

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.12.031

上海市银都路隧道穿越对防汛墙的影响分析

杜壹伦

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要:上海市银都路隧道在实施过程中穿越黄浦江,可能会导致黄浦江两岸防汛墙地表沉降。通过有限元软件 Plaxis 二维有限元模型,模拟盾构掘进穿越黄浦江的过程,预测出隧道穿越黄浦江过程中对两岸防汛墙造成的影响,并提出相关建议,以期类似工程提供参考。

关键词:防汛墙;盾构隧道;数值模拟

中图分类号: TV54

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)12-0115-04

0 引 言

银都路越江隧道位于 S20 外环线以南 2 km 处,是闵行区黄浦江两岸的重要联系通道,也是浦东新区南部地区的重要对外联系通道。在银都路隧道盾构施工的过程中,需穿越黄浦江防汛墙,这一过程引发的地表沉降会对防汛墙产生较大的影响。为了避免盾构穿越对防汛墙产生较大影响,目前常见防汛墙设计形式为门洞式^[1],或采用注浆加固防汛墙下部基础^[2],以及通过控制盾构机参数保证防汛墙安全^[3]。

本文将通过有限元软件模拟盾构穿越黄浦江的过程,从地面沉降情况分析盾构穿越对防汛墙产生的影响,并提出建议。

1 工程概况

银都路隧道西起徐汇区规划景东路-银都路交叉口,东至闵行区浦锦路-芦恒路交叉口,全线经规划景东路、龙吴路、望月路、黄浦江、规划浦业路、浦锦路。全长 2 715 m,其中圆盾构段长 1 173 m,隧道下层全长 2 715 m,越江段采用直径 15.0 m 圆盾构实施,双向八车道规模。盾构断面双圆双层布置,两个盾构中心间距约 25 m,上层布置两车道,下层布置两车道。

本工程穿越段的黄浦江防汛墙均为市区段防汛墙,浦西为立新船厂段,浦东为三林船厂段,如图 1 所示。



图 1 盾构穿越平面图

隧道穿越浦西防汛墙的防汛墙形式为桩基斜坡式,如图 2 所示。坡底板桩规格为 200 mm × 500 mm × 8 000 mm,桩顶导梁 500 mm × 500 mm,顶标高 2.70 m,墙前护坡为浆砌块石,L 型挡墙底板宽 1.2 m,底板顶面标高 4.10 m,防汛墙顶标高 5.80 m;墙厚 0.3 m,墙高 1.7 m,墙后地面标高约 5.40 m,墙前板桩前沿泥面标高 1.50 m,墙后为防汛通道,隧道埋深约 19.8 m。

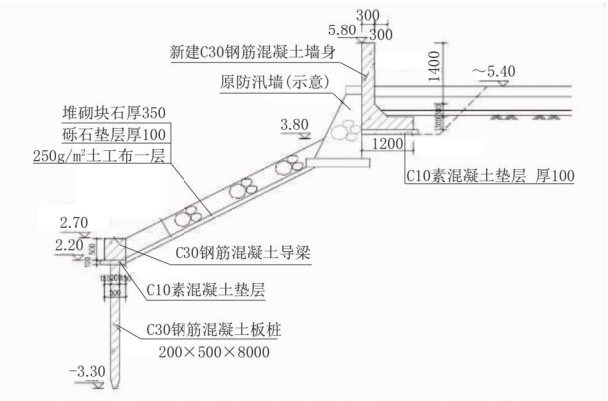


图 2 浦西防汛墙断面图(长度单位:cm;高程单位:m)

隧道穿越浦东防汛墙的防汛墙形式为外贴式结构,如图 3 所示。原挡墙为浆砌块石结构,在浆砌块石挡墙进行贴壁加固。原浆砌块石挡墙厚 650 mm,墙顶标高 4.6 m,板厚 500 mm,底板顶高程 2.45 m。

收稿日期: 2023-02-02
作者简介: 杜壹伦(1993—),女,硕士,工程师,从事水利工程设计及研究工作。

墙前加固的混凝土结构挡墙厚 300 mm,墙顶标高约 5.80 m,设置钢筋混凝土导梁,高约 1 m,导梁下打入 10 m 板桩,桩顶标高 2.4 m,桩底标高 -7.6 m,隧道埋深约 26 m。

