

中兴大桥人非过江系统设计关键技术

何武超¹, 谢波²

[1.上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092; 2.宁波通途投资开发有限公司, 浙江 宁波 315010]

摘要:城市跨越江河外延发展,随之而来的是大量过江机动车与人非出行需求,需要建设通道予以解决并做好与江河两岸路网的衔接,以保证跨江通道功能的发挥。介绍了宁波中兴大桥开展的人非过江系统的基本前提、总体方案比选、慢行系统交通组织、下层人非通道结构设计等研究情况,为中兴大桥的人非通道的设计和建造打下了坚实的基础。研究表明:主桥应选用缓坡推行方案设计慢行系统;主桥段人非系统布置于主梁下缘,引桥段非机动车道布置于机动车道下层;南、北两岸分别经江东北路、规划支路灯控平交“转换”后上桥,缓坡推行上桥;人行及非机动车则利用主墩周围空间设置电梯及环形楼梯上下桥;下层人非通道结构纵断面设计应分为四个区段,即主跨及部分边跨的标准悬臂段、挑臂根部位于腹板边缘的过渡段A、挑臂根部位于腹板内侧的过渡段B、边跨汇合段。

关键词:宁波中兴大桥;人非过江系统;关键技术;设计

中图分类号:U442.5

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2022)09-0067-04

1 工程背景

中兴大桥及接线工程(江南路-青云路)南起江东区中兴路与江南路交叉口,北至江北区青云路,全长2.62 km。新建中兴大桥主线按双向6车道考虑,跨江主桥设人行道和非机动车道。道路等级:城市主干路;设计速度:60 km/h;主桥为矮塔斜拉桥,主跨400 m一跨过江,桥梁全长约1.7 km,设上下匝道两对,人非系统随桥过江;主桥,引桥及接线工程按城市主干路标准,引桥范围地面道路工程按城市次干路标准,匝道涉及的大庆北路地面道路按城市主干路标准^[1]。

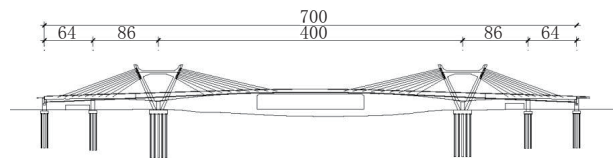


图1 宁波中兴大桥总立面布置图(单位:m)

2 人非过江系统设置分析

2.1 基本前提与总体原则

现状甬江两岸慢行系统过江通道如下:

(1)外滩大桥设计非机动车“骑行”过江;

(2)庆丰桥设人非“推行”梯道,现状管理通过缩减机动车道增设非机动车道,纵坡大(3.54%,坡长725 m),按骑行管理;

(3)常洪隧道设计无人非通道,大修后增设非机动车道,但宽度窄(约1.2 m)、纵坡大(4.5%),舒适性较差,按骑行管理;

(4)明州大桥设人非“推行”梯道,现状部分非机动车“骑行”至桥面,安全性较差。外滩大桥至明州大桥约10.5 km,无合适的人非过江通道,但现状慢行交通功能需求大,因此:中兴大桥应满足人非“骑行”或“推行”过江的需求。

《城市道路交叉口设计规程》(CJJ 152—2010)中给出了依据相交道路等级、机动车交通流量的不同而设定的喇叭型苜蓿叶型等多种立交节点的布设形式^[2],但针对人非出行需求较高且无法设置地面辅助系统的跨江城市道路,可以参考的成熟技术方案目前尚且缺乏。

出于绿色低碳和安全、舒适、经济的出行理念,人非过江系统的设置总体应遵循以下原则^[3]:

第一,与两岸人非通道的规划相协调,南岸江东北路平面交叉口人非通道衔接,北岸考虑接至规划支路。

第二,人非过江系统与机动车系统互不干扰、相互独立,保证快速路系统的通行效率。

第三,人非过江系统的设置保证人非交通的安全、舒适,平面线形顺畅,纵坡平缓满足规范。

第四,人非过江系统结构尺寸的确定与通行的非机动车类型、流量以及行人流量等相匹配,在确保其基本交通功能的前提下,做到安全舒适,实现人非过江与观景相结合,打造成富有特色的人非空间。

