

某既有城市高架增设匝道桥梁总体设计

邓小伟

(同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海 200092)

摘要:崧泽高架路位于上海虹桥,为更好地服务虹桥商务区以及国家会展中心,对收费广场及高架下地面道路进行改造,并新建一对上下匝道。对本工程概况、设计原则、桥梁总体布置及结构形式、抗震设计等作了简要介绍,本工程经验可为同类桥梁设计提供参考。

关键词:高架;匝道;设计原则;总体布置;结构形式;抗震设计

中图分类号:U448.21 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2017)01-0036-05

1 工程概述

崧泽高架路,西起G15高速公路,东至虹桥综合交通枢纽,是上海市虹桥综合交通枢纽的“一纵三横”快速疏散系统配套工程之一。建成于2009年,高架标准段宽25 m,双向6车道;收费广场位于高架变宽段上,桥梁由现浇箱梁和预制梁组成,并于预制梁端留有断口;高架下地面道路为城市主干路,双向6车道。

随着虹桥商务区的进一步开发以及上海国家会展中心的建设,交通需求大幅提升,在崧泽高架路(G15~涞港路)段增设一对上下匝道是非常必要而迫切的。新增两条匝道位于主线高架南北两侧,与原有收费广场断口相接,桥梁平面布置详见图1。

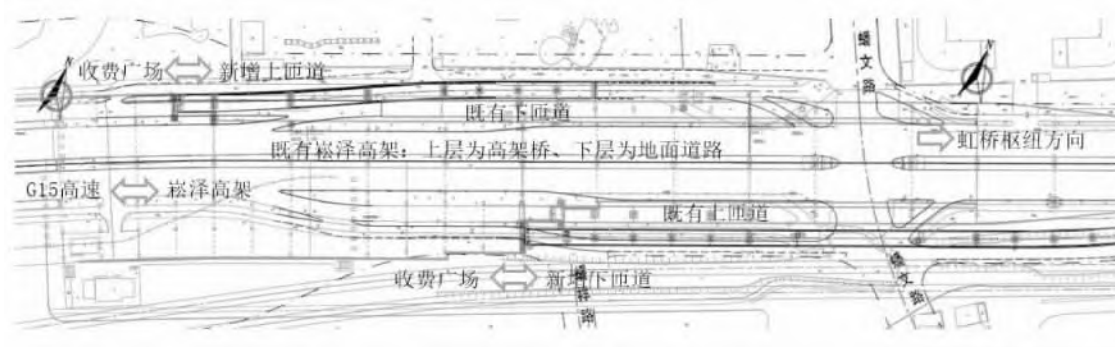


图1 增设匝道桥梁平面布置图

2 设计原则

(1)本工程建设主要服务于中国博览会会展中心,要求匝道桥须于会展中心开展前通车,因此施工周期成为设计考虑的重要因素,桥梁结构应尽量选择施工周期短的形式。

(2)从景观性考虑,为避免桥下立柱凌乱,跨径布置原则为新建匝道桥墩尽量与原主线桥墩或匝道桥墩对齐。

(3)从经济性考虑,在满足总体设计的原则下,尽量选取造价较低的结构形式。

收稿日期:2016-03-31 责任编辑:车轩玉 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2017.01.07

作者简介:邓小伟(1986-),男,工程师,主要从事桥梁的设计研究。E-mail: shdxw1986@163.com

邓小伟.某既有城市高架增设匝道桥梁总体设计[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2017,30(1):36-40.

