

牙根二级水电站 1#松动拉裂体治理方案研究

商开卫, 马耀

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:位于牙根二级水电站大坝上游的1#松动拉裂体具有强卸荷的显著特征。由于该松动拉裂体地质条件复杂、体型巨大且边坡的安全裕度不足,若发生失稳破坏,将会引起巨大涌浪,必然会对大坝的正常运行产生严重影响。借助三维刚体极限平衡方法,对松动拉裂体加固的必要性进行了详细的论述,重点研究了采用不同治理措施的加固效果,为最终制定一套经济可行的加固方案提供了理论依据。

关键词:三维刚体极限平衡;松动拉裂体;立体加固;混凝土置换洞;牙根二级水电站

中图分类号:TV7;TV223.3;TV22

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)增2-0091-03

1 工程概述

牙根二级水电站位于四川省甘孜藏族自治州雅江县境内,为雅砻江两河口~卡拉河段梯级开发的第三级。水库正常蓄水位高程2 560 m,大坝为混凝土重力坝,最大坝高130 m,设计水头77 m,引用流量1 465 m³/s,总装机容量为990 MW,多年平均年发电量为45.09亿kW·h。

牙根二级水电站坝前右岸存在的1#松动拉裂体距大坝轴线约870 m(松动拉裂体与坝轴线的关系见图1),沿河流方向延伸约710 m,方量约800万m³,分布在高程2 460~2 710 m之间,其地表后缘高程自上游至下游呈弧形变化。该松动拉裂体呈现出显著的强卸荷特征,岩体内各方向结构面均松弛张开,不仅顺河向中、缓倾角结构面普遍松动拉裂,而且横河向结构面也明显松动拉裂;岩体内可见新生呈锯齿状或不规则状拉裂撕裂现象。

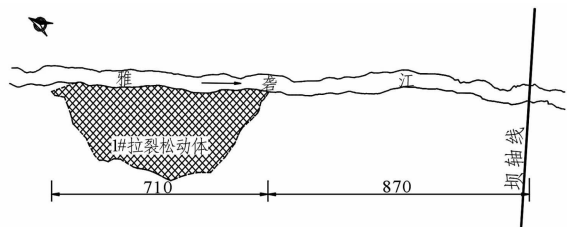


图1 1#松动拉裂体与坝轴线相对位置关系图

由于1#松动拉裂体距离坝轴线较近,体型巨大且安全裕度不大,若该松动拉裂体发生失稳破坏,将会对大坝的正常运行产生重大影响,因此,

收稿日期:2015-04-18

必须采取系统的边坡加固措施来保证该拉裂体的稳定。

近年来,混凝土置换洞在很多大型边坡治理工程中被多次采用,如锦屏I级、大岗山等水电站的坝肩边坡均采用这种结构进行处理并取得了良好的治理效果。由于1#松动拉裂体为强卸荷岩体、埋藏较深且体型巨大,单纯采用削坡减载或锚索支护的边坡处理措施既不经济,也给现场的施工增加了难度。通过借鉴混凝土置换洞在上述工程中取得的成功经验,笔者借助三维刚体极限平衡方法,详细对比了混凝土置换洞、削坡减载、锚索支护三种不同治理措施对该松动拉裂体的治理效果,最终研究出一套以混凝土置换洞为主,以削坡减载和锚索支护为辅的综合治理措施。该方案既减少了工程投资,又降低了边坡治理的施工难度。

2 天然边坡的稳定性分析

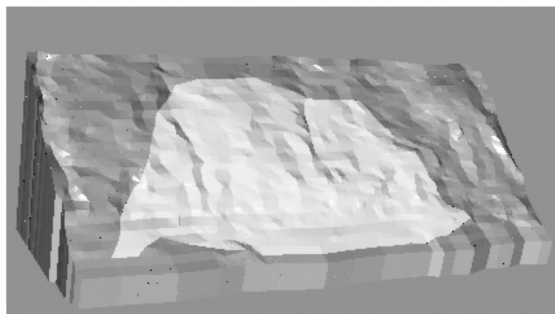
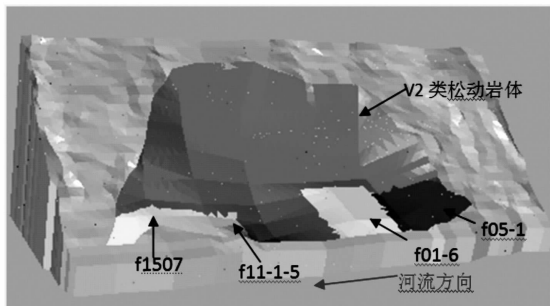


