

基于HS-Small模型的黄浦江既有防汛墙加固改造受力分析研究

岳哲

(上海市水利工程设计研究院有限公司, 上海市 200030)

摘要: 在城市更新背景下,为了提高区域防洪除涝能力,对城市河道既有防汛墙进行加固改造成为城市发展过程中需要解决的新问题。在防汛墙改造设计过程中,需要对新建桩基泥面线处位移进行复核以保证防汛墙的安全性与稳定性。以黄浦江中上游堤防防洪能力提升工程为例,围绕黄浦江既有防汛墙加固改造过程中新老桩基联合受力问题,为更准确地分析新老桩基共同工作时的受力与变形特性,通过引入HS-Small模型对新建桩基泥面线处位移进行分析,并考虑土体受桩基挤压后的硬化效应与既有桩基在改造前的初始变形状态,合理设计建模流程,使计算更贴合实际工况。结果表明,与传统公式法相比,该方法能更真实地反映桩土相互作用及桩基位移变化,为既有防汛墙加固改造工程中的桩基设计提供了更为可靠的计算手段,为类似工程提供理论依据与实践参考。

关键词: 堤防改造;防汛墙;城市更新;桩基位移

中图分类号: TV871

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)06-0105-04

Analysis and Research on Stress of Reinforcement and Reconstruction of Existing Flood Control Wall along Huangpu River Based on HS-Small Model

YUE Zhe

(SWEDRI, Shanghai 200030, China)

Abstract: Under the background of urban renewal, in order to improve the ability of regional flood and waterlogging control, the reinforcement and reconstruction of the existing flood control wall of urban river have become a new problem to be solved in the process of urban development. During the design of flood control wall reconstruction, it is necessary to recheck the displacement at the mud line of the new pile foundation to ensure the safety and stability of the flood control wall. Taking the flood control capacity improvement project of the dikes at the middle and upper reaches of the Huangpu River as an example, focusing on the joint force of new and old pile foundations during the reinforcement and reconstruction of the existing flood control wall along the Huangpu River, in order to more accurately analyze the force and deformation characteristics of the new and old pile foundations during jointed work, the HS-Small model is introduced to analyze the displacement at the mud line of the new pile foundation, and the hardening effect of the soil after being squeezed by the pile foundation and the initial deformation state of the existing pile foundation before the reconstruction are considered. The reasonable design of modeling process can make the calculation more suitable for the actual working conditions. The results show that compared with the traditional formula methods, this method can more truly reflect the pile-soil interaction and pile foundation displacement changes, which provides a more reliable calculation method for the design of pile foundation in the reinforcement and reconstruction projects of the existing flood control walls, and provides a theoretical basis and practical reference for similar projects.

Keywords: dike reconstruction; flood control wall; urban renewal; displacement of pile foundation

0 引言

近年来,由于全球气候变暖、海平面上升等环境因素,加之流域区域水情工情的持续恶化,上海市出

现了“风、暴、潮、洪”四碰头的极端天气情况,黄浦江水位也出现趋势性抬升,发生了堤顶漫溢、堤顶越浪、墙身渗水等险情^[1-2]。在此背景之下,黄浦江防汛墙的加高加固成为上海城市更新与防洪领域亟需解决的新问题^[3]。针对黄浦江防汛墙面临的高程不足问题,受限于规划定位^[4]、景观要求^[5-6]、墙前墙后水头差限制、堤后荷载变化等因素,通过对现有防汛

收稿日期: 2025-11-28

作者简介: 岳哲(1993—),男,硕士,工程师,从事水利工程设计工作。

墙进行简单接高达到新设防标准是不可行的。因此,黄浦江防汛墙的改建需要根据实际情况因地制宜地选用加固方案,并按现行荷载标准及相应的计算规范进行复核。根据现状防汛墙的具体情况,结合历年加固改造经验,防汛墙的加固改造型式主要可以分为骑跨改造型、局部利用型与整体利用型^[7]。针对骑跨改造型或者整体利用型的改造形式,因无需考虑新老桩基共同受力问题,结构计算均可以直接采用新建基础或现有基础进行复核。而针对局部利用型的改造形式,由于新建基础与现有基础的受力状态不同,因此需要更为具体的分析与研究。

1 研究对象及方法

1.1 研究对象

本文研究对象为黄浦江防汛墙(典型结构见图1)改建过程中采用局部利用改造形式的岸段,包括墙后加固(见图2)与墙前加固(见图3)。即保留已有桩基础,在墙前或前后新建桩基础与现有结构形成共同受力体系,增加基础的侧向刚度,减少因荷载增加引起的侧向位移。

