

文章编号: 1007-2284(2017)06-0146-03

涛源金沙江大桥宾川岸岸坡的长期稳定性研究

但路昭¹, 邓琴², 吴振君²

(1. 云南大永高速公路建设指挥部, 云南 大理 671000;

2. 中国科学院武汉岩土力学研究所 岩土力学与工程国家重点实验室, 武汉 430071)

摘要: 拟建涛源金沙江大桥位于鲁地拉水电站水库库区内, 库水的存在必然影响桥基岸坡安全的稳定。以大桥宾川岸桥基岸坡为对象, 在基于现场试验、工程类比和反分析确定边坡岩土体参数的基础上, 开展了岸坡再造的塌陷宽度预测及库岸再造后边坡的稳定性分析。研究表明: ①库岸再造宽度为 40 m, 小于桥梁主塔距库岸边缘距离(150 m)。因此, 主塔远在库岸再造影响范围之外; ②库岸再造后的边坡, 在自然和地震水位分别骤降 5 和 10 m, 其稳定性都达到工程稳定性要求。因此, 库岸再造后的坡形就是稳定坡形。研究成果对大桥建设提供指导性建议和意见。

关键词: 库水; 库岸再造; 主塔; 稳定性分析

中图分类号: TV223.3⁺1 文献标识码: A

随着我国国民经济建设和西部大开发战略的实施, 高速公路正如火如荼地建设。同时, 高速公路沿线的桥梁比例也不断增大, 桥梁跨度也在不断增加^[1]。目前关于桥梁岸坡的稳定性研究主要沿用了传统的边坡稳定性分析方法, 主要包括工程地质类比法^[2]、极限平衡法^[3]和强度折减法^[4]。然而, 当桥梁位于水电站库区内, 桥址岸坡就会处于库水浸泡状态。因此, 库岸再造和边坡稳定性是分析岸坡稳定的重要指标^[5,6]。目前库岸再造预测已经积累了多种方法, 主要有卡丘金法^[7]、岸坡结构法^[8]和两段法^[9]等。其中, 卡丘金法适用于黄土类土层及平原地区水库的塌岸预测, 也可用于南方山区峡谷型水库的塌岸预测, 但是预测结果偏于安全。岸坡结构法是由许强等提出的, 适用于类似三峡这种山区河道型水库的塌岸预测。坡两段法由王跃敏等提出, 主要适用于我国南方山区峡谷型水库塌岸的预测。因此, 每种方法都有自己的适用条件, 需结合地质条件进行选用。

拟建涛源金沙江大桥位于鲁地拉水电站库区内。该水电站的正常蓄水使得桥梁岸坡处于浸泡状态。一旦岸坡失稳将直接威胁到大桥的正常运行, 因此岸坡的稳定性是建设金沙江大桥所面临和必须解决的工程地质问题之一。本文将首先对桥梁岸坡库岸再造分析, 然后对再造后的岸坡进行边坡稳定性分析。计算结果对于桥梁建设提供指导性建议。

1 工程简介

1.1 工程概况

涛源金沙江大桥位于华坪至丽江高速公路 K76+438 处, 为

跨越金沙江所设, 是整条路线的控制性工程之一。桥位处地势起伏较大, 为典型的“V”形河谷地段, 河谷内为鲁地拉电站蓄水淹没区, 江面宽度约 400 m。涛源金沙江大桥轴线大致为南北向, 南岸为宾川岸, 北岸为永胜岸, 如图 1 所示。



图 1 拟建桥位与水库局部关系图

Fig.1 Layout relationship between bridge and reservoir

1.2 工程存在的问题

涛源金沙江大桥宾川岸位于历史滑坡堆积体和古堰塞湖沉积联合作用形成的厚层堆积体上, 上部靠近山体的部分主要是崩塌错动破碎岩体, 有潜在安全问题; 永胜岸主要为相对较完整的泥盆系, 中风化灰岩, 岩体稳定性较好。

强烈的地壳运动、河流下切侵蚀、历史崩滑和古堰塞湖综合形成桥址区巨厚碎石、块石和粉质黏土混合堆积体, 长期地质演化过程中, 这些巨厚松散体边坡多处于准稳定状态, 在地表水体和降雨作用下, 形成多期崩滑蠕变运动。工程建设的扰动会极大地恶化和改变当前巨厚堆积体边坡的稳定状态, 同时前缘巨厚堆积体边坡的运动又会牵引靠近山体的崩塌错落体的变形加剧, 这些均极大地威胁涛源金沙江宾川岸桥基安全(见图 2)。因此, 需要研究历经多期运动的巨厚堆积体边坡与

