

复杂条件下北外滩黄浦江防汛墙的设计对策

兰士刚

(上海市堤防泵闸建设运行中心, 上海市 200050)

摘要: 北外滩滨江作为最后开发的岸线, 建成后将成为北外滩世界级会客厅的重要窗口。为应对北外滩复杂的水文、地势地质及周边环境条件, 结合实际经验, 综合分析工程的水文地质、地形条件, 采用水陆域统筹考虑的总体思路、创新的防汛墙设计对策、施工组织方案, 实现了防汛墙的安全建设和按期完工, 进而满足北外滩滨江的总体要求, 达到了世界级滨水体验的要求。

关键词: 复杂条件; 北外滩; 防汛墙; 设计对策

中图分类号: TV33

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)03-0116-04

0 引言

北外滩毗邻外滩, 是上海目前中心城区唯一一块可以成片规划、深度开发的黄金地段, 蕴含着极大的机遇和潜力。北外滩与外滩、陆家嘴形成“黄金三角”, 引领了区域开发, 具有丰厚的历史底蕴、丰富的滨水资源, 北外滩地理位置如图1所示。



图1 北外滩地理位置图

北外滩滨江岸线全长2.5 km, 未来北外滩将会被打造成“世界级会客厅”。原扬子江码头段岸线位于北外滩核心地段, 是黄浦江、苏州河、虹口港三条重要水系交汇处, 也是北外滩滨江最后开发的岸线, 建成后将成为北外滩世界级会客厅的重要窗口。

在北外滩整体规划中, 扬子江滨江开发是第一步重要的举措。防汛墙是滨江的重要组成部分, 将按照整体功能重新建设。北外滩防汛墙建设面临以下主要问题, 一是自然条件方面, 该段岸线位于黄浦江陆家嘴典型弯道的凹岸冲刷岸线, 其河道边坡较陡, 墙前泥面刷深, 存在边坡稳定安全隐患, 此外, 黄浦

江潮位变动大, 墙后地坪较低, 高潮位下易渗水; 二是功能建设方面, 根据北外滩滨江贯通工程的总体方案需要, 防汛墙需满足北外滩景观的高标准需求。

在面临复杂的水文、地势地质条件和周边建筑条件下, 本文结合实际工程经验, 提出在复杂条件下的新型防汛墙断面、功能、施工工艺, 达到了较好的应用。

1 工程水文地质及黄浦江北外滩河势演变情况

1.1 水文条件

黄浦江上接太湖, 下通长江口, 是太湖流域主要水系——黄浦江水系的主干, 是流域重要的排水通道, 穿越上海市中心城区, 具有流域行洪、区域排涝(水)、供水、航运、旅游等综合功能。黄浦江径流源于上海市西部淀山湖, 来水年内分配较均匀, 无明显洪、枯季。黄浦江为溯源河网型潮汐河流, 感潮强度中等, 潮波从吴淞口上溯, 沿程潮差逐渐减小, 涨潮历时变短, 落潮历时变长^[1]。受涨落潮流交替作用, 潮位随洪、枯季, 大、小汛而变化。统计了近百年来工程区域最高潮位的变化, 如图2所示, 近年来高潮位多伴随暴雨、台风、高潮三碰头的情况, 历史最高潮位发生在1997年, 最大值为5.72 m, 实测历史最低潮位发生在1914年, 最小值为0.24 m。

由此可见, 黄浦江潮位变化波动大, 防汛墙施工常考虑趁低潮施工, 以节约围堰施工的费用。

1.2 地质条件

拟建场区属滨海平原地貌类型, 工程典型地质剖面图如图3所示。本场区地基土属软弱场地土, 浅层土自上而下分布有第①₁₋₁层杂填土, 第①₁₋₂层抛石、

收稿日期: 2023-03-16

作者简介: 兰士刚(1969—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事工程质量监督工作。

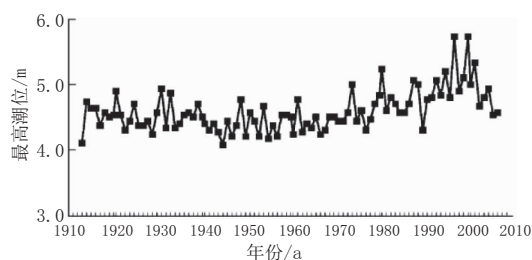


图2 工程区域黄浦江历年最高潮位变化图

①₂层淤泥及①₃层灰色黏质粉土夹淤泥质粉质黏土(江滩土)、②₃层灰色砂质粉土、④层灰色淤泥质黏土、⑤₁₋₁层灰色黏土、⑤₁₋₂层灰色粉质黏土、⑤₃₋₁层灰色粉质黏土夹黏质粉土、⑤₃₋₂层灰色粉质黏土、⑤₄层灰绿色粉质黏土、⑦层灰绿色黏质粉土。其中①₂与①₃层淤泥、江滩土广泛分布于河漫滩,河道浅层,层厚最高达11.4 m,该层土为流塑性土,含水率高,且具有高灵敏度的特性($S_l=4\sim6$),土易受扰动,土质较差。

