

翁效林 张留俊 马豪豪 编著
谢永利 主审

KEY CONTROL TECHNOLOGIES
OF DIFFERENTIAL SETTLEMENT

OF EXPRESSWAY WIDENING SUBGRADE THEORY AND PRACTICE

高速公路拓宽路基 差异沉降控制关键技术 理论与实践



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

高速公路拓宽路基 差异沉降控制关键技术 理论与实践

翁效林 张留俊 马豪豪 编著
谢永利 主审



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书以建立重交通条件下拓宽路基差异沉降控制标准为研究主线,借助土工离心模型试验、大比例尺模型试验、有限元数值分析及工程现场实测分析等方法,深入探讨了路基拓宽工程的技术特征和工程问题,新老路基不协调变形的特点、计算方法及对路面结构的影响,拓宽路基的设计理论和方法,新老路基复合地基处治的原理、方法和施工技术,系统提出了路基拓宽工程的差异沉降控制标准及重交通区域不良地质条件下新老路基地基的处治技术及其施工控制。本书不仅为公路路基拓宽工程的设计和施工提供了技术基础,而且为相关技术规范修订提供了科学依据。

本书可供从事公路改扩建工程的设计及施工人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

高速公路拓宽路基差异沉降控制关键技术理论与实践/
翁效林,张留俊,马豪豪编著. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2016.7

ISBN 978-7-114-13193-6

I. ①高… II. ①翁… ②张… ③马… III. ①道路工程—改造—路基沉降—研究 IV. ①U416.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 161403 号

书 名:高速公路拓宽路基差异沉降控制关键技术理论与实践

著 作 者:翁效林 张留俊 马豪豪

责任编辑:郑蕉林 潘艳霞

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:720×960 1/16

印 张:12.75

彩 插:1

字 数:232千

版 次:2016年8月 第1版

印 次:2016年8月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13193-6

定 价:38.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

Foreword

近年来,随着国民经济的快速发展,我国高等级公路的建设发展十分迅猛。公路建设作为一项关系到国计民生的基础设施建设,得到了国家相关部门的大力支持,建设步伐尤为迅速。随着高速公路交通量逐年递增,京港澳高速公路、连霍高速公路等交通量大的高速公路均呈现出交通量饱和的态势,使得高速公路本身所应具有的高速、快捷、畅通的服务优势受到影响。为了满足经济发展的需要,在公路建设用地日益紧张的形势下,为了不大量增加建设用地,国家在新建公路的同时,也大力开展了对原有公路的拓宽扩建,以提高其通行能力,满足交通运输的需要,我国正进入一个公路拓宽扩建的高峰期。

由于旧路路基地基沉降固结时间较长,已基本稳定,而新路基沉降时间短,新旧路基结合处可能产生差异沉降,导致水泥混凝土面板在荷载作用下产生断板,沥青混凝土路面产生反射裂缝,这会给行车舒适性带来很大的影响,不仅无法满足汽车行驶的需要,还会增加运输成本,甚至会危及行车安全。本书以建立重交通条件下拓宽路基差异沉降控制标准为研究主线,借助土工离心模型试验、大比例尺模型试验、有限元数值分析及工程现场实测分析等方法,对路基拓宽工程的技术特征和工程问题,新老路基不协调变形的特点、计算方法及对路面结构的影响,拓宽路基的设计理论和方法,新老路基复合地基处治的原理、方法和施工技术进行了深入系统的研究,系统提出了路基拓宽工程的差异沉降控制标准,并结合差异沉降变形的来源和组成,明确了差异沉降变形的控制途径,系统地提出了不良地质条件下新老路基地基的处治技术及其施工控制,并在漯河至驻马店高速公路改扩建中工程进行了应用和验证,研究结果不仅为公路路基拓宽工程的设

计和施工提供了技术基础,而且为相关技术规范的修订提供了科学依据。

本书研究过程中得到了河南中原高速公路股份有限公司、中交第一公路勘察设计研究院有限公司等单位的大力支持,在此作者向以上相关单位领导和技术人员在项目完成中的热心指导和帮助表示衷心感谢!

