

西安市三环路系统工程灞河大桥关键技术及创新

张磊^{1,2}, 曾鹏¹

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 四川 成都 610031; 2. 中国华西工程设计建设有限公司, 四川 成都 610015)

摘 要: 西安市三环路系统工程灞河大桥全长 1.061 km, 包括灞河大桥主道桥、灞河大桥辅道桥及广运潭辅道桥三部分, 桥梁总面积为 43 881 m², 概算总额 2.197 亿元, 是陕西省最大的市政跨河桥梁工程。桥梁位于西安市大型旅游开发项目——广运潭之上, 在“西部第一水城”——西安市浐灞生态园区内横跨灞河, 景观要求很高。总体设计利用三环路设置主辅道的特点, 创新性地提出了“主道桥和辅道桥相同跨径、不同高程”的设计思路, 主道桥主桥采用(2×50+80+2×50)m 下承式钢管混凝土拱梁组合体系, 辅道桥主桥采用(25+2×50+80+2×50+25)m 的连续箱梁, 构思巧妙, 在满足主辅道交通功能要求的同时达到了良好的景观效果, 可为类似项目提供借鉴。

关键词: 灞河大桥; 主道桥; 辅道桥; 下承式钢管混凝土拱梁组合; 连续箱梁

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)03-0061-04

0 引言

西安市城市交通项目(三环路系统)灞河大桥工程位于西安市城区东北部, 北接谢王立交, 南接安邸立交, 是三环路系统的控制性工程(见图1)。灞河大桥的建设, 对于完善西安市城市主骨架路网, 构筑快速三环路, 为西安城市各组团间长距离出行提供快速通道, 改善旅游和投资环境, 拉动西安市经济增长, 加快和促进西安城市化进程, 实现西安市面向新世纪制定的城市交通发展目标和宏伟蓝图具有十分重要的意义。



图1 灞河大桥地理位置图

1 工程背景

西安市三环路为全宽 100 m 的城市快速路, 中间双向 8 车道(主道)快速路主线, 计算行车速度 80 km/h; 两侧各三 3 车道辅道, 计算行车速度 40 km/h。

收稿日期: 2022-02-17

作者简介: 张磊(1973—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事道路与桥梁设计工作。

在灞河桥的总体设计中, 主道跨越灞河及河堤路, 而辅道与河堤路平交并跨越灞河, 主道与左右两侧的辅道平行但位于不同的高程。桥梁设计中应充分利用这一特点对灞河大桥的主道桥和辅道桥统一协调考虑, 以达到良好的功能要求和景观效果。

灞河属淤积性河流, 但由于近年挖砂、采石, 河床出现冲刷下切, 河床的地质条件较差。同时, 该桥位于高烈度地震区, 地震动峰值加速度为 0.20g, 桥梁的抗震要求高。

主要技术标准: 设计荷载^[1], 城—A 级, 验算荷载, 挂车—120; 设计洪水频率, 特大桥 1/300; 桥梁宽度, 东三环主道桥桥梁左右分修, 桥梁全宽 2×16.5 m, 辅道桥桥宽 12.0 m; 地震烈度, 按Ⅷ度设防。

灞河大桥工程全长 1.061 km, 包括灞河大桥主道桥、灞河大桥辅道桥及广运潭辅道桥三部分, 桥梁总面积为 43 881 m²。其中, 灞河大桥主道桥全长 837 m, 桥宽 2×16.5 m(见图2)。灞河 E、F 辅道桥和广运潭 E、F 辅道桥, 桥宽均为 12 m; 灞河 E、F 辅道桥长分别为 503.4 m 和 504.3 m; 广运潭 E、F 辅道桥桥梁长分别为 163.6 m 和 183.7 m。

灞河大桥作为西安三环路的控制工程, 工期紧张, 同时由于桥址处广运潭工程的同步实施, 广运潭闭闸维修、汛期等多方面因素影响, 导致该工程施工工期紧, 渡汛施工、有效工期短。

