

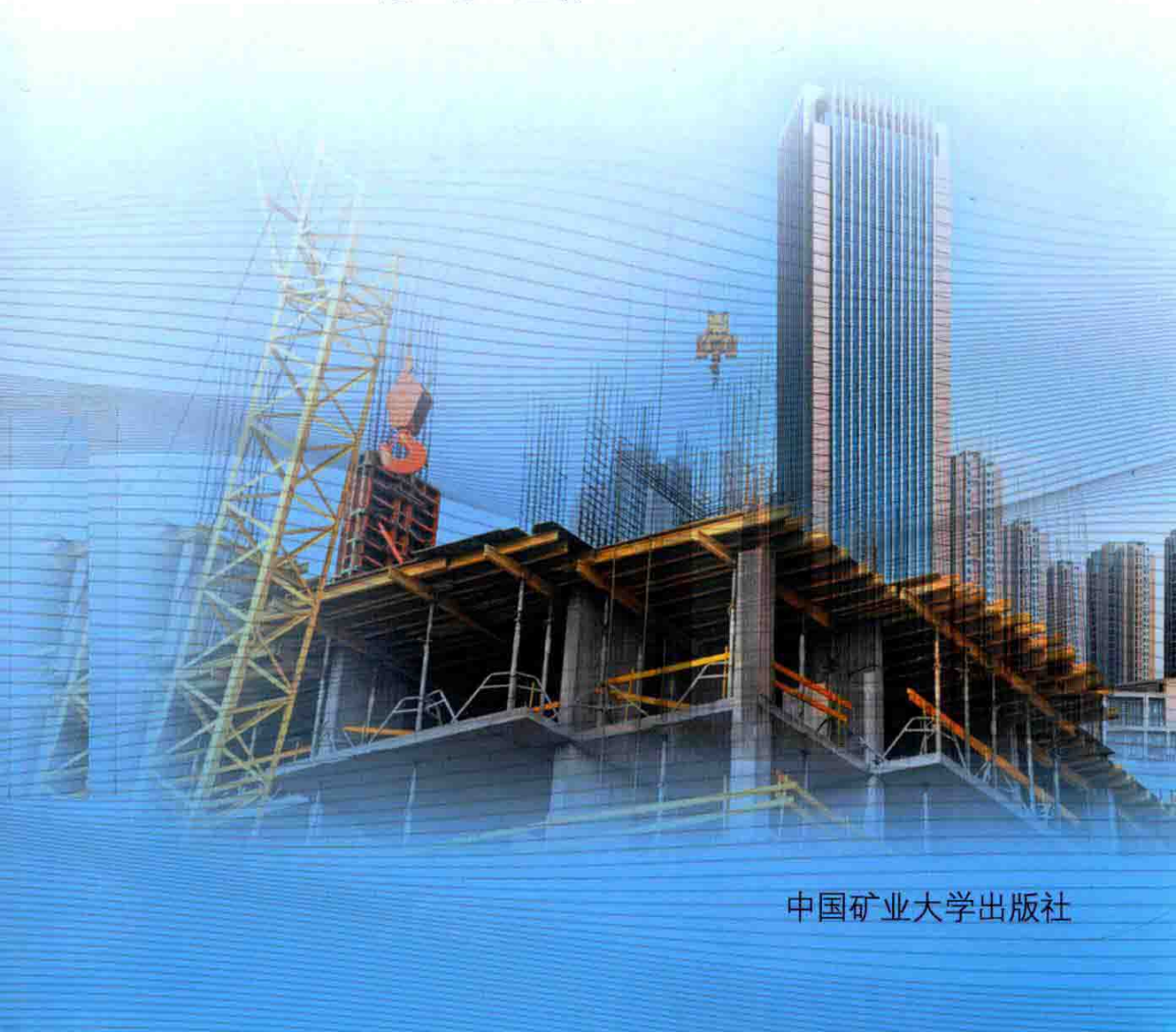
DAOLU QIAOLIANG

Weixiu Yu Jiagu

道路桥梁

维修与加固

范 伟 主编



中国矿业大学出版社

主要内容

道路桥梁维修与加固

主 编 范 伟

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

随着交通量增加、荷载等级提高、环境条件变化等多种因素的不断作用,道路桥梁使用性能逐渐劣化、出现各种病害,严重的已无法满足现今交通的需要,面临着艰巨的养护维修和技术改造任务。在此背景下,本书详细介绍了道路桥梁维修与加固的基本原理、基本方法、施工工艺、施工注意事项和工程实例。本书共分为五章,第一章介绍了路基常见病害及防治措施,第二章介绍了沥青路面养护维修,第三章介绍了水泥路面养护维修,第四章介绍了桥梁缺损维修与裂缝修补,第五章介绍了桥梁结构加固与技术改造。

本书对提高国内道路桥梁养护维修与加固改造的技术具有重要意义。本书适合作公路工程行业的专家、工程师、学生等的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

道路桥梁维修与加固/范伟主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2016.10

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3316 - 5

I. ①道… II. ①范… III. ①公路养护②桥—维修③桥—加固 IV. ①U418②445.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 257222 号

书 名 道路桥梁维修与加固

主 编 范 伟

责任编辑 于世连

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 日照报业印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 13 字数 325 千字

版次/印次 2016 年 10 月第 1 版 2016 年 10 月第 1 次印刷

定 价 55.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

出版说明

为了加强建设工程项目管理,提高工程项目总承包及施工管理专业技术人员素质,规范施工管理行为,保证工程质量和施工安全,根据《中华人民共和国建筑法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程安全生产管理条例》和国家有关执业资格考试制度的规定,2002年原人事部和建设部联合颁发了《建造师执业资格制度暂行规定》(人发[2002]111号),对从事建设工程项目总承包及施工管理的专业技术人员实行建造师执业资格制度。