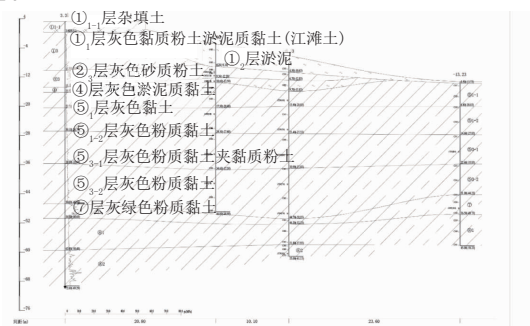


图3 工程典型地质剖面图(单位:m)

防汛墙设计需考虑合理的地基基础加固方式,以保证结构的安全。

1.3 黄浦江北外滩河势演变

黄浦江河床冲淤变化的影响因素复杂,主要因素是由自身特性决定,如河床质的组成、河道形态、断面的纵向底坡、径流、潮汐等因素,黄浦江河床地质一般表层亚砂土,以下为淤泥质黏土、粉土,均属于易冲刷土质^[2-3]。黄浦江北外滩岸线位于凹岸段,如图4所示,历史上(1974年)河道深槽偏该侧,深槽水深在9~10 m,2018年深槽水深基本大于8 m,从收集的资料分析,1974年至1999年北外滩凹岸深槽大面积冲刷,冲刷深度在0.5~1.0 m,1999年至2018年河道的深泓线位置变化不大,工程所处位置河槽断面基本呈“W”形,深槽断面变化不大,在黄浦江全线普遍出险淤积的影响下,略有淤积,结合人工维护等影响,工程所处的河床冲淤基本平衡。

工程所处区域位于北外滩凹岸冲刷岸线,距离深泓线较近,河道边坡较陡,且滩面标高较低,防汛墙设计需解决陆上填土与河道泥面形成的高差带来

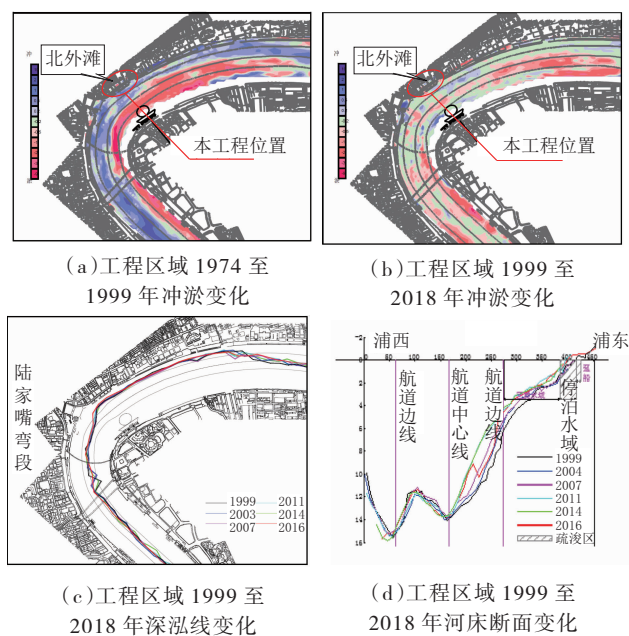


图4 工程区域河势演变分析图

边坡稳定安全的影响。

2 北外滩防汛墙设计难点及对策

2.1 设计难点分析

2.1.1 难点一:水文地质、地形条件复杂

如上文所述,难点一体现在:(1)工程位于黄浦江河道中下游,水位受上游来水和下游潮水顶托,高低潮位落差大。墙后为虹口北外滩区域,历史上是著名的十里洋场,地坪整体标高较低,平均标高3.00~3.50 m,高潮位下墙后渗水严重,且多次维修效果甚微。(2)工程地质属于典型的软土地质,土体含水率高,土的物理力学性质差,承载力低,对地基基础要求高。(3)受黄浦江转弯段冲刷岸线的影响,工程河床泥面陡,且刷深严重,要求防汛墙结构具备解决与地块高差的问题,有边坡失稳的隐患。

