

某既有单线营运铁路路基沉降病害治理技术研究

杨小军, 刘新平, 梁旺基, 杨新

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610036)

摘要:基于某既有单线营运铁路路基沉降处理实例,对该铁路路基沉降产生的原因、治理方案的比选、沉降病害治理采用的关键技术以及取得的加固效果等进行了分析与总结。阐述了双侧斜向注浆技术在该既有单线营运铁路挖方路基沉降病害治理中的应用,进一步丰富了既有营运铁路挖方路基沉降病害治理技术。实践证明:在天窗时长受限以及路基两侧施工作业面狭小的情况下,采用双侧斜向注浆技术可以有效地治理铁路路基沉降病害,提高路基的复合承载力,进而避免路基产生不均匀沉降。

关键词:既有单线营运铁路;路基沉降;病害治理;天窗;双侧斜向注浆

中图分类号:U21;U215;U215.7;U215.1

文献标志码:B

文章编号:1001-2184(2024)03-0051-04

Research on the Treatment Technology of Subgrade Settlement Disease of an Existing Single-track Operating Railway

YANG Xiaojun, LIU Xinping, LIANG Wangji, YANG Xin

(Sinohydro Bureau 10 Co. LTD., Chengdu Sichuan 610036)

Abstract: Based on an example of subgrade settlement disease treatment of the existing operating railway line foundation of a single-track, the paper analyzes and summarizes the causes of railway subgrade settlement, comparison and selection of treatment schemes, key technologies for settlement disease treatment and reinforcement effects. It explains the application of bilateral oblique grouting technology in the treatment of excavation subgrade settlement diseases of the single-track existing operating railway, which further enriches the technology for the treatment of excavation subgrade settlement diseases of the existing operating railway. Practice has proved that under the condition of limited skylight duration and narrow construction surface on both sides of roadbed, double-side oblique grouting technology can effectively treat the settlement disease of railway road-bed, improve the composite bearing capacity of roadbed and avoid uneven settlement of roadbed.

Keywords: Single-track existing operating railway; Subgrade settlement; Disease treatment; Skylight; Bilateral oblique grouting

1 概述

近年来,随着我国基建行业快速发展,新建成的高速公路、铁路线路里程不断被突破,由于路基的重要性而不可避免地会涉及到对路基病害进行治理。铁路路基的病害主要为以下几类:翻浆冒泥、下沉、挤出变形和冻害^[1],其中以路基沉陷最为普遍。吕绿洲^[2]依据路基的填筑高度、路基面宽度、土体特性及受力特征,通过建立黏弹性模型的方法对填方路基的最终沉降进行预测;郭乐^[3]、徐前卫^[4]通过数值模拟及现场试验等方法对软土路基产生沉降的原因以及注浆对地层的抬升机理进行了分析,结果表明:对路基两侧采用均衡对

称、分层注浆的方式进行治理能够高效降低对地层的抬升扰动;杲斐^[5]、陈学喜等提出采用“灰土垫层+挤密桩”、精细化袖阀管注浆加固技术对陇海线、兰渝线等线路的黄土路基沉降进行了有效治理;师杨杨、仲新华、邢亮等通过数值模拟及实践证明了高分子聚合物能够有效解决路基沉降问题、提高路基承载力;周洺汉提出的“旋喷隔离桩+花管注浆+设置应力释放孔”成功地解决了沪宁城际铁路路基沉降问题。基于当前对填方、软土以及黄土路基等路基沉降病害治理进行的研究较多,而对运营期挖方路基沉降变形病害治理进行的研究偏少的实际情况,笔者以某既有单线营

收稿日期:2024-02-28

运铁路某段挖方路基沉降为研究背景,通过对路基沉降产生的原因进行深入分析,结合现场实际情况对此类路基病害的治理提出了采用双侧斜向注浆技术进行治理,进一步丰富了铁路路基沉降病害的治理技术。

该营运铁路 VBK111+192~VBK111+222 段路基为低山缓丘地形,地势呈右低左高,以全挖方通过。该缓丘及斜坡地带植被较好,基岩零星出露,工程区上覆全新统坡洪积层淤泥质黏土(Q_{4dl+pl})与坡残积层粉质黏土(Q_{4dl+cl});下伏基岩为三叠系(T)砂岩、泥岩夹石英砂岩、煤层。其中粉质黏土(Q_{4dl+cl})呈棕黄色,硬塑,含少量砂岩、泥岩质角砾,一般厚度为 0~3 m,局部较厚达 8 m;砂岩、泥岩夹石英砂岩、煤层(T)中的砂岩、石英砂岩为棕黄色,节理裂隙发育,岩质较硬脆;泥岩为棕黄色,岩质较软,岩体破碎,易风化剥落。该地层夹多层煤,一般厚度为 0.1~0.6 m,最厚达 1.5 m。地勘钻孔揭示出全风化带与强风化带的厚度供设计时参考。

