

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.06.022

六安市佛子岭路跨凤凰河桥设计分析

程宏斌

(上海勘测设计研究院有限公司, 上海市 200434)

摘 要:以六安市佛子岭路跨凤凰河桥设计为背景,介绍了该桥的技术标准、桥型方案比选、总体布置、主要结构设计以及施工方法等内容,并对该桥结构进行了整体静力分析和动力分析。分析结果表明,该桥结构设计合理,验算结果满足规范要求,可为同类桥梁设计与计算提供参考。

关键词:矮塔斜拉桥;桥梁设计;结构计算;景观

中图分类号: U442.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-7716(2023)06-0078-04

1 概 述

佛子岭路跨凤凰河桥是六安市中心路网“天堂寨路—长安北路—佛子岭路”内环线交通性主干道佛子岭路的重要节点工程,项目的建成对六安城市基础设施建设具有重要的推进作用。该桥跨越凤凰河城市滨水景观带,其重要的地理位置使得对桥梁的景观效果具有较高要求。经过多轮方案比选,充分考虑景观和造型要求,兼顾跨径和工程造价,最终选定矮塔斜拉桥作为实施方案。

凤凰河桥项目位置示意图见图 1。



图 1 项目位置示意图

2 主要技术标准

- (1)道路等级:城市主干路。
- (2)设计速度:60 km/h。
- (3)桥梁荷载标准:汽车荷载城市-A 级;人群荷载按照《城市桥梁设计规范》(CJJ 11—2011(2019 版))取值。
- (4)横断面宽度:桥面全宽 56 m,其横断面按 3.50 m(人行道)+3.50 m(非机动车道)+3.25 m(侧

分带)+15.50 m(车行道)+4.50 m(中分带)+15.50 m(车行道)+3.25 m(侧分带)+3.50 m(非机动车道)+3.50 m(人行道)=56 m 布置。

(5)抗震设防标准:抗震设防烈度为 7 度,设计基本地震加速度值为 0.10g。

(6)设计安全等级:一级。

(7)结构重要性系数:1.1。

(8)环境类别:Ⅲ类。

3 桥型方案比选

综合考虑景观需求及工程造价,桥梁选型基本排除跨径较小的简支梁桥、缺乏景观特色的普通预应力混凝土连续梁桥,以及造价较高的桥型如钢桁架桥等,宜选择能够与当地文化特点、周边景观相融合的新型景观桥梁。经过多轮比选,桥型方案最后集中在了矮塔斜拉桥与加装饰拱的变截面连续梁桥这 2 类桥型。方案一为矮塔斜拉桥(见图 2)。此类桥型属于索辅梁桥,是介于连续梁与斜拉桥之间的一种梁、索组合体系。该方案优点是主梁高度较小,结构轻盈,桥塔外形可采用“安徽六安”的“安”汉语拼音首字母“A”为基础并演变成拱门形式,寓意为“拱门迎宾”;拉索呈空间曲面,车辆行驶在桥面上宛如穿梭在时空隧道,桥梁景观效果好。缺点是造价较方案二高。方案二(见图 3)为加装饰拱的变截面连续梁桥。该桥型简约大方,结构受力明确,耐久性和经济性均较好,并且通过在桥面增加装饰性钢拱可提升整体景观效果,缺点是主梁高度较大,不够轻盈,且不利于桥下空间的预留^[1-3]。

凤凰河桥两端桥台附近设有下穿景观绿道,对桥下空间亦有较高要求,经过综合比较后,最终采用方

收稿日期: 2022-09-07
作者简介:程宏斌(1989—),男,硕士,工程师,主要从事桥梁工程设计工作。



图2 方案一效果图



图3 方案二效果图

案一,即矮塔斜拉桥方案。

4 桥梁总体设计

4.1 设计原则

该桥设计基本原则为:全面贯彻“安全可靠、适用耐久、技术先进、经济合理、与环境协调”的要求,同时满足:

(1)桥梁的景观定位应与六安市总体规划、自然条件匹配,桥型方案应具有创新性。

(2)充分考虑桥位处自然灾害对桥梁结构的影响,充分考虑材料防腐,提高结构的耐久性。

(3)合理布置跨径,尽量减少水中墩,降低施工难度和投资,满足防洪、河势等多方面要求。

4.2 总体布置

该桥采用双幅布置,每幅桥设1个桥塔,桥塔位于不同的桥墩上方,形成错落布置的平面形式,桥梁平面布置见图4。凤凰河主河道与道路斜交角度约为 45° ,为使桥跨与河道更好的协调,兼顾斜拉桥结构受力合理性,采用桥台和桥墩与道路正交布置、南北幅桥台错开布置的方式,尽量避免在主河道中设墩,减少桥梁对主河道水流的影响,并方便施工。

凤凰河桥北幅桥梁设计起点桩号为K0+315.5,设计终点桩号为K0+505.5,桥跨布置为 $47\text{ m}+86\text{ m}+57\text{ m}=190\text{ m}$,桥塔位于P2墩上方。南幅桥梁设计起点桩号为K0+305.5,设计终点桩号为K0+495.5,跨径布置为 $57\text{ m}+86\text{ m}+47\text{ m}=190\text{ m}$,桥塔位于P1墩上方。

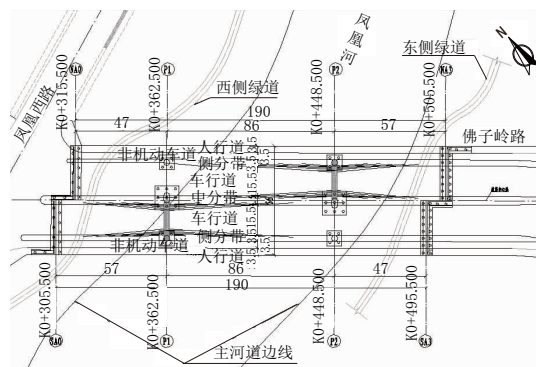


图4 桥梁平面布置图(单位:m)

桥梁横断面布置为: 3.50 m (人行道) $+3.50\text{ m}$ (非机动车道) $+3.25\text{ m}$ (侧分带) $+15.50\text{ m}$ (车行道) $+4.50\text{ m}$ (中分带) $+15.50\text{ m}$ (车行道) $+3.25\text{ m}$ (侧分带) $+3.50\text{ m}$ (非机动车道) $+3.50\text{ m}$ (人行道) $=56\text{ m}$,桥墩处横断面布置见图5。

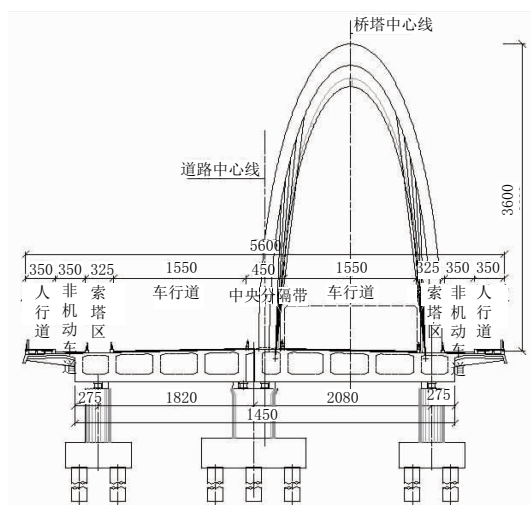


图5 桥墩处横断面布置图(单位:cm)

4.3 主桥设计

上部结构为变截面预应力混凝土箱梁,采用大悬臂直腹板单箱4室结构,全长 190 m ,单幅宽 27.99 m ,其中外侧悬臂长 5.75 m 。连续梁跨径布置为 $57\text{ m}+86\text{ m}+47\text{ m}$,两侧边跨与中跨的跨径比分别为 0.66 和 0.55 。中跨跨中及边跨端部梁高均为 2.2 m ,墩顶梁高 3.6 m 。箱梁标准段顶、底板厚均为 0.25 m ,腹板厚为 0.5 m ,在墩支点处底板逐渐加厚至 0.9 m ,腹板加厚至 0.9 m ,在桥台处底板逐渐加厚至 0.5 m ,腹板加厚至 0.8 m 。主梁在桥墩及桥台位置各设1道横梁,桥墩处中横梁厚度为 4 m ,桥台处端横梁厚度为 2 m ,同时在拉索对应位置设置厚 0.5 m 的横隔梁,中跨横隔梁纵向间距 12 m ,边跨为 6.5 m ,沿横向通长布置。另外,在最外侧箱室与大悬臂对应位置每隔 5 m 设置1道厚 0.3 m 加劲肋。箱梁标准段构造见图6。