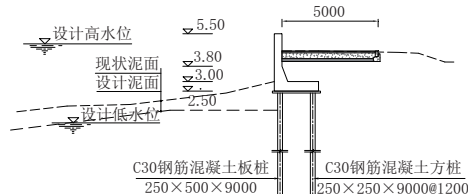


图1 现状断面(单位:mm)

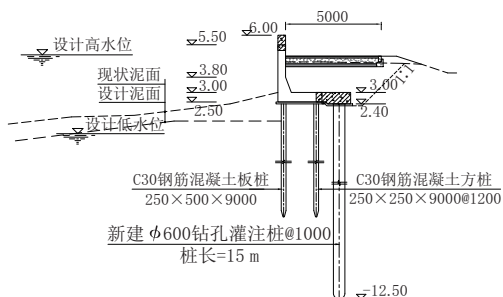


图2 后排桩加固典型断面图(单位:mm)

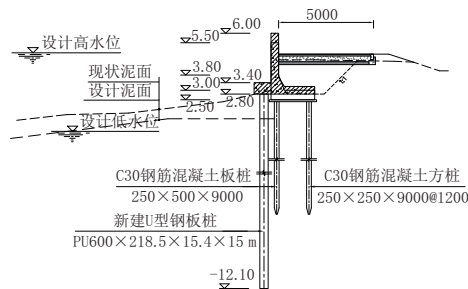


图3 前排桩加固典型断面图(单位:mm)

1.2 公式法

在设计过程中,对防汛墙基础的计算主要是泥

面线处的位移计算,参照《防汛墙工程设计标准》^[8],一般采用理正岩土计算软件(6.5版)中的“挡土墙设计”模块输出防汛墙受到的荷载,传递至桩基础采用“M”法计算桩基在泥面线处的位移^[9-10],该方法在上海市防汛墙设计过程中有多年的实践经验,在新建防汛墙的桩基位移计算中有较高的准确度。

1.3 基于HS-Small模型的防汛墙桩基位移计算方法

在公式法基础上,笔者提出一种基于HS-Small模型的适用于既有防汛墙加固改造的桩基位移的计算方法,可以有效优化现有计算结果。

1.3.1 本构模型的选取

本文分析对象为防汛墙,主体结构为板墙+桩基的结构形式,主要为二维受力体系,采用Plaxis2D进行计算即可,为了模拟出后排桩之间的间距,后排桩可以采用嵌入式排梁单元进行模拟^[11]。

关于土体本构模型的选取,一般Plaxis2D常用的有Mohr-Coulomb本构模型(下文简称MC本构)与HS-Small本构模型(下文简称HSS本构)。MC本构模型涉及的参数获取简单,但只能反映土体在剪切应力作用下的应力分布,难以准确模拟复杂应力路径(如基坑开挖)下的变形,可能高估土体与结构位移,所以一般用于分析土体整体稳定破坏的情况,在尝试采用MC本构分析防汛墙桩基位移时,临河侧泥面线会出现较大隆起^[12],导致位移计算结果失真。而HSS本构可以同时考虑土体剪切硬化和压缩硬化,而且还可以考虑土体剪切模量在微小应变范围内随应变衰减的行为^[13-14],虽然HSS本构需要的土体参数较多且较难获取,但可以根据大量的工程经验进行简化计算,因此本文采用HS-Small本构模型为计算模型。

1.3.2 计算工况及边界条件

防汛墙稳定验算一般包括稳定渗流期、水位降落期、地震工况与施工期^[15]四个工况;黄浦江为典型的感潮河网,潮位高差大,结合多年工程经验,一般情况下,水位降落期为控制工况,本文以水位降落期作为控制工况进行验算;结构泥面边界条件采用可能冲刷最大泥面线向下偏移50 cm作为设计泥面线;墙后水位取地面以下1 m,墙前水位取设计低水位;墙后荷载按10 kN/m²计算。

1.3.3 计算参数

根据实际情况,防汛墙与桩基计算参数见表1。

土层厚度、重度等参数均按实际地勘报告选取,

表1 结构材料参数

结构材料	行为参数	模拟单元	EA/(GN·m ⁻¹)	EI/(GN·m ² /m)	泊松比
600 mm厚防汛墙底板	弹性	板单元	15.3	0.459	0.15
400 mm厚防汛墙墙身	弹性	板单元	10.2	0.136	0.15
现有250 mm×500 mm×9 m板桩	弹性	板单元	3.19	0.017	0.15
现有250 mm×250 mm×9 m方桩	弹性	嵌入式排梁	1.59	0.008 3	0.15
新建PU600 mm×218.5 mm×15.4 mm×15 m钢板桩	弹性	板单元	8.48	0.16	0.15
新建φ600 mm×15 m钻孔灌注桩	弹性	嵌入式排梁	4.65	0.093	0.30

