

河道岩基陡坡围堰设计研究

邹恒,王弘元,顾威,曹坤

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:在河道岩基陡坡上开挖基坑,临水面面临河水倒灌问题,需在基坑外侧填筑围堰。岩基陡坡上围堰工程不仅自身稳定性差,且需要评估对于河道行洪与通航的影响。以南宁市324国道改扩建工程(金陵大桥)为例,介绍了岩基陡坡围堰设计的难点,针对制约条件提出设计方案并验证其安全稳定性,为类似工程提供借鉴。

关键词:施工围堰;岩基陡坡;稳定性计算

中图分类号:U443.16

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2021)01-0118-03

0 引言

在山区河流上新建大桥,往往桥台设置在地质条件较好的岩基边坡上,一方面具有较好的受力条件,另一方面相比桥台设置在后方陆域可以减小桥梁跨径,减少工程投资。桥台施工在河道边坡上开挖基坑,基坑外侧顶标高经常低于河道常水位,面临河水倒灌的问题,需要在外侧填筑围堰挡水,为桥台施工创造干地施工条件。

1 工程概述

金陵大桥位于南宁市区西北部金陵镇,跨越右江,全长约1.08 km,道路等级为城市主干路。桥梁工程包括新建跨右江主桥 $L=75\text{ m}+180\text{ m}+75\text{ m}$ 的钢混凝土组合连续梁桥、两岸标准跨径30 m左右的简支变连续小箱梁桥,分幅设计、分幅施工,单幅标准桥宽23.5 m。根据地勘资料,金陵大桥承台布置在坡度较陡的岩基河岸上,基坑开挖标高低于河道常水位,需要在岸坡上填筑围堰工程创造干地开挖施工条件(见图1)。



图1 工程平面布置图

收稿日期:2020-07-06

作者简介:邹恒(1991—),男,硕士,工程师,从事海岸工程、水利工程设计研究工作。

场地地形属于低山丘陵——岩溶盆地地貌,桥址范围内地形起伏大,地表植被分布不均匀。地质构造比较简单,桥址范围内未发现活动性区域性断层。桥址范围内右江金陵岸见有灰岩出露,且岩溶(溶蚀裂隙、溶洞)发育。右江现状为天然河道,河床主要由沙卵石覆盖,局部基岩出露。

(1)防洪标准

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》规定,临时性5级水工建筑物土石结构重现期为5~10 a。本工程10 a一遇洪水水位81.0 m,桥梁工程安排在非汛期施工,临时围堰按照水库蓄水常水位75.5 m控制。

(2)通航标准

右江河道金陵段为Ⅲ级航道。

(3)抗震标准

本地区的地震基本烈度为7度,地震动峰值加速度为0.1g,地震动反映谱特征周期为0.35 s。

2 围堰设计^[1-4]

2.1 设计难点

在陡坡上填筑袋装土围堰自身稳定性差,体量较大,水下大体积抛填袋装土的施工困难。同时在河道边坡上堆叠袋装土将对于河道行洪、通航等功能造成影响。而岩基给桩基式的围堰造成施工上的困难。所以常规的围堰形式在岩基陡坡河道上难以适用。

2.2 设计概况

采用重力式围堰形式,江侧钢筋混凝土管重力式结构承担后方袋装土侧向压力,袋装土堰体承担水头压力和防渗功能。

对水下坡面进行局部开挖,开挖出基床并对其平整处理,基床的位置应在满足桥梁承台基坑开挖面

要求和袋装土堰体尺寸要求的前提下尽可能靠岸侧。竖向摆放钢筋混凝土企口管(为避免特殊预制等环节,采用通用标准的排水管道),根据设计标准选择合适的尺寸,中心线平面位置距离桥梁承台距离满足基坑施工要求。

紧贴内壁均匀放置 8 根 $\phi 48\text{ mm}$ 脚手架钢管,长度应满足设计要求,以串联多节钢筋混凝土管,管底灌入 500 mm 厚 C30 水下混凝土,回填块石、碎石混合料至顶标高,水下混凝土的浇筑有利于增强管底和基面的粘结作用,提高钢筋混凝土管挡墙的抗滑稳定性,同时和回填砂石料一起固定了管道内壁的八根钢管,有利于钢筋混凝土管的整体抗弯强度。形成重力式挡墙,使得一定高度的袋装土堆体在陡坡上稳定站立,减小了袋装土堆砌体量,并提高了水下袋装土体的稳定性。