2 关键技术及创新

结合桥位处的地形条件, 利用三环路设置主辅道的特点, 创新性地提出了“主道桥和辅道桥相同跨径、

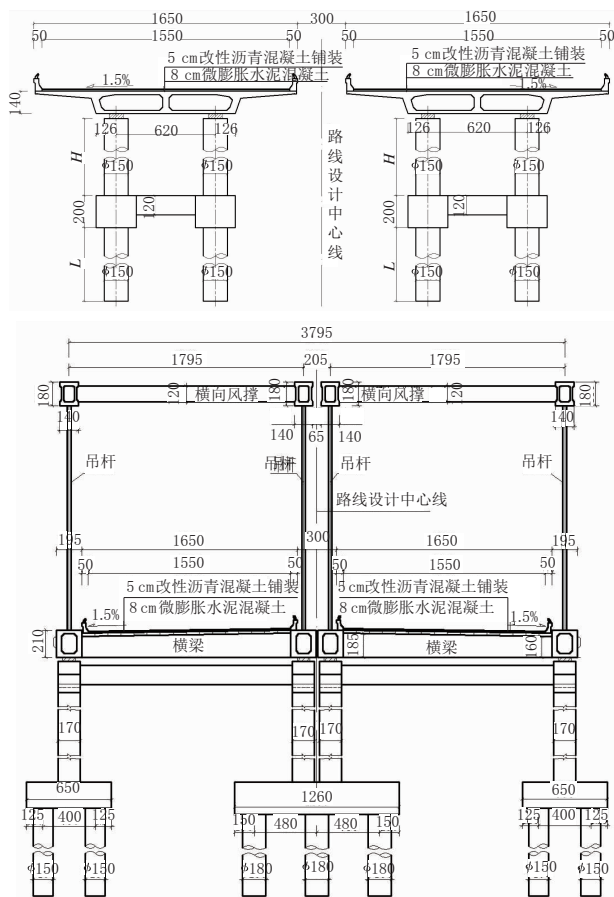


图2 桥梁横断面图(单位:cm)

不同高程”的设计思路,构思巧妙。主道桥主跨采用(50+50+80+50+50)m 五连跨下承式钢管混凝土拱梁组合体系,主道桥两侧高程较低的辅道桥采用同样跨径组合的连续梁。主道桥气势宏伟,辅道桥简洁明快,整体桥梁造型刚柔相济。桥梁水平伸展的动势与平坦的风景相协调,配合均衡、合理(见图3)。



图3 灞河大桥建成图

2.1 桥梁总体设计

本桥位于西安市大型旅游开发项目——广运潭之上,在“西部第一水城”——西安市浐灞生态区内横跨灞河,景观要求很高。桥梁总体设计中,考虑三环路主辅道的不同交通功能,将主道跨越灞河及灞河两岸的河堤路,而辅道则与河堤路平交并跨越灞河。因此,主道与左右两侧的辅道平行但位于不同的高程。桥梁设计中充分利用了这一特点,对灞河大

桥的主道桥和辅道桥方案统一协调考虑,创新性地提出了“主道桥和辅道桥采用相同跨径,不同高程”的设计思路,在满足主辅道交通功能要求的同时达到了良好的景观效果。灞河大桥主道桥的主桥采用了(2×50+80+2×50)m 五跨连拱,由于桥位处地势平坦,桥面宽阔,采用5连拱的造型气势宏伟且能与环境很好地协调。拱桥水平伸展的动势与平坦的风景相协调,配合均衡、合理,具对称均衡的美感,体现着大桥优美的连续韵律。与主道桥主桥的孔跨相对应,辅道桥主桥采用(25+2×50+80+2×50+25)m 的连续箱梁,桥梁造型简洁明快。从侧面看去,不同高程的两座桥梁造型协调,辅道桥的简洁更凸显了主道桥的视觉效果。灞河大桥主道桥和辅道桥的引桥均采用了小跨度的现浇连续箱梁。