注册建造师是以专业技术为依托、以工程项目管理为主业的注册执业人士。依据住房和城乡建设部令第32号修订的《注册建造师管理规定》(2016年10月20日施行)中明确规定继续教育是注册建造师应履行的义务,也是申请延续注册的必要条件。注册建造师应通过继续教育,掌握工程建设相关法律法规、标准规范,增强职业道德和诚信守法意识,熟悉工程建设项目管理新方法、新技术,总结工作中的经验教训,不断提高综合素质和执业能力。

本编委会组织具有较高理论水平和丰富实践经验的专家、学者,邀请了一批施工企业优秀管理人员和建造师共同开展了建造师人才培养课题研究工作,并组织编写了一系列研究专著。在编纂过程中,坚持“以提高综合素质和执业能力为基础,工程实例内容为主导”的编写原则,突出系统性、针对性、实践性和前瞻性,体现建设行业发展的新常态、新法规、新技术、新工艺、新材料等内容。本套专著共分建筑工程、市政公用工程、水利水电工程、公路工程和机电工程五个专业编写。本套专著既可作为注册建造师继续教育用书,也可作为建设单位、施工单位和建设类大中专院校的教学及参考用书。

本套专著的编写得到了山东省住房和城乡建设厅、山东建筑大学、中国海洋大学、山东大学、山东交通学院、山东海大工程咨询有限公司、青岛市政监理咨询有限公司、青岛华海科技文化传媒有限公司、中国矿业大学出版社等单位的大力支持,在此表示衷心的感谢。

本套专著虽经反复推敲核证,仍难免有不妥甚至疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

编委会

2016年10月

前 言

改革开放以来,随着国民经济的快速发展,国家加大了交通基础设施建设的投资力度,公路及城市道路建设蓬勃发展,一大批科技含量高、技术复杂、施工难度大的特大跨径桥梁相继建成,使我国的道路桥梁建造技术步入世界先进水平的行列。

与此同时,随着交通量增加、荷载等级提高、环境条件变化等多种因素的不断作用,道路桥梁的使用性能逐渐劣化,导致各种病害的出现,严重的已无法满足现今交通的需要,面临着艰巨的养护维修和技术改造任务。相对于发展较快的道路桥梁建设技术,我国的道路桥梁维修加固技术的发展相对滞后,进一步加强针对道路桥梁养护维修与加固改造的技术研究以及工程应用具有重要意义。

本书的编写广泛征求了建设行业的主管部门、高等院校和企业等有关专家的意见,并经过多次研讨和修改。山东省住房和城乡建设厅、中国海洋大学、山东建筑大学、山东海大工程咨询有限公司等单位对本书的编写工作给予了大力支持,在此给予诚挚感谢!

限于我们水平和经验,书中疏漏和错误难免,诚挚希望读者提出宝贵意见,以便完善。

编委会

2016年10月

目 录

第一章 路基常见病害及防治措施	1
第一节 路基常见病害及处治方法	1
第二节 路基不均匀沉降及防治措施	3
第三节 高填方路堤病害维修加固措施	6
第四节 桥头跳车	7
第五节 路基边坡病害整治	16
第六节 软土地基路基病害防治	19
第七节 黄土路基、膨胀土边坡综合治理	33
第二章 沥青路面养护维修	39
第一节 沥青路面病害维修	39
第二节 沥青路面加铺维修技术	52
第三节 沥青路面再生技术	54
第三章 水泥路面养护维修	62
第一节 水泥路面病害维修	62
第二节 水泥路面加铺改造	73
第三节 水泥路面改建技术	78
第四节 工程实例	90
第四章 桥梁缺损维修与裂缝修补	100
第一节 混凝土桥梁缺损的维修	100
第二节 圯工桥梁缺损的维修	106
第三节 桥梁裂缝修补	107
第五章 桥梁结构加固与技术改造	111
第一节 桥梁结构加固与技术改造一般规定	111
第二节 梁桥上部结构加固	111
第三节 拱桥上部结构加固	140
第四节 桥梁下部结构加固	154
第五节 桥梁加固实例	163

第一章 路基常见病害及防治措施

第一节 路基常见病害及处治方法

一、路基常见病害

在自然界中,路基受各种因素的作用,产生不可恢复的变形,危及路基及其各组成部分的完整和稳定,形成路基的病害。

(一) 路基沉降

路基沉降是指路基表面在垂直方向产生较大的沉落。

路基沉降分两种情况:

(1) 因路基填料选择不当、填筑方法不合理、压实不足,在路基堤身内部将形成过湿的夹层,在荷载和水温综合作用下,引起路基自身沉缩。

(2) 原天然地面为新近填土、软土、泥沼等,其承载能力不足,路基修筑前又未经处理,在路基自重作用下,地基沉降或向两侧挤出,引起路基下陷。

(二) 边坡滑塌

根据边坡土质类别、破坏原因和规模的不同,路基边坡滑塌可分为以下四种:

1. 溜方

溜方是由少量土体沿土质边坡向下移动所形成的,通常是指边坡上薄的表层土下溜,可能是由于流动水冲刷边坡或施工不当而引起的。

2. 滑坡

滑坡是指一部分土体在重力作用下沿路堤的某一滑动面滑动。滑坡现象主要是土体的稳定性不足而引起的。滑坡分为路堤滑坡和路堑滑坡。

边坡坡度过陡,边坡坡脚被冲刷挖空,填土层次安排不当,是导致路堤边坡的主要原因。边坡高度和边坡坡度与天然岩土层次的性质不适应是路堑边坡滑坡的主要原因。黏性土层和蓄水的砂石层交替分层蕴藏,特别是有倾向路堑方向的斜坡层理时,就更容易诱发滑坡。