而HSS本构需要计算 $E_{\text{aed}}^{\text{ref}}$ 、 E_{50}^{ref} 、 $E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$ 等参数,本文参考王卫东等的研究^[16],该方法在上海市应用多年,对上海典型土层模型参数有较高的准确性与适用性,具体参数见表2。

表2 防汛墙桩基位移计算参数取值(HSS模型)

土层	c'/kPa	$\varphi'/(^{\circ})$	$E_{\text{aed}}^{\text{ref}}/\text{kPa}$	$E_{50}^{\text{ref}}/\text{kPa}$	$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}/\text{kPa}$	e_0	$G_0^{\text{ref}}/\text{kPa}$	$\gamma_{0.7}/10^{-4}$	K_0	R_f
② ₁ 粉质黏土	7	26.2	4 473.00	5 367.60	31 311.00	0.84	81 368.32	2.5	0.56	0.9
③淤泥质粉质黏土	4	28.6	2 853.00	3 423.60	19 971.00	1.13	52 780.38	1.7	0.52	0.6
④ ₁ 淤泥质黏土	6	22.6	2 313.00	2 775.60	16 191.00	1.28	41 405.39	2.1	0.62	0.6
⑤ ₁₋₁ 黏土	7	24.5	2 565.00	3 078.00	17 955.00	1.18	48 732.21	2	0.59	0.6

本文对墙前加固与墙后加固的两个典型断面进行研究。为了与公式法进行对比,选用两种工况进行模型计算。

模型一:将新老桩基作为一个整体进行分析,具体建模流程见图4。

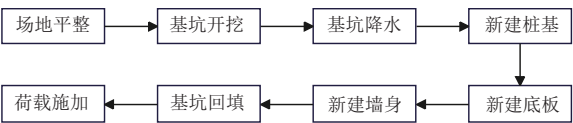


图4 模型一建模流程图

模型二:根据工程实际情况,建模时在现状结构的基础上,开挖基坑,并新建桩基础,具体建模流程见图5。

2 结果与讨论

公式法与本方法计算结果见表3与图6。

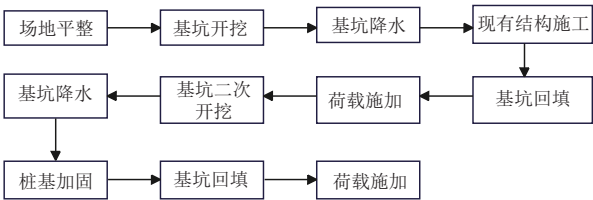


图5 模型二建模流程图

表3 计算结果表 单位:mm

结构	公式法	模型一	模型二
后排加固	7.322	7.168	9.121
前排加固	7.812	7.741	9.586

计算结果显示,在相同的荷载条件与工况作用下,公式法计算结果与模型一结果基本一致,模型一将新老基础作为一个整体,结构刚度可以同时发挥效果,与公式法计算原理一致;模型一计算结果略小于公式法,主要是因为采用有限元进行计算时,考虑了土体受桩基挤压后硬化的情况,增加了土体的侧