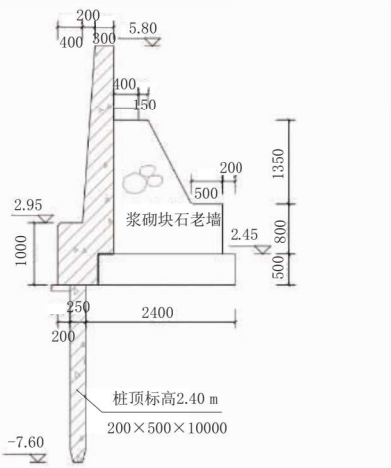


图 3 浦东防汛墙断面图(长度单位:cm;高程单位:m)

2 工程地质概况

根据本次勘察成果,本工程以古河道沉积区为主,仅局部沉积⑥层,拟建场地地层分布具有以下特点:

浅部地层:临近黄浦江侧分布有①₃₁层粉质黏土(江滩土)、①₃₂层黏质粉土(江滩土)及②₃层砂质粉土,其他区域②₁层“硬壳层”粉质黏土、③层淤泥质粉质黏土及④₁层淤泥质黏土分布稳定,其下为微承压水含水层④₂层粉砂。

中部地层:主要受古河道切割影响,地层起伏较大。主要为⑤₂层粉砂、⑤₃₁层粉质黏土夹粉砂、⑤_{31A}层粉质黏土与粉砂互层及⑤₃₂层粉砂夹粉质黏土。⑤₂层及⑤₃₂层为微承压水含水层。在小黄浦江桥处分布有⑥层粉质黏土。

深部地层:受古河道切割影响,⑦₁层、⑦₂层粉细砂层顶起伏较大,其下为⑧层粉质黏土夹粉砂。本工程涉及的土层物理力学指标见表 1。

3 隧道穿越黄浦江的安全影响分析

隧道施工对地表变形及周边设施影响分析的方法有多种,总的可分为两种。一是事先预测。通过各种理论计算方法,根据隧道穿越范围内的地层特性、地表建筑物荷载、上覆土体厚度等的计算进行事先预测。二是根据监测数据,实时掌握地层变形情况,调整施工参数,减小地表变形。

因本工程隧道尚未施工完全,较为合适的方案是采用事先预测的理论计算方法。有限元法是近年

表 1 土层物理力学性质

层号	土名	重度/ (kg·m ⁻³)	固结快剪抗剪强度均值	
			c/KPa	φ/(°)
① ₁	杂填土	18.9	20.7	18.5
③	灰色淤泥质粉质黏土	17.6	11.7	16
④ ₁	灰色淤泥质黏土	16.9	11	11.8
④ ₂	灰色粉砂	18.4	2.5	32.3
⑤ ₁	灰色粉质黏土	17.8	13.7	18.6

来应用较多的预测地面沉降的方法,本文利用有限元软件 Plaxis 建立二维有限元模型,通过定义分布施工阶段来模拟盾构穿越黄浦江的过程,从而分析隧道穿越对防汛墙产生的影响。

3.1 计算模型

有限元数值计算中,土体采用 Hardening-Soil 弹塑性模型,等边三角形 15 节点平面单元。围护结构采用线弹性模型,同时采用 Goodman 接触单元考虑了土体和地下结构之间的相互作用。土体采用 Hardening-Soil 模型(简称 HS 模型),该模型可以同时考虑剪切硬化和压缩硬化,并采用 Mohr-Coulomb 破坏准则。

