

上海堤防工程钢板桩围堰标准研究与应用探析

田爱平¹, 张郁琢¹, 母冬青²

[1.上海市堤防(泵闸)设施管理处, 上海市 200080; 2.上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 施工围堰是为堤防工程创造干地施工条件的重要临时工程。近年来,钢板桩围堰因其安全可靠、适应性强、绿色环保等特点得到广泛应用。然而,钢板桩围堰的施工设计仍以经验判断为主,基本采用工程类比和理论计算方法。现针对上海堤防工程施工围堰标准的缺失短板,立足上海市堤防运行和管理实际,指出钢板桩围堰的设计和施工要点,并结合堤防工程实际,提出钢板桩围堰兼临时防汛墙的应用设想,为规范围堰设计、缩短建设周期、降低施工成本、提高堤防精细化管理水平提供有效思路。

关键词: 上海堤防;钢板桩围堰;设计要点;施工要点;临时防汛墙

中图分类号: TV871

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)04-0094-04

0 引言

上海堤防是指在黄浦江、苏州河等流域行洪河道、片外河道,以及片内骨干河道沿线建设的具有挡潮防洪能力的建筑物,在历年堤防设施的拆除重建、维修改造和除险加固工程中,常需要设置围堰创造干地施工条件。钢板桩围堰具有安全可靠、适应性强、绿色环保等特点,近年来得到广泛应用。然而,现阶段钢板桩围堰的设计和施工基本采用以经验为主导,缺乏钢板桩围堰设计和施工的针对性标准。作为具有全球影响力的国际化城市,上海城市水利设施的设计、施工均需与其城市定位相适应,亟需制定统一标准以提高城市堤防精细化管理水平。

1 堤防工程钢板桩围堰类型

1.1 钢板桩围堰简介

钢板桩围堰是由钢板与锁扣组成、通过彼此紧密咬合形成的具有挡水功能、能够循环使用的波浪形临时构筑物,具有原材料准备空间小、拆除简便快捷,能够循环使用、安全性能高、面貌形象良好等特点^[1]。钢板桩根据施工工艺可分为热轧钢板桩和冷弯薄壁钢板桩,断面型式有“H型”“Z型”和“U型”。上海地区因考虑通航及行洪要求,城市堤防施工围堰以顺河围堰为主。根据工程经验及现场调查,在不同加工工艺、断面型式的钢板桩中,热轧Ⅳ型拉森钢板桩(U型)应用最为普遍。

1.2 钢板桩围堰应用现状

最初,钢板桩围堰在武汉长江大桥桥墩基础工程中首次采用。随着钢板桩技术发展,钢板桩围堰在桥梁基础(水中)、港口等多种类型工程中广泛应用,例如:葛洲坝二期工程、杭州湾跨海特大桥工程、龚咀水电站消力塘整治工程^[2]、长兴岛造船基地一期项目、长湖申线航道(上海段)整治工程。在上海堤防工程中也曾先后应用钢板桩围堰,例如2016年实施的大浏港上游河道防洪工程(一期)堤防维修工程及2016年黄浦江上游连通管工程防汛墙改造工程中都曾采用单排钢板桩围堰。

2 堤防工程钢板桩围堰设计要点

在设计方面,钢板桩围堰尚存在标准不统一、依据不充分等问题。具体体现为围堰工程等级和设计标准相关规定暂未统一,《上海市黄浦江防汛墙工程设计技术规定》明确黄浦江段堤防施工围堰的工程等级和设计标准,非黄浦江段尚未明确;围堰选型、围堰厚度,以及桩基长度仅凭经验和习惯确定,围堰型式桩基种类和间距各异、拉杆数量级标高不一;对围堰的抗倾覆、变形及抗弯、整体稳定、渗透稳定等计算分析无强制性要求,强行参照基坑围护标准导致经济浪费。现针对上述问题,指出钢板桩围堰的设计要点。

2.1 围堰级别及堰顶高程

施工围堰除作为正式建筑物的一部分外,均为临时性建筑物,其级别需根据保护对象、失事后果、使用年限和围堰工程规模来确定^[3]。根据现行规范要求,结合上海地区堤防工程等级,确定黄浦江和苏州河段围堰级别为4级,其他河道围堰级别为5级。根据《水

收稿日期: 2020-01-01

作者简介: 田爱平(1970—),男,硕士,高级工程师,从事水利工程管理工作。

利水电工程围堰设计规范》(SL 645—2013),堰顶高程按照不低于设计洪水位的静水位、波浪高度及堰顶安全加高值之和确定。上海市黄浦江和苏州河段堤防钢板桩围堰可参照《上海市黄浦江防汛墙工程设计技术规定》要求,安全超高按 0.5 m 计,不考虑波浪爬高值。不同岸段围堰级别及堰顶高程见表 1 所列。

