

上海市跨市管河道桥梁涉河影响论证要点分析

封士飞

(上海嘉定水务工程设计有限公司,上海市 201899)

摘 要: 随着上海市基础设施建设的加速,越来越多的建设项目需跨越市管河道,为保证区域的防汛除涝安全,需对跨河的建设项目进行涉河影响论证分析。结合沪通铁路(二期)跨越大治河的惠南特大桥工程实例,从运行期及施工期两个阶段分析涉河影响论证要点。其中,运行期从规划符合性方面复核桥梁桩基的选址及结构,并利用规范中的经验公式复核保留护岸及新建护岸的稳定性;建设期通过 MIDAS Civil 及 Plaxis 等有限元软件复核施工过程中对保留护岸的影响,并通过实用水力学公式复核壅高水位。通过对涉河影响分析中的主要过程及计算方法进行分析,可为其他跨河建设项目在涉河影响分析中提供参考。

关键词: 涉河影响分析;大治河;沪通铁路;阻水比;水位壅高

中图分类号: TV211

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)06-0154-04

0 引言

上海地处长江下游平原的最东端,是长江三角洲前缘典型的冲积平原。从河网自然演变来讲,上海地域水系由河口三角洲发育和发展形成,具有典型的河口感潮河网特征,上海市水务规划设计研究院在《上海市骨干河道布局规划》中创新性的提出了“1张河网、14个水利综合治理分片、226条骨干河道”的全市骨干河道总体规划布局。根据《上海市河道管理条例》,全市河道管理实行三级管理,即市管、区管和镇管,其中市管河道有31条。其确定原则为“根据上海市水利分片综合治理规划,将主要的流域性行洪通道、省市边界河道及行洪、排涝、水资源调度等具有全市控制性作用的河道定为市管河道,并将中心城区内具有防汛排涝重要作用的河道列入市管河道”。为确保区域防汛除涝安全,规范河道管理范围内建设项目,上海市发布实施了《上海市河道管理条例》《上海市防汛条例》。

河道管理范围内的新建、扩建、改建的建设项目众多,本文主要针对沪通铁路(二期)跨大治河涉河影响论证案例进行分析,并对河道管理范围内的跨河桥梁涉河论证方法进行归纳总结,可为市管河道涉河论证工作提供参考。

1 桥梁涉河论证的要点

涉河影响论证报告主要论证内容包括涉河建设项目运行期影响分析内容和施工期影响分析内容。

其中涉河建设项目运行期影响分析包括规划符合性分析、水务相关技术规定复核、河势影响分析、行洪除涝影响分析和对周边现有水利设施影响分析等内容。

涉河建设项目施工期影响分析包括施工期临时防汛设施安全复核、项目施工对水利设施的影响分析、项目施工对行洪除涝影响分析、施工期监测要求等内容。

2 项目情况简介

2.1 沪通铁路简介

沪通铁路二期工程北起沪通铁路太仓站,南接四团站,途经江苏省苏州市所辖的太仓市及上海市嘉定区、宝山区、浦东新区、奉贤区,全长约111.368 km。正线设太仓、徐行、上海宝山、外高桥、上海东、四团等6座车站,预留曹路、惠南2座车站。线路设计时速200 km/h,采用客货共线,具体走向如图1所示。

沪通铁路二期跨大治河处为惠南特大桥(见图2),采用1孔128 m系杆拱跨越大治河航道,桥面宽17 m,两岸规划河口线处梁底高程不低于11.14 m(上海吴淞高程),北岸339#承台距规划河口线最小距离20.16 m,南岸340#桥墩与规划河口线重合(承

