doi:10.16018/j.cnki.cn32-1650/n.202102010

新建防汛墙水平位移监测与分析

姚顺雨,刘占领,彭 潜,范 鑫 (上海勘测设计研究院有限公司,上海 200434)

摘要:防汛墙在城市防洪中起到至关重要的作用,防汛墙的稳定关系着人民群众的生命和财产 安全,采用极坐标法对黄浦江防汛墙进行水平位移监测以了解防汛墙在墙后施工过程中的变形 情况,通过对监测资料分析,结合施工过程中采取的应急措施,为今后类似项目墙体的设计及后 期施工控制变形提供了实例。

关键词:防汛墙;水平位移;监测

中图分类号:G312 文献标志码:A 文章编号:1671-5322(2021)02-0044-05

防汛墙在城市防洪中起到至关重要的作用, 防汛墙的安全、稳定关系着人民群众的生命和财 产安全。

随着上海经济的迅速发展,上海城区内地下 建筑物的数量快速增加,规模也越来越大,地下基 坑的施工对防汛墙的安全必将造成影响。因此, 如何在复杂条件下确保原有建筑和新建基坑的安 全,对设计、施工和管理提出了更高的要求^[1]。

1 工程概况

某工程位于上海虹口区北外滩地块,南临黄 浦江,项目包含拆除原办公楼建筑,整体新建国际 重大会议中心;拆除东侧4、5、6号库、家属院及东 侧勤务大队营房,改造为绿地广场公共空间;新建 防汛墙;设置9.5 m高程礼仪平台。基坑与防汛 墙平面布置如图1所示。



图 1 基坑与防汛墙平面布置图 Fig 1 Plane layout of foundation pit and flood control wall

新建国际重大会议中心总建筑面积约 99 000 m²,地下建筑面积 42 000 m²。基坑面积 13 998 m²,开挖深度 16 m,采用地连墙 + 混凝土支撑的

围护形式。

新建防汛墙基础采用1排钢板桩+3排钢管 桩,其中钢板桩采用PU 600 mm×210 mm×18 mm

收稿日期:2020-09-29

作者简介:姚顺雨(1978一),男,江苏兴化人,高级工程师,主要研究方向为岩土工程监测。

(热轧钢板桩,桩长 30 m/24 m,桩尖高程 - 26.9 m/ - 20.9 m),钢管桩采用 ϕ 800 mm × 40 000 mm @ 3 000(桩尖高程 - 39.9 m),钢管桩横向间距 3.5 m,钢板桩与钢管桩间距 1.5 m,上部防汛墙结构底板底高程 0,底板厚 1 m,底板宽 10.4 ~ 12.1 m。

防汛墙外侧新建亲水平台,平台作为北外滩 贯通通道,亲水平台顶高程5.00 m,顶宽 20 m,桩 基采用钢管桩方案,横向 6 根 φ 800 mm 的钢管 桩,前两根为 6:1 的叉桩,后 4 根为直桩,桩芯设 置混凝土芯柱^[2]。防汛墙结构型式见图 2。



图 2 防汛墙典型断面 Fig 2 Typical section of flood control wall

在新建防汛墙基础钢板桩的外侧打有一排钢 板桩,两排钢板桩之间填充粗砂,形成临时围堰, 在老墙拆除及新墙建造时以满足防汛要求。外侧 钢板桩在新建防汛墙完成后予以拔除。

2 工程地质条件

场地土层分布相对较为稳定,各地基土的工 程性质分析如下:

(1)①1 层填土,场地内遍布,结构松散,以杂 填土为主,含碎石、砖块、煤渣、植物根茎等,厚度 较大(2.0~3.3 m),工程性质差。

(2)①3 层灰色黏质粉土(江滩土),场地内 遍布,为新近沉积,厚度较厚,松散~稍密,中压缩 性,强度低,均匀性差,标贯击数平均值为6.0,静 力触探比贯入阻力平均值 *P*_s = 1.515 MPa,工程 性质较差。

(3)②3 层灰色砂质粉土,土质不均匀,局部为层状砂质粉土,稍密~中密,中压缩性,标贯击数平均值为15.0,静力触探比贯入阻力平均值 P_s=3.842 MPa,具有一定的强度,工程性质较好。 (4)④层灰色淤泥质黏土,流塑,压缩性高, 高灵敏度,静力触探比贯入阻力平均值 $P_s =$ 0.707 MPa,该层工程性质较差。

(5)⑤11 层灰色粉质黏土,场地内遍布,流塑 ~ 软塑,高压缩性,强度低,静力触探比贯入阻力 平均值 *P*_s=0.973 MPa,工程性质一般。

(6) ⑤12 层灰色粉质黏土,场地内遍布,流塑 ~ 软塑,高压缩性,具有一定的强度,静力触探比 贯入阻力平均值 *P*_s = 1.325 MPa,工程性质一般。

