

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.08.041

临港水厂管线工程对大治河护岸的影响分析

王 帆

[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: 上海临港水厂原水管线在穿越大治河护岸施工时,不可避免地引起地层土体应力释放及重新分布,顶管和基坑施工必然影响到大治河护岸的安全。从保护大治河护岸安全的角度出发,采用有限元分析法,深入开展理论分析,研究基坑施工、顶管施工、围堰施工等工况下论证施工对大治河护岸安全的影响,并提出减少影响的相关建议,为保障大治河护岸的结构安全提供有效支撑。文章研究表明工作井基坑施工引起大治河护岸变形在允许的范围,对现状结构的影响较小。

关键词: 管线工程;地下工程;防汛墙

中图分类号: TV33

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)08-0165-04

0 引 言

为更好的服务上海临港新片区的发展战略,满足用水需求,改善供水格局,提高整个片区的供水安全与用水保障,因此建设与临港水厂配套的原水管线工程。本工程自青草沙原水南汇支线(大治河与S2 交汇处)引出两根原水管道,敷设至临港水厂管线敷设路由:自南汇支线 S2 与大治河交叉处的分支点沿 S2 沪芦高速、云水路敷设至临港水厂,见图 1。该原水管线工程总长度 19.66 km,水量设计规模为 20.0 万 m³/d,水压满足临港水厂预臭氧接触池进水泵水位标高 13.35 m 的要求,水质使用青草沙水源水,水质为 II 类标准。



图 1 原水管线区位图

本文主要论证对象为上海最大的人工河道大治河,管线穿越大治河处采用顶管型式,穿越处位于 S2 沪芦高速桥以东约 75 m,穿越范围内规划河口线

与现状河口线重合,穿越点见图 2。两路管线管顶高程 -12.31 m,管顶与北侧现状护岸桩尖距离为 3.81 m,管顶与南侧现状护岸桩尖距离为 5.31 m。顶管接收井距离大治河护岸较近,其围护结构边线距离现状大治河河道护岸约 35 m;顶管工作井围护结构边线距离大治河护岸约 123 m。



图 2 原水管线穿越大治河处

工程在穿越大治河护岸顶管施工时会引起地层土体应力释放及重新分布,可能会带来地表隆起、护岸沉降等不利影响^[1]。因此,为论证原水管穿越是否对大治河护岸产生不利影响,本文基于有限元模型分析法^[2],开展原水管施工对大治河护岸安全影响,为保障大治河护岸的结构安全提供有效支撑。

1 工程概况

1.1 穿越大治河处顶管工程方案

原水管线工程主线两根 DN1400 钢管,钢管管壁厚度 14 mm,采用钢顶管方法平行敷设,两根钢顶管中心间距 4.6 m,一次顶进长度在 400 m 以下。顶管穿越大治河处覆土需满足抗浮要求,一般不小于 1.5 倍管道直径且不小于 2.5 m。顶管顶力大于管道或顶

收稿日期: 2023-02-07

作者简介: 王帆(1990—),男,本科,工程师,从事水工结构设计工作。

管工作井的允许顶力时设置中继间,每套中继环安装 10 只 500 kN 双作用油缸,实际控制顶力为 3 500 kN,油缸行程为 500 mm。

1.2 顶管工作井和接收井工程方案

1.2.1 顶管工作井、接收井平面布置

顶管工作井、接收井位置见图 2, 顶管接收井距离大治河护岸较近, 其围护结构边线距离现状大治河河道护岸约 35 m; 顶管工作井围护结构边线距离大治河护岸约 123 m。

顶管工作井、接收井平面采用圆形,顶管工作井的长度和宽度首先满足顶管完成后工艺井的尺寸,同时工作井的长度根据后座、主油缸、工具管或接长管等长度及施工余量之和确定见图 3。

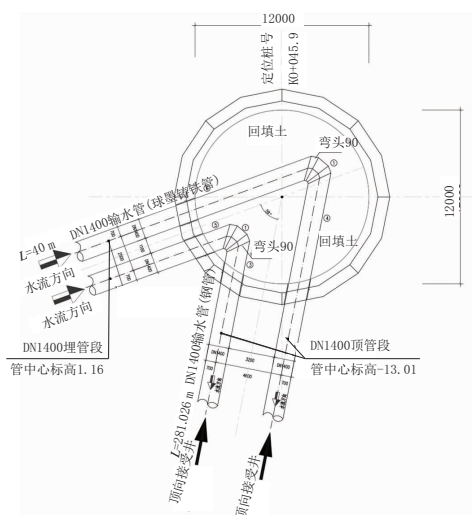


图3 工作井/接收井平面图(单位:mm)

