

钻孔灌注桩护岸 在水利工程中的设计与应用

宋悦豪

(苏州市吴江区水利基本项目建设管理处, 江苏 苏州 215200)

摘要: 吴淞江是太湖流域跨江苏、上海的第三条行洪通道, 吴淞江整治工程是国家重大水利工程项目。以吴淞江(江苏段)整治工程(吴江区2022年度)施工一标段中较为典型的灌注桩护岸为案例, 从方案设计及施工管理、成本分析、稳定计算等方面分析建设技术路线, 为后续工程的实施提供参考。

关键词: 吴淞江; 灌注桩; 护岸

中图分类号: TV871

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2025)02-0061-0004

Design and application of bored pile revetment in water conservancy engineering

SONG Yuehao

(Suzhou Wujiang Basic Water Conservancy Project Construction Management Office, Suzhou 215200, China)

Abstract: The Wusong River is the third flood discharge channel across Jiangsu and Shanghai in the Taihu Lake Basin, and the Wusong River Regulation Project is a major national water conservancy project. This article takes the relatively typical bored pile revetment in the first construction section of the Wusong River (Jiangsu Section) Regulation Project (in Wujiang District in 2022) as a case, analyzing the construction technology route from aspects such as scheme design, construction management, cost analysis, and stability calculation, to provide a reference for the implementation of subsequent projects.

Key words: Wusong River; bored pile; bank revetment

吴淞江是太湖流域跨江苏、上海的第三条行洪通道, 全长126 km, 江苏段河道总长61.7 km。吴淞江整治工程列入国务院172项节水供水重大水利工程, 建设重点太湖水环境综合治理引排骨干工程, 主要建设内容: 河道拓浚整治61.7 km, 扩建太湖瓜泾口枢纽, 两岸口门实施有效控制, 拆(改)建跨河桥梁, 以及水系影响处理等。工程建成后将有效增加太湖洪水出路, 提高流域防洪能力, 增强阳澄淀

渚区防洪排涝能力, 兼顾改善生态、水资源、水环境和航运条件^[1]。

本工程等别为Ⅱ等, 堤防、护岸等主要建筑物级别为2级; 施工围堰等临时工程为4级。防洪设计标准为满足流域防御不同降雨典型100 a一遇洪水, 防洪标准为100 a一遇。所在航道等级为Ⅲ级。

吴淞江(江苏段)整治工程(吴江区2022年度)施工一标段位于运河以东至长牵路南岸(不含吴中

收稿日期: 2024-09-14

作者简介: 宋悦豪(1991—), 男, 工程师, 主要从事水利工程施工建设管理工作。E-mail: 654628610@qq.com

段),长度约835 m,其中运河以东至崧山河闸S2+003~S2+393段长390 m,苏嘉杭高速公路桥以东至长牵路S3+397~S3+842段(不含吴中段)长445 m。主要建设内容包括:拆建挡墙护岸470 m(灌注桩排桩护岸124 m,普通新建挡墙346 m),新建防汛路712 m。

1 方案设计

本标段位于吴淞江与京杭大运河交界处,工程设计主要考虑提高工程沿线区域防洪除涝能力,并兼顾改善生态、水资源、水环境和航运条件等综合效益。钻孔灌注桩技术在灵活性和适用性方面具有显著的优势。由于其施工过程不受土地表面限制,可以在不同地质条件和环境下进行施工^[2]。钻孔灌注桩护岸是排桩式护岸中对现有建筑物扰动最小的一种护岸型式,通常适用于现状堤顶有市政道路、临河为企业、生活广场或居民楼等特殊地段,该结构型式在新沟河延伸拓浚工程、新孟河延伸拓浚工程中有着广泛的应用。

受河道过流断面影响,本标段有124 m护岸与现有桥梁桥墩承台最近距离仅为7 m,允许开挖面小,且预制桩施工过程中会产生噪声及振动,会危及桥梁安全。为避免挡墙开挖对吴淞江大桥桥墩及承台产生影响,对吴淞江大桥桥墩段采用钢筋混凝土灌注排桩护岸。根据桩基设计的相关规范要求,对主要承受水平荷载的桩体,其桩身入土深度应满足桩身变形和抗倾覆稳定要求。为满足桩身连续成墙的整体性和直立支护结构的整体外观要求,桩顶设80 cm高帽梁,并在帽梁顶部增设挡浪板,通过帽梁的连接作用,将灌注排桩连成整体,桩身迎水面通过锚筋连接,设现浇钢筋混凝土护面将桩体封闭,形成直立式钢筋混凝土挡墙的整体外观效果。

灌注桩桩顶高程4.0 m,上部增设挡浪板至高程6.0 m,桩前在高程1.5 m处设2 m宽平台,平台以下以边坡1:5斜降至河底高程-3.0 m。经计算灌注桩桩径1.20 m,桩长21 m,桩间距1.40 m。为保证桩间土体稳定,在临土侧灌注桩间隔处设直径0.4 m、长7 m的高压旋喷桩。

