

高压旋喷桩在中老铁路磨万段软基处理中的应用

杨小军, 李杰, 杨璐铭, 王勇

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川成都 610037)

摘要:基于中老铁路磨万段路基工程软基处理实例,对高压旋喷桩施工技术适用范围与特点、施工工艺以及质量检测评价等方面进行了分析总结。实践证明:高压旋喷桩施工技术可以有效改良与加固软土基础,提高复合地基的承载力,解决软基不均匀沉降问题。阐述了高压旋喷桩在中老铁路磨万段软基处理中的应用过程,所取得的经验可为类似工程软基处理提供参考。

关键词:中老铁路;路基工程;软基处理;高压旋喷桩;施工技术

中图分类号:U21;U215.7;U215.6

文献标识码:B

文章编号:1001-2184(2022)05-0054-03

Application of High-pressure Jet Grouting Pile in Soft Foundation Treatment of Boten to Vientiane Section of China-Laos Railway

YANG Xiaojun, LI Jie, YANG Luming, WANG Yong

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD., Chengdu, Sichuan, 610037)

Abstract: Based on the example of soft foundation treatment in subgrade engineering of Boten to Vientiane section of China-Laos Railway, the application scope and characteristics, construction technology and quality inspection and evaluation of high-pressure jet grouting pile are analyzed and summarized. Practice has proved that the construction technology of high-pressure jet grouting pile can effectively improve and strengthen the soft soil foundation, increase the bearing capacity of composite foundation, and solve the problem of differential settlement. The achievements can provide reference for the soft foundation treatment of similar projects.

Key words: China-Laos Railway; Subgrade engineering; Soft foundation treatment; High-pressure jet grouting pile; Construction technology

1 概述

近年来,我国的公路铁路工程规模不断增加,建设等级不断提高,但工程建成后营运阶段软基不均匀沉降问题愈发突出,由此可见,在设计与施工阶段对软基进行处理就显得尤为重要。高压旋喷桩施工技术自 20 世纪 70 年代末传入我国至今已得到广泛应用。国内外学者对高压旋喷进行的大量理论研究结果表明其在软基处理方面具有很好的效果,处理后沉降量可以得到准确的计算^[1~3];石建磊^[4]、吕若冰^[5]等针对高压旋喷桩在既有铁路、高速公路中软基沉降加固治理中的应用研究结果表明:高压旋喷桩能够很好地控制软基不均匀沉降,改善道路通行质量和运营安全。结合中老铁路磨万段路基工程软基处理实例,从

适用范围、工艺特点以及施工工艺等方面对高压旋喷桩的施工进行了详细分析与阐述,以期进一步提高铁路路基工程软基处理施工技术水平。

中老铁路路基 D1K267+170~D1K267+230 段长 60 m。原设计方案为采用深层水泥搅拌桩加固处理,桩径 50 cm,正三角形布置,桩间距 1.2 m,桩长 4.5~8.5 m,工程量约为 5 000 m,桩底穿透软土层进入持力层 0.5 m,加固宽度为路堤坡脚外 1.67 m,加固后复合地基承载力不小于 150 kN,单桩承载力不小于 105 kN。但因该区段上部存在无法改迁的高压输电线,且现场无现有深层水泥搅拌桩机,项目部据实提出变更申请并经五方会审决定在保证施工安全、质量的前提下,变更设计方案为采用高压旋喷桩进行基底加固,桩径 100 cm,桩间距 1 m,工程量约为 3 000 m。

收稿日期:2022-07-10

2 高压旋喷桩施工工艺

高压旋喷注浆技术常用于深基坑侧壁挡土、基坑底部加固、坝体加固及防水帷幕、边坡土体加固以及地基处理,适用地层为淤泥、淤泥质土、黏性土、黄土、砂土、人工填土和碎石土等^[6],是一种有效的软基处理方法。高压旋喷桩施工技术具有

节约材料、降低工程造价、施工质量易控、施工速度快、施工效果好、工期短等特点,其加固改良土体的方法包括单管法、双重管法、三重管法、RJP工法、SSS—MAN工法、MJS工法等^[7]。该工程采用三重管法进行高压旋喷桩施工。高压旋喷桩施工工艺流程见图1。