紧贴钢筋混凝土管内侧竖向放置 30 mm $\times$ 30 mm 竹网片,其后铺设 1.5 mm PE 防渗膜反铺至基坑顶,开挖 300 mm $\times$ 400 mm 凹槽,将 PE 防渗膜顶端埋入凹槽,凹槽内回填 C20 素混凝土,固定 PE 防渗膜。钢筋混凝土管后方从坑底自下而上堆叠袋装土至堰顶设计标高,堰体顶宽大于 1 m,按照 1 : 1 边坡放至河道边坡。袋装土不允许垃圾及腐蚀物等填充。围堰断面见图 2。

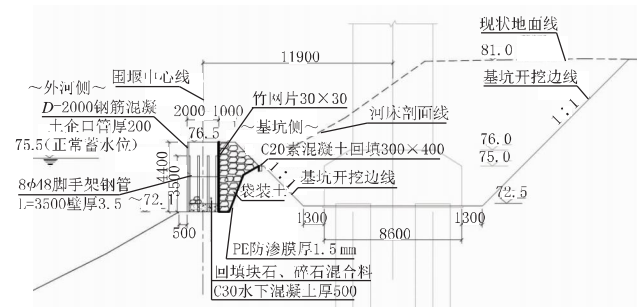


图 2 围堰断面图(单位:mm)

2.3 稳定性计算分析

安全稳定性复核应考虑以下几方面:

- (1)非汛期常水位正向挡水工况,袋装土堰体的整体稳定性和防渗性能。
- (2)枯水期低水位条件,钢筋混凝土管填石挡墙抗倾抗滑稳定性。

根据《堤防工程设计规范》规定,整体稳定采用瑞典圆弧滑动法计算,抗滑稳定安全系数在稳定渗流期采用有效应力法进行,考虑有渗透水压力作用,采用简化的有效应力计算,计算滑动力时,浸润线以下、静水位以上的土体采用饱和容重;计算抗滑力时,浸润线以下、静水位以上的土体采用浮容重;浸润线以上的土体采用湿容重,静水位以下的土体采

用浮容重(见图 3)。

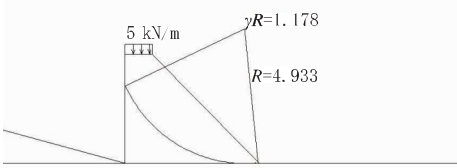


图 3 圆弧滑动面

围堰为 5 级水工建筑物。根据《堤防工程设计规范》,本工程边坡抗滑稳定安全系数采用 1.10。此处安全系数 $1.178 > 1.10$,满足要求。

渗透稳定采用渗径系数法进行计算,地下轮廓线的有效渗径长度须满足:

$$L \geq \Delta H \times C \tag{1}$$

式中: ΔH 为围堰内外设计水头; C 为允许渗径系数。

$L = 7.2\text{ m}$, $= 0.5\text{ m}$, $C = 14.4 > 5$,满足要求。

抗滑稳定:

$$K_e = \frac{\sum W \cdot f}{\sum P} \geq [K_e] \tag{2}$$

式中: K_e 为抗滑稳定安全系数; $\sum W$ 为作用于挡土墙上所有的铅直力之和, kN; F 为基底摩擦系数; $\sum P$ 为作用于挡土墙上所有的水平力之和, kN; $[K_e]$ 为允许抗土稳定安全系数。

枯水期低水位条件,计算挡墙抗倾抗滑稳定性,按照不利条件考虑水位低于 72.1 m,挡墙没有水压力,仅受到背后袋装土主动土压力和挡墙自重作用。

根据《建筑边坡工程技术规范》,挡墙后方袋装土土压力按照有限范围填土计算(见图 4)。

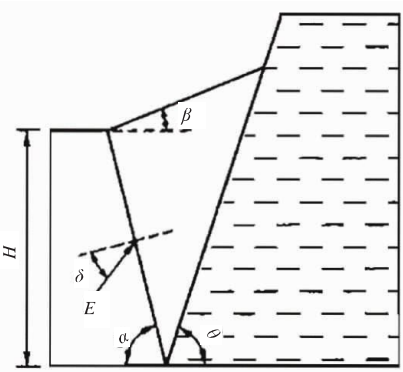


图 4 有限范围填土土压力计算示意图

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \tag{3}$$

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha - \delta + \theta - \delta_r) \sin(\theta - \beta)} \cdot \left[\frac{\sin(\alpha + \theta) \sin(\theta - \delta_r)}{\sin^2 \alpha} - \eta \frac{\cos \delta_r}{\sin \alpha} \right] \tag{4}$$

