

桂江特大桥深水承台双壁钢围堰设计与施工

李 军¹, 韩小龙², 杨相展¹

(1. 创辉达设计股份有限公司, 湖南 长沙 410004; 2. 中建八局第二建设有限公司, 山东 济南 250014)

摘 要: 苍昭高速公路桂江特大桥主桥桥墩承台钢围堰施工水深超过了 15 m, 且河床覆盖层为中风化岩层, 岩层坚硬, 河床地形高差大, 坡比陡, 为施工带来极大困难。采用钻孔爆破+孔间微差爆破等多项技术, 保证了钢围堰的精准下放和施工安全。利用有限元软件 MIDAS Civil 对钢围堰施工阶段的受力进行了分析, 保证了钢围堰施工阶段的安全性。分析结果表明, 钢围堰各施工阶段强度和变形满足施工和规范要求, 可为后续类似工程提供参考。

关键词: 双壁钢围堰; 施工阶段; 变形; 强度

中图分类号: TU753

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)03-0268-04

Design and Construction of Double-walled Steel Cofferdam for Deep Water Base Slab of Guijiang Grand Bridge

LI Jun¹, HAN Xiaolong², YANG Xiangzhan¹

(1. Transfigure Design Co., Ltd., Changsha 410004, China; 2. China Construction Eighth Engineering Division Second Construction Co., Ltd., Jinan 250014, China)

Abstract: The water depth for the construction of the steel cofferdam of the main bridge pier base slab of the Guijiang Special Bridge on Cangzhao Expressway exceeds 15 m, and the riverbed overburden is composed of moderately weathered rock layers, which are hard. The riverbed terrain has a large elevation difference and a steep slope ratio, which brings great difficulties to the construction. Multiple techniques such as drilling blasting and micro-differential blasting between holes are adopted to ensure the precise lowering and construction safety of the steel cofferdam. The finite element software MIDAS Civil is used to analyze the stress of steel cofferdams during the construction in order to ensure the safety of steel cofferdam. The analysis results indicate that the strength and deformation of the steel cofferdam at each construction stage meet the requirements of construction and specifications, which provides a reference for similar projects in the future.

Keywords: double-walled steel cofferdam; construction stage; deformation; strength

0 引 言

随着中国和世界经济的发展, 国与国之间、城市与城市之间需要更快速的通道, 跨海通道、跨江通道等特大型桥梁不断建设。跨海、跨江等特大型桥梁不可避免地存在深水承台施工, 双壁钢围堰因构造简单、拼装方便、安全性高、适用性广等优势, 被广泛应用于深水桥梁承台施工中^[1-3]。高俊^[4]以黄茅海大桥中塔承台施工为依托, 研发了在海域环境下的装配式有底双壁钢围堰的成套设计及施工技术。连延金等^[5]解决了强冲刷地区双壁钢围堰的设计和施工技术问题。本文以桂江特大桥为依托, 解决了通航

条件下, 河床薄覆盖层, 且地形高差较大的深水承台设计施工问题。

1 工程概况

1.1 桥梁概况

K98+955 桂江特大桥是苍昭高速公路的控制性工程, 为跨越桂江而设, 主跨采用 (96+180+96) m 预应力混凝土连续刚构桥。主墩墩身为等截面双肢空心薄壁墩, 主墩采用整幅式承台, 承台尺寸 (31.74×13.6×6) m, 配 3 排共 15 根直径为 2.2 m 的钻孔灌注桩。4#、5#桥墩均位于桂江范围内, 桥型布置如图 1 所示。

