

文章编号: 1674—8247(2019)02—0092—04

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.02.019

大跨度钢性梁柔性拱桥主墩基础设计

张金涛 刘俊锋 梅新咏

(中铁大桥勘测设计院集团有限公司, 武汉 430050)

摘要:沪通长江大桥为4线铁路与6车道高速公路合建桥,其天生港专用航道设计采用主跨336 m的钢性梁柔性拱桥结构形式,基础建设较为复杂。文章以此桥为研究对象,根据建设条件、主桥基础特点等出发,从结构受力特性、经济性能、施工便利性等方面对钻孔桩基础和沉井基础方案进行综合方案比选,最终推荐采用桩基础方案,可为类似建设条件的桥梁结构提供参考。

关键词:柔性拱桥;公路铁路两用桥;拱桥基础;结构设计;桩基础;沉井基础

中图分类号:U443.22 **文献标志码:**A

Foundation Design of Main Pier of Long Span Steel Beam Flexible Arch Bridge

ZHANG Jintao LIU Junfeng MEI Xinyong

(China Railway Major Bridge Reconnaissance & Design Institute Co., Ltd., Wuhan 430050, China)

Abstract: Hutong Yangtze river bridge is a bridge for 4-line railway and 6-lane expressway. Its Tianshenggang special channel design adopts the structural form of steel beam flexible arch bridge with a main span of 336m, and its infrastructure construction is relatively complex. Taking this bridge as the research object, this paper compares and selects comprehensive schemes of bored pile foundation and caisson foundation from the aspects of structural stress characteristics, economic performance and construction convenience according to construction conditions and main bridge foundation characteristics, and finally recommends the adoption of pile foundation scheme, which can provide reference for bridge structures with similar construction conditions.

Key words: flexible arch bridge; dual-purpose bridge for highway and railway; arch bridge foundation; structural design; pile foundation; caisson foundation

结合长三角城际铁路规划、锡通公路通道规划,沪通长江大桥按4线铁路(2线沪通铁路+2线城际铁路)和6车道高速公路合建。沪通长江大桥天生港专用航道桥位于2号~5号墩间,采用刚性梁柔性拱的钢拱桥方案,孔跨布置为(141.5+336+141.5)m,如图1所示。主梁采用三主桁双层板桁组合结构,桁高15.7 m,桁宽34.5 m,节间长14 m;公路与铁路桥面系

均采用正交异性板整体钢桥面;拱肋为箱形截面柔性拱肋,矢高60 m;吊杆采用平行钢丝拉索;主桥主墩为3号、4号墩(其中3号墩为固定墩,4号墩为活动墩),主墩基础采用36根直径2.5 m的钻孔桩,直径2.8 m的钢护筒。

桥址地层以砂类土为主,且具有层序复杂、相变剧烈、厚度较大的特点。

收稿日期:2018-11-12

作者简介:张金涛(1986-),男,工程师。

引文格式:张金涛,刘俊锋,梅新咏. 大跨度钢性梁柔性拱桥主墩基础设计[J]. 高速铁路技术,2019,10(2):92-95.

ZHANG Jintao, LIU Junfeng, MEI Xinyong. Foundation Design of Main Pier of Long Span Steel Beam Flexible Arch Bridge [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(2): 92-95.

主墩基础受力大,建设条件复杂,水位较深,地质复杂。

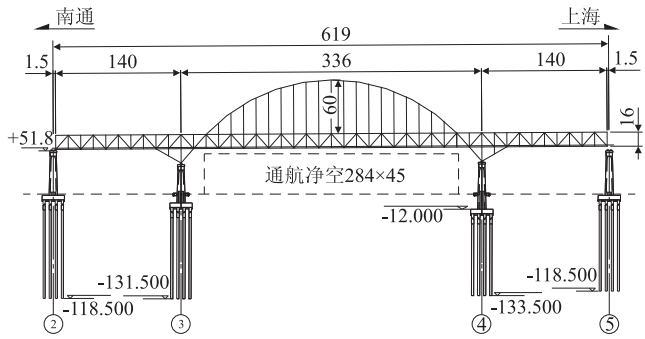


图 1 专用航道桥 4 线铁路方案立面示意图(m)

1 基础建设条件

沪通铁路位于上海市和江苏省北部,属长江三角洲地区,桥位区陆域地貌属长江冲积平原的新长江三角洲,是长江三角洲的近前缘地段,一般标高 2~3 m,通常低于长江的最高潮位和洪水位,形成洪水期暂时性悬河景观。陆域地势平坦开阔,地面自西向东微倾,两岸向江边低倾。北岸地面标高相对较低,一般为 2~3 m,南岸地面标高 2~5 m。近桥位的两岸平原区河网纵横交错。

