

济南东站交通枢纽桥梁工程设计

俞雷, 李健

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要:介绍济南东站交通枢纽桥梁工程概况、总体结构设计以及工程设计特点等方面的内容。由于对桥梁景观要求高,设计在常规桥梁结构基础上,灵活选择结构型式,重视桥梁景观设计,充分考虑相关工程影响,特别注重设计细节,较好地实现了城市设计的理念。特别在跨龙脊河地面桥设计中,充分利用现场条件,因地制宜地选择结构形式,并对斜交异形现浇连续钢筋混凝土板进行详细的内力分析和配筋设计。

关键词:济南东站;桥梁设计;桥梁景观;细节设计;异形地面桥

中图分类号: U442

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)12-0054-04

1 工程概况

济南东站位于济南市主城区东北门户地带,是集高铁、城际铁路、城市轨道交通、长途汽车客运站等多种交通为一体的综合交通枢纽。枢纽区道路系统旨在构建“南进南出,北进北出”高效便捷的对外道路交通体系。桥梁工程分为北广场、南广场两部分,包含11条匝道桥,2座跨龙脊河地面桥,建成后桥梁实景如图1所示。



图1 建成后桥梁实景

北广场站房二层平台两侧接N匝道使地面车辆能够快速由西向东进出下客区,在跨站东路、站西路处分别设置E匝道和B匝道增加地面北环路通行效率,设置小半径的C匝道和D匝道满足不同方向进出平台的需求,从现状济青高速跨线桥南侧拼宽引出A匝道跨越凤凰北路进入北环路,平面布置如图2所示。

南广场站房二层平台两侧接S匝道使地面车辆能够快速由西向东进出下客区,设置小半径的F匝道和G匝道满足不同方向进出平台的需求,平面布

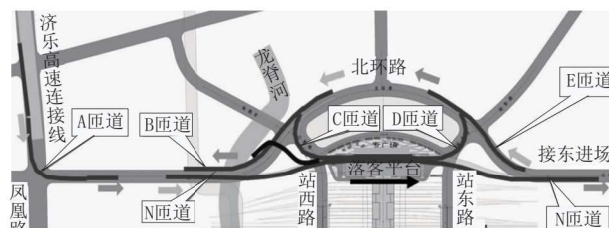


图2 北广场匝道平面

置如图3所示。

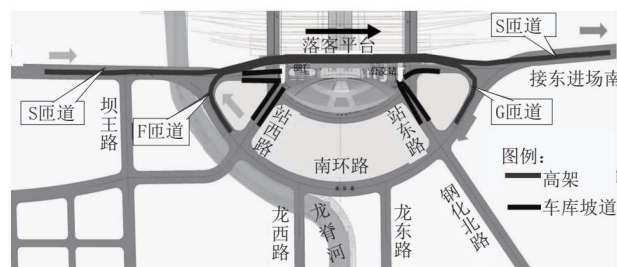


图3 南广场匝道平面

2 技术标准与设计参数

匝道桥和地面桥设计荷载分别选用城-B级和城-A级。匝道桥标准桥宽 $8.5\text{ m}=0.5\text{ m}$ (防撞栏杆)+ 7.5 m (行车道)+ 0.5 m (防撞栏杆),其余曲线等宽段桥宽为 10 m 、 14.1 m 。平曲线最小半径 61 m 。匝道桥台后填土控制在 3.0 m 以下。地震设防烈度为7度。地面桥设计洪水频率:50 a一遇。

3 桥梁总体结构设计

3.1 匝道桥桥型选择

交通枢纽内的桥梁不仅要满足使用功能的要求,还要满足城市设计的理念,与广场景观、车站建筑相协调,对桥梁景观要求高。在桥型选择时,综合考虑了安全可靠、适用耐久、技术先进、经济合理的原则,做