(4)高架及匝道为城市快速路桥梁,应采用结构安全、行车舒适、耐久适用、养护方便的结构形式^[1-2]。

(5)充分注意结构与环境、地上地下建筑物或管线的协调,尽量缩短施工周期,避免或减少对建筑物和管线的不利影响,并将在施工期间对交通和环境的影响降到最小,体现以人为本的设计思想。

(6)桥下有行车需求时,必须满足地面道路 5 m 净高的通行要求。

3 桥梁总体布置及结构形式

3.1 桥梁标准跨径及结构选型

现状崧泽高架为混凝土连续箱梁体系,标准跨径 40 m;上下匝道标准段采用预制空心板梁结构,跨径 20 m。根据设计原则,桥墩布置应尽量与原有主线(40 m 标准跨径)及两侧上下匝道(20 m 标准跨径)立柱布置一致。为寻求本工程合理布跨,达到经济与景观的和谐统一,对 20 m 和 40 m 两种跨径进行了综合比较。

(1)对于 20 m 跨径,可选择的结构形式有预制空心板、预制刚接板、现浇连续箱梁等。

①预制空心板。空心板梁结构优点是结构高度低(20 m 跨径梁高 0.95 m),工厂化程度高,运输、吊装方便,对地面交通影响较小,工程造价低。但空心板之间采用铰缝连接,横向刚度较低,铰缝处容易产生纵向裂缝,影响结构的耐久性。匝道部分位于曲线段和变宽段,空心板预制会产生每块板板长或板宽不一样的情况,加大了施工的复杂性。

②预制刚接板。预制刚接板结构高度也较低(20 m 跨径梁高 1.0 m),比空心板结构略高,优点与预制空心板相近。其横向连接采用横梁及湿接缝的方式,能有效避免铰缝带来的危害。匝道变宽时,可以通过湿接缝宽度的变化来调节。

③现浇连续箱梁。连续箱梁优点是整体性能好,抗扭刚度大,运营期间的行车舒适性以及结构耐久性较好。结构简洁、轻盈,外形和原高架相同,下部结构无需设置盖梁,桥下视觉较通透,整体效果较为美观。缺点是采用支架现浇施工,施工速度较慢,满堂支架的施工工艺对地面交通影响较大。

综合比选详见表 1,推荐预制刚接板作为 20 m 标准跨径的上部结构形式。

表 1 20 m 跨径桥梁结构形式比选表

比选内容	预制空心板	预制刚接板	现浇连续箱梁
对地面交通的影响	较小	较小	较大
工期	较短	较短	较长
景观	一般	一般	较好
耐久性	较差	较好	较好
造价	较低	较低	较高

(2)对于 40 m 跨径,可选择的结构形式有现浇预应力连续箱梁、简支变连续预制小箱梁(T 梁)、钢-砼组合梁以及钢箱梁等。

①现浇连续箱梁。连续箱梁优缺点前面已叙述,此处不再重复。

②预制小箱梁(T 梁)。预制小箱梁优点是可工厂化预制,施工工期较短。缺点是梁体整片吊装较重,对施工设备的要求及场地的要求较高。梁下需设置桥墩盖梁,桥下纵横梁交叉密布,视觉凌乱,景观稍差。同时盖梁的设置侵入了道路的净空,造成桥梁纵坡较大。

③钢-砼组合梁。钢-砼组合梁可工厂化分段预制,现场拼装后现浇桥面,对路口交通影响小,施工工期较短。下部结构无需设置盖梁,桥下视觉较通透,整体效果较为美观。缺点是后期养护要求较高,造价比混凝土梁略贵。

④钢结构连续箱梁。钢结构连续箱梁可工厂化分段预制,现场拼装,施工工期较短。缺点是造价较高,后期养护要求高,且钢结构加工难度略高于组合梁。同时本工程匝道纵坡较大,钢结构桥梁沥青铺装运营期间易损坏,增大后期养护工作量。