2 施工管理

2.1 灌注桩试成孔试验

根据设计图纸要求本次桩基施工前需试成孔试验,采用GPS-10钻孔灌注桩钻进工艺,试成孔孔

径1.2 m,桩长为21 m。

按标高来划分,具体试成孔场地地质情况:(1)标高3.31 m以上为A重粉质壤土;(2)标高3.31 m至1.21 m之间为②淤泥质粉质黏土;(3)标高1.21 m至-3.09 m之间为③₁粉质黏土;(4)标高-3.09 m至-7.29 m之间为③₂中粉质壤土;(5)标高-7.29 m至-9.19 m之间为④粉质黏土;(6)标高-9.19 m至-12.69 m之间为④'重粉质砂壤土;(7)标高-12.69 m以下为④粉质黏土。

本工程的重点、难点是施工桩径大,桩长较长。为了保证此次试成孔的可比性和提高它的参考作用,试成孔2根。成孔试验主要施工顺序为:测量放线→埋设护筒→钻机就位→预制泥浆→钻进成孔→清孔→试成孔回填。

在通过试成孔施工并获取核对地质资料与设计提供的是否有出入的地方,检验所选设备(除砂机、泵吸反循环设备)在本工程的适用性,从而选择合理的施工工艺和参数,确保顺利完成本标段灌注桩施工。

2.2 钢筋焊接工艺性试验

本标段电弧焊的主要设备采用ZX6-500直流弧焊机,试验配备焊工1名、安全员1名、电工1名、钢筋工2名。工艺流程:检查机械设备→选择焊接参数→试焊作模拟试件→送试→确定焊接参数→施焊→质量检验。焊接工艺性试验目的:①通过焊接工艺性试验确定钢筋电弧焊的各项焊接参数,确保现场钢筋焊接质量;②通过焊接工艺性试验并结合现场实际施工情况,选择合适的焊接形式。

本工艺性试验采用HRB400Φ22、18搭接焊,现场焊接HRB400Φ22焊接6组、HRB400Φ18焊接2组。采用ZX6-500直流弧焊机焊接,焊接正常,焊缝饱满,焊缝表面应平整。根据焊接结果,采用ZX6-500直流弧焊机可满足设计要求。

2.3 钻孔灌注桩施工

本工程吴淞江大桥段124 m护岸基础采用钻孔灌注桩,采用C35水下混凝土,设计有效桩长21 m,单桩竖向承载力特征值1 200 kN。施工主要工序为:测放轴线→桩机就位组装→护筒埋设→造浆钻进→清孔→钻孔检查→钢筋笼安制→安装导管和灌注混凝土。在施工前,对施工范围进行清表清障,平整施工场地。依据测量控制桩点及设计图纸定出的桩孔平面位置,采用测量仪器精确定位,同时以桩中心为交点纵向、横向埋设护桩,经监理工程师确认无误后方可进行施工。护筒采用钢板制

作,直径为1.4 m,埋深2 m。钻机在施工前先进行试运转检查,以免在成孔过程中突发故障。泥浆比重控制在1.15~1.20,并做好记录。当钻孔达到设计深度后,采用抽浆清孔法进行清孔,实施清孔的主要目的是为了确保孔底没有留下沉渣,以免阻碍灌注工作的进行。以泥浆的流动来对冲沉渣,让其做到悬浮,再通过黏结力将其排除^[3]。钢筋笼严格对照施工图纸在现场加工制作,使用起吊设备将钢筋笼吊入孔内,吊装时保证钢筋笼垂直放入孔内。灌注过程中导管埋深不少于2~6 m,混凝土坍落度控制在18~22 cm,提升导管不能过猛,分段拆卸导管时应注意导管的埋深不少于2 m,以防出现断桩质量事故。断桩是指成桩后,桩身中夹杂泥土或空缺,桩身不连续,是严重的质量问题^[4]。浇注时注意观察钢筋笼有无上浮和定时测深,以避免导管脱离混凝土面。

2.4 高压旋喷桩施工

高压旋喷桩桩顶标高4.0 m,设计桩长7.0 m,成桩直径0.4 m,间距1.4 m,一字型布置。高压旋喷桩采用单管法进行施工,使用1台SJ-25型高压旋喷桩机,1台XPB-90E型高压注浆泵进行施工,水泥掺量不小于25%。桩机就位后,检查桩架垂直度,借搅拌机自重以1.0 m/min的速度下钻,至设计深度后,开动灰浆泵喷灰30 s,以0.5 m/min的速度边提升、边搅拌、边喷灰,用此方法进行二次搅拌下沉、提升喷灰,当旋喷管提升至桩顶1.0 m以下时,慢速提升旋喷20 s。施工过程中由专人负责记录相关施