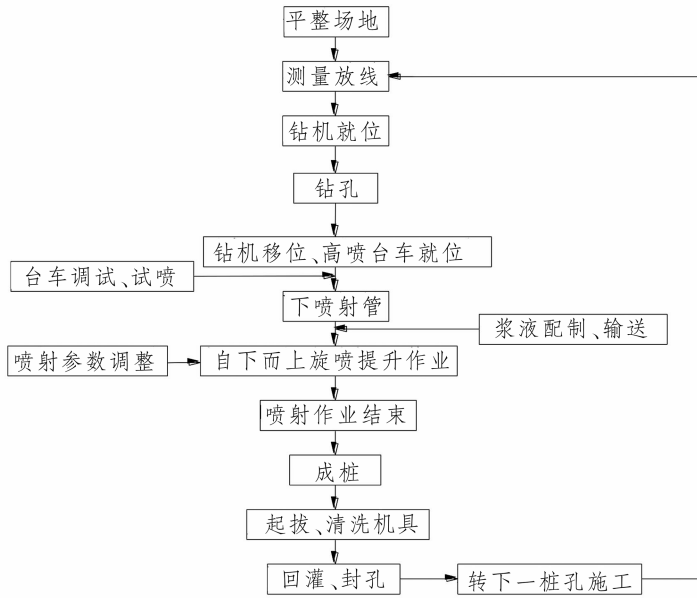


图1 高压旋喷桩施工工艺流程图

2.1 工艺试验与技术参数的确定

根据试桩方案,在拟定工点选取6根桩进行工艺试验以验证试桩方案的可行性,检验施工设备的性能并确定相关的技术参数(最佳水灰比、工作压力、旋转速度、提升速度等)。通过对试桩效果进行对比分析,确定出该项目高压旋喷桩最优的施工技术参数:水灰比为1:1、旋喷压力为38 MPa、旋转速度为16~20 r/min、提钻速度为0.2 m/min、注浆量为90 L/min。

2.2 钻机就位

钻机布置时将钻头先对准孔位,然后调平钻机,钻孔位置与设计孔位的偏差不大于50 mm,钻杆轴线应垂直对准钻孔中心,垂直偏差不大于1%。

2.3 钻孔

钻孔的目的是为了将喷射管下到预设深度,终孔时桩端穿透软土层进入持力层0.5 m。钻孔结束后,对造孔质量进行检查,待其合格后方可进行下道工序。

2.4 下注浆管

成孔后,将钻杆拔出,换上注浆管即可下设注浆管到设计深度。下管过程中,为防止泥砂堵塞喷嘴,可以在下管前将风、水喷嘴用薄塑料膜包扎好;也可边射水,边下管。

2.5 喷射注浆

该工程选用GYP—50步履式高喷台车进行“三管法”高压旋喷施工。注浆管下到设计深度后,即可自下而上进行旋转提升喷射注浆作业。施工过程中,拆管后继续旋转喷射时应保证不小于20 cm的搭接高度以防断桩。为使固结体上下尺寸基本一致,可以采取在下部提高喷射压力、泵量或降低旋转与提升速度的方式。鉴于桩体上部是承受荷载的关键,因此,必须加强桩顶质量,增加其密实度。旋喷结束时,应保证停喷位置超出设计桩顶0.5 m以确保桩顶强度满足设计要求。为保证相邻桩的施工质量,可以采取跳桩法进行喷射注浆施工。

2.6 回灌注浆

喷射注浆完成后,为避免浆液析水、固结体收缩造成地基与上部基础结合不紧密、脱空现象,可

回灌经处理后的冒浆或用高浓度浆液补灌。

2.7 废浆的处理

必需对旋喷过程中产生的废弃浆液进行妥善处理。对该工程产生的废弃浆液中的一部分经处理合格后重新进入注浆系统用于旋喷注浆和桩顶回灌,降低了工程成本;将另一部分废弃浆液导入在相邻桩间开挖的、具有一定深度的沟槽,待其凝固后形成具有一定强度的桩间横系梁,以增强各桩间的共同作用。结果证明:以上措施取得了良好的施工效果,大幅度提高了复合地基的承载力和整体性。

