

公路路基路面质量通病成因及加固技术研究

方舟

中南勘察设计院集团有限公司, 湖北 武汉 430000

[摘要]公路路基路面通病是影响公路工程质量耐久性能及行驶安全的主要因素。该文阐述了公路路基路面基本构造及其作用,在此基础上对公路常见的路面裂缝、路基路面沉降、边坡滑塌、路基变形等病害进行分类及原因探讨,从裂缝处理、沉降控制、边坡加固、路基病害治理四个主要方面来提出相关的关键技术手段;并结合加固技术适用性比较,为实际工程选择提供参考,希望文章能对公路工程的质量管理有所帮助。

[关键词]路基路面;质量通病;裂缝;沉降;边坡滑塌;加固技术

DOI: 10.33142/ec.v9i5.19646

中图分类号: U416.2

文献标识码: A

Research on the Causes and Reinforcement Techniques of Common Quality Problems in Highway Subgrade and Pavement

FANG Zhou

Hubei Communications Planning and Design Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract: Common problems in highway subgrade and pavement are the main factors affecting the quality, durability, and driving safety of highway engineering. This article elaborates on the basic structure and functions of highway subgrade and pavement. Based on this, it classifies and explores the causes of common road surface cracks, settlement, slope collapse, and deformation. Key technical measures are proposed from four main aspects: crack treatment, settlement control, slope reinforcement, and subgrade disease treatment; And by comparing the applicability of reinforcement techniques, this article provides reference for practical engineering selection, hoping to be helpful for the quality management of highway engineering.

Keywords: roadbed and pavement; common quality issues; cracks; settlement; slope collapse; reinforcement technology

引言

路基是公路结构中基础性的承重部分,它的质量和状况直接决定着道路的使用寿命以及行车安全程度,在进行公路工程建设的过程中如果出现路基沉降、开裂、滑塌等现象,都会导致路面寿命缩短,行车安全隐患加大,维修费用提高等问题。特别是对于高路填筑路段来说,一旦出现问题将会使整个路基产生较大的变形或者局部下陷的情况发生,不仅会影响到公路使用的正常性,还会造成不必要的人员损失。所以,针对各种质量通病产生的机理进行深度剖析、对相应的加固技术进行全面的,对提高公路工程质量水平进而提升公路的使用寿命有着极其重要的理论以及实际作用。

1 公路路基路面的基本结构与功能

道路路基路面结构是由不同的几层组成的一个复合系统,在不同路面层级上相互配合一起承担行车荷载以及自然环境对它的影响。路面从下往上分垫层、底基层、

基层及面层,面层直接受车辆负载及自然环境的影响,要求有足够的强度、平整度、抗滑性和防水性;基层是路面的主要受力层,把面层传来的荷载分布到底基层和路基,要有较高的抗压强度及抗疲劳强度;底基层处于基层之下,起到辅助承载及分布荷载的作用;垫层设在路基和底基层之间,主要是起排水、防冻以及防止污染等作用。路基是路面的依托,其好坏直接影响着路面的寿命以及交通安全问题,必须有足够的稳定性、刚度及耐久性。各结构层之间以适当的材料组合及压实施工使其紧密结合成为一个整体来保证道路的安全稳定行驶。

2 公路工程路基路面常见病害类型及成因分析

2.1 路面裂缝及其成因

路表裂缝属于公路工程中出现频率最高、分布面积最大的一种病害类型,严重影响着路表面结构的整体性及使用年限长短。沥青路面裂缝分为两种类型:即荷载作用下引起的裂缝与非荷载作用引起的裂缝。荷载作用下的裂缝

主要是由于路面设计不合理或者施工工艺不良以及由于车辆超限行驶造成沥青路面或其半刚性基层内产生拉应力大于其疲劳强度所造成的裂缝。而非荷载因素导致的裂缝主要表现为横向裂缝的形式有沥青面层温度收缩性裂缝以及基层反射性裂缝,通常情况下人们认为这类裂缝无法避免。纵向裂缝的形成主要由于地基未处理好,填料不均,或者是路堤加宽时台阶处理不好,忽略不同层次之间填筑厚度、压实度的要求,在车轮压应力及雨水侵蚀力的作用下易产生裂缝,还有就是半刚性基层由于温差或干湿变化引起的裂缝,在荷载与温度双重作用下,在半刚性基层裂缝部位的沥青混凝土表面产生附加压应力导致表面破坏进而发展到全厚度破坏。

