

大跨混凝土箱拱拱座围堰施工技术研究

常星

(贵州交通建设集团有限公司, 贵州 贵阳 550000)

摘要:山区溶岩地质条件下深水基础施工对围堰施工提出了新的挑战和要求。该文结合贵州沙坨特大桥东西拱座基础施工特点和现场条件,设计多种围堰结构,建立有限元模型,分析各种围堰结构的静动力性能和安全性,综合运用土石围堰、混凝土围堰、钢围堰多种围堰施工方法,取得了较好的经济效益,按期完成工程施工,效果良好。采用的施工技术对类似特殊地质条件下深水基础施工和应用具有一定的借鉴意义和工程实用价值。

关键词:大跨度拱桥;钢围堰;设计计算;施工技术

围堰技术在工程施工中应用广泛。常见的围堰种类有土石围堰、木围堰、混凝土围堰、钢板桩围堰、钢筋混凝土板桩围堰、套箱围堰和双壁钢围堰等。围堰施工常遇到自然环境复杂、技术难度大、限制条件多、施工风险高等难点,对项目整体管理要求较高。土石围堰多数是在黏性土质中应用,一般适合在水冲击力不大以及水深不高的工程中应用,成本较低;木围堰一般将木桩打进到河床里,在木桩与木桩内部设置一定的竹笆,再用土填充,其使用常受河床的高度和河流流速的制约;钢筋混凝土围堰适用于深水或深基坑,黏性土、砂类土及碎石土类河床,具有抗冲与抗渗能力强、挡水水头高、施工完成后不能回收利用等特点;钢板桩围堰适合于水流比较大的河床或河流深度较大的地方,可重复使用,但成本较高,对施工机具要求较高;套箱围堰和双壁钢围堰目前主要用于深水低桩承台,其施工工期长,对起重设备和施工组织要求高,常浇筑大量压舱混凝土进行辅助入泥下沉,从而使得可回收部分钢结构数量减少,增大了施工成本。该文结合贵州沙坨特大桥东西岸拱座基础施工特点,运用多种围堰结构形式,成功实现在山区溶岩地质条件下施工深水基础,取得了较好的效果。

1 工程概况

沙坨特大桥位于贵州省铜仁市沿河县洪滩镇境内,主跨为240 m的钢筋混凝土箱形截面拱桥,拱座结构尺寸为15 m×14.5 m×8.4 m。拱座均位于乌

江水电站库区蓄水范围内,受水库水位影响较大,拱座处于常规水位下。场区覆盖层为残坡积层黏土、人工填土填筑土、块石土,下伏基岩为奥陶系下统桐梓组一红花园组灰岩,存在有岩溶及涌水不良地质。根据现场实际地形地质条件,东西两岸拱座施工均需要设置围堰结构。东岸拱座前端8 m外是水下悬崖,拱座位置处存在大小不等的溶洞及裂隙,四周及底部涌水严重;西岸拱座存在溶洞及裂隙,且需在枯水季节施工下部基础,再在基础上设置钢围堰方便后期施工。

1.1 东岸拱座围堰设计

东岸拱座围堰主体部位由前墙、侧墙、背墙和内支撑4部分构成。前墙、侧墙和背墙采用混凝土结构,内支撑体系采用3I32a和2I32a,在蓄水位高程垂直距离下5 m处设置第1层内支撑、10 m处设置第2层内支撑,纵向侧墙内支撑间距为4.5 m、横向前墙内支撑间距为3 m;立柱为 $\phi 630$ mm×12 mm螺旋焊管,布置间距为6 m,具体平面布置见图1。底部采用C40水下抗分散混凝土进行拱座封底锚固。前墙设计高度为14 m,后墙设计高度为4.5 m。根据地形限制和水深控制,经计算分析,混凝土围堰在无加固措施的情况下在围堰内设置两道支撑达到自稳要求,具体立面结构见图2。