收稿日期: 2022-12-15

作者简介: 俞雷(1980—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计工作。

到整体线形流畅连续,桥下墩柱减少数量和体量,增强通透感。

连续箱梁具有线形美观、造型轻巧的特点,也能灵活适应弯、斜、坡桥布置的需要,下部墩柱数量也相对较少。经与其他桥型的分析比较,并综合考虑景观、场地施工条件、经济等因素,选择连续梁结构作为匝道桥的基本梁型。

3.2 匝道桥上部结构

匝道桥直线段以等高预应力混凝土连续梁(跨径 35m 以下)为主,标准断面如图 4 所示。小曲线处根据跨径大小选择等高钢结构连续梁(跨径 50 m 以下)或钢筋混凝土连续梁(跨径 25 m 以下),标准梁高为 2 m,标准断面如图 5 所示;北广场接平台两侧及 B、E 匝道跨路口简支梁处由于跨径较大梁高取 2.2 m。北广场局部匝道分岔处(共三处),为满足桥下道路布置需要,在门墩暗横梁处设置牛腿以支承相邻联梁端支座。特殊大跨区段采用变高连续梁,南广场匝道跨龙脊河处采用 35 m+55 m+35 m 变高预应力混凝土连续梁(梁高 2~3 m),跨规划 M1 线处采用 50 m+75 m+50 m 变高度钢结构连续梁(梁高 2~3.5 m)。

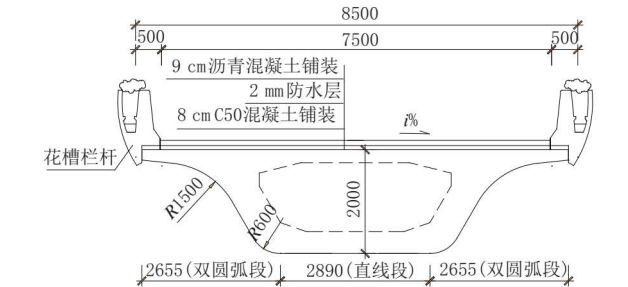


图 4 混凝土箱梁典型横断面(单位:mm)

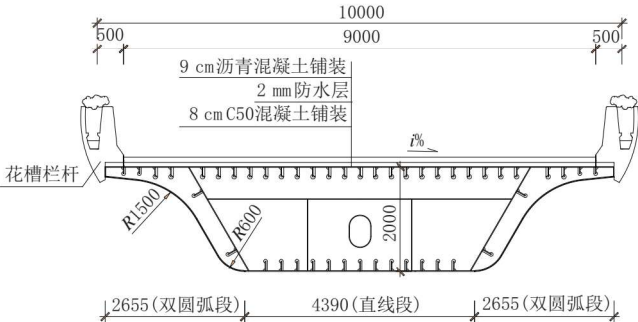


图 5 钢结构箱梁典型横断面(单位:mm)

上部结构均采用双弧形箱梁断面,梁体线形圆顺流畅,富有连续性和韵律感,外形新颖,轻巧美观。在变宽段箱梁两侧的圆弧段保持不变,梁底直线段变宽,双弧形钢模板可以重复利用,方便现场施工。

3.3 匝道桥下部结构

下部墩柱采用花瓶墩外形,避免墩柱林立,减少

对视线的阻挡和对景观的干扰。立柱截面为带圆倒角矩形,前后两面开槽增加线条感,开槽宽度向上逐渐放大。墩顶逐渐放大成花瓶形,与上部梁体形式协调一致,同时满足了横桥向设双支座的需要,典型断面如图 6 所示。

