含水量高、孔隙比大、透水性差、抗剪强度低、压缩性高、触变性和蠕变性等特点。

【情境描述】 工程概况:铁桃二级公路 B2 合同段起于 K17+280,止于 K33+577.02,全长 16.297 km,其中 K29+708~K29+974 段位于黄泥沟渔场的黄泥沟湖,路基横穿此湖,长 266 m,底宽约 50 m,湖两岸有一小路相连。

此处湖泊与当地整个水系相通,常年有水,明水平均深达 2.5 m,最深处高达 3 m 多深,设计图纸上淤泥平均深度为 1.3 m,而我方试验人员从现场采集数据淤泥平均深度约为 2.8 m,主要为流塑至软塑状的淤泥,表层是素填土:黄褐色,稍湿至湿,软塑状态,厚 1.4~3 m,下层为有机质高液限粘土:灰黑色,饱和,流塑状态,厚大于 3 m,可作为路基持力层,属典型的软土地区,经对淤泥质粘土的现场取样测得其岩土参数如下。

- (1) 天然含水量 W_o : 27.3 %~56.8 %;
- (2) 可塑性:液限 W_L : 40.1 %~52.4 %;
- (3) 塑限 W_P : 21.3 %~25.3 %;
- (4) 塑性指数 I_P : 18.8 %~27.1 %;

(5)液性指数 I_L : 0.21~1.16;

(6)抗剪强度指标: 内摩擦角 $\phi=18^\circ$;

(7)凝聚力 C : 43~47 kPa。

鉴于上级要求加快工程进度,而雨季即将来临,根据规范要求及现场实际情况,按设计上的围堰换填法风险太大,成本过高,于是拟采用抛石挤淤法,抛填片石至常水位,然后在片石上铺设土工布后再铺设 50 cm 砂砾反滤层,再在砂砾反滤层上铺设土工布后采用素土回填,考虑到抛石挤淤时由于沉降不一致,从而在路堤下面残留部分软土,完工后会发不均匀沉降,于是在路基填筑至 94 区后加铺土工格栅防止不均匀沉降。抛石挤淤法一般适用于厚为 3~4 m 的软土层和常年积水且不易抽干的湖、塘、河流等积水洼地,以及表层无硬壳、软土的液性指数大、层厚较薄、片石能沉达下卧硬层的情况。

【情境剖析】 本情境介绍了特殊地基的工程概况描述,土的工程性质介绍,特殊地基处理的方法,请思考该段特殊路基处理方案采用抛石挤淤加铺土工织物是否可行? 原因何在? 还可以采用哪一种处理方法? 具体内容见表 1-2 所列。

表 1-2 特殊地基处理学习情境工作任务表

能力目标	主讲内容	学生完成任务	评价标准	
了解软土地基处理方法及选用原则	软土地地区路基的基本要求;软基处理的基本规定及处理方法比选	比选各种软基处理方法的优缺点	优秀	了解各种软土地基处理方法特点、加固原理及适应范围
			良好	了解常见软土地基处理方法特点、加固原理及适应范围
			合格	了解常见软土地基处理方法特点及适应范围
掌握多种软基处理方法及施工流程	表层处理法、换填土层法、重压法、深层拌和法、排水固结法、化学加固法等处理方法	掌握各种软基处理方法、施工流程并编写施工方案	优秀	掌握各种软基处理加固方法及施工流程
			良好	掌握三种以上软基处理加固方法及施工流程
			合格	掌握 1~2 种软基处理加固方法及施工流程

1.1.1 处理方法及选用原则

1.1.1.1 软土地地区路基的基本要求

1. 路基的稳定性 在天然的软土地基上,采用快速施工方法修筑路堤所能填筑的最大高度,称为极限高度或临界高度。当路堤高度超过这一极限高度时,对路堤或路基必须采取一定的加固措施,才能保证路堤的安全填筑和正常使用;否则,就可能使填土的部分发生崩塌、坡脚外侧地基隆起等(主要表现为刺入破坏和圆弧滑动破坏,见图 1-1),从而造成工程的大范围返工,甚至会出现其他工程破坏和人身伤害事故。