1.2 西岸拱座围堰设计

根据西岸拱座附近地形条件,围堰仅需要设置前墙与后墙,两侧面原地面高出沙坨电站蓄水位(365.0 m),故不需要设置围堰。为保证西岸拱圈1#节段施工需求,在距离拱座前沿14 m处设置围堰Ⅰ,在距离

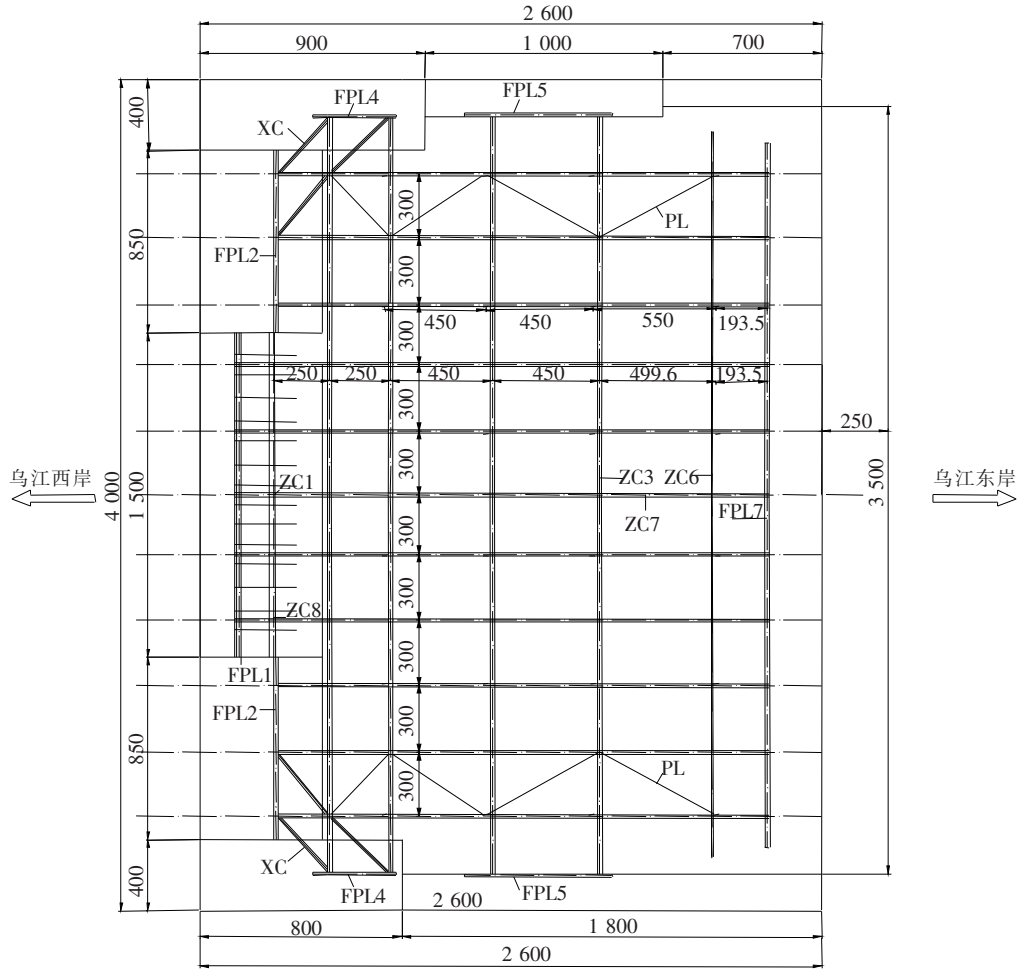


图 1 东岸拱座围堰平面图(单位:cm)

