

复杂环境下深水深埋承台钢板桩围堰施工技术

钟少敏

(保利长大工程有限公司, 广东 惠州 510000)

摘 要: 东江特大桥采用左侧分离加宽方式,新桥设置在旧桥左侧(上游侧)1 m 外,紧邻旧高速环境下,给施工带来极大的不便;其中 3#、4# 墩位于东江中,水深约为 12 m,承台埋置于河床以下 5.5 m 左右的砂砾层上。承台采用超长钢板桩围堰进行施工,封底厚度 2.5 m,整个围堰施工水深最深可达 20 m。相较于相似项目采用双壁钢围堰或锁扣钢管施工方案,采用钢板桩围堰施工更简单、快速、经济,对今后深水深埋结构物施工具有一定参考价值。

关键词: 高速公路; 扩建; 深水深埋; 承台; 钢板桩; 围堰; 加固

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)10-0201-03

1 概 述

1.1 工程概况

本标段扩建东江特大桥采用左侧分离加宽方式,设计中心桩号 K3577+783.927,设计起讫桩号: K3577+355.577~K3578+211.877,桥梁全长 856.3 m,新桥设置在旧桥左侧(上游侧)1 m 外(见图 1)。其中 3#、4# 墩为水中墩、墩位位于水中,承台埋置于砂层 5.5 m,承台尺寸为 14.6 m × 14.6 m × 4.5m。为满足现场施工需求,采用超长钢板桩围堰进行下部构造施工。

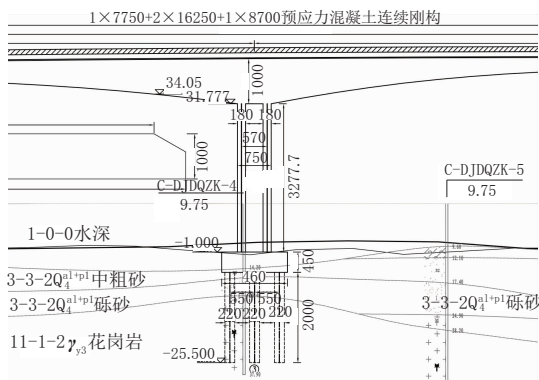


图 1 东江特大桥平面图(单位:mm)

1.2 施工环境

(1) 水文

桥址区范围内地表水体主要为东江河水,桥位区地下水稳定,水位高程在 12.13 ~ 21.43 m,水位埋深在 3.70 ~ 10.80 m。

收稿日期：2024-01-15

作者简介: 钟少敏(1991—), 男, 本科, 工程师, 从事高速公路施工工作。

(2)地质

本标段位于惠州市境内, 全线地势起伏较大, 以丘陵区为主, 次之为冲洪积平原及台地。

1.3 常用围堰施工方法

由表 1 可知,钢套筒用钢量最大,且处于旧高速边,整体下放风险极高,故不适用于本项目;东江特大桥所处地质主要为砂砾,锁扣钢管可能无法插打到要求标高,如果采用钢管复合桩,不仅周期长、成本也高,也不适用于本项目。钢板桩围堰用钢量较小,施工简便,通过优化支撑体系及相应措施减小变形克服工艺缺点,适用于本项目。

表 1 水中结构物施工方法优缺点分析表

项目	钢板桩围堰	钢套箱围堰	钢管桩围堰
适用范围	覆盖层较厚的水域	覆盖层较薄或地基承载力较高,基础底标高位于河床内或略高于河床	河床覆盖层含有大量漂、砾石或存在水下障碍物
优点	用钢量最小,制作简单,施工难度小	整体性好	刚度大,内撑少,便于结构物施工
缺点	刚度较小,常规施工先抽水后加固,导致变形,渗水大	用钢量最大,制作复杂,施工难度大,紧邻高速公路施工风险大	施工较为复杂,可能无法打入设计深度