2 路基沉降产生的原因分析

对于既有运营铁路,鉴于其获得路基沉降观测的途径少、难度大,因而不能科学、有效地辨别路基沉降产生的真实原因。通常情况下,铁路路基产生沉降的原因主要为路基自身的沉降和地基引起的沉降两种,其中路基自身沉降产生的主要原因为:(1)运营期间地表水、地下水的侵入,且其在列车荷载的反复作用下引起塑性变形,表现为翻浆冒泥、基床下沉外挤甚至陷穴等;(2)施工期间对填土质量的控制未能达到标准而引起压实沉降,路基填土不能在长期动力作用下保持性能稳定,导致其渗透性、耐久性遭到破坏。地基引起的沉降产生的主要原因可以分为:(1)勘察不规范或漏勘而造成地质勘查结果与实际情况相差较大,而且未充分考虑水文条件的季节性变化对地基承载能力的影响;(2)鉴于加固方法的选取与设计方案的制定取决于地质勘查报告,若不能提供具有一定深度和准确性的地质勘查结果,将导致加固设计不合理而造成其承载力不足,进而发生路基沉降现象。

该段路基发生沉降后起道频繁,不能够确保

铁路运营安全。依据观测数据,路基两侧路肩无沉降,轨顶有沉降,线路两侧路肩、挡墙、骨架护坡及排水沟等均未发现开裂、断裂、外鼓变形、空鼓等情况,排水良好;通过对多处道砟扒探检测未发现翻浆现象。鉴于该段路基为全挖方路基,且因当地雨季降水量大,线路附近沟谷在雨期存在溪流,且其基床为粉质黏土(硬塑)与节理裂隙发育、厚度较大的砂岩、泥岩夹石英砂岩、煤层(强风化层),故推测其沉降产生的原因系受地下水侵入而造成地基土体强度下降以及因填料层质量不佳导致地表水侵入有一定的可能性;而与该段路基两端相连接的桥台路基回填过渡段均未发生沉降,因而推测地勘深度不够和未充分考虑当地水文条件的季节性剧烈变化而造成地基岩土体强度、承载力下降的影响、未设计地基加固处理方案也是导致该段路基产生沉降的原因之一。

3 治理方案的比选

对于铁路、公路等路基沉降病害的整治,通常采用换填、土工格构加筋、挤密桩、高压旋喷桩及注浆等成熟技术进行处理。针对该工程,由于线路已开始客货运营而不具备从路基基床表面进行加固处理的条件,且每天可协调天窗施工的时长有限,因此,排除需要开挖和使用大型机具严重影响铁路运营的换填法、土工格构加筋法以及挤密桩法等加固方法,只能选择余下的、可从线路两侧进行加固处理的高压旋喷桩法以及注浆法。

高压旋喷桩加固技术广泛应用于各类土质地基的处理^[6],其用于对已运营铁路填方路基沉降的处理也取得了很好的效果。但是该段铁路路基为全挖方路基,主要加固地层为粉质黏土(硬塑)和砂岩、泥岩夹石英砂岩、煤层,加之施工作业场地狭窄,只能采用单侧斜向高压喷射注浆的方式进行处理,而不能采用双侧斜向高压喷射注浆技术。根据以往的高压旋喷桩施工经验,采用单侧斜向高压喷射注浆技术可能加剧路基产生不均匀沉降,且不能对下伏基岩裂隙进行加固,施工效果差;同时,较高的喷射压力容易破坏回填土层且因其抬升路基使道轨隆起而无法达到天窗时长内施工后列车安全通行的目的。

注浆加固技术能够充填岩土体裂隙,增强松

散岩土体及其颗粒间的黏结强度、整体性,降低透水性,并具有材料来源广、工程造价低的优点。单侧注浆加固方案虽然施工简便,但因其土体置换率大、注浆孔距大,且加固后的路基内部土体强度不一,两侧变形不均匀较明显而无法达到控制地基沉降的目的。根据现场实际情况,项目部经综合比选分析后提出的采用双侧斜向注浆技术对该段路基进行加固最为合理。双侧斜向注浆技术具有改善土体强度、抗渗作用显著、可多点施工、施工速度快的特点,同时该技术能最大程度地避免工后路基的不均匀沉降。