本书在进行研究和总结时,参阅了大量国内外文献和资料,尽可能地一一引出,在此一并向这些文献资料的原作者表示衷心的感谢和敬意!在课题研究方面,长安大学研究生梁东平、宋文佳、李会超、卢军源等做了大量的工作,在此一并向他们的辛勤工作表示感谢!

限于时间和作者水平,研究和总结必定十分粗浅和出现错漏,还恳请专家、读者批评指正。

作者

2016年3月于西安

目 录

Contents

第 1 章 绪论	1
1.1 问题的提出	1
1.2 拓宽路基差异沉降控制标准	2
1.3 拓宽路基差异沉降处治措施	3
1.4 拓宽路基设计要点	4
1.5 路基拓宽工程排水设施	8
1.6 本书主要内容	12
第 2 章 拓宽路基差异沉降特性离心模型试验	14
2.1 概述	14
2.2 离心模型试验技术	14
2.3 离心试验方案	24
2.4 拓宽路基沉降试验结果分析	38
2.5 管桩复合地基沉降特性分析	50
2.6 拓宽路基荷载下复合地基承载特性分析	58
第 3 章 地基差异沉降条件下拓宽路基路面足尺模型试验	61
3.1 概述	61
3.2 足尺模型试验设计	62
3.3 足尺模型试验数据分析	83
3.4 足尺模型试验数值仿真及对比分析	108
3.5 沥青混凝土路面结构层力学特性分析	116
3.6 汽车荷载影响规律的有限元分析	133
3.7 数值模拟与模型试验结果对比分析	136
3.8 路面结构层变形破坏机理讨论	137
第 4 章 拓宽路基差异沉降控制标准	140
4.1 概述	140

4.2	新老路基差异沉降对路面结构层受力的影响	140
4.3	差异沉降下重交通数值模拟研究	142
4.4	差异沉降下交通荷载作用路面结构层破坏机理	153
4.5	拓宽路面结构差异沉降计算模型	155
4.6	拓宽路基差异沉降主动控制标准	156
4.7	地基差异沉降临界值的影响因素分析	157
4.8	参数变化的敏感性分析	159
4.9	地基差异沉降控制标准表达式	160
第5章	新老路基差异沉降控制工程实践	163
5.1	漯河至驻马店高速公路改扩建工程概况	163
5.2	路基拓宽过程三维数值模拟适应性	164
5.3	依托工程拓宽路基三维建模与计算	166
5.4	复合地基处治适用性分析	172
5.5	复合地基处治设计参数优化	178
5.6	不良地质路段拓宽路基沉降监测	185
参考文献		194

第 1 章 绪 论

1.1 问题的提出

近年来,随着国民经济的快速发展,我国高等级公路的建设发展十分迅猛。公路建设作为一项关系到国计民生的基础设施建设,得到了国家相关部门的大力支持,建设步伐尤为迅速,截至 2015 年年底,全国公路总里程 457.73 万 km,其中,高速公路里程 12.35 万 km。随着高速公路交通量的逐年递增,京珠高速公路、济青高速公路等交通量大的高速公路均呈现出交通量饱和的态势,使得高速公路本身所应具有的高速、快捷、畅通的服务优势受到影响。原交通部规划司早在 2004 年编撰的《2003 年公路水路交通行业发展统计公报》中就已经指出:“虽然我国公路建设发展较快,但 2003 年全国国道网年平均交通拥挤度仍达到 0.50。其中东部地区年平均交通拥挤度为 0.67,中部地区为 0.48,西部地区为 0.36。”为了满足经济发展的需要,在公路建设用地也日益紧张的形势下,为了不大量增加建设用地,国家在新建公路的同时,也大力开展了对原有公路的改扩建,以提高其通行能力,满足交通运输的需要,我国正进入一个公路改扩建的高峰期。自 1998 年 7 月我国首条高速公路扩建拓宽工程——广佛高速公路拓宽工程动工以来,先后有多条高速公路相继局部或全线扩建拓宽。