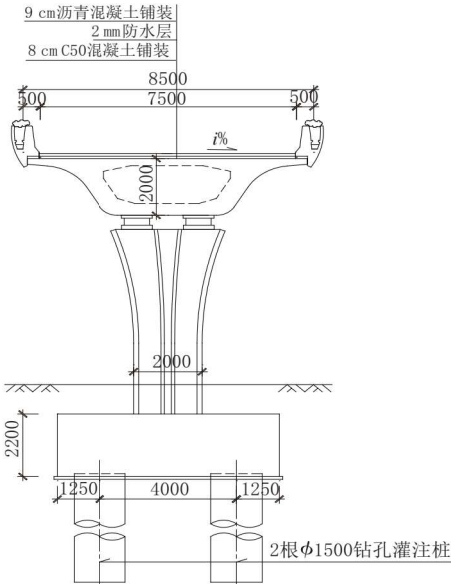


图 6 匝道桥典型横断面(单位:mm)

桥梁基础型式受各种因素制约,根据地下建筑、施工条件等选用合适的型式。在空间位置上,对地下结构物做好避让和结合。在结构上保证桥梁的安全和正常使用,同时不对其他地下结构带来不利的影响。在施工顺序上与地下或附近建筑的施工进行协调。桥墩基础采用 φ1.5 m 或 φ1.8 m 钻孔灌注桩,桥台基础采用 φ1.2 m 钻孔灌注桩。

3.4 地面桥

根据道路总体布置,地面道路南、北环路跨龙脊河处均为曲线段,横向呈 3~4 幅布置,如图 7 所示,桥梁与河道斜交,平面布置复杂。

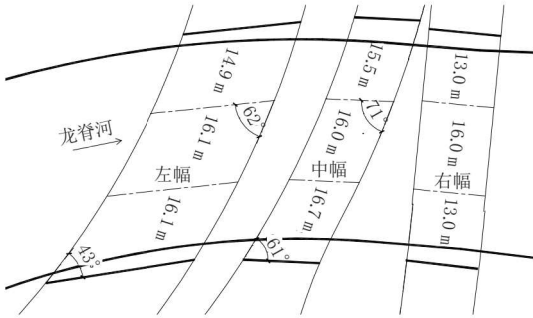


图 7 南环路跨龙脊河地面桥平面图

南环路龙脊河根据规划需要改线,桥位处为现状地面,设计采用三跨现浇 13~16 m 异形斜交钢筋混凝土连续板结构,河道后开挖。异形斜交连续板受力复杂,设计通过平板单元模型计算得到板的三

弯矩(单元弯矩、主弯矩和配筋弯矩)进行配筋。正交连续板一般考虑纵、横向弯矩就可以了,因为扭矩一般很小,可以略去,而异形板存在较大的扭矩,有时会与弯矩等数量级,特别是异形板的相关部位更加明显,忽略它会对结构造成很大不安全性,配筋设计要考虑到弯矩、扭矩的共同作用。

北环路龙脊河处为现状河道,为减小汛期洪水影响,设计采用三跨13~17 m异形斜交简支先张法空心板结构,如图8所示,工厂预制现场吊装工艺,全桥共设置138块先张预应力混凝土空心板。由于该桥位于圆曲线上,因此部分空心板采用平面大小头设计,预应力筋成扇形布置的结构。此类异形空心板在济南市应用较少,在设计紧密的配合下,施工单位进行了长线法预制先张变宽空心板技术的研发,顺利完成空心板的预制。

