

太原解放南路地下空间与高架桥梁结构的结合设计

梁 炜

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘 要:以太原市解放南路高架桥及地下联络通道工程项目为例,详细介绍了高架桥梁与地下空间的一体化设计应注意的问题和难点,对地下空间与桥梁结合设计的结构平面布置、基础共同受力计算等问题进行详细探讨。

关键词:地下空间;高架桥梁;结合设计

中图分类号: U442

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)06-0059-04

0 引 言

随着我国城市建设由扩张发展向结构调整转变,城市中心和大型交通枢纽用地日趋紧张,而人们出行方式效率和便捷要求日益提高,相应要求交通立体化设计也越来越多。交通立体化设计,就是多种交通方式在一个平面用地上,通过分层的形式实现不同交通方式的进出及转换,人们所熟悉的高铁枢纽和大型机场就是交通立体化设计的典型案例。

机场和高铁站这样的交通枢纽,可以通过平面的精心设计,将高架系统的桥梁墩柱与地下系统的地铁站、车库等地下空间错位布置。但随着人们生活水平的提高和消费习惯的改变,城市主要核心商圈、大型医院对大规模的人流、车流的吸引日益突出,地下空间已经不得不布设在道路红线以内的市政桥梁下方,这就带来了地下空间与桥梁结合设计的新问题。本文结合太原市解放南路高架桥及地下联络通道工程,详细了解解放南路高架桥梁与大南门地铁站至山西医科大学医院联络通道地下空间的一体化设计,对地下空间与桥梁结合设计的结构平面布置、基础共同受力计算等问题进行详细的探讨。

1 项目简介

太原解放南路现状为双向四车道道路,在迎泽公园改造以及地铁1、2号线换乘站大南门站建设完成后,为解决迎泽公园和山西医科大学第一医院停车及出入问题,解放南路整体提升改造势在必行。项目具体建设内容包括现状解放南路地面系统提升改

造及新建道路红线下地下商业街及停车场两部分。地面改造将现状双向四车道的解放南路提升为双向六车道的城市主干路,为快速分流过境交通,设置双向四车道的高架桥梁。地下空间新建大南门站至山西医科大学的联络通道(兼做商业街)及停车场,路线长约1.27 km。该立体交通系统完成后,不仅将极大地增强解放南路的快速通达和地面疏导作用,还将大南门车站的服务功能延伸至医科大医院,是大中城市核心区交通疏解的典型案例。图1为太原解放南路改造立体交通剖面效果图。



图1 解放南路改造立体交通剖面效果图

1.1 地上系统

地上系统包括两层:地面主干路及高架系统。地面改造北起迎泽大街,终止南内环街,全长约2.44 km,采用双向六车道,规划道路红线宽度为50 m。为便于地下商业街出入沟通,人行道上隔一定距离(100 m以内)设置进出地下商业街通道;侧分带上共设置3对车库出入口。解放南路高架桥起点距迎泽大街290 m,跨过南沙河及双塔西街后距南内环约500 m落地,全长约1.7 km,采用双向四车道,桥面宽度为17 m。由于条件受限,中间不设上下匝道,仅服务过境交通,减少对地面交通的影响。

桥梁全长1.58 km,位于地下空间部分高架桥梁均采用标准跨径布置,为与地下空间柱网布置一致,

收稿日期:2022-03-15

作者简介:梁炜(1973—),男,硕士,高级工程师,从事道路桥梁设计管理工作。

采用纵向标准柱网间距 9 m 的整数倍布设,标准跨径为 36 m。

1.2 地下系统

地下系统也包括两层,地下一层商业街及停车场,地下二层停车场。地下一层商业街从大南门站至山西医科大学,全长约 900 m。地下一层停车场包括医院部分及医科大学至南沙河道路红线内部分。沿街按规范要求设置出入口,特别是在少年宫、山大医院、迎泽公园西门、医科大学等公共人流密集区。地下商业街串联了大南门地铁交通换乘枢纽站、少年宫、山大医院、迎泽公园、医科大学等,疏导了地面人流的同时,方便了居民的出行;另一方面,地下商业街兼顾了零售、娱乐、餐饮及住宿等商业开发功能。

地下二层从山大医院至南沙河。山大医院内部同样设置地下两层停车场,两部分停车场相互连通。道路西侧设置 2 对车库出入口,道路东侧设置 1 对车库出入口。图 2 为解放南路改造立体交通总体平面布置图。