2 重难点分析

2.1 钢板桩控制难度大

钢板桩的垂直度控制是围堰施工的重难点之一,钢板桩垂直度控制不到位,钢板桩往围堰内偏移,导致净空不足,可能会导致后续围堰下放。

2.2 围檩水下加固

围檩与钢板桩缝隙不等,且钢板桩插打过程中概

率会形成梯形缝隙,水下加固难度大,加固不均匀可能导致围堰局部应力过大导致变形。

2.3 封底质量控制

封底混凝土的成败直接关系到整个围堰施工的成败。钢板桩围堰进行封底前,水深将近 20 m,底层为砂砾层,浇筑时可能导致翻砂,且钢板桩转角处缝隙狭小易存砂。

2.4 施工过程中的体系转换

方案涉及 3 次体系转换,体系转换时,浇注转换混凝土的质量尤其重要,否则在围堰拆除过程中风险大。

2.5 大型吊装控制

六道围堰的下放吊装,桩基护筒吊装,桩头吊装,围堰拆除吊装等,均为大型吊装,稍有不慎将对整个围堰造成巨大影响,必须保证 100%安全。

3 钢板桩围堰施工技术

3.1 工艺流程

工艺流程见图 2。



图 2 工艺流程图

3.2 平台拆除及钢板桩施工

先拆除部分钻孔平台(临近旧桥一侧),利用支栈桥钢管桩及桩基护筒,焊接牛腿,安装定位架,施打旧桥侧钢板桩;施打完成后,拆除全部钻孔平台,利用支栈桥钢管桩及桩基护筒,焊接牛腿,安装定位架,进行剩余钢板桩的施打、合拢。

围堰平面布置见图 3。

3.3 抽砂至 -2.5 m 并进行围堰下放及加固

采用高压气泵吸砂器清砂至 -2.5 m, 利用四台

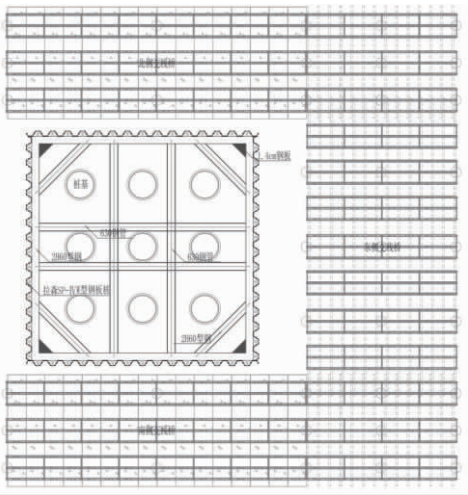


图 3 围堰平面布置图

卷扬机或两台履带吊抬吊,采用前置法下放第六道围堰,下放到位后复核围堰标高,使用钢丝绳反吊至钢板桩顶部;重复以上步骤,直至全部的围堰内撑安装完成,见图 4。

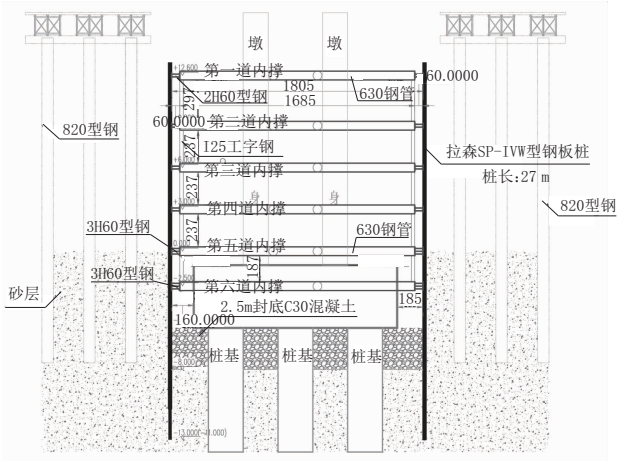


图 4 围堰下放示意图(单位:mm)

围堰全部下放固定完成后,由潜水员先对各道围堰底部进行水下焊接牛腿加固,防止围堰下沉;为使围堰均匀受力,“凹”面采用混凝土装袋填塞,混凝土袋自流平,可保证施工过程中围堰受力良好,“凸”面采用型钢或钢板塞缝,施工简便。

3.4 抽砂至 -8.0 m 并水下割除桩基护筒

利用高压气泵吸砂器清砂至 -8.0 m, 由潜水员水下对桩基护筒分节段切割并起吊转运,桩基护筒全长 24 m,分三段吊离。桩基护筒切割完成后,采用高压水枪及钢刷对桩基护筒周围及钢板桩周围进行清洗;水下摄影检查清洗情况。

3.5 封底混凝土施工

确认抽砂标高无误,且桩基混凝土及钢板桩周边清洗干净后,进行封底混凝土浇筑施工,第一次浇筑 2.3 m,留 20 cm 垫层调平。

优先 4 个转角处先下料,另两套布料管布置于围堰中心,防止泥沙聚集于某一集中点(转角处);剪球点混凝土高度不高于 50 cm,剪球时导管离空 20 cm;共布置 33 个剪球点,可根据现场适当调整,但间距不大于 5 m。严禁单个浇筑点直接浇筑至顶标高。