综合比选详见表 2,推荐钢-砼组合梁作为 40 m 标准跨径的上部结构形式。

表 2 40 m 跨径桥梁结构形式比选表

比选内容	现浇连续箱梁	预制小箱梁(T 梁)	钢-砼组合梁	钢箱梁
吊装	—	单片梁整体吊装, 吊装质量约 160 t	采用分段吊装, 吊装质量约 50 t	采用分段吊装, 吊装质量约 70 t
对辅道净空的影响	独柱花瓶墩不侵入地面辅道净空	盖梁影响地面辅道净空	独柱花瓶墩不侵入地面辅道净空	独柱花瓶墩不侵入地面辅道净空
对地面交通的影响	较大	较小	较小	较小
施工难度	混凝土结构, 较容易	混凝土结构, 较容易	钢结构加工较复杂	钢结构加工较复杂
工期	较长	较短	较短	短
养护	基本无需养护	基本无需养护	较高	高
景观	较好	较差	较好	较好
造价	较低	较低	较高	高

40 m 跨径钢-砼组合梁方案可选择简支或者连续的结构形式。简支组合梁只承受正弯矩, 混凝土顶板受压, 钢梁受拉, 是钢-混凝土组合梁最有利的受力状态, 也最能充分发挥这两种材料的长处^[3]。连续组合梁相对于简支组合梁, 有降低梁高、节约钢材和造价、增加行车舒适性等优点。但连续组合梁由于中支点负弯矩的存在, 混凝土顶板受拉开裂、组合作用丧失, 不仅降低梁的刚度, 并且对该处的钢筋、焊钉以及钢梁的防蚀造成不利影响, 降低了桥梁结构的耐久性, 增大了桥梁结构维修和养护的费用和难度。另外, 对于多跨连续组合梁, 当活载作用在最不利位置时, 可能出现在某一跨全跨承受负弯矩, 进而导致钢梁下翼缘受压, 有可能引起钢梁发生整体或局部失稳^[4]。

由于匝道设计车速较低, 简支组合梁伸缩缝较多带来的行车不利影响可相对弱化。综合考虑受力性能、施工难度、工期、耐久性以及后期养护等各项因素, 匝道桥拟推荐采用简支组合梁的结构形式。

3.2 桥梁布跨方案比选

根据设计原则, 跨径布置原则为新建匝道桥墩尽量与原主线桥墩或匝道桥墩对齐。对如下两个方案进行比较: 方案一、匝道桥在原有匝道两侧时采用 20 m 跨径与原匝道桥墩对齐, 在原有主线高架两侧时采用 40 m 跨径与原主线桥墩对齐; 方案二、匝道桥采用 40 m 跨径与原主线桥墩对齐。两布跨方案比选详见表 3。

表 3 布跨方案比较表

比选内容	方案一	方案二
施工难度	钢结构与混凝土结构皆有, 现场焊接量相对较少, 临时墩设置也较少。	钢结构加工及现场焊接量较大, 同时钢梁拼接需设置临时墩。
施工工期	混凝土结构仅湿接缝和横梁需现浇, 减小了现浇工作量, 工期略短。	组合梁桥面板现浇工作量较大, 工期较长。
景观	桥墩数量略多, 但新增桥墩与原高架桥墩对齐, 景观性尚可。	无需设盖梁, 桥墩数量较少, 梁下视觉通透, 景观性较好。
养护	组合梁占总长的 52.3%, 养护工作量及费用相对较少。	上部结构全为组合梁, 后期养护工作量较大, 费用较高。
造价	较低	较高

综合考虑结构施工、景观、养护、造价等因素, 推荐采用方案一作为实施方案。

3.3 桥梁标准横断面及结构设计

20 m 标准跨径桥梁横断面如图 2 所示, 上部结构采用 6 片预制刚接板, 梁高 1.0 m。中梁宽 0.85 m, 边梁宽 1.15 m, 湿接缝宽 0.5 m, 每片梁底布置 18 根 φ^{15} 20 钢绞线。下部结构桥墩与原崧泽高架匝道桥墩一致, 采用独柱墩。为减轻对已有结构的影响及保证地下管线的安全, 基础采用 D80cm 钻孔灌注桩。