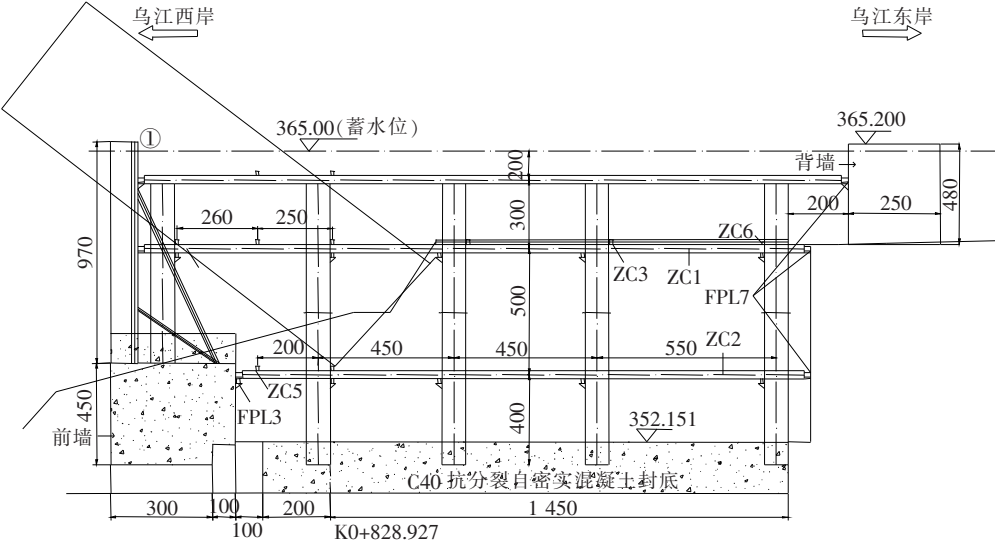


图 2 东岸拱座围堰立面图(单位:除标高为 m 外,其余:cm)

拱背 6 m 处设置围堰Ⅱ,前墙高度为 7 m,后墙高度为 4.5 m。在低水位期进行基础开挖及混凝土浇筑、钢

板及骨架焊接,围堰设计见图 3。围堰Ⅰ由两边的围堰Ⅰa 和中间围堰Ⅰb 两部分组成,围堰Ⅰa 采用 C30

混凝土基础结合钢围堰结构,围堰Ⅰb采用型钢,便于2#节段施工需要时进行切割,围堰Ⅰb结构为20 mm钢板+〔20a槽钢,槽钢间距为1 m。因施工点处于溶岩地区,裂隙发育,在前墙设置竖向锚索,围堰Ⅰ岩锚

每束长度为23 m或18 m,锚固段长为10 m,设计张拉力为100 t,每束岩锚由8根 $\phi^{*}15.2$ mm钢绞线组成,注浆采用M50水泥浆。

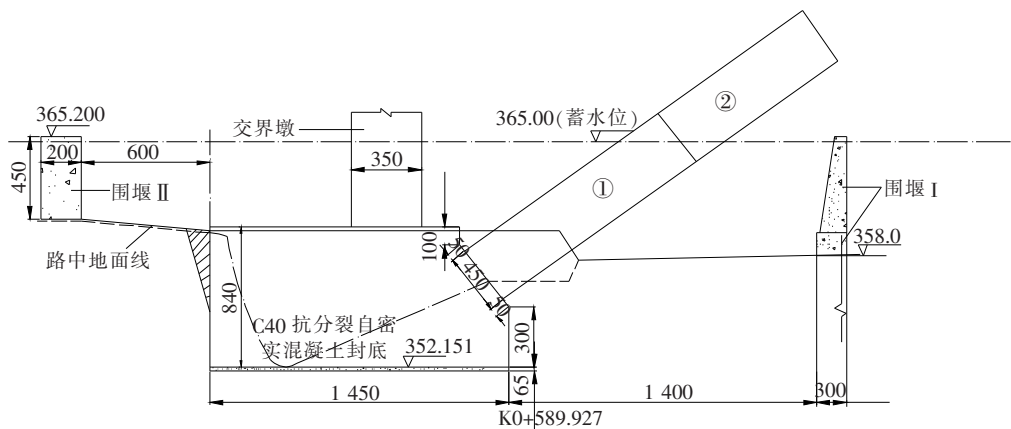


图 3 西岸拱座围堰立面布置图(单位:除标高为 m 外,其余:cm)