收稿日期:2023-05-06

作者简介:封士飞(1989—),男,本科,工程师,从事水利设计及咨询工作。

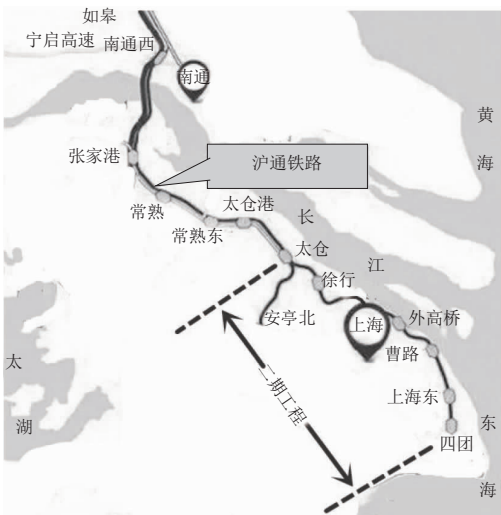


图1 沪通铁路二期走向示意图

台侵入距规划河口线内最大距离 2.75 m，承台位于泥面线以下)。

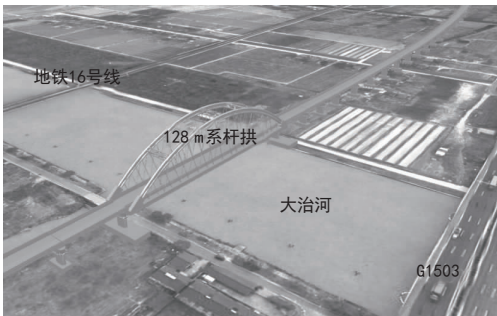


图2 惠南特大桥跨大治河示意图

2.2 大治河情况简介

大治河为浦东片的主干河道,属于圩外河道。西连黄浦江,东接长江口,规划河口宽 102~132 m,大治河为规划“一环十射”航道。大治河外排长江,现状有节制闸,闸孔净宽 90 m,内接黄浦江,现状有船闸。根据《浦东新区水利规划》,大治河北侧为主城区外川杨河—大治河、浦东机场以西区域,采取“蓄排结合,以蓄为主”的除涝策略,大治河南侧为大治河以南、临港滴水湖核心片区以西区域,除涝策略为“蓄排结合,蓄排并重”。

沪通铁路跨大治河处现状河口宽 108 m,在铁路红线及上下游 30 m 范围内河道规模已达标,北岸为浆砌块石高挡墙和浆砌块石矮挡墙 + 护坡,南岸为钢筋混凝土挡墙 + 霹雳砌块。河道两侧均有已建的防汛通道,防汛通道总宽均为 6.6 m,大治河现状如图 3 所示。

3 涉河建设项目运行期影响分析

3.1 规划符合性分析

根据大治河上位规划,大治河规划河口宽 102 m,



图3 大治河现状照片

河底高程 -2 m,河底宽 64 m。现状河口宽 107.7 m,河底高程 -2.0 m,河底宽 68.4 m。根据桥梁桩基平面布置图(见图 4)及立面图(见图 5),北侧 339# 墩台距离规划河口线 20.16 m,距离现状河口线 14.35 m,满足规划的要求;南侧 340# 桥墩迎水侧与规划河口线重合,墩台虽然侵入规划(现状)河口线 2.75 m,但墩台顶高程低于设计河道断面线 2.0 m,因此并不会影响河道的过流断面,同时也符合河道规划的要求。