3.6 抽水、堵漏、承台第一层施工及第一次支撑转换

待混凝土强度达到 100%后,则开始抽水。抽水同时,由潜水员对围堰外侧钢板桩锁扣处填塞土工布进行止水,防止大面积漏水现象。

抽水至封底混凝土后,清理表面泥沙并凿毛,浇筑 20 cm 垫层调平至承台底标高;然后破桩头、安装承台钢筋、模板,完成第一次混凝土浇筑(浇筑 2.5 m,-3.0);待混凝土强度达到 80%,承台周边回填中粗砂至 -3.3,浇筑 30 cm C30 混凝土;待混凝土达到 80%强度,拆除第六道内撑,对内撑进行第一次转换。

3.7 承台第二层施工及第二次支撑转换

安装承台钢筋、模板,完成第二次混凝土浇筑(浇筑 2 m,-1.0 m);待第二层混凝土达 80%强度后,承台周边回填中粗砂至 -1.3 m,浇筑 30 cm C30 混凝土;待混凝土达到 80%强度,拆除第五道内撑,对内撑进行第二次转换。

3.8 墩身第一节施工及第三次支撑转换

安装墩身钢筋、模板,预埋钢板,完成第一节墩身混凝土浇筑(浇筑 3 m);待第一节墩身混凝土达到强度后,转换撑杆 2I45 工字钢,再拆除第四道内撑,对围堰进行第三次转换。

3.9 墩身第二节施工

第三次支撑转换完成后,安装墩身钢筋、模板,完成墩身第二节混凝土浇筑(浇筑 3 m);待混凝土达到强度后,围堰回水至 +5.5 m,拆除第三道内撑。

3.10 墩身第三节施工

安装墩身钢筋、模板,完成第三节墩身混凝土浇筑(浇筑 3 m);待混凝土达到强度后,围堰回水至 +8.5 m,拆除第二道内撑。

3.11 墩身第四、五节施工

安装墩身钢筋、模板,完成第四节墩身混凝土浇筑(浇筑 3 m);待混凝土达到强度后,围堰回水至 +11.5 m,拆除第一道内撑;继续安装墩身钢筋、模板,完成第五层混凝土浇筑(浇筑至栈桥平台)。

3.12 钢板桩拔除及第四道围堰拆除

利用墩身反吊住第四道围堰内撑,然后依次从

下游往上游方向拔除钢板桩。最后水下拆除第四道内撑。

4 工艺创新及效益分析

4.1 工艺创新点分析

围堰围檩采用前置法并水下加固,极大程度保障围堰安全性。

围堰最大水深近 20 m,为确保围堰整体安全性,减少钢板桩变形所导致的大面积漏水,项目技术人员经过充分讨论后,摒弃传统的抽水一层后安装一层围檩,创新性的采用前置法将围檩提前下放,并通过潜水员进行水下加固,极大限度的保障了钢板桩整体稳定性,减少因钢板桩变形导致的大面积漏水,为后续承台的施工打下了坚实的基础。

水下加固过程中,又创新性的在钢板桩与围堰的缝隙中采用混凝土装袋填塞,通过混凝土水下可自流平的特性,基本填满缝隙,较大程度的减少潜水员因水下操作不便而导致填塞不到位的情况,保证整个围堰施工过程中围堰受力良好。

4.2 效益分析

采用钢板桩围堰施工方案,单个钢板桩围堰总用量共 596.5 t,相较于原设计钢套箱围堰 791.3 t,可减少钢材使用量 194.8 t,直接经济节省约 87.66 万元。

本工艺均采用小构件逐步构成整个围堰,施工方便,危险性小,并且采用前置法下放围檩,提前进行水下加固,极大的减小钢板桩的变形,减少因变形产生的渗水,有效解决钢板桩围堰刚度小易渗水的问题。相较于其他工艺,本工艺可极大的减少不确定因素造成的工期拖延,有效保证工期进度。

效益对比见表 2。

表 2 效益对比表				
序号	比较项目	钢板桩围堰	钢套箱围堰	钢管桩围堰
1	钢材用量/t	596.5	791.3	630.4
2	施工周期	174 d	预估 8 个月(进入砂层后下沉速度不可控)	预估 6 个月(可能存在无法打入设计标高)
3	施工机械	85 t 履带吊 + 钢板桩机	85 t 履带吊 + 4 台千斤顶下放	85 t 履带吊 + 振动锤
4	安全风险	低	高	低
5	施工质量	易控	难控	难控

(下转第 243 页)

