

高喷技术在长江垂直防渗墙复杂地层中的应用探讨

刘建涛, 何俊照

(河南省地矿建设工程(集团)有限公司, 河南 郑州 450006)

摘要:结合长江罗家潭堤段高压防渗墙工程的施工情况,对复杂地层的防渗墙施工进行了分析,并结合高喷技术的固结防渗机理提出了高压旋喷方法在复杂地层中应用时应注意的几个问题。

关键词:堤防工程;高喷;垂直防渗墙;复杂地层;单管旋喷;三重管旋喷

中图分类号:TV871.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2004)05-0022-03

1 工程概况

长江荆南干堤防渗加固工程(荆江弥市堤段桩号 712+500~708+000),主要为水泥土防渗墙。堤身垂直防渗墙长 4.38 km,设计墙厚 30 cm,深度 12.9~18.9 m。堤身填土由粉质壤土、粉质粘土及砂壤土组成,局部夹粉细砂,土体不均一,密度偏低,局部含腐植物根及砖瓦碎片。采用深层搅拌法进行施工。据历史记载和 1998 年及 1999 年汛期险情资料统计,2000 年度工程堤段内普遍存在着散浸,局部发生管涌、崩岸等重大险情。结合勘察结果分析,堤段内主要工程地质问题为渗透与渗透变形问题。

在罗家潭堤段防渗墙施工时,10.0~13.0 m 遇地下不明障碍物而多次被迫停工。后经了解得知:罗家潭堤段 1935 年溃口后抢险复堤时,10.0~13.5 m 填筑了大量木桩、树枝和石块等杂物,经数次钻探查明:710+235~255 段,长 20 m;710+273~312 段,长 39 m;710+675~685 段,长 10 m,共计长 69 m,因在 10.0~13.5 m 遇阻无法采用深层搅拌法施工。为此,我们决定改用其他施工方法。

2 施工方案的选择和确定

对于这种复杂地层的防渗墙,结合工程实际情况,决定采用高压喷射灌浆工法进行试验施工。

此部分地层条件较为复杂,而场地条件又有所限制,结合长江堤防防渗工程原有的施工方法,经考虑初步决定采用单管高压旋喷注浆。结合原来水泥土防渗墙的施工技术参数,确定了试验施工参数:桩径 600 mm,桩距 500 mm,墙体厚度 330 m,水泥用量 270 kg/m^2 ,水灰比 0.8~1,喷嘴数量 1 个($\Phi 2.2$

~2.5 mm),喷浆压力 20~25 MPa,提升速度 20~25 cm/min,旋转速度 18 r/min。水泥为 425 普通硅酸盐水泥。在 710+674.987~684.487 段进行了试验施工。试验设备为 HT-150B 型单管高喷设备。

在试验施工过程中,出现桩底部,尤其 12~14 m 砂层位置冒浆量异常、不冒浆或冒浆量很少现象。为探明孔内情况,我们与现场监理随机对 31 号桩进行了定位旋喷试验。施工参数:水灰比 0.9,喷浆压力 25 MPa,提升速度 20 cm/min,转速 18 r/min,高压水成孔压力 5 MPa。

该桩桩深 16.5 m,高压水成孔无异常现象。开始喷浆提升后,在 16 m 位置开始不冒浆。于是以一个行程(40 cm)为单位,正常喷浆后,减压至 15 MPa 进行复喷,第一次复喷无效果,继续第二次复喷一开始,立即冒浆。以此方法施工至 12.7 m 位置,效果同上。但在 12.7~12.3 m 位置持续注浆 15 min 依然不冒浆,压力减至 5 MPa,再注浆 7 min 仍无冒浆,总注浆量达 1400 kg。放弃复喷恢复正常施工,至 11.8 m 开始冒浆,直至孔口冒浆正常。

根据以上情况,业主代表、设计代表、监理中心、施工单位 4 方开现场会,分析认为:产生此现象的原因可能是由于 12~14 m 位置是粉砂层,其特性是渗透性好、硬而脆,同时由于 1935 年抢险时埋有木桩、树枝等杂物,腐烂后堆积,密实性差。25 MPa 压力使粉砂层大面积破碎后,空隙贯通,这时虽减小压力,浆液还是沿破碎后的砂层及空隙压到远处,逐渐渗透,所以不冒浆。但提升过这一段地层,浆液没有压力后,浆液滞留在钻孔处慢慢渗透,逐渐凝结,

收稿日期:2003-07-02

作者简介:刘建涛(1976—),男(汉族),河南临颖人,河南省地矿建设工程(集团)有限公司助理工程师,探矿工程专业,从事岩土工程技术及施工管理工作,河南省郑州市文化宫路 31 号,13503861372, hnjljt@163.com;何俊照(1978—),男(汉族),河南武陟人,河南省地矿建设工程(集团)有限公司助理工程师,水文地质工程地质专业,从事岩土工程设计与施工工作,13937118569。