40 m 标准跨径桥梁横断面如图 3 所示, 上部结构采用钢-砼组合梁, 桥宽 8.5 m, 箱梁结构宽度 8.2 m, 梁高 2.3 m。其中钢梁为单箱单室开口截面, 梁高 1.9 m。竖直腹板, 腹板厚 12~16 mm, 底板厚 20~35 mm, 顶板厚 35 mm。混凝土桥面板采用 C40 混凝土, 顶板宽 8.2 m, 悬臂 1.6 m, 跨中板厚 25 cm, 悬臂根部板厚 40 cm。下部结构桥墩采用独柱花瓶墩, 基础采用 D80cm 钻孔灌注桩。

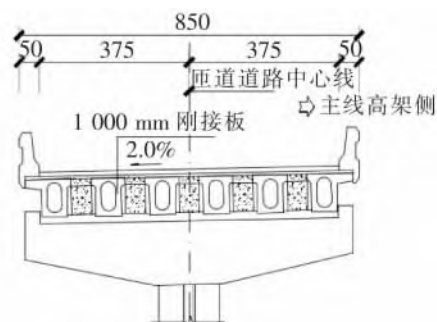


图 2 20 m 标准跨径桥梁横断面(单位:cm)

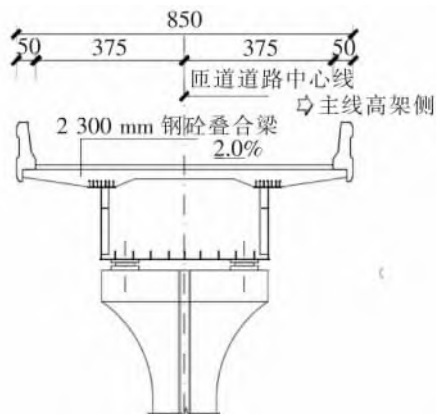


图 3 40 m 标准跨径桥梁横断面(单位:cm)

3.4 特殊节点设计

南匝道跨越蟠文路口,由于路口地面交通、地下轨交盾构以及 220 kV 地下管线的制约,桥梁跨径需增大到 63 m。63 m 主跨采用筒支钢-砼组合梁,梁高 3.2 m,腹板厚 12~16 mm,底板厚 30~40 mm,顶板厚 35 mm,横断面布置详见图 4。主跨两侧的 25、30 m 跨径采用预制混凝土小箱梁,梁高 1.6 m。横断面由 2 片预制梁组成,预制梁宽 2.675 m,湿接缝宽 1.526 m。

下部结构主墩采用盖梁独柱墩,盖梁为高低盖梁,为改善盖梁造型及受力,63 m 主跨组合梁在端部设置牛腿,梁高降低到 2.2 m。桥墩位于 220 kV 地下高压线和轨交盾构保护区边线交汇区,由于交汇区较小,小直径群桩基础无法避让,若加大跨径避让,则需 80 m 左右,经济性较差,因此采用单排 D200 cm 大直径钻孔灌注桩,桥墩横向偏心 1.0 m。为了将桩基施工对管线的影响减小到最小,桩基上部 10 m 范围内设置永久护筒,护筒直径 2.2 m。

除此之外,由于立墩空间受限,本工程采用了大量的横向大偏心受力墩。为改善偏心墩受力和耐久性,在偏心墩柱受拉侧布置预应力钢绞线,并按预应力 A 类构件设计。

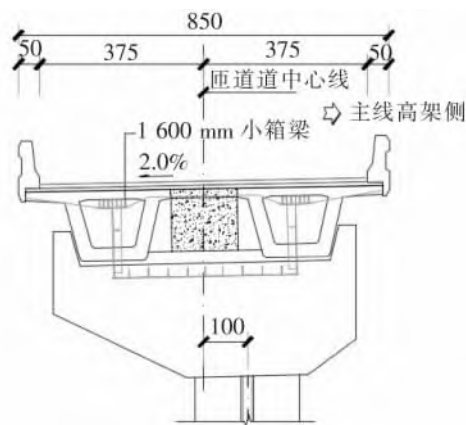


图 4 蟠文路口桥梁横断面(单位:cm)