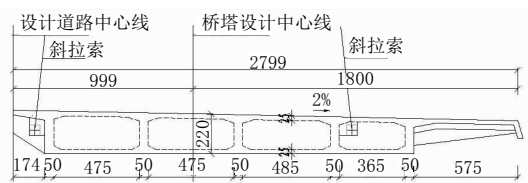


图6 箱梁标准段构造图(单位:cm)

该桥结构体系采用塔梁固结、墩梁分离连续梁支承体系。桥塔高36 m,宽21.5 m,中间构造尺寸满足15.5 m行车道的通行净空要求。为满足桥梁景观设计的需要,桥塔外形整体上呈现为半椭圆形,立面外轮廓由几段半椭圆曲线组合而成,最外侧轮廓椭圆长轴半径36 m,短轴半径10.75 m;内侧轮廓椭圆长轴半径31 m,短轴半径8.25 m;同时设置长轴半径32 m,短轴半径8.4 m的曲线实现桥塔的景观槽口,以满足景观桥塔的布置需求。主塔截面纵桥向宽3 m保持不变,横向截面宽度通过椭圆长轴半径的变化从2.5 m变化到5 m。桥塔为钢筋混凝土结构,采用定型钢模浇筑成型,并在桥塔内部设置劲性骨架。桥塔构造见图7。

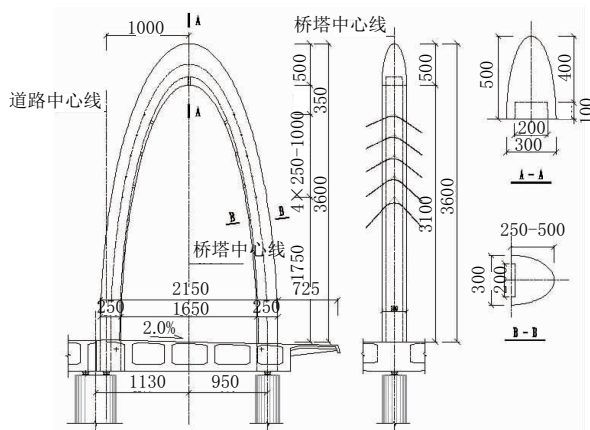


图7 桥塔构造图(单位:cm)

本桥采用双索面斜拉索布置,每个桥塔设斜拉索10对,斜拉索在桥塔上索距为2.5 m,梁上主跨侧索距为12 m,边跨侧索距为6.5 m。斜拉索在桥上采用单侧双向抗滑的分丝管锚固,在梁上锚固于主梁顶板横隔梁位置。为了实现斜拉索的张拉以及后期换索的方便,选用可实现单根张拉和单根更换的钢绞线作为斜拉索,拉索规格为22- Φ^s 15.2,钢绞线强度 $f_{pk}=1\ 860\text{ MPa}$,斜拉索外包HDPE外套管。

下部结构横桥向共3个桥墩,中间桥墩为2幅桥共用,顺桥向和横桥向宽分别为3 m和5 m,两端为减小水流阻力采用圆弧倒角,下接承台桩基。

5 结构计算分析

5.1 计算模型

主桥结构分析采用Midas/Civil建立空间梁单元

模型,塔梁均采用梁单元、拉索采用桁架单元模拟。计算模型中共有梁单元207个,桁架单元20个,节点数共245个,计算模型见图8,计算荷载及工况按规范要求取值。

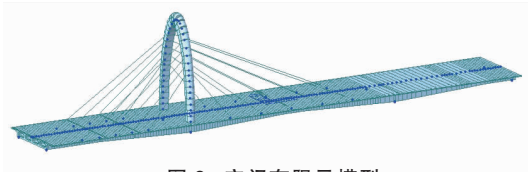


图8 空间有限元模型

5.2 主梁静力计算

主梁按A类预应力混凝土构件设计。根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)分别对其抗弯、抗剪承载力进行验算,验算结果见图9、图10。同时对施工阶段正截面应力、使用阶段正截面混凝土拉应力、斜截面混凝土拉应力、主梁挠度进行验算,验算结果均满足设计要求^[4]。其中,汽车荷载作用下主梁最大挠度为15 mm(见图11),小于规范要求的 $l/500=172\text{ mm}$,满足规范要求。

