

河西水库坝体填筑质量调查与分析

刘 阳

(河海大学地球科学与工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 通过现场勘察及室内试验的方法, 对山东省河西水库坝体的填筑质量进行分析和评价。分析结果表明, 坝体心墙的壤土结合效果以及土料质量良好, 但部分标段的抗液化能力弱, 防渗性能不佳。根据坝体存在的问题, 提出了增强填筑质量的相应措施, 该研究对坝体的除险加固, 安全隐患的消除以及水库效益的发挥有着一定的指导作用。

关键词: 河西水库; 坝体; 填筑; 质量

中图分类号: TV62

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2016) 11-0042-04

Investigation and analysis of construction quality of dam body in Hexi reservoir

LIU Yang

(School of Earth Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, Jiangsu)

Abstract: In this paper, the embankment of Hexi reservoir was analyzed and evaluated using the method of field investigation and laboratory test. The results showed that both the binding effect of the core wall and the soil quality are good. However, the anti-liquefaction ability and the impervious performance in some parts of the dam were poor. According to the existing problems of the dam, the corresponding measures to enhance the construction quality were put forward. The investigations in this paper have played a certain guiding role in the process of dam reinforcement.

Key words: Hexi reservoir; dam body; filling; quality

0 引言

堤坝稳定性问题是保证水库安全和人民生命财产安全的重大问题, 其中坝体的填筑质量对堤坝的安全性和耐久性起着决定性的作用。近年来, 众多国内学者对坝体填筑技术及质量评价开展了一系列有针对性的研究。河西水库于 1959 年 11 月开工, 1960 年 4 月竣工。水库建成后, 较好地发挥了防洪、供水、农田灌溉及水产养殖、发电等综合效益。但由于该水库在建设时受当时各方面条件的限制, 工程标准低、质量差, 加之年久失修, 工程老化退化严重, 存在很多安全隐患, 虽经

后来几次岁修加固, 但未能彻底解决工程存在的问题。2009 年 4 月, 山东省日照市水利局组织有关部门、专家评定该水库为三类坝。河西水库是五莲县重点中型水库, 为尽早消除安全隐患, 充分发挥水库效益, 急需除险加固^[1-3]。本文基于该工程背景对河西水库坝体的填筑质量进行分析评价并给出相应的措施, 解决了实际的工程问题, 以期在今后坝体填筑的分析评价工作提供借鉴。

1 工程概况

河西水库位于潍河水系燕河支流的上游, 控制流域面积 45 km²。大坝坝址坐落在日照市五莲

收稿日期: 2016-07-28

作者简介: 刘阳 (1995-), 女, 在读本科, 研究方向为地质工程。

县汪湖镇河西村西北 1 km 处, 坝下游 3 km 处为汪湖镇驻地, 3.5 km 处为 206 国道。

1959 年 11 月, 水库正式动工, 由五莲县水利建设指挥部承担了《五莲县河西水库初步设计》任务, 省水利厅批复后, 在山东省五莲县水利建设指挥部的统一领导下, 由汪湖、管帅、于里 3 个公社党委组织施工, 至 1960 年 4 月, 完成大坝、放水洞、溢洪道等主体工程。工程建成后, 先后进行了多次岁修加固处理。

历年进行的岁修工程包括:

(1) 1964 年, 建水电站 1 座。

(2) 1964 年 4 月~1965 年 5 月, 对大坝 0+000 ~ 0+150 段坝后进行补土。

(3) 1967 年 4 月~9 月, 对大坝 0+150 ~ 0+427 段坝坡进行翻修, 并修建坝顶防浪墙。

(4) 1974 年 4 月~6 月, 修筑防汛公路 4.6 km, 新建附属建筑物 11 座。

(5) 1975 年 3 月~6 月, 浆砌防浪墙及溢洪道清渣, 导流墙加固。

(6) 1977 年 1 月~1978 年 7 月, 大坝保安全工程, 溢洪道加宽, 并修建导流墙, 粘土心墙加高至坝顶。

(7) 1991 年~1992 年, 溢洪道保安全工程, 修筑溢流堰, 开挖泄槽。

(8) 1995 年, 放水洞漏水处理。

现状水库枢纽工程由大坝、溢洪道、放水洞及水电站组成。大坝为粘土心墙砂壳坝, 大坝全长 427 m, 坝顶高程(吴淞高程,下同)119.00 ~ 119.31 m, 防浪墙顶高程 120.20 ~ 120.41 m, 坝顶宽 5.2 ~ 6.2 m。上游坡为干砌块石护坡, 兴利水位以上坡比为 1:2.95 ~ 1:3.32, 以下坡比为 1:2.68 ~ 1:2.93; 下游坡为草皮护坡, 于高程 111.30 m 左右设纵向排水沟(平行于坝轴线)1 条, 为浆砌石结构, 排水沟以上为 1:2.36 ~ 1:2.60, 以下坡比 1:2.83 ~ 1:3.23, 并设斜向排水沟 2 段 16 道, 交错分布于纵向排水沟两侧, 排水沟为浆砌混凝土预制板结构, 宽 0.3 ~ 0.4 m, 深 0.3 ~ 0.5 m, 另外左右岸坡脚设纵向排水沟; 坝后主河槽设贴坡排水体, 长 70 m, 顶高程约 99.23 m, 顶宽 1.5 m, 外坡比 1:2.41, 高约 3.0 m。溢洪道位于大坝右端, 为坝肩开敞式宽顶堰, 堰顶高程为 114.30 m, 堰顶宽 1.5 m, 全长 67 m。放水洞位于大坝桩号约 0+152 处, 洞轴线大致与坝轴线垂直, 型式为有压砌石拱涵, 洞身尺寸为

0.8×0.8 m 的半圆拱, 石灰砂浆砌筑, 洞身全长 86 m, 纵坡 1/200, 上游用铸铁轮式平板闸门控制。水电站由放水洞的出口接直径 0.8 m 的铸铁管, 电站布置在放水洞出口与干渠之间, 安装卧式皮带联水轮发电机 1 台, 装机容量 48 kW, 变压器 100 kVA, 年发电量 1.24 万度, 水电站现已报废。

2 水库运行问题及加固调查

水库运行过程中出现的问题及历次除险加固的情况如下:

(1) 水库建成蓄水后, 1960 年 9 月 11 日实际观测大坝最大下沉 0.7 m, 最小 0.23 m。处理方法: 1964 年、1965 年由汪湖镇组织两次坝后补土。

(2) 1964 年、1965 年两年坝后补土及 1967 年坝前护坡翻修工程中将位移、沉陷设施挖出或埋掉, 至今未设置。

(3) 1971 年, 汛期发现坝顶有纵向裂缝 1 条, 长约 100 m, 宽约 1 cm, 深约 1 m 左右, 经回填后又于 72 年汛期发生类似现象。经研究认为是施工段结合不良产生的, 处理方法是自然沉陷后, 不足部分重新回填, 夯实筑平。

(4) 1970 年 8 月 16 日 0 时至 17 日 6 时, 降雨 133.3 mm, 溢洪道水深 1 m, 由于溢洪道收缩段中间高、岩石硬, 两边岩石软且强烈风化, 在溢洪道左岸大坝裹头处形成冲刷坑长 30 m、宽 20 m、深 2 m, 危及河西水库大坝安全, 溢洪道渐变槽段水边冲刷长 56 m、宽 20 m、深 2 m, 右边导流墙基础冲刷严重, 冲沟深达 0.5 m; 1974 年, 发生特大洪水, 最高洪水位达到 117.8 m, 超过当时的三百年一遇的洪水, 造成导流墙冲毁, 对坝脚造成冲刷, 危及大坝安全。处理方法: 在 1977 年保安全工程中已将原溢洪道由 30 m 加宽到 70 m(实际 67 m), 并重修导流墙及大坝裹头。

(5) 1990 年 8 月 16 日, 降雨 129.7 mm, 右岸导流墙基础被冲出, 深 3 m, 长约 30 m。于 1991 年在溢洪道中心开挖子槽, 使泄水主流位于泄槽中心, 减轻洪水对导流墙的冲刷。1992 年续建工程在该处砌“丁”字坝一道, 保护导流墙基础。

(6) 1990 年 8 月 17 日, 大坝桩号 0+240 ~ 0+280 段出现纵向裂缝 4 条, 宽 3 mm, 深度约 0.6 m。处理方法: 开挖回填。