收稿日期:2022-07-19

作者简介:何武超(1982—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁工程设计及管理工作。

2.2 总体方案比选

(1) 缓坡推行方案

方案布置见图2。主桥段人非系统布置于主梁下缘(见图3),引桥段非机动车道布置于机动车道下层(见图4)。

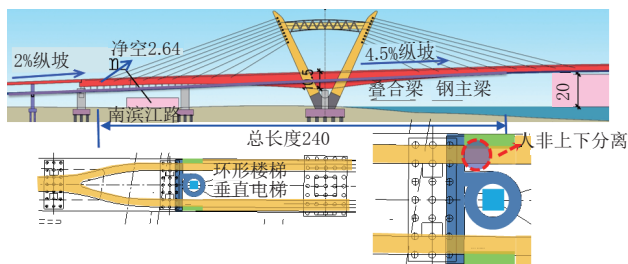


图2 缓坡推行方案慢行系统布置图

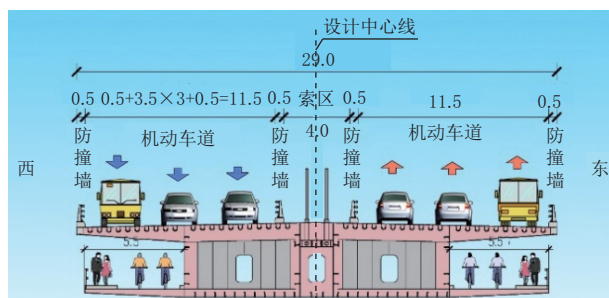


图3 主桥人非通道横断面布置图(单位:m)

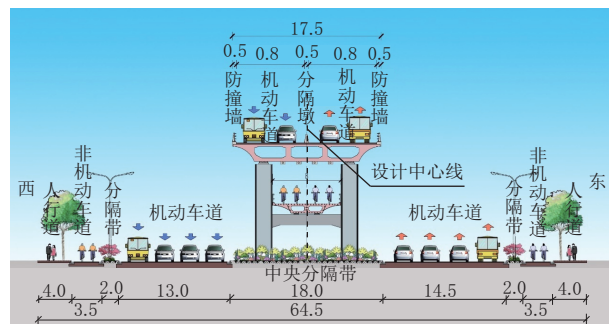


图4 引桥北岸人非通道横断面布置图(单位:m)

南岸非机动车经江东北路灯控平交“转换”后上桥(非机动车道布置与机动车道下层),4.45%纵坡缓坡推行约213 m,2.0%纵坡缓坡推行60 m,至主桥段后非机动车道转至外侧,通过4.5%纵坡缓坡推行约240 m上桥。电动车可参照庆丰桥模式,实际运营阶段实行骑行管理。

北岸非机动车经规划支路灯控平交“转换”后上桥(非机动车道布置与机动车道下层),4.4%纵坡缓坡推行约185 m,2.0%纵坡缓坡推行60 m,至主桥段后非机动车道转至外侧,通过4.5%纵坡缓坡推行约240 m上桥。电动车参照庆丰桥模式,实际运营阶段实行骑行管理。

人行及非机动车:通过主墩处电梯及环形楼梯抵达主墩下层平台(提升高度约12 m),汇合后走外侧人非通道。

方案特点:非机动车缓坡推行或通过主墩处垂直电梯上下桥,并提供电动车“骑行上桥条件”。同时慢行系统造价低、占地少、骑行行程相对较短,景观效果好。此方案在工程实践上已有不少成功应用。

如图5所示,宁波庆丰桥双向8车道桥面外侧划出慢行通道,供自行车“骑行”,交通警示为“推行”。其中江北侧主线纵坡3.5%,坡长424 m;江东侧主线纵坡3.53%,坡长725 m;A匝道最大纵坡4.5%,坡长159 m;D匝道最大纵坡4.9%,坡长272 m。