表 1 围堰级别及堰顶高程表

岸段划分名称	围堰级别	堰顶高程
黄浦江市区段	4 级	挡水期 5 ~ 10 a 一遇洪(潮)水位 +0.5 m
黄浦江上游段	4 级	挡水期 5 ~ 10 a 一遇洪(潮)水位 +0.5 m
苏州河 (吴淞江上海段)	4 级	挡水期 5 ~ 10 a 一遇洪(潮)水位 +0.5 m
其他开敞河道	5 级	挡水期 5 ~ 10 a 一遇洪(潮)水位 +0.3 ~ 0.5 m
其他闸控河道	5 级	跨汛期:区域设防标准下最高洪(涝)水位 +0.3 ~ 0.5 m 不跨汛期:常水位的上限 +0.3 ~ 0.5 m

2.2 结构安全性分析

围堰的结构安全性分析内容包括:抗倾覆分析、变形分析、整体稳定分析及渗流稳定性分析等。

2.2.1 抗倾覆稳定分析

满足钢板桩围堰的抗倾覆稳定条件是确保工程顺利实施、避免财产损失和人身事故的重要因素,需通过抗倾覆验算确定钢板桩围堰的入土深度。在典型地质条件下,通过多次变换边界条件,统计分析满足《堤防工程设计规范(GB 50286—2013)》3.2.7 条非常运用条件下(施工工况)的安全系数时钢板桩入土深度规律。经统计,围堰总桩长随着围堰挡水水头和基坑挖深的增加而增加,最佳入土深度占总桩长的比值约为 2/3,围堰抗倾覆安全系数应按照表 2 确定。当出土高度高于 4 m 时,宜采用双排钢板桩围堰。增加钢板桩桩长能够有效提高抗倾覆安全系数^[4]。

表 2 围堰抗倾覆安全系数汇总表

围堰级别	3	4	5
安全系数	1.40	1.35	1.30

2.2.2 围堰变形分析

围堰的变形分析主要是指水平变形。由于现行规范并未明确围堰的允许变形量值,基于以上围堰抗倾覆验算成果,在仅考虑水压力作用下,参照《基坑工程技术规范(DG/TJ08-61—2010)》围护墙的计

算方法,将钢板桩围堰按照悬臂梁进行计算,分析围堰变形允许值。参考工程施工期间防汛墙允许变形量值和基坑围护墙最大侧向变形量值,结合相关工程经验,具体建议为围堰出土高度的 3%~5%。

2.2.3 整体稳定和渗流稳定分析

围堰外挡内排,在内外水头差作用下,存在整体稳定性问题和渗透稳定性问题,设计不当可能导致围堰的整体失稳。根据上海市的地质条件,常规插入深度范围内,在满足抗倾覆安全性的前提下,一般围堰的整体稳定和基坑抗渗流稳定均满足,故宜优先计算围堰的抗倾覆稳定性,钢板桩围堰整体稳定安全系数见表 3 所列。

表 3 钢板桩围堰整体稳定安全系数表

围堰级别	瑞典圆弧法	简化毕肖普法
4、5	≥ 1.05	≥ 1.15

3 堤防钢板桩围堰的施工要点

钢板桩围堰的施工流程按照施工准备、定位放样、防撞桩施打、钢板桩沉打、导梁加固拉杆联结、铺设土工布和粘土填实顺序实施。在施工方面,尚存在针对性标准缺失和施工过程不规范等问题。具体体现为围堰施工过程以个人经验为主导,擅自改变围堰结构以降低工程费用;围堰挡水期警示标志不完善、安全意识不强导致工程事故;围堰拆除桩基拔除处理不当、弃土外运不规范造成河道二次污染,影响行洪排涝能力。

3.1 施工准备

在钢板桩沉桩前,应该作充分调查和全面准备,具体包括制定和动态优化施工组织计划。调查包括:场地周边建筑、地下管道现状,场地钢板桩堆放及运输的条件、施工设备及水电供应及作业气象或海象条件。同时,减小钢板桩施工所造成的通航及环境影响措施也应提前考虑。更为重要的是,钢板桩施工前,应严格按照设计要求,复核围堰尺寸、钢板桩数量、打入位置、入土深度和桩顶高程等^[5]。

