

水利工程特殊地层灌浆预加固施工技术

李成明 陈亚杰 邹佳怡 孙瑞岐 刘佳桐

松辽水利水电开发有限责任公司, 吉林 长春 130061

[摘要]在水利工程的施工过程中, 常常会遇到一些特殊地层, 如松散的砂层、断层破碎带、软塑-流塑状淤泥质黏土、高压压缩裂隙等, 这些地层在进行灌浆施工时, 常会出现浆液漏失、塌孔、串孔、冒浆等情况。因此, 在进行特殊地层的灌浆施工前, 应对其进行预加固处理, 以保证水利工程的顺利施工。结合某工程实例, 探讨了采用钻孔灌注桩+高压喷射注浆方法进行特殊地层的灌浆预加固处理的施工工艺及技术措施。

[关键词]水利工程; 基础灌浆; 特殊地层; 灌浆方法

DOI: 10.33142/ect.v1i3.8967

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Grouting Pre Reinforcement Construction Technology for Special Strata in Hydraulic Engineering

LI Chengming, CHEN Yajie, ZOU Jiayi, SUN Yuqi, LIU Jiatong

Songliao Water Resources & Hydropower Development Co., Ltd., Changchun, Jilin, 130061, China

Abstract: In the construction process of hydraulic engineering, special formations are often encountered, such as loose sand layers, fault fracture zones, soft plastic flow plastic muddy clay, high compression cracks, etc. During grouting construction, these formations often encounter situations such as slurry leakage, hole collapse, cross hole, and slurry leakage. Therefore, before grouting construction in special formations, pre reinforcement treatment should be carried out to ensure the smooth construction of water conservancy projects. Based on a certain engineering example, this paper explores the construction process and technical measures of using drilling grouting piles and high-pressure jet grouting method for grouting pre reinforcement treatment of special strata.

Keywords: water conservancy engineering; foundation grouting; special strata; grouting method

1 工程概况

1.1 工程数据

某水库大坝为混凝土面板堆石坝, 坝顶高程为 170.0m, 最大坝高 190.0m。大坝总库容为 4606 万 m³, 设计最大坝高 70m, 水库正常蓄水位为 170.00m, 相应库容为 3206 万 m³。水库正常蓄水位以下大坝基础采用混凝土面板堆石坝, 坝顶长 211.2m; 上游坝坡 1: 1.5; 坝体填筑料采用粒径 5 cm 的卵石和粒径 10 cm 的黏土并掺 3% 水泥, 其中粒径 5 cm 的卵石和粒径 10 cm 的黏土各占 50%。大坝基础由底板、侧墙、左岸导墙及右岸坝段左坝段防渗等组成。大坝采用 3 级布置, 共设 8 条坝基渗流控制标准为 1.0m/d。根据施工期间对左岸导墙上游坡面和右岸大坝右坝肩的土石开挖情况发现: 左岸导墙上游坡面土石开挖后, 在靠近导墙 1m 范围内的土层内存在 2~3m 厚的淤泥质黏土; 右岸导墙上游坡面土石开挖后, 在靠近导墙 2m 范围内的土层内存在 2~3m 厚的淤泥质黏土; 左右岸边坡和坝体填筑料中也存在厚度不一的淤泥质黏土。

1.2 工程分析

经分析, 左岸导墙上游坡面和右岸坝肩均为新近沉积(上更新)杂填土、亚黏土和松散砂层组成, 表层有 2~3m 厚的亚黏土覆盖, 其下为新近沉积物(上更新)杂填土和松散砂层。经现场试验及综合分析, 该地段存在 2~

3m 厚的淤泥质黏土。由于该层为典型的淤泥质土, 具有很强的流变性和渗透性。根据目前已施工完成的部分坝基钻孔及开挖情况分析, 该地段地基土层结构复杂, 地层中存在很多孔隙、裂隙、砂层等。同时由于在该区域内存在 2~3m 厚的淤泥质黏土和 2~3m 厚的亚黏土覆盖层, 导致了在该区域内钻孔过程中出现孔壁坍塌、塌孔、串孔等现象。根据该区域地质情况和该地段地层结构特征, 在进行灌浆施工前, 需对钻孔施工过程中出现的塌孔、串孔、冒浆等现象进行处理。首先对钻孔灌注桩进行预加固处理, 待钻孔灌注桩完成后再进行高压喷射注浆。本工程在左岸导墙下游侧及右岸坝段左坝肩采用钻孔灌注桩+高压喷射注浆方法对其进行预加固处理。在预加固处理过程中, 采用先钻孔灌注桩后高压喷射注浆的施工工艺, 通过钻孔灌注桩+高压喷射注浆方法对特殊地层进行预加固处理以达到防渗的目的^[1]。