由于旧路路基沉降固结时间较长,已基本稳定,而新路基沉降时间短,新老路基结合处可能产生不均匀沉降,这会导致水泥混凝土面板在荷载作用下产生断板,沥青混凝土路面产生反射裂缝,给行车舒适性带来很大的影响,不仅无法满足汽车行驶的需要,还会加大运输成本,甚至会危及行车安全。鉴于此,对于公路拓宽技术的研究十分迫切,其研究成果的经济效益和社会效益都很显著。文献[1]指出:“高速公路拓宽工程最大的技术难题是解决新老路基差异沉降问题”。虽然我国已完成的高速公路扩建工程积累了一些经验,但是高速公路路基的拓宽在我国还算是一个新生事物,还没有成型的技术,很多拓宽工程处治技术效果不佳,通车后不久就出现了路基沉降量大、路面结构层开裂等严重病害,如图 1.1 和图 1.2 所示。另外,在高速公路改扩建建设过程中,可以借鉴的研究成果大都建立在相关试验路基基础之上,缺乏相应的理论支撑。因此,有必要对高

速公路改扩建工程中存在的老路路基的变形特性、控制标准及处治技术等关键问题进行研究,寻求科学、合理的解决方法,为今后公路改扩建的设计、施工提供科学依据,确保工程的质量。



图 1.1 差异沉降导致的路面反射裂缝



图 1.2 旧路底基层的纵向裂缝

目前,国内外众多学者针对高速公路拓宽路基的差异沉降特性展开了一系列的研究,尤以软土地基公路工程居多。归纳起来,大部分研究工作主要是采用有限元计算,在建模过程中考虑不同的拓宽路基高度、软土层厚度、路基土模量变化、新老路基模量以及新老路基的台阶拼接等工况;固结计算大多采用一维固结理论,考虑的荷载主要有路基、路面自重应力和均布的路面行车荷载,计算分析新老路基在施工过程和行车荷载作用下的沉降和应力分布规律,大多计算分析结合路基处治措施,也有结合路面结构进行。取得的主要研究结果有:拓宽路基作用下,老路面中心沉降较小,路肩沉降较大,使拓宽后路面横向坡度增加,新老路基将产生差异沉降,最大沉降点发生在新拓宽路基形心下方处,路面产生拉应力,但不同拓宽方式下的新老路基应力与差异沉降规律不一致;指出了拓宽路面在界面处开裂的原因在于应力集中和界面强度不足,提高路基模量对减小差异沉降和最大沉降量影响不显著。

1.2 拓宽路基差异沉降控制标准

针对拓宽路基差异沉降控制标准这一问题,国外学者研究很少,国内学者随着对高等级公路工后沉降以及差异沉降研究的逐步深入,提出了一系列的拓宽路基差异沉降控制标准,一般采用沉降差或边坡率作为控制指标。文献[2]从公路路面功能性指标、结构性指标两个方面得出了在软土地基上修筑高等级公路路面容许差异沉降指标为 0.4% 的结论。文献[3]分析了差异沉降对路面结构

