

大岗山水电站水库塌岸处治方案研究

刘红杰

(交通设计院)

〔摘要〕 水库塌岸是公路路基最常见的不良地质现象之一,路基在沿库周布置,随着水位的涨跌变化,都可能造成水库塌岸,进而造成路基垮塌。通过对大岗山水库库周公路 S211 省道路基塌岸段形成的原因,提出了多种防止水库塌岸的处治方案,经多方面比较最终确定了切实可行的处治方案,目前水库库岸稳定,未发生塌岸情况,处治措施运行良好,达到了设计预期的目的,确保了 S211 省道的正常运行,发挥了其应有的作用。

〔关键词〕 塌岸路基 枕板墙 抛石压脚、帷幕灌浆 处治方案

1 概述

大岗山水电站位于大渡河中游雅安市石棉县挖角乡境内,为大渡河干流水电规划的第十四级电站,距上游泸定县城 72 km,距下游石棉县城 40 km。大岗山水电站库区地质、地形条件复杂,根据地勘报告,库区存在多处塌岸区域,而 S211 省道布线无法绕避塌岸等不良地质路段,考虑到塌岸处治难度大、费用高,因此需对塌岸处治进行专题研究,在对塌岸预测^[1]、分析与评价,塌岸处治措施研究与比选的基础上,提出切实可行的塌岸处治措施,保护 S211 省道复建道路免于遭受水库塌岸带来的危害。

2 水库塌岸原因分析

研究和预测塌岸发生和发展的原因和最终结果,首先要摸清水库地区的工程地质和水文地质条件,依据具体条件综合考虑。大量库岸再造地区的实地调查和研究资料表明,导致塌岸发生和发展的主要原因可分为内因和外因两种。库岸形态、岩土类型、组成结构及地质构造^[2]、风化程度等是促使库岸再造的内因;波浪作用、库水升降、水文地质条件及水库淤积、地震等因素则是影响库岸再造的外因。内因是库岸再造的根本原因,外因是库岸再造的重要影响因素,库岸再造的过程就是各种内外因素互相作用的结果。

通过现场调查研究,影响大岗山水电站库区塌岸的主要因素是岩性及结构^[3]、库岸形态、波浪作用、水文地质条件等多因素共同作用的结果。

3 塌岸防治工程措施研究

3.1 塌岸防治的一般性原则

引起库岸塌岸的因素种类较多,且不同因素对不同塌岸的影响程度和作用方式也不同。因此在进行库岸塌岸防护设计时,也因有针对性的选取适宜的防护措施。针对大岗山水电站库区的塌岸地质条件特点、库水水文动态变化特征以及移民搬迁工程的特点,提出大岗山水电站库区塌岸防治设计应遵循的几个基本原则如下:

(1)塌岸防治应根据塌岸带岸坡岩土体类型、水动力条件、塌岸方式等因素,在库岸稳定性、塌岸预测、塌岸强烈程度等评价的基础上,针对不同的库岸类型及沿岸居民点和基础设施的分布情况,选择安全有效、经济合理的防治措施进行综合治理。

(2)虽然目前可选用的塌岸防治措施较多,但每种措施都有其相应的适宜性及最佳配置组合。因此,要求在工程措施及其配置组合时要突出针对性和适宜性,并充分论证对提高库岸稳定性和安全性的贡献。

(3)塌岸防治的各项工程措施,应充分吸收当地成功的已有治理经验,尽量因地制宜,就地取材,采用技术可行、经济合理且施工方便、可操作性强的工程结构。

(4)工程措施选择时,要充分考虑到工程岩土体的性质及其蓄水后的变化,与相邻工程的结合及对相邻工程的影响,施工技术条件及施工环境等具体制约因素和环境保护的要求。

3.2 常用的塌岸防治措施

常用的塌岸防治措施分为结构性措施和非结构性措施。非结构性措施主要是指不实施工程结构物对塌岸变形破坏进行直接的控制和防治,而是以消除和减弱诱发库岸塌岸发生的外部作用因素为主的工程措施。非结构性措施主要包括:排水、削方减载及回填压脚以及丁坝、顺坝等工程措施。非结构性措施单独使用往往很难达到完全根治塌岸的目的,一般常与其他防治措施联合使用。

与非结构性措施相反,结构性措施是指直接用于遏制塌岸变形破坏的各种工程结构物。目前常用的塌岸防治结构性措施主要有:抗滑支挡工程(常用抗滑桩和抗滑挡墙)、锚固工程、固结灌浆等。