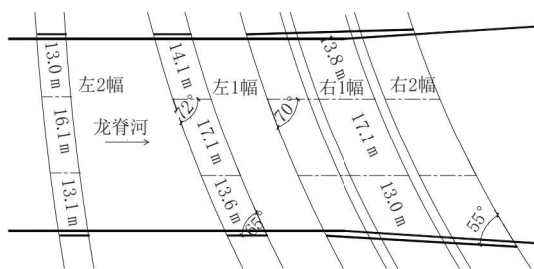


图8 北环路跨龙脊河地面桥平面图

4 工程设计特点

4.1 相关工程多

交通枢纽桥梁工程的最大特点是相关工程多,协调和交接的工作量大。桥梁工程的设计过程中,各种相关工程也在同步进行,做好技术衔接工作特别重要。

4.1.1 规划轨道交通 M1 线

M1 线东客站站与济南东站同步实施,车站结构先于桥梁施工,隧道底标高距离地面 23 m,线路与南广场匝道桥存在 3 处交叉,如图 9 所示。为预留未来 M1 实施线位摆动可行性,桥梁跨径尽量放大,桥梁桩基距离隧道结构净距按一般情况 $1D$,特殊情况 $0.5D$ (D 为隧道结构外径 6.8 m) 控制。按以上原则布置,形成 2 处等高钢结构连续箱梁 $30\text{ m}+48\text{ m}+30\text{ m}$ ($R=61\text{ m}$), $40\text{ m}+50\text{ m}$ ($R=62\text{ m}$) 和 1 处变高钢结构连续箱梁 $50\text{ m}+75\text{ m}+50\text{ m}$ 。

4.1.2 与站房二层平台衔接

匝道桥与站房二层平台相接处的设计方案一般有共建和分建两种方案。共建方案需要桥梁和站房设计单位协同设计,对结构布置、支座反力等进行设

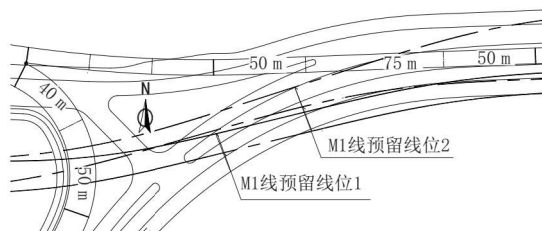


图9 南广场预留轨道 M1 线匝道桥平面图

计条件交接;分建方案受力明确,设计界面清晰,有利于设计和施工顺利开展。通过方案比较,业主最终选择采用分建方案。

匝道桥结构与平台建筑结构在衔接处采用上、下部结构均分离的形式,桥梁上部结构在衔接处悬挑 5 m 使得桥梁基础避开建筑结构基础,与平台结构相接处设置桥梁伸缩缝,实景照片如图 10 所示。汽车荷载作用下悬臂段的竖向位移差是设计重点关注的,它影响桥面平顺和伸缩缝的耐久性,从实际建成后的运营效果来看,接缝处性能正常。



图10 与站房二层平台相接处桥梁设置悬臂

4.1.3 地下车库通道

北广场 B06 至 B07 为简支预应力混凝土箱梁,横跨地下车库 1# 坡道,其中桥梁 B06、B07 桥墩桩基和 N07、N08 桥墩桩基距离坡道结构较近,存在相互影响。为保证桥梁和基坑安全,原设计要求桥梁桩基待坡道施工完成并回填后方可施工。桥梁基础采用 2 桩承台,钻孔灌注桩基础,桩径 $\phi 1500$, 桩长 64~68 m, 承台宽 2.5 m, 高 2.2 m; 桥梁为现浇梁,横跨坡道区域为沿承台连接方向的滑动支座。桥梁桩基距离基坑开挖边线最近约 4 m。1# 坡道邻近桥梁承台区域基坑开挖深度 6.85 m, 基坑宽度 14 m, 该区域基坑支护采用 $\phi 0.7\text{ m} @ 0.9\text{ m}$ 钻孔灌注桩(桩长 12 m)+ 一道钢筋混凝土支撑($0.8\text{ m} \times 0.8\text{ m}$)。

根据现场反馈,1# 坡道的围护桩已施工完成,但尚不具备开挖条件,由于现场工期较紧,桥梁需要先施工,需对相应区域进行计算复核。通过围护结构专业数值模拟,开挖期间的桥梁桩顶最大位移为 9 mm, 墩顶最大位移为 14 mm, 桥梁桩基内力虽有增加尚