2 施工工艺及技术措施

2.1 钻孔灌注桩

钻孔灌注桩是采用钻进成孔施工工艺, 利用钻头钻进, 利用钻机的动力和回转机构带动钻头旋转, 将泥浆(或水泥浆)打入孔内, 利用泥浆泵或水泥浆输送泵将泥浆(或水泥浆)抽至孔口, 形成桩体。钻孔灌注桩适用于一般黏性土、砂土、碎石土、风化岩层、湿陷性黄土等土层中, 对软弱土层和特殊土层的处理效果较好。在此基础上用高

压喷射注浆法进行加固处理,其适用范围更广。其优点是不需回填土方,工程量小,施工工艺简单,可节约大量投资;其缺点是防渗加固效果不明显。在对特殊地层进行加固时,采用钻孔灌注桩+高压喷射注浆技术进行预加固处理时,应根据地质情况采取相应的施工措施。

2.2 高压喷射注浆

高压喷射注浆技术是利用钻机钻孔,在钻孔后用高压水和浆液将钻孔冲洗干净,然后将钻杆下至设计深度,再用高压喷射注浆器将注浆管从孔内向外喷射,使注浆管中的水、浆混合,并在孔口形成具有一定强度的固结体。高压喷射注浆施工设备采用桩机。施工过程中要注意以下几点:(1)钻孔:一般采用正循环钻孔,孔径为10~15 cm。(2)下管:根据设计孔位进行下管,孔口设定位桩,并在桩位上用全站仪测量,准确定位。下管过程中要尽量避免灰浆在管内滞留。

(3)浆液制备:配制浆液应按配合比准确计量。(4)喷射注浆采用自上而下的方式进行。喷射的速度应根据地层情况及喷浆量确定,一般控制在0.5m/min以内。

2.3 施工质量检验

在施工过程中,为了确保工程质量,应对施工质量进行检验。检验内容有:在施工过程中,为了确保工程质量,应对施工质量进行检验。检验内容有:(2)压水试验。对高压喷射注浆的地基进行压水试验,试验应在检验合格后进行。压水试验用水量应根据地基情况而定,当地基强度较高时可减少用水量。(3)复合地基质量检测。在经过高压喷射注浆处理的地基中,还需对其复合地基进行质量检测。应从地基中抽取一定数量的试件,采用多种测试方法来分析地基的承载能力、变形特征以及相邻结构的共同作用等问题,并对其进行综合分析评价,确定其是否达到设计要求^[2]。

3 特殊地层灌浆施工过程中常见问题及处理措施

3.1 孔口漏浆

主要原因是孔内漏浆量较大,浆液扩散范围小,影响了帷幕的形成,当浆液在裂隙中发生流动时,遇到破碎的岩石和地下水就会漏浆。所以,在施工前,应先用泥浆泵将孔口浆液排出,然后再用水冲出孔内的泥浆。

3.2 塌孔

塌孔主要是由于土层松软、破碎,在钻孔过程中,由于钻机或钻杆下沉或转动不灵活导致钻孔偏斜、倾斜等造成的。因此在进行灌浆施工前应先对地层进行处理,如降低孔口压力、改变钻孔方位等。

3.3 串浆

串浆主要是由于灌浆压力过高导致浆液被抽吸至孔口附近,导致孔口段浆液的浓度和黏度增大,难以继续进行灌浆。因此在进行灌浆施工时应控制好灌浆压力和时间,当达到预定值后再继续灌注。

3.4 冒浆

冒浆的主要原因是浆液被地层吸收、在裂隙中流动、

堵塞了孔口或裂隙等。因此在进行灌浆施工时应采取有效措施防止冒浆。可以采取以下两个措施:(1)控制注浆压力。由于水泥浆对岩石的渗透作用会使岩石内部的一些微小裂隙被水泥浆充填或堵塞,使岩石本身的孔隙变小甚至完全封闭而失去透水能力。因此在进行灌浆施工时应控制注浆压力在0.1~0.4 MPa范围内,且应随时监测浆液的变化情况。在进行灌浆施工时,由于灌注压力过高会使岩石裂隙内的浆液被抽吸至孔口附近,从而导致钻孔偏斜和孔口漏水等情况的发生。因此在进行灌浆施工时应严格控制注浆量,使其尽量减少对岩石裂隙的抽吸。(2)选择合适的灌浆方法。针对不同地层采用不同的灌浆方法有利于提高灌浆效果。在进行砂层、断层破碎带、软塑-流塑状淤泥质黏土等特殊地层的灌浆施工时,可采用钻进法进行灌浆;在进行高喷射注浆施工时,应采用高喷法或固结灌浆法;在进行高喷注浆施工时,可采用注浆法与固结灌浆法相结合的方法进行。