极限高度的大小,主要取决于地基的特性和填料的性质等方面。对于一般软土地基的极限高度,通常为 3~5 m;对于沼泽类软土地基的最小填筑厚度,可参考表 1-3 中的数值,

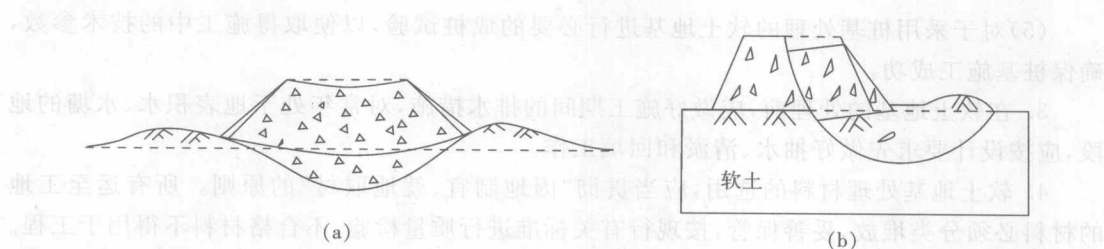


图 1-1 软土路堤破坏示意图

(a) 刺入破坏; (b) 圆弧滑动破坏

也可按稳定分析的结果及工地填筑试验确定。

表 1-3 沼泽路堤最小填筑厚度

m

沼泽路堤类别	泥炭厚度	填土厚度
I 类	0.5~2.0	1.5~2.5
	2.0~4.0	2.5~3.0
	4.0~6.0	3.0~3.5
II 类	0.5~2.0	2.0~3.0
	2.0~4.0	3.0~3.5
	4.0~6.0	3.5~4.0

注:填土厚度,如不挖除泥炭则指泥炭面以上的填土部分,如部分挖除泥炭则应包括沉入泥炭的部分。

2. 路基的沉降量 与路堤快速滑动破坏不同,软土地基的路堤由于软土的压缩性大,在自重作用下会产生沉降,并且这种沉降会在相当长的时间内持续发展,大大超过一般路堤的允许沉降量。严重时,不仅增加填土的工程量,而且在靠近填土部分的挡土墙、边沟等排水设施,也会受到沉降或水平移动的影响。即使完成铺装路面后还可能继续沉降,对路面的纵横断面造成一定影响,难以保证其平整度,也会引起路面结构的破坏。实际观测发现,一些竣工后十余年的路堤,剩余的沉降达 5~10 cm 的情况,并不罕见。

影响路基沉降的因素除自重外,还有基地附加应力的变化,加载的速率与加载方式问题等。

1.1.1.2 软土地基处理的基本规定

1. 软土地基处理的施工必须确保施工质量,科学地做好施工组织设计,加强施工现场的技术管理,严格按照有关操作规程实施,认真做好工程质量的检查和验收工作。

2. 在软土地基处理前,应当首先完成下列有关工作:

(1) 收集并熟悉有关施工图纸、工程水文地质报告、土工实验报告和施工范围内的地下管线、建筑物、构筑物等有关资料;

(2) 组织有关人员编制软土地基处理的施工组织方案和实施大纲,使软土地基处理按科学的程序和方法进行;

(3) 为保证软土地基的处理质量,达到预定的处理目标,对所需要的原材料、半成品、成品进行检查;

(4) 对所使用的施工机械进行检查调试,保证施工机械达到正常运转的良好状态;

(5)对于采用桩基处理的软土地基进行必要的成桩试验,以便取得施工中的技术参数,确保桩基施工成功。

3. 在软土地基的处理前,应做好施工期间的排水措施,对常年处于地表积水、水塘的地段,应按设计要求先做好抽水、清淤和回填工作。

4. 软土地基处理材料的选用,应当贯彻“因地制宜、就地取材”的原则。所有运至工地的材料必须分类堆放,妥善保管,按现行有关标准进行质量检验,不合格材料不得用于工程。