3.3 塌岸防治措施方案比选

根据上述水库塌岸治理措施特点,结合大岗山库区地质、地形条件,对大岗山水电站库区 S211 省道 K8+200~K8+400 段、K9+750~K9+950 段、K10+600~K10+850 段存在塌岸风险的路段采用了抗滑桩板挡土墙、固结灌浆、抛石反压等处治措施进行比选。

表1 塌岸防治措施方案比选

处治措施	抛石反压	抗滑桩板挡土墙	固结灌浆
优点	施工工艺简单,工艺成熟,施工速度快,施工成本低,施工安全性好,适应性强、与自然环境相协调。	占地少,工艺简单,投入的机械设备少、可采用装配式施工、外观效果好、防护效果好。	占地少,防护效果好,施工速度快、施工成本低、不需要大量的挖方。
缺点	对地形及地基承载力要求高、占地多、需要大量的土石方、防护效果差、机械设备总类多。	施工速度慢,施工成本高,施工安全性差,钢材用量较多、部分属于隐蔽工程施工质量难以控制。	工艺要求高、对技术人员要求高、属于隐蔽工程,施工质量难以控制、对地形要求高,地形陡峻地段易漏浆、有可能对地下水造成污染,不利于环境保护。
采用路段	K10+600~K10+850	K8+200~K8+400	K9+750~K9+950
地质地形条件	地形平坦、地基承载力较高。	土体较薄、锚固段地基强度较高。	土体较厚,且水库已蓄水,塌体较大。

4 塌岸处治措施结构设计

4.1 抗滑桩板挡土墙

根据 K8+200~K8+400 段地形地质情况及岸稳定分析结果,决定对该段采取抗滑桩板挡土墙处治方案。具体方案为:在路基下侧 1130 m 高程处人工挖孔施工钢筋混凝土矩形桩,截面尺寸 3.0 m×2.0 m,桩深 35 m,间距 5 m,两桩之间放置 2.9 m×0.6 m×0.3 m 的挡土板。

主要施工工序:场地平整→锁口混凝土浇筑→人工挖孔→混凝土护壁→验孔→钢筋笼制作与吊装→钢筋验收→布设导管或溜槽→灌注混凝土→混凝土养护→挡土板预制与安装→挡土板内侧回填→监控量测→竣工验收。施工完成后见工程实景图 1。

抛石反压、抗滑桩板挡土墙、固结灌浆等水库塌岸处理措施各有优缺点,现分别描述如下:

抛石反压适用于地形平坦,地基稳定的路段,优点主要有:施工工艺简单,工艺成熟,施工速度快,施工成本低,施工安全性好,适应性强、与自然环境相协调。缺点是:对地形及地基承载力要求高、占地多、需要大量的土石方、防护效果差、机械设备总类多。

抗滑桩板挡土墙适用于覆盖层较浅,主动土压力较小路段,优点主要有:占地少,工艺简单,投入的机械设备少、可采用装配式施工、外观效果好、防护效果好。缺点是:施工速度慢,施工成本高,施工安全性差,钢材用量较多、部分属于隐蔽工程施工质量难以控制。

固结灌浆适用于地形平坦、覆盖层较深,存在大面积水库塌岸风险路段,优点主要有:占地少,防护效果好,施工速度快、施工成本低、不需要大量的挖方。缺点是:工艺要求高、对技术人员要求高、属于隐蔽工程,施工质量难以控制、对地形要求高,地形陡峻地段易漏浆、有可能对地下水造成污染,不利于环境保护。各方案的优缺点详见下表 1:



图1 抗滑桩板挡土墙

4.2 固结灌浆

大岗山水电站蓄水以来,随着水库水位升高到 1126 m 高程,库区 S211 省道淹没复建公路工程 K9+750~K9+950 附近库岸边坡发生了较大规模的滑塌。经现场进行仔细查勘,虽然目前 S211 省道上未见明显的路面开裂、沉降变形等,但是塌滑最严

重处开口离 S211 省道只剩约 2 m, 已危及 S211 省道的安全。鉴于 318 国道封闭改造, 使得原 318 国道上的交通量全部移至 S211 省道上, 保通压力巨大。为最大程度减小后期蓄水和水库运行过程中对 S211 省道路基的影响, 避免道路断道, 需采取应急工程方案进行处理。