1.1 气象条件

南通市年平均气温 15.4℃,年极端最高气温 42.2℃(1934 年 7 月 12 日),年极端最低气温 -12.7℃(1931 年 1 月 10 日)。张家港市年平均气温 15.6℃,年极端最高气温 38.7℃(2007 年 7 月 31 日),年极端最低气温 -11.3℃(1969 年 2 月 6 日)。两地最冷月均为 1 月,最热月均为 7 月,南通市 1 月平均气温 3.0℃,7 月平均气温 27.5℃。张家港市 1 月平均气温 2.9℃,7 月平均气温 27.7℃。

1.2 设计风速

根据江苏省气象科学研究所完成的专题研究报告,按百年一遇,距地面 10 m 高、10 min 平均最大风速 $V_{10}=38.20\text{ m/s}$ 作为设计基本风速。

1.3 桥渡水文

桥址区处于长江河口段,为感潮河段,受径流和潮流双向水流作用。天生港站距离拟建沪通铁路桥约 3 km,有较长系列的实测潮位。根据实测资料、数模计算、定床物模试验,求出天生港站高低潮位与桥址断面高低潮位相关方程,利用天生港站不同频率潮位,计算桥址断面不同频率高低潮位,指导结构设计。

1.4 冲刷

冲刷计算采用实测资料推算的设计单宽流量,结

合水工试验成果,按 TBJ 17-86《铁路桥渡勘测设计规范》进行计算,得出 3 号墩最大冲刷局部 22 m,4 号墩最大局部冲刷 27 m。

1.5 工程地质

桥址位于长江三角洲平原区,海陆交互频繁,地层成因复杂,区内第四系为一套河湖、滨海相松散沉积物,总厚度可达 240 m(其厚度受基岩面标高变化及长江侵蚀深度控制)。第四系土层的形成和结构与长江三角洲的发育、江海变迁、气候、植被等自然变化有着密切的联系,具有层序复杂、相变剧烈、厚度较大的特点。覆盖层多为松散~中密粉细砂、粉质黏土,力学强度低,工程地质性能差,不能做基础持力层。覆盖层中下部的密实状粉细砂、中粗砂、砾砂、硬塑~坚硬状粉质黏土,工程性能较好,可作为基础持力层。

1.6 地震

主跨 336 m 拱桥的抗震设防标准取一般冲刷线位置处的地震动参数。多遇地震水平地震动峰值加速度为 0.075 g,设计地震水平地震动峰值加速度为 0.13 g。

1.7 船撞力

根据研究结果,本桥通航孔桥墩设置防撞装置,其它桥墩依靠桥墩结构自身防撞,3 号、4 号桥墩船撞力如表 1 所示。

表 1 专用航道桥船撞力表

桥墩号	3	4
横桥向/MN	60.0	72.0
顺桥向/MN	30.0	36.0

2 主墩基础形式比选分析

专用航道桥(140+336+140)m 连续钢桁梁由于主墩(3、4 号墩)船撞力及地震力较大,船撞力组合下横桥向最大弯矩 950 840 kN·m,地震力组合下横桥向最大弯矩 1 766 150 kN·m,在满足结构受力及刚度要求的前提下,对沉井基础、钻孔桩基础进行综合比选分析。沉井基础设计如图 2 所示,钻孔桩基础设计如图 3 所示。

2.1 沉井基础方案

3 号、4 号主墩沉井基础平面尺寸为 39.2 m×25.2 m,沉井顶标高 -5.0(-12.0) m。沉井外井壁厚 1.6 m,隔墙厚度 1.2 m,沉井平面布置 6 个 11.2 m×10.4 m 井孔。按冲刷深度及结构受力计算,沉井高 78 m,沉井底封底混凝土厚 9 m,沉井顶承台厚 5 m。依据施工期间冲刷深度,沉井底部设置钢沉井,