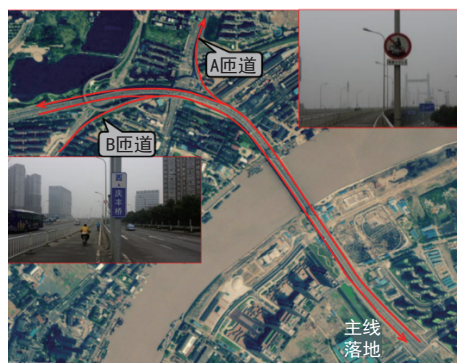


图5 宁波庆丰桥慢行系统布置图

如图6所示,青林湾大桥双向8车道桥面外侧划出慢行通道,供自行车“骑行”,交通警示为“推行”。过江自行车姚江北岸通过主线落地,南岸通过平行匝道落地。下匝道最大纵坡4.4%,上匝道最大纵坡4.3%。

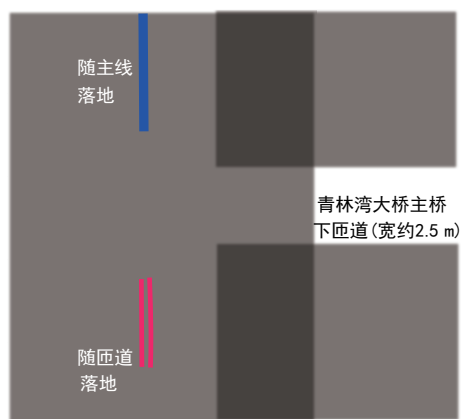


图6 宁波青林湾大桥慢行系统布置图

(2) 局部展线骑行方案

如图7所示,主桥段人非系统布置于主梁下缘,引桥段非机动车道布置于机动车道下层;南、北两岸分别经江东北路、规划支路灯控平交“转换”后上桥,至主桥段后转至外侧,并设环形匝道(半径30 m)实现提升高度6.75 m的衔接要求,从而实现非机动车全线骑行。

人行:在主墩处设电梯及环形楼梯至主墩下层平台(提升高度约12 m),汇合后走外侧人非通道。

方案特点:两侧引桥段非机动车布置在车行道



图7 局部展线骑行方案慢行系统效果图

下层(居中),避开轨交3号线中兴大桥南站,避风雨、行车安全,可实现全骑行。景观效果稍差,占地范围较大,造价相对较高。

(3)局部推行方案

如图8所示,主桥段人非系统布置于主梁下缘,引桥段非机动车道布置于机动车道下层;南、北两岸分别经南滨江路、北滨江路后从下层桥推至主桥段主梁下,按残疾人1:10缓坡推行(分三级坡道),总高差6.75 m,推行长度约85 m。



图8 局部推行方案慢行系统效果图

人行:在主墩处设电梯及楼梯至主墩下层平台(提升高度12 m),汇合后走外侧人非通道。

经过安全性测试实例,发现助动车上坡加动力推行具有可操作性;重型助动车可上坡骑行;助动车下坡需带刹车推行,下坡骑行具有一定的安全风险。

方案特点:慢行系统对景观影响小,线路短,但非机动车需要局部“推行”,骑行不顺畅,存在一定的安全风险,且管理困难。

综合以上三种非机动车过江方案的优缺点,缓坡推行方案能够实现助动车安全骑行,造价低,景观效果好,人力车推行坡度小,定为推荐方案。

2.3 慢行系统交通组织

推荐方案中南北两岸非机动车道经过江东北路(净空3.5 m)、规划支路(2.5 m净空)两个“信号灯”节点转换;并实现非机动车道和机动车道“转换点分离”(见图9),减少快慢交通系统相互干扰,提高两岸集散效率;主墩处电梯或环形楼梯,行人及非机动车可通过抵达主墩下层平台(提升高度约12 m),满足滨江区域非机动车过江需求。