附加应力的影响,认为当差异沉降超过 2cm,即坡差 0.35%时,半刚性基层底面就会产生拉裂破坏。文献[4]针对填挖路基的差异沉降,认为当挖方与填方路基土的固结沉降差达 1.8cm 时,在沥青路面填挖交界处 1m 范围内出现贯穿整个路面的破坏区。公路拓宽建设方面,根据江苏、浙江、广东等省软土地基地段公路拓宽的实践经验^[5],原路基中心附加沉降超过 30mm,拓宽路基的路拱横坡增大值超过 0.5%,路面开裂。文献[6]采用三维有限元方法,认为沈大高速公路路基拓宽容许工后差异沉降差应在 1.6cm 以内,差异沉降坡比不大于 0.4%时,沥青路面不产生结构性破坏。沪宁高速公路拼宽工程,纵横向坡度的改变量应小于 0.5%,并以此作为高速公路拼接工程的沉降控制标准,拼接完工后差异沉降量应小于 5cm^[7];文献[8]对拓宽路基的不协调变形进行有限元分析,得出结论:老路路面结构不利用时路面变坡率应小于 0.4%,利用时变坡率应小于 0.5%。文献[9]从路面结构功能性要求和结构性要求两方面分析得到,软基高速公路扩建工程的容许差异沉降为 0.4%。文献[10]对新老路结合部土基的不均匀变形及其对路面结构的影响进行分析,提出路面结构性能要求允许的横坡比最大改变为 0.4%,路面功能性要求允许的横坡最大改变值为 0.15%。《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)^[11]规定,路基拼接时,应控制新老路基之间的差异沉降,原有路基与拓宽路基的路拱横坡度的工后增大值不应大于 0.5%。

1.3 拓宽路基差异沉降处治措施

拓宽工程中,老路经过长期荷载作用,必然和新路在软基固结度和刚度上存在差异,从而在新老路基交界处产生差异沉降,进而引起纵向开裂,并将裂缝反射到路面,影响道路的使用性能。因此,要采取有效的技术措施保证新老路基的良好衔接,使其成为一个整体,同时降低新路基在软基中产生的附加荷载,减小新老路基的差异沉降,避免或减少横向错台和纵向裂缝。目前,国内高速公路拓宽工程中,对于新老路基差异沉降的处治措施主要包括土工合成材料的应用、新路基填料的合理选择以及采取一些特殊的老路基拓宽拼接施工工艺等。

(1) 土工合成材料的应用

文献[12]~[14]等都对软土地基上高速公路拓宽工程中土工合成材料的应用进行了分析,分析结果表明:使用土工合成材料可以有效地提高拓宽路基与既有路基的整体性,提高地基的承载力并解决路基的差异沉降问题;可以降低由于路基自重引起的水平应力,从而减小水平位移,有效地防止路面开裂。广佛、海南环岛、沈大以及沪杭甬高速公路拓宽工程中均采用了土工合成材料防止新老路基差异沉降。

(2) 新路基填料的选择

软土地基上公路拓宽工程路基沉降主要源于软土地基沉降和自身压缩,新老路基两者性能的差异导致了差异沉降的产生。这就要求拓宽路基填料要具有质轻、刚度大的特点。文献[15]对 301 国道大庆—齐齐哈尔公路拓宽工程现场观测资料分析表明,采用粉煤灰轻质填料可以显著降低新老路基的差异沉降。在沪宁高速公路拓宽工程中,部分深厚软土地基路段采用了轻质材料 EPS 填筑新路基,现场观测和数值分析均表明,EPS 填料可以有效降低对软基的扰动,进而减小新老路基的差异沉降。

(3) 软土地基处理

高速公路拓宽工程中的软土地基处理,应将减小新老路基的差异沉降作为设计原则,并针对不同的软基深度、填筑高度、路段位置及结构物类型等因素确定相应的处理方法。高速公路软基处理方法很多,对于厚度较小的淤泥地基,可以根据淤泥层的厚度和埋深,分别选用换土垫层法、挤淤置换法、强夯置换法或者复合地基法;对于软土层较厚、填土高度较大或者构筑物附近的地基,则可以选用各类复合地基法来处理,比如粉喷桩、低强度混凝土桩、CFG 桩、大直径管桩等;对于地基表面有较厚硬壳层的情况,可采用堆载预压法;而对于硬壳层较薄的路段,则可以设置竖向排水体结合堆载预压,也可以采用复合地基法处理。对于公路路基分离式拼接段,还可以采用沉降分隔墙等处理方法。但对于拓宽工程而言,由于工期紧、施工场地狭窄,同时还要维持既有道路交通正常运营,减少对老路基的扰动等原因,软基处理较新建高速公路具有更高的要求。目前,在拓宽工程中最常用的软基处理方法有塑料排水板法、粉喷桩复合地基、控沉疏桩复合地基等,从机理上来分,大致可以分为加快软土固结的排水法、增强土体强度的复合地基法或者结合土工材料的处治方法。

