

某小水库坝顶裂缝及河床沼泽化问题解析

王娟

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司, 河北 石家庄 050081

[摘要]文中以某小水库工程为例,通过地质调查,配合坑探、取样及室内试验对坝顶裂缝及河床沼泽化等问题进行解析,通过对水库工程区进行地质勘察,基本查明了坝址区的水文地质及工程地质条件。为查明大坝土体的物理力学性质指标,在坝体心墙取方块土样,并对土样进行了室内土常规试验、界限含水率、渗透、压缩、快剪等物理力学性质试验,根据室内土工试验成果及经验值,综合现场勘察,进行工程类比后提出土岩物理力学性质指标建议值,为设计提供基本依据。

[关键词]黏土心墙;坝顶裂缝;河床沼泽化;坝基渗漏

DOI: 10.33142/ect.v1i5.10101

中图分类号: TV642.44

文献标识码: A

Analysis of Cracks on the Dam Top and Swamp Formation of a Small Reservoir

WANG Juan

Hebei Water Resources and Hydropower investigation, Design and Research Institute Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050081, China

Abstract: Taking a small reservoir project as an example, the article analyzed the problems of dam crest cracks and riverbed swamping through geological surveys, combined with pit exploration, sampling, and indoor experiments. Through geological surveys of the reservoir engineering area, the hydrogeological and engineering geological conditions of the dam site area were basically identified. In order to identify the physical and mechanical properties of the dam soil, block soil samples were taken from the core wall of the dam body, and indoor soil routine tests, boundary moisture content, permeability, compression, fast shear and other physical and mechanical properties tests were conducted on the soil samples. Based on the results of indoor soil tests and empirical values, a comprehensive on-site survey was conducted, and engineering analogies were conducted to propose recommended values for the physical and mechanical properties of soil and rock, providing a basic basis for design.

Keywords: clay core wall; dam crest cracks; swamp of riverbed; dam foundation leakage

1 工程概况

某水库属于滦河流域,坝址以上控制流域面积 1.45km^2 ,原设计总库容 $11.65\text{万}\text{m}^3$,是一座以灌溉为主,兼有防洪、养殖、生态等综合效益的小(2)型水库。工程等别为V等,建筑物等级为5级。山路崎岖,交通较不便利。

水库工程主要由大坝、溢洪道与放水洞三部分组成。

大坝为黏土心墙坝,坝长 73m ,坝顶高程 172.30m ,坝顶平均宽 6.3m ,最大坝高 11.5m 。大坝上游坝坡坡比为 $1:1.44$,下游坝坡坡比为 $1:1$,上游坝坡为干砌石护坡,下游坝坡为干砌石护坡,砂浆抹面。坝体心墙部位设截水槽,坝顶路面硬化。

溢洪道位于大坝左岸,为岸边侧槽式,堰顶净宽 14m ,溢洪道进口底高程 169.16m 。溢洪道开挖断面规则,左岸为山体,右岸进口为浆砌石挡墙,挡墙局部勾缝砂浆脱落。

放水洞位于大坝左岸,为混凝土有压管,管径为 0.15m ,由闸阀控制,流量为 $0.12\text{m}^3/\text{s}$ 。

水库运用至今已30余年,在防洪、灌溉等方面发挥了较为明显的效益,保护着下游7个村、2781人的防洪安全。有效灌溉土地面积 250 亩。

但由于工程施工不规范、质量较差,工程老化失修,目前水库存在坝坡抗滑不稳定、坝顶纵向裂缝、坝基渗漏、溢洪道岸墙破损严重、闸门锈蚀不能正常运行等一系列问题,影响了水库综合效益的发挥,同时威胁下游的防洪安全。为保证水库自身的防洪安全,充分发挥防洪、灌溉等方面的综合效益,确保水库下游村庄及人民的生命财产安全,对水库除险加固是十分必要的。为此,我们对水库工程区进行了地质勘察,通过地质调查,配合坑探、取样及室内试验对坝顶裂缝及河床沼泽化等问题进行解析,为设计提供基本依据。