3. 风化剥落

风化剥落是指风化的石质路堑边坡,在外界环境因素如降水、强风、振动等影响下,成片或块体剥落,从而危及线路和行车安全。风化剥落一般多指因地形、地质原因而造成的体积较小而数量较多的风化岩石剥落。

4. 不良地质和水文条件

不良地质条件(如泥石流、溶洞等)和较大自然灾害(如大暴雨)均可能导致路基的大规模毁坏。

二、常用地基处治方法

(一) 换填法

换填法就是将路基地面以下一定范围内的软弱土层挖去,然后以质地坚硬、强度较高、性能稳定、具有抗侵蚀的砂、碎石、卵石、素土、灰土、煤渣、矿渣等材料分层填筑、压实成为良好的人工地基。就道路病害而言,通常只在上部路堤较矮且下部软弱土层较薄的情况下采用换填法。

(二) 静压注浆法

静压注浆法的实质是用气压、液压或电化学原理,把某些能固化的浆液注入各种介质的裂缝或孔隙,以改善地基的物理力学性质。注浆法可用于防渗、堵漏、加固和纠正结构物倾斜。它广泛应用于水利、道桥以及地下建筑等工程中的砂及砂砾石地基、软黏土地基、杂填土地基、淤泥以及湿陷性黄土地基等。在地基处理中,常用的静压注浆方法按其依据的理论可分为渗透注浆法、劈裂注浆法、压密注浆法、电动化学注浆法。

1. 劈裂注浆法

浆液在压力作用下,克服地层的初始应力和抗拉强度,引起土体结构的破坏和扰动,进而使浆液沿垂直于小主应力平面上发生劈裂,进一步使地层中原有的孔隙或裂隙扩张或形成新的裂缝和孔隙,从而使低透水性地层的可灌性和浆液扩散距离增大。劈裂注浆法可以通过劈裂压密土体形成充填裂缝,浆液进一步扩散和延伸,最终形成板状和树根状浆脉,达到改善土体化学性能、增加土体抗压强度、降低土体渗透性的目的。

2. 压密注浆法

通过钻孔向土层中压入浓浆,随着土体的压密和浆液的挤入,在压浆点周围形成浆泡空间,并向四周不断膨胀挤压土体,压入的浆泡使一定范围内的土体被挤密,浆泡本身凝结后也最终形成硬质块体存在于土体中,使一定范围内的土层得到强化改善。此外,浆液的挤压作用会引起地面的局部隆起和路基不均匀沉降有所抵消现象。

3. 渗透注浆法

在注浆压力作用下,浆液克服各种阻力而渗入孔隙和裂隙,注浆压力越大,吸浆量及浆液扩散距离就大。该法假定在注浆过程中地层结构不受扰动和破坏,所用的注浆压力相对较小。渗透性注浆是在地层结构不被破坏的条件下渗入地层,浆材的颗粒尺寸必须至少小于土的孔隙尺寸,才能实现渗透性注浆。

4. 电动化学注浆法

在黏性土中插入金属电极并通以直流电后,就在土中引起电渗、电泳和离子交换等作用,促使在通电区域的土中以高价金属离子代换钠离子,使土的含水量显著降低,并可使土内形成渗浆“通道”。若在通电的同时向土中灌注硅酸盐浆液,就能在“通道”上形成硅胶,并与土体胶结成具有一定力学强度的加固体。

(三) 旋喷桩法

旋喷桩法利用旋喷钻机将预先配置好的水泥浆液通过高压脉冲泵使液流获得巨大能量后,通过注浆管道从高压喷嘴中高速喷射,形成一股能量高度集中的液流。切削土体的同时,钻杆以一定的速度边旋转,边提升,从而使浆液与土体充分搅拌,并按一定的浆土比例和质量大小有规律地重新排列,胶结硬化后便形成一个有一定直径的柱状固结体。

采用旋喷桩法,在软弱土层中形成由水泥固结体与桩间土组成的复合地基,可大大提高地基的抗剪强度,改善土的变形性质,提高地基的承载力,减少地基的沉降变形。此方法可以利用小直径钻孔旋喷成比孔大 8~10 倍的大直径固结体,具有设备简单、施工速度快、机械化程度高、用途广、成本低的特点。

(四) 混凝土挤密桩法

混凝土挤密桩的实质是一种钻孔桩,即利用钻机从路面向下钻孔至不良地基中,成孔后将混凝土分层压实,在一定的压力作用下,对周围的不良土体起挤密作用,同时挤出的水分被干混凝土吸收,形成改良后的复合桩基础,从而达到治理的目的。

(五) 树根桩托换法

树根桩就是在套管导向下用旋转方法钻进(钻孔直径 100~300 mm),穿过原有建筑物的基础进入地基土中至设计高程,清孔后下放钢筋(钢筋数量视桩孔直径而定),再用压力灌注水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土,边灌、边振、边拔管,最后成桩。利用该方法所形成的桩可以是垂直的也可以是倾斜的,可以是单根的也可以是成排的,由于桩基形状如“树根”而得名。它的突出优点是能够最大限度地保持结构物与地基之间原有的平衡状态,保证在加固地基的同时,又不破坏地基土对结构物的支撑作用。树根桩的三维结构增加了地基的刚度,可使基础的沉降大大降低,且树根桩在施工时无振动,不需要笨重的设备。

第二节 路基不均匀沉降及防治措施

一、路基不均匀沉降原因及防治措施

(一) 路基不均匀沉降原因分析

路基不均匀沉降是地基、路基本身、水等多方面因素综合作用的结果。

1. 地基

表土处理、伐树除根不彻底,基底压实度不符合要求,易致地基松软及不均匀沉降。填筑前地基未按规定要求挖成台阶的大横坡路段,荷载作用下与地基结合不良的填料极易失稳而沿坡面发生滑移,从而产生横向不均匀沉降。