1.4 拓宽路基设计要点

1.4.1 基本设计原则

1) 一般要求

(1) 公路路基拓宽改建设计前,应对既有路基和拓宽场地进行调查、勘探和测试,查明既有路基的填料性质、含水率、密度、压实度、强度以及路基的稳定情况,分析评价新拼接路基或增建路基对既有路基沉降变形和边坡稳定的影响程度。

(2) 公路路基拓宽改建,应根据公路沿线的地形地貌和地质特点、既有路基

现状及拓宽后的交通组成,综合比较确定既有路基的利用与拓宽拼接方案,采取合理的工程措施,保证拓宽改建路基的强度和稳定性。

(3)公路路基拓宽改建,应合理利用既有路基强度,并根据既有路基的回弹模量、含水率和密实状态,综合确定既有路基的处理措施。

(4)公路路基拓宽改建设计,应做好路基路面综合设计。拓宽部分的路基与既有路基之间保持良好的衔接,并采取必要的工程措施,减小新老路基之间的差异沉降,防止产生纵向裂缝。

2)设计依据

(1)既有路基调查应采取资料收集、现场调查和勘探试验相结合的方法。路基拓宽改建设计前,应收集既有公路的地基及路基勘察设计、竣工图和养护等方面的资料。软土地区尚应收集既有公路的沉降监测资料。

(2)现场调查应综合采用路况调查、无损检测和勘探试验等技术手段,判定既有路基及排水设施、防护与支挡结构的使用性能。

(3)应对既有填方路基和挖方路基路床土进行物理力学性质试验,确定路基土的含水率、饱和度、压实度、平均稠度、回弹模量、CBR 值等。

(4)既有路基的分析评价应包括以下内容:

根据调查、测量、试验和水文分析资料,确定既有路基高程能否满足路基设计洪水频率规定;确定既有路基填料能否满足路基土最小 CBR 值、路基压实度的要求;确定路基的平衡湿度,分析评价路基相对高度的合理性;分析评价路基边坡的稳定状态、各种防护排水设施的有效性及其改进措施;分析评价既有路基病害的类型、分布范围、规模、成因以及既有路基病害整治工程设施的效果,并提出路基病害整治措施。

(5)软土地区既有路基的分析评价包括下列内容:

分析评价既有路基下各种地基处理路段的软土地基固结度、固结系数、压缩变形发展规律和抗剪强度增长规律,确定既有路基下各种地基处理路段的软土地基固结度和剩余沉降值(包括主固结和次固结);分析评价既有软土地基的效果,提出改进措施;分析评价拓宽改建路基与既有路基之间的稳定性和差异沉降、对既有路基沉降和稳定的影响程度。

3)基本控制原则

(1)路基拓宽改建设计应符合公路路基设计的相关规定,做好地基处理、路基填料、压实度、边坡稳定、防护排水设施的综合设计,并与交通工程、路面排水系统设计相协调。

(2)软土地基上路基拓宽设计除需确定软土的物理力学性质指标和符合软土地基上路基稳定系数的要求外,还应满足下列要求:

地基处理措施的选取和设计,应综合考虑软土层厚度和埋深、既有地基的固结度和剩余沉降情况、路基高度和拼接形式等因素,控制拓宽路基的沉降并尽量减小对既有路基的影响;浅层软土地基,可采用垫层和浅层处理措施减小拓宽路基的沉降。深层软土地基,可采用复合地基或轻质路基等处理措施,不宜采用对既有路基产生严重影响的排水固结法或强夯法。对于鱼(水)塘、河流、水库等路段,需要排水清淤时,应采取防渗和隔水措施后方可降水;新老路基分离设置,且距离小于 20m 时,可采用设置隔离措施或对新建路基地基予以处理,减小新建路基对既有路基沉降的影响。