式中: θ 为稳定岩石坡面的倾角 ($^\circ$); δ_r 为稳定且无软弱层的岩石坡面与填土间的内摩擦角 ($^\circ$),宜根据试验确定。当无试验资料时,可取 $\delta_r = (0.40 \sim 0.70) \varphi$ 。 φ 为

填土的内摩擦角。

$$K_a = 0.167$$

$$E_a = 0.5 \times 18 \times 4.4 \times 4.4 \times 0.167 = 29.1 \text{ kN/m}$$

$$G = 0.25 \times 3.14 \times 2 \times 2 \times 4.4/2 \times 20 = 138.2 \text{ kN/m}$$

假定地基为坚硬粘性土, $f=0.35$ 。

$$K_c = 0.35 \times 138.2/29.1 = 1.66 > [K_c] = 1.20, \text{ 满足要求。}$$

抗倾稳定:

$$K_0 = \frac{\sum M_1}{\sum M_2} \geq [K_0] \quad (5)$$

式中: K_0 为抗倾稳定安全系数; $\sum M_1$ 为作用于基底趾点抗倾覆弯矩, $\text{kN} \cdot \text{m}$; $\sum M_2$ 为作用于基底趾点覆弯矩, $\text{kN} \cdot \text{m}$; $[K_0]$ 为允许抗滑稳定安全系数。

对于设计断面采用地勘资料进行复核, 均满足结构安全性要求。

$$M_1 = G \times 0.5 \times D = 158.9 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$M_2 = E_a \times 0.5 \times H = 64.0 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$K_0 = 2.48 > [K_0] = 1.40, \text{ 满足要求。}$$

3 结论

本文通过对于岩基陡坡围堰设计条件的分析,

采用钢筋混凝土管挡墙和袋装土结合的重力式围堰结构, 围堰受力条件清晰, 结构安全可靠。常水位正向挡水条件下, 后方袋装土堰体承担水头压力和防渗功能; 低水位条件下, 前排钢筋混凝土管挡墙承担后方袋装土侧向压力。

与袋装土堆土围堰相比, 重力式围堰具有体积较小的特点, 避免了水下大体积抛填袋装土, 减小对河道行洪、通航等功能影响, 节约了施工成本。不仅可以适用于岩基, 也可更广泛的适用于承载力较高的土质地基, 与钢板桩围堰相比, 只需要对岸坡进行局部开挖, 使用过后不需要拔桩。

围堰钢筋混凝土管采用排水工程标准管道, 套内采用脚手架标准钢管, 采用不同尺寸大小的管道拼接和袋装土堆砌, 适应不同的挡水水头要求。

参考文献:

- [1] 王新荣. 深水斜裸岩地质条件双壁钢围堰施工关键技术[J]. 福建建材, 2018(6): 65-67.
- [2] 游中建, 王武海. 深水裸岩河床双壁钢围堰施工技术[J]. 工程技术(引文版), 2016(3): 179-181.
- [3] 刘忠友, 严小卫, 叶跃平, 等. 钢板桩围堰底部嵌岩锚固方法[P]. CN201510120385.
- [4] 李锋, 申永利. 裸岩河床水中基础围堰施工技术[J]. 交通科技, 2016(3): 58-59.

(上接第90页)

- [2] He X H, Sheng X W, Scanlon A, et al. Skewed concrete box girder bridge static and dynamic testing and analysis [J]. Engineering Structures, 2012, 39: 38-49.
- [3] 黄平明, 刘宗林. 弹性支承单跨斜梁的分析研究[J]. 中国公路学报, 1996, 9(1): 51-58.
- [4] 冯电, 郭德群, 夏桂云. 考虑弹性支承和剪切变形影响的单跨斜梁温度次内力分析[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版), 2014,

- 11(3): 26-33.
- [5] 刘正旭, 张永健, 康晋. 连续斜梁桥结构特性研究[J]. 湘潭大学自然学报, 2010(3): 42-44.
- [6] 郑雄飞, 吴庆雄. 多梁式斜梁桥的广义梁格法[J]. 福州大学学报(自然科学版), 1998(8): 86-89.
- [7] 夏淦, 等. 截面梯形斜交简支梁的反力特性和计算方法[J]. 重庆交通学院学报, 1999(9): 71-78.