软土地基在附加应力作用下,会发生固结沉降、次固结沉降和侧向塑性挤出,导致明显的沉降变形。当清淤处理不彻底或回填材料控制不好时,易形成相对软土层,导致地基不均匀沉降,造成路基的不均匀沉降及路面开裂。

在碳酸盐岩地区,路基下有时分布有岩溶洼地或漏斗,其中的沉积物松软,在荷载作用下,沉积物压实、侧向流动和下陷,形成路基沉陷。

2. 路基

在路基施工过程中,填料、级配难以得到有效控制。填料多用挖方、废方,其性质、级配差异大,若填料中混入种植土、腐殖土等劣质土,或土中含有大块土或冻土等,在一定期限内可能产生局部明显横向下沉。

压实不足往往导致填方路基的横向不均匀沉降变形,在路基两侧出现纵向裂缝。路基土体压实度不足的原因很多。在施工过程中,填方土体的最佳含水量控制不力,压实时的松铺厚度、碾压机具选择不当,压实或压实作用时间不足,路基压实不充分,压实效果达不到要

求;分层碾压厚度过大,小颗粒填料和软弱物质难以有效压实,长期荷载作用下,路基会产生不协调沉降变形;局部路堤填料含水量低,土块粉碎不足易致路基压实度不均匀;加减速道与行车道拼接处,路基边缘不能超宽碾压处,容易产生压实度不足的情况。填方土体压实度不足,使得土体前期固结压力小于自重应力和各种附加应力之和,在自重作用下就会发生沉降变形。路基压实不足,密实度达不到要求,土体易发生积水,造成水分积聚和侵蚀路基,使路基土软化或因冻胀而产生不均匀沉降。

在半填半挖路段,由于填方与挖方的沉降系数不同,在行车荷载的作用下,填方与挖方的沉降差值随着时间的增加而增大,易在交界处出现不均匀沉降,从而产生纵向裂缝。

3. 水

在地下水的交替作用下,路基土体内水含量反复变化。土体重度在一定范围内波动,由毛细管张力引起孔隙水压力达到相当的数值,可使路基产生横向沉降变形。降雨量过大、洪水、冰冻、积雪或温差过大,都可能使高路堤产生横向不均匀下沉。

施工过程中不注意排水,雨天时路基积水严重,无法自行排水,积水浸入路基内部,形成水囊;晴天施工时,积水未及时排除就继续填筑,形成隐患。

(二) 路基不均匀沉降防治措施

1. 勘察设计

(1) 做好地质勘探调查

对道路沿线的地形、地貌、水文地质进行详细勘察,对特殊路基段应提供详细的设计资料。地表不良路段,可考虑换土或掺石灰、水泥及铺设土工合成材料等措施。

(2) 设计要求

按照设计规范要求,根据土基干湿类型及毛细水位高度确保路基最小填筑高度,保证不因地面水、地下水、毛细水及冻胀作用的影响而降低其稳定性。当路基填筑高度受限制而不能达到规范规定时,则应采取相应的处治措施,如换填砂砾、石渣等透水性材料,设置隔离层或修筑地下渗透沟等以避免地面积水和地下水浸入路基,影响路基工作区内的土基强度与稳定性。

遵循因地制宜、整体规划、综合考虑的原则,进行路基纵、横向排水设计,避免造成两侧长期积水浸泡路基,使路基承载力下降而发生沉降变形。

高填、深挖路基的边坡应根据填料种类、边坡高度和工程地质条件等确定,且高填路堤必须进行路基稳定性验算。填方边坡过高时,可考虑在边坡中部加置边坡平台。

积极推行植物防护与硬防护相结合的综合防护形式,在比较稳定的土质边坡采用种草、铺设草皮、植树等植物防护措施。岩体风化严峻、节理发育、软质岩石、松散碎(砾)石土的挖方边坡以及受水流侵蚀、植物不易生长的填方边坡可采用护面墙、砌石等工程防护措施,沿河路基、受冰侵害和冲刷路段采用挡土墙、砌行护坡、石笼抛石等直接防护措施。

(3) 防治方法

强夯法处治是利用大能量直接作用在被处治范围上,通过整体提高被处治体的密实度来减少不均匀沉降变形。其作用效果明显,施工速度快。

压力灌浆法是利用机器施加高压,把能固化的浆液压入土体空隙,浆液凝固后把压力区范围内的土体固结,使用松散的土颗粒形成整体,达到控制沉降、减少不均匀沉降的目的。特别是针对路路基下软土基的处治,可以直接改善土体结构,固结土体,控制沉降。

应用土工合成材料(土工格栅、塑料网格等)进行加筋或制或柔性褥垫层,使之调节和控制不均匀沉降。

2. 施工

施工前要做好施工组织设计,做好施工前的准备工作,认真清除地表土,严格控制填土含水量,选取满足规范要求的路基填料,做好监测工作,处理好填石路基与鸡爪形地段等特殊地段施工,做好路基填筑碾压工作,路基施工必须分层填筑,分层碾压,并做好路基施工中的排水工作,对半填半挖部位做台阶以控制不均匀沉降。

路基土石方施工时或完工后,应及时进行路基防护工程施工和养生。各类防护与加固应在稳定的基础或坡体上施工。防护工程的砂浆、混凝土,应采用机械拌和,随拌随用,并注重做好养生。

二、纵向填挖交界处不均匀沉降原因及防治措施

纵向填挖交界处不均匀沉降问题直接关系到道路的质量,因而,解决好纵向填挖交界处不均匀沉降问题具有重大的意义。

1. 纵向填挖交界处存在的质量问题

在新建的道路上,经常出现填方地段与挖方地段发生错台,致使整个路段产生不均匀沉降,路面也随之发生破坏。由于填挖结合部位是填挖方的过渡段,其特点是填方的高度和挖方的深度都较小,作为行车荷载直接作用区域,随着时间的推移,由于填、挖方的沉降值不同,使路基出现纵向不均匀沉降。