3.5 孔口渗水或冒浆

当遇到有较多地下水通过钻孔时,孔口部分或整个孔都会有渗水或冒浆情况发生。在这种情况下应尽快将水排空或将水抽干后再进行施工。

3.6 空孔

当发现空孔时,可采用以下方法处理:(1)若浆液流失严重,可采用重注浆液、水泥砂浆填充等方法处理;(2)若出现有浆液从孔口漏出现象时,可采用高压水或空气将漏浆充满孔内;(3)若发生串孔现象时,可采取加水稀释水泥浆等措施进行处理;(4)若发生有大量冒浆时,可采取改变灌浆压力、孔口封闭等方法进行处理。当孔内压力上升较快而漏浆量较大时,可适当提高灌浆压力。当灌浆压力升高后仍不能将浆液压入裂隙时,可采用减少注浆量或提高灌浆浓度等方法进行处理^[3]。

4 高压喷射注浆的质量控制

4.1 施工前应做好准备工作

施工前要准备好原材料、施工设备、施工工艺、施工方法和施工计划等,并结合工程的实际情况,对施工机械设备进行必要的改造。根据工程地质和水文地质情况,设计出切实可行的高压喷射注浆方案。

4.2 制定完善的质量检查制度

制定完善的质量检查制度,并按要求对高压喷射注浆过程进行检查。根据实际情况采用目测和量测相结合的方式进行检查,并及时做好记录。在喷射过程中,要随时观察记录浆液的流量、压力和固结体的形状等。

4.3 高压喷射注浆是一种连续作业,必须做好过程控制

根据工程实际情况,对关键部位应采取有效的技术措施,对影响工程质量的因素进行必要的监控。同时在喷射注浆前,应根据不同地层情况采用适当的浆液浓度及水灰比;对地层变化较大或存在漏浆等情况时,应及时调整浆液浓度和水灰比。在喷射注浆过程中,当发生漏浆等异常现象时,应停止喷射注浆,查明原因并采取措施后方可继续施工。

4.4 喷射注浆结束后应进行相应的质量检查和验收工作

主要检查内容有:浆液的性能、材料配合比、制浆时间、高压泵压电频率等;高压泵压力;喷射管的旋转速度;喷嘴提升速度等。并且质量检查验收合格后应对高压喷射注浆效果进行检验和评定,根据现场情况选择适宜的检验方法,可采用孔内取芯或室内试验等方法。当采用室内试验方法时,应按相关要求进行试验分组、取样、制作试件并进行室内试验。现场试验应在钻孔完毕24小时内进行。

4.5 适用范围

高压喷射注浆是一种工厂化和机械化程度较高的加固、防渗施工工艺,在水利水电工程中可广泛应用于地基防渗加固、基础防渗处理、坝体防渗处理等方面。主要适用于以下几个方面:(1)适用于高压喷射注浆法在混凝土坝基上进行防渗处理时,宜采用三管法,即从坝前向坝后逐渐加密,间距不宜大于1m;当遇到砂层或砂卵石层时,应采用两管法,即从坝体向坝后加密;当遇到卵石层或砾石层时,应采用三管法,即从坝体向坝后加密。(2)适用于基岩面起伏变化较大的土质地基;(3)适用于有地下水流动的土层;(4)适用于各种类型的砂砾石地基;(5)适用于地下水位以下的黏土、粉土、粉细砂和砂壤土地基;(6)适用于具有一定强度和刚度的混凝土、钢筋混凝土等结构物基础处理。当地下水位以下采用水泥土搅拌桩防渗墙处理时,宜采用三管法;当地下水深度较大时,应根据具体情况进行试验研究。当地下水位较高时,宜采用二管法施工。(7)适用于不同地质条件下的土坝加固、大坝除险加固和地基处理等工程^[4]。