2.2 路基路面沉降

路基路面沉降是公路工程质量常见问题之一,它有均匀沉降、非均匀沉降及局部沉降等形式,其中路基下沉主要是因填方路段选用材料不合理、施工时过量回填碾压以及填料压实不够等造成的;路基结构设计不合理、弯沉过大、路面排水不良等也是导致路基下沉的原因,而路基排水不好,则会使得路面与边沟积水。对于高速公路高填方路堤来说,填土层厚度超标或者任意增大铺筑层厚度以及未按规定进行逐层填筑逐层碾压工艺施工等原因都会引起路基累积沉降变形^[1]。道路工程地质处理极为重要,有些软土地质如果不加以妥善处理也会出现路基下沉的问题^[2]。填筑土壤含水量过高,压实时达不到相应的压实度要求,会产生弹簧土情况,也易使路基产生沉降。填挖边坡部分施工不力、桥梁涵洞构造物背侧填充料压实度不够、施工组织安排不合理致使路基没有足够的时间沉实等问题都会导致路基下沉。

2.3 边坡滑塌

滑坡是山岭区公路和高填方路基最危险的一种病害。在路基工程中,滑坡一方面使得斜坡岩土体位移、变形,使边坡变得不稳定,导致滑坡的发生;另一方面由于植被以及地表的破坏,容易造成坡面水土流失,水土流失严重时也会导致山体滑塌。随着高速的建设越来越向险峻山区发展,路基高填深挖不可避免,在建设过程中,受到开挖卸荷、大气降水等原因的影响,滑坡这种地质灾害经常发生,特别是在一些地质复杂、地壳运动强烈的地方更是如此,严重影响到工程建设和交通的安全运营。引起边坡滑塌的原因有以下几点:中等风化灰岩遇水软化,公路排水系统不健全,边坡开挖顺序不当,未采取预防措施。施工开挖是导致斜坡失稳的主要原因,连续降水是边坡失稳诱发因素,两者共同导致了斜坡失稳的发生。

2.4 路基变形

路基地面沉降是指路基出现的不均匀沉降、侧向变形、冻胀变形等多种情况,是公路建设与运用中最常见的病害之一。路基地面沉降是公路建设及应用中最常见的病害之一,经过长期的研究发现对于路基沉降原因及机理研究不足以及理解不到位而导致路基地面沉降问题一直存在于公路中,造成公路桥台处出现跳车现象,路基下沉,路面早期损坏等质量问题影响到公路的使用质量和经济效益。产生地面沉降的原因是因为在填筑路堤后原地基受载会产生压缩固结变形;二是因为填方高度、填料种类、压实程度等因素造成的路堤自身产生固结变形。

2.5 质量通病成因综合分析

道路水毁原因主要是由自然原因及人为原因两大类。针对各种质量问题通病的发生的原因总结如下:分为四个方面,即材料原因、设计原因、施工原因以及环境原因。其中材料原因是指:填料不合格、沥青质量差、集料级配不合理等,使得路面自身的性能不佳,在水和荷载的作用下会加速损坏^[2];设计原因是指:结构层过薄、排水措施不当、坡度过大等,造成结构抵抗外部力量的能力较弱;施工原因是最主要的人为诱发因素,例如压实不够、填筑顺序不正确、接缝处置不当、保养不足等现象。环境原因是指雨水渗透造成土质强度下降、冻胀引起的路面破坏以及地下水位升高使路基土质变得松软等情况。