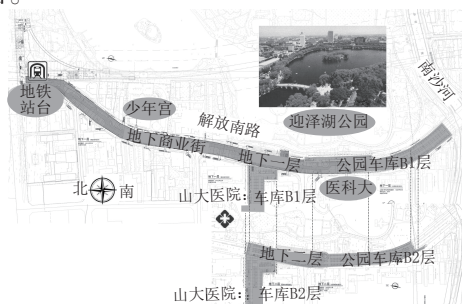


图2 解放南路改造立体交通总体平面布置图

地下停车场将彻底解决迎泽公园及山西医院停车难的问题。地下空间总建筑面积为 7.9 万 m^2 ,其中地下一层建筑面积为 5.48 万 m^2 ,地下一层商业街建筑面积为 3.42 万 m^2 ,地下二层建筑面积 2.42 万 m^2 。地下车库停车位约 1 047 个,其中地下一层约 476 个,地下二层约 571 个。太原解放南路改造立体分层系统图见图 3。

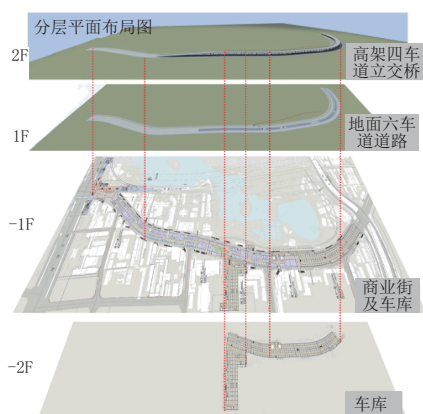


图3 太原解放南路改造立体分层系统图

1.3 交通流线

车行交通在山大医院内设置两个机动车入口,兼顾社会车辆和院内员工车辆。除了医院入口,迎泽公园西大门以南,另设置一进一出两个出入口,远离公园大门避免流线交叉,满足由南向北车流的停车需要。整个地下一层停车库的西南角还设有一进一出两个机动车出入口,满足由北向南车流的停车需要。

步行交通除连接地铁站、山大医院、迎泽公园西门外,还设置 21 处地下出入口,平均间距不足 80 m,方便行人过街,加强地铁衔接,净化地面交通,而且对地下商业提供便利。图 4 为太原解放南路改造立体交通流线图。



图4 太原解放南路改造立体交通流线图

2 地下空间与桥梁结合设计的平面布置

单纯的地下空间结构柱网布置较为自由,重点考虑商业布局 and 车位最大化利用。高架桥梁下的地下空间柱网布局还应考虑桥梁的跨径布置。纵向柱网间距为 9 m 开间布置,因此,本次高架桥梁采用 36 m 的标准分跨,保证高架桥桥墩与地下空间立柱在同一平面上。充分利用两桥墩间 6 m 宽的中分带,设置天窗或换气孔等设施,提高地下商业街的通行舒适感,消减地下空间压抑感,为市民提供一个舒适的场所。图 5 为解放南路改造后地面效果图。



图5 解放南路改造后地面效果图

综合考虑地下商业街与停车需求及市政管线的布置空间,地下空间拟建宽度为 33~36 m。横向柱网间距布置应结合高架桥梁横向受力情况综合考虑,桥墩可以采用单墩加盖梁形式和双墩柱形式。采用单墩布置时,横向柱网间距布置为 $8.8+8+8+8.8=33.6\text{ m}$;若采用双墩柱形式,横向柱网间距可以布置

为 $12+9+12=33$ m, 9 m 为高架桥两桥墩中心距离。商业街中间通道 9 m 柱距, 确保行人具有较好的舒适感, 满足购物人群和通过人群不同需求。两种布置方法在地下空间的使用上都是可行的, 平面标准柱网间距见图 6 和图 7。考虑到本项目高架桥梁为四车道, 为节约地面空间, 采用单墩桥梁模式, 如高架桥梁为六车道, 可考虑双墩模式。