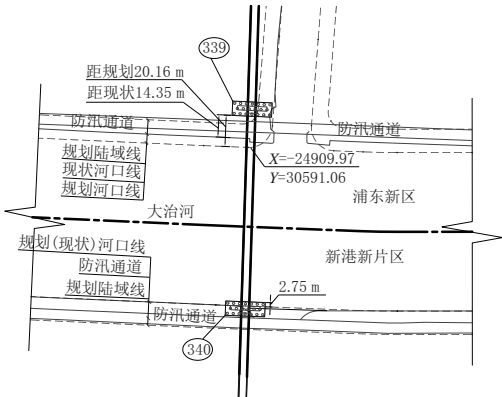


图4 桥梁平面布置图

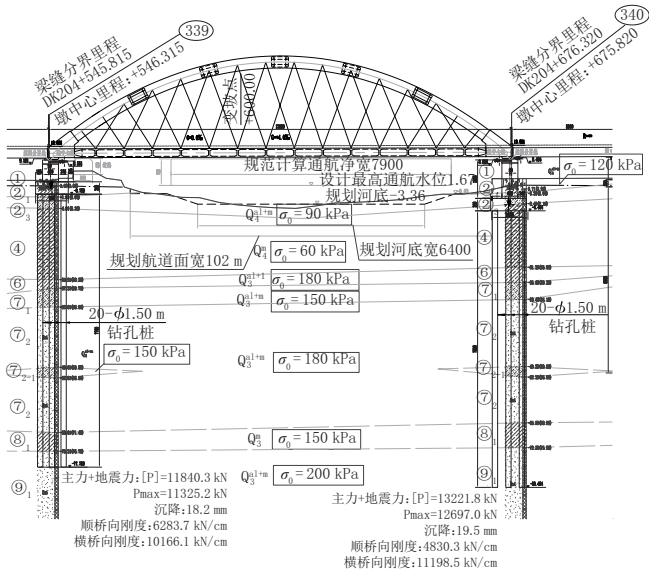


图5 桥梁平面立面图

3.2 保留护岸稳定性复核

桥梁上下游河段已于 2017 年大芦线航道整治工程二期工程中按规划整治,北岸为浆砌块石高挡墙和浆砌块石矮挡墙 + 护坡,南岸为钢筋混凝土挡

墙+霹雳砌块。

边坡整体稳定分析采用瑞典圆弧法。抗滑稳定安全系数计算公式^[1]如下:

$$K = \frac{\sum [(W+V) \cos \alpha - ub \sec \alpha - Q \sin \alpha] \tan \varphi' + c' b \sec \alpha}{\sum [(W \pm V) \sin \alpha + M_e / R]} \quad (1)$$

式中: W 为土条重量, kN; Q 、 V 为水平河和垂直地震惯性力, kN; α 为条块重力线与通过此条块底面中点的半径之间的夹角, °; u 为作用于土条底面的孔隙压力, kN/m²; b 为土条宽度, m; M_e 为水平地震惯性力对圆心的力矩, kN·m; R 为圆弧半径, m; c' 为土条底面的有效凝聚力, kN/m²; φ' 为土条底面的有效内摩擦角, °。

桩基承载力计算按《地基基础设计规范》(GB 50007—2011)第 7.2.4 条估算^[2]:

$$R_d = \frac{R_{sk}}{r_s} + \frac{R_{pk}}{r_p} = \frac{U_p \sum f_{si} l_i}{r_s} + \frac{f_p A_p}{r_p} \quad (2)$$

式中: R_d 为单桩竖向承载力设计值, kN; R_{sk} 为桩侧总极限摩阻力标准值, kN; r_s 为桩侧摩阻力分项系数; R_{pk} 为桩端极限阻力标准值, kN; r_p 为桩端阻力分项系数; U_p 为桩身截面周长, m; f_{si} 为桩周第 i 层土的极限摩阻力标准值, kPa; f_p 为桩端处土的极限端阻力标准值, kPa; A_p 为桩端截面面积, m²。

基础桩顶位移采用“m”法进行计算。

经复核, 三种护岸最小边坡安全系数为 1.53, 最大桩顶水平位移为 3.7 mm, 均满足规范要求。

3.3 新建护岸稳定性复核

因桥梁南侧承台基坑施工时, 会对周边护岸造成一定程度的损坏, 需对影响范围内的护岸进行翻建, 翻建的护岸结构从外观上应与原护岸结构保持一致。共翻建护岸长为 18 m, 分为墩台段和非墩台段。其中墩台段长 6 m, 非墩台段长 12 m。新建护岸稳定性计算原理与保留护岸一致, 经复核, 所有指标均满足规范要求。