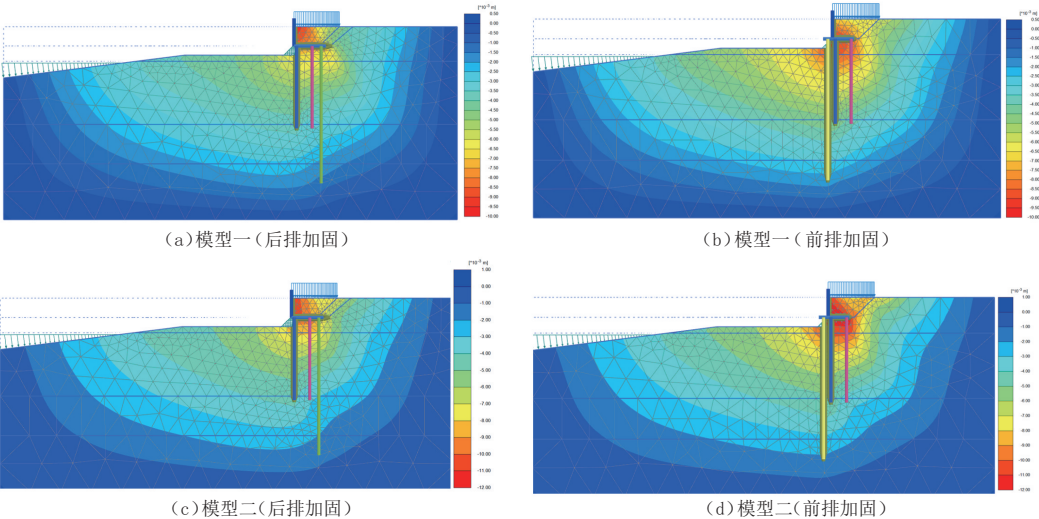


图6 计算结果

向刚度,两种方法在计算结果上有些许误差,结果总体趋于一致。

模型二采用了基于HS-Small模型的防汛墙桩基位移计算方法,考虑了实际工程情况,在新建基础承担荷载前,模拟了老结构已经存在的变形、基坑开挖的卸载效应,更贴合实际。整体结果略大于公式法,可能由于既有桩基在长年累月的侧向荷载作用下,桩基整体变形更接近塑性变形,虽然河道基坑处的卸土与再堆载一定程度上可以释放一定弹性形变,但已无法恢复至老结构刚施工完成的阶段,由于新老桩基在荷载分配上是非线性的,使现有桩基由新增荷载引起的变形无法计算,因此采用公式法对此类断面的桩基位移进行计算不够精确。

3 结 论

在防汛墙加固改造设计过程中,针对局部利用型断面的桩基位移计算,采用公式法与基于HS-Small模型的有限元分析方法对比研究,结论如下:

(1)传统公式法与新老桩基作为整体进行有限元分析(模型一)的结果一致,表明传统公式法未考虑新老桩基的荷载分配比例,结果可能与实际情况有偏差。

(2)采用基于HS-Small模型的防汛墙桩基位移计算方法可以通过合理设计建模流程(模型二),综合考虑既有桩基在改造前的已有变形,在新建桩基完成后结合受力,更贴近实际情况。

参考文献:

- [1] 李琪,韦浩,毛兴华.黄浦江中上游潮位变化及其成因分析[J].水利水电快报,2024,45(11):17-20.
- [2] 赵庚润,李羽文,崔冬,等.黄浦江上海市区段防汛墙漫溢风险分析[J].水利水电科技进展,2016,36(3):57-61;67.
- [3] 王建生,刘晨宇.河口城市主要河道防洪标准研究——以上海市黄浦江为例[J].城市道桥与防洪,2025(8):190-194.
- [4] 汤志平.上海黄浦江两岸地区总体规划和战略定位研究[D].上海:上海交通大学,2012.
- [5] 乐晓风,奚东帆.苏州河防汛墙景观规划研究[J].上海建设科技,2006(5):25-28.
- [6] 程雪松,单烨.从自然滩地到城市开放空间——黄浦江、苏州河水景观空间发展概要[J].中国园林,2016,32(8):111-116.
- [7] 邓雪辉,唐金忠.黄浦江上游防汛墙改建结构型式探讨[J].水利规划与设计,2017(11):111-113;166.
- [8] DG/TJ 08-2305—2019 防汛墙工程设计标准[S].
- [9] 朱焱峰,杨蔚为,张雨剑.软土地基新开河道挡墙水平位移影响研究[J].城市道桥与防洪,2024(8):147-151.
- [10] DBJ 50/T-047—2024 建筑地基基础设计标准[S].
- [11] 吴坤铭.拉锚地连墙支护深基坑的稳定性分析与优化设计[J].安徽建筑大学学报,2021,29(4):1-5;88.
- [12] 张瑞金,胡奇凡.摩尔库伦和修正摩尔库伦本构有限元模拟结果对比分析[J].中国房地产业,2015(8):256-258.
- [13] 田利勇,于文华,卢育芳.Plaxis在板桩结构分析中的应用[J].水运工程,2015(4):194-200.
- [14] 吴逸,杨永保,田利勇.HSS模型在软土地区水闸地基基础设计中的研究[J].广东水利水电,2016(2):26-31.
- [15] GB 50286—2013 堤防工程设计规范[S].
- [16] 王卫东,王浩然,徐中华.上海地区基坑开挖数值分析中土体HS-Small模型参数的研究[J].岩土力学,2013,34(6):1766-1774.

《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

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: roadbridgeflood@163.com



广 告