4 抗震设计

4.1 抗震设防标准

本工程按地震烈度 7 度设防,水平向设计基本地震动加速度峰值 0.1g。根据《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166—2011,本工程桥梁抗震设防分类为乙类,桥梁抗震设防目标为:

在 E1 地震作用下,结构总体反应在弹性范围,基本无损伤,震后可立即使用。

在 E2 地震作用下,标准墩可发生有限损伤,经抢修可恢复使用,永久性修复后恢复正常运行;横向偏心墩由于配置了预应力,地震下不宜发生损伤,按强度设计。

4.2 抗震设计方法与抗震体系

根据规范,本工程桥梁抗震设计方法为 A 类,应进行 E1 和 E2 地震作用下的抗震分析和抗震验算,并满足桥梁抗震体系以及相关构造和抗震措施的要求^[5]。

桥梁抗震体系采用类型 I:地震作用下,标准墩桥梁的塑性变形、耗能部位位于桥墩墩底;盖梁、基础、支座和墩柱的抗剪按照能力保护原则来设计;横向偏心墩不进入塑性,按强度设计。

4.3 计算模型与抗震分析

本工程桥梁均为简支结构,且均采用独柱墩,故可采用单墩模型,上部恒载转化为质量进行分析。本

工程桥墩种类较多,采用 MIDAS/civil 有限元程序,建立三维模型,对每一种类型的桥墩均进行了抗震分析。反应谱分析表明:E1 作用下,各墩柱均处于弹性范围内;E2 作用下,横向大偏心墩强度验算均满足要求,而标准墩已进入塑性,须进行非线性时程分析。非线性时程分析表明:E2 作用下,标准墩柱底塑性变形均在容许范围内,且有较高的延性储备,墩柱抗剪以及桩基均满足能力保护构件的设计要求。

5 结语

本工程前期研究起于 2012 年底,工程边界条件复杂,协调工作量大,综合考虑施工周期、桥梁景观、工程造价、后期养护、施工对现状交通的影响、避让 220 kV 高压电缆以及轨交盾构等因素,对桥梁总体布置、标准结构形式、特殊节点结构设计等进行了多轮比选、论证与评审,并于 2013 年完成施工图设计。工程后期施工进展顺利,已于 2014 年 9 月竣工通车,成为国家会展中心周边重要配套道路,为长三角地区的车流快速进出国家会展中心提供保障,并促进地区经济快速发展。

参 考 文 献

- [1]中华人民共和国住房和城乡建设部. CJJ 11—2011 城市桥梁设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [2]中华人民共和国交通部. JTG D60—2015 公路桥涵设计规范[S]. 北京:人民交通出版社,2015.
- [3]刘玉擎. 组合结构桥梁[M]. 北京:人民交通出版社,2005.
- [4]徐德标. 大跨径钢-混凝土连续组合梁桥设计研究[D]. 大连:大连理工大学,2002.
- [5]中华人民共和国住房和城乡建设部. CJJ 166—2011 城市桥梁抗震设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.

The Overall Design of New Ramps for an Existing Urban Elevated Bridge

Deng Xiaowei

(Tongji Architectural Design (Group) Co., Ltd. (TJAD), Shanghai 200092, China)

Abstract: Songze elevated bridge is located in Hongqiao, Shanghai. To better serve the Hongqiao Business District and the National Exhibition and Convention Center (Shanghai), a new pair of up and down ramps were built, and the toll plaza and the ground road were reconstructed. The general situation, the design principles, the general arrangement of the bridge, the structural style and the seismic design of the project are briefly introduced, which may provide a reference for similar bridge design.

Key words: elevated bridge; ramp; design principles; general arrangement; structural style; seismic design