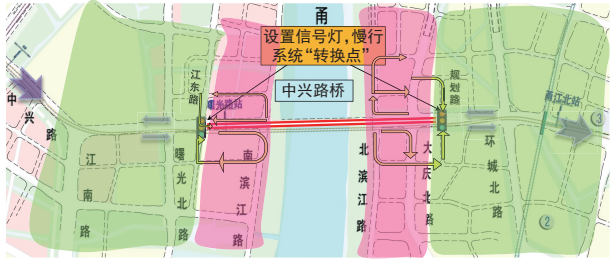


图9 慢行系统交通组织图

“缓坡推行方案”相对“展线骑行方案”两岸非机动车(主要流向)过江更直接、便捷。

3 下层人非通道结构设计

(1)人非通道主体结构设计

为满足人非“骑行”或“推行”过江的需求,主桥段人非系统布置于主梁下缘,引桥段非机动车道布置于机动车道下层。另通过主墩处电梯及环形楼梯抵达主墩下层平台(提升高度约9.6 m,汇合后走外侧人非通道,实现沿江两条道路的人非交通需求。

根据纵断面设计人非结构形式共分为四个区段,即主跨及部分边跨的标准悬臂段(见图10)、挑臂根部位于腹板边缘的过渡段A(见图11)、挑臂根部位于腹板内侧的过渡段B(见图12)、边跨汇合段(见图13)。标准段人非通道宽5.5 m,经主墩处通过人非梯道系统分流后边跨侧宽度3.75 m。

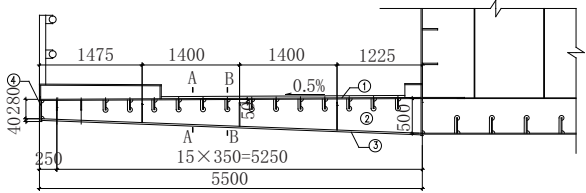


图10 标准横断面(单位:mm)

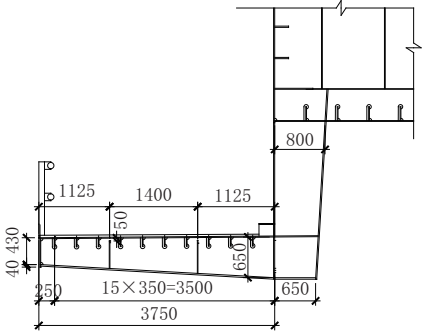


图11 过渡断面A(单位:mm)

人非桥面钢板厚12 mm,设100 mm×10 mm的I字肋纵向加劲,间距为350 mm。横向挑梁根部梁高0.5~0.65 m,底板宽0.48 m,板厚20 mm,挑梁腹板两侧对称设置竖向加劲肋,间距约1.4 m。

竖向向下挂构件采用工字型断面,梁高0.65~0.8 m,顶底板宽0.42 m,板厚18 mm。

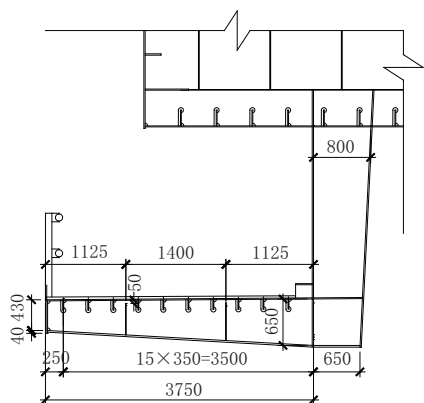


图 12 过渡断面 B(单位:mm)

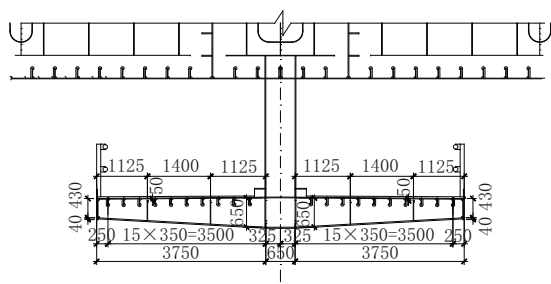


图 13 汇合段(单位:mm)

