

万福桥橡胶坝水工结构安全检测与评价分析

冯靖,冯飒

(四川省水利科学研究院,四川成都610072)

摘要:为确保成都市锦江沿线橡胶坝工程的安全运行,掌握府河橡胶坝相关设施的运行性态,以成都市万福桥橡胶坝为例,采取对橡胶坝建筑物运行干扰较小的无损检测方法,调查分析万福桥橡胶坝工程当前存在的安全问题,发现万福桥橡胶坝运用指标达不到现行标准,经及时进行加固。同时,针对万福桥橡胶坝当前存在的各类问题,提出了相应的除险加固设计方案。研究成果对今后类似橡胶坝的安全检测和加固设计具有一定的参考价值。

关键词:橡胶坝;无损检测;结构损坏;安全检测;加固

中图分类号: TV653

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2020)03—0146—04

Safety Detection and Evaluation Analysis of Hydraulic Structures of Wanfuqiao Rubber Dam

FENG Jing, FENG Sa

(Sichuan Academy of Water Conservancy, Chengdu, Sichuan 610072, China)

Abstract: In order to ensure the safe operation of the rubber dam project along the Jinjiang road in Chengdu, and understand the operation behavior of the relevant facilities of the rubber dam in the Fuhe River, the Wanfuqiao rubber dam was taken as an example in this paper, and non-destructive testing method which has less interference to the operation of the rubber dam buildings was adopted to investigate and analyze the current safety problems of the Wanfuqiao rubber dam project. The results showed that the application of the Wanfuqiao rubber dam can't meet the current design standard, therefore the danger have to be removed and the dam need to be reinforced to reach normal operation. Meanwhile, in view of the existing problems of Wanfuqiao rubber dam, the corresponding design scheme of danger elimination and reinforcement is proposed. This research results have certain reference value for the safety inspection and reinforcement design of similar rubber dam in the future.

Keywords: rubber dam; nondestructive testing; structural damage; safety testing; reinforcement

1 工程概况

橡胶坝由于施工便利、技术要求较低等技术特点,常修建于城市河流之上^[1-5]。自1993年实施府南河综合整治以来,在四川省成都市锦江沿线分批建设了7座橡胶坝(其中府河沿线4座,分别位于万福桥、二号桥、九眼桥、下河心村;南河沿线2座,分别位于百花潭、老南门大桥;干河1座,位于龙爪堰)。以万福桥橡胶坝为例,万福桥橡胶坝位于府河万福桥下游200m处。万福桥橡胶坝工程由坝

袋、底板、上下游设施及充排水系统组成,坝右岸设有船闸及管理房,设计坝长37.5m,设计坝高3.6m,坝袋容积约833.9m³,内、外压比值1.3,坝底板高于铺盖0.4m,单袋单跨,端部直墙。给排水系统含有深井泵室、阀门井及自动控制系统,通过深水泵抽取地下水为坝袋送水。蓄水区域上游至万福桥橡胶坝,长度3697m,平均宽度40m。坝体锚固采用楔块挤压双锚固技术,通过DN500给排水钢管对坝袋充水以控制上游水位,如图1所示。



图1 成都市府南河万福桥橡胶坝现状

万福桥橡胶坝自1997年建设完成,于2007年进行坝袋更换,2014年增设排气孔,橡胶坝工程建设年限超过23 a,坝袋使用年限超过13 a,橡胶坝各构件老化损伤问题凸显,橡胶坝袋存在局部表面橡胶层发生粉化、龟裂、膨胀、起泡、脱层、破裂和生物侵蚀等现象。

为确保锦江沿线橡胶坝工程的安全运行,掌握府河橡胶坝相关设施的运行性态,根据现状调查分析工程存在的安全问题、隐患和疑点,为安全评价提供技术参数支撑,十分有必要对万福桥橡胶坝的各类水工结构进行系统的安全检测和评价。