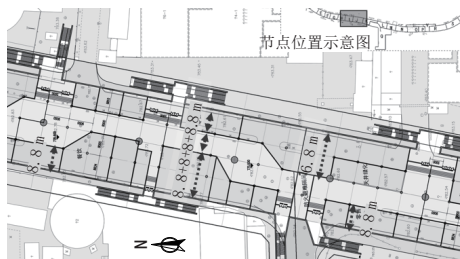


图6 单墩柱标准柱网平面布置图

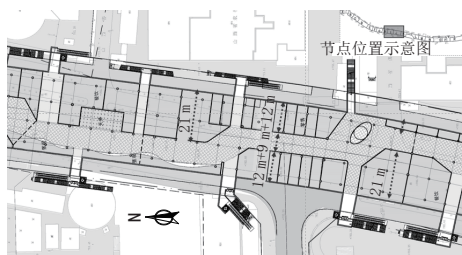


图7 双墩柱标准柱网平面布置图

当然, 如果高架桥下方仅仅是地下停车场, 无论高架桥为四车道还是六车道, 均可以考虑 5 m 为高架桥两桥墩中心间距, 跨径仍为 36 m, 这样布置地下停车场横向柱网间距均为 $14+5+14=33$ m, 一排可以停放四辆小汽车, 也是十分经济合理的。

地下商业街的通道布局不是笔直单调的直道, 而是灵活自然的转折变化。在间断玻璃天窗洒下的阳光里, 商业街如同一条涓涓山泉在城市的脚下流淌, 飘逸洒脱, 同时使建筑融入场地, 将绿化向建筑地下延伸。立体绿化与建筑的结合不仅消隐了地下建筑冷漠感, 生机盎然的细节也让人的注意力从天窗顶部巨大的桥梁转移开, 从大气现代的背景场所中营造一道贴合人性、别有洞天的世界。这个立体的建筑成为周围环境中的一个有机组成的部分, 以其大气崭新的形象有力展现了太原的新发展。图 8 为商业街内部效果图。

3 地下空间与桥梁下部结构的结合设计

为节省工期, 并减少施工对地下空间结构的影响, 桥梁采用钢箱梁结构, 双边箱布置, 桥面宽度为 17 m, 箱宽 3.2 m, 悬臂宽为 3.4 m, 道路中心线处梁高为 1.8 m。下部结构采用单独立柱加盖梁形式, 桥



图8 商业街内部效果图

梁立柱直径为 2.5 m, 盖梁长 10 m, 高度为 1.7 m, 盖梁上支座间距为 6.4 m。承台平面尺寸为 $8.6\text{ m} \times 8.6\text{ m}$, 下设 5~6 根直径 1.5 m 的钻孔灌注桩, 桩数及桩长需根据地下空间与承台构造确定。

下面将地下空间与桥梁下部结构分离和结合两种设计方法进行计算和比较。

3.1 地下空间与桥梁下部结构分离设计

在该项目中, 如采用地下空间与桥梁墩柱、承台和桩基均分离设计有两种方法。第一种方法是在地下空间柱网结构中间设置孔洞, 便于桥梁墩柱从其中穿过, 四周需要实体柱或实体墙身, 保证框架受力传递。第二种方法是地下空间柱网在桥梁墩柱中间设置沉降缝, 在桥梁墩柱的纵向两侧设置边框架, 在桥梁墩柱以外用悬挑顶底板解决。

无论采用哪种方法, 要保证桥梁墩柱的受力直接传递至承台或基础, 地下空间的梁柱均需退让布置或双边框架加布设沉降缝, 对地下空间使用的舒适性、视觉的通透性都造成较大影响。不仅如此, 因结构构造复杂, 且设置沉降缝贴近桥梁墩柱, 给地下空间防渗设计和施工也带来较大的困难。

本工程如采用分离式设计, 单根桥梁墩柱下布置 6 根直径为 1.5 m, 长度为 45 m 的桩基, 桩基工程量为 $17\,200\text{ m}^3$ 。地下空间还需设置 540 根直径 1.2 m 长度 20 m 抗浮桩, 工程量 $12\,200\text{ m}^3$ 。

3.2 地下空间与桥梁下部结构结合设计

在太原解放南路工程中, 采用地下空间与桥梁下部结构结合的方法, 即桥梁墩柱成为地下空间框架柱, 桥梁桥墩成为框架的一部分。这样设计不仅减少框架柱网、优化地下空间舒适性和通透性, 而且整个结构融为一体(如图 9 所示), 在桥墩处不设置沉降缝对地下空间整体防渗益处良多。