3 特殊情况的处理

3.1 不冒浆或间断冒浆

若因土质过于松软造成的不冒浆或间断冒浆可进行适当的复喷处理^[8];若附近有通道、空洞,则采取不提升注浆管静喷、加浓浆液直至冒浆位置,处理无效果时则可缓慢提升 50 cm 后静喷 1~3 min 后再下沉复喷或拔出注浆管待浆液凝固后重新下钻至原深度进行复喷。

3.2 大量冒浆与压力下降

若发生大量冒浆并伴随压力下降的现象,可能的原因是喷射管被击穿,此时,应上提喷射管进行检查后方可重新下管喷浆。

3.3 压力骤然上升

发生压力骤然上升的原因可能是管路堵塞,对此可采取以下措施进行处理:(1)在各管路系统的进口设置滤网并定期清理;(2)下注浆管时采取有效的措施防止风、水喷嘴堵塞;遵守设备开机启动顺序,防止风、水通道在压力较低的情况下被泵送的水泥浆液侵入而造成堵塞;(3)喷射注浆完成后,应及时清洗管路系统。

3.4 流量不变而压力突然下降

流量不变而压力突然下降的原因可能是存在泄露,对此可以采取以下措施进行处理:(1)检查吸水管道是否畅通,是否漏气,以防吸入空气;(2)检查安全阀、高压管路是否正常,消除泄露的隐患;(3)检查喷嘴是否符合要求,更换磨损过大的喷嘴。

4 施工质量检验

为确保软基处理质量,必须依据设计文件及相关规范要求对高压旋喷桩桩身的完整性、桩身质量及单桩竖向承载力进行检测^[9]。

采用低应变法对 6 根试验桩进行桩身完整性检验,检验结果均为 I 类桩,检测合格。

对于桩身质量,采用钻芯法和无侧限抗压强度试验进行检测。对 3 根龄期大于 28 d 的试验桩进行钻进取芯,结果显示:桩长均大于设计桩长,桩身完整;每根桩分 3 段各选取 3 个芯样进行无侧限抗压强度试验,其结果均满足设计要求。

单桩竖向承载力采用平板载荷试验法进行检测,3 根试验桩的单桩竖向抗压承载力、沉降数值等均满足设计要求,加固改良效果明显。

将以上试桩工艺取得的参数作为后期大面积施工的依据之一。D1K267+170~D1K267+230 段路基施工完成后,经检验,该段路基高压旋喷桩桩身完整性、桩身质量、单桩竖向承载力以及复合地基承载力均满足设计与规范要求。

5 经济和社会效益

高压旋喷桩在该工程软基处理中的成功运用,提高了地基承载力,解决了路基的沉降问题,保障了工程质量及运营安全。工程应用和实践证明其取得了以下几方面效益。

5.1 工期效益

经设计变更后采用高压旋喷桩施工,从区域其他工程项目进场设备耗时 7 d,实际施工日均完成 100 m,30 d 完工,施工总时长为 37 d。而采用深层水泥搅拌桩施工需从国内进场设备,耗时约 15 d,参考其他标段类似工程日完成量按 100 m 算需 50 d 完工,施工总时长为 65 d。由此可知:采用高压旋喷桩施工相比深层水泥搅拌桩施工节约工期 28 d。

5.2 经济效益

(1)采用高压旋喷桩施工,1 套现有设备的进出场运输费共 6 000 元;施工人员进出场费为 5 000 元;施工工期按 1.5 个月计算,施工人员工资 2 人(中国工)×1.5 月×10 000 元(月工资)+3 人(越南工)×1.5 月×5 000 元(月工资)=52 500 元;设备租赁费为 1.5 月×6 000 元/月=9 000 元。即采用高压旋喷桩施工除材料费、电费外发生的成本为 6 000+5 000+52 500+9 000=72 500(元)。

(2)采用水泥搅拌桩施工需从国内运输进场一套深层搅拌桩机设备,设备进出场运输费共

(下转第 60 页)

