

柔性超薄心墙土石坝的综合灌浆及其防渗效果

金晶悦

(吉林省水利水电勘测设计研究院, 吉林 长春 130021)

摘要:针对东林水库浇筑式沥青混凝土(超薄)心墙土石坝渗漏出现的严重险情,采用综合灌浆技术,对心墙进行加固并在墙前新制成具有一定塑性的防渗墙(帷幕),同原墙联为一体,联合进行防渗。工程实际应用表明,本文所提出防渗处理技术,对柔性超薄心墙(中低)土石坝是非常有效的。

关键词:土石坝;柔性超薄心墙;综合灌浆;防渗效果

中图分类号:TV223.3+4

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2001)07-0118-02

沥青混凝土防渗墙土石坝,是土石坝的一种新型防渗结构^[1]。它具有超薄的防渗墙,并且防渗性能好(10^{-7} cm/s,不透水),适应变形能力较强和不用防渗土料,占用农田少,工程量小,造价低,易于施工。20世纪50年代,在国外逐步得到推广应用。我国于1973年引进该技术,至今已在70多项沥青混凝土防渗工程应用。

目前,对沥青混凝土防渗墙土石坝在运行期的防渗处理,由于防渗墙超薄和其具有柔性易变形,难以直接对其处理;有关沥青混凝土防渗墙进行防渗处理的报导,仅见有一例,是在施工期发现心墙裂缝后,采取在心墙上游补浇16cm厚沥青混凝土加固方案^[2]。

综合灌浆技术,是指以常规静压灌浆和高压喷射灌浆为主,辅以化学灌浆,并在工程运行的工况下,在坝体或地下新制成具有一定塑性的与原墙联为一体的联合防渗墙的简称。它具有加固并充分利用原心墙和经济、可行、安全的特点。

1 工程概况

东林水库位于吉林省图们市,属长白山之南岗山的丘陵区,海西期黑云母中粗粒花岗岩~花岗闪长岩侵入体大面积分布,地震基本烈度为6度。库水为重碳酸钙镁型水,对混凝土有溶出型弱腐蚀,季节性最大冻土深度1.8m,水面最大冻结深度1.02m。大坝建基面为强风化~弱风化黑云母中粗粒花岗岩,承载能力满足要求。

该水库是为石岘造纸厂补偿冬季生产用水的水源工程,具有冬季高水位运行的特点。坝型为浇筑式

沥青混凝土心墙土石坝,心墙最大高度40.3m,墙底厚度为25cm,墙顶厚度为15cm,厚高比仅为0.62%,心墙两侧依次为混凝土预制块、粗砂、砂砾料、花岗岩渣石,坝长277m,坝基采取单排帷幕灌浆处理措施(部分为冬季施工)。1990年9月下闸蓄水,1993年12月起坝后坡脚相继出现三处渗漏溢出点,其中,1995年1月起有一处出现渗透破坏,有砂粒随渗流带出。坝前坡沉降量达50cm,远大于设计沉降量8cm,坝顶水平位移为161~205mm(7区最大),均超出允许范围,因此,这是一座严重病险水库。

2 防渗处理方案

2.1 渗漏处理区

据物探查漏成果,大坝划分为8个渗漏处理区,其中,严重渗漏区和一般渗漏区各4个,见表1。

表1 渗漏处理区划分

区号	类别	位置	物探查得渗漏桩号	渗漏处理桩号
1	I	坝基	0+020~0+035	0+014.0~0+039.0
4	I		0+203~0+208	0+197.5~0+215.0
5	I		0+243~0+253	0+238.0~0+270.0
2	II	坝体	0+102~0+122	0+097.5~0+126.5
3	II		0+160~0+175	0+155.0~0+179.0
7	I		0+070~0+080	0+067.5~0+083.5
6	II	坝体	0+048~0+055	0+042.5~0+061.8
8	II		0+108~0+120	0+103.8~0+123.3