(7) ⑤3 层灰色粉质黏土夹黏质粉土,场地内 遍布,软塑为主,中压缩性,具有一定的强度,静力 触探比贯入阻力平均值 P_s = 1.866 MPa,工程性 质一般,局部夹黏质粉土。

3 测点的布置及监测方法

为了解基坑施工期间,新建防汛墙的变形情况,需对防汛墙进行监测。新建防汛墙共13仓, 其中2~7仓建在原黄浦江河道上,且距离基坑边 线最近距离为2.6m。每仓防汛墙布置两个测 点,分别在沉降缝的两侧^[2]。工作基点采用强制 观测墩,测点采用在墙顶安装强制对中螺栓+棱 镜的方法。防汛墙的位置及分仓情况见图1。

防汛墙的水平位移监测采用极坐标法^[3-4], 如图 3 所示,*A*、*B* 是已知工作基点,*P* 为监测点, 以*A* 点作为测站,*B* 点作为后视,利用全站仪测角 测边,即可测出 *P* 点坐标,测量计算原理如图 3 所示。





图中, *a*_{AR} 为起始 AB 边方位角。

$$\begin{cases} X_p = X_A + D \times \cos \alpha_{AP} \\ Y_p = Y_A + D \times \sin \alpha_{AP} \end{cases}$$
(1)

式中, α_{AP} 为 AP 边方位角;AP 平距为 D;A 点坐标 为(X_A, Y_A),P 点坐标为(X_P, Y_P)。

根据误差传播定律,可求得测点 P 坐标中误 差为:

$$\begin{cases} m_{XP} = \sqrt{m_{XA}^2 + \cos^2(\alpha_{AP}) \times m_D^2 + D^2 \times \sin^2(\alpha_{AP}) \times \frac{m_{\alpha AP}^2 + m_{\alpha AB}^2}{\rho^2}} \\ m_{YP} = \sqrt{m_{YA}^2 + \sin^2(\alpha_{AP}) \times m_D^2 + D^2 \times \cos^2(\alpha_{AP}) \times \frac{m_{\alpha AP}^2 + m_{\alpha AB}^2}{\rho^2}} \\ \end{cases}$$
(2)

公式中, $\rho = 206\ 265'', m_{XA}, m_{YA}$ 为工作基点 A 坐标 中误差, m_D 为平距 D 中误差, $m_{\alpha AR}$ 为 AB 边方位 角中误差, $m_{\alpha AP}$ 为 AP 边方位角中误差。

本项目采用徕卡 TS60 全站仪,其标称测角精 度为 0.5",测距精度 0.6 mm + 1.0 ppm。监测工 作中,工作基点到测点的距离在 100 m 以内,观测 精度最弱方位角为 45°,工作基点采用强制对中 底盘,坐标中误差按照 0 考虑,利用公式(2)可求 得 $m_{xp} = m_{yp} = \pm 0.75$ mm。说明本项目水平位移 监测中,测点坐标中误差在 0.75 mm 之内,满足 监测需要。

4 防汛墙位移及加固处理

新建防汛墙的水平位移监测从 2019 年 7 月 17 日开始,墙身水平位移变化过程线如图 4 ~ 图 5 所示。图中正值表示向黄浦江侧位移,负值向 陆侧位移。

4.1 防汛墙水平位移情况

2019 年 7 月中旬开始拔除临时围堰钢板桩, 2 仓~7 仓防汛墙开始快速向黄浦江侧位移,变化 速率达4 mm/d。墙前土经过一段时间的重新固 结后,从9月2日起,防汛墙的位移速率得到了控 制,一直到11月22日变形速率在0.08 mm/d左 右,11月23日开始墙后清障,防汛墙又开始向黄 浦江侧位移,至2020年1月2日清障结束,这段 时间的变形速率在1.36 mm/d左右。2020年1 月2日后防汛墙的变形速率在0.02 mm/d左右, 逐渐稳定。

2020年2月至5月,基坑开挖,这段时间防 汛墙的水平位移量不大。至结构出现状地面时,2 仓~7仓防汛墙总的水平位移量为135.2~188.2 mm,其他仓位防汛墙总的水平位移量为10.1~ 62.5 mm。

4.2 防汛墙水平位移原因

防汛墙快速位移后,参建单位立刻组织专家 进行分析,得出如下原因:

(1)新建2~7仓防汛墙建在原黄浦江河道上,本身土质条件较差;

(2)该段处于黄浦江冲刷段,墙前滩面较低,坡比较陡,被动区土压力不够;

(3)临时围堰钢板桩的拔除进一步减少了被 动区土压力;

(4)墙后清障后回填土的力学指标不够,CD 清障机的自重较大,距防汛墙又近,增加了墙后 荷载。

4.3 应对措施

后经几次专家会论证,采取如下措施应对防 汛墙变形过快:

(1)8~13 仓的临时围堰钢板桩不再拔除;

(2)在清障前进行保滩施工,抬高墙前滩面, 降低坡比,增加被动土压力;

(3)在地连墙与防汛墙底板之间进行压密注 浆,提高墙后力学指标;