2.1.2 难点二:水陆域总体协调,需求苛刻

工程位置原岸线依托黄浦江自然驳岸位置而建,但线型曲线不能满足墙后地块更新的开发需求,根据总体方案,需要将防汛墙岸线调整至更加顺直,并外移保证地块建筑物平面轮廓,如图5所示。由此,新建防汛墙岸线最大位置外移14 m,该尺度在黄浦江岸线上都是罕见的。为了满足总体的需求,意味着约2/3长度的防汛墙在河道中新建,岸线外移后,墙前滩面标高低至-4.0 m,防汛墙前后土体高差达8 m,使防汛墙设计面临更大的难度和挑战。此外,为考虑总体协调性,防汛墙承担了包括防汛、景观、建筑等多样功能。

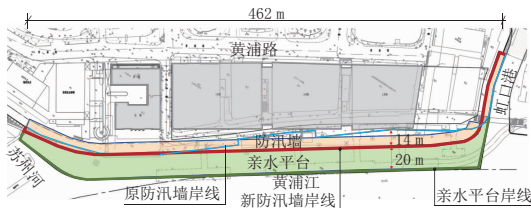


图5 工程总体布置图

2.1.3 难点三:施工难度高且工期紧张

根据上海市防汛总体要求,防汛墙主体结构需在5月底前实现封闭,工程实际工期仅3个月,若按照常规的赶潮施工工艺,则满足不了工期要求,需要寻求更优的解决办法。此外,由于大面积范围的腹地需围填新造,给施工造成很大的难度,且新填土需时间固结沉降,与施工工期要求相悖。

2.2 设计对策

2.2.1 新型防汛墙断面,解决防渗和受力的难题

受黄浦江潮汐变化的影响,黄浦江防汛墙常考虑赶潮施工,底板底标高设置在2.5 m,可以保证每天约8 h的赶潮时间。该设计虽节约了施工成本,却增加了防汛墙的设计难度,一是防汛墙底板标高较高,底板上方基本无覆土,导致高潮位渗径不足,出险墙后渗水,这也是该区域防汛墙的“通病”,虽然后期采取了注浆等工艺,却无法解决根本问题;二是防汛墙底板上方无覆土,该部分覆土对结构安全和变形起有利作用,有利减少防汛墙承台位移,此外桩基出土过高,因新填土引发更大的桩基负摩阻力,将需更长的桩长来承受上部荷载,导致结构设计不合理。

考虑上述几方面影响,提出了新型的防汛墙断面,如图6所示,具体体现在以下两方面。

(1)降低底板标高,延长渗径并减少水平位移。通过试算得出,将防汛墙底板降低在标高0.00 m,结合后文所述的创新施工工艺,可以有效的解决防渗和受力变形等各个问题,增加底板上方覆土对底板的压重,可用于抵抗地基土水平侧向土压力带来的不利变形,使结构受力合理,底板上方覆土对增加底板的渗径长度有利,可以保证高潮位下不发生渗透破坏,此外覆土范围内可以用于埋设管线,有效的利用防汛墙底板的范围,对后方建筑的场地布置起有利作用。

(2)基础桩基全部采用钢桩(前排密排钢板桩,后三排钢管桩承载),有利于节约施工工期,其中第一排采用超长30 m拉森钢板桩,以满足整体稳定的安全要求,拉森钢板桩小齿口中用麻丝根掺黄油塞缝,满足延长渗径的需求,解决防渗问题,后排采用

三排开孔钢管桩,用于承担上部结构荷载、桩长设计考虑了防汛墙底板以下新填土引起的负摩阻力,桩尖进入持力层,并考虑桩的嵌塞效应,防汛墙桩基水平刚度可以满足承台位移要求。

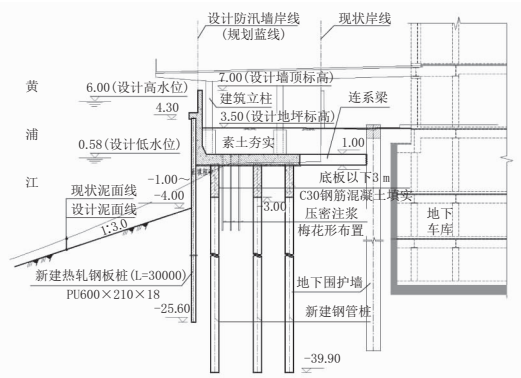


图6 典型防汛墙剖面图(单位:m)