3 公路路基路面加固施工技术

3.1 路面裂缝加固技术

路基裂缝修复必须针对不同类别的裂缝及裂缝的大小、发展程度来采取相应的措施进行处置,在对非扩展性的干缩裂缝进行修复时,可以采用直接注浆的方法,在施工前把注浆料准备好直接注入裂缝当中,等凝固后就可以通行车辆了;对于宽度比较小的表面裂缝(小于0.5mm),采用压注法注浆,利用压力使浆液挤压到裂缝里面去;而对于一些宽度大或者深度大的裂缝就采用开槽灌缝的方式进行修补,在裂缝处开槽之后填充上密封胶。地聚合物注浆法被称为道路修补中的“微创手术”,它不需要对路面进行大面积的挖掘,速度快、施工简便、费用便宜。工作人员使用专门的钻孔器械对路面钻孔,并将直径为5mm的钻孔打到距地表1.1m至1.2m深处的土质基层以及水稳层内,使基础的受损处得到很好的填充,极大提高基础的整体承重能力和抵抗变形的能力,从根源上延长了公路的寿命。而针对基层反射裂缝可通过在基层上面铺设一层土工布或者玻纤格栅等应力吸收层来阻止裂缝继续向上发展。

3.2 路基路面沉陷防治技术

路基路面沉陷的防治应当针对不同类型的沉陷以及沉陷的程度来采取相应的处理方式。如果是小面积的局部沉陷,则要采取换填的方法,在沉陷的地方挖出不良土质,用碎石、干砌或者浆砌片石等材料重新填实,把土基与基层彻底处理好后再进行施工面层;对于大面积的不均匀沉降,可以通过注浆来进行加固,深层化学灌浆能较好地解决高速公路桥梁涵洞过渡段路段产生的路面沉陷现象,克服了过去处理路基病害需要中断交通后大规模挖掘再重新填筑带来的经济损失与质量问题难控的问题;而对于软土地基的沉陷可选择堆载预压或者铺设塑料排水板的方式,以促进地基快速压缩变形。桥梁隧道过渡段,台背填土应使用重量较小、透水性能较好的材料进行分层夯实,控制好分层压实厚度及压实度。

3.3 边坡滑塌加固处理技术

边坡滑动的防护应当依据边坡大小及地质情况和失稳原因确定相应的支护措施,抗滑桩是近些年来较为广泛的一种对边坡进行防护的方法,用桩做为抵抗滑坡的建筑物,抗滑桩穿过潜在的滑动面产生支撑力使边坡稳定下来所以又称其为锚固桩,抗滑桩抗滑能力强、桩位灵活可调的优点使其特别适用于滑坡推力大的地形复杂边坡;锚杆及锚索防护边坡就是把滑坡体或者是不稳定的滑动面锚定到稳定的深层岩石上;常见的锚索拉体是由钢绞线制成,锚杆一般采用螺纹钢制作;预应力锚杆及锚索与框架梁联合作支护可以同时起到加固边坡和防止坡面风化剥落

的作用。抗滑挡土墙是比较常用的并且比较有效的支护方法之一,在滑坡治理中应用较多,它的优点是对山体自然稳定性影响较小,加固滑坡体效果好^[3];通过利用抗滑桩,挡土墙、锚杆等作为支护手段可以有效地避免坡面下滑现象的发生。

3.4 路基变形加固处理技术

路基病害变形加固应结合不同的变形原因及程度以及土质状况采取相应措施。针对路基沉降不足引起的不均匀沉降可采用注浆加固法,即钻孔向路基内注入浆液,充填间隙,黏结松散颗粒,增强路基的整体强度及刚度;针对软弱地基导致的路基变形,可采用 CFG 桩、碎石桩或者水泥搅拌桩等复合地基加固法,以桩身及其桩间土协同受力的方式减少沉降量;在深厚软土地段,由于刚性桩复合地基造成沉降量及差异沉降太大,可通过调整桩距和布桩方式来调整,对路堤坡脚处路堤下桩群密集可以有效限制剪应力造成的地表下沉。在高速公路改扩建项目中,对新老路基非均匀沉降防治技术能缩减建设周期、节省建设及后期保养费用;对于高填筑路基沉降变形,可以运用分层强夯法进行厚层填筑路基的处置,该方法处置完后的填筑路基压实度及承载能力均大幅度上升。

3.5 加固技术适用性对比

不同加固方法有各自的应用场合及利弊,在具体工程时需结合具体的病害状况以及地质状况、工作环境、经济成本等方面来选择。下面对各种加固方法的应用情况进行比较总结如表所示。