因人非通道纵坡较大,横坡取 0.5%满足排水要求。

为了减小主梁纵向总体受力对人非通道的影响,人非通道纵向每隔约 100m 设置一道横向断缝。因人非通道纵坡较大且处于上层主桥下层,雨水收集量不大,排水考虑自然排水。

(2)人行道铝扣板结构设计

考虑减轻恒载重量、改善整体受力及动力特性,优化景观外形,降低施工及养护难度,节省费用等综合因素,主桥人行道铺装采用铝踏步板铺设。结构采用 6005-T5 合金铝踏步板。铝踏步板采用 A3Q253 镀锌钢连接件与人行道工字型小纵梁上翼缘固定。本工程采用 6005-T5 合金铝踏步板、路缘包角机械性能要求见表 2。

表 2 6005-T5 合金铝踏步板、路缘包角机械性能

抗压弹性模量 E	14×10^4 MPa
抗拉极限强度	260 MPa
屈服强度	240 MPa
伸长率	10%
温度线膨胀系数	$2.4 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$
维氏硬度	70~75S 及以下
容重 r	27.0 kN/m ³

本工程使用铝锭材质为 6005-T5 工业用铝合金,其硬度高、加工温度高,对模具材质有较高的要求。采用 H13 钢作为制造本模具使用的钢锭。为保证最终铺装效果,应根据现场实际条件,对铝踏步板宽度、长度、角度、凸台及每块截面的差距,进行详细

分析并加工模具,确保无误后方可加工批量铝板。

(3)下层人非铺装

下层人非铺装采用甲基丙烯酸树脂铺装,具体技术指标及要求见表 3。

表 3 甲基丙烯酸树脂铺装

上封闭层	封闭胶	用量:0.2~0.3 kg/m ²
铺装层	彩色防滑系统	用量:2.0~3.5 kg/m ²
界面封闭层	甲基丙烯酸树脂	用量:0.2~0.4 kg/m ²
铝扣板,钢板	喷砂除锈,清洁度 Sa2.5 级,粗超度 50~100 um	
总厚度	2~4 mm	

施工说明如下:

a. 钢板喷砂除锈,清洁度 Sa2.5 级,粗超度 50~100 um,完成 3 h 内,开始施工防水(腐)层,该方案的界面封闭层是基于甲基丙烯酸树脂开发的防水粘结体。

b. 界面封闭层施工结束待其固化后,应尽快进行彩色防滑系统彩色防滑系统的施工。

c. 彩色防滑系统施工完毕后,根据实际固化情况,刷涂封闭剂,可以起到耐污,抗老化等能力。

4 结 论

本文从宁波中兴大桥人非过江系统的实际需求出发,介绍了人非过江系统设置的基本前提和总体原则出发,经过方案研究和比选、慢行系统交通组织和下层人非通道的结构与施工,可得出以下结论。

(1)主桥段人非系统布置于主梁下缘,引桥段非机动车道布置于机动车道下层;南、北两岸分别经江东北路、规划支路灯控平交“转换”后上桥,缓坡推行上桥。

(2)人行及非机动车则利用主墩周围空间设置电梯及环形楼梯上下桥。

参考文献:

- [1] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司.中兴大桥及接线(江南路-青云路)工程主桥施工图设计文件[Z].2015.
- [2] 胡方健.南昌市朝阳大桥通航孔人非通道结构设计及研究[J].中国市政工程,2014(6):20-23.
- [3] 孙建渊,陈阶亮.城市桥梁双层交通的概念设计[J].桥梁建设,2006(2):39-42.
- [4] 张伟略,黄岩.城市骨干道路过江交通人非通道设置方案研究[J].城市道桥与防洪,2019(1):37-40.
- [5] 李超,李文龙.桥梁下悬挂人非通道设计及人致振动研究[J].中国市政工程,2020(4):95-97,106.