收稿日期: 2016-12-05

基金项目: 云南省交通科技项目[云交科 2014(A)01]。

作者简介: 但路昭(1977-), 男, 高级工程师, 从事公路工程施工及建设管理方面的工作。E-mail: 796712@qq.com。

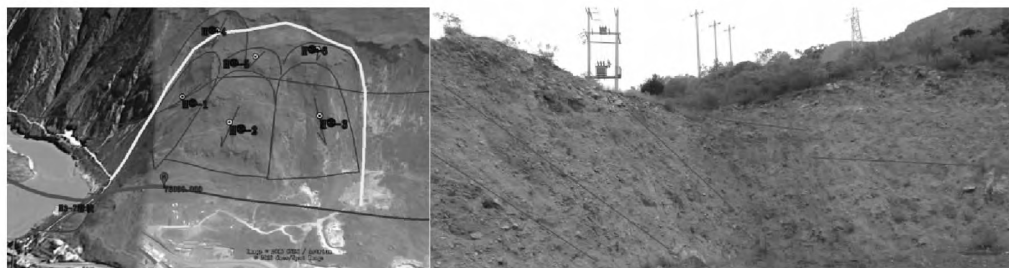


图2 库岸边坡的多期运动迹象

Fig.2 Historical multi-period motion signs of reservoir bank slope

桥基相互作用下的安全性问题。

水库的存在使得桥址区存在典型的长期库岸稳定问题和塌岸对桥基边坡稳定的影响问题(见图3)。因此,需要评价地表水体对堆积体的长期侵蚀和冲刷的影响,同时这些长期作用会造成桥基库岸的影响范围,不同桥基位置对该问题的安全响应。



图3 塌岸问题
Fig.3 Bank collapse

2 库岸再造预测

2.1 计算模型

根据前述的工程介绍,选取宾川岸的桥轴线剖面进行分析,如图4所示。

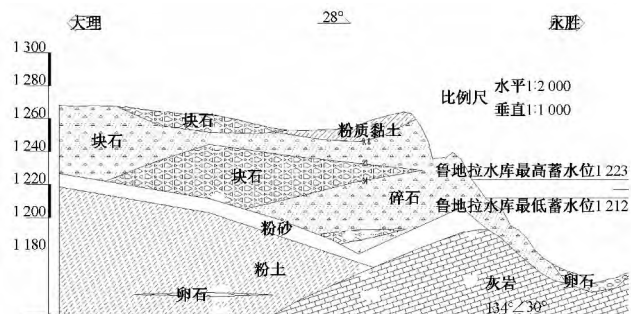


图4 宾川岸地质剖面图(单位:m)

Fig.4 Geological section of Binchuan slope

从图4可以看出,宾川岸边坡从坡表至下100m左右以碎石为主,夹杂少量的卵石和角砾岩,基岩主要是灰岩,据此建立计算模型如图5所示。

2.2 计算参数

目前在宾川岸下边坡上部碎石土取样进行了松散碎石土的部分现场试验,得到自然条件下碎石土的内摩擦角在 $32^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 之间,饱和条件下碎石土的内摩擦角在 $22^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之间。因桥位区试验数据有限,且不同部位的碎石土强度参数差异较大,因此结合工程类比及反分析确定岩土层的参数,如表1所示。其中反分析原则是考虑原始边坡在自然状态和地震作用下安全系数均大于1,且地震时按VII度地震烈度考虑,峰值地震加速

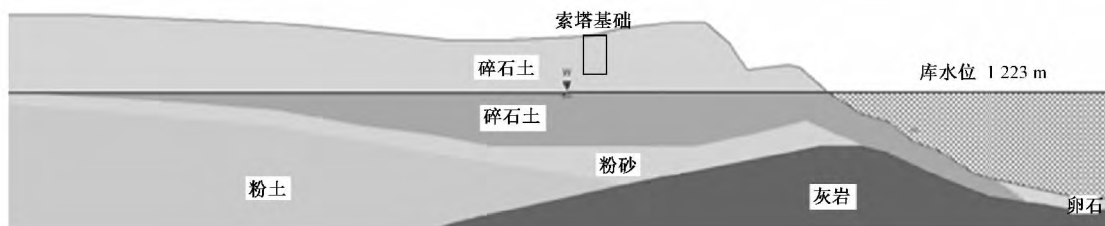


图5 宾川岸计算模型图

Fig.5 Calculation model of Binchuan slope

表1 宾川岸坡主要岩土层强度参数建议值

地层	内聚力 c /kPa	内摩擦角 φ /($^{\circ}$)	备注
碎石土	38	33	自然
块石土	35	32	饱和状态
粉土	30	22	饱和状态
粉砂	12	25	饱和状态