图2 1#松动拉裂体在边坡上的位置示意图

笔者采用三维边坡稳定分析可视化软件Slope^{3D}[1],并采用Spencer方法分析了1#松动拉

裂体天然边坡的稳定性。1#松动拉裂体的空间位置和滑裂面的空间展布图形见图 2、3。其计算参数和计算结果见表 1、2。



注: f05-1 为岩屑夹泥型结构面, f1507、f11-1-5、f01-6 为泥夹岩屑型结构面。

图 3 1#松动拉裂体滑裂面构成示意图

表 1 计算参数表

岩体及结构面类别	容重 /kN·m ⁻³	内摩擦角 /°	粘聚力 /kPa
V ₂ 类岩体	22	24.2	200
岩屑夹泥型(范围)	20	19.9	80
泥夹岩屑型(范围)	19	15.7	40

表 2 1#松动拉裂体安全系数表

边坡状态	持久工况	短暂工况	偶然工况
天然状况	1.171	1.089	1.118
蓄水状况	1.053	1.038	0.983
规范允许的最小安全系数 ^[2]	1.15	1.10	1.05

表 2 的计算成果表明:蓄水后,1#松动拉裂体的安全系数均低于规范所允许的最小安全系数,因此,为了保证电站的安全运行,需对松动拉裂体采取必要的治理措施。

3 治理措施的拟定

为验证混凝土置换洞、削坡减载、锚索支护三种加固方式对 1#松动拉裂体的加固效果,以便为加固处理方案的比选提供依据,拟定了以下四种方案:

- 方案一:混凝土置换洞+预应力锚索加固措施
- 方案二:混凝土置换洞+削坡减载加固措施
- 方案三:预应力锚索+削坡减载加固措施
- 方案四:混凝土置换洞+预应力锚索+削坡减载加固措施。

该方案的典型剖面见图 4,混凝土置换洞加固立视图见图 5。

基于以上四种方案,松动拉裂体在各种计算工况下的边坡安全系数见表 3。

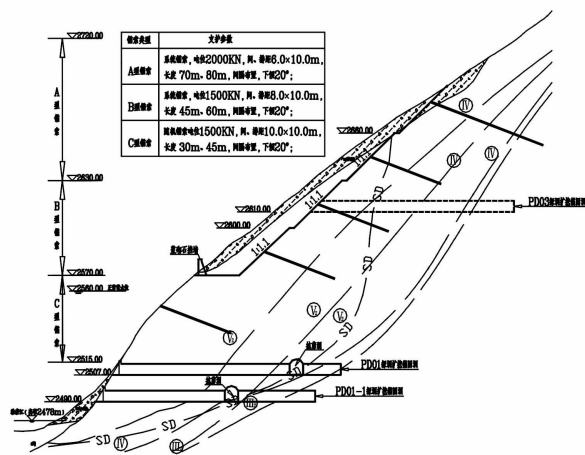


图 4 典型剖面图

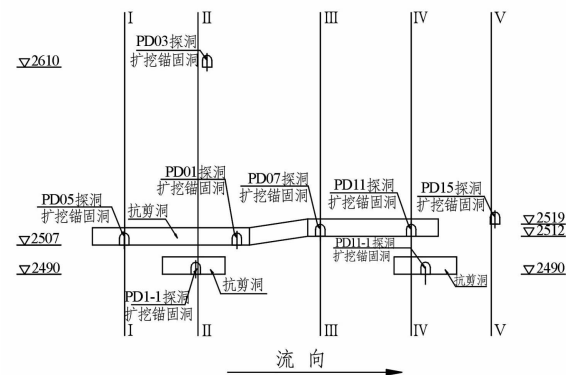


图 5 混凝土置换洞立视图

表 3 1#松动拉裂体安全系数表

边坡状态	加固方案	正常工况	暴雨工况	地震工况
天然状况	方案一	1.873	1.74	1.769
	方案二	2.015	1.871	1.896
	方案三	1.257	1.155	1.18
	方案四	2.037	1.891	1.915
蓄水状况	方案一	1.57	1.563	1.496
	方案二	1.689	1.663	1.585
	方案三	1.112	1.105	1.036
	方案四	1.675	1.669	1.589
规范允许的最小安全系数		1.15	1.1	1.05

计算结果表明:采用方案三,松动拉裂体在蓄水状况下的持久工况、地震工况安全系数均低于规范所允许的最小安全系数,说明仅采用锚索加固和削坡减载的处理方式不能保证松动拉裂体在电站正常运行期的安全需要。

此外,通过比较方案一、方案二、方案三与方案四的加固效果可以得出:采取削坡减载的方案,松动拉裂体的安全系数提高约 0.17;采取锚索支护的方案,其安全系数提高约 0.03;采取混凝土置换洞的方案,其安全系数提高 0.78。说明采用