在容许范围内。为保证桥梁和基坑安全,坡道基坑开挖期间对已施工桥梁加强监测,现场监测的实际位移均小于监测要求及监测报警值。

4.2 注重设计细节

4.2.1 带花槽防撞护栏

济南东站作为城市对外的重要窗口,要求在桥梁上设置花槽绿化。常见的花槽形式有外挂式花盆、置顶式花盆和结构永久预留式花槽。考虑安全、经济、美观、耐久等因素,采用结构永久预留式花槽的绿化方案。预留式花槽一次投资,维护费用少,覆土深度大,保温效果好,有利于植物生长,实景照片如图 11(a)、(b)所示。



图 11 带花槽防撞护栏实景

4.2.2 钢箱梁与混凝土箱梁外形统一

常规钢箱梁挑臂是裸露的正交异性桥面板结构,与混凝土梁挑臂外观上差别较大,该工程混凝土梁和钢梁交错布置,为保证桥梁断面顺接以及整体外观的协调性,在钢箱梁挑臂下缘设置 8 mm 装饰钢板,实际应用效果较好,现场施工和建成实景照片分别如图 12(a)、(b)所示。

4.2.3 不同箱梁断面渐变接顺

对于两侧箱梁截面形式不同的情况,为保证顺接,在一侧现浇段端部 5 m 渐变,施工时采用异形钢模板,模板价格与常规钢模板基本相同,现场施工方便,现场照片如图 13 所示,图 13(a)为突变做法实景,



(a)钢箱梁施工照片



(b)钢箱梁建成实景

图 12 钢箱梁施工及建成实景

13(b)为顺接做法实景,显然顺接做法景观效果好。



(a)箱梁断面突变照片



(b)箱梁断面顺接照片

图 13 箱梁断面突变、顺接实景

5 结 语

该桥梁的景观要求较高,设计在常规桥梁结构基础上,灵活选择结构型式,重视桥梁景观设计,充分考虑相关工程影响,特别注重设计细节,较好地实现了城市设计的理念,设计中一些做法值得类似工程参考和借鉴。特别在跨龙脊河地面桥设计中,充分利用现场条件,因地制宜地选择结构形式,并对斜交异形现浇连续钢筋混凝土板进行详细的内力分析和配筋设计,成为该工程设计的另一亮点。

参考文献:

[1] 范立础.桥梁工程[M].北京:人民交通出版社,1996.
[2] 沈中治.城市立交桥—异型平板桥设计[J].城市道桥与防洪,2003(2):1-6.
[3] 齐新,张英姿,张玉生,等.上海铁路南站广场桥梁工程设计[J].城市道桥与防洪,2007(7):47-50.

(上接第 43 页)

4 结 语

本文着力于开发一种智能化的道路病害识别系统。利用探地雷达获取的道路内部检测数据,结合深度学习技术和 YOLO 目标识别算法,可以快速地识别道路内部病害。试验结果表明所开发的识别系统具有较高的准确性和效率,为道路养护和交通管理提供有力的技术支持。将来随着病害样本库的不断扩充,识别准确度也会随之提高。

参考文献:

[1] 白云,曹钧恒,祁军,等.探地雷达信息采集与目标物识别技术[M].

北京:中国水利水电出版社,2022.

[2] 许晓莹,陈斌.探地雷达技术在城市道路地下空洞隐患检测的应用研究[J].市政技术,2021,39(S1):143-148,176.
[3] 卫苗苗,曹鸿,霍晓龙.基于地质雷达的地下空洞探测[J].绿色环保建材,2019(9):103-105.
[4] 贺丰收,何友,刘准钊,等.卷积神经网络在雷达自动目标识别中的研究进展[J].电子与信息学报,2020,42(1):119-131.
[5] 洪旭程,李秀荣.隧道衬砌检测中探地雷达图像的自动识别[J].工程地球物理学报,2015,12(6):828-832.
[6] 冯德山,杨子龙.基于深度学习的隧道衬砌结构物探地雷达图像自动识别[J].地球物理学进展,2020,35(4):1552-1556.