1.2.2 顶管工作井、接收井围护结构

穿越大治河处的顶管工作井、接收井开挖深度较深,顶管工作井、接收井围护结构采用地下连续墙,其剖面见图4。地下连续墙施工时对周边环境影响较小,基坑开挖时由于地下连续墙为钢筋混凝土实体,刚度较大,基坑变形也较小。顶管施工时作为工作井/接收井,顶管施工完成后在井内进行管道连接,后期直接填埋。

1.2.3 顶管工作井、接收井地基加固

为保障工程安全,降低开挖阶段基坑围护结构变形对周边环境的影响,对开挖面以下的土体采用三轴水泥土搅拌桩或高压旋喷桩进行地基加固。

1.2.4 顶管工作井、接收井降水工程

基坑开挖前,对坑底进行预降水,开挖面以上真空管井疏干降水,降水深度始终保持开挖面以下0.5~1 m。降水过程设水位观测孔,严格控制抽水量。

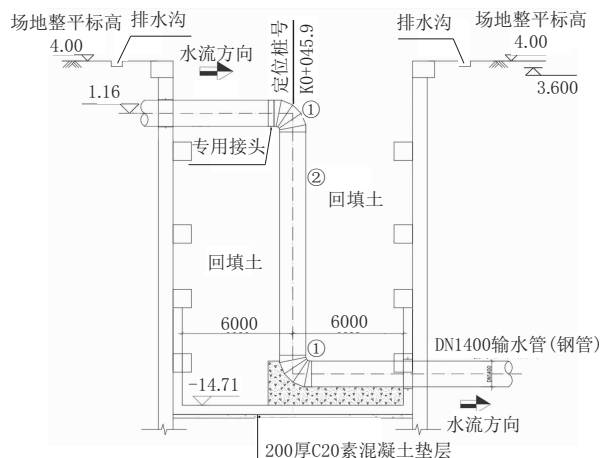


图4 地连墙井剖面图(单位:mm)

1.2.5 顶管工作井、接收井土方回填工程

在地基及管道工程已达到设计要求时对基坑进行回填,回填在结构四周同时均匀分层进行,分层厚度及填土面高差不宜超过 300 mm。回填土料为粘性土。

1.2.6 顶管穿越大治河方案

顶管穿越大治河河道驳岸时避开驳岸护岸桩基,并保留 2 m 净距。因此顶管工作井、接收井基坑开挖深度为 20.1 m 和 20.0 m。

1.3 大治河护岸概况

1.3.1 顶管穿越段与河道位置关系

穿越大治河处采用顶管型式,穿越处位于 S2 沪芦高速桥以东约 75 m,接收井 1 围护结构边线距离现状大治河河道护岸约 35 m,工作井 1 围护结构边线距离现状大治河河道护岸约 123 m。穿越处工程区位见图 2。穿越处纵断面关系图见图 5。

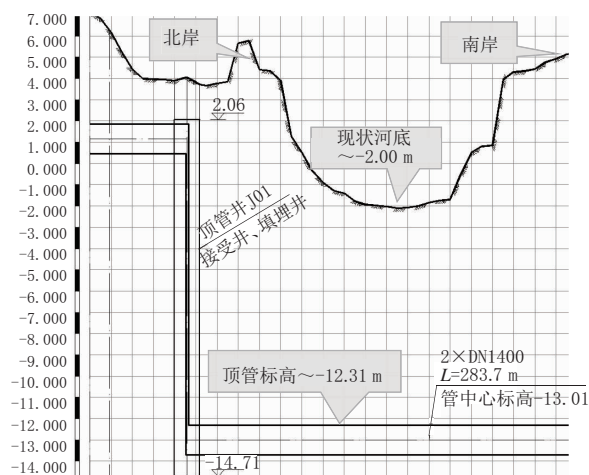


图 5 穿越处纵断面关系图(单位:m)

1.3.2 大治河护岸结构

本工程穿越处大治河现状护岸护岸结构为复合式断面,设计河底高程为 -2.00 m ,自设计河底线处

1 : 3 放坡至高程 1.00 m, 设置 10 m 宽平台。设计河口线处设置 L 型钢筋混凝土结构挡墙, 挡墙厚度为 580 mm, 底板厚度为 500 mm, 挡墙底设置桩基(北岸前排间隔 2.2 m、后排间隔 2.8 m 设置 9 m 长钻孔灌注桩;南岸前排间隔 1.3 m、后排间隔 1.8 m 设置 8 m 方桩), 防汛墙顶高程为 3.80 m, 挡墙顶部 1 : 3 放坡至堤顶高程 4.25 m。