3 坝体填筑质量分析

3.1 防浪墙及接高心墙

坝顶修有防浪墙,顶高程为120.20~120.41 m,墙高0.9~1.0 m,宽0.5 m,顶部帽石宽0.7 m,厚度0.15 m,基础宽1.2~1.3 m,厚度0.4~0.6 m。防浪墙砌筑质量较差,砂浆不饱满,块石间有架空现象,现多处出现竖向贯通性裂缝。

接高心墙料场来源主要为第四系冲洪积物,形状呈倒梯形,岩性以壤土为主,土质均匀,黄褐色,土质结构疏松,可用铁锹挖动。砾粒含量约为3.4~5.0%,砂粒含量为17.3%~18.7%,粉粒含量为40.2%~44.1%,粘粒含量为33.8%~35.5%;渗透系数为 5.40×10^{-6} ~ 2.52×10^{-4} cm/s,具微~中等透水性,防渗性差;压实度为0.82~0.89。接高心墙按《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》防渗体土料质量指标,塑性指数、粘粒含量基本符合技术要求,渗透系数不符合规范技术要求^[4];按《碾压式土石坝设计规范》粘性土填筑标准,压实度实测10点(样),全部不合格,总体认为填筑质量较差^[5]。

0+000~0+140段、0+410~0+427段接高心墙与原心墙衔接较好;0+140~0+270段接高心墙与原心墙不衔接,下为砾石土,漏水严重;0+270~0+410段接高心墙与原心墙不衔接,下为砾质壤土,轻微漏水。0+140~0+410段接高心墙与原心墙之间存在安全隐患,建议采取工程措施处理。

3.2 心墙

原心墙顶高程为116.47~116.90 m,形状呈梯形,断面不均匀,主河床处最窄,其余较宽。心墙料场来源主要为第四系冲洪积物,并有少量残积物,心墙土质较均匀,一般呈黄褐色、红褐色,可塑偏硬~坚硬,铁锹不易挖动,岩性以壤土为主,夹粘土透镜体。心墙土整体上砾粒含量约为0.7%~3.7%,砂粒含量为6.4%~25.7%,粉粒含量为43.0%~67.2%,粘粒含量为24.3%~39.0%;压实度为0.81~0.98;渗透系数为 1.40×10^{-7} ~ 9.24×10^{-5} cm/s,大于 1.00×10^{-5} cm/s为11组,占30.6%,注水试验渗透系数为 1.61×10^{-5} ~ 8.27×10^{-5} cm/s,共8组,全部大于 1.00×10^{-5} cm/s,具微弱透水性,防渗性一般。大坝心墙按《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》防渗体土料质

量指标,塑性指数、粘粒含量、渗透系数基本符合规范技术要求;按《碾压式土石坝设计规范》粘性土填筑标准,压实度实测83点(样),不合格72点(样),不合格率为86.7%,总体认为填筑质量差。

3.3 坝前坡

坝前坡0+000~0+035段、0+420~0+427段无护坡,0+035~0+420表层为干砌石护坡,护坡石岩性为安山岩,厚度约为0.15~0.30 m,块石之间填有碎石等,局部有架空现象,块石砌筑普遍存在通缝、浮塞、架空现象。经过近50年的运行,在风浪等自然力的作用下,多处护坡石松动、风化破碎,护坡石缺失、塌陷现象较为严重,尤其是兴利水位以下,护坡石大面积滑落。根据现场检测,块石大小抽检6处,共72块块石,共有26块块石大小不合格,合格率为63.9%;砌缝宽度抽检6处,共72个点,缝宽为11~134 mm,其中有70点的缝宽不满足规程要求,合格率为2.8%;坡面平整度抽检6处共108点,平整度为6~98 mm,其中有32点的平整度不满足规程平整度要求,合格率为70.4%;抽检的11处砌石下均无反滤层,护坡石直接放在砾石土上。