2. 纵向填挖交界处不均匀沉降原因分析

(1) 在道路施工中,路基填方与挖方结合处的填方一般处于一个“倒三角”的地形。在这种地形填方时,机械难以在底部展开工作,一般倾填至机械能及的位置后才进行碾压。倾填的部分由于大石料集中、填料的空隙率大,极不稳定。尤其是基底未经处理,地基的承载能力不均匀也导致了变形过大而挖方地段基础处于天然密实状态,即使有沉降也是均匀的。

(2) 高填方地段的工后沉降量大于挖方地段。

(3) 填方时,填挖衔接处没有按要求采取挖台阶处理或者处理的宽度及高度不满足要求。

3. 纵向填挖交界处不均匀沉降预防措施

(1) 填方前应对基底进行处理,清除淤泥、腐殖土、杂草树根。

(2) 做好临时排水设施。当坡面或坡脚处裂隙水比较丰富或有地下泉水时,应在沿坡脚位置每间隔2~3个填层高度设置一个盲沟,将丰富的裂隙水或泉水导流至填方区以外排水沟内。此外,路堤在填筑过程中要按设计纵横坡保持路拱,以便雨季排水畅通。另外,对于半填半挖、填挖交界处施工,最好不要用推土机直接进行填土作业,这样容易形成推堆区,且满足不了压实要求。

(3) 高填方路基前边坡应用较大石块,码砌高度不小于2 m,厚度不小于1 m;控制倾填料颗粒径,避免大石料过于集中;采用大吨位机械振动压实,避免出现过大的工后沉降。

(4) 填方前,对于填挖交界处或自然横坡陡于1:5时,应将原地面挖台阶,宽度不小于2 m,其顶做成2%~4%的内倾斜坡,压实度不得小于85%,挖好横向联结台阶,分层压实。

(5) 做好挖方段地表及地下排水工作,避免水对新填路基的危害。

(6) 在进行填方区压实度检测时,应将纵向填挖交界处作为重点检测对象,若压实度不合格,要根据不合格原因坚决进行返工或补压。

(7) 工程实践已证明,应用土工合成材料处治路基非均匀沉降,不失为一种有效的工程技术措施。

为保证纵向填挖交界处路基的稳定性,减少不均匀沉降,对部分填挖交界路基进行土工格网加固处理。山体自然坡度比不小于 $1:2$,且填高大于 4 m 时,在路基顶部至 $0.4H$ (H 为填土高度)高度处,每间隔 100 cm 高度铺设一层土工格网。纵向填挖交界处土工格网沿横向铺设,当土工格网铺设长度超出路基边坡的范围时,则铺至离坡面 30 cm 处即可。

4. 纵向填挖交界处不均匀沉降处理措施

如果纵向填挖交界处的沉降已经发生,可采取以下措施:

(1) 分析产生的原因,观察沉降发展的情况,设计处理措施方案。

(2) 错台差异不大的地方,对开裂的路面使用沥青砂或者水泥浆进行灌缝处理,避免路面水浸入而影响路面基层强度或路基的整体强度。

(3) 如果沉降已经稳定,视差异高度加铺一层路面结构或重新填筑。

第三节 高填方路堤病害维修加固措施

高填方路堤施工和工程完工后,在自然环境多因素影响和汽车重复荷载作用下,易出现一些路基病害,引起路基的整体下沉、局部沉陷、边坡坍塌,影响道路的正常行驶。对高填方路堤出现的严重病害,必须采取行之有效的处理办法,使路基处于良好的工作状态。对其常见处治措施如下。

1. 换土复填法

因填筑土质不符合要求,导致路基出现下沉但面积不大且深度较浅时,宜采用换土复填方法,简便快捷。换土复填法即挖除原路基出现病害部分的土,更换符合规范要求的填料。填料以采用级配较好的砂砾土、塑性指数满足规范要求的亚黏土为宜。回填时,挖补面积要扩大,且逐层开挖成台阶状,并由下往上逐层填筑,碾压密实,压实度要求高出原路基压实度 $1\%\sim 2\%$ 为宜。

2. 固化剂法

在高填方路堤下沉处理过程中,有时路基填料更换受到限制不易进行,若填筑数量不大,可在原填料中掺入固化剂来处理路基病害。路用材料固化剂分为固态和液态两大类,从化学构成上可分为主固化剂和助固化剂两大部分。固体粉状固化剂中主固化剂以石灰、石膏、水泥为主,助固化剂采用高聚物如聚丙烯酰胺、聚丙烯酸或含有活性基的有机化合物,与土混合分层碾压密实即可,适合于表层或浅层土的固化;液态固化剂中主固化剂多采用水玻璃,助固化剂采用各种无机盐如碳酸镁、碳酸钙等,采用特殊工艺将浆液注入土中使土固结,适合于深层土的固结。

固化剂的种类很多,在道路工程中使用,可根据路用材料的种类与固化剂的成分、类型选用。

3. 灌浆法

灌浆法是利用液压、气压或电化学原理,通过注浆管将浆液均匀地注入地层中,浆液以

充填、渗透和挤密等方式占据土粒间或岩石裂缝中的空间,一定时间后,浆液将原来松散的土粒或裂隙胶结成一个整体,形成一个强度大、防水性能好,化学稳定性高的“结合体”。

4. 粉喷桩法

粉喷桩法处理软土地基是通过专门机械将粉体固化剂喷出后在地基深处就地与软土强制搅拌,利用固化剂和软土之间发生一系列物理、化学反应,在原地基中形成强度与刚度较大的桩体,同时也改善桩周土体性质,使桩体与桩间土体形成复合地基共同承担外部荷载。粉喷桩加固技术是处理 10 m 以内路基下沉病害的一种较为理想的方法。