2.2 主道桥主桥结构设计

主道桥主桥桥梁孔跨布置为(2×50+80+2×50)m,桥面全宽2×16.5 m,左右幅分修。拱轴线采用二次抛物线,矢跨比1/4。80 m跨拱计算跨径为76.4 m,拱肋采用哑铃形断面,上下主弦管采用 $\phi 900 \times 16$ mm的钢管,中间设缀板连接,缀板采用16 mm厚的钢板。50 m跨拱采用单根 $\phi 900 \times 16$ mm的钢管^[2]。80 m跨两片拱肋之间于拱顶设置 $\phi 800 \times 12$ mm的钢管,于距拱顶15 m处设置“米”字形横撑作为风撑,“米”字形风撑的横撑采用 $\phi 800 \times 12$ mm的钢管,斜撑采用 $\phi 600 \times 12$ mm的钢管。50 m跨两片拱肋之间于拱顶和距拱顶10 m处设置 $\phi 600 \times 12$ mm的钢管作为风撑。钢管拱肋及横撑采用工厂制作,现场吊装拼接的施工方法。80 m跨拱肋分3段吊装,每段吊装重量约为24 t;50 m跨拱肋分2段吊装,每段吊装重量约为10 t。主桥为简支拱梁组合体系,该体系为外部静定、内部超静定结构。单幅桥横向设双拱肋,拱肋为钢管混凝土结构,纵梁为预应力混凝土结构。为了保证拱肋的横向稳定性,于拱脚处设置了强大的端横梁,端横梁为预应力混凝土结构。吊杆横梁弹性嵌固在纵梁上,为预应力混凝土T形梁。80 m跨拱桥拱肋横向设3道横撑,50 m跨拱桥横向设1道横撑。桥墩为钢筋混凝土 π 形双肢墩、桩基础。为了保证桥墩的横向和纵向稳定,分别于墩顶和墩高一半处设置了系梁。本桥设计为满堂支架现浇,即先搭设支架浇注纵梁和横梁混凝土,张拉部分预应力钢束;搭设支架吊装拱圈和风撑,灌注钢管混凝土,张拉纵梁和横梁部分预应力钢束;安装吊杆及桥面板,张拉纵梁和横梁部分预应力钢束,张拉吊杆;完成桥面铺装、护栏及其

他附属设施,张拉吊杆至设计张拉力。

灞河大桥主道桥主桥的结构设计紧紧围绕“实用、经济、安全和美观”的基本原则,并积极采用新结构、新材料、新工艺,把借鉴类似桥梁和自己的独创结合起来,充分考虑桥梁在施工和运营期间的方便性及费用低廉性。

(1)主桥采用下承式5连拱,从外观上看具有连绵不断的连续性,但各跨均采用相对独立的简支结构,互不影响,受力明确。单跨拱桥采用外部静定、内部超静定的系杆结构,拱肋为钢管混凝土刚性拱,系杆为预应力混凝土的刚性系杆。系杆和拱肋通过吊杆连接起来,形成一个类似桁架的结构,大大加强了上部结构的整体刚度,减小了活载作用下拱肋和系梁、横梁的相对位移,提高了行车舒适性及吊杆的使用寿命^[3]。

(2)80 m跨采用哑铃形截面,由两根 $\phi 90$ cm的钢管组成。50 m跨采用圆形截面,由一根 $\phi 90$ cm的钢管构成。两种不同跨度的拱桥由于采用了强大的端横梁及固结中横梁的形式,与其他下承式拱桥相比,大大减少了拱上风撑的数量,使桥面以上显得更开阔、通透,减少了该类桥梁桥上行车犹如进隧道的压抑感(见图4)^[4]。



图4 灞河大桥主道桥截面图

(3)系梁采用预应力混凝土结构,只需在施工时分批张拉预应力筋。施工完成后,整个系杆无需进行养护、维修和更换的工作,大大降低了桥梁的维护工作和养护费用。

(4)吊杆上下锚箱均采用外置式,上锚箱采用钢箱结构悬挂于拱肋下部,下锚箱采用钢箱结构置于

系梁上部,吊杆只连接上下锚箱。

该结构方式的应用解决了以往系杆拱桥的几个不足:

a. 避免了吊杆在拱肋及系梁内通过对拱肋及系梁截面的削弱,降低其承载能力的缺点。

b. 由于拱肋与吊箱连接是通过钢板连接,钢板在拱肋及系梁内所占的空间很小,这就解决了拱肋钢管混凝土浇注的困难,避免了钢管混凝土出现空洞死角的通病。

c. 以往系杆拱桥由于吊杆是一个长期频繁活动的构件,在穿过拱肋的部分会受到导管尺寸的限制,造成吊杆PE保护层的破坏,影响吊杆的使用寿命,这种现象在靠近拱脚的短吊杆尤其明显。该桥采用了吊箱连接,吊杆又采用了带铰连接的新型产品,解决了以上问题^[5]。

d. 以往的此类桥梁均存在施工中要求拱肋和纵梁预留吊杆空洞的精度非常高,但不可避免在施工中均存在误差,加上混凝土的收缩徐变影响,造成吊杆上下孔洞的偏差、吊杆安装的困难和吊杆的垂度偏差,降低了吊杆的使用寿命。该桥采用吊箱后,降低了施工的难度,延长了吊杆的使用寿命。

e. 吊箱设置于系梁上部,检修工作人员可以随时方便地对其进行检查与维修,方便了运营中的检查和维护,降低了大桥的维护费用。

主道桥吊箱和吊杆锚箱构造如图5至图7所示。



图5 灞河大桥主道桥吊箱图

(5)由于上部结构采用了静定体系,减小了下部结构承受的水平力和弯矩,大大降低了墩柱和基础的工程量。下部结构采用轻型柱式桥墩,造型美观、轻盈,一改拱桥笨重基础的形象。同时,桥墩尺寸的优化也减小了阻水比,有利于灞河的泄洪。