护坡石下为砂壳,砂壳主要来源于残坡积物及少量河流冲洪积物,岩性为砾石土、砾质壤土及砂砾石,砾石土呈灰红色,砾石主要为风化破碎砂砾岩,直径一般为1~3 cm,棱角状,不均匀,级配不良,砾粒含量为36.1%~50.8%,砂粒含量为10.8%~33.8%,粉粘粒含量为10.0%~45.9%,呈松散~稍密状态,钻探揭露厚度0.5~1.2 m,普遍分布。砾质壤土黄褐色,可塑,砾石含量约10%~33.3%,砂粒含量为8.1%~12.8%,粉粘粒含量为53.9~78.2%,不均匀,局部含较多砾石,砾石大小不一,最大可见5 cm,分布于0+270~0+410段砾石土之下。砂砾石主要分布于主河床坝脚附近,为坝基开挖回填物。按《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》坝壳砂砾料质量指标,砾石土、砂砾石的砾石含量、渗透系数基本符合规范技术要求,砾质壤土砾石含量偏低,含泥量偏大,渗透系数偏低,不符合规范技术要求。

3.4 坝后坡

坝后坡为草皮护坡,于高程111.30 m左右设纵向排水沟1条,纵向排水沟以上草皮尚可,设斜向排水沟10道,以下杂草丛生,设斜向排水沟6

道,砂壳直接裸露,另外左右岸坡脚设纵向排水沟。纵向排水沟为浆砌石结构,宽 0.5 m,深 0.4 ~ 0.5 m,现砂浆老化、脱落,局部已经断折、坍塌;斜向排水沟为浆砌混凝土预制板结构,宽 0.3 ~ 0.4 m,深 0.3 ~ 0.4 m,现混凝土板老化、缺棱、少角、露石、板缝开裂、错位现象严重,局部排水沟淤堵严重。

草皮下为砂壳主要来源于残坡积物及少量河流冲洪积物,岩性为砾石土、碎石、砾质壤土及砂砾石,砾石土褐黄色,砾石直径一般 1 ~ 3 cm,个别大于 5 cm,棱角状,不均匀,局部含较多土,呈松散~稍密状态,钻探揭露厚度 1.2 ~ 8.7 m,普遍分布。砾质壤土黄褐色,可塑,砾石含量约 10% ~ 30%,不均匀,局部含较多砾石,砾石大小不一,最大可见 5 cm,钻探揭露厚度 3.2 ~ 13.5 m,分布 0+180 ~ 0+410 段砾石土之下。碎石分布于 0+295 附近表层,砂砾石分布于主河床坡脚附近,为坝基开挖回填物。按《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》坝壳砂砾料质量指标,砾石土、砂砾石的砾石含量、渗透系数基本符合规范技术要求,砾质壤土砾石含量偏低,含泥量偏大,渗透系数偏低,不符合规范技术要求。

坝后坡脚主河槽段设贴坡排水体,长 70 m,顶高程约 99.23 m,顶宽 1.5 m,外坡比 1: 2.4,高约 3.0 m。经现场开挖检查,排水体下为反滤设计。

4 结语

为配合河西水库消除安全隐患,发挥水库效益,本文通过野外钻探、探坑、探槽以及室内试

验对水库坝体的填筑质量进行了系统分析与评价,得出以下结论:

(1) 接高心墙与防浪墙基础的壤土结合效果基本满足规范要求,但部分标段接高心墙与原心墙衔接效果不佳,填筑物透水性强并出现漏水现象,需对该渗透部位进行防渗加固处理。

(2) 接高心墙、原心墙以及齿槽土料质量指标基本满足规范技术要求,但其填筑质量以及防渗性指标较差,需对心墙采取进一步的防渗措施。

(3) 坝前土颗粒直径大于 5 mm 的颗粒含量小于 70%,小于 0.005 mm 的颗粒含量小于 18%,在坝址区地震作用下可能发生液化,需对坝前砾石土进行抗液化处理。

(4) 水库坝体前后表层挡水、排水设施出现老化脱落等不符合规范要求的现象,需及时修复或返工重做。

参考文献:

- [1] 邢皓枫,龚晓南,等. 混凝土面板堆石坝软岩坝料填筑技术研究[J]. 岩土工程学报, 2004, 26(2): 234-238.
- [2] 王卫. 某水库大坝填筑土填筑质量分析评价[J]. 中国农村水利水电, 2011(8): 111-113.
- [3] 黄英,保华富,等. 户宋河电站主坝填筑质量的统计特征[J]. 云南工业大学学报, 1999, 15(4): 47-51.
- [4] 水利水电工程天然建筑材料勘察规程[S]. 北京: 水利水电出版社, 2005.
- [5] 碾压式土石坝设计规范[S]. 北京: 水利水电出版社, 2015.

(责任编辑: 徐丽娜)