

病害路基地基加固处理工程实例

江志安

(铁道第三勘察设计院集团有限公司,天津 300251)

【摘要】 针对胶济客运专线某段路基沉降加大的状况,提出以潜孔钻机开孔、以高压旋喷注浆加固地基的方案。在施工过程中,对高压旋喷注浆的工序进行合理打破常规的优化,既保证了既有铁路的运营安全,也保证了处理线路的质量,有效解决了本工程的难题。优化后的方案经过实践的检验,有进一步研究分析和推广的价值。

【关键词】 路基沉降;潜孔钻机;高压旋喷注浆

【中图分类号】 TU 472

【文献标识码】 B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2009.05.012

Engineering Example of Ground Treatment of Subgrade of Disease Area

Jiang Zhian

(Third Railway Survey&Design Institute, Tianjin 300251, China)

【Abstract】 To prevent the settlement of subgrade of Qingdao-Jinan only-passenger-transported railway, a scheme was suggested that the Down-hole drill was used to penetrate the filled soil, and high pressure jet grouting technique was adopted for reinforcing and strengthening the foundation. In the course of construction, the procedure of high pressure jet grouting was optimized, this method does not only ensure the safety of the existing railway operation, but also give a guarantee to railway quality under construction, then the engineering problem was solved effectively. After the optimum scheme was testified, it would have the value to be analyzed further and extended.

【Key words】 settlement of subgrade; Down-drill hole high; pressure jet grouting

0 引言

改建铁路胶济客运专线某段路基填筑完成,在铺轨阶段发现其沉降显著增大,且幅度明显,不但与相临段产生较大的不均匀沉降,就连与其相临并行的既有运营线(胶济电气化铁路)的相临侧路肩也产生肉眼可见的裂缝。该段病害路基长约 800 m,基底未进行地基加固处理。为了阻止该段路基的继续下沉,拟对路基地基进行加固处理。胶济客专一端的青岛市是 2008 北京奥运会的协办城市,该铁路面临着奥运前通车的工期和质量的极大压力,由于路基的填筑工作已经完成,一般的地基处理方式无法进行施工,根据该地区土层的特点及工程环境特点,选用高压旋喷注浆法对路基地基进行加固。

1 高压旋喷技术介绍

高压喷射注浆法是利用钻机把带有喷嘴的注浆管钻进至土层的预定位置后,以高压设备使浆液或水成 20 MPa 左右的高压流从喷嘴中喷射出来,冲

击破坏土体,同时钻杆以一定速度逐渐向上提升,将浆液与土粒强制搅拌混合,浆液凝固后,在土中形成一个固结体。固结体的形状和喷射流移动方向有关。一般分为旋转喷射(简称旋喷)、定向喷射(定喷)和摆动喷射(简称摆喷)三种型式^[1-2]。旋喷法施工时,喷嘴一面喷射一面旋转并提升,固结体呈圆柱状,一般主要用于加固地基,提高地基土的抗剪强度,改善土的变形性质。高压旋喷施工后,在地基中形成的圆柱体称为旋喷桩。在提高地基承载力、整治已有建筑物沉降和不均匀沉降、减少建筑物沉降和加固持力层或软弱下卧层等方面,高压旋喷有自己独特的优势,实践工程中也积累了很多经验^[3-6]。

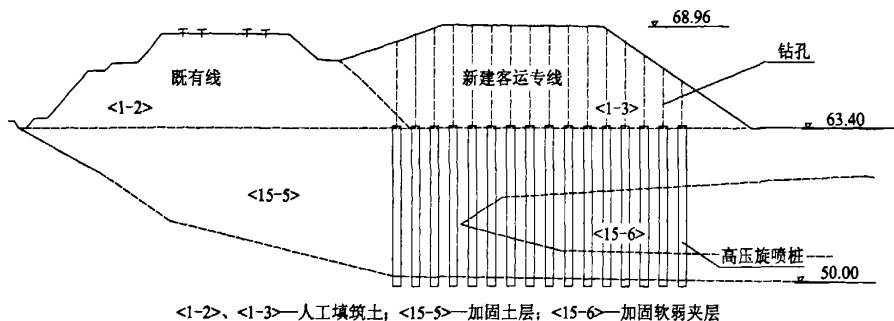
文献[7]中说明高压喷射注浆法适用于处理淤泥、淤泥质土,流塑、软塑或可塑性粘性土,粉土、砂石、黄土、素填土和碎石土等地基。根据工程需要和土质条件,可分别采用单管法、双管法和三管法。本工程从自身的特点及实际应用出发,采用了高压旋