4.6 基本原理

高压喷射注浆加固地基主要是通过浆液将地基中的软弱土层或不稳定地层充填、压密,使之成为具有一定强度和整体性的地基,同时还能改善地基的物理力学性能,达到提高地基承载力,控制沉降、减少沉降量等目的。高压喷射注浆的基本原理是:将高压水或泥浆通过钻孔压送到设计深度,然后利用钻机带动高压水枪或泥浆泵,利用其高压射流切割和粉碎土体,使土体颗粒之间产生强烈的摩擦和碰撞、挤压作用而使土体与浆液混合。在浆液压力和喷射压力作用下,浆液从喷嘴中高速喷出,通过与土体接触、搅拌,形成一定强度的水泥浆体。同时喷射流与孔壁之间产生复杂的摩擦、挤压和剪切作用,破坏了土体结构的完整性。浆液将被破坏的土体颗粒吸出后形成一个固结体。在实际工程中高压喷射注浆可根据不同工程地质和水文地质条件选用不同的技术参数。但从实际效果来看,水灰比为0.5~1.0之间最为合适。在一般情况下可根据不同工程地质和水文地质条件选择较小的水灰比(0.5~1.0)。其最佳水灰比应根据试验确定。最后高压喷射注浆主要还是适用于在地下水位以上的砂层、砾石层、碎石土层中,可采用水泥-水玻璃双液喷射注浆工艺。

5 关于岩溶特殊地层灌浆

5.1 无填充物灌浆

在岩溶无填充物情况下,需注重以下几点灌浆操作方式:第一,针对大空洞岩溶,可采用回填高流态的混凝土,且混凝土骨料的粒径应小于20mm。岩溶发育较深则可采用溜槽、导管灌注的方式,避免混凝土结构出现分离;第二,针对空洞较大的岩溶结构,可采用扩大灌注孔径法,往孔内投入粒径小于40mm的碎石,并在填满后注入水泥砂浆。最后待3小时后,再一次进行简易压水;第三,对于空洞较小的岩溶,可灌注水泥砂浆及其他混合浆液,在灌注3小时后重新进行扫孔、压水等流程。

5.2 有填充物灌浆

在岩溶有填充物情况下,也需采用适当的灌注手段:第一,高压灌注法,采用不冲洗高压水泥灌注浆体灌注,并利用高压灌注法将填充物压实,以此提升其自身的抗渗透性;第二,高压旋喷灌注法。利用钻机将带有特殊喷嘴的灌浆管钻进土层预定装置后,用高压脉冲泵将水泥浆液通过喷射装置喷射,并喷射入周围土体,借助流体冲击力切削土层,最后完成高效的灌注;第三,花管灌注。在含沙量较大的岩溶地带无法使用高压灌注手段,因此可将花管埋设到土层之内,将浆液通过较大压力射入到土层之中,或将填充物压实,降低其自身水分,以实现压实填充物的目的,使其达到良好的灌注效果^[5]。

6 结语

总而言之,由于水利水电工程的快速发展,其在基础灌浆工作中也势必会遇到不同的特殊地层。因此对特殊地层进行灌浆预加固处理,可有效地降低地下水位,提高渗透系数,减少或消除灌浆过程中漏浆、塌孔、串孔、冒浆等情况发生的可能性,从而确保特殊地层的灌浆施工质量。在该工程中,通过采用钻孔灌注桩+高压喷射注浆技术对松散砂层及高压压缩裂隙等特殊地层进行灌浆预加固处理,取得了良好的效果。实践证明,该工艺技术简单、操作方便、经济实用,可推广应用到其他类似工程中。

【参考文献】

- [1]石信.基础灌浆施工技术在水利工程中的应用研究[J].建材发展导向,2023,21(4):100-102.
- [2]文敏.水利工程特殊地层灌浆预加固施工技术[J].珠江水运,2022(21):92-94.
- [3]潘文.水利水电工程基础灌浆中特殊地层的灌浆技术应用[J].价值工程,2022,41(29):124-126.
- [4]姚忠慧.水利水电工程基础灌浆中特殊地层的灌浆方法[J].中国住宅设施,2022(9):37-39.
- [5]石砾.水利水电工程中特殊工况灌浆方法分析[J].工程技术研究,2022,7(13):81-83.

作者简介:李成明(1996—),男,毕业院校:安徽建筑大学城市建设学院,学历:大学本科,所学专业:水务工程,当前就单位:松辽水利水电开发有限责任公司,职务:职员,职称级别:助理工程师。