

劈裂灌浆技术在深圳水库防渗加固工程中的应用

丘宏余

雷国辉

TV697.32

(广东省水利水电第二工程局 广东增城 511340) (河海大学岩土工程研究所 南京 210098)

关键词 防渗加固 劈裂灌浆 定向劈裂 防渗帷幕 深圳水库 渗漏处理

深圳水库是以对香港供水为主,结合防洪、发电等功能的综合性调节水库。水库大坝为均质土坝,始建于1958年。由于当时施工条件及水库本身作用的限制,施工要求较低,施工质量较差,导致大坝渗漏严重。后经两次扩建后,大坝渗漏和稳定得到初步改善。目前,大坝坝顶高程31.5m,设计正常高水位27.6m。测压管和量水堰资料表明,左副坝及小山包的渗漏现象仍较严重,并且比扩建前有所增加。随着深圳水库对香港供水任务的日益繁重及其所处地理位置的重要性,三期扩建后,其设计正常高水位将提高1m,因此,大坝的稳定和安全显得更为重要。经多年的分析论证及施工方案的对比选择,一致认为,采用以劈裂灌浆为主的灌浆方法处理渗漏问题,安全可靠,经济合理。

1 工程简况

深圳水库大坝坝体为均质土坝,坝基及小山包的地层均为绢云母千枚岩及千枚状变质石英砂岩的风化层,地质条件复杂。此次灌浆是在高水位正常供水条件下进行的。灌浆分坝体和坝基两部分,坝基采用常规帷幕灌浆方法进行,坝体采用劈裂灌浆方法进行防渗加固。坝体施灌浆材用20%的水泥和80%的重粉质粘土配制而成,灌浆孔共布设三排,排距1.5m,孔距为2.5m。

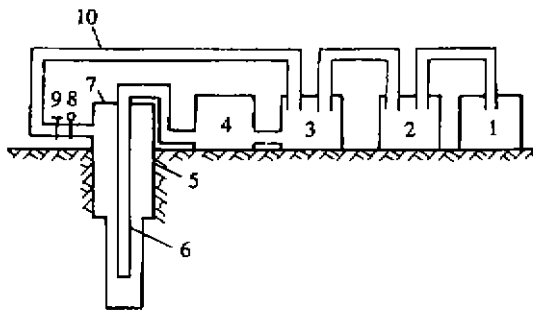
2 施工原理

劈裂灌浆是运用坝体三维应力分布规律,用一定的稀浆或水将坝体沿最小主应力方向(即坝轴线方向)定向劈裂,然后灌注合适的稠浆,形成连续的防渗帷幕;同时,通过浆体与坝互压和湿陷,使坝体内部应力重新分布,缩小了坝体的大、小主应力间的差值,提高了坝体的变形稳定性。

3 施工工艺

经过多年的试验分析认为,小山包及左副坝地

质条件复杂,坝体施工质量差,在坝基全风化层以上渗漏量最大,吃浆量亦较大。针对这种情况及以往的施工经验,我们采用分二序孔钻灌,自上而下,孔口封闭循环式的灌浆方法施灌,灌浆工艺流程如附图所示。施工时,先灌上、下游排,后灌中间排,并严格控制每一道工序的施工。



附图 灌浆流程

1.制浆系统;2.ZPN 泥浆泵;3.拌和桶;4.110/60 卧式灌浆机;5. $\varnothing 108$ 套管;6. 工作管;7. 阻塞盖;8. 压力表;9. 阀门;10. 回浆管

3.1 造孔

造孔一律采用干钻法,如干钻有困难时,改用湿钻。钻机采用杭钻 SGZ-Ⅲ型,孔径为 $\varnothing 75 \sim \varnothing 110$ 。开孔时用 $\varnothing 91$ 的硬质合金钻头,并用 $\varnothing 89$ 的套管隔离坝体,先灌坝基。坝基灌浆结束后,拔出套管,再埋设4m长的 $\varnothing 108$ 套管,用 $\varnothing 75$ 的合金钻头扫孔,对坝体灌浆直至坝基风化土层。这样,既能满足坝基固结灌浆的要求,又能满足坝体劈裂灌浆的要求。

3.2 灌浆

在高水位条件下灌浆施工,应掌握好灌浆压力和灌浆量这两个主要因素,以及两者在灌浆过程中的变化情况,以便更好地保证灌浆的质量和坝的安全。

a. 灌浆压力。土坝灌注水泥粘土浆时,灌浆压

第一作者简介:丘宏余,男,工程师,从事地处理工作,曾发表《广州日升大厦深基坑支护方案优化设计》等论文。

力参照《土坝坝体灌浆技术规范》劈裂灌浆的有关要求进行设计控制,即

$$p_0 = \gamma H + \delta_t + \gamma' h$$

式中 p_0 为最大允许孔口压力; γ 为坝体土的容重; H 为计算点以上的坝高; δ_t 为土的抗拉强度,它等于在现场灌浆试验中劈开坝体压力减去回弹压力; γ' 为浆液的容重; h 为灌浆管长度。