使用粉喷桩加固路基,应认真调查路基病害的情况,做好粉喷桩施工的设计(桩径、桩距、固化剂掺入量、桩身强度等),施工中要严格掌握固化剂掺入量、粉喷桩龄期、土样含水量、混合料搅拌的均匀性,并着重抓好施工中的以下几个环节。

(1) 严格按粉喷桩施工规范施工,严格掌握钻机的就位、钻进、停钻、提升、停喷、重复的工艺流程。

(2) 粉喷桩处理软基属隐蔽工程,通常是昼夜连续施工,必须做好粉喷桩的质量控制,控制内容包括桩距、桩位检查,逐桩控制喷粉量、桩长等。

第四节 桥头跳车

桥头跳车是指桥头及伸缩缝(桥头引道)处的差异沉降或伸缩缝破坏而使路面纵坡出现台阶引起车辆通过时产生颠簸跳跃的现象

引起桥头跳车的主要原因有不均匀沉降、刚度突变、车速、车辆本身的抗震性能等。就城市道路路况而言,它主要是柔性道路与刚性结构物之间的连接处发生不均匀沉降,产生错台所致。桥梁与路基、路面的组成材料、刚度、强度、胀缩性等存在差异,且桥头连接处受力时易形成集中应力;在车辆荷载、结构自重、自然因素作用下,桥梁与道路同时发生沉降,但两者的沉降量有很大差异,道路的沉降量远大于桥梁的沉降量,形成错台,导致行车时发生桥头跳车。

桥头跳车的危害主要表现为:影响行车安全、降低行车速度、影响车辆运营费用和加速桥梁及路面的病害,对道路桥梁的运行影响极大。

消除或缓解桥头跳车的关键是减少不均匀沉降量、延长沉降特征长度、减缓不均匀沉降梯度,从而起到匀顺纵坡的目的。因此需要对地基、台背路堤以及过渡段路面采取综合处治措施,才能较好解决桥头跳车现象。

一、地基处治技术

地基处治的目的是改善地基性能,提高承载力和抵抗自然灾害的能力,增强地基稳定性,减少或消除路桥过渡段的不均匀沉降,缩小桥台与路堤的沉降差。

目前针对不良地基的预防措施有很多,但很多预防措施在施工中没有严格按照要求实施,以致经过多年使用之后,路基出现各种病害。针对已有病害的地基处治目前缺乏比较系统的研究。由于道路一旦投入使用,交通量较大,为了不影響或尽量少影响道路的通行,在病害处治方法的选择上就有一定的局限性,对于上部填土较厚的不良地基,就不适合采用换填、排水固结、强夯等一般的处治措施。在处治方法的选择上不但要达到治理地基的沉降和

破坏的目的,还应尽量减小对路堤及上部结构的扰动,不影响交通,经济且方便施工。

在对台背地基进行处治时,需考虑路堤纵、横向的变形协调问题。在明了桥头地基地质情况的前提下,根据以下两点选用处治措施:

(1) 纵向上保证桥台沉降与路堤地基沉降的平衡过渡;

(2) 横向上维持路堤中央变形和坡脚路肩处变形的协调稳定。

在工程应用中,应综合考虑土质、经济、安全等实际情况,选择合适的处治方法,以有效地减少地基的沉降。

1. 常用地基处治方法

静压注浆法具有设备简单、施工方便、材料便宜、操作不受时间限制、在道路运营期间便于施工等特点,因此,在路桥过渡段病害地基处治中得到了广泛的应用。在地基处理中,常用的静压注浆方法按其依据的理论可分为渗透注浆法、劈裂注浆法、压密注浆法、电动化学注浆法。

另外,旋喷桩法、树根桩托换法、换填法、混凝土挤密桩法等也得到了广泛的应用。

2. 地基处治方法选择

地基处治的土体复杂多变,没有万能的处治方法,只有具体问题具体分析,对症下药,才能达到治理病害的目的。

(1) 软土地基

软土地基是第四纪后期形成的海相、泻湖相、三角洲相、湖泊相等黏性土沉积物或河流冲积物,其中最为软弱的是淤泥和淤泥质土。这类土的特点是天然含水量高、孔隙比大、抗剪强度低、压缩系数高、渗透系数小、黏粒含量高,土体颗粒之间的联结力主要是范德华力,且以水化膜联结为主。在荷载作用下,软黏土地基承载能力低,地基沉降变形大,不均匀沉降也大,而且沉降稳定时间比较长。在比较深厚的软黏土层上,结构物基础的沉降往往持续数年乃至数十年之久。

由于软土地基没有相对较大的孔隙,因此,可以利用劈裂注浆使得其可灌性增强,并沿垂直于小主应力平面上发生劈裂,浆液充填劈裂面,同时引起土体固结及挤出,提高土体的固结度,从而提高土体的抗压强度。如有排水通道,也可以用压密注浆通过钻孔向土层中压入浓浆。在压浆点周围形成泡形空间,使浆液对地基土起到挤压密实作用。另外也可以使用电动化学注浆法。对于含水量较高且没有排水条件的软基,还可以采用置换法,如旋喷桩法、混凝土挤密桩法等。

(2) 湿陷性黄土地基

在上覆土的自重应力或与附加应力共同作用下,受水浸湿后结构迅速破坏而发生显著附加下沉的天然黄土称为湿陷性黄土。发生显著下沉的现象是湿陷性黄土地基的特性,而这种特性会给结构物带来不同程度的危害,如使路基大幅度沉降、路基纵向开裂,甚至还会引起路基边坡的滑坡和坍塌。黄土和黄土状土在我国特别发育,且地层多、厚度大,广泛分布在辽宁、内蒙古、山东、河北、河南、山西、陕西、甘肃、宁夏等地区。