4 路基沉降病害治理施工采用的关键技术

项目部经查阅相关路基处理案例并结合该段路基现场的实际情况,最终决定采用双侧斜向注浆技术对路基沉降进行整治,其施工工艺流程:施工准备→孔位测定→作业平台搭设→钻机就位→钻孔、清孔→注浆管下设→全孔注浆→孔口封堵→结束、下一孔位施工。

4.1 试验性施工及技术参数的确定

正式施工前进行了现场试验,依据施工方案选取了 2~3 个孔位点进行试验性施工,根据现场试验结果分析并确定了水灰比、注浆压力、注浆速

度、浆液凝胶时间等注浆参数。双侧斜向注浆参数见表 1。

表 1 双侧斜向注浆参数表

水灰比	注浆压力 /MPa	注浆速度 /(L·min ⁻¹)	浆液凝胶时间 /min
1:1~0.6:1	0.3~0.5	40~50	45~55

4.2 钻孔

首先标定孔位及钻孔顺序,其孔位偏差应小于 50 mm;然后搭设作业平台,钻机就位并调整好钻孔角度,根据以往工程经验及现场实际情况将钻孔的倾斜角度设为 15°~20°。为了加快施工进度,防止孔壁塌孔和缩径,采用冲击回转式气动潜孔钻机进行一次性全断面钻孔作业。

注浆孔位的布设:(1)线路右侧的注浆孔在挡墙顶面下 20 cm 布置,上下设置两排注浆孔,两排孔的间距为 0.5 m,孔间距按照 0.5 m×1.5 m(环向×纵向)梅花形布置;(2)线路左侧的注浆孔在路肩墙顶面下 30 cm 布置,上下设置两排注浆孔,两排孔的间距为 0.8 m,孔间距按照 0.8 m×1.5 m(环向×纵向)梅花形布置。所有注浆孔深入 W₄ 砂岩、泥岩夹石英岩、煤层的深度不小于 1.5 m。注浆加固孔位的布置情况见图 1。

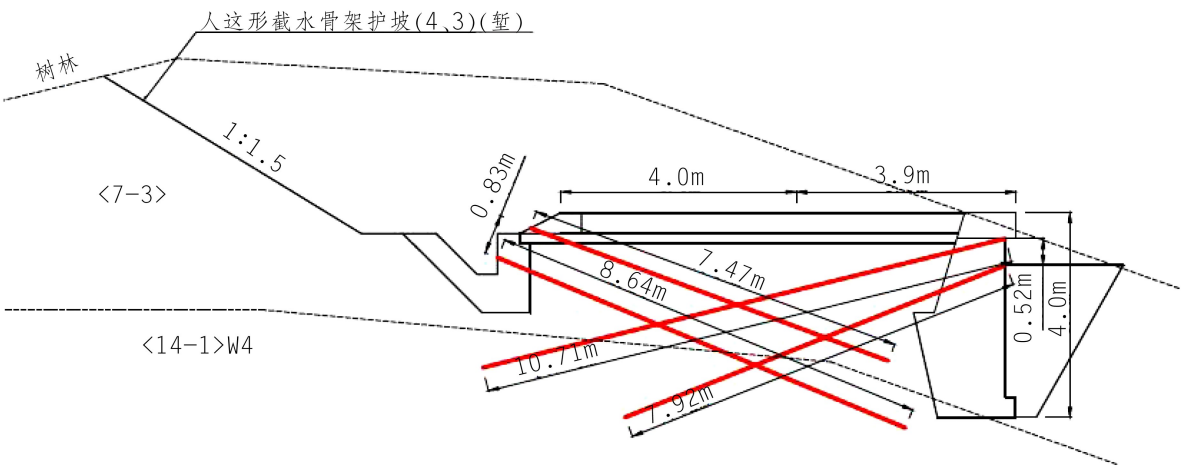


图 1 注浆加固孔位断面图

4.3 注浆管的加工及安装

注浆管采用 Φ110 PVC 管加工制作。为了增强注浆效果,对每根注浆管在注浆加固地层范围内的部分每隔 0.5 m 沿管身均匀钻设 3 个射浆孔,孔径为 6 mm。其中 PVC 管尾部 1.0 m 范围不钻孔以便于封堵注浆。