注: I类为严重渗漏区; II类为一般渗漏区。

2.2 坝体

坝体治理有以下5个方案:①大开挖维修方案;②混凝土防渗墙方案;③高喷防渗墙方案;④静压灌浆帷幕方案;⑤综合灌浆方案。经技术经济分析,选

定了综合灌浆方案为本坝体治理方案。

坝体有 6, 7, 8 共 3 个区, 其中, I 类为 7 区, 长 16 m, II 类为 6, 8 两个区, 长 39 m。设计处理范围较物探查得渗漏范围的两侧和上下分别外延 5 m。

7 区渗漏已将砂粒在坝后带出, 为险情最严重区。由于是在水库运行情况下进行处理, 设计本着安全第一的原则, 在心墙上游采取综合灌浆处理措施。即首先在墙前 0.8 ~ 1 m 布置一排水泥静(低)压限量灌浆帷幕孔补强除险^[3], 孔距 0.5 ~ 1 m; 其次在墙前 1.75 ~ 2.25 m 布置一排水泥粘土高压摆喷帷幕^[4], 孔距 1.2 ~ 1.8 m; 最后在中间排静(低)压帷幕灌浆, 将水泥粘土浆充填于摆喷墙与心墙之间的坝壳孔隙和心墙裂缝中, 孔距 1.5 ~ 1 m, 分三序施工, 形成新的塑性墙, 并与原墙连成一体; 必要时补以化学灌浆。防渗标准按渗透系数小于或等于 1.5×10^{-4} cm/s 控制。

从经济考虑, 6, 8 两个区设计在心墙上游采取水泥或水泥粘土静(低)压限量灌浆处理措施, 两排, 排距 1 m, 孔距 1.2 ~ 1.8 m; 防渗标准按渗透系数小于或等于 1.5×10^{-4} cm/s 控制。

2.3 坝基

坝基处理区设计有 1, 2, 3, 4, 5 共 5 个区, 其中, I 类为 1, 4, 5 三个区, 长 74.5 m, II 类为 2, 3 两个区, 长 53 m。设计处理范围较物探查得渗漏范围的两侧和底部分别外延 5 m, 本次布置一排灌浆帷幕, 位于原帷幕线上游 0.5 m, 并呈梅花型布孔, 孔距 2 m, 分三序施工, 选定水泥帷幕灌浆方案。防渗标准按吕容值小于或等于 3 Lu 控制。

2.4 观测设施

a. 坝体浸润线观测。在坝顶和坝下游一、二级马道设置敞口式观测孔 10 个, 监测心墙渗漏情况。

b. 坝基测压管观测。设计在坝顶和坝下游一级马道设置敞口式观测孔 6 个, 设双层观测管, 可同时观测坝体水位。

3 治理工作及效果

3.1 治理工作

治理工作按业主意见分两期进行治理。一期工程对 I 类渗漏区即 5 个严重渗漏区进行治理, 已于 1998 年 11 月完成。二期工程对 II 类渗漏区即 3 个一般渗漏区进行治理, 尚未进行。

a. 坝体七区综合灌浆。首先, 在墙前 0.8 ~ 1 m 进行后排水泥静(低)压灌浆帷幕孔施工, 采用回转钻进或气动潜孔锤钻进、泥浆护壁和自上而下自流静(低)压灌浆法, 补强除险, 灌浆孔距 0.5 ~ 1 m, 灌浆段长一般 1 ~ 2 m, 分两序施工, 单位平均注入量