1.2 水文地质

本桥跨越桂江, 以桂林水文站统计数据, 多年平均径流量为 42.4 亿 m³, 径流深 1 481.8 mm。汛期 4—

收稿日期: 2025-06-18

作者简介: 李军(1981—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事设计管理工作。

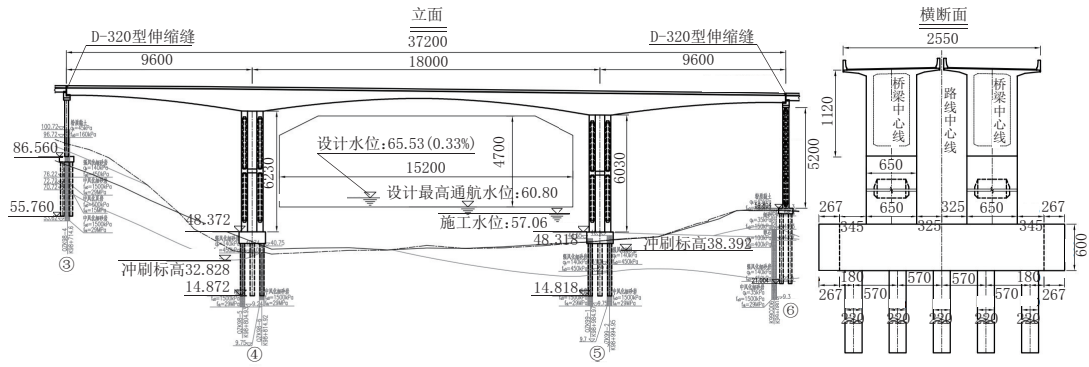


图1 桂江特大桥桥型布置(单位:高程:m,结构尺寸:cm)

7月,径流量达28.4亿 m^3 ,占全年径流量的68.1%,平均含沙量 0.092 kg/m^3 ,侵蚀模数 129 t/km^2 。

4#墩地质:勘察期间水深约13.0 m。河床面倾斜,河床最低处标高38.58 m,最高处标高49.07 m,坡度比1:3,基岩裸露,强风化层较薄,中风化细砂岩层岩体较完整,岩质较硬,岩体等级为Ⅲ级。

5#墩地质:勘察期间水深约9 m,河床面较平坦,河床最低处标高44.96 m,最高处标高45.65 m,基岩裸露,强风化层较薄,强风化层中4.7~4.8 m的岩芯破碎带,中风化细砂岩较破碎,岩质较硬,属较硬岩,岩体等级为Ⅳ级。

钢围堰按照10年一遇防洪标准进行设计。防洪标准/相应洪峰水位为56.52 m,最大流速2.85 m/s,工作流速1.0 m/s。

1.3 双壁钢围堰结构

双壁钢围堰内轮廓尺寸为31.84 m(横桥向) $\times$ 13.7 m(顺桥向),外轮廓尺寸为34.84 m(横桥向) $\times$ 16.7 m(顺桥向)。壁板外面板厚8 mm,内面板厚6 mm,围堰壁体厚1.5 m。4#、5#墩壁体高度均为20.14 m,在围堰垂直方向设置3道内支撑,每道支撑水平方向设4根钢管支撑(见图2)。封底混凝土厚度根据抗浮计算取2.7 m。钢围堰顶标高58.500 m,根据承台底标高、封底混凝土厚度和钢围堰底锚固需要,墩钢围堰底标高38.360 m。采用智能程控同步提升下放系统,保证钢围堰平稳下放。