4 涉河建设项目施工工期影响分析

施工工期影响分析论证要点主要包含临时围堰的安全复核、基坑开挖对防汛设施(护岸)的影响、基坑及施工临时支架对行洪除涝的影响等。

4.1 施工期临时防汛设施安全复核

工程仅南侧承台基坑围护结构兼做临时围堰, 围堰的稳定性与基坑的稳定性一致。按基坑的稳定性进行复核。

采用理正、MIDAS Civil 两款专业软件, 考虑分

按朗肯土压力理论计算作用于围护墙上的土压力。将支撑视作可变形的弹簧, 在被动区设置土弹簧以模拟被动区土体抗力, 弹性抗力按“m”法计算。

利用程序模拟实际土方开挖及支撑施工情况, 用增量法求解各工况围护结构的内力及变形分布。可完整考虑支撑拆除及换撑等对围护结构内力及变形的影响。

其中最不利工况下计算结果如图 6 所示, 钢围堰最大变形为 4.23 mm < [L/400]=10 mm, 满足要求。

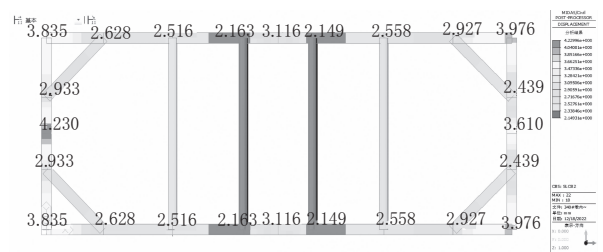


图 6 内支撑变形图

4.2 桥墩基坑施工对现状护岸的安全影响复核

339# 桥墩承台(北岸)基坑尺寸为 27.4 m × 11.2 m, 基坑深度为 4.5 m, 距北岸现状河口线 15.43 m, 距北岸规划河口线 21.25 m。340# 桥墩承台(南岸)基坑尺寸为 27.4 m × 11.2 m, 基坑深度为 7.1 m, 侵占南岸河口线 3.87 m。

采用 Plaxis 有限元进行计算, 有限元模型的建立如下。

(1) 土体模型与参数

土体采用 HS-small 模型^[3], 该模型不但可以同时考虑土体剪切硬化和压缩硬化, 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, 适用于上海地区基坑开挖问题。

(2) 荷载和地下水位

计算中考虑地面荷载为 5 kN/m², 南侧基坑取河道常水位 2.80 m, 北侧基坑地下水位取地面以下 1 m。

(3) 连续介质的模拟

有限元计算中土体采用 HS-small 弹塑性模型 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 HS-small 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。HS-small 模型应用于基坑开挖分析时具有较好的精度。

(4) 计算模型

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: 模型深度根据地勘钻孔深度确定, 约 44 m; 模型宽度应不小于基坑开挖深度(7.1 m)的 3~4 倍, 本次取

50 m;采用 15 节点三角形单元进行模拟。

(5)施工工况模拟

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,具体数据见表 1。南侧基坑剖面为平行河道方向,北侧基坑剖面为垂直河道方向。

表 1 基坑计算施工步骤

工况	340# 桥墩承台基坑内容	339# 桥墩承台基坑内容
施工步骤 1	计算初始应力场	计算初始应力场
施工步骤 2	激活围护结构及上部荷载	激活河道护岸
施工步骤 3	挖第一层土至深 0.5 m	激活围护结构及上部荷载
施工步骤 4	激活上层围护支撑结构	挖第一层土至深 0.5 m
施工步骤 5	挖第二层土至深 2.5 m	激活上层围护支撑结构
施工步骤 6	激活下层围护支撑结构	挖第二层土至坑底深 4.5 m
施工步骤 7	挖第三层土至坑底深 7.1 m	

(6)计算结果及分析

339# 基坑结果如图 7 和图 8 所示,护岸水平变形为 3.5 mm,垂直变形为 6.2 mm;340# 基坑计算结果如图 9、图 10 所示,护岸水平变形为 3.8 mm,垂直变形为 8.5 mm,均小于 10 mm,符合规范的要求。

