

“635”水利枢纽溢洪道及总干渠进水闸混凝土裂缝修补

胡智农¹,王家顺¹,石 泉²

(1.南京水利科学研究院,江苏 南京 210029;2.额尔齐斯河流域开发工程建设局,新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:“635”水利枢纽溢洪道的堰体、闸墩、挡墙、总干渠进水闸的胸墙及边墙均出现一些裂缝。为防止裂缝进一步扩展,提高混凝土耐久性,采取 EA 改性环氧灌浆补强及粘贴碳纤维布加固措施,对裂缝进行了修补处理,修补后经过 3 a 运行考验,效果良好,达到了设计使用要求。

关键词:溢洪道,进水闸,混凝土裂缝,修补

中图分类号:TV662,TV651.1

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2003)07-0031-02

新疆“635”水利枢纽位于额尔齐斯河流域中部的干流河段上,是引额济克工程的水源工程,工程建设目标以工业、城镇和农牧业人畜用水为主,结合农牧业灌溉、兼顾发电和环境用水。“635”水利枢纽工程由拦河大坝、溢洪道、导流兼泄洪排沙隧洞、总干进水闸、引水发电洞、坝后电站厂房等水工建筑物组成。

大坝为砂砾石坝壳粘土心墙坝,由主坝和左右副坝组成,主坝最大坝高 70.6 m,坝顶高程 650 m,引水发电洞、溢洪道、总干进水闸依次布置在左岸副坝上,导流兼泄洪排沙隧洞在大坝右岸。

溢洪道为有闸门控制的开敞式溢洪道,正常运行期主要担负泄洪任务。溢洪道由引渠段、控制段、人工泄槽段、天然泄槽段四部分组成。溢洪闸分 3 孔,每孔 16 m,设 3 孔弧形工作门,闸体为钢筋混凝土整体式结构,混凝土设计标号为 C25, F200, W6。

总干进水闸为平底带胸墙式结构,建筑物级别为 2 级。该闸由引水渠、闸室、下游明渠及消力塘 4 部分组成。闸室全长 15.5 m,为 3 孔一关整体式结构,混凝土标号为 C25, F200, W6。

1 裂缝调查

a. 溢洪道。修补施工前,对溢洪道裂缝进行了普查,发现裂缝 37 条,总长 344.82 m。其中堰体裂缝 13 条,总长 254.08 m,左右边墩裂缝 4 条,总长 16.34 m,中墩左右侧裂缝 4 条,总长 13.2 m,人工泄槽右岸挡墙裂缝 16 条,总长 61.2 m。裂缝表面最大宽度约 3 mm,最小宽度 0.1 mm,多数在 0.8 mm 以内。

b. 总干进水闸。经普查,发现裂缝 36 条,总长 117.2 m。其中,胸墙裂缝 8 条,总长 30.8 m;上、下游

左右边墙裂缝 28 条,均为由墙底内侧根部开始,向上延伸至一定高度而消失。裂缝最大宽度 4 mm,最小宽度 0.1 mm。

c. 裂缝成因。根据上述裂缝调查结果及走向分析,裂缝分布较广,绝大多数裂缝产生的原因为混凝土干缩及温度应力所致,大于 2 mm 的裂缝疑为局部基础沉陷造成。

2 裂缝处理方案

为了解裂缝对结构安全的影响以及裂缝经处理后结构的可靠性,采用有限元数值仿真分析法对其进行了计算分析^①,计算根据裂缝破坏的最不利情况进行,溢洪道闸墩裂缝以闸门正常挡水且有地震情况为闸墩最不利情况,此时闸墩上牛腿在闸门挡水时承受的最大推力为 $N = 2.45 \times 10^6$ N;总干进水闸胸腔裂缝在校核洪水位为裂缝破坏的最不利情况。计算结果显示,溢洪道各闸墩中左边墩处裂缝最危险,对已张开裂缝不处理时,从其位移矢量图中可发现,在所施加的荷载组合作用下,靠近牛腿支墩推力点附近的裂缝最大张开量为 0.07 mm,最大滑移量为 0.11 mm。在现有荷载情况下,闸墩裂缝尖端产生了较密集及较明显的拉应力集中区,裂缝进一步发展的可能性较大,最危险裂缝是靠近牛腿支墩推力点且较长的裂缝。总干进水闸胸墙各控制断面裂缝在外水压力作用下,裂缝处拉应力明显,可能引起原有裂缝的进一步扩展,同一控制断面出现两处裂缝,将会导致结构变形增大,裂缝表面错动滑移加剧,最大滑移错动达到 3.5 mm。无论是哪种裂缝,仿真分析结果均显示了胸墙结构在外水荷载下的不稳定性。