2 检测方案及检测内容

2.1 检测方案

考虑万福桥橡胶坝当前处于正常运行期,上下游无法采取完全停水断流措施,检测工作宜选在对检测条件有利和对橡胶坝运行干扰较小的时段进行。2019年11月1日至11月4日上游来水较小,水下检测根据建筑物的重要性、病害程度与水环境条件,采取对橡胶坝建筑物运行干扰较小的无损检测方法,通过水下目视检测、水下超声波检测、对水工建筑物在水平面上的投影位置和高程进行测定的方式相结合。采用全站仪(拓普康GTS-7500)、电子水准仪(拓普康DL-100)、GPS测绘仪(拓普康GPS-2000)、碳化深度测量仪(HC-TH01)、可视激光测距仪(UT396B)、混凝土超声波测定仪(CTS-25)、混凝土保护层测定仪(HT-20)等仪器设备进行安全检测工作^[6-9]。

万福桥橡胶坝安全检测包括以下项目:(1)工程现状检查;(2)地基基础状态的稳定性;(3)防渗与消能防冲设施的完整性和有效性;(4)坝袋的完整性和安全性;(5)混凝土结构的耐久性和安全性;(6)坝体充泄水设施设备管理及使用可靠性;(7)安

全监测设备的有效性。

2.2 检测内容

根据相关工程资料以及运行管理人员的日常巡视检查实时反馈,实体工程测点共270个,完成了对万福桥橡胶坝运行进行的现场检查。检查内容包括以下方面:

(1)环境:万福桥橡胶坝坝袋前面未见漂浮物。据运行管理单位反应及现场观测橡胶坝顶溢流时,坝袋未出现明显振动。

(2)坝袋:①坝袋无明显漂浮物或人为的刺伤刮破,无机械损伤,坝袋材料严重老化,存在起泡、膨胀、脱层、表面龟裂等现象。搭接粘合处表层胶开裂;②充水后袋片变形起包,2014年增设排气孔。

(3)锚固件:坝体采用楔块挤压双锚固技术,锚固件无松动,坝体锚固系统无异常。

(4)安全装置:坝袋上的排气阀基本完好畅通,安全溢流孔无堵塞损坏。充排水口和安全溢流孔未发现淤积堵塞。

(5)水工建筑物结构外观:①上下游岸墙建筑砌石表面存在风化现象,砂浆勾缝脱落等现象;②坝袋的两端岸墙与坝袋堵头接触区的墙面以及塌落区底板基本光滑,边墙白瓷砖贴面,牛腿完好无明显破损;③橡胶坝消力池内有砂石、淤积物堆积现象;④上游铺盖大部分被淤积物覆盖,下游海漫有局部破损;上游河床淤积较为严重,下游有冲刷现象;⑤管理房设施:管理房照明通信、视频监控、水位尺、安全防护设施及信号标志完好。

3 工程安全检测质量评价

3.1 地基基础状态稳定性

通过对万福桥橡胶坝左右护岸河堤边墙及上下游水流形态进行观察,未发现存在因河床地基引起的橡胶坝整体沉降、倾斜、滑移、变形的现象。目前

橡胶坝基础状态稳定性对工程运行安全没有影响。

参照《水闸安全评价导则》^[10] (SL 214—2015) (以下简称“导则”)第 3.3.11 条规定:“检测结果均满足标准要求,运行中未发现质量问题,且现状满足运行要求的,评定为 A 级”。综上检测结果分析地基基础工程质量评定为 A 级。

3.2 防渗与消能防冲设施的完整性和有效性

经过对橡胶坝底板、岸墙、水下部分进行全面检查与检测,未发现地基土流失、上下游左右岸翼墙无沉降、位移等异常现象。橡胶坝防渗、消能防冲措施基本完整,但橡胶坝上游淤积严重,海漫末端未见有效设置防冲槽或防冲墙,坝下游淘刷比较严重,形成冲刷深坑,对坝袋的耐久性造成破坏,进一步加剧对橡胶坝袋的振动磨损,橡胶坝结构磨蚀现象突出。造成橡胶坝安全运行防洪标准降低,将危及橡胶坝的安全。建议对橡胶坝上游进行清淤工作,并对下游进行防冲槽技术改造,保护下游河床。保证橡胶坝安全运行。目前橡胶坝的防渗与消能防冲设施的基本完整性和有效性存在质量缺陷。