2.3 辅道桥主桥结构设计

灞河大桥辅道桥主桥采用(25+2×50+80+2×50+25)m的连续梁,与主道桥主桥孔跨对应。由于主道桥主桥采用支架施工,考虑到施工方便性及工期要

段进行定位。

全桥为分幅设计、分幅施工。先施工南幅桥,后拆除老桥,再施工北幅桥,确保施工期间的过江交通及南幅桥施工时对老桥的结构安全。

6 结 论

本文对大跨度钢-混凝土混合连续梁设计与施工关键技术进行研究,主要结论如下:

(1)钢-混混合连续梁,通过中跨跨中设置自重较轻的钢梁,有效降低了主梁自重,提高了连续梁的跨越能力。

(2)钢-混结合段是混合连续梁传力的关键部位,设计时需要兼顾构造、受力、施工等因素,做到构造简单、传力明确、施工便捷。

(3)球型钢支座并联叠层橡胶支座的复合隔震体系利用了球型钢支座的摩擦耗能性能和叠层橡胶支座的水平剪切性能,具有受力明确、构造简单、经济

可行、减震效果好的特点,在大跨度连续梁中具有较大推广应用价值。

参考文献:

- [1] 范立础.桥梁工程[M].北京:人民交通出版社,2005:63-68.
- [2] 刘清华.乐自高速公路岷江特大桥总体设计[J].西南公路,2012(2):13-16.
- [3] 李华.基于挂篮作为提升平台的液压同步提升技术在超大跨钢箱梁安装中的应用[J].建筑施工,2019(4):660-662.
- [4] 周飞秦.钢-混混合结构在极小边中跨比连续梁桥中的应用[J].市政技术,2019(6):76-79.
- [5] 刘伟.小边跨钢-混凝土混合梁桥设计[J].上海公路,2018(2):39-42.
- [6] 徐敏.钢-混凝土混合连续梁桥钢混结合段局部分析及检测[J].城市道桥与防洪,2019(5):97-100.
- [7] 齐新.无锡市盛新大桥钢-混凝土混合连续梁桥设计与施工[J].城市道桥与防洪,2011(10):54-59.
- [8] JT/T 822—2011,公路桥梁铅芯隔震橡胶支座[S].
- [9] JT/T 852—2013,公路桥梁摩擦摆式减隔震支座[S].
- [10] 王瑞龙.采用复合隔震体系的浏港大桥抗震性能研究[J].城市道桥与防洪,2018(2):158-161.

(上接第64页)

料,为增加防水涂料与桥面的黏结度,对桥面混凝土进行抛丸处理,桥面沥青混凝土在陕西第一次采用了粗粒式 SMA 改性沥青混凝土。

3 结 语

灞河大桥工程于2005年6月开工,2006年12月竣工,概算总投资为2.197亿元。灞河大桥的建成,为西安市的城市建设增添了一道亮丽的风景,成为了西安市三环路上的标志性建筑,极大地改善了西安市东部的交通环境,对于完善西安市城市主骨架路网,构筑快速三环路,为西安城市各组团间长距离出行提供快速通道,改善旅游和投资环境,拉动西安市经济增长,加快和促进西安城市化进程,实现西

安市面向新世纪制定的城市交通发展目标和宏伟蓝图具有十分重要的意义,取得了明显的社会效益。

参考文献:

- [1] CJJ 77—98,城市桥梁设计荷载标准[S].
- [2] GB J17—88,钢结构设计规范[S].
- [3] 林荣奋.灞河大桥80 m 钢管混凝土拱支架体系设计与施工[J].市政技术,2011(4):43-46.
- [4] 孙亚刚.西安灞河钢管混凝土拱桥施工监控研究[J].山西建筑,2012(15):195-197.
- [5] 兰国友.灞河大桥80 m 跨钢管混凝土拱梁组合体系施工[J].城市建设理论研究(电子版),2013(16):1-11.
- [6] 杨学伟.三门峡市209国道涧河桥钢管拱架设施施工技术探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2012(36).