1.4 双壁钢围堰施工流程

双壁钢围堰施工流程如图3所示。

2 本项目施工重难点及解决措施

2.1 本项目施工重难点

(1)围堰堰壁按照薄壁单元设计,对于壁体焊接质量要求很高,确保在外部水压的情况下,围堰不变形、焊缝不会出现渗透情况是围堰拼装的重难点。

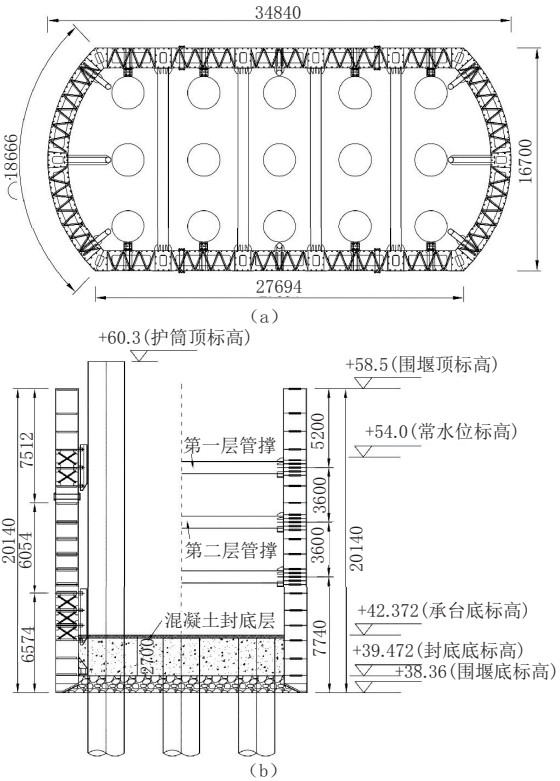


图2 双壁钢围堰构造(单位:高程:m,结构尺寸:mm)

(2)围堰施工水深在15 m以上,水流速度、船只通航水浪对围堰下放定位影响大。

(3)河床覆盖层为强风化、中风化岩层,4#墩岩层倾斜,高差10.5 m,坡比1:3。围堰着床后下放到设计底标高,确保围堰下放就位是施工控制的重难点。

(4)封底混凝土浇筑控制困难,特别是针对主墩4#、5#封底浇筑,其封底混凝土约为1 315 m^3 。在确保混凝土流动性的情况下,同时要保证混凝土在20 m高度往下浇筑时不会出现离析等现象。

2.2 工程施工解决措施

(1)钢围堰壁体分块制作,制作在指定的专业加工厂内进行,加工前由工厂进行焊接工艺评定,对焊缝进行探伤检查并进行水密性试验等,在进场验收

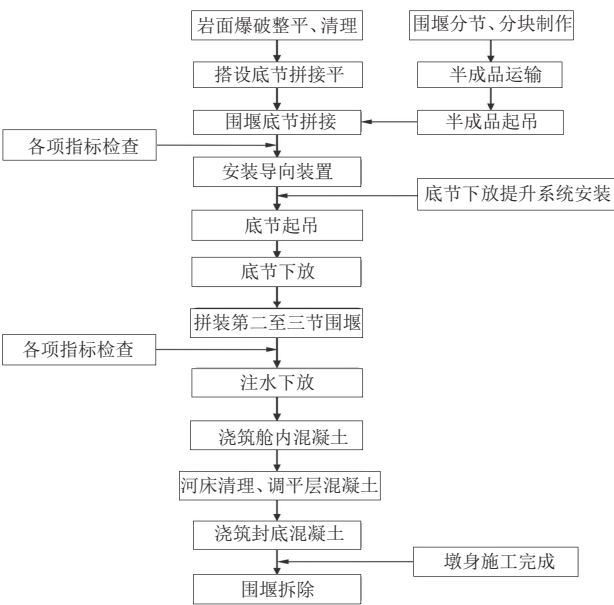


图3 双壁钢围堰施工流程

时,对焊缝质量、探伤报告、水密性试验报告进行检查,检查合格后方可进场。

(2)围堰下放期间,项目部与当地航道部门进行沟通,尽量减少大吨位船只通航。

(3)组织围堰施工队伍对各种影响围堰下沉的因素进行分析,配备辅助下沉的人员及设备。提前派潜水员对围堰刃角位置进行摸排,同时配备水下摄像头,可随时观察潜水员状况及水下施工情况。4#墩岩层倾斜位置,采用钻孔爆破+孔间微差爆破技术,保障围堰沉底满足垂直度要求。

(4)对围堰封底进行多导管布置,确保封底混凝土浇筑无死角。在围堰内布设小方格混凝土面标高控制点,严格控制封底混凝土标高,确保封底混凝土无薄弱区,无堆积区。围堰施工实景如图4所示。