能,且 GPR 预测性能最佳,决定系数为 0.72,均方根误差为 0.239 54,SVR 预测性能稍弱,均强于 ANN 的预测性能,说明在小样本数据集中,GPR 表现效果更好,可为类似盾构隧道施工提供科学、准确的上浮预测方法,从而在工程实践中降低风险,保障工程质量和安全。

目前机器学习管片上浮预测在数据集上存在较大限制,目前各工程上浮量测量记录方法不统一,难以建立多工程盾构数据集,单一工程过少的数据难以训练出高精度的模型。因此,后续可在多工程统一上浮等质量数据测量、记录方法,从而建立多工程的数据集,提高机器学习模型预测性能和模型泛用性。

参考文献:

- [1] 代洪波,季玉国.我国大直径盾构隧道数据统计及综合技术现状与展望[J].隧道建设(中英文),2022,42(5):757-83.
- [2] 高始军.超大直径长距离跨海高铁盾构隧道——广湛铁路湛江湾海底隧道项目介绍[J].隧道与地下工程灾害防治,2021,3(4):91-94.
- [3] 周昆.复杂地质超大直径越江盾构隧道——和燕路过江通道南段隧道工程 A2 标项目介绍[J].隧道与地下工程灾害防治,2020,2(1):105-107.
- [4] Geng D, Hu Y, Jiang Y, et al. Modified calculation model for segment floating in slurry shield tunnel[J]. Journal of Performance of Constructed Facilities, 2021, 35(5): 1143-1152.
- [5] 叶飞.软土盾构隧道施工期上浮机理分析及控制研究[D].上海:同济大学,2007.
- [6] 叶飞,何川,王士民.盾构隧道施工期衬砌管片受力特性及其影响分析[J].岩土力学,2011,32(6):1801-1807,1812.
- [7] 叶飞,朱合华,丁文其,等.施工期盾构隧道上浮机理与控制对策分析[J].同济大学学报(自然科学版),2008(6):738-743.
- [8] 叶飞,朱合华,丁文其.基于弹性地基梁的盾构隧道纵向上浮分析[J].中国铁道科学,2008(4):65-69.
- [9] 董赛帅,杨平,姜春阳,等.盾构隧道管片上浮机理与控制分析[J].地下空间与工程学报,2016,12(1):49-54.
- [10] 肖明清,孙文昊,韩向阳.盾构隧道管片上浮问题研究[J].岩土力学,2009,30(4):1041-1045,1056.
- [11] 魏纲,洪杰,魏新江.盾构隧道施工阶段管片上浮的力学分析[J].岩石力学与工程学报,2012,31(6):1257-1263.
- [12] 季昌,周顺华,许恺,等.盾构隧道管片施工期上浮影响因素的现场试验研究[J].岩石力学与工程学报,2013,32(增刊2):3619-3626.
- [13] 李冠.基于支持向量机的盾构隧道管片上浮预测研究[D].郑州:郑州大学,2022.
- [14] 李新潮.基于机器学习的大直径盾构隧道管片上浮研究[D].郑州:郑州大学,2022.
- [15] 苏恩杰,叶飞,何乔,等.基于卷积神经网络-长短期记忆的施工期盾构管片上浮过程预测模型[J].同济大学学报(自然科学版),2023,51(9):1352-1361.
- [16] 毕湘利,柳献,李文勇,等.盾构法地铁隧道管片新型连接件技术应用研究[J].城市轨道交通研究,2020,23(7):1-11.
- [17] Wilson A G, Knowles D A, Ghahramani Z. Gaussian process regression networks[J]. Omnipress, 2012.
- [18] A H S, B G L, A J M, et al. Application of KPCA combined with SVM in Raman spectral discrimination[J]. Optik, 2019(184):214-219.
- [19] McCulloch W S, Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity[J]. The bulletin of mathematical biophysics, 1943(5):115-133.
- [20] Li J B, Chen Z Y, Li X, et al. Feedback on a shared big dataset for intelligent TBM Part I: Feature extraction and machine learning methods[J]. Underground Space, 2023(11):1-25.

(上接第 203 页)

5 结 语

该文提出了高速改扩建中,深水深埋承台采用钢板桩围堰的施工方法,通过前置法下放圈梁并水下加固,旨在解决深水基坑下钢板桩刚度小变形大,易渗水的问题,在节约成本的同时更便于施工进度管理。

东江特大桥 4# 墩深水承台施工中,采用该方案,钢板桩几乎未发生变形,极少渗水,施工均按计划进行直至安全完成施工(见图 5)。足以验证该方案



图 5 东江特大桥 4# 墩实景图
的可行性,可供类似工程参考。