2.2.2 防汛墙基础兼做观光平台的基础,满足总体的需求

本项目防汛墙承担了总体方案的功能要求,建成后在防汛墙正上方有观光平台设置,由此,防汛墙在设计时需同时考虑建筑功能的荷载,主要包括:双层人群荷载、平台结构自重、消防车荷载等,其中消防车荷载高达35 kN/m²,远超防汛墙常规设计的5 kN/m²可变荷载,必须结合建筑结构的思路来综合考虑。

设计考虑将防汛墙底板兼做建筑结构筏基底板,桩基布置统筹建筑和防汛墙结构的共同需求,在结构底板中增加暗梁来增加整体刚度,立柱下设次暗梁与桩基顶部的主梁形成受力体系,将上部建筑的荷载合理传至桩基。

为考虑与建筑、景观的协调,将防汛墙分缝长度由常规的约15 m增加至约30 m,减少变形缝的数量,需要在施工期采取措施减少混凝土收缩变形引起的不利影响。

此外,将防汛墙结构底板通过连梁与建筑地连墙相连,通过连梁和地墙的水平拉力抵抗水平水压力引起的侧向变形,如图7所示。

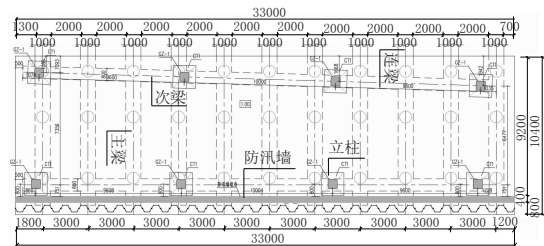


图7 基础底板布置图(单位:m)

2.2.3 永临结合,创新围堰工艺解决施工工期和技术难点

工程不利地形、水文条件以及紧张的施工工

期,导致一般的施工工艺无法适用,需要突破传统思维,在充分结合工程的实际情况后,本项目创新的提出了永临结合的施工方案,提出了在黄浦江适用的轻型围堰方案,该方案需利用新建亲水平台的后三排直桩和防汛墙的前排拉森钢板桩,再增加一排临时钢板桩,配合围檩和纵横梁形成围堰体系,如图8所示。其中亲水平台的桩基起到支撑作用,两排拉森钢板桩+中间填土形成防渗体系,该体系有效克服了高悬臂的安全问题,通过模型计算后(见图9),施工期的围堰整体位移变形仅2 cm。该围堰体系大部分投资是永久结构的桩基,故大量节省了造价。创新的围堰形式,使施工期的可工作时长大大增加,工程的工期能得到保障,该方案是理论联系实际的创新体现。

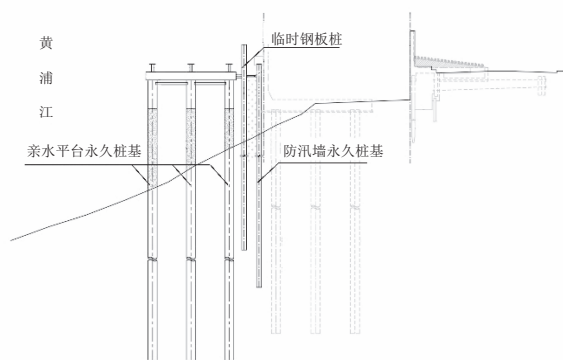


图8 永临结合围堰断面图

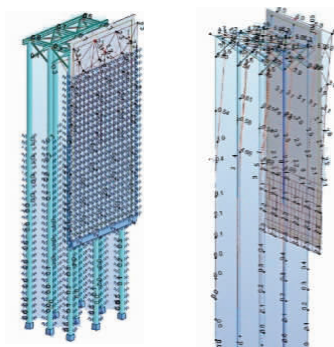


图9 围堰计算图

3 结语

通过永临结合的施工工艺、融合建筑筏板基础理念、利用建筑地连墙和亲水平台的有利条件,克服了北外滩冲刷岸线的不利自然边界条件,高填土引起的不利侧向荷载,建筑荷载要求、黄浦江填河带来的不利影响等,保证了防汛墙的安全,实现了总体功能的目标。

参考文献:

- [1] 龚士良,李采,杨世伦.上海地面沉降与城市防汛安全[J].水文地质工程地质,2008(4):96-101.
- [2] 陈维俭,于海.黄浦江陆家嘴弯道河段近期河床演变研究[J].中国水运,2009,9(8):157-158.
- [3] 姜琦,杜梦.黄浦江典型弯道河段河床演变研究[J].中国水运,2014,14(11):211-212.

《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

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