度取 $0.15^{[10]}$,地震效应折减系数取0.25。

2.3 计算原理

库岸再造是一个复杂、长期的历史过程,受到区域、地质、岸坡结构与材料和水等大量因素的影响,王跃敏等^[9]通过研究表明,“两段法”适用于我国南方山区,且岸坡材料主要为黏性、碎石和砂性土等的峡谷型水库。涛源金沙江大桥岸坡刚好符合“两段法”的适用条件,因此这里选用“两段法”进行预测分析。

“两段法”的图解过程如图 6 所示,计算步骤为:①选取原河道多年最高洪水位与岸坡的交点为起点,以水下岸坡稳定角 α 为倾角绘出水下稳定岸坡线,该线延伸至设计洪水位加毛细水上升高度的高程点 B;②以 B 点为起点,以水上稳定岸坡角 β 为倾角绘出水上稳定岸坡线,该线与原岸坡的交点 C 即为水上稳定岸坡的终点。③水上稳定岸坡线的起点 B 的高程所对应的原岸坡点 D 与该线终点 C 之间的水平距离,即为“两段法”预测的塌岸宽度 S_k 。

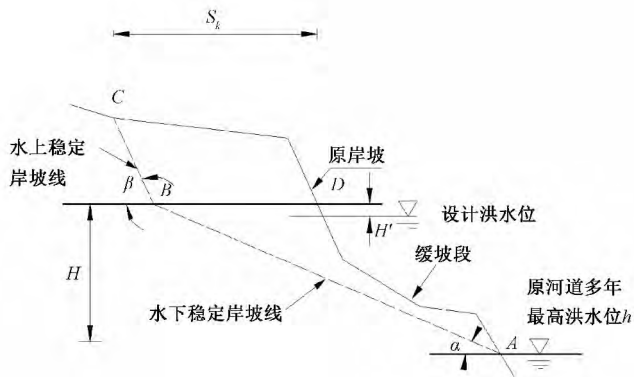


图 6 “两段法”预测塌岸宽度图解^[8]

Fig.6 Width of bank caving predicted by Two Section Method^[8]

2.4 再造预测

根据 2.3 节的叙述,预测需要首先确定 A 点以及 α 角。根据勘察及水文资料,选取灰岩与饱和碎石土在坡表交界处为 A 点。水下岸坡稳定角 α 参考其他岸坡地质调查得到的水下稳定坡脚统计资料^[8] 结合桥位区碎石土具体情况,对剖面的水下稳定坡脚取 $\alpha = 26^\circ$ 。由于岸坡材料为碎石土,因此这里认为毛细水上升高度 $H = 0$ 。

水上稳定坡角 β 采用综合计算法,用增大内摩擦角的方法来考虑凝聚力 c 的影响,用式(1)计算 β ,通过计算得到碎石土的水上稳定坡脚 $\beta = 33^\circ$ 。

$$\beta = \arctan [\tan \varphi + c / (\gamma H)] \quad (1)$$

据此,得到宾川岸岸坡的塌岸宽度示意图 7 所示。库岸再造宽度为 40 m,桥梁主塔距库岸边缘约 150 m,在库岸再造影响范围之外。

3 再造边坡的稳定性分析

建立宾川岸库岸再造后边坡稳定性计算模型,如图 8 所示。稳定性计算采用毕巧普法自动搜索滑面,结果如表 2 所示。从表 2 可以看出,分析的 4 种计算工况下,库岸再造后的边坡均能达到工程稳定性要求^[10],库岸再造后的坡形就是稳定坡形。