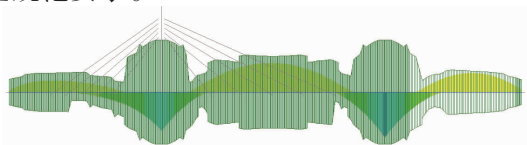


图9 成桥阶段主梁抗弯承载力包络图

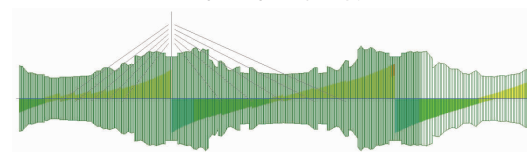


图10 成桥阶段主梁抗剪承载力包络图

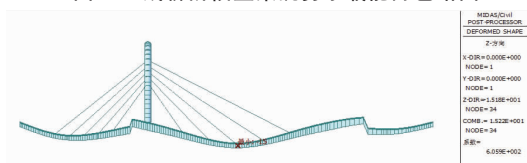


图11 主梁在汽车作用下的竖向位移(单位:mm)

5.3 拱塔及斜拉索静力计算

分别对混凝土拱塔、斜拉索进行计算,其中拱塔纵桥向最大弯矩为8 349.6 kN·m,最大剪力为379.1 kN,塔底轴力最大值为18 492 kN,承载力均能够满足;成桥索力最大值为2 206.5 kN。

5.4 全桥稳定分析

在恒载作用下,结构前3阶失稳模态均为桥塔侧向失稳。其中1阶失稳模态见图12,稳定安全系数 K 的最小值为257。结果表明,本桥采用索辅梁桥结构体系具有较高的整体稳定性^[5]。

5.5 结构动力分析

对该桥进行结构动力特性分析,计算得出结构1

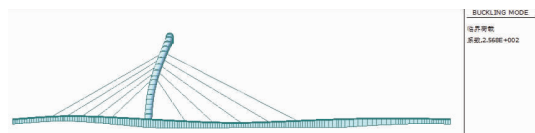
结构 1 阶失稳模态 ($K=257$)

图 12 结构稳定分析

阶振型为主梁 1 阶竖弯,振动频率为 1.22 Hz;2 阶振型为主梁 2 阶竖弯,振动频率为 2.15 Hz;3 阶振型为桥塔横弯,振动频率为 2.39 Hz。

6 施工方案

本桥基础采用钻孔灌注桩,主梁采用支架现浇,边跨采用满堂支架,中跨采用少支架,桥塔采用定型钢模施工。桥梁的主要施工顺序为:

- (1)现场施工桩基、承台、桥台、桥墩等下部结构。
- (2)现场施工斜拉塔下部结构至桥墩顶端标高。
- (3)支架施工浇筑主梁混凝土,边跨采用满堂支架,中跨采用少支架。
- (4)张拉主梁纵横向预应力,张拉顺序为先张拉顶板束,再张拉底板束。
- (5)在桥面上搭设桥塔支架,绑扎钢筋,采用定型钢模施工桥塔部分。

- (6)现场安装并张拉斜拉索,拆除支架。
- (7)施工桥台背墙,台背回填。
- (8)施工桥面铺装、人行道、台后搭板等其他附属设施。
- (9)荷载试验。
- (10)竣工通车。

桥梁施工方案尽量采用少支架方案,可减轻对河道的影响。本桥预估施工工期 16 个月。

7 结 语

本文以六安市佛子岭路跨凤凰河桥设计为背景,对该桥的桥型方案比选、总体布置、主要结构设计以及施工方法进行了介绍,并对该桥结构进行了整体静力分析和动力分析。验算结果均满足规范要求,结构设计合理,可为同类桥梁设计提供参考。

参考文献:

- [1] 项海帆. 桥梁概念设计[M]. 北京:人民交通出版社,2011.
- [2] 严国敏. 现代斜拉桥[M]. 成都:西南交通大学出版社,1996.
- [3] 王伯惠. 斜拉桥结构发展和中国经验[M]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [4] JTG 336—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [5] JTG/T 3365-01—2020,公路斜拉桥设计规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com