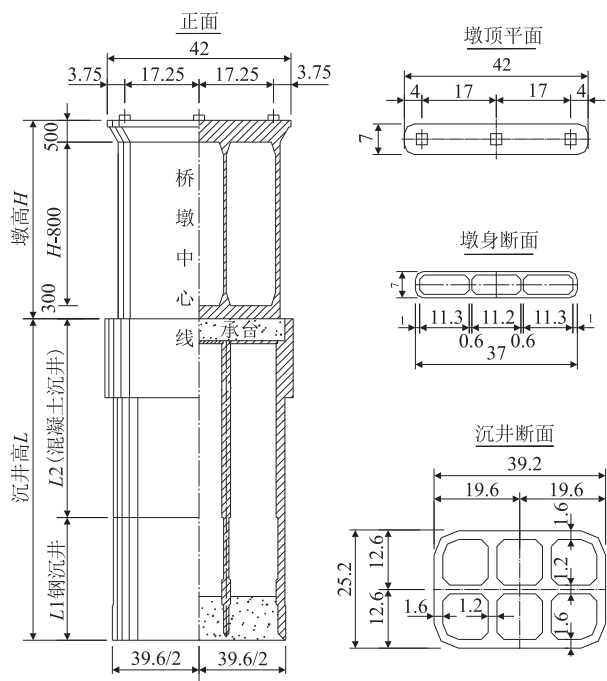


图 2 专用航道桥沉井基础示意图 (cm)

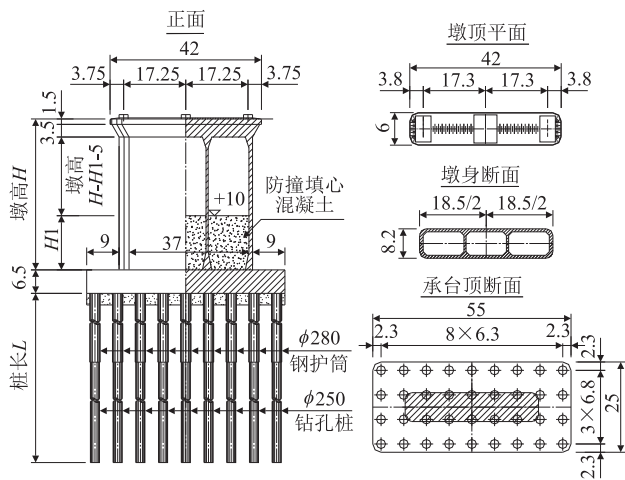


图 3 专用航道桥 3 号、4 号主墩钻孔桩基础示意图 (cm)

钢沉井高 35 m,其余部分为混凝土沉井^[1-2]。

2.2 桩基础方案

3 号、4 号墩采用 36 ϕ 2.5 m 钻孔桩基础,按摩擦桩、行列式布置设计,桩长 115 ~ 120 m,桩底持力层为粉质粘土。承台为矩形,平面尺寸 55 m \times 25 m \times 6.5 m(横桥向 \times 纵桥向 \times 承台厚)。

2.3 主墩基础方案综合比选

桩基础为柔性基础,能适应各种不同的地质条件,施工工艺也较为成熟,工期适中,承台围堰封底、施工质量控制等技术均较为成熟^[3]。本设计桩径较大,比较适合采用钻孔桩基础施工^[1]。

矩形沉井基础为整体刚性基础,整体性和稳定性

较好,基础变形小^[4]。与钻孔桩基础相比,承受船撞和地震等巨大水平力作用时结构受力较好,但造价偏高,且施工工期较钻孔桩长^[5]。两种方案综合对比如表 2 所示。

表 2 专用航道桥钻孔桩基础和沉井基础综合对比表

项目	矩形沉井基础	钻孔桩基础
优点	结构紧凑,刚度大,整体性和稳定性较好	基础尺度相对较小;结构对于河床变化、冲刷条件改变等的适应性好;施工便利,工期短
缺点	结构对于河床变化、冲刷差异等条件的改变适应性较差;对于本桥,运输、浮运成本高;由于覆盖层有较厚淤泥质粉质黏土,钢沉井施工下沉控制难度大	桩长较长,施工控制要求高
混凝土方量/m ³	27 251	22 580.8
钢料/t	2 178	0
造价/万元	5 727	6 793
基础经济性(相对比例)	0.84	1
推荐方案	不推荐	推荐

由以上分析可以看出,受水深条件的影响,如果采用沉井基础,沉井的浮运、运输等均有困难,施工难度较大。故该主桥基础推荐采用钻孔桩基础。

3 结构设计

3.1 墩身设计

墩身设计高度根据设计高程及承台顶标高确定,墩身采用 C40 混凝土,3 号墩设计墩高 41.8 m,4 号墩设计墩高 50.7 m。为减少墩身设计工程量,墩身采用墩顶设置墩帽的单箱三室的空心墩结构,墩帽顶平面尺寸 42 m \times 9 m \times 1.5 m(横桥向 \times 纵桥向 \times 厚度);墩帽底尺寸 37 m \times 8 m(横桥向 \times 纵桥向),墩身纵向外轮廓采用 40:1 坡度放坡至墩底,空心墩纵向内壁采用 60:1 放坡至墩底^[6],墩身纵向壁厚随墩身外壁放坡而逐渐增大,标高 + 10 m 到承台顶设置防撞填芯混凝土。