参照“导则”第 3.3.11 条规定:“检测结果运行中已发现质量问题,影响工程安全的,评定为 C 级”。综上检测结果分析防渗与消能防冲设施工程质量应评定为 C 级。

3.3 坝袋完整性和安全性

经调查,万福桥橡胶坝坝袋存在明显的老化磨损,如图 2 所示。万福桥橡胶坝坝袋为蓝色,设计坝高 3.6 m,坝袋容积约 833.9 m³,内、外压比值 1.3,坝袋尺寸 4 m² × 37 m,坝袋厚度 8.5 mm、胶布强度 496 kN/m、坝袋搭接处粘着强度 486 kN/m。依据《橡胶坝工程技术规范》^[11] (GB/T 50979—2014) 中附录 B 的规定,充水橡胶坝坝袋径向计算强度可按下式计算:

$$T = \frac{1}{2} \gamma (\alpha - \frac{1}{2}) H_1^2 \quad (1)$$

式中:α 为坝袋内外压比;H₁ 为设计坝高;γ 为水重度。经计算,坝袋袋壁径向拉力为 51.84 kN/m。

考虑万福桥橡胶坝坝袋材料变形老化,使用年限约 12 a,2014 年坝袋厂家对橡胶坝增设排气孔消除坝袋局部变形鼓包,坝袋强度需折减 20% ~ 25%。万福桥橡胶坝袋为两布三胶,坝袋厚度 8.5 mm,胶布强度 496 kN/m,在考虑胶布强度损失和坝袋材料变形老化折减后,计算的坝袋强度安全系数推算值为 5.74,不满足国家标准《橡胶坝工程技术规范》^[11] (GB/T 50979—2014) 中 4.1.6 条规定的

“充水式坝袋的强度设计安全系数不应小于 6.0”的规范要求。同时万福桥橡胶坝坝袋使用年限迄今已有 13 a,鉴于 2007 年生产技术标准限制,坝袋生产质量不符合 2011 年水利部发布的《橡胶坝坝袋》^[12] (SL 554—2011) 的水利行业标准。同时不符合《橡胶坝工程技术规范》^[11] (GB/T 50979—2014) 中第 4.1 条 4.1.7 款的规定:“坝袋胶布除应达到强度要求外,还应耐老化、耐腐蚀、耐磨损、抗冲击、抗屈挠、抗冻、耐水、耐寒性能、坝袋胶布制造应符合国家现行有关标准的规定”。

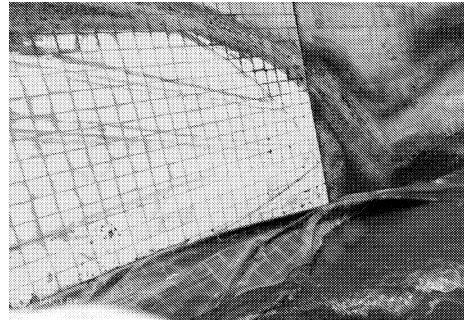


图 2 万福桥橡胶坝坝袋老化磨损

橡胶坝坝袋安全强度不能满足安全运行要求,坝袋完整性和安全性对工程运行安全造成一定影响。参照“导则”第 3.3.11 条规定:“检测结果运行中已发现质量问题,影响工程安全的,评定为 C 级”。综上检测结果分析坝袋工程质量评定为 C 级。

3.4 混凝土结构耐久性和安全性

万福桥橡胶坝水工建筑物结构外观有一定质量缺陷,不影响工程安全;岸墙、橡胶坝底板、消力池混凝土强度等级均为 C20,铺盖、海漫混凝土强度等级均为 C15,坝体主要部位混凝土强度等级均不满足现行规范《水工混凝土结构设计规范》^[13] (SL 191—2008) 中关于混凝土结构的耐久性对混凝土最低强度等级的要求。水工混凝土结构强度偏低,局部表面存在磨损与空蚀,上游铺盖大部分被淤积物覆盖,不能满足行业规范中混凝土耐久性要求,混凝土结构耐久性和安全性对工程运行有质量缺陷。综上检测结果分析混凝土结构工程质量应评定为 C 级。