3.2 沉桩方法

钢板桩沉桩方法分为陆上沉桩和水上沉桩两种。沉桩方法应综合考虑多种因素选择,包括场地地质条件、平整度、垂直度,以及沉桩设备的可靠性、造价等。钢板桩宜采用插打式、屏风式沉桩或错列式沉桩的方法。钢板桩施工应从上游依次向下游插打。对受潮水影响的河道,应根据实际情况制订施工方案

和安全防护措施,设置警示标志和安全警示标语。

3.3 围堰拆除

围堰拆除应选择在水位较低时实施,理想施工条件为内外水位差不超过1 m。双排围堰先拆除内侧支撑,再拆除外部围堰,应从中间开始到结构边缘。桩基拔除往往会留下多个土孔,不及时回填会造成周边建、构筑物或管线土体位移或沉降。土孔回填材料可选用砂、水泥与水玻璃,以及水泥砂浆。回填方法可采用振动法、挤密法及注入法等。回填时,应注意密实性,避免漏填及少填,同时满足堤防安全、环境保护、水土保持及通航安全要求。

3.4 安全监测

自围堰施工开始至围堰拔除,应设置固定的观测点对钢板桩的变形和渗流进行定期观测,做好定期检查和维护工作^[6]。围堰安全监测应考虑变化速率和累计变化值,频次和报警值应满足设计要求。对于监测频率,不同施工阶段的监测频率存在差异,如在堤防土方及桩基施工期间,频率为至少每天1次,而在其完成后一周内,频率可调整为每3天1次,以后逐步降低频次^[7];当无明确要求时,报警值可参考表4所列。

表4 围堰安全监测报警值一览表

监测项目	变化速率/(mm·d ⁻¹)	累计变化量/mm
围堰变形	4~8	3~5%H(H为出土高度)
围堰渗透量	围堰渗透量持续增大或可能存在持续增大的趋势	

4 关于钢板桩围堰应用的探析与展望

围堰兼顾挡水和挡土功能,从功能应用角度看,通过提高围堰顶高程和增加桩长,能够使得钢板桩围堰兼备临时防汛墙功能;通过增加围堰宽度,能够使其兼备施工便道功能。

4.1 钢板桩围堰兼临时防汛墙功能

临时防汛墙是上海地区堤防工程中常见的临时建筑物,常用于因建设施工需要需临时拆除防汛墙或在防汛墙上开缺的涉堤建设项目,其主要功能是与开缺段两端永久防汛墙形成封闭临时挡水,避免台风、暴雨、高潮位、洪水影响期间江(河)水倒灌。

4.1.1 基本要求

兼临时防汛墙功能时,围堰工程级别应在围堰设计级别与临防级别中取高值(临防级别一般不低于围堰级别),相应的围堰安全系数根据对应的级别选取;围堰标高应在围堰设计标高与临防要求标高

中取高值(临防标高一般不低于围堰标高)。根据《上海市防汛指挥部关于修订调整黄浦江防汛墙墙顶标高分界及补充完善黄浦江、苏州河非汛期临时防汛墙设计规定的通知》^[8],黄浦江和苏州河段汛期临时防汛墙设防水位及墙顶标高同永久性防汛墙一致,非汛期(10月21日至次年5月31日)临时防汛墙的设计标准、工程级别和墙顶标高按照表5确定。同时,围堰应与上、下游堤防可靠连接,共同组成完备的封闭体系,并严格按照临时防汛墙的允许安全系数进行整体稳定复核。对于通航河道,还需按照《航道通航条件影响评价审核管理办法》及相关管理要求,做好安全论证工作。

表5 非汛期临时防汛墙设防等级与墙顶标高一览表

岸段	工程级别	超高/m	墙顶标高/m
黄浦江市区段防汛墙	3级	不低于0.5	非汛期200a一遇高潮位+波浪高度
黄浦江上游段防汛墙	4级	不低于0.4	非汛期50a一遇高水位+波浪高度
苏州河(河口—真北路桥)	4级	不低于0.3	4.55
苏州河(真北路桥—蕰藻浜)	4级	不低于0.3	4.25
苏州河(蕰藻浜—省界)	4级	不低于0.3	3.75

4.1.2 兼临时防汛墙功能的钢板桩围堰的适用条件

传统临时防汛墙常布置于永久性防汛墙后约10 m的陆域侧,采取袋装土交错叠压或直立式砖砌结构^[9]。若墙后地坪高程满足标高要求,也可不设置临时防汛墙。钢板桩围堰布置于水域侧,如需兼临时防汛墙功能,其堰顶高程应满足临时防汛墙要求。本节重点讨论兼临时防汛墙功能钢板桩围堰的适用条件。