图4 桂江特大桥钢围堰施工

3 双壁钢围堰计算

利用有限元软件MIDAS Civil建立双壁钢围堰模型,对围堰施工阶段进行受力分析。

3.1 计算工况

根据双壁钢围堰施工中外荷载和约束条件的变化,计算分析了2种工况和围堰抗浮计算。分别为抽水工况、第一层承台浇筑完成工况。荷载组合考虑标准组合和基本组合。有限元模型如图5所示。

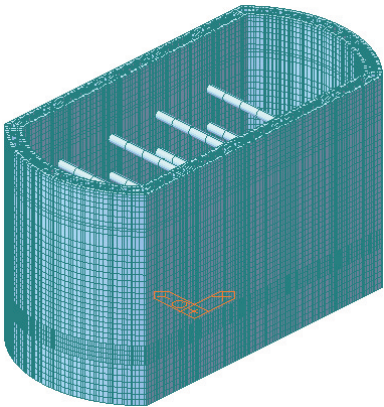


图5 双壁钢围堰有限元模型

3.2 抽水工况计算结果

围堰下放到位后,待封底混凝土达到设计强度后,关闭连通器,排出围堰内的水,将封底混凝土上部的钢护筒切割掉,绑扎承台钢筋。

约束条件:封底混凝土与钢护筒接触面上的所有点固结,夹壁混凝土采用实体单元模拟。计算结果如图6、图7所示。

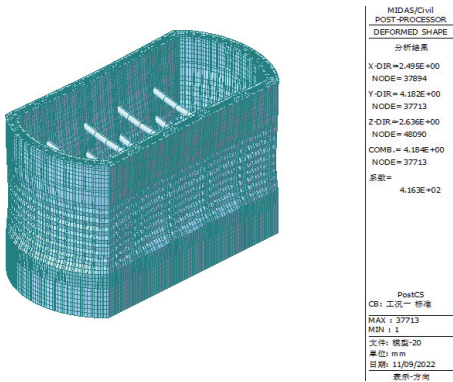


图6 双壁钢围堰整体变形

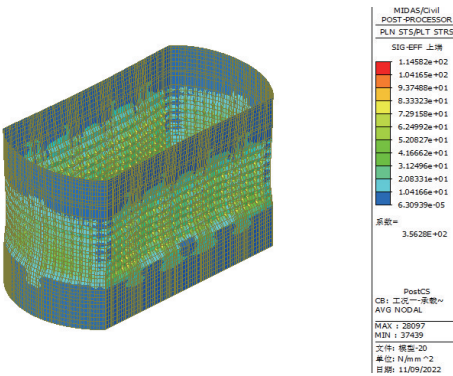


图7 双壁钢围堰外壁板应力(单位:MPa)

钢围堰整体位移最大值 4.18 mm, 小于容许值 $l/400 = 20\,140/400 = 50.35\text{ mm}^{[6]}$, 位置在钢围堰中部, 满足刚度要求。钢围堰整体应力最大值 114.6 MPa, 小于 215 MPa^[7], 位置在钢围堰中部, 满足强度要求。

3.3 第一层承台浇筑完成工况 (拆除最底层支撑)