当以湿陷性黄土作为地基时,完全防水做不到,而且受水浸湿后土的结构迅速破坏,因此,在处治上应提高土体的密实度和改善土体的抗水能力为主。所以通常在采用劈裂注浆、压密注浆、旋喷桩来提高土体的密实度、改善土体的物理性能的同时,还应加强地面排水设施并做好坡面防护。

(3) 冲填土地基

冲填土是由水力冲填而形成的,其性质与所冲填泥沙的来源及淤填时的水力条件有密切关系。含黏土颗粒较多的冲填土往往是欠固结的,其强度和压缩性指标都比同类天然沉积土差。冲填土地基一般要经过人工处理才能作为建筑物地基。以粉细砂含量为主的冲填土,其性质基本上和粉细砂相同或类似。因此,在病害处理时可选用提高地基强度的方法,对于上部路堤填土较厚的冲填土可选用劈裂注浆法,压密注浆使浆液对地基土起到挤压密实作用。对于上部路堤填土较薄的冲填土,可开挖路堤后按一般的方法处理,如换填等。

(4) 卵砾和块石地基

卵砾和块石地基多位于山区的河谷地段和断层破碎带,具有大孔隙结构。随着上部振动物荷载的重复作用以及地下水位的不不断变化,卵砾及块石有可能发生重新排列而引起地基的不均匀沉降。因其具有大孔隙性,可以采用渗透注浆法,通过浆液的填充和胶结作用来提高地基的承载力。

(5) 膨胀土地基

膨胀土是一种吸水膨胀、失水收缩,具有较大胀缩变形性能,且变形往复的高塑性黏土。利用膨胀土作为结构物地基时,如果没有采取必要措施进行人工处理,常会给结构物造成危害。在病害处治时应以完善防排水设施和加强土质改良为主,可采用的方法有灰土换填、劈裂注浆、生石灰桩等。

二、路堤处治技术

路堤是承受并传递上部结构及汽车荷载的载体。路堤的沉降和变形直接关系到道路的正常运营,一旦发生破坏后维修比较困难。而且,在施工中受构造物的影响,大型的压实机械由于工作面较小难以展开压实工作,即使有足够的工作面,由于压实过程中大吨位机械振动力太大,出于对桥台的安全考虑,一般也不允许在桥台背部位使用大型的压实机械进行压实。因此,台背部位回填土的压实质量难以保证,加之该部位路堤施工又晚于其他正常路段路堤施工时间,相比之下没有足够的时间完成固结沉降,因而在其自重的作用下,路堤的压缩沉降一般也就比较大,这是引起路桥过渡段不均匀沉降的主要原因之一。相关资料显示,多数台背路堤在回填过程中都经过处理,但路基病害仍然普遍存在,只是破坏程度不同而已。

路桥过渡段处病害处治的目的就是使路基与桥台间实现平稳过渡。由于考虑到道路的通行和地段的特殊性,在处治方法的选择上就会有一定的限制。路桥过渡段处病害处治总的原则是减少对周围稳定结构的破坏,工期要短,尤其是对于高填路堤一般不会采用大开大挖,但小规模填补又不能从根本上解决问题。

因此,减少路桥过渡段不均匀沉降,台背路堤处治可从以下几方面入手:

(1) 合理安排施工工序和时间,尽早对路桥过渡段路堤进行施工,保证有足够的时间完成沉降;

(2) 提高台背回填区路堤的压实度,减少因填料自重和车辆荷载作用下压实度增加而产生的沉降;

(3) 在考虑经济性的前提下,合理选择填料,减少路桥过渡段路堤的自重作用,避免因自重而产生过大的压缩沉降;

(4) 利用土工格栅予以加筋等方法提高台背路堤自身承载能力,增加路堤填土的整体性,减少不均匀沉降的梯度。

1. 施工工序的合理安排

为使桥台台背填土尽早开始,在立柱、桩基础施工中应先安排桥台,再做其他桥墩。为保证桥台盖梁下填土的压实质量,要求必须先将台背填土至盖梁地面高程,再浇筑桥台盖梁。为避免桥梁、伸缩缝、路堤三者高程不一致而形成错台,要求铺筑路面时,先将伸缩缝预留槽,并临时用沥青填筑,待路面铺筑完毕,再对预留槽进行切缝,安装伸缩缝。

另外,当台背路堤高度小于 4 m 以下时,也可先填筑路堤预压,让路基排水固结,待路堤沉降基本完成以后,在涵洞或桥台位置再开挖合适的工作面,进行基础及桥台等施工。可用易于压实的二灰或三灰等材料对工作面进行回填,从而减少桥涵两端路堤的工后沉降,使桥涵两端路堤与桥台构造物的相对沉降尽量小一些。

2. 优化台背填方碾压方法

施工过程中尽可能扩大施工场地,以便充分发挥一般大型填方压实机械的作用,当受场地限制时,可采用横向碾压法,以能使压路机尽量靠近台背进行碾压。对于大型压路机不能靠近台背时,可采用小型压路机配合人工夯实进行碾压。同时,可减薄碾压层厚度(15~20 cm),提高压实度,最终使压实度满足设计要求。

在涵洞的翼墙周围特别容易产生因压实不足而引起的沉陷,给养护工作带来麻烦,应注意压实。扶壁式桥台在施工时很可能使用大型压实机械,这种情况下应与小型振动压路机配套使用,给以充分压实。