(4)清障采取跳仓形式,减少对防汛墙的连 续影响;



图4 防汛墙水平位移变化过程线(2仓~4仓)

Fig 4 Horizontal displacement variation process line of flood control wall(branch warehouse 2 ~ 4)



图 5 防汛墙水平位移变化过程线(4 仓 ~ 7 仓) Fig 5 Horizontal displacement variation process line of flood control wall(branch warehouse 4 ~ 7)

(5)考虑到基坑南北两侧荷载不对称,增大 南侧(防汛墙侧)的地连墙厚度,提高刚度,以减 小基坑开挖对防汛墙的影响;

(6)在防汛墙墙身采用植筋的方式浇筑锚定 块,在墙后20m范围内施打钢板桩,钢板桩顶部 现浇导梁,锚定块和导梁之间采用锚杆相连,钢拉 杆布置间距6m,利用锚杆张拉产生拉力拉住防 汛墙。在基坑南侧地连墙浇筑完成后,拉杆断开 与钢板桩的连接,改为连接在基坑地连墙上^[5], 提高防汛墙抗水平位移能力。

4.4 取得的效果

(1)后期清障时防汛墙的变形速率由 1.36 mm/d 左右下降到 0.02 mm/d 左右;

(2)2020年2月基坑开挖至5月底板浇筑完成,在这期间防汛墙的水平位移量为1.1~4.2mm,总体变化较小。

(3) 基坑开挖阶段北侧的水平位移量在 8.2~14.9 mm,南侧的水平位移量在7.9~18.2 mm,均为向坑内位移。并未出现因基坑南北两侧 荷载不对称而引起防汛墙的水平位移。

5 结论及建议

一般情况下,基坑施工对防汛墙产生的影响 主要包括:(1)坑内土体卸载及围护体变形引起 防汛墙竖向及向基坑方向的水平位移;(2)基坑 降水、围护渗漏导致地下水位降低,引起防汛墙变 形^[6-7]。

而在本工程中,新建防汛墙在基坑施工前产 生了向河道的水平位移,引起了各方的重视,采取 了包括增大防汛墙侧的地连墙厚度的各项改进, 将基坑施工期间对防汛墙的影响降到了最低。

虽然防汛墙水平位移较大,经设计验算^[5], 防汛墙的整体结构仍然稳定,满足防汛要求。得 益于两点:(1)新建防汛墙的基础型式,1 排钢板 桩+3 排钢管桩,该结构有利于抵抗水平位移过 大引起的剪切力;(2)防汛墙外侧的亲水平台在 阻止防汛墙变形方面起到了一定的积极作用,底 部6:1 的叉桩能有效提供水平力。

建议:在类似工程中关注河道的滩面情况,保 滩施工在墙后施工前进行;提高防汛墙侧围护结 构的刚度;施工过程中及完工后的运行阶段全程 进行现场巡视及安全监测^[8],及时发现问题,及 时解决问题,消灭隐患。

参考文献:

- [1] 郝眩明. 紧邻防汛墙基坑防汛安全影响研究[J]. 城市道桥与防洪, 2013(6): 118-122.
- [2] 董学刚. 北外滩贯通和综合改造提升工程初步设计报告[R]. 上海市政工程设计研究总院(集团有限公司),2018: 128-129.
- [3] 上海岩土工程勘察设计研究院有限公司. 基坑工程施工监测规程:DG/TJ 08—2001—2016[S]. 上海:同济大学出版 社,2016:23.
- [4] 钱继春,张靖. 单排钢板桩围堰水平位移监测分析[J]. 土工基础,2020,34(2):261-264.
- [5] 邓鹏. 北外滩贯通和综合改造提升工程一期项目涉河影响专项补充论证报告[R]. 上海勘测设计研究院有限公司, 2019:16-17.
- [6] 陈凯. 基坑开挖对邻近防汛墙安全影响分析[J]. 市政技术, 2016, 34(5): 174-178.
- [7] 康晓雯. 承台基坑开挖对既有防汛墙结构影响的分析[J]. 城市道桥与防洪, 2020(3): 170-172.
- [8] 欧阳龙山. 蕰藻浜闸外段航道疏浚工程对现有防汛墙影响分析及控制[J]. 中国水运,2018(9):35-37.

Monitoring and Analysis of Horizontal Displacement of New Flood Control Wall

YAO Shunyu, LIU Zhanling, PENG Qian, FAN Xin

(Shanghai Investigation, Design and Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200434, China)

Abstract: Flood control wall plays a vital role in urban flood control. The stability of flood control wall is related to the safety of people's lives and property. Polar coordinate method is used to monitor the horizontal displacement of the flood control wall of Huangpu River in order to understand the deformation of the flood control wall in the process of construction behind the wall. Through the analysis of the monitoring data, combined with the emergency measures taken in the construction process, it provides an example for the wall design of similar projects in the future and the deformation control in the later construction. **Keywords**:flood control wall; horizontal displacement; monitoring

(责任编辑:张英健)