3.2 桩基承台设计

专用航道桥 3 号、4 号主墩均采用 36 ϕ 2.5 m 钻孔桩基础,按摩擦桩、行列式布置设计,3 号墩设计桩长 120 m,4 号墩设计桩长 115 m。桩顶设 $\delta = 20$ mm ϕ 2.8 m 钢护筒,桩身采用 C40 混凝土,桩底持力层为粉质粘土。承台为矩形,采用 C45 混凝土,平面尺寸 55 m \times 25 m \times 6.5 m(横桥向 \times 纵桥向 \times 承台厚)。

3.3 主要施工方法

3 号、4 号主墩承台采用双壁钢套箱围堰方案施

工。施工时先插打钢护筒,建立施工平台,钻孔,灌注混凝土。围堰在工厂分块制造,码头下河,通过浮吊吊装至拼装平台。钻孔桩施工结束后,经桩基检测合格,开始钢围堰的拼装。然后下放围堰至设计标高,定位固定,浇筑封底混凝土。待封底混凝土达到设计强度后,抽水形成无水环境,再进行承台、墩身结构施工。墩身采用整体钢模板现场浇注翻模法施工。

4 结论

本文通过对沪通长江大桥专用航道桥基础方案进行分析,根据主墩基础建设条件、结构受力特性、经济性能、施工便捷性等,对钻孔桩基础方案和沉井基础进行了方案比选,最终推荐采用桩基础方案,可为今后类似建设条件的桥梁结构可以提供参考。

参考文献:

- [1] 赵胜. 桥梁深水基础施工技术[J]. 中国科技信息, 2005, 17(10): 122-123.
ZHAO Sheng. Bridge Deep Foundation Construction Technology [J]. China Science and Technology Information, 2005, 17(10): 122-123.
- [2] 葛春晖. 钢筋混凝土沉井结构设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
GE Chunhui. Manual of Design and Construction of Reinforced Concrete Caisson Structures [M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2004.
- [3] 刘自明, 王邦楣, 陈开利. 桥梁深水基础[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
LIU Ziming, WANG Bangmei, CHEN Kaili. Deepwater Foundations for Bridges [M]. Beijing: China Communications Press, 2003.
- [4] 陆勤丰, 赵都恒, 杨进. 泰州大桥深水沉井基础设计[J]. 中国工程科学, 2010, 12(4): 9-12.
LU Qinfeng, ZHAO Duhuan, YANG Jin. Deepwater Caisson Foundation Design of Taizhou Bridge [J]. Chinese Engineering Science, 2010, 12(4): 9-12.
- [5] 陈惠发(美), 段炼(美). 桥梁工程下部结构设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
CHEN Huifa(U. S. A), DUAN Lian(U. S. A). Substructure Design of Bridge Engineering [M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2008.
- [6] TB 10092-2017 铁路桥涵混凝土结构设计规范[S].
TB 10092-2017 Code for Design of Railway Bridges and Culverts [S].
- [7] 付光强. 成都地区膨胀土基坑支护技术研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2015.
FU Guangqiang. Study on Supporting Technology for Expansive Soil Foundation Pit in Chengdu Area [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2015.
- [8] 范臻辉, 张春顺, 肖宏彬. 基于流固耦合特性的非饱和膨胀土变形仿真计算[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2011, 56(3): 758-764.
FAN Zhenhui, ZHANG Chunshun, XIAO Hongbin. Simulation Analysis of Deformation for Unsaturated Expansive Soils Based on Fluid-solid Coupling Characteristics [J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2011, 56(3): 758-764.
- [9] 侯跃, 刘涛, 黄永亮. 基于热力耦合数值模拟的膨胀土深基坑变形特性研究[C]//2016年全国工程地质学术年会论文集, 2016: 849-857.
HOU Yue, LIU Tao, HUANG Yongliang. Study on Deformation Characteristics of Expansive Soil Deep Foundation Pit Based on Thermal-mechanical Coupled Numerical Simulation [C]//Proceedings of 2016 National Academic Conference on Engineering Geology, 2016: 849-857.
- [10] 浦敏艳, 朱克生, 王柳江. 降雨入渗作用下膨胀土挡土墙侧向土压力研究[J]. 人民黄河, 2015, 37(11): 125-128.
PU Minyan, ZHU Kesheng, WANG Liujiang. Research on Lateral Earth Pressure from Expansive Soil Acting on Retaining Wall under Rainfall Infiltration [J]. Yellow River, 2015, 37(11): 125-128.

(编辑: 车晓娟 苏玲梅)

(编辑: 苏玲梅 张红英)