喷单管注浆。相对于双管和三管法,单管法的施工工效较高,设备简单且容易控制,比较适合本工程实际情况。

2 工程实例分析

本工程段的某横截面简图见图 1,既有线为正在运营的胶济电气化铁路,新建客运专线与之并行,

既有线左侧不远为山东省牛山,新建客运专线右侧约 100 m 为某单位职工宿舍。待处理地层的主要物理力学指标见表 1。由表 1 可以看出,〈15-5〉与〈15-6〉为地基加固的目标土层,尤其是〈15-6〉层为软弱夹层,据分析是造成路基病害的主要原因之一。



<1-2>、<1-3>—人工填筑土; <15-5>—加固土层; <15-6>—加固软弱夹层

图 1 新建铁路胶济客运专线某横截面简图(单位:m)

表 1 地层主要物理力学指标

层号	名称	重度 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	压缩模量 E_s/MPa	承载力特征值 kPa
〈15-5〉	松软土	18.5	15	13	4	120
〈15-6〉	软粉质粘土	17.5	13	10	3	80
〈15-8〉	粉土	20.0	20	15	7.5	150

路基基底采用高压旋喷桩加固软弱地基,旋喷桩在已修建客运专线路堤部分采用钻孔引孔,桩体穿过〈15-5〉与〈15-6〉并打入下卧硬层不小于 1.0 m,且成桩直径不小于 500 mm。旋喷桩采用正三角型布置,桩间距为 1.6 m,在该段待处理路基中部位置有一涵洞,为了保证沉降与涵洞结构平顺过渡,涵洞两端各 12 m 范围桩间距定为 1.4 m。

2.1 引孔方案

本工程中合理有效地穿透路基本体是一个难题,既要形成相对稳定的钻孔,又不能对路基的整体强度造成影响。通过多方的考察和试验,最终选定了潜孔钻机作为引孔设备。首先一点,潜孔钻机不需要循环水,这点非常重要。路基上施工,循环水本身就是破坏土工结构的隐患,而且不用循环水还省却了供水设备,对于工期紧张施工面狭小的工程也是十分重要的。其次,潜孔钻机简单便捷,将加压空气泵放在路基下面,只将钻机放在路基上施工,也节省了施工空间,而且从一个孔移动到另一个孔时十分方便。

潜孔钻机的应用是本工程的一大成功尝试,该种钻机在矿山工程中应用较为广泛^[8-9],在岩石及混凝土中钻孔是比较成熟的工艺^[10-11]。本项目路基本体填筑的为 A 组填料,卵石和块石居多,为

了验证潜孔钻机的适应性,在施工前进行了试钻。试钻结果显示这种方法十分理想,成一个 6 m 的引孔只需 2 h,而之前的对比试验显示,普通钻机成一个 6 m 的引孔需要 8 h。潜孔钻机成孔质量好,工效高,为后序的地基处理施工提供了可靠的保证。

为了方便高压注浆钻具顺利下钻和高压注浆过程中置换浆液上返通畅,钻孔直径要求 110 mm,钻孔后在高压喷射前对孔口进行简要堵护,防止杂物掉入其中堵塞引孔。这里还有一点值得一提,在开始施工时引孔的深度就到路基底部,经常出现高压旋喷钻杆下钻困难或失败的情况,有的不得不返工引孔,这极大地阻碍了工程进度。经分析认为,潜孔钻引孔后,有大量小碎石粒没有被吹出孔外,在孔底沉积造成高压旋喷钻杆无法下钻,为此,对引孔方案进行优化,在潜孔钻钻孔时钻到路基底部再多钻 1 m,小碎石粒沉积在软弱土层中,高压旋喷钻具可以轻易的将其挤开而顺利下钻。经过此优化后,基本没有出现引孔返工的情况,极大的提升了工效。