5. 在软土地基处理过程中,应当遵照“按图施工”和“边观察、边分析”的方法;如发现施工现场情况与设计所提供资料不符,或原设计的处理方法因故不能实施,需要改变设计时,应及时报告监理工程师和业主,并根据有关规定报请变更设计,待批准后才能实施。

6. 在软土地基处理过程中,应认真做好原始记录,积累资料,不断总结,提高软土地基处理施工技术水平。

7. 在软土地基处理施工过程中,必须严格执行有关安全、劳保和环境保护等规定。

1.1.1.3 软土地基处理方法分类

软土地基处理的分类方法很多,如按处理深度可分为浅层软基处理和深层软基处理;按处理时间分为临时软基处理和永久软基处理;按处理方式又可分为化学处理和物理处理;按照软基加固机理进行分类,高等级公路软土地基的处理方法、加固原理及适应范围,如表 1-4 所示。

表 1-4 常用地基处理方法、加固原理及适应范围

分类	处理方法	加固原理	适应范围
排水固结法	堆载预压法	在软土地基中通过空隙水的排除使地基土体得到加固,进而使土体强度增强,地基承载力提高,并可有效地减少工后沉降。一般空隙水的排出有三条途径:一是地面上预加一个压力,从而在土体内造成一个压力差,迫使空隙水向砂层或预先设置的滤层排出;二是在土体内规定的部位施加一个负压,诱使空隙水向负压区集中排出;三是利用电能能在土体内造成一个电势差,驱使空隙水排出。	软粘土、淤泥和淤泥质土地基
	砂井预压法		
	袋装砂井预压法		
	塑料排水板预压法		
	降水预压法		
	真空预压法		
复合地基法	电渗预压法		
	树根桩	利用就地灌注的小直径桩(直径在 75~250 mm),与土体构成复合地基,提高地基承载力,增加地基的稳定性和减少沉降。	各类土
	振冲混凝土薄壁管桩	利用振动机械击沉薄壁套管至设计深度,然后,一边振动拔管,一边将配置好的填料倒入套管之间,反复振冲,混凝土填料与挤密土柱一起形成复合地基共同承受上部荷载,其深度可达 22 m 左右。	
	CFG 桩	利用振动打桩机击沉直径为 300~400 mm 的桩管,在管内边振动边填入碎石、粉煤灰、水泥和水按一定比例配合的材料,形成半刚性的桩体,与原地基形成复合地基,也可用其他方法成孔。	淤泥质土、杂填土、粘性土

(续表)

分类	处理方法	加固原理	适应范围
复合地基法	深层搅拌桩 (粉喷桩)	以水泥和石灰等材料为固化剂,利用深层搅拌机械对原位软土进行强制搅拌,经过物理和化学作用生成较坚硬的拌和柱体,与原地基形成复合地基,提高地基承载力,增加地基的稳定性和减少沉降。	淤泥、杂填土、粘性土、粉土
	高压喷射注浆法 (旋喷桩)	利用钻机把带有喷嘴的注浆钻管钻进到预定土层后,再以 20 MPa 左右的高压将配置好的填料从喷嘴中喷射出来冲击并破毁土体,在喷射提升过程中与周围土体混合形成桩体固结体。	淤泥、淤泥质土、杂填土、粘性土地基
	碎石桩	利用成孔过程中沉管对土体的振密和挤密作用,使土体向四周挤压密实,同时分层填入并夯实碎石,形成石柱与土的复合地基。	松散的非饱和粘性土、杂填土、湿陷性黄土
	砂桩	由水力振冲或沉桩机成孔,填砂料,并振密使之置换部分软粘土,并使土中水分逐渐排出而固结,以提高地基承载力。	软弱粘性土
	钢渣桩	用振动打桩成孔工艺成孔,将废钢渣分批投入并振密直至成桩,与原地基土形成复合地基,提高地基承载力。	
改善地基应力条件法	冻结法	通过人工冷却,使地基温度低到空隙水的冰点以下,使空隙水冻结,从而获得理想的截水性和较高的承载能力。	饱和的砂土或粘性土层中的临时性措施
	烧结法	在软弱粘土地基的钻孔中加热,通过焙热使周围地基土减少含水量,提高强度,提高地基承载力。	软粘土、湿陷性黄土
	反压护道法	在路堤的两侧(或一侧)填筑适当高度与宽度的护道,路堤填土在护道荷重的作用下所形成的反向力矩平衡其滑动力矩,因而保证路堤的稳定。	
	土工材料加固法	将土工材料铺设在加固软土地基与路堤之间,通过土工材料将上部填料的垂直变形向水平方向扩散,使上部材料的抗剪变形能力得到充分发挥,以达到提高承载能力的目的。	砂土、粘性土、软土