本期勘察高程和平面控制系统采用自由坐标系和假定高程系统。

2 地质条件

2.1 地形地貌

坝址区属浅山丘陵地貌,流域内主要为耕地和荒山,山体由吕梁旋迴黑云母花岗岩组成,岩性较单一,山体较缓;左岸基岩裸露,右岸为砂壤土;植被较茂密,覆盖较好。

流域内河床宽度为 $20\sim 80\text{m}$,河底高程约为 $161\sim 162\text{m}$;现代河床两侧漫滩及阶地不发育。

2.2 地层岩性

工程区地表出露及探坑揭露的地层岩性主要有第四

系人工堆积(Qs)素填土,第四系全新统冲洪积(Q4alp)含少量砾壤土,第四系上更新统冲洪积(Q3alp)微含砾石砂壤土,吕梁旋迴($\gamma 22(2)$)黑云母花岗岩等。现由老至新叙述如下。

(1) 吕梁旋迴($\gamma 22(2)$)

黑云母花岗岩:灰黄~灰黑色,中粒等粒结构,块状构造。矿物成分主要为石英、长石、黑云母等;主要分布于溢洪道左岸,坝址区出露的岩体多为强风化,局部节理发育,被切割呈块状、条带状,锤击脆声,强度较高。

(2) 第四系上更新统冲洪积(Q3alp)

微含砾石砂壤土:灰黄色,干燥~稍湿,硬塑~可塑,含砾石量约15%,粒径0.2~2cm,呈次棱角状~亚圆形。含砂量约15%~25%,砂为风化砂,表层种植树木。主要分布于下游河床左岸局部边坡和大坝右岸。

(3) 第四系全新统冲洪积(Q4alp)

含少量砾壤土:黄褐色,稍湿,可塑,土质较不均匀,含砾石约15%~25%,粒径0.5~2cm,呈次棱角状~亚圆形,表层种植树木。主要分布于大坝下游河床。

(4) 第四系人工堆积(Qs)

坝体贴坡土:据调查及探坑局部揭露,岩性为含少量砾粉砂,黄褐色,稍湿,稍密,含卵砾石10%~25%,一般粒径0.2~2cm,最大10cm,呈次棱角状,含细粒土10%~15%,其余为砂,砂为风化砂。

坝体心墙土:坝体心墙岩性多为含少量砾砂壤土,黄褐色,稍湿~湿,硬塑,土质较不均匀,含少量砾,粒径0.2~2cm,呈次棱角状,含砂量约20%~40%,砂为风化砂。

2.3 地质构造与地震

工程区所处大地构造单元为一级构造单元的中朝准地台,二级构造单元的燕山台褶带,三级构造单元的马兰峪复式背斜。

区域内主要发育以下构造:①密云~喜峰口大断裂②青龙~滦县大断裂。

根据中国地震局提出、国家质量监督检验检疫总局与国家标准化委员会发布的《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015),工程区地震动峰值加速度为0.05g,相应地震烈度为Ⅵ度,地震动反应谱特征周期为0.45s。

2.4 气象水文

水库流域位于燕山迎风区,属暖温带半湿润季风气候,四季分明。基本特点是:春季干旱多风,夏季炎热多雨,秋季昼暖夜凉,冬季寒冷干燥。多年平均年降水量658.5mm,流域多年平均陆面蒸发量约523mm,多年平均水面蒸发量为920mm。年平均气温约8.9℃,无霜期平均为174天。全年日照平均2742小时,日照百分率为62%。

该河流主要是靠大气降水和地表径流补给。流域内地下水以第四系孔隙潜水和基岩裂隙水两种形式存在。

孔隙潜水主要赋存于第四系覆盖层中。主要靠大气降

水和河水的渗透补给,以侧向地下水径流形式向下游排泄。

基岩裂隙水主要贮存于岩体的节理、裂隙中。岩体节理、裂隙发育且以张性为主,构成地下水主要贮存场地。

2.5 水质分析

勘探期间取库水和村民井中水样各1组进行了水质简分析,根据试验结果,地表水类型为重碳酸硫酸钙钠型水,呈中性,地下水类型为重碳酸钙钠型水,呈弱碱性,水质均较好。

根据《水利水电工程地质勘察规范》(GB50487-2008)中环境水的腐蚀性判断标准,地表水及地下水对混凝土不具腐蚀性,对钢结构具弱腐蚀性,对钢筋具微腐蚀性。

2.6 物理地质现象

库区范围未发现大规模冲沟、岩溶、滑坡、崩塌等不良物理地质现象。

查阅《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)附录F“中国季节性冻土标准冻深线图”,工程区标准冻土深度约1.1m。