作者简介:胡智农(1964—)男,安徽歙县人,高级工程师,硕士,从事水工混凝土新材料研究。

① 潘汉彬,李文新,李红伟,等.“635”水利枢纽工程溢洪道及水总干渠进水闸裂缝处理报告,新疆水利水电勘察设计院,2000。

与超允许应力状态,这说明了裂缝处理的必要性。

为防止裂缝沿侧面进一步扩展,外界不良因素对钢筋锈蚀及对混凝土表面的剥蚀,及时对裂缝进行灌浆处理是非常必要的。可靠性分析结果表明:在使用化学灌浆材料对裂缝进行补强处理后,各计算断面的整体变形及裂缝变形都有显著减少,裂缝周围混凝土拉应力分布均匀,应力集中现象明显削弱。

“635”溢洪道和总干进水闸裂缝均为不渗水缝,为了达到裂缝补强加固目的,决定采用如下3种处理方案:①对宽度 $\delta \geq 0.1\text{ mm}$ 的裂缝内部采取EA改性环氧灌浆加固处理;②对宽度 $\delta < 0.1\text{ mm}$ 的裂缝采用表面覆盖法处理;③对溢洪道闸墩和总干进水闸胸墙处的裂缝在灌浆加固后,粘贴碳纤维复合材料进行辅助加固。

2.1 材料选择

a. EA改性环氧灌浆材料。EA改性环氧灌浆料既有良好的可灌性,又有良好的固结性能,并具有良好的耐候性、耐化学侵蚀性,同基材粘接力好,可随混凝土变形而变形。其技术指标为:外观为淡黄到棕色透明液体,单位体积质量为 1.07 g/cm^3 ;抗压强度为 $15 \sim 40\text{ MPa}$,抗拉强度为 $3 \sim 7\text{ MPa}$;粘接强度为 $5 \sim 15\text{ MPa}$,粘度为 $20 \sim 100\text{ MPa}\cdot\text{s}$ 。

b. 丙烯酸酯共聚乳液砂浆(简称丙乳砂浆)^[1]。丙乳砂浆为南京水利科学研究院科技成果产品,曾获水电部科技进步二等奖,国家科技进步三等奖。与基底粘接性能、抗渗性能、耐久性优良,对水质无害。其技术指标如下:抗压强度大于或等于 30 MPa ,粘接强度大于或等于 3 MPa ;抗弯强度大于或等于 12 MPa ;2d吸水率小于或等于 2% 。

c. 碳纤维复合材料(CFRP)。这是一种采用常温固化的热固性树脂将定向排列的碳纤维束粘结起来的薄片。本次采用的是日本TONEN公司提供的FTS-CL-20高强度单向纤维布,系聚丙烯腈(PAN)纤维为原料经高温碳化制成。其技术指标如下:外观为黑色纤维布状,单位面积质量为 200 g/m^2 ,抗拉强度为 4.42 GPa ,弹性模量为 236 GPa ,纤维直径为 $5 \sim 8\text{ }\mu\text{m}$ 。

d. LZ建筑结构胶。LZ建筑结构胶是一种触变性的双组分建筑结构胶粘剂,以环氧树脂为主,并配以不同的添加剂,对金属、混凝土等各种材料均有良好粘结性能。其技术指标如下:抗压强度大于 100 MPa ,抗拉强度大于 20 MPa ,粘结强度大于 5 MPa ;粘结抗拉强度,钢钢粘贴大于 15 MPa ,钢混凝土粘贴大于混凝土抗拉强度。