(续表)

分类	处理方法	加固原理	适应范围
动力 挤密 法	强夯法	将一定质量的夯锤从适当高度自由落下,反复夯击地面,地基土在强夯的冲击力与振动力共同作用下得到振实挤密,从而提高地基的承载能力降低其压缩性	杂填土、非饱和性粘土及湿陷性黄土
	重锤夯实法	利用起重机械将重锤提到一定高度,然后自由下落,反复夯击地基后,在地基表面形成一层较密实的土层,从而提高地基表面土层的强度	地下水位以上稍湿的粘性土、湿陷性黄土、杂填土和分层填土
	爆破法	利用钻孔等方法将一根根管子按一定的间距打设在需要加固的土层的位置,在管内填入炸药,按预定方式引爆,土体在冲击波的作用下被挤实,使地基强度得到提高	适应于饱和净砂土地基
	机械碾压法	利用压路机、推土机等机械设备来回开动压实地基土,分层填土分层压实	处理浅层非饱和软弱地基、湿陷性黄土地基、膨胀土地基以及杂填土
	挤密砂桩 (碎石桩、石灰桩、土桩)	利用挤密或振动使深层土密实,并在挤密和振动过程中回填砂、碎石、石灰、灰土等材料形成砂桩、碎石桩等,与桩间挤密土体形成复合地基,提高地基承载力,减少沉降量,消除或部分消除土的湿陷性或液化性	一般适用于杂填土、松散砂土。石灰桩适用于软弱粘性土。

1.1.1.4 软土地基处理方案的比较选择

任何一种软基加固方法都不是万能的,各种加固方法都有一定的使用条件和范围。由于软土性状千差万别,受地质勘察资料的局限性及设计参数误差等因素的影响,往往使处理后的效果与设计要求产生较大的差异。因此,针对具体的软基加固工程应综合考虑各方面的因素,如设计施工条件、上部结构和荷载作用条件、软土性状条件、经济技术条件、工期条件等,恰到好处地选择处理方案,体现经济、可靠、高效的指导原则,是软土地基处理的重点和关键。

1. 方案选择应考虑的因素 在方案分析和选择时,不能仅仅只考虑荷载和变形因素,而是要综合施工期的地表状况、结构物密度、填土高度、施工进度、施工季节、气候条件、施工环境、设备情况、材料供应等因素统筹考虑,使所选择的处理方案技术上可靠、经济上合理、条件上允许、时间上满足,同时还应考虑到环境保护、节约能源、生态平衡等方面因素。

2. 方案选择应收集的资料 在选择确定具体的处理方法前,必须收集、调研有关的资料,主要包括:详细的工程地质和水文地质勘察资料,场地的环境条件,施工进度与气候条件,本地区其他同类工程软基处理经验,材料、设备来源情况,道路性质、形状、位置条件等方