2 围堰受力分析

根据东岸和西岸围堰的结构特点,结合工程实际,对其钢围堰部分受力进行有限元分析,确定其受力安

全性、稳定性和合理性,混凝土挡墙围堰部分,验算其挡墙的抗倾覆和抗滑移稳定性。采用 Midas 分别建立东岸拱座前墙钢围堰Ⅰ、钢围堰Ⅱ、西岸拱座钢围堰Ⅱ等有限元分析模型,计算结果见表 1,混凝土挡墙的计算分析结果见表 2。

表 1 东西岸钢围堰有限元计算分析结果

围堰名称	最大轴应力/MPa	最大弯曲应力/MPa	最大剪应力/MPa	稳定性系数		
				1 阶	2 阶	3 阶
东岸拱座前墙钢围堰Ⅰ	62.7	42.2	6.0	9.1	14.1	18.6
东岸拱座前墙钢围堰Ⅱ	53.3	106.9	34.5	12.3	12.3	12.5
东岸拱座上、下侧墙钢围堰Ⅰ	72.4	34.1	4.4	8.0	12.4	16.3
东岸拱座下侧墙钢围堰Ⅱ	35.9	26.6	2.8	14.2	19.8	26.1
西岸拱座前墙钢围堰Ⅱ	36.2	72.2	5.3	25.7	25.9	26.3

表 2 东西岸混凝土围堰验算分析结果

围堰名称	抗倾覆验算		抗滑移验算	
	安全系数	稳定性系数	安全系数	稳定性系数
东岸拱座上侧墙Ⅱ、下侧墙Ⅲ	2.05	1.4	1.22	1.2
东岸拱座背墙	2.31	1.4	1.70	1.2
西岸拱座前墙Ⅰa	2.20	1.4	1.36	1.2
西岸拱座背墙	1.48	1.4	1.33	1.2

注:根据现场地质情况及该结构为临时性工程,基底摩擦系数取 0.6。

建立东岸拱座前墙钢围堰Ⅰ有限元模型,模型有25个节点,17个单元,结构截面特性4种,其中钢管底部边界条件为固结,型钢端部为约束平动,混凝土变截面梁单元底部边界条件为节点弹性支撑,使围堰在抽水后产生微小转动,释放约束的大小为底部承担的水平力,实测围堰与基底的摩擦系数为0.5,剩余部分水平力由内支撑承担。混凝土和型钢布置均匀,选取一榀(3 m宽)进行有限元计算。2I32、3I32a和 $\phi 630$ mm \times 12 mm钢管均采用Q235钢材,水压力为静力荷载,水压力作用于前墙Ⅰ围堰上。

建立东岸拱座前墙钢围堰Ⅱ有限元模型,模型有

1 053 个节点,1 248 个单元(梁单元 288 个,板单元 960 个),结构截面特性两种,其中钢板和斜撑型钢的边界条件均为固结。20 mm 钢板和 2[20a 槽钢均采用 Q235 钢材。

建立西岸拱座钢围堰Ⅱ空间梁和板单元有限元整体模型。模型有 872 个节点,1 020 个单元(梁单元 240 个,板单元 780 个),结构截面特性两种,其中钢板和斜撑型钢的边界条件均为固结。20 mm 钢板和 2[20a 槽钢均采用 Q235 钢材。

西岸拱座围堰Ⅰ为钢筋混凝土围堰,抗倾覆验算表明安全系数为 $2.2 > 1.4$,抗滑稳定安全系数计算结果为 $1.36 > 1.2$,满足要求。其余混凝土围堰部分,由表 2 可知均满足安全系数要求。对岩锚的锚固长度、钢绞线强度验算表明均满足规范要求。