3 工程地质问题与解析

3.1 地质结构

根据地层时代、岩性及空间分布特征,将坝址区地层划分为4个工程地质单元,分述如下。第①工程地质单元:块石(Qs),为坝坡表层护砌石,一般块径20~50cm,最大65cm,呈棱角状。

第②工程地质单元:含少量砾粉砂(Qs),为心墙两侧贴坡土,黄褐色,稍湿,稍密,含卵砾石10%~25%,一般粒径0.2~2cm,最大10cm,呈次棱角状,含细粒土10%~15%,其余为砂,砂为风化砂。

第③工程地质单元:素填土(Qs),为心墙土,岩性主要为含少量砾砂壤土(Qs),黄褐色,稍湿~湿,硬塑,土质较不均匀,含少量砾,粒径0.2~2cm,呈次棱角状,含砂量约20%~40%,砂为风化砂;坝顶左右两侧探坑揭露局部含中粗夹层。

第④工程地质单元:黑云母花岗岩($\gamma 22(2)$),强风化,中粒等粒结构,块状构造。矿物成分主要为石英、长石、黑云母等。主要位于坝基。

3.2 土岩物理力学性质

为查明大坝土体的物理力学性质指标,在坝体心墙取方块土样,并对土样进行了室内土常规试验、界限含水率、渗透、压缩、快剪等物理力学性质试验。

坝体心墙土(Qs):试验定名为含少量砾砂壤土。黏粒含量4.8%~7.9%;粉粒含量49.9%~60.1%;天然含水率15.7%~16.6%;天然密度1.84~2.00g/cm³;干密度1.59~1.72g/cm³;天然孔隙比0.562~0.685;饱和度61.4%~79.1%;塑性指数5.6~6.0;液性指数0.04~0.05,硬塑;压缩系数0.335~0.399MPa⁻¹,具中压缩性;压缩模量4.224~4.661MPa;自然快剪黏聚力10.6~20.6kPa,

表 1 土岩物理性质指标建议值表

地层时代	位置	土岩名称	天然含水率	天然密度	干密度	孔隙比	液限	塑限	塑性指数	液性指数	粘粒含量	水平渗透系数
			ω (%)	ρ (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)	e	W_L (%)	W_p (%)	I_p	I_L	(%)	k_h (cm/s)
Q ^s	坝体	含少量砾粉砂 (贴坡土)										3.0×10^{-3}
		含少量砾砂壤土 (心墙土)	16.2	1.92	1.66	0.624	21.7	15.9	5.8	0.05	6.4	4.5×10^{-4}

表 2 土岩力学性质指标建议值表

地层时代	位置	土岩名称	自然快剪		饱和固结快剪		压缩试验	
			粘聚力	内摩擦角	粘聚力	内摩擦角	压缩系数	压缩模量
			C_q (kPa)	Φ_q (°)	C_{cq} (kPa)	Φ_{cq} (°)	a_{v1-2} (MPa ⁻¹)	E_s (MPa)
Q ^s	坝体	含少量砾粉砂 (贴坡土)				24		
		含少量砾砂壤土 (心墙土)			8	20	0.40	4.22

内摩擦角 $24.9^\circ \sim 25.4^\circ$ ；饱和快剪黏聚力 $13.5 \sim 16.0$ kPa，内摩擦角 $25.9^\circ \sim 26.8^\circ$ ；水平渗透系数 $1.8 \times 10^{-4} \sim 7.9 \times 10^{-4}$ cm/s，具中等透水性；查表的承载力特征值为 349 kPa。