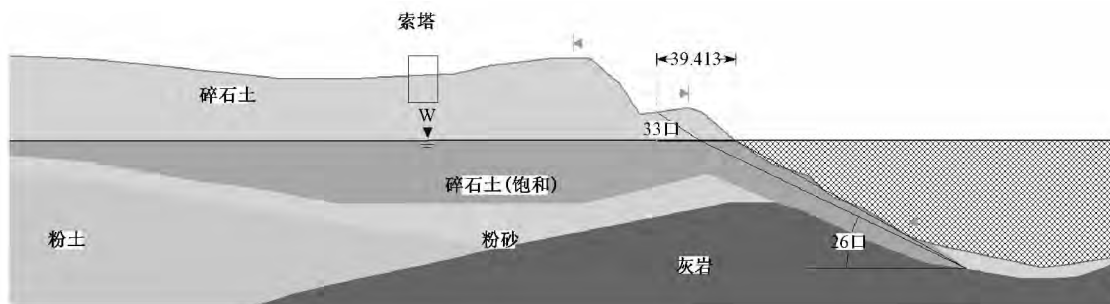


图 7 宾川岸岸坡塌岸宽度(单位: m)

Fig.7 Width of bank caving predicted of Binchuan slope

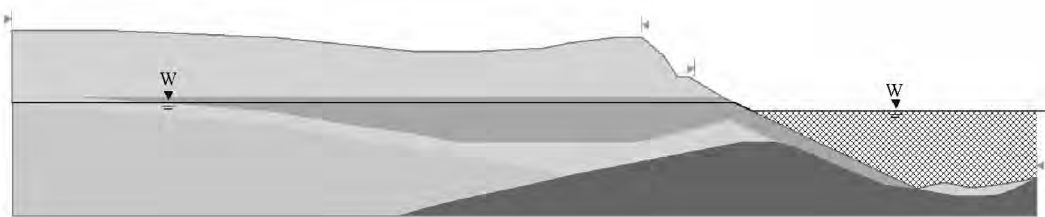


图 8 考虑库岸再造的边坡模型

Fig.8 Slope model by Reservoir bank rebuilding

表 2 桥轴线剖面再造后边坡最小安全安全系数统计表

工况	自然	地震	水位骤降 5 m	水位骤降 10 m
安全系数	1.32	1.04	1.24	1.16
水面坡脚-滑面后缘距离/m	75	98	50	48
桥梁主塔基础距库岸再造边线距离/m	138			

从计算结果可知,水面坡脚到水库塌岸影响的最大水平距离 40 m,库岸再造后边坡的最不利滑动面揭示的影响范围最大为 98 m,则两者总和作用造成的最大安全距离为 138 m,小于桥梁主塔距库岸边缘的距离(150 m),因此桥基是稳定的。

4 结语

库区水会桥址岸坡的稳定性造成一定影响。本文以拟建的涛源金沙江大桥宾川岸桥基岸坡为研究对象,开展库岸再造分析及再造后边坡的稳定性研究,结论如下。(下转第 157 页)

力场的离散性增强,环境温度的随机性在运行中后期起主导作用,因此降低混凝土水化热温升的波动性,对混凝土坝温控防裂具有重要意义。

(4) 通过拉应力与抗拉强度 η 比值可以看出,坝体底部强约束区开裂风险明显大于弱约束区和自由区开裂风险,且内部点的开裂风险及其波动性都要大于外部点开裂风险及其波动性,这与随机温度场、随机应力场的分析结果基本一致。 □

参考文献:

[1] 朱伯芳.水工混凝土结构的温度应力与温度控制[M].北京:水利电力出版社,1992.

(上接第148页)

(1) 根据岸坡地质条件,选用“两段法”开展库岸再造分析。计算结果为岸坡塌岸宽度为40m,桥梁主塔距库岸边缘(1223m水位)约150m,因此主塔位于库岸再造影响范围之外。

(2) 针对库岸再造后的边坡,开展正常蓄水、地震和库水位骤降下的边坡稳定性分析。结果表明,再造岸坡在分析工况下均能满足工程稳定性要求。再造坡形是稳定坡形。

塌岸的机制在于岩土体遇水软化,水对土体造成的流土和潜蚀作用,粗颗粒架空坍塌,水冲刷、坡脚掏蚀,这些也会增加水位变化范围内土体的破坏,长时间作用就会造成塌岸的加剧。库区塌岸尽管是不可避免的,但是可以采取控制措施,控制其发生、发展的速度和规模。如岸顶截排、岸坡放浪和坡脚防冲加固等。在各项措施的配置中,当采取工程防护措施时,贴坡护岸可以采用柔性结构(如铅丝石笼、堆石、土袋垒筑、分层压柳夯填等)。 □

参考文献:

[1] 田洪铭,陈卫忠,郑鹏强,等.桥梁荷载下跨谷拱桥岩质桥基岸坡

(上接第150页) 体、落实管护责任基础上,围绕管护经费筹集、安排使用及绩效考核等关键环节,出台有针对性的改革举措和制度措施,建立科学的农村水利工程管护机制,保障农村水利工程良性运行。四是严格考核,实行农村水利运行管理奖惩机制。将农村水利工程运行管护工作纳入到省政府对各市政府的绩效考核及“大禹杯”考核指标当中,印发《农村水利管理绩效考核实施细则》,按照农村水利管理绩效考核结果实行奖优罚劣,作为下年度全省各地农村水利工程维修养护资金分配的重要依据。

4 结 语

农村水利工程是现代农业建设不可或缺的首要条件,对农村经济社会发展起着不可替代的基础支撑作用。辽宁省通过大量调查研究和分析论证,不断摸索,梳理总结出切合实际的农村水利工程运行管理思路和模式,并通过实践和探索取得了一些成果。但农村水利工程管理工作是一项长期艰巨的任务,且各地情况千差万别,希望辽宁省农村水利工程运行管理模式能够起到抛砖引玉的作用,为各地农村水利工程的有效运行和

[2] 任炳昱.高拱坝施工实时控制理论与关键技术研究[D].天津:天津大学,2010.
 [3] Springenschmid R.Prevention of thermal cracking in concrete at early ages[M].London: E&FN Spon,1998:60-62.
 [4] 施兴华.基于随机过程理论的舰船结构可靠性研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2008.
 [5] 迟培云,钱强,高昆.大体积混凝土开裂的起因及防裂措施[J].混凝土,2001,146(12):30-32.
 [6] 蔡强.正交试验法对异性弹簧加工工艺参数的改进[D].上海:上海交通大学,2012.
 [7] 刘宁,刘光延.混凝土结构温度徐变应力的首次超越可靠度[J].固体力学学报,1998(1):35-44.

稳定性分析[J].岩土力学,2013,34(S1):379-385.
 [2] 杨天鸿,张锋春,于庆磊,等.露天矿高陡边坡稳定性研究现状及发展趋势[J].岩土力学,2011,32(5):1437-1451.
 [3] 陈勋辉,陈义涛,黄耀英,等.边坡稳定性分析的三种极限平衡法对比研究[J].人民黄河,2016,38(1):116-119.
 [4] 卢乾,何涛林,任奎,等.关于强度折减法分析崩塌体失稳判据的探讨[J].人民长江,2016,47(9):48-52.
 [5] 徐文超.山区峡谷型水库塌岸安全性研究与防治[D].昆明:昆明理工大学,2015.
 [6] 刘云鹏,黄润秋,邓辉.库岸再造对雅泸高速公路岗子上隧道进口岸坡的影响[J].工程地质学报,2011,19(3):417-427.
 [7] 陈洪凯,赵先涛,唐红梅,等.基于浪蚀龛和土体临界高度的修正的卡丘金法及其工程应用[J].岩土力学,2014(4):1095-1100.
 [8] 许强,刘天翔,汤明高,等.三峡库区塌岸预测新方法——岸坡结构法[J].水文地质工程地质,2007,14(2):172-177.
 [9] 王跃敏,唐敬华,凌建明.水库塌岸预测方法研究[J].岩土工程学报,2000,22(5):569-571.
 [10] SL386-2007.水利水电工程边坡设计规范[S].

管理提供借鉴和参考。 □

参考文献:

[1] 朱庆元,方国华,刘芹,等.水利工程运行管理方式改革研究[J].人民长江,2007,38(2):142-144.
 [2] 李兵兵.市场经济条件下水利工程运行管理机制初探[J].科协论坛,2007(5):69-70.
 [3] 仲雪萍.农村水利工程运行管理问题与举措[J].城市建设理论研究,2012,36:371.
 [4] 杜利胜.水利工程运行管理方式改革探讨[J].中国水运,2012,12(6):117-118.
 [5] 吴涛.农村水利工程运行管理问题与措施[J].中国科技纵横,2013(17):205.
 [6] 刘旭升,梁立章.辽宁省农村水利工程建设管理问题及对策研究[J].水利发展研究,2016,16(8):36-38.
 [7] 王福东,白玉新.对辽宁省农村水利管理工作的思考[J].水利发展研究,2014,14(7):42-45.
 [8] 周晓东,朱辉.辽宁省农村水利管理对策探讨[J].中国水利,2015(3):34-35.