在作业空间方面,钢板桩围堰和砖砌临时防汛墙作为临时建筑物,在建设过程中都需为后续施工留出尽量充足的施工作业面。当钢板桩围堰兼做临时防汛墙时,因设置在水域侧,河道过水断面短时期减小,同时将占用部分通航面积。砖砌或袋装土临时防汛墙因需设置在开缺段墙体后10 m处,对墙后腹地宽度要求较高,同时需留出施工便道,对陆域侧的影响将持续整个施工期。即兼临时防汛墙的钢板桩围堰适用于墙后腹地较窄、通航要求不高的非汛期施工工程。

在投资及形象方面,钢板桩围堰虽相比于其他类型围堰具备一定的优势,但相比于传统砖砌临时防汛墙,其工程投资相对较大。钢板桩围堰是由密排钢板桩相互咬合形成的整体,造型相对美观。同时,钢板桩围堰可实现模块化预制组装化施工,有利于在成熟运用后推行规模化采购,规范统一设备及材料选型。即兼临时防汛墙的钢板桩围堰适用于钢板桩供应充足,运输条件良好,钢板桩围堰费用可以有效降低的情况,或工程形象要求高的堤防工程。

在施工影响方面,钢板桩围堰施工期间,桩基施打是造成不良环境影响的主要因素。一般情况下,可采取振动法施工以减小对周边环境的影响。而对传统临时防汛墙而言,其原材料土方运输会造成不可避免的环境影响。特别是市区段堤防工程无法就地取土时,周边场地尘土污染风险大大增加。钢板桩围堰在后期拔除后仍可再次回收利用,一定程度上免除传统防汛墙拆除后建筑垃圾的清运负担。即兼临时防汛墙的钢板桩围堰适用于环境保护要求高或有重要保护对象的堤防工程。

4.2 钢板桩围堰兼施工便道功能

围堰兼施工便道功能可以有效改善施工区域的作业环境,但这也对围堰提出更高的要求。为了确保施工便道正常功能,围堰需在宽度、刚度和防护措施方面满足以下条件:围堰宽度不小于施工机械行驶所需的行驶宽度,一般不少于 3 m;围堰刚度方面,围堰兼施工便道需考虑施工荷载的影响,针对于钢板桩刚度不足的情况,施工荷载可能导致围堰的膨胀,影响围堰的自身安全;同时施工机械在围堰顶部行驶,顶部需采取必要的路面硬化处理,确保路面具备

一定的刚度。防护措施方面,需考虑施工机械和施工人员的自身安全,因围堰临水侧为河道,背水侧为基坑存在一定的高差,因此需采取必要的防护措施。钢板桩围堰兼施工便道时,荷载变动范围较大,工程费用较高,如若围堰兼施工便道,建议应进行专门设计。

5 结 语

钢板桩围堰在上海市黄浦江和苏州河堤防工程中具有显著优势。本文基于钢板桩围堰在设计、施工过程中存在的主要问题,指出围堰设计要求和施工要求,同时讨论了钢板桩围堰兼临时防汛墙和施工便道功能的适用条件,为钢板围堰的设计施工标准化提供了参考标准,为钢板桩围堰的应用拓展指明方向。

参考文献:

[1] 罗建.水利工程中钢板桩围堰设计与施工技术[J].水科学与工程技术,2020(3):29-32.
[2] 朱彤,熊盛立,龚嘴水电站消力塘整治工程钢板桩围堰的设计与施工[J].水利水电技术,1990(5):36-37.
[3] SL 645—2013,水利水电工程围堰设计规范[S].
[4] 司鹏飞,田利勇,张雨剑,孙陆军.双排钢板桩围堰变形特性研究[J].水运工程,2020(6):172-176+187.
[5] 柯小兵.钢板桩护岸在内河航道整治中的应用[J].科技创新与应用,2012(33):189
[6] DG/TJ 08-2305—2019,防汛墙工程设计标准[S]
[7] DG/TJ08-2341—2020,堤防工程钢板桩围堰技术标准[S].
[8] 上海市防汛指挥部,关于修订调整黄浦江防汛墙墙顶标高分界及补充完善黄浦江、苏州河非汛期临时防汛墙设计规定的通知.沪汛部〔2017〕1 号[Z].上海:上海市水务局,2017.
[9] 崔冬,何小燕,赵庚润,李羽文.上海市非汛期临时防汛墙(堤)防御标准研究[J].中国防汛抗旱,2017,27(04):65-69.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com