对东西两岸拱座前墙,上下侧墙、拱座背墙等进行静力和稳定性计算表明整体均满足规范要求,说明整个围堰设计安全合理。

3 围堰施工

围堰施工主要由测量、基础开挖、围堰混凝土浇筑及内支撑立柱施工等主要环节组成。开挖前的放样是成功实施的前提,在东西两岸拱座基础开挖至设计基底以上 4 m 时,根据库区水位变化情况设置土石围堰,土石围堰主要采用土袋,土袋尺寸约为 $60\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ 。当基坑水深小于 2 m 时,设置双排土袋围堰,当基坑水深为 2~4 m 时,设置 4 排土袋围堰。选土时尽量选择红黏土,并采用补漏剂等专用防水材料对土袋层间缝隙进行封堵,以减小渗水量。当基坑开挖及清理完成后,及时进行混凝土浇筑。陆地浇筑时,模板采用大面积钢模板,按照普通混凝土施工方法进行施工,后续墙身施工按照翻模进行施工,当基础在水位以下时,采用水泵抽水,把土围堰当做模板进行施工。水下施工围堰时先逐层施工内支撑后进行围堰内的抽水作业,抽水前设置围堰观测点,抽水过程中连续观测,并及时记录反馈。

4 结语

沙垵特大桥围堰施工过程中采用了土石围堰、混

凝土围堰、钢筋混凝土围堰、钢围堰等不同的围堰形式,综合采用了预应力锚索、钢材、混凝土、土石等材料来施工。在综合考虑自然环境、水文气象、地形地貌、地质状况、材料使用、设备运用、成本控制、技术水平等情况下,将此种围堰方法运用于山区溶岩地质条件下的深水基础施工,解决了基础存在大小不等的溶洞及裂隙、四周及底部涌水严重等问题,多种围堰方法组合避免了单一围堰造成后续施工的不灵活性,结构安全稳定,取得了较好的经济效益。

参考文献:

- [1] 彭旭东. 大跨度悬索桥钢围堰基础施工风险分析研究[D]. 武汉理工大学硕士学位论文,2015.
- [2] 李皖宁. 海河大桥钢板桩围堰设计施工关键技术研究[D]. 河北工程大学硕士学位论文,2015.
- [3] 夏康. 跨海桥梁双壁钢吊箱围堰关键施工技术研究[D]. 湖北工业大学硕士学位论文,2019.
- [4] 徐成双. 双壁钢围堰技术在北江特大桥深水基础施工中的应用[D]. 华南理工大学硕士学位论文,2012.
- [5] 周同生. 双壁钢围堰施工风险及抗浮稳定性研究[D]. 重庆交通大学硕士学位论文,2018.
- [6] 袁江涛. 双壁钢围堰施工技术在桥梁工程中的应用研究[D]. 安徽理工大学硕士学位论文,2019.
- [7] 张锋. 双壁钢围堰施工桥梁基础在不同条件下若干问题的处理办法[D]. 西南交通大学硕士学位论文,2008.
- [8] 樊晴. 围堰的运用与施工技术要点[J]. 河南水利与南水北调,2019(1).
- [9] 陈番浩,范一超. 围堰施工技术在水利施工中的应用[J]. 科技资讯,2019(9).
- [10] 肖亮. 五峰山长江大桥 4[#]墩围堰施工工艺和力学性能研究[D]. 湖北工业大学硕士学位论文,2019.
- [11] 赵勇. 混凝土围堰及在水利工程中的应用[J]. 河南水利与南水北调,2019(1).
- [12] 王杰先. 内腔封底双壁钢套箱围堰在桥梁基础施工中的应用[J]. 公路交通科技(应用技术版),2015(10).
- [13] 于春涛. 深水钢套箱围堰优化设计及施工实践[J]. 国防交通工程与技术,2016(4).
- [14] 程建新. 青岛海湾大桥大沽河航道桥桥塔承台钢套箱围堰施工技术[J]. 桥梁建设,2009(S1).
- [15] 刘建村. 锁口式套箱围堰施工技术[J]. 世界桥梁,2008(1).
- [16] 赫宏伟. 黄河机场特大桥基础钢板桩围堰水下封底混凝土设计及施工[J]. 中外公路,2019(1).