(3)水文不良地段的既有路基,应结合路基路面拓宽改建设计,增设排水垫层或地下排水渗沟等。

(4)既有路基的利用应与路面利用和加铺设计相结合,并根据路基病害的产生原因和对拓宽结构的影响程度,采取下列针对性的处治措施:

当既有路基回弹模量不满足新建路基的要求,但既有路面未出现破损,且拓宽后通过加铺设计可满足路面设计要求时,宜充分利用既有路基;当既有路基回弹模量不满足新建路基的要求,且路面出现严重破损时,可根据含水率、压实度和填料类型的分析评价,分别采取改善排水、补充碾压、换填处治等措施;当条件受限不能翻挖既有路基时,可采取水泥碎石桩、水泥粉煤灰碎石桩、注浆等处理措施。

(5)利用二级及二级以下公路拓宽改建为高速公路、一级公路时,在既有路基的强度和压实度不能满足要求,且论证路面补强方案总体不可行的情况下,应对既有路基进行土质改良或挖除既有路基路面后重新填筑。

4)拓宽路基设计流程

高速公路路基拓宽的设计重点有两方面^[16,17]:其一,路基不协调变形和路面结构力学响应的计算以及变坡率标准的确定;其二,当稳定性验算或路面结构力学响应验算不通过时,如何进行路基拓宽处治措施的选择和处治设计。对于前者,不同路面结构对于不协调变形的响应不同,但可根据路面结构的弯拉强度进行变坡率标准的确定,且可以通过对典型路面结构进行系统分析,提出典型路面结构的设计标准,为大规模的工程设计提供参考。对于后者,则需要根据实际拓宽工程的特点、不协调变形的形成机理以及各项措施的适用条件进行选择。

1.4.2 新老路基拼接部位处治技术要点

(1)路基拼接前应对旧路基边坡进行清表,清除绿化及圬工,清除表部未经充分压实的土或其他不适用土。

(2)新老路基宜采用台阶拼接,台阶宽度不宜小于1m,建议采用如表1.1所示台阶高宽比和设置原则。当加宽拼接宽度过小时,可采用超宽填筑或翻挖原有路基等措施。

台阶高宽比和设置原则

表 1.1

原(老路基)边坡	1 : 1	1 : 1.25	1 : 1.5
开挖台阶坡度	1 : 1~1 : 1.25	1 : 1.25~1 : 1.5	1 : 1.5~1 : 1.75

(3)结合面以外不小于2m的范围,应增强补压,确保拼接密实,并宜单独提出检评标准。

(4)拼接部可采用铺设土工合成材料的增强措施,铺设位置宜以路基上部为主。

(5)支挡结构物拆除时,剩余未拆除的部分不应新的路面结构层受力变形产生不利影响。

(6)路基拓宽施工过程中,新老路基拼接部位的施工需要重点控制,其基本工艺流程如下:

①清除地表植物、有机土、种植土及不符合强度要求的原土后,按规定进行压实,并进行密实度检验,使之符合施工验收规范及检评标准。老路基与新路基交界的坡面挖除清理的法向厚度不宜小于0.3m,然后从老路基坡脚向上按设计要求挖台阶;当老路基高度小于2m时,在老路基坡面处理后,可直接填筑新路基。

②严格按照施工规范中对新老路基衔接的要求开挖台阶,加强新老路基的结合。在部分填方较高的路段,应采取逐步开挖的方式施工,同时做好排水与安全防护工作。

③如原有路肩质量较差,达不到设计要求,则应将土路肩翻晒或掺灰重新碾压。

④严格控制新老路基结合带的压实度,对新老路基结合带(大型压路机的压实施工死角)用打夯机分薄层填筑压实,必要时可采用冲击碾加强压实。

⑤在开挖的台阶上铺设跨施工缝的土工格栅,以加强新老路基的横向联系,减少裂缝反射。土工格栅的宽度不宜小于2m,且跨在老路基一侧的格栅宽度宜为其总宽度的1/3~1/2。