承台分两次浇筑, 首层浇筑 2.75 m。首层承台浇筑完成, 待承台混凝土达到设计强度并对围堰提供支撑后, 拆除最底层钢管支撑。

约束条件: 封底混凝土、第一层承台与钢护筒接触面上的所有点固结, 夹壁混凝土采用实体单元模拟。计算结果如图 8、图 9 所示。

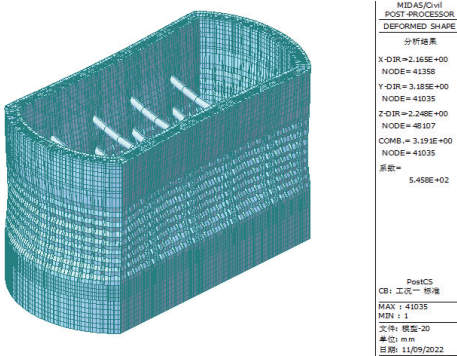


图 8 双壁钢围堰整体变形

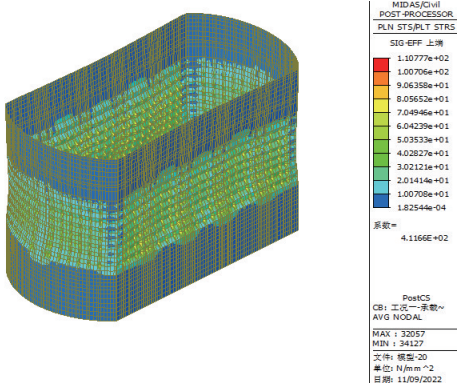


图 9 双壁钢围堰外壁板应力 (单位: MPa)

钢围堰整体位移最大值 3.19 mm, 小于容许值 $l/400 = 20\,140/400 = 50.35\text{ mm}$, 位置在钢围堰中部, 满足刚度要求。钢围堰整体应力最大值 110.8 MPa, 小于 215 MPa, 位置在钢围堰中部, 满足强度要求。

3.4 围堰抗浮计算

承台施工高水位下, 考虑抽水工况围堰施工的安全, 对围堰进行抗浮验算:

夹壁内混凝土荷载 $P_1 = 18\,090\text{ kN}$, 夹壁内水荷载 $P_2 = 8\,020\text{ kN}$, 封底混凝土荷载 $P_3 = 24\,780\text{ kN}$, 钢围堰自重 $P_4 = 5\,917\text{ kN}$, 封底混凝土与钢护筒间黏结力 $P_5 = 39\,567\text{ kN}$, 以上抗浮力合计 $P = 96\,374\text{ kN}$ 。

抽水时浮托力 $F = 80\,375\text{ kN}$ 。抗浮系数 $\alpha = P/F = 1.2$, 大于 1.15。围堰抗浮满足要求。

4 结 语

苍昭高速公路桂江特大桥主桥桥墩承台围堰施工水深超过了 15 m, 且桥墩承台位置河床覆盖层为中风化岩层, 地形高差大, 坡比陡, 施工难度极大。针对此情况, 采用钢围堰壁体分块制作、现场焊接拼装, 围堰下放期间尽量减少大吨位船只通航, 钻孔爆破+孔间微差爆破技术, 围堰封底进行多导管布置四项措施, 保证了深水围堰施工的精准和安全。

利用 MIDAS Civil 建立双壁钢围堰计算模型, 计算结果表明, 各工可下最大位移 4.18 mm, 小于容许值 50.35 mm; 最大应力 114.6 MPa, 小于 215 MPa, 满足强度和刚度要求。同时, 对围堰抗浮进行了验算, 在抽水工况下满足抗浮要求。

参考文献:

[1] 王冠英, 张红卫, 高嵩. 北江特大桥深水双壁钢围堰设计与施工[J]. 现代交通技术, 2024, 21(4): 51-56.
[2] 牟军, 文洁平, 周黎明, 等. 洛溪大桥拓宽工程双壁钢围堰结构受力分析[J]. 公路交通技术, 2023, 39(4): 113-119.
[3] 覃早, 李洋, 丁建华, 等. 明月峡长江大桥双壁钢围堰设计施工关键技术[J]. 中国铁路, 2021(12): 47-55.
[4] 高俊. 海域有底双壁钢围堰设计与施工技术[J]. 公路, 2024, 69(3): 188-192.
[5] 连延金, 龚国锋, 常洁. 黄河强冲刷地质下双壁钢围堰设计与施工技术[J]. 铁道建筑技术, 2023(1): 125-128.
[6] JTG 3362—2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
[7] GB 50017—2017 钢结构设计标准[S].