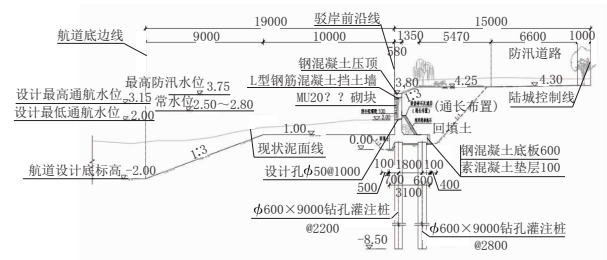


图 6 大治河护岸现状结构型式断面图(单位:mm)

2 研究方法及模型建立

2.1 有限元分析法

本文采用有限元分析法,建立了顶管施工对现状护岸影响的二维有限元模型,模拟施工引起的影响。土体采用 Hardening - soil 模型(简称 HS 模型),该模型在岩土工程中应用较多^[3]。考虑地面荷载为 5 kN/m²,地下水位取地面以下 1.0 m。围护结构、地下管线采用线弹性模型,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,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^[4]。HS 模型应用于基坑开挖分析时具有较好的精度。

2.2 有限元模型的建立及网格划分

为减小模型边界对模拟结果的影响,必须采用足够尺寸的计算模型,本次模拟的计算范围如下:深度为 85 m,水平向 200 m。同时对模型边界进行约束,水平向为 X 向,竖向向为 Y 向,且对 X 边界施加 Y 向位移约束,Y 边界施加 X 向约束。采用 15 节点三角形单元进行模拟土体。有限元计算中土层损失率取 0.5%,其中有限元模型见图 7。

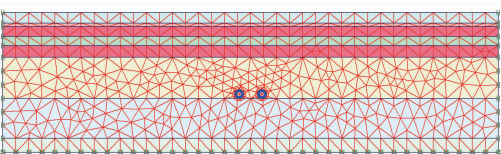


图 7 顶管施工有限元计算模型

关于顶管井基坑施工对大治河现状结构的安全影响,也采用有限元模型,但相比于顶管施工,需要建立多个工况进行模拟^[5]。根据基坑开挖及施工工况确认,其模型的建立见图 8。

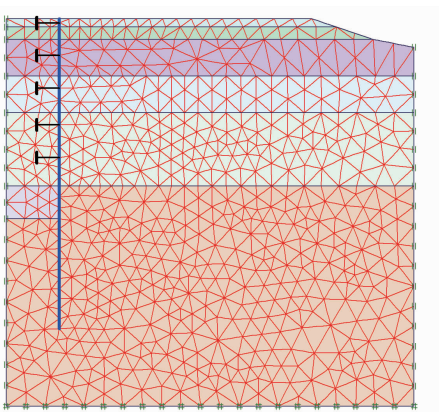


图 8 基坑施工有限元计算模型

3 计算结果及数值模拟安全影响分析

3.1 现状护岸整体稳定安全复核

用现状河床断面对护岸复核,计算结果表明,现状护岸结构在现状边界条件下整体稳定安全系数满足要求,具体计算结果见表 1。

表 1 护岸整体稳定计算成果表

断面	荷载组合情况	计算安全系数	允许安全系数	是否满足
北岸	基本组合	1.328	1.20	是
	特殊组合(施工)	1.258	1.10	是
	特殊组合(地震)	1.273	1.05	是
南岸	基本组合	1.347	1.20	是
	特殊组合(施工)	1.266	1.10	是
	特殊组合(地震)	1.287	1.05	是

3.2 顶管穿越大治河对护岸结构的安全影响

根据该项目穿越点的基本情况建立有限元模型,分析首先模拟土体初始应力^[6],然后建立盾构模型,所得结果见图 9 和图 10。

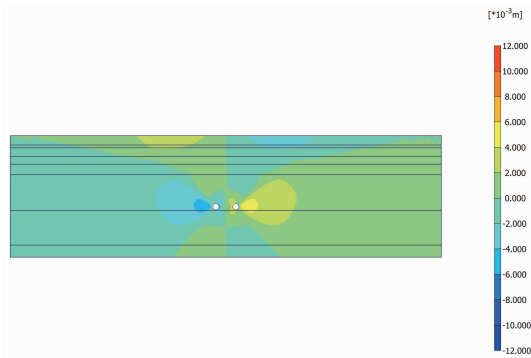


图 9 盾构引起的水平位移变形云图(单位:m)