2.2 高压喷射注浆工艺

将高压喷射注浆作为一种地基加固技术,施工工艺流程是比较成熟的,基本流程见图 2。

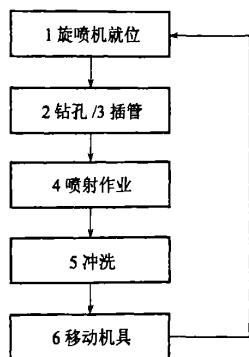


图2 高压喷射注浆流程图

文献[1-2]中对高压喷射注浆的论述都是采取这个流程,同时这个流程也是公认的高压喷射注浆的施工顺序。本文将2钻孔和3插管放到一个图框中是因为现在的多数旋喷钻机能将钻孔和插管一步完成。

由于本工程的特殊性,在高压喷射注浆最为关键的第4步喷射作业的环节上,产生了一个非常规的变动。文献[1-2]中关于这一步都是这样说的:“当旋喷管插入预定深度后,由下而上进行喷射作业”。在我们小范围的试喷过程中,发现按常规做法自下而上提升旋喷造成路基面小幅上抬,结合文献[12]中的论述及长期的经验积累,决定在本工程中改变自下而上提升喷浆这种作法,改成自上而下边插管边喷浆、提升时同样旋喷的方法,这个工艺上的改变,解决了本工程一些特殊的工程问题。

1)本工程的目的在于阻止路基的持续下沉,而不在于提升路基。自下而上的喷射由于反浆空间紧张造成“憋压”现象,很容易上抬路基,而这种突然的上抬对土工结构的强度是一个影响,所以这种喷浆方法不适合。而自上而下旋喷就不存在此问题,上层土经喷射流冲刷破坏后对下层土的约束减小,能利用反浆释放“憋压”,从而在基底不会产生较大的上抬力。

2)本工程施工段紧邻正在运营的胶济电气化铁路,由图1的断面简图可以了解现场关系。解决憋压现象的同时也避免了发生高压劈裂注浆对既有有线造成影响的可能性。从控制工程安全和质量的角度上来讲这一点相当关键。

3)自下而上喷浆,旋喷钻头下钻到桩底标高的过程中极易产生喷嘴堵塞,这种情况的发生对施工是一种阻碍,而自上而下旋喷就不会有这种情况的发生。

4)自上而下旋喷成桩的可靠性强,并经受住了

实际工程的检验,文献[1]和[12]中许多工程实例都采用了这种施工工艺。

通过分析对比,将本工程的喷射工艺改成自上而下的旋喷,同时为了使工程质量更为保险,在上提喷管的同时也进行旋喷,这样会使桩体的连续性更好,更为均匀,旋喷桩体将更加完整。

2.3 高压喷浆工艺参数

根据有关规程和地层情况,结合经验和试桩结果,现场的施工工艺参数如下:

旋喷钻杆下降/提升速度 20~25 cm/min

旋喷钻杆旋转速度 22~30 rpm

注浆压力 20~25 MPa

喷嘴直径 2.6 mm

浆液水灰质量比 1:1,水泥采用P.O32.5,不掺添加剂。

施工中除了严格按照工艺流程及参数施工外,尚需注意以下几点:

1)成桩过程中因故停止,恢复供浆时应在断浆面上或下重复搭接0.5 m喷浆施工。

2)旋喷钻机安放平稳,钻杆保持垂直,桩体垂直度不得超过1.0%,喷射孔与高压注浆泵的距离不宜大于50 m。

3)在注浆过程中注意观察泵压及冒浆情况,施工工艺参数随之进行适当调整。

3 注浆施工评价

施工完成后,对旋喷桩体进行抽芯检验,在每根检测桩桩径方向1/4处,桩长范围内垂直取芯,取不同深度的3个试样做无侧限抗压强度试验,试验结果均满足设计要求。

经过长时间的沉降观测,结果显示路基结构在施工完成一周后变不再发生下沉。旋喷桩加固后的路基经过长期连续观测,路基沉降得到完全控制,路基体稳定达到铺轨通车条件。胶济客运专线在奥运期间顺利通车,实际更加验证了该病害路基的治理是成功的,方法是科学的。