工情况。高压旋喷桩单桩施工时间约40 min,高压旋喷桩施工完成后可与灌注桩结合成为防水防渗设施^[5]。

2.5 低应变检测

检测采用低应变法抽检护岸灌注桩7根,根据实测波形曲线,结合工程地质情况、施工记录等进行综合分析与计算,所测桩均为I类桩,具体情况见表1。

2.6 高应变检测

采用高应变法抽检了1根桩的单桩竖向承载力,根据实测F-V波形曲线,结合工程地质情况、施工记录等,以实测波速为边界条件进行拟合计算。检测结果均满足设计要求,具体情况见表2。

3 灌注桩护岸成本分析

本标段吴淞江大桥下共计124 m灌注桩排桩护岸,总价为455万元,护岸折合单价为3.67万元/m。其中桩径1.20 m,桩长21 m灌注桩90根,造价303万元;直径0.4 m,长7 m高压旋喷桩90根,造价7万元,盖梁及墙身145万元(含混凝土371 m³、模板1 450 m²、钢筋170 t等)。

本标段新建挡墙(13 m长PC300预制管桩基础)+植草式生态框护岸+防汛道路346 m,总价为765万元,折合单价为2.21万元/m。其中PC300预制管桩基础233万元,护岸底板、墙身及二级生态框253万元,防汛道路279万元。对比分析具体情况见表3。

表1 桩身完整性检测结果汇总

| 桩号 | 检测日期 | 桩长/m | 桩径/mm | 强度 | 波速/(m/s) | 桩身完整性 | 类别 |
|-----|------------|------|-------|-----|----------|-------|----|
| f18 | 2023-12-13 | 21.0 | 1 200 | C30 | 3 882 | 桩身完整 | I |
| f20 | 2023-12-13 | 21.0 | 1 200 | C30 | 3 726 | 桩身完整 | I |
| f21 | 2023-12-13 | 21.0 | 1 200 | C30 | 3 722 | 桩身完整 | I |
| f27 | 2023-12-13 | 21.0 | 1 200 | C30 | 3 827 | 桩身完整 | I |
| f35 | 2023-12-13 | 21.0 | 1 200 | C30 | 3 848 | 桩身完整 | I |
| f39 | 2023-12-13 | 21.0 | 1 200 | C30 | 3 795 | 桩身完整 | I |
| f41 | 2023-12-13 | 21.0 | 1 200 | C30 | 3 761 | 桩身完整 | I |

表2 高应变检测成果

| 桩号 | 测点下桩长/m | 土阻力/kN | | 动测承载力/kN | 极限承载力设计值/kN | 备注 |
|-----|---------|---------|-------|----------|-------------|--------|
| | | 桩侧 | 桩端 | | | |
| F16 | 21.0 | 1 650.7 | 950.2 | 2 600.9 | 2 400 | 满足设计要求 |

表3 成本对比分析

| 护岸型式 | 总体情况 | | | 基础处理单价/ (万元/m) | 底板及墙身单价/ (万元/m) | 防汛道路单价/ (万元/m) |
|-------|------|-------|-----------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | 长度/m | 总价/万元 | 单价/(万元/m) | | | |
| 灌注桩护岸 | 124 | 455 | 3.670 | 2.50 | 1.17 | 0.00 |
| 新建挡墙 | 346 | 765 | 2.217 | 0.67 | 0.73 | 0.81 |

4 稳定计算

按照 SL 379—2007《水工挡土墙设计规范》及《建筑地基基础设计规范》附录T综合计算,取正常运行工况下两种计算结果的包络值,桩式护岸参数见表4。

5 结 语

本文以吴淞江(江苏段)整治工程(吴江区2022年度)施工一标段灌注桩护岸为案例,从方案设计及施工管理两个方面分析建设技术路线。本标段于2023年8月28日正式开工,施工期间克服解

表4 护岸结构稳定计算

| 型式 | 土质 | 桩身截面/ cm | 桩长/m | 桩间距/m | 抗倾系数 | 入土点位移/ mm | 桩身最大弯矩/ (kN·m) | 桩身最大 剪力/kN |
|-----|----|-------------|------|-------|------|--------------|-------------------|---------------|
| 灌注桩 | 较差 | 120 | 21 | 1.4 | 1.51 | 9.21 | 833.18 | 352.73 |

决了多项不利因素,目前项目已基本完成。本施工,整体效果良好,希望能为后续工程的推进以及建设管理水平的提升提供参考。

参考文献:

[1] 沈宏新,蒋永佳,魏海,等. 预制桩基础箱式生态护岸在吴淞江整治工程中的设计与应用[J]. 江苏水利, 2023 (10):31-34.

[2] 孔凡磊. 水利施工中钻孔灌注桩技术的应用分析[J]. 水上安全, 2024(5):148-150.

[3] 李永鹏. 航道整治中钻孔灌注桩复合式护岸的施工技术[J]. 珠江水运, 2014(10):40-41.

[4] 何松原,林晨. 水利工程混凝土钻孔灌注桩质量控制研究分析[J]. 治淮, 2022(11):32-33.

[5] 舒亚. 航道整治中钻孔灌注桩复合式护岸的施工方案与技术[J]. 中国水运(下半月), 2013, 13(9):165-166.