经认真讨论后, 提出了采用跟管(花管)固结灌浆的应急处置工程方案进行处理。具体方案如下:

(1) 灌浆钢管布置范围: 具体布置在滑塌最严重的地方, 布置范围长度约 200 m, 宽度约 1 m, 可根据现场实际情况进行调整。灌浆钢管最外侧一排中心距离公路路基外侧为 1 m。

(2) 灌浆钢管沿公路共布置 2 排, 间距 1.0 m, 排距 0.75 m, 梅花型布置, 现场实际施工时可以根据地形进行微调, 施工平台高程应低于现有路面 0.3 m。

(3) 注浆材料: 注浆材料可采用改性水玻璃浆、普通水泥单液浆、水泥—水玻璃双液, 为防止浆液流失, 本次设计采用水泥—水玻璃双液。该浆液应具有以下优点: 流动性好、注入时不离析、具有均匀的高于地层土压的早期强度、良好的充填性、注入后体积收缩小、阻水性强、适当的黏性、不污染环境。

(4) 注浆控制: 注浆控制分为压力控制与注浆量控制两种。压力控制是保持设定压力不变, 注浆量变化的方法。注浆量控制是注浆量一定, 压力变化的方法。一般仅采用一种控制方法都不充分, 应同时进行压力和注浆量控制。注浆压力应根据土压、水压综合判断决定, 但施工中通常基于施工经验确定。

(5) 注浆压力: 注浆时间和注浆压力应由试验确定, 应严格控制注浆压力。一般条件下: 初压压力宜为 0.1~0.3 MPa, 终压压力一般应不大于 0.5 MPa。

(6) 主要施工工序: 场地平整→测放孔位→钻机就位→钻孔→压入钢管→注浆(向钢管内或管周围土体)→封口→养护→联系梁钢筋绑扎→联系梁混凝土浇筑→质量检验→竣工验收。固结灌浆施工中图 2。



图 2 固结灌浆施工中

4.3 抛石反压+干砌块石护坡

根据 K10+600~K10+850 段地形地质情况及塌

岸稳定分析结果, 由于该段路基下方 1110 m 高程处以下为缓坡平台, 平台以下基岩出露故不考虑防护, 首先平整场地, 在坡脚以外 10 m 位置设置 3 m 高 C20 混凝土护脚墙, 内侧采用石渣分层摊铺, 分层碾压, 渣料可取自 S211 复建路起点下游约 2 km 大岗山隧道进口处渣场, 待石渣反压施工完成后在已完成的边坡上采用干砌块石护坡, 防止水流冲刷。石渣自高程 1109 m 起按照 1:1.5 坡率填至高程 1131 m, 顶面宽度 10 m, 1120 m 处设置一道 3 m 宽的马道。

该段主要工程量为: 混凝土护脚墙 1560 m³, 基础开挖 500 m³, 石渣回填 55000 m³, 坡面干砌块石护坡 2860 m³。

主要施工工序: 场地平整→护脚墙基础开挖→护脚墙混凝土浇筑→石渣分层回填→石渣分层碾压→块石摆砌→监控量测→竣工验收。抛石反压+干砌块石护坡见图 3。



图 3 抛石反压+干砌块石护坡

5 结语

目前大岗山水电站水库塌岸处治已通过交工验收并投入使用, 针对大岗山岸区塌岸模式的复杂性, 塌岸原因的多样性, 经过多种塌岸预测方法进行预测及评价, 通过多种处治方案的反复比较论证, 最终确定了塌岸处治方案设计, 解决了水库塌岸预测及处治等技术难题, 设计中针对不同地质地形条件采用了多种水库塌岸处治措施, 具有很好的创新意义和借鉴作用。工程经过两年的运行考验, 目前水库岸岸稳定, 未发生塌岸情况, 处治措施运行良好, 达到了设计预期的目的, 确保了 S211 省道的正常运行, 发挥了其应有的作用。该报告为遭受水库塌岸危害的道路设计积累了宝贵设计经验, 具有很好的参考价值和借鉴作用。

参考文献

- [1] 张倬元, 等. 工程地质分析原理(第二版)[M]. 北京: 地质出版社.
- [2] 张倬元, 王士天, 王兰生. 《工程地质分析原理》[M]. 北京: 地质出版社.
- [3] GB50021 2001 岩土工程勘察规范[S].