计算区域为:深度取距离隧道以下 50 m,模型宽度考虑隧道穿越范围以外上、下游各 80 m,即 160 m。模型图如图 4 和图 5 所示。

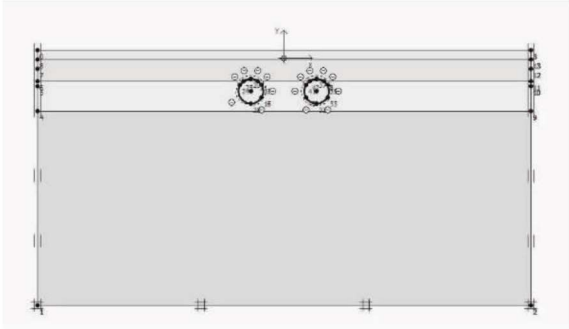


图 4 黄浦江西岸模型

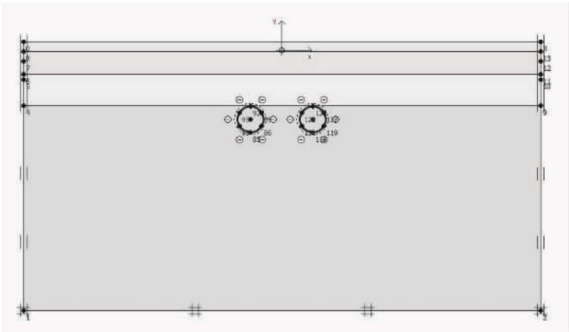


图 5 黄浦江东岸模型

3.2 计算分析过程

为了反映初始应力状态和基坑开挖的施工过

程,本次计算根据不同剖面及其施工步骤进行模拟计算。模拟步骤见表 2。

表 2 施工步骤

工况	内容
施工步骤 1	计算初始应力场
施工步骤 2	添加施工荷载
施工步骤 3	激活隔离桩
施工步骤 4	激活隧道衬砌,挖除隧道内土
施工步骤 5	激活收缩

3.3 计算结果

经计算,黄浦江两岸的防汛墙变形计算结果如图 6 和图 7 所示。

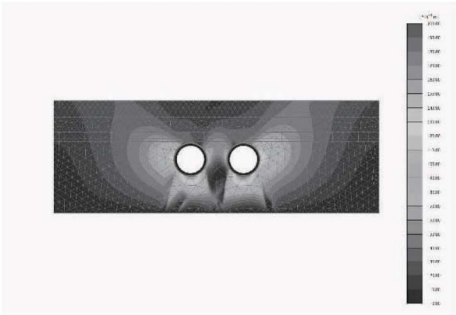


图 6 黄浦江西岸变形图

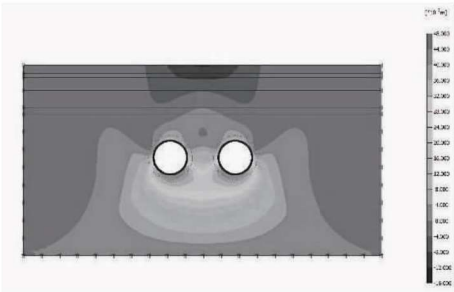


图 7 黄浦江东岸变形图

3.4 计算结果分析

从表 3 可知,盾构掘进过程中,不同的土层损失将引起不同的地面和防汛墙的变形,并且随着土体损失率逐渐增大,沉降变形逐渐增大。

表 3 隧道盾构施工引起防汛墙沉降统计表

序号	岸别	最大沉降量 /mm		
		土层损失率 0.1%	土层损失率 0.5%	土层损失率 1%
1	黄浦江西岸	16.2	19.5	23.8
2	黄浦江东岸	10.9	13.5	16.8

黄浦江防汛墙作为重要防汛设施,要求其最大沉降变形不得超过 10 mm。当土体损失率为 0.1%时,黄浦江西岸的最大沉降为 16.2 mm,已超过 10 mm;黄浦江东岸的最大沉降为 10.9 mm,已超过 10 mm。因此,按照设计方案实施,正常施工情况下,本工程的

施工会影响沿线河道防汛墙的安全。同时,根据以往盾构施工经验,实际变形值往往大于理论值,所以本工程盾构施工会影响防汛墙的安全。

4 预防和减轻防汛安全影响的对策和措施

4.1 施工措施

为确保盾构掘进时将对周边防汛设施的影响控制在可控范围内,应采取两类保护措施:工程保护法和积极保护法。

4.1.1 工程保护法

隧道施工对周边重要防汛设施将产生危害时,施工前应对防汛设施进行工程本体保护。结合所需保护的防汛设施及防汛设施周边的环境情况,可采用间隔法、地基加固、结构加固等工程保护方法对重要防汛设施进行保护。例如,采用压密注浆对防汛墙桩基周围土体进行加固,或者对防汛墙进行加固改造等。