焊接质量不过关,极易产生渗水现象,因此需要在混凝土浇筑前将穿过结构部位的预埋件包裹一圈膨胀止水条用于防水。

4 结 语

以上措施的实施,使厂房大二期结构施工的安全风险系数大大增加。为确保厂房大二期方案的安全顺利实施,项目部在加大安全投入的同时做到了全方位、无死角的现场安全监管以及变经常性教育为日常教育,最终使厂房结构安全顺利完成。

厂房第一仓混凝土浇筑自2017年5月底开始,至2017年11月中旬完成了厂房一期四周框架混凝土的浇筑,历时五个半月。在保质保量的情况下,提前一个月完成了业主既定的首台机组发电目标,为后期的机组安装及调试提供了充足的时间保障,获得了业主、设计、监理的一致好评。所采用的厂房结构大二期施工技术可供类似工程

(上接第56页)

100 000元;施工人员进出场费为30 000元;施工工期按2.5个月计算,施工人员工资5人 \times 2.5月 \times 10 000元(月工资)=12 500元;设备租赁费1套 \times 2.5个月 \times 30 000元/月=75 000元;假设两种施工设备总功率均为120 kW,每天工作8 h,电费单价实际为0.9元/kW \cdot h,则水泥搅拌桩施工多增加电费约24 200元;水泥搅拌桩施工多增加上下班接送车辆租赁费为10 000元。即采用水泥搅拌桩施工除材料费外初步发生成本为100 000+30 000+125 000+75 000+24 200+10 000=364 200(元)。

综上所述,采用高压旋喷桩施工节约工期28 d,在不计算材料消耗的前提下可初步节约施工成本291 700元。该工程相比原设计方案深层水泥搅拌桩施工,采用高压旋喷桩施工能够保证相同的施工质量并可降低施工成本。

6 结 语

阐述了针对铁路路基工程软基采取高压旋喷桩进行改良加固处理的过程,实施效果表明:经过改良加固处理的铁路路基软土基础的承载力大幅度提升,满足设计要求;同时证明高压旋喷桩施工技术具有加固质量均匀、挤密效果好、对环境污染小、施工速度快、节约工期、工程造价低等优势。

参考。

参考文献:

- [1] 陈均,虞伟良,陈拓.高层建筑地下室渗水防治施工技术探讨[J].施工技术,2016,45(增刊):237-239.
- [2] 廖成林,朱海亚.橡胶止水塞的制作[J].四川水力发电,2010,29(6):151-155.
- [3] 余奎.超高层建筑附着升降脚手架施工技术性能的分析[J].低碳世界,2018,57(4):170-171.
- [4] 林贵.探析建筑施工中现浇梁板模板的施工工艺[J].建筑建材装饰,2016,43(19):84-85.
- [5] 王新明.建筑工程中钢筋工程施工工艺分析[J].民营科技,2016,13(2):165.

作者简介:

石 桥(1981-),男,湖北宜昌人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

曾 建(1976-),男,四川都江堰人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

件凌丰(1986-),男,河南南阳人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

参考文献:

- [1] 张鑫.高压旋喷桩在高速公路软弱地基中的应用研究[D].西安:西安科技大学,2007.
- [2] Hoca. Analysis of deep jet grouting field trial in clay[C]. Contemporary Topics in Ground Modification, Problem Soils, and Geo-Support, ASCE, Florida, 2009:233-240.
- [3] 李小杰.高压旋喷桩复合地基承载力与沉降计算方法分析[J].岩土力学,2004,25(9):1499-1502.
- [4] 石建磊,张杰,唐世杰.高压旋喷桩在软基加固中的若干问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,53(1):52-54.
- [5] 吕若冰,孔纲强,沈扬,等.高压旋喷桩法在既有高速公路路基治理中的应用[J].建筑机械化,2015,36(10):70-73.
- [6] 李相然,贺可强.高压喷射注浆技术与应用[M].北京:中国建材工业出版社,2007.
- [7] 龚晓南.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [8] 张玉广,朱吉斌.高压旋喷桩在软土路基加固处理中的应用[J].交通世界,2020,27(35):84-85.
- [9] 铁路路基工程施工质量验收标准,TB 10414-2018[S].

作者简介:

杨小军(1991-),男,贵州遵义人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

李 杰(1993-),男,四川德阳人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

杨璐铭(1990-),男,四川资阳人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

王 勇(1990-),男,河南安阳人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)