形成水泥土桩。空隙或被封堵或被充填,墙身质量仍可保证。

为此,我们对原试验施工方案做出如下调整:

(1)在以正常技术要求进行施工的基础上,在底部1 m范围内增加低压(10~15 MPa)旋转注浆5 min重复注浆一次,在12.0~14.0 m段增加低压旋转注浆10 min重复注浆一次,减小浆液密度至1.6 kg/L。

(2)施工结束后对有一定龄期的墙体进行补喷试验,若冒浆量很大,则说明首次施工有效,墙体质量良好,若不冒浆或冒浆很少,则应全部补喷或再做一道墙,以达到防渗效果。

最后确定单管旋喷桩有效桩径600 mm,桩中心距500 mm,桩间搭接100 mm;提升速度20~25 cm/min,旋转速度18 r/min;水灰比0.8~1,水泥密度1.6 kg/L,成墙厚度330 mm。

根据施工区上部填土层结构情况,为保证施工质量,施工顺序分为单、双序,先施工单序桩,后施工双序桩。

在墙体施工结束后,对2个桩位进行补喷检验,结果孔深均达到16.5 m,返浆速度快,返浆量约70%,返浆密度1.7 kg/L。

3 检查孔施工中发现问题分析

3.1 发现问题

施工完毕1个月之后,进行检查孔取心施工。施工1号检查孔至9.6 m深时,见砂层且无水泥,钻至11.0 m终孔,初步认为是钻孔打斜。但移位至2号检查孔重新施工时,钻至8.0 m时见砂层且无水泥,钻至16.5 m终孔。3号检查孔钻至7.45 m时见粉砂层且无水泥,钻至9.0 m时见砂层且无水泥,12.0 m处见2块石块,钻至16.3 m终孔。4号检查孔11.2~12.0 m为细砂灰桩,偏向喷孔的大半块胶结较好,12.0~12.8 m为砖块层,砖块整状且有水泥胶结,钻至16.5 m终孔,当时认为该孔取心较好的原因是离喷孔较近。于是将钻机移至1号检查孔,在其临江面(5号检查孔)和背江面(6号检查孔)挨着各布置一孔,5号检查孔钻至0.5 m即见填土无水泥,钻至9.6 m时,见砂层无水泥,钻至9.8 m终孔;6号检查孔钻至9.6 m时,见砂层无水泥,钻至9.7 m终孔。

在现场查看上述6个检查孔心样并对4号检查孔进行定性注水试验,结果如下:5 min下降了0.72 m,10 min下降了1.27 m,55 min下降了3.75 m,

85 min下降了5.10 m,145 min下降了6.10 m,265 min下降了7.00 m,其它几个孔也有类似水位下降现象。

3.2 原因分析

(1)在施工高喷墙时,完全按“单管高压旋喷施工组织设计”的施工参数,对施工参数、施工步骤进行了严格控制,水泥用量达270 kg/m²以上。

(2)高喷施工前,在有地下障碍物的位置施工了4个勘探孔,均在12.0 m左右遇阻。从3号检查孔取出的石块、4号检查孔取出的砖块看,高喷对10.0~13.5 m范围填筑的砖、石块等杂填物起到了固结作用。

(3)4号检查孔取出的心样,一半是纯灰桩,一半是水泥土灰桩。说明该孔是跨着原喷浆孔施工的,其在砂层段的心样也只有大半块比较密实,另一小部分胶结不太好;其余5个检查孔孔位均离原喷浆孔较远,砂层均不含水泥或含极少量水泥。

(4)孔口返浆情况分析,当返浆量≤20%为正常,返浆量>20%或者不返浆都属于不正常现象。开始施工时,出现不返浆现象,说明地下存在较大的漏浆情况;进行复喷时又出现返浆量过大的现象,这说明了喷浆范围与注浆量不适应,需要加大注浆压力或加快旋转速度。

(5)目前,高喷法建造防渗墙存在以下问题:①高喷凝结体的垂直度问题;②在复杂地层施工时高喷体搭接问题;③高喷防渗墙的质量控制和检查墙体施工质量的方法问题。

4 高喷防渗墙存在问题的处理

经过分析我们认为,在此次复杂地层的高喷防渗墙施工中,施工参数、施工工艺步骤都进行了严格的控制,施工存在问题是因为局部堤段的地质条件极为复杂,致使单排高喷墙高喷凝结体的垂直度、墙体的搭接出现问题,使施工未达到理想效果。为了彻底根治该段险情,我们决定采用双排高喷墙进行处理,即在原单管高喷墙体外再施工一道高喷墙体。为保证施工质量,决定采用三重管高压旋喷进行施工。

施工设备:SGP40-3B型三重管高喷设备,3D-3X型高压水泵,IV-3/8型空压机,BW-150型泥浆泵,350型水泥浆搅拌罐,TY301型三重管,160 kW柴油发电机,卷扬机等。