3. 强化台背回填材料

回填材料的性质对工程质量起决定作用。台背填料应在现场择优选。填料应选择强度高、渗水性好、塑性小、压实快、透水性好的材料。同时,为了改善填土的密实性、应设计好相应的级配,且台后须设置横向泄水管或盲沟,以利排水,减少病害。

此外,应采用粗颗粒材料填筑桥涵两端路堤,或者设置一定厚度的稳定土,用粗颗粒材料作为路基的填料,不仅改善压实性能,使其易达到要求的密实度,而且对北方地区特别有利于减缓冻融的危害。设置稳定土的改善层能够使路基、路面的整体刚度有所提高,从而减少沉陷。

国外台后填方采用轻质填料,其目的也是减轻填方土体对地基的压力,提高地基的承载力和抗变形的能力。在桥头路堤任一高度的平面内不应采用不同填料填筑(不同层次可用不同填料),不准采用高塑性黏土填筑桥头路堤。

在挖方地段的台背回填部位,因场地特别窄小,应选择当地的石渣、砂砾等优质填料(在湿陷性黄土地区宜用水泥、白灰稳定土)。填料的施工层厚度,以压实后小于 20 cm 为宜。无论填方或挖方地段的台背填料,最好不要采用容易产生崩解的风化岩碎屑,以免因填料风化崩解而产生下陷,这一点在土方调配时应予以重视。

在高填方的拱涵及涵洞与侧墙的相接部位,应尽量使用内摩擦角大的填料进行填筑,而且,施工时应注意填料土压的平衡,不得发生偏压,以免造成工程事故。

受施工条件的限制,一般土方的内摩擦角较小,加之压实质量难以保证,因此,桥台背通常选用如岩渣、砾石、砂砾等摩擦角大、强度高、压实快、透水性好的填料。这类回填料不但有利于从台背缝隙中渗入的雨水沿盲沟或泄水管顺利排到路基外,减缓雨水的危害,而且也

有利于改善压实性能,使路基容易达到设计要求的密实度。

粉煤灰在碱性环境下,比如掺加一定量的石灰或水泥,粉煤灰将发生水化、硬化反应。随着龄期的增长,混合料的强度也随之增大,表现出具有强度高、板体性好、水稳定性和温度稳定性优良等特点。粉煤灰的干密度小,用其回填台背可大大降低路堤下地基的附加荷载,有利于减少地基沉降及路堤对桥台的侧压力。但是,由于透水性大、稳定性差以及无黏结性等特点,粉煤灰不宜直接用于台背回填,石灰粉煤灰混合料作为合背路堤填料,经压实后形成轻质整体性路堤。

4. 土工格栅处治台背填土

随行加筋土技术的日趋成熟,土工格栅也逐渐被用于桥台台背,以处治桥头跳车问题。

(1) 土工格栅处治桥头跳车机理

土工格栅处治桥头跳车的原理是:在填土中沿路线方向分层平铺土工格栅,格栅层的一端固定于桥台,另一段与台背连接,利用土工格栅变形的连续性及其高强度、高弹性、大变形特性,将车辆荷载及上部土体的自重荷载部分地传递到桥台,在台背局部范围内,分层阻止填料沿台背沉降;与此同时,通过格栅与土体的相互作用,改善局部荷载作用下土体内部的受力状态,将荷载扩散到一个较大的范围内,从而减少外部荷载对土体的压缩沉降,延长沉降特征长度,使台背与填土交界部位的阶梯状沉降变为连续渐变沉降。

(2) 土工格栅处治桥头跳车方法

采用土工格栅处治,减少台背路堤不均匀沉降,通常将土工格栅一端锚固于桥台背,另一端向压实后的路基上水平展铺,最下一层铺设在构造物基础的顶面,最上一层铺设在路基的顶面,以使得桥台借助于土工格栅和台背的路基压实土成为一体。

土工格栅处治施工时,沿路线的纵向进行摊铺,将成捆格栅自桥台背部向外展开,按设计长度截断。若桥台与线路斜交,应将格栅靠桥台一端的端部裁成与斜交角相同的角度,保证格栅铺向与路线走向平行。先将土工格栅靠桥台一端用膨胀螺钉或预埋螺杆锚固在台背(膨胀螺钉间距为 60 cm),然后用一带钩横梁将土工格栅张紧,使之产生 2%~4% 的伸长率,后用 U 形钉定位(U 形钉的布设间距不大于 2 cm,其长度宜为 15 cm 左右),再将土工格栅用膨胀螺钉锚固于桥台两侧的翼墙上(膨胀螺钉间距不大于 1.0 m)。对于每层的土工格栅,应采用连接棒将相邻的两幅连为一体。

土工格栅铺好后,可在填料与台背交界部位填筑 20 cm 厚的级配碎石,以便于台背排水。填料颗粒粒径小于 3 cm,每层松铺厚度小于等于 20 cm,整平后用 12 t 以上压路机静压数遍后再起振碾压直至压实度符合规范的要求,压实后的厚度约为 15 cm。

碾压时应严格控制填料的含水量,在达到最佳含水量+2%以内的含水量时,方可进行碾压,否则应进行翻晒。在桥台和翼墙附近等大型压路机碾压不到的部位,还应采用电动打夯机夯实,以确保其压实度。在施工过程中,对回填质量应进行检测,内容包括填料常规的物理指标和压实度等。

(3) 土工格栅处治桥头跳车注意事项

① 砌筑桥台台背和翼墙时,其内侧表面应保证平整、规则,便于膨胀螺钉的安装和土工格栅的锚固,待圬工砌体达到规定的强度后再进行台背填筑。

② 台背填筑禁止在雨天进行。台背填筑时,底层土工格栅下的级配碎石应分层摊铺并用振动式压路机振动压实。当土工格栅摊铺在碎石层上时,应先在碎石层上撒铺 2 cm 厚的