4 结论

1)对于以卵石土为主的土工结构,以潜孔钻机开孔是适宜的方法,这种方法不用使用循环水,从而避免了浸泡作用对土工结构的破坏,同时,利用潜孔钻工效高,方便快捷,是一种值得推广应用的开孔方法。

2)高压喷射注浆的施工工艺应根据实际情况灵活应用,尤其在进行已有建筑的基底加固时,自上而下的旋喷方式有其独特的优势,但一切需以施工前

的试验为依据,不可盲目遵循设计及施工手册等的指导。

参 考 文 献

- [1] 左明麒,刘永超,孟庆文. 基础工程设计与地基处理[M]. 北京:中国铁道出版社,2000.
- [2] 《地基处理手册》编写委员会. 地基处理手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1988.
- [3] 陈新华,赵桂建. 高压旋喷桩在软土地基加固中的应用[J]. 地质学刊,2008,32(3):227-229.
- [4] 郑刚,裴颖洁. 天津地铁既有有线改造工程中的控制差异沉降研究[J]. 岩土力学,2004,28(4):728-732.
- [5] 刘浩,胡本涛. 高压旋喷在某地基加固工程中的应用[J]. 大连大学学报,2007,28(6):62-65.
- [6] 尹雨阳. 高压注浆在建筑物地基灾害处理中的应用[J]. 岩土工程界,2005,8(9):43-44.

- [7] 中华人民共和国建设部. JGJ 79—2002 建筑地基处理技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [8] 郭勇,周振华. 潜孔钻机的应用现状与发展趋势[J]. 矿业快报,2008(4):13-14.
- [9] 李杨. 潜孔钻机的凿岩性能及其分形特征[J]. 爆破,1999,16(1):1-3.
- [10] 李胜利,崔明远. 潜孔钻在玉石水库固结灌浆工程中的应用[J]. 甘肃水利水电技术,2009,45(3):53-54.
- [11] 宋成才. 潜孔钻机在隧道中的应用[J]. 山西建筑,2007,33(36):307-308.
- [12] 郭世周,高峰. 高压旋喷与定喷结合注浆在帷幕支护施工中的应用[J]. 岩土工程界,2002,5(6):33-35.

收稿日期:2009-06-04

(上接第267页)

3)1999年江西省九江市济益公堤防渗墙采用振动切槽工艺施工,质量优良。

4)2000年江西省九江市永安堤段防渗墙采用振动切槽工艺施工,质量优良。

5)2000年4月~6月哈尔滨市城防堤防渗墙采用振动切槽工艺施工,堤身填筑的为非均质粉土、粉质粘土等,堤身下为原始砂、砂砾石,厚10~12m;砂砾石下为相对隔水的含砾粘土,墙深25m,墙体厚0.2m,嵌入相对隔水层2~3m。总工程量20000m²,经开挖检查和墙体取样测定,各项指标均满足设计要求,被评为优质工程。

6 结 论

振动切槽为最薄防渗墙的施工方法之一。建成的墙体连续性好,无接缝,无横向开叉。墙面平整,厚度均匀,按工艺施工,认真操作,不会出现断墙断桩现象。

振动切槽施工方法简单,操作容易,不需置换与专门的浇注工序,只需从振管内向槽底注浆即可,工作面只须3人操作。

振动切槽无需护壁,成墙浆液也始终不出槽口,很少有污染。

设备少,投入少。比高压旋喷造墙成本低30%,比薄壁抓斗造墙成本低20%。

振动切槽的效率很高,注浆灵活方便,故修筑防渗墙的效率很高,平均成槽成墙效率在500m²/d左右,最高连续成墙效率可达1500~2000m²/d。如果说德国宝峨公司的振动沉模机也能达到这个效率,但它的设备购置费却是振动切槽机的30多倍。还不计能源、维护、运输等成本费用。

参 考 文 献

- [1] 孙灵慧,李云崖,王开兰. 切槽成墙技术在堤防工程中的应用[J]. 西部探矿工程,2001(2):9-10.
- [2] 张晓明. 振动切槽防渗墙施工技术及其应用[M]//水利水电工程钻凿施工技术. 长春:吉林科学技术出版社,2005:157-160.

收稿日期:2009-07-13