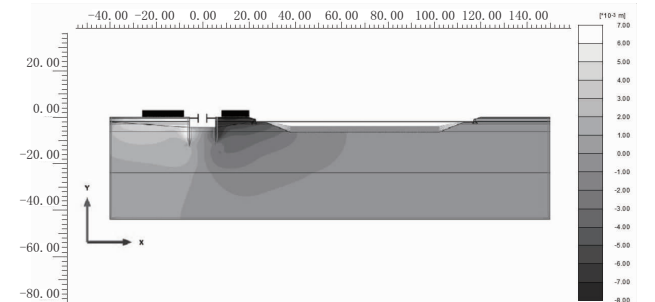


图 7 339# 基坑施工时护岸水平位移变形图

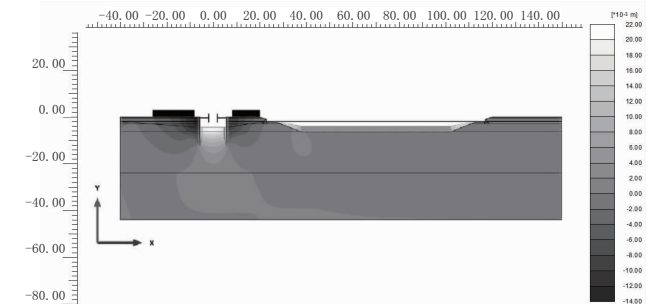


图 8 339# 基坑施工时护岸竖向位移变形图

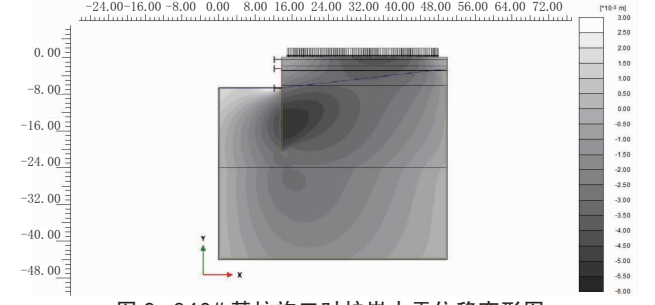


图 9 340# 基坑施工时护岸水平位移变形图

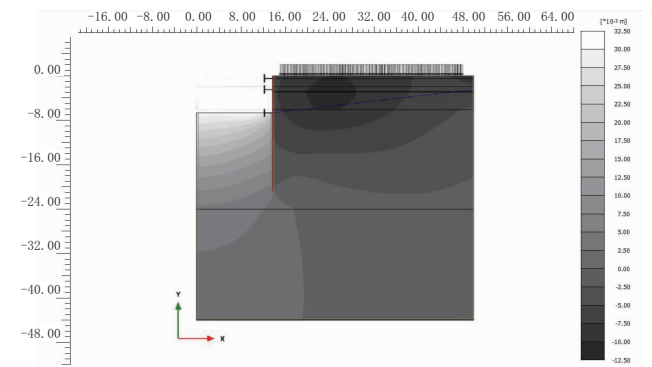


图 10 340# 基坑施工时护岸竖向位移变形图

4.3 项目施工对行洪除涝影响分析

340# 桥墩承台施工围护结构兼围堰挡水功能,需侵占河道 3.75 m,如图 11 所示,本次分析在不同水位下河道的过流能力,具体结果见表 2。

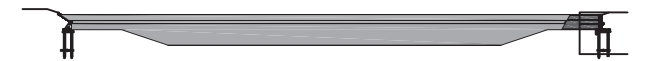


图 11 基坑施工时护岸水平位移变形图

表 2 340# 大治河过流断面计算表

水位工况	现状河道过流断面 /m ²	基坑实施后过流断面 /m ²	阻水比 /%
低水位 2.00 m	335.93	328.92	2.1
常水位 2.80 m	420.33	408.12	2.9
高水位 3.75 m	521.75	503.82	3.4

本次采用实用水力学公式计算桥梁段的壅水高度,具体见式(3)。

$$\Delta Z = \frac{\alpha V^2}{2g} \left[\left(\frac{B}{\zeta \Sigma b} \right)^2 - \left(\frac{h}{h + \Delta Z} \right)^2 \right] \tag{3}$$

式中:α 为动能校正系数,取 1.1;ζ 为过水面积收缩系数,取 0.9 m;B 为河宽,取 105 m;V 为上游断面平均流速,m/s,取 0.5 m/s;H 为上游断面平均水深,m,取 4.5 m;ΔZ 为最大壅水高度,m;Σb 为缩窄段过水断面总宽,m,取 101 m。