根据现场试验所测得的参数,灌浆深度为 5, 10, 15, 20, 25, 30 m 时,灌浆压力分别为 0.05, 0.10, 0.15, 0.18, 0.21, 0.25 MPa。在灌浆过程中,灌浆压力达到 0.15~0.20 MPa 时,坝体开始出现纵向裂缝,灌浆压力突然降至零,灌浆量骤然增大,无回浆。相隔 48 h 后,纵缝重新回弹收缩,复灌时,灌浆压力达到 0.05~0.10 MPa 时,又从原先的纵缝劈开,坝顶纵缝冒浆。采取相应的措施后,在一定的压力下达到设计的浆量,如此反复钻灌。坝体纵向形成一条具有一定厚度的浆脉,并且浆体与坝体土互压,形成防渗帷幕。

由于高水位的影响,纵缝均出现在坝轴线偏下游 60 cm 的位置。

b. 灌浆量。为防止坝体过早地产生纵向裂缝,在考虑灌浆压力的同时,灌浆量的选定不可忽视。根据劈裂灌浆的施工经验,浆液按“先稀后浓,少灌多复”的原则施灌,每次灌浆量依次控制在 1.0, 0.7, 0.5, 0.4, 0.4 m³/m。每次灌浆时,先灌 600 mL 比重为 1.1 左右的稀浆,然后改为比重为 1.3~1.5 的浆液。各次灌浆的时间间隔不小于 48 h,如此反复灌注,直至该孔达到终孔要求。在灌浆过程中,由于高水位水压力的影响,坝坡冒浆均出现在背水坡,迎水坡水面以下却很少出现冒浆现象。

另外,考虑到在高水位条件下灌浆,坝体土颗粒饱和度为 88%,因此,所灌混合浆的排水固结时间较长,粘土浆材的物理性能显得至关重要。经过反复分析比较,选用重粉质亚粘土作为浆材,以适应高水位条件下的灌浆要求。

3.3 施工质量控制

a. 孔口应派专人观测、记录,并严格控制灌浆压力,以防小山包与左副坝间拐角处产生横向或斜向裂缝。

b. 灌浆期间控制坝顶纵向裂缝不长于 15 m,宽不大于 15 mm,否则立即停灌。

c. 如出现大量漏(吃)浆现象,视具体情况,可以采取以下措施:①降低灌浆压力;②增大浆液浓度,开灌时选用 5:1 的浆液,后用 1:1 或 0.8:1 的浆液;③间歇灌浆;④表面封堵漏浆裂缝。

3.4 封孔

采用机械封孔为主,分次向孔内注入最浓浆液,

浆体浓缩后,再用人工回填夯实。

4 灌浆效果检查

根据坝体渗漏及测压管水位观测结果,绕坝及坝体渗漏已明显减小,其总量减少了 64%,坝后量水堰左体 1 及左体 3 已断流,帷幕前测压管水位上升了 0.6~1.0 m;帷幕后测压管水位下降了 0.3~3.0 m。经 1994 年 9 月 18 日接近 50 年一遇的特大暴雨的考验,证明此次灌浆效果显著。

为查明纵向裂缝的分布及其形状,分别在桩号 0+750 及 0+620 的坝顶处各开挖一个 2 m×1.5 m×2 m 的探槽。探测结果表明,所灌混合浆主脉厚 1.2 cm,并有多条副脉厚 0.1~0.8 cm,三排孔所灌浆液都集中于坝轴线下游 60 cm 附近,主脉上下游方向 0.5~1.0 m 范围内,坝体填土被挤密实,证明已形成连续的灌浆帷幕。

5 结 语

在高水位条件下,采用劈裂灌浆技术处理深圳水库小山包及左副坝渗漏是行之有效的方法,在广东省尚属首次。

a. 该技术不但适用于粘性土层、土夹砂层,还适用于级配好而密实的细砂层及具有一定胶结性的砂层,只要在大坝或堤坝坝基附加应力场的主要范围之内,就能实现定向劈裂,形成铅直连续的浆体防渗帷幕。

b. 大坝最大劈裂深度与坝高及土质条件有关。根据实践经验,一般情况下,在大坝附加应力稳定后,大坝劈裂深度可达到相应坝高的 1.5 倍或相应坝宽的 2/3。

c. 终孔距离应控制在 3~5 m 左右,拐角处应控制在 2~3 m 内,并应控制灌浆压力,浆脉才能连续,不出现横向裂缝。

d. 在高水位条件下灌浆,纵向帷幕线一般出现在坝轴线下游方向,并在背水坡冒浆的可能性较多。

e. 采用合适配比的水泥粘土浆进行柔性坝体的灌浆,经济合理,效果显著。

(收稿日期:1996-03-21 编辑:张志琴)