采用泥浆固壁钻进成孔,泥浆pH值为8~10,密度控制在1.10 kg/L左右,保证7~10天内高喷

管能顺利下入孔底。成孔孔径为 110 mm,成孔深度大于设计成墙深度 10~20 cm。成孔后孔斜率控制在 1%以内。

三重管高喷桩有效桩径 1200 mm,桩中心距 1000 mm,桩间搭接 200 mm。提升速度 6~8 cm/min,旋转速度 5~6 r/min;水灰比 0.8,水泥浆密度 1.6~1.7 kg/L;水压 40 MPa,水量 75 L/min;浆压 0.3 MPa,浆量 72 L/min;气压 0.4 MPa,风量 1.5 m³/min。

为保证施工质量,高喷桩施工顺序分为单、双序,先施工单序桩,后施工双序桩,保证了相邻桩的施工时间间隔在 24~72 h。

5 质量检查

三重管高喷防渗墙施工结束后,分别采用了钻孔取心、开挖检查、注水试验、围井试验等检验方法对墙体的质量进行检测。

5.1 钻孔取心检查

在墙体施工完 28 天后,沿轴线每 200~300 m 抽检一孔,取样部位为墙体的中部、下部,共取样 12 组。主要检验心样完整情况,并进行抗压强度、渗透系数和渗透比降等室内物理力学试验。经检验,各项指标均满足要求。

5.2 开挖检查

施工结束后沿防渗墙轴线开挖了 3 处长 7 m、深 2.5 m 的检查坑,主要检查墙体的外观质量、防渗墙桩间搭接、墙厚及墙体的整体性。开挖出来的墙体外观平整、搭接良好,最小墙厚达到了 313 mm,垂直度在 0.35%~0.48%之间。

5.3 注水试验

利用 $\phi 133$ mm 钻头,在高喷墙体搭接处钻孔作注水试验,通过观测注水孔的稳定渗流量、稳定水头和钻孔半径计算防渗墙的渗透系数 K ,计算方法如下:

$$K = 0.366q / (LS) \cdot \lg(2L/r)$$

式中: K ——渗透系数,cm/s; q ——稳定注水量,g; L ——试段长度,m; S ——降深,m; r ——钻孔半径,m。

从试验结果看,渗透系数 K 值在 (7.00~8.50) $\times 10^{-7}$ cm/s 之间,均满足 1×10^{-6} cm/s 的设计要求。

6 结论与建议

目前国内一些专家认为,高压旋喷在细颗粒砂

砾层中可形成多层同心环结构,由内至外依次分为核心层、掺搅混合层、挤压层和渗透凝结层。由其结构推理出高喷体的固结防渗机理:渗水先经渗透层进入挤压层,再进入防渗性较强的掺搅混合层才能到达密度较高的核心层,然后沿相反的层次穿过防渗体。

通过高喷固结防渗墙机理可以知道,高喷凝结体本身的抗渗性是很好的,但是高喷凝结体本身与地下构筑物之间的连接却是值得疑虑的。试验证实,只要在射流有效作用范围内,凝结体连接形式主要有两种:一种是“切割式”连接,即先期形成的凝结体,如强度不高,射流能量可将其切割形成镶嵌式连接;另一种是“焊接式”连接,即先期形成的凝结体如强度较高,射流能量只能将其表面冲洗剥离干净形成焊接式连接。

由高喷体固结防渗机理加上此次复杂地层的施工,我们认为:

(1)在采用高喷工法进行防渗处理时,一定要对地质情况做详尽的勘察,必要时可以做地下水参数测试,以确定该地层的水文地质参数(如地下水流速、孔隙率等),为准确地制订出合理可行的施工参数提供有力的依据。

(2)采用高压旋喷施工方法,在保证搭接体牢固的前提下,有必要采取双排甚至 3 排墙体,以保证墙体的有效搭接厚度。

(3)不管采取哪种连接方式,都要保证墙体的连接质量,而墙体的连接质量与射流的有效范围有关,也就是说,必须要保证相邻高喷孔距小于射流的有效作用范围。

(4)在钻孔技术方面要有很好的保证(包括垂直度的保证、合适的施工设备以及合理的施工工艺),以确保高喷施工的质量。

(5)在复杂地层中施工高喷防渗墙,首先必须采取有效的措施保证孔口返浆量达到技术要求,从而确保灌入土体的浆量。

(6)高喷防渗墙的质量检查,特别是在此类复杂地层中,单靠钻孔取心方法不能全面反映其真实的防渗墙效果,应采用多种方法(如注水试验、围井试验等)相结合的方法来进行检查,以达到真正的检验效果。

参考文献:

- [1] 张金昌,宋志彬,杨大根,等.江河堤坝垂直防渗高压喷射灌浆技术[J].探矿工程,2000,(5):29-32.