4.1.2 积极保护法

盾构掘进时,隧道沿线地表产生的地面沉降将影响隧道沿线河道、防汛墙、地下管线及泵闸等防汛设施的安全。积极保护法是为了尽量减少对现有工程进行事先拆搬迁或加固工程量,以及减少施工结束后用于修复受影响的构筑物 and 防汛设施的费用,对盾构掘进的施工过程进行优化设计,在施工过程中依据监测数据及时调整施工工艺,如通过对盾构穿越时的泥水指标、切口压力设定、同步注浆管理等方面进行控制。

4.2 监测措施

4.2.1 测点布置

在盾构正上方和盾构外边线两侧各约 100 m 范围内的防汛墙上布设监测点,其中在盾构正上方测点间距 2 m,盾构外边线以外测点间距 4 m 左右,宜布置在沉降缝两侧。

4.2.2 监测内容

监测内容包括墙体沉降、墙体水平位移、墙体变形和裂缝。

4.2.3 监测时间及频率

- (1)在盾构推进至防汛墙前 50 m,测量好测点初始值,正常情况下每天 2 次。
- (2)在盾构推进至防汛墙前 20 m 为每天 4 次。
- (3)盾构穿越防汛墙期间,每推进一环测量一次。
- (4)盾构穿越防汛墙后到进洞期间为每天 4 次。
- (5)盾构进洞以后,可逐渐降低频次,从每天 1

次、三天1次、一周1次……最后每月1次,直至防汛墙变形稳定为止。

4.2.4 报警点

除了每次监测数据及时反馈施工控制中心,当出现下列情况时,应向有关部门报警:累计水平位移、沉降量不小于10 mm,沉降缝处错位不小于5 mm,一天水平位移、沉降量不小于2 mm,侧倾不小于1%,墙体裂缝宽度不小于1.0 mm。

5 计算结论与建议

(1)根据有限元计算分析,本工程隧道施工对两岸防汛墙结构的影响,结构变形不在允许范围之内,会危及防汛墙结构的安全,建议将防汛墙同步实施改造。

(2)要求编制防汛应急预案,落实防汛责任,建设单位应落实施工期防汛抢险的应急预案,预备应急物资,一旦发生危及防汛设施的情况,及时采取措施,保证防汛设施的安全及施工的顺利进行。

(3)施工单位应参照落实上海市防汛墙的相关保护和管理的规定和条例^[4-5]。另外,未经安全论证,

严禁黄浦江大堤行驶重车,杜绝黄浦江堤防后侧近距离、大面积、长时间堆放重物或停放大型车辆等其他可能危及防汛墙安全的行为。

(4)施工单位应严格按照设计进行施工,建设、设计、施工、监理等单位应认真研究落实,严格按照有关规范、规程要求施工,完善并严格执行监测方案,确保施工期防汛墙安全。

(5)银都路隧道建成后,在自身保护范围内明显位置竖立永久性的识别标志牌,防止受到破坏,避免事故发生。

参考文献:

- [1] 陈峰,田利勇,卢伟华.盾构隧道穿越苏州河对防汛墙的影响分析[J].岩土力学,2010,31(12):3855-3866.
- [2] 夏懿,于瑞东,王新旗,等.越江隧道工程穿越防汛墙对防汛墙安全影响及对策研究[J].上海水务,2008(2):40-41,45.
- [3] 朱学银.军工路隧道斜向穿越防汛墙施工技术研究[J].安徽建筑,2013(2):110-112.
- [4] 上海市水务局.上海市跨、穿、沿河构筑物河道管理技术规定[Z].上海:上海市水务局,2007.
- [5] 上海市人民政府.上海市黄浦江防汛墙保护办法[Z].上海:上海市人民政府,2010.

《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