⑥拓宽路堑开挖时,当路堑边坡高度小于2m时,可直接开挖;当路堑边坡高度大于6m时,应先填平边沟并压实,然后从边坡上方开始,逐层下挖。

⑦当加宽拼接小于0.75m时,可采取超宽填筑或翻挖原有路基等工程措施。

1.5 路基拓宽工程排水设施

1.5.1 一般路基

(1) 地基清表方案

对于一般拓宽路基,在拓宽路基填筑前,首先,应该对原地面进行清表,一般耕植土地段原地面应清除表土 15cm 深,同时,应满足规范要求的土料回填原地面的坑、洞等低凹处,并按规定进行压实^[19]。当地基为松散土,且含水率较高时,压实前应先进行翻晒,使其压实度不小于 90%;当拓宽路基高度大于 80cm 时,基底压实厚度不应小于 30cm,并予以分层压实,且压实度应不小于 85%。老路拓宽部位,应遵守以下规定:

①所用填土宜与老路相同或选用透水性较好的土;

②清除老路路基边坡、边沟以及新路地基上的杂草,并沿老路边坡挖成向内倾斜的台阶,台阶高度不应小于 1m;若遇到不良地基,应视具体工程条件采取清淤、排水固结、抛石、换填或复合地基等技术措施进行加固处理。

(2) 软土地基处理方案

路基拓宽中软土地基处治方法可按滑动破坏(按稳定性)处治与按沉降处治(按沉陷)来区分。

稳定性处治的有效方法大致有:垫层处理法(表层排水,砂垫层,土工聚合物、加固土)、开挖置换法、反压护道法、慢速加载法(控制路基填筑速度)等。

沉降处治的有效方法有:加载预压法(等载和超载)和排水固结法(砂井、袋装砂井、塑料排水板)等。

在稳定和沉降处治两方面都有效的方法有:挤密砂桩法、振动置换法(碎石桩、钢渣桩)和加固土桩法(水泥粉喷桩)等。拓宽路基工程软土地基处理具体实施细则如下:

①应根据软土层厚度及其指标、填土高度等因素,分别对不同控制标准的路段进行综合分析,确定合理的处理方案。

②与结构物相邻路段或原有路基已基本完成地基沉降的路段,拓宽范围地基处理不宜采用排水固结法。

③沿河塘、傍山路段宜选用桩承式路基或轻质路基。

④深厚软基、填土高的路段宜采用 EPS、EPS 颗粒混合轻质土或泡沫混凝土等轻质路基。

⑤应重视拓宽地基处理施工对老路基或邻近构筑物的挤土、振动等影响。

⑥软弱粉土或粉砂土地基,不宜采用振动成桩工艺,避免液化现象。

⑦软土地基上高路基拓宽,拓宽地基处理应采用加固措施,避免开挖换填。

⑧软土地基上的路基,在满足路基稳定的前提下,有条件时,宜加大路基坡脚的处理宽度,以便地基处理向原路靠近,减少新老路基差异沉降。

1.5.2 地表排水系统

拓宽路基的地表排水设施设计,其降雨的重现期可按《公路路基设计规范》:高速公路、一级公路应采用15年,其他等级公路应采用10年。各类地表排水设施的断面尺寸应满足设计排水流量的要求,沟顶应高出沟内设计水面0.2m以上。

(1)边沟设置于挖方地段和填土高度小于边沟深度的填方地段,以利于雨水及路面水排出路基以外。路基靠山一侧的坡脚应设置不渗水的边沟。边沟和涵洞接合处应与涵洞洞口建筑配合,以便水流顺畅进入涵洞。平曲线处边沟施工时,沟底纵坡应与曲线前后沟底纵坡平顺衔接,不允许有积水或外溢现象发生。边沟设计应符合下列要求:

①边沟断面形式及尺寸应根据降雨强度、汇水面积、地形地质条件以及对路侧安全与环境景观的影响程度等确定。条件许可时,宜采用三角形或浅碟形边沟。

②边沟沟底纵坡宜与路线纵坡一致,并不宜小于0.3%。

③当边沟冲刷强度超过《公路路基设计规范》规定,应采取必要的防护加固措施。

④高速公路、一级公路挖方路段矩形边沟宜增设带泄水孔的钢筋混凝土盖板或路侧护栏,钢筋混凝土盖板的强度和厚度应满足承载汽车荷载的要求。

⑤季节冻土地区,浅碟形边沟下的暗埋管(沟)应设置在最大路基冻深线之下,暗埋管(沟)出水口应采取保温防冻措施。

(2)截水沟设计应符合下列要求:

路基截水沟应设置在坡口5m以外,并宜结合地形进行布设,填方地段斜坡上方的路基截水沟距路基坡脚的距离,应小于2m;截水沟断面形式及尺寸应结合设置位置、排水量、地形及边坡情况确定,沟底纵坡不宜小于0.3%;截水沟的水流应排至路界之外,不宜引入路堑边沟;截水沟应进行防渗加固。

(3)排水沟的线形要求平顺,尽可能采用直线形,转弯处宜做成弧线,其半径不宜小于10m。排水沟长度通常不宜超过500m。排水沟的出水口,应设置跌水和急流槽将水流引出。排水沟设计应符合下列要求:

将边沟、截水沟、取(弃)土场和路基附近低洼处汇集的水引向路基以外时,

应设置排水沟;排水沟断面形式应结合地形、地质条件确定,沟底纵坡不宜小于0.3%,与其他排水设施的连接应顺畅。易受水流冲刷的排水沟,应视实际情况采取防护、加固措施。

1.5.3 路基内部排水处理

由于路基填筑体的渗透性,地面径流水渗入路基内部,使土体软化,同时,若地基范围内存在地下水,会影响拓宽路基的整体稳定。当路基基底范围内由于地面水或地下水影响路基稳定时,可采取如下措施:

- ①采取必要的引排、拦截等措施;
- ②在路基底部填筑水稳定性优良、不易风化的砂、砂砾、碎石等材料;
- ③采用无机结合料(石灰、水泥等固化材料)进行加固处理,使基底形成水稳定性好、厚约30cm的稳定层;
- ④设置隔离层。

地下排水设施应与地表排水设施相协调,地下排水设施形式可按下列原则确定:

- ①当地下水埋藏浅或无固定含水层时,可采用隔离层、排水垫层、暗沟、渗沟等。
- ②当地下水埋藏较深或存在固定含水层时,可采用仰斜视排水孔、渗井、排水隧洞等。

(1)排水垫层和隔离层设计应符合下列要求:

当黏质土地段地下水位埋深小于0.5m或粉质土地段地下水位埋深小于1.0m时,细粒土填筑的低路基地部宜设置排水垫层和隔离层;排水垫层厚度不应小于0.3m,垫层材料宜选用天然砂砾或中粗砂。采用符合防排水板作为隔离层时,可不设排水垫层;隔离层可选用土工膜、复合土工膜、复合防排水板等土工合成材料,防渗材料的厚度、材质及类型应根据气候、地质条件确定,土工合成材料应符合现行《公路土工合成材料应用技术规范》(JTG/T D32—2012)的规定。

(2)暗沟、暗管设计应符合下列要求:

暗沟、暗管可用于排除泉水或集中的地下水流;暗沟、暗管沟底的纵坡不宜小于1.0%,出水口处应加大纵坡,并应高出地表排水沟常水位0.2m;暗沟可采用浆砌片石或水泥混凝土预制块砌筑,沟顶应设置混凝土或石盖板,盖板顶面上的填土厚度不应小于0.5m。暗沟断面尺寸应根据排水量及地形、地质条件确定。

(3)渗沟设计应符合下列要求:

- ①有地下水出露的挖方路基、斜坡路基、路基填挖交界结合部以及地下水位