2.2 施工方法

2.2.1 缝宽大于或等于 0.1 mm 的裂缝修补施工

a. 混凝土表面处理。将裂缝附近混凝土表面层

除污、清油处理,用有机溶剂擦洗裂缝处。

b. 封闭裂缝,布灌浆嘴。①根据裂缝情况每隔 $30 \sim 50\text{ cm}$ 设一灌浆嘴,裂缝两端必须设有灌浆嘴;②灌浆嘴用环氧腻子骑缝贴到混凝土上;③嘴与嘴之间的裂缝用环氧腻子进行封闭。

c. 用压缩空气试气,检验灌浆通路是否畅通,封闭层是否漏气,如有问题应重新补封。

d. 灌浆。①压力选择一般在 $0.3 \sim 0.5\text{ MPa}$,视情况调整;②从下往上灌EA改性环氧浆材,当邻近灌浆孔有浆液出时关闭出浆嘴,继续灌注;③当某孔吃浆量小于 0.02 L/min ,可结束灌注,封闭该嘴,移入下一孔继续灌注,直到该条裂缝全部灌完,最后一个灌浆孔应进浆 20 min ;④待浆液完全固化后,打掉封缝胶泥和灌浆嘴,用丙乳砂浆或净浆对表面适当粉饰即可。

在实际修补过程中未发现缝宽小于 0.1 mm 裂缝,故未做这方面工作。

2.2.2 闸墩和胸墙处的裂缝修补施工

对于闸墩和胸墙处的裂缝,有限元分析计算表明,裂缝尖端应力不满足规范要求,有可能继续开裂。典型裂缝情况为溢洪道右中墩裂缝距闸墩尾部 7.5 m 左右,距牛腿前部 1 m 左右(图1)。为防止裂缝

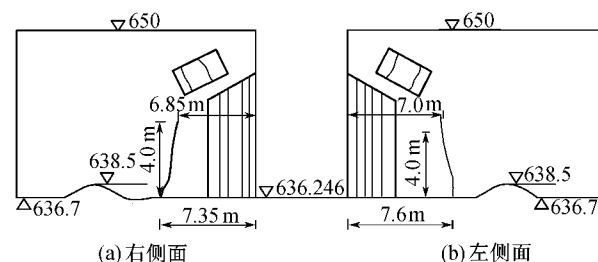


图1 右中墩侧面裂缝

进一步扩展,需要加强处理,按前述化学灌浆方法进行补强灌浆,待浆液完全固化后,去掉封缝胶泥和灌浆嘴,再粘贴CFRP进行辅助加固,其加固机理是将CFRP布用高性能的环氧类粘结剂粘结于混凝土构件的表面,利用CFRP良好的抗拉强度达到增强构件承载能力及刚度的目的。其方法如下:

a. 表面处理。①将裂缝两边各 0.5 m ,长度超过裂缝长度 1 m 范围的混凝土表面磨毛、除污、除去不良部分及突台等,随后用清水冲洗,表面干燥后待用。②混凝土表面的孔隙、蜂窝、模板段差用丙乳砂浆或结构胶找平,修复后的高度差要求在 1 mm 以内。

b. 粘贴碳纤维布。一般情况下,碳纤维布材料径向强度要高于纬向强度,因此粘贴时应确认碳纤维布径向要与结构的主要受力方向一致。具体方法为:①涂底层结构胶一遍,待其固化并表面干燥后待用。②涂第二遍底层结构胶, (下转第85页)

以小孤山孙堡村的满族文化为中心 ,适度开发旅游经济.

e. 必须限制性开放英那河流域的冰峪、仙人洞旅游风景区 ,严格界定其范围 ,压缩旅游高峰期的游客量 .风景区年游客量控制在 40 万人次以下 ,区内生活垃圾应及时转运 ,生活污水应达标排放 .

f. 英那河水库施工期间 ,要本着尽可能少损坏 (或不损坏)自然生态环境的原则 ,实行“边损坏、边修复、边施工、边保护”的措施 ,以便工程结束后 ,生态环境即可恢复 .