通过数值模拟计算结果计算可知:土体损失率控制在 0.5%时^[7],原水管顶管穿越大治河引起的地表最大垂直位移约为 9.13 mm,表明地表变形在允许的范围,对现状结构的影响较小,其计算成果见表 2。

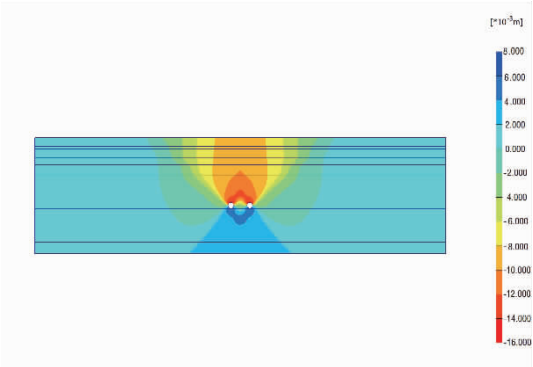


图 10 盾构引起的垂直位移变形云图(单位:m)

表 2 护岸整体稳定计算成果表

顶管顶 标高 /m	河底 标高 /m	水平 变形 /mm	垂直 变形 /mm
-12.31	-2.00	3.57	9.13

3.3 顶管井基坑施工对大治河护岸的安全影响

为了反映初始应力状态及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,及工况步骤设置见表 3。

表 3 施工步骤模拟表

工况	内容
施工步 1	计算初始应力场
施工步 2	激活现状防汛墙结构
施工步 3	添加施工荷载
施工步 4	激活地衬砌结构
施工步 5	开挖土体
施工步 6	激活支撑

最终得到的计算结果见图 11 和图 12。

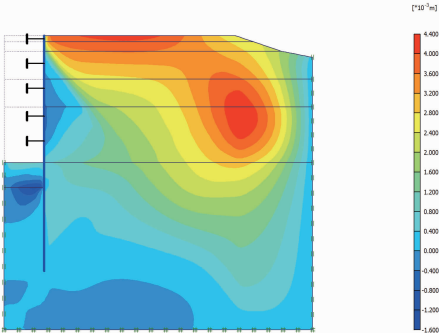


图 11 顶管井基坑引起的水平位移变形云图(单位:m)

通过数值模拟计算结果计算可知:工作井基坑施工引起大治河北岸土体的最大垂直位移为 4.11 mm,

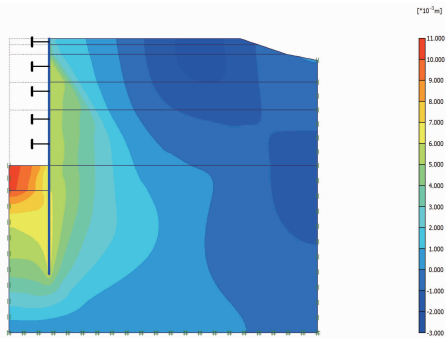


图 12 顶管井基坑引起的竖向位移变形云图(单位:m)

最大水平位移为 5.27 mm,表明地表变形在允许的范围,对现状结构的影响较小。

4 结 语

采用有限元分析软件,深入开展理论分析,研究基坑施工、顶管施工、围堰施工等工况下论证上海临港水厂原水管线工程对大治河护岸的影响分析,得出以下结论:

(1)顶管穿越大治河距离规划河底(本河道按现状控制)的埋置深度大于 200cm,满足防汛要求,本工程穿越处大治河处现状为钢筋混凝土结构,老结构安全稳定满足要求。

(2)土体损失率控制在 0.5%时,顶管施工、工作井基坑施工引起的地表最大沉降量在报警范围之内,对现状结构的影响较小。

参考文献:

[1] 谭伟源,黄玲.软土地区顶管施工引起的路面沉降分析[J].广东土木与建筑,2023,30(1):40-43.
[2] 刘永军,吴俊浩.有限元极限分析法在岩土工程中的应用研究[J].中国高新科技,2021(14):71-73.
[3] 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].2016(2):26-31.
[4] 董学刚,石永超.黄浦江上海市区段防汛墙墙后堆载限值研究[J].人民长江,2019,50(12):113-117.
[5] 黄明峰.深基坑近接施工对既有运营地铁站稳定性的影响研究[J].工程技术研究,2021,6(23):4-6.
[6] 杨小艳.探讨岩土工程数值分析的几点思考[J].四川水泥,2017(1):300.
[7] 丁星星.轨道交通 14 号线越江工程对黄浦江防汛墙的影响分析[J].城市道桥与防洪,2020(7):171-174.