混凝土置换洞的加固效果最好,采用削坡减载和锚索支护的加固措施对该松动拉裂体的加固效果则相对较差。

4 最终治理措施的确

对比四种初拟治理措施的加固效果,采用方案四的加固效果最好,但其安全系数裕度较大。为降低工程投资,在保证边坡安全系数满足规范要求的前提下,在方案四的基础上确定了该松动拉裂体最终的治理方案,方案的制定坚持以下原则:

- (1) 深层加固采用混凝土置换洞的加固方案,以保证拉裂体的整体稳定。
- (2) 浅表层加固采用削坡减载和锚索支护的加固方案,以保证拉裂体的局部稳定。
- (3) 对混凝土置换洞的位置和长度进行优化调整。
- (4) 尽量减少对松动拉裂体的石方开挖,以清除表面覆盖层为主。
- (5) 对锚索的长度以及吨位进行了调整,使锚索在施工可行的条件下全部穿过滑带,以充分发挥锚索的加固作用。

最终确定的治理方案的典型剖面见图6,混凝土置换洞加固立视图见图7。采用该方案松动拉裂体的安全系数见表4。

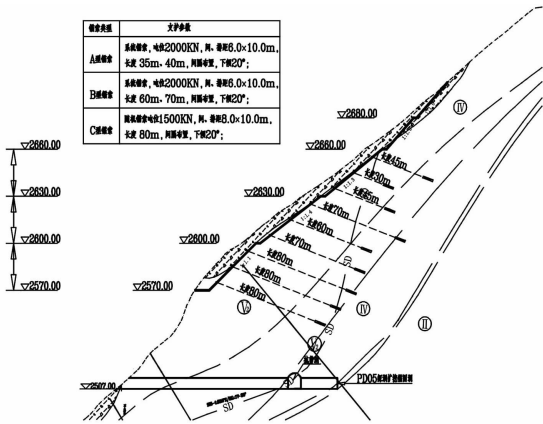


图6 最终治理方案典型剖面图

表4 1#松动拉裂体稳定性系数表

边坡状态	正常工况	暴雨工况	地震工况
天然状况	1.554	1.433	1.48
蓄水状况	1.323	1.309	1.249
规范允许的 最小安全系数	1.15	1.1	1.05

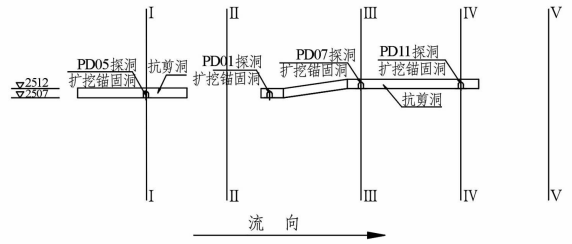


图7 最终治理方案混凝土置换洞立视图

计算结果表明:相对于治理前天然边坡的稳定性,采取该治理方案后,拉裂体的稳定性系数有明显地提高,在天然状况下,正常工况和地震工况提高约0.38,暴雨工况提高约0.34;在蓄水状况下,拉裂体的稳定性系数提高约0.27。相比于初拟的方案四,采用该治理方案,松动体的安全系数裕度明显降低,但在各计算工况下,其安全系数均能满足施工期和运行期的稳定性要求。

相比于方案四,该治理方案的土石方开挖量显著减少,其中土石方明挖量减少48%(石方明挖量减少90%);由于对混凝土置换洞的位置和长度进行了调整,取消了高高程的混凝土置换洞,从而使得洞室的石方开挖量减少26%。

5 结语

1#松动拉裂体“高陡低缓”的走势赋予了混凝土置换洞在该拉裂体治理过程中的显著优势。以混凝土置换洞、削坡加载和锚索支护的联合治理措施可以有效地提高拉裂体深层和浅表层的抗滑稳定性。同时,在满足规范允许的范围内,对加固方案进行了必要的优化,可以显著降低工程的投资。另外,采用该综合治理方案,可以大量减少削坡工程量,降低人工开挖边坡可能带来的附加稳定性问题,为施工布置提供了有利条件。

参考文献:

[1] 姜清辉,王笑海,丰定祥,冯树仁. 三维边坡稳定性极限平衡分析系统软件 SLOPE3D 的设计及应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(7): 1021 - 1025.

[2] 水电水利工程边坡设计规范, DL/T 5353 - 2006[S].

作者简介:

高开卫(1985-),男,山东滨州人,工程师,硕士,从事水工结构和岩土工程设计工作;

马耀(1976-),男,四川成都人,高级工程师,学士,从事水工结构和岩土工程设计工作。

(责任编辑:李燕辉)