3.5 坝体充泄水设施、设备

万福桥橡胶坝坝体充泄设备运行情况良好,采用三级潜水泵抽取地下水对坝袋进行充水,潜水泵维护保养正常,启动运行正常,充水设备整体状况良好;控制室位于管理房三楼,管理房功能清晰,泵房、电气、办公、值班住宿分类明确,采用河道船闸控

制系统对橡胶坝运行进行控制,具有运行监测设施和自动补水装置。供电线路可靠性较好,电源指示仪表、指示灯完好;坝体自排阀(泄水阀)采用自动和人工两种方式,稳压池设施完善。目前橡胶坝工程充泄水设施设备的可靠性满足工程安全运行要求。对工程运行安全没有影响。综上检测结果分析坝体充泄水设施设备工程质量应评定为A级。

3.6 安全监测设备

万福桥橡胶坝监测、观测设施及设备的设置满足《水闸技术管理规程》^[14](SL 75—2014)、《橡胶坝工程技术规范》^[11](GB/T 50979—2014)等有关规定。目前橡胶坝工程安全监测设备的有效性能够满足安全运行要求。对工程运行安全没有影响。综上检测结果分析安全监测设备工程质量应评定为A级。

4 结 语

本文通过对四川省成都市锦江沿线万福桥橡胶坝的安全检测与评价工作,发现万福桥橡胶坝工程存在一定程度的老化和损坏,对橡胶坝工程运行耐久度和安全性造成影响,建议对万福桥橡胶坝进行以下方面的技术改造:

(1) 万福桥橡胶坝工程的损坏大都是由于不断受各种内外不良因素的作用,坝袋老化原因引起的,建议对橡胶坝坝袋进行更换重建处理。

(2) 水闸上、下游护坡和下游护底工程布置应根据水流流态、河床土质抗冲能力等因素确定,海漫宜采用小于1:10的斜坡,末端应设置防冲槽或防冲墙,海漫下面应设置垫层,必要时,上游护底手段宜增设防冲槽或防冲齿墙。

(3) 每年冬季橡胶坝停运及河道断流期间,应加强对混凝土建筑物的检查和维修养护,并对金属管道及相关设备做好防锈防渗处理,防止缺陷扩大

和带病运行。

参考文献:

- [1] 高本虎. 橡胶坝工程技术指南[M]. 2版,北京:中国水利水电出版社,2006.
- [2] 周政民. 橡胶坝工程创新设计探讨[J]. 水利建设与管理,2010,30(6):10-11.
- [3] 朱红军,范衍琦,宋力,等. 模糊识别模型在橡胶坝工程安全评估中的应用[J]. 水利与建筑工程学报,2018,16(5):198-201.
- [4] 田月. 充水式橡胶坝泄流特性试验研究[D]. 太原:太原理工大学,2016.
- [5] 李艳富,韩昌海,杨宇. 河床下切对坝闸泄洪消能的破坏及对策[J]. 水利水运工程学报,2014,8(6):58-64.
- [6] 张志永,焦剑妮,李凤翀,等. 地下水库回灌对地下水开采能力影响[J]. 南水北调与水利科技,2014,12(6):127-131,153.
- [7] 赵国庆,朱建国,邓洪亮. 橡胶坝坝袋锚固施工技术[J]. 水利与建筑工程学报,2008,6(4):81-83.
- [8] 刘杨,张瑞海,韩岭,等. 基于MIKE FLOOD模型的西北城市河道橡胶坝群洪水风险分析研究[J]. 水利与建筑工程学报,2016,14(6):113-119.
- [9] 苗旭辉. 橡胶坝施工中的几点注意事项[J]. 价值工程,2010,29(26):90.
- [10] 水闸安全评价导则:SL 214—2015[S]. 北京:中国水利水电出版社,2015.
- [11] 橡胶坝工程技术规范:GB/T 50979—2014[S]. 北京:中国计划出版社,2014.
- [12] 橡胶坝坝袋:SL 554—2011[S]. 北京:中国水利水电出版社,2011.
- [13] 水工混凝土结构设计规范:SL 191—2008[S]. 北京:中国水利水电出版社,2008.
- [14] 水闸技术管理规程:SL 75—2014[S]. 北京:中国水利水电出版社,2014.