4.4 全孔注浆及结束标准

注浆不分段,采用全孔循环式注浆。注浆顺序为:先注最外侧孔,再注中间部位孔;先注下排孔,再注上排孔。注浆按纵向间隔 3.0 m 跳孔注浆,注浆过程中对浆液流动性、注浆速度、注浆压力、注浆量等参数进行全过程记录。

单孔注浆的结束标准采取定压为主、定量为辅两者相结合的方式进行控制。定压标准为注浆终压达到设计压力 0.5 MPa 并维持 5 min 以上即可结束;定量标准为:当单孔注浆量达到试验预测值时压力仍不上升,则需调整浆液配比以缩短凝胶时间或间歇注浆使注浆压力达到注浆终压。

4.5 沉降观测点的布置

注浆过程中与注浆完成后均应进行路基沉降的观测。注浆过程中应加密观测以防止注浆压力和注浆流量变化抬升路基而造成轨道瞬上拱进而影响到轨道的平顺性。注浆完成后一定要加强沉降观测,针对注浆未固结期间可能引起的基础下沉对行车的影响,将沉降观测桩设置在线路两侧路肩和轨枕端头部位,同时在线路中线轨顶设置观测标记。将观测桩埋入基床以下 0.5 m,其点位按 5 m 一个断面设置,且其设置范围需超出注浆范围 10 m。沉降观测需每天进行,如有异常情况应立即上报。

5 加固效果分析

对该既有单线运营铁路路基沉降病害采用双侧斜向注浆技术对其进行加固处理后,通过持续的测量观测,其结果表明路基沉降趋于稳定,证明了双侧斜向注浆技术的有效性与实用性。

鉴于注浆过程下排孔地层吸浆量极大、部分孔需要进行多次注浆施工;而上排孔地层吸浆量小,有的甚至不吸浆,符合地勘报告中地层裂隙发育情况的描述;在下排孔施工过程中,存在浆液通过抬升路基填土从挡墙与路基填土接触缝冒出的现象,通过扒翻道渣未发现填料层有漏浆现象且多点位取芯未见填料层中有水泥结石,因而可以确定地表水通过填料层侵入路基的可能性小;而路基沉降段附近雨期存在溪流,表明因地下水的侵入造成地基土体强度下降导致路基沉降的可能性大;鉴于地勘时未充分考虑当地水文条件的季节性剧烈变化而造成地基岩土体强度下降的影

响,建设期末进行地基处理也是导致该段路基产生沉降的主要原因之一,符合文中针对路基沉降的原因分析。

6 结 语

(1)该段铁路营运期间路基沉降产生的主要原因是地下水与地表水的侵入软化了路基土体、地勘资料不详造成路建设期地基的渗漏处理以及路建设期填土质量未能满足相关要求等。

(2)在天窗时长受限和路基两侧施工作业面狭小的情况下,需要开挖和使用大型机具的加固技术不适用于既有单线营运铁路线的路基沉降病害治理。

(3)在天窗时长受限的既有单线营运铁路灾害治理中,双侧斜向注浆技术能够有效治理铁路路基沉降病害,并可避免治理后的路基产生不均匀沉降。

参考文献:

[1] 凌建明. 路基工程[M]. 北京:人民交通出版社,2011.

[2] 吕绿洲,程远水. 高速铁路路基沉降影响因素分析及模型预测方法研究[J]. 铁道建筑,2021,61(3):69-73.

[3] 郭乐,杨新安,吴东鹏,等. 高速铁路软土复合路基沉降注浆治理现场试验研究[J]. 中国铁道科学,2015,37(3):1-7.

[4] 徐前卫,苏培森,唐卓华,等. 软土路基沉降病害治理的注浆加固技术及其试验研究[J]. 土木工程学报,2015,62(增刊 2):268-273.

[5] 果斐. 黄土路基沉降变形原因分析及相应的工程处理措施[J]. 铁道建筑技术,2016,54(5):77-81.

[6] 杨小军,李杰,杨璐铭,等. 高压施喷桩在中老铁路磨万段软基处理中的应用[J]. 四川水力发电,2022,41(5):54-56,60.

作者简介:

杨小军(1991-),男,贵州遵义人,工程师,一级建造师,学士,从事建设工程施工技术与管理工
刘新平(1996-),男,陕西汉中,助理工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工
梁旺基(1989-),男,广西南宁人,助理工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工
杨 新(1995-),男,四川资阳人,技术员,从事建设工程施工技术与管理工作。

(编辑:李燕辉)