106.13 kg/m; 其次, 在墙前 1.75 ~ 2.25 m 进行前排三管高压摆喷帷幕施工, 水压 35 ~ 38 MPa, 气、浆压 0.5 ~ 0.7 MPa, 摆角 30°, 孔距 1.2 ~ 1.8 m, 孔深 33.5 ~ 41.5 m, 水泥、粘土的单位平均注入量 308.32 kg/m 和 207.91 kg/m; 最后进行中间排静(低)压灌浆帷幕, 将水泥粘土浆充填于摆喷墙与心墙之间的坝壳孔隙和心墙裂缝中, 孔距 1.5 ~ 1 m, 平均段长 2.82 m, 分三序施工, 平均注入量 100.74 kg/m。单位平均注入量中间排有一序大于二序大于三序的规律。

b. 坝基帷幕灌浆。采用金刚石钻孔、自上而下孔口封闭孔内循环灌浆方法, 灌浆压力 0.6 ~ 1.2 MPa, 水灰比 5:1 ~ 0.5:1 共 7 个级别, 水泥为 525 号普通硅酸盐水泥, 段长自上而下依次为 1.5 m, 3.5 m 和 5 m。单位平均注入量: 一区 53.85 kg/m; 四区 80.74 kg/m; 五区 29.74 kg/m。各区单位平均注入量有一序大于二序大于三序和随深度递减的规律。出现串浆现象一次、漏浆现象两次, 采取停停灌灌方法最终达到屏浆标准。

3.2 治理效果

a. 检查孔成果分析。坝体七区检查孔 2 个, 注水试验 22 段, 有 20 段渗透系数小于 1.5×10^{-4} cm/s, 占 90.9%, 大于 90.0%, 有两段渗透系数分别为 3×10^{-4} cm/s 和 3.8×10^{-4} cm/s, 均大于 1.5×10^{-4} cm/s, 占 9.1%, 小于 10.0%, 且不连续, 质量评定合格。坝基帷幕灌浆检查孔 4 个, 压水试验 18 段, 吕容值均小于 3 Lu, 合格率 100%。检查孔岩心见有水泥结石。

b. 观测孔水位分析。坝体浸润线水位两坝肩高, 0 + 158 附近低, 浸润线在七区及其附近未见突变点, 说明两坝肩是主要补给源, 七区防渗处理效果好。坝基测压管水位, 右坝肩坝基水位低于坝体浸润线水位, 坝基 I 区防渗处理效果显著; 左坝肩灌浆前后坝基水位减半, 但坝基水位高于坝体浸润线水位, 需二期工程进一步加强防渗处理。

c. 坝后溢出点分析。对应一期工程的两个坝后溢出点已消除, 包括发生渗透破坏的溢出点, 仅剩对应二期工程的一个坝后溢出点, 待二期工程来消除。

d. 坝后三角堰水位分析。据坝后三角堰观测成果, 一期工程施工前, 相同条件下渗漏量年增大约 15%。一期工程施工后, 相同条件下较处理前减少 30% ~ 40%。

4 结 论

a. 一期工程质量检查达到技术要求, 对应一期工程的两个坝后溢出点已消除, 包括发生渗透破坏的溢出点; (下转第 125 页)

够.灌注完混凝土后,立即将设计标高以上的浮浆、残渣混凝土清除,不利于混凝土固结,而使桩顶混凝土疏松,强度降低.

3.2 对策措施

a. 做好灌注前的准备工作,检查动力机、搅拌机、起吊机具的机械性能及电探装置灵敏性,确保机械运转正常.确保柴油发电机中途不得出现断油、断电等故障.对起吊钢丝绳挂钩,进行检查,确保安全可靠.灌注顺利.

b. 充分做好人员组织工作.水下混凝土灌注一旦开始,中途无论遇到什么样的恶劣天气都不能中断,直至结束.

c. 要及时测量灌注管内外混凝土面上升高度,及时根据灌注管提升曲线,判断孔内情况,为更好地计算准备后面的混凝土量提供可靠的数据.

d. 搅拌机操作者,必须保持精力集中,避免出现混凝土搅拌不均匀、坍落度过大或过小、离析等质量问题.

e. 灌注到后期,应适应增高漏斗高度,增大导管内外的压差,并适当抖动导管,使混凝土顺利灌入,但导管埋深不宜过大,控制在2~3m为宜.