(下转第 90 页)

表 5 框架墩横梁控制位置检算结果

项目	运营工况检算	
	主力	主附
上翼缘最大正应力 /MPa	10.30	13.40
上翼缘最小正应力 /MPa	2.50	0.70
下翼缘最大正应力 /MPa	10.90	12.10
下翼缘最小正应力 /MPa	1.10	0.40
最大剪应力 /MPa	1.10	1.20
上翼缘抗裂安全系数	1.55	1.51
下翼缘抗裂安全系数	1.48	1.37
最大主压应力 /MPa	13.45	17.16
最大主拉应力 /MPa	-0.85	-1.53
正截面强度安全系数	2.53	2.47

况及下层横梁停、运、架工况。经检算,各施工工况横梁及墩柱检算均满足《铁路桥涵设计规范》要求。

5 结 语

- (1)铁路框架墩以承受竖向荷载为主,其结构可以用输入基础刚度刚架模型进行模拟。
- (2)对于本工点而言,双层框架墩方案较原方案造价节省 7%,并且更加安全、美观。
- (3)本工点采用放坡增大墩宽的方法确保结构纵向刚度,并提出了双层框架墩刚度限值的 2 种标准。
- (4)按照本方案提出的结构尺寸及配束方案,横梁、墩柱运营工况及施工工况下各检算结果均满足《铁路桥涵设计规范》要求。

(5)昌景黄铁路双层框架墩最高 43 m,为目前国内最高的铁路框架墩结构。本研究为国内铁路类似项目的建设提供了借鉴意义。

参考文献:

[1] 田万俊.预应力混凝土框架墩设计研究[J].铁道标准设计,2003(8):67-68.

[2] 张春芳,宋顺忱.津秦客运专线连续梁-框架墩设计[J].铁道标准设计,2011(9):48-51.

[3] 宋顺忱,吴大宏.客运专线连续梁-框架墩体系几个问题探讨[J].铁道标准设计,2012(5):100-102.

[4] 张世基.重载铁路大跨度预应力混凝土框架墩设计实例分析[J].铁道勘察,2014(1):101-104.

[5] 孙智峰.高速铁路大跨度钢箱门式墩的设计研究[J].铁道工程学报,2019(4):43-47.

[6] 历付.高速铁路高立柱大跨度钢横梁框架墩设计研究[J].中国铁路,2019(4):94-102.

[7] 邓双.桥面温度及徐变变形对连续梁框架墩桥列车走行性影响研究[D].长沙:中南大学,2013.

[8] 刘孟云.基础刚度对框架墩地震响应的影响[J].高速铁路技术,2016(10):16-19.

[9] 张洁,管仲国,李建中.双层高架桥梁框架墩抗震性能试验研究[J].工程力学,2017(2):120-128.

[10] 王新山.双层桥梁门式墩的抗震性能研究[D].大连:大连理工大学,2013.

[11] 牛远志.京石客运专线重点桥渡设计综述[J].铁道标准设计,2015(5):90-93.

[12] 荀嘉雷.京石客专左联特大桥框架高墩设计[J].铁道工程学报,2012(12):69-71.

(上接第 70 页)

[6] 万鹏,马翥.宁波外滩大桥附属人行桥设计[J].世界桥梁,2013,41(4):5-9.

[7] 周晖,王鹏,沈阿三,等.机非分层城市桥梁应用与展望[J].公路,2016,61(1):101-105.

[8] 严潇.丰城市紫云大桥人非系统设计与研究[J].城市道桥与防洪,2022(2):88-90.

[9] 魏华.垂直电梯在越江桥梁工程中的应用初探[J].城市道桥与防洪,2019(10):193-195,203.

[10] 杨寿忠,向中富,朱光华,等.重庆嘉悦大桥下置式人行道设计与施工技术[J].重庆建筑,2012,11(6):24-26.

[11] 吴刚.吴淞江大桥车辆激励对人非桥行人舒适性的影响研究[J].中国市政工程,2012(3):24-27,104.