表 1 加固技术适用性对比

加固技术	适用病害类型	主要施工方法	技术要点	主要优点	局限性	造价等级
灌缝/封缝	非结构性路面裂缝	直接灌浆、开槽灌缝	浆液配比、灌缝温度控制	施工快、成本低、不中断交通	仅适用于裂缝修补,不解决深层问题	低
地聚合物注浆	路面裂缝、轻微沉陷	钻孔注浆、压力注浆	注浆压力、扩散半径、浆液配比	无需开挖、工期短、效果持久	对浆液材料要求高	中
换填法	局部沉陷、软基	挖除不良土体,分层回填压实	换填深度、压实度控制	效果彻底、质量可控	土方量大、需中断交通	中高
注浆加固	路基沉陷、不均匀沉降	钻孔注浆、劈裂注浆	注浆压力、浆液扩散范围	可深层加固、无需大开挖	工艺复杂、效果受地质条件影响	中
挡土墙	边坡滑塌(中小型)	重力式、悬臂式挡墙	墙身稳定性验算、排水设计	结构可靠、抗滑能力强	占地多、造价高	中高
锚杆(索)加固	边坡滑塌、滑坡	钻孔、锚固段注浆、张拉锁定	锚固段长度、预应力控制	主动加固、不占地表空间	需专用设备、锚固效果受岩体质量影响	高
抗滑桩	边坡滑塌(大型)	挖孔/钻孔成桩	桩间距、嵌固深度、桩身配筋	抗滑力大、布置灵活	造价高、施工工期长	高
CFG 桩/复合地基	路基变形、软基沉降	长螺旋钻孔、泵压混合料	桩长桩径、褥垫层设置	复合地基承载力高、沉降控制好	需专用设备、造价较高	中高
强夯法	路基变形、填土沉陷	重锤自由落体夯实	夯击能、夯点间距、夯击遍数	施工快、效果明显、成本适中	振动影响大、不适用于高含水率土质	中

对于高填方路基病害处治,采用“钢管桩硬壳层+预应力抗滑桩+光纤智能排水系统”联合处理方式,形成“刚性加固-智能监测-动态排水”的联防联控模式,在处治过后沉降速度下降了 84.4%,水平位移保持在 8.5mm 之内,排水效果提高到 92.7%,相比传统方法,节约成本高达 20.3%,该工程建设实例证明了复合式加固方法的应用是今后路基病害防治的发展趋势^[4];针对不同的病害情况、地质条件以及工程需求,要选择合适的技术并且对其进行有效的整合,达到技术有效性和经济合理性的结合。

4 结语

公路路基路面质量问题通病的产生是多种影响因素相互作用形成的产物。路面裂缝分为荷载性和非荷载性两类,分别对应疲劳破损及温度收缩、反射裂缝等问题的不同原因;路基路面沉降主要是因为选用填料不合理以及未能做到充分密实和有效的排水措施;边坡滑动发生的原因包括降水下渗、排水系统不够完善及开挖扰动等;路基的形变由基底压缩固结和路堤自身的压实引起。针对不同的病害问题可采取不同的处治方法,如灌缝/封缝、地聚合物注浆、换填法、注浆加固、挡土墙、锚杆(索)、抗滑

桩、CFG 桩/复合地基、强夯法等等,每种方法都有各自的使用情况及利弊所在。在实际工程施工中应当结合不同病害类型及场地地质条件及造价等因素来选择相应形式的基础处理方案。目前,桩锚组合加固法、地基处理等综合施工方法也被较多地使用。未来随着大数据信息技术与基础加固工程紧密结合,新型多功能灌浆材料的研发推广等新技术的应用,路基路面病害整治会更趋于精确化和智能自动化,更加高效地完成修复工作。

[参考文献]

- [1]郭伟.公路路基路面质量通病成因及施工加固技术研究[J].交通建设与管理,2025(2):147-149.
 - [2]张建武.公路路基路面质量通病成因及施工加固技术[J].交通世界,2017(34):70-71.
 - [3]李信.公路路基路面质量通病成因及施工加固技术[J].四川建材,2024,50(3):187-189.
 - [4]菅玉莹.公路路基路面质量通病成因分析及施工加固技术[J].城市建设理论研究(电子版),2016(34):150-151.
- 作者简介:方舟(1996—),男,湖北汉川人,工程师,武汉理工大学交通运输工程专业硕士毕业,现在设计院从事路桥设计岗。