f. 长时间灌注,浮在混凝土面上的混合物也越来越稠,可采用清水稀释或其它措施给予清除,降低浮浆比重和质量.

g. 对于桩顶标高距孔口以下不太大的情况,可在灌注完毕取出导管和护筒后,利用泥浆泵将混凝土面以上的浮浆沉渣抽掉,对桩顶混凝土进行振动

捣实.如发现桩顶混凝土有夹泥等问题,可及时清除,把桩顶的质量问题排除在混凝土初凝之前.这种方法是行之有效的.

h. 窜动导管时不能过快过猛,以防拖带表层混凝土造成浮浆泥渣侵入.

参考文献:

- [1] 赵法锁,罗丽娟,卢全中,等.灌注桩桩土相互作用试验及有限元模拟研究[J].工程地质学报,2001,9(1):87~91.
- [2] 伊玉成.钻孔灌注桩钢筋笼上浮原因及对策[J].西部探矿工程,1998,10(4):16.
- [3] 雷凤.水下混凝土灌注常见导管事故与防治[J].西部探矿工程,1998,10(4):28~29.
- [4] 刘卫东,殷伟.水下混凝土灌注桩桩顶质量问题及预防措施[J].西部探矿工程,1999,11(3):26~27.
- [5] 赵国藩,李树瑶.钢筋混凝土结构的裂缝控制[M].北京:海洋出版社,1991.
- [6] 《桩基工程手册》编写组.桩基工程手册[S].北京:中国建筑工业出版社,1995.9~56.
- [7] 刘金砺.桩基础设计和计算[M].北京:中国建筑工业出版社,1996.13~30.
- [8] 段继伟,龚晓南,曾国熙.水泥搅拌桩的荷载传递规律[J].岩土工程学报,1994(4):1~7.
- [9] 罗晓辉.桩的荷载传递及力分析[J].岩土工程技术,1999(3):16~21.
- [10] 施绍裘,王礼立.水泥砂浆石在一维与准一维应变状态下动力学响应的比较和讨论[J].岩石力学与工程学报,2001,20(3):327~330.

(收稿日期:2001-06-15 编辑:熊水斌)

(上接第113页)其中,十字铺组位于坝基下部,完整性较好,可作坝基防渗依托.各钻孔地下水位均高于河水位,向两岸延伸一定长度地下水位高于正常蓄水位,两岸地下水水力坡度左岸为20%~30%,右岸仅10%左右,近岸地带坡降值小于3%.另外,渗透剖面上显示在坝基下部弱岩溶化基岩中,透水率均小于或等于3Lu.由上可知,坝基、坝肩存在防渗接头.

d. 坝区岩溶发育的方向性和规律性,以及各自具有单独水动力域的岩溶裂隙水流系统,表明了坝址区以溶隙型渗漏为主,浅表局部地段存在溶洞,但总体规模不大,从而使得基础防渗处理对象和重点明确.坝基防渗可以防渗帷幕为主.对溶洞及宽大溶隙应进行开挖回填封堵和灌浆封闭处理.帷幕排数、排距、孔距及灌浆工艺宜通过灌浆试验确定.

(收稿日期:2001-08-20 编辑:马敬峰)

(上接第119页)相同条件下渗漏量较处理前减少30%~40%,防渗效果显著.

b. 综合灌浆技术非常适宜防渗处理柔性超薄沥青混凝土心墙的中低土石坝工程.

c. 工程尚存在重大隐患,二期工程应及早实施,彻底消除险情,充分发挥工程效益.

参考文献:

- [1] 蒋长元,蒋颂涛.沥青混凝土防渗墙[M].北京:水利电力出版社,1992.
- [2] 洪伟,牛保国.象山水电站大坝心墙裂缝处理方案选定[J].东北水利水电,1997(6):12~14.
- [3] SL 62-94,水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S].
- [4] JGJ 89-91,建筑地基处理技术规范[S].

(收稿日期:2001-07-30 编辑:张志琴)