3 水资源保护的策略

目前英那河流域的资源开发已处于超负荷状态 ,出现了诸多综合性资源开发与环境问题 ,概括起来 ,英那河流域资源开发与环境的影响可归纳为“发展→需求→作用→负效应”的模式 ,见图 1. 采取相应的策略是“变革→限量→监控→调节”.

a. 变革 :必须改变过去以无度地消耗和滥用资源、破坏自然环境为代价的无序粗放型经济发展模式 ,以人口控制为重心 ,科学合理地利用资源 ,实施以保持和维护生态环境良性循环为目的的、有序的集约型可持续发展模式 ,为子孙后代留下生存、繁衍和全面发展的生活空间 .

b. 限量 :控制流域人口增长 ,以社会体制改革为动力 ,保持流域适速的经济发展 .依靠科学技术进步 ,大力推广生态村和生态农业 ,促进农村和农业生态环境的改善 .通过替代资源的开发和代谢物的资源化 ,求得资源的节省 .要坚定不移地走资源合理开发、科学利用与综合节约相结合的可持续利用道路 ,

(上接第 32 页)

随之将碳纤维布贴上 ,由中心向四周压实抹平 .要非常细心地将其中的气泡排出 ,不平处抹平 .③30 min 后可以涂面层胶 ,固化后即可 .④待面层胶完全固化后 ,再用丙乳净浆作表面修饰 ,丙乳净浆厚度 2 mm.

3 修补施工及评价

修补工作的时间选择 ,既要满足施工现场对温度的要求 ,又要考虑使裂缝开度尽量大些 .考虑当地气候特点 ,溢洪道及总干进水闸混凝土裂缝修补施工于 2000 年 4 月底至 5 月初进行 ,共计补强修补裂缝 460 多 m ,粘贴碳纤维布裂缝 69 m. 为检查裂缝补强灌浆效果 ,对溢洪道的闸墩和堰体不同部位进行了钻孔压水试验 ,钻孔采用斜孔与缝面相交 ,维持 0.04 MPa 水压 30 min ,共钻 6 孔 .压水检查结果表明 ,

实现较高的经济增长和较低的资源消耗 .

c. 监控 :加强法制建设 ,实行依法监督 ,加强环境管理 ,实行统一调度 .理顺各级政府间的关系 ,统筹规划流域水环境 ,明确制定流域的产业政策 ,消减流域污染物总量 .全面推行环境保护教育 ,提高国民环境忧患意识 ,发动群众 ,走社会化控制污染的道路 .不断地修改和完善环境管理制度 ,建立一支思想品质好、业务素质高的环境执法队伍 ,随时监控流域内的自然环境变化 ,依法维护好流域丰富的环境资源 .

d. 调节 :诸多人口、资源与环境问题的研究表明 ,人类发展经济很难避免污染环境 ;“零污染”的经济增长是不存在的 .问题在于如何减轻和消纳污染 .应适度发展经济 ,改善生态环境 ,彻底转变“高消耗、高投入、高污染”的低级生产方式 ,提高环境自净的调节功能 ,使自然生态系统能接纳与承受污染物 ,并保持良好的平衡状态 ,最终实现流域水环境的根本改善 .

参考文献 :

[1] 孙强 ,赵丽 ,矫学成 ,等 .英那河流域资源开发与环境影响 [A]. 环境保护与环境工程 [C]. 西安 :陕西人民教育出版社 ,2002 .
[2] 程瑞海 ,肖文发 ,蒋有绪 .三峡库区植物多样性特点及其保护对策 [J]. 环境与开发 ,1998 ,13(3) :19~21 .
[3] 冯宗炜 .生态环境保护与防洪减灾 [J]. 环境保护 ,1998 ,10(5) :13~14 .
[4] 王雪飞 .苏子河污染防治对策 [J]. 辽宁城乡环境科技 ,1996 ,17(3) :26~28 .

(收稿日期 2002-06-25 编辑 徐 娟)

所有检查的修补裂缝均无渗水现象 ,说明浆液在缝内已灌满 ,并且固结良好 ,达到了预期的补强加固目的 ,同时检查修补外观 ,无明显修补痕迹 .

对于粘贴 CFRP 质量 ,采用分段抽检 ,用小锤轻轻敲击或手压 CFRP 片材表面的方法来检查 .经检查 ,有效粘结面积达 100% ,无脱空现象 .同时外观表面修饰完好 .

“635”水利枢纽溢洪道及总干进水闸修补后已运行 3 a 多 ,目前修补部位完好无损 ,也没有裂缝再扩展现象 .

参考文献 :

[1] 林宝玉 ,庄英豪 ,卢安琪 ,等 .丙烯酸酯共聚乳液水泥砂浆的研究与应用 [J]. 水利水运科学研究 ,1981(1) :53~61 .

(收稿日期 2003-08-22 编辑 :马敏峰)