经迭代计算,最大壅水高度为 16 mm,小于大治河堤防的安全超高 0.4 m,满足要求,综合阻水比及壅水高度结果,基坑支护(围堰)对周边区域的除涝安全影响较小。

5 结 语

市管河道对区域的防洪除涝具有重要作用,建设项目跨、穿、沿市管河道时应充分论证其对河道的影响。一般应从项目运行期及建设期两个阶段进行分析论证。

建设项目运行期应从规划符合性及相关技术规范符合性、对防洪除涝及河势影响、对周边现有水利

2021年1月至2022年12月平均处理污水规模为3.2万 m³/d,最高日处理污水规模达3.6万 m³/d。污水处理厂占地面积约23 335 m²。污水处理厂实际进水、出水水质指标见表2。

表2 污水处理厂实际进水和出水水质指标 单位:mg/L							
指标	进水			出水			平均去除率/%
	范围值	平均值	设计值	范围值	平均值	设计值	
COD _{Cr}	220~80	350	500	12~25	18	30	94.84
NH ₃ -H	15.3~40	25	45	0.3~1.145	0.6	1.5(3)	97.6
TN	28~55	38	60	1.16~13	6.85	10	81.9
TP	5.3~11	7	8	0.03~0.35	0.15	0.3	97.8

由表2可见:污水经过处理后,出水水质基本优于排放标准,归结为改良AAO前期去除BOD₅和同步脱氮、除磷效果稳定,局部运行时段可以超越深床反硝化滤池。

改造前污水直接运行成本为2.6元/t,改造后直接经营成本为1.56元/t,运行成本大幅度降低。

5 结 语

(1)该工艺采用前置反硝化区的特殊设计,有效改进了传统AAO工艺的弊端,进一步增强了脱氮除磷效果,为后续进一步脱氮、除磷提供了稳定支撑。

通过优化的设计和操作,该工艺可以在较大范围内适应水量和水质的波动,抗冲击负荷能力较强。后续高密度沉淀池、深床反硝化滤池对TP、TN、NH₃-N的去除效果稳定,去除率高。

(2)本项目将CASS池改为改良AAO中的O池,在不增加占地的基础上完成了将处理规模从2.2×10⁴ m³/d提升至3.4×10⁴ m³/d的污水处理厂工艺提标改造。提标改造后,污水处理厂占地指标仅为0.68 m²/(m³·d),主要得益于改良AAO生化池脱氮效率高、水深较深(生化池深7 m、二沉池深5.6 m),后续高密度沉淀池、深床反硝化滤池集约化设计。

参考文献:

[1] 何胜杰,周利,朱佳,等.低B/C污水对AAO工艺的冲击仿真模拟[J].环境工程,2022,40(3):81-88.

[2] 陈亚松,赵铮.改良型AAO+A/O工艺的脱氮诊断和优化调控策略[J].中国给水排水,2022,38(21):64-71.

[3] 崔涛,李胜,田敏,等.氧化沟型AAO工艺脱氮除磷性能评价[J].中国给水排水,2022,38(7):75-79.

[4] 孙巍.北湖污水厂改良AAO膜生物池混合液回流系统优化[J].中国给水排水,2022,38(10):70-73.

[5] 李士松,朱春风,温汝青,等.改良A₂O+深度处理工艺用于污水厂类Ⅳ类标准提标[J].中国给水排水,2021,37(22):63-67.

[6] 周传庭,唐建国,王寅.改良AAO+MBBR为主体的污水厂工艺设计及运行[J].中国给水排水,2021,37(6):76-80.

[7] 宋文哲,林甲,刘杰,等.缺氧混合液回流对改良UCT工艺影响研究[J].给水排水,2022,48(6):56-61,75.

(上接第157页)

设施的影响、对防汛抢险、工程管理等来分析;建设项目施工期则从临防安全、对水利设施影响、对行洪除涝影响及施工监测要求等来分析。

本文通过分析惠南特大桥对大治河的涉河影响分析,为其他跨河建设项目在涉河影响分析中提供

参考。

参考文献:

[1] GB 50286—2013,堤防工程设计规范[S].

[2] DGJ 08-11—2018,地基基础设计标准[S].

[3] 顾晓强,吴瑞拓,梁发云,等.上海土体小应变硬化模型整套参数取值方法及工程验证[J].岩土力学,2021,42(3):833-845.