根据室内土工试验成果及经验值，综合现场勘察，进行工程类比后提出土岩物理力学性质指标建议值，详见表 1、表 2。

3.3 主要工程地质问题解析

坝址区内存在的主要工程地质问题为：黏土心墙上部质量较差；坝顶裂缝及塌陷；下游河床局部沼泽化。

(1) 黏土心墙上部质量较差。室内试验成果表明，坝体上部黏土心墙岩性为含少量砾砂壤土，根据《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》(SL251-2015) 关于一般土防渗料质量技术指标要求，对比试验成果可见：黏粒含量 $4.8\% \sim 7.9\%$ ，不满足规程 $15\% \sim 40\%$ 的要求；塑性指数 $5.6 \sim 6.0$ ，不满足规程 $10 \sim 20$ 的要求；渗透系数 $1.8 \times 10^{-4} \sim 7.9 \times 10^{-4}$ cm/s，不满足规程 $\leq 1 \times 10^{-5}$ cm/s 的要求；天然含水率 $15.7\% \sim 16.6\%$ ，与塑限 $15.5\% \sim 16.3\%$ 相比，数值较接近。综合分析认为，坝体上部 ($0 \sim 2.0$ m) 黏土心墙质量较差。

(2) 坝顶裂缝及塌陷。现场勘察期间发现大坝坝顶有较明显纵向裂缝，最大裂缝宽 5 cm，距上游约 1.5 m，并且靠近上游部位出现塌陷现象。详见照片 1。为探明裂缝深度，在坝顶裂缝处开挖探坑两个，分别位于距左、右坝肩约 20 m 处。据探坑揭露情况可知，裂缝仅存在于坝顶混凝土路面及碎石层，深约 $0.5 \sim 0.7$ m，黏土心墙顶部并未发现裂缝。分析认为，坝顶裂缝不是贯穿性裂缝，仅是表面裂缝，对坝体安全影响不大。

(3) 下游河床局部沼泽化。下游河床局部存在沼泽化现象，通过现场地质测绘，发现大坝右侧下游坝脚处存

在渗水现象，出溢水为清水。详见图 2。结合水库多年运行工况，分析下游坝脚处渗漏原因可能有二：①坝基岩体局部节理裂隙发育，水库经多年运行，节理裂隙充填物被冲开，从而形成渗漏通道。②根据大坝安全鉴定报告介绍，坝基施工开挖时，底部的风化岩石没有清除干净，使坝基直接坐落于风化岩上，由于风化岩受到渗透水的侵蚀，导致坝基处有渗漏现象。



图 1 坝体裂缝及塌陷



图 2 下游河床局部沼泽化

4 结论及建议

(1) 根据室内试验成果, 坝体上部黏土心墙所取土样黏粒含量、塑性指数、渗透系数均不满足规程要求, 综合分析认为, 坝体上部(0~2.0m)黏土心墙质量较差。本次勘察由于受现场作业条件所限, 所取方块土样深度较浅, 建议施工时复勘, 对整体心墙质量进一步复核。

(2) 根据地质调查及探坑揭露情况, 大坝坝顶纵向裂缝仅存在于坝顶混凝土路面及碎石层, 黏土心墙顶部并未发现裂缝。分析认为, 坝顶裂缝不是贯穿性裂缝, 仅是表面裂缝, 对坝体安全影响不大。

(3) 下游河床局部沼泽化现象, 分析认为系坝基渗漏所致。坝址区出露岩体节理较发育, 岩体多处被切割成

块状, 建议施工时复核坝基岩体的渗透性, 在条件许可情况下, 采取适当防渗措施。

(4) 建议施工期加强施工地质工作, 当工程地质条件变化时, 及时提供有效工程地质建议, 保证工程的安全。

[参考文献]

[1]GB 50487-2008, 水利水电工程地质勘察规范[S].

[2]GB 18306-2015, 中国地震动参数区划图[S].

[3]GB 50007-2011, 建筑地基基础设计规范[S].

作者简介: 王娟(1984.12—), 东北林业大学, 园林植物与观赏园艺, 河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司, 专业技术人员, 副高。