由于采用了地下空间与市政桥梁立柱结合设计, 降低了节点构造的复杂性, 提高了整体结构的刚度, 每个桥墩下桩数由 6 根减至 5 根。

设计时除单独进行了桥梁结构上部计算外, 还

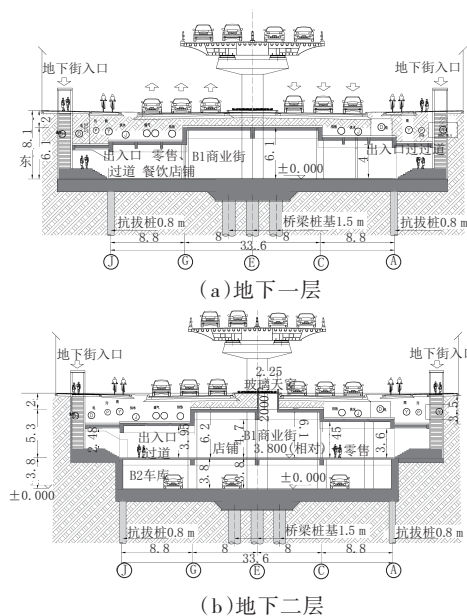


图9 桥梁与地下空间结合设计断面图

利用了北京盈建科软件进行了地下空间框架整体受力分析(如图10所示),通过适当加强桥梁桩基长度,由承载力控制的45 m加长至55 m,控制桥墩柱沉降,并适当加强底板及配筋,提高基础整体刚度,调节桥墩柱与其他柱之间的不均匀沉降。最终布置桥桩沉降约13 mm,与相邻柱间沉降差约4 mm,沉降差满足规范要求。柱网沉降分析图见图11。为满足沉降差要求,桥梁桩基虽然加长,但整体刚度提高桩基数量减少,桩基工程量为17 500 m³,较分离式只增加1.8%。

地下结构地板厚度为1.5 m,地勘报告揭示解放南路所处位置地下水位较浅,百年抗浮设计水位较高,除布置一般性工程桩以外,还需一定的抗浮桩,

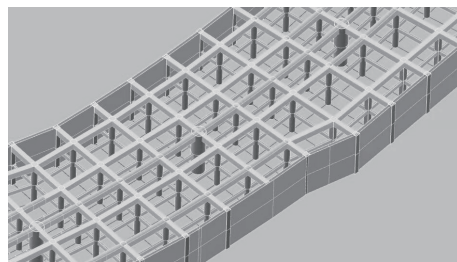


图10 空间柱网模型图

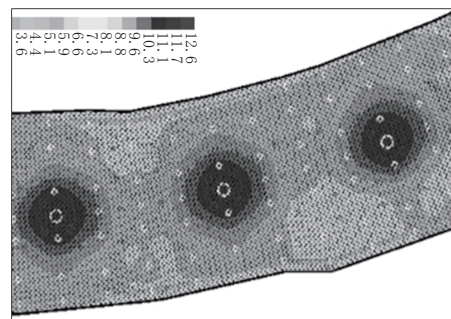


图11 柱网沉降分析图(单位:mm)

桩径均为0.8 m,桩长26 m,总桩数为692根,抗浮桩工程量9 000 m³,较分离式设计降低26.2%。

4 结 语

通过对太原市解放南路地面改造与地下空间的新建工程设计的探索与实践,结合高架桥与大南门地铁站至山西医科大学医院联络通道地下空间的一体化设计,对地下空间与桥梁结合设计的结构平面布置、基础共同受力计算等问题进行了设计论证,使地上地下不同建筑物较好地相互协调和有机融合,为研究和开发城市核心区地上地下空间资源,完善城市基础设施功能,提升城市品质提供了有益的参考。

(上接第58页)

- 期刊数据库(引文版)工程技术,2016(8):00295-00296.
- [2] 杨喆. 钢桥设计方法及应用的研究[D]. 西安:长安大学,2003.
- [3] 中交公路规划设计院有限公司. 公路钢结构桥梁设计规范[M]. 北京:人民交通出版社,2015.
- [4] 黄震伟. 中等跨径连续钢箱梁桥上部结构的标准化设计技术研究[D]. 南京:南京工业大学,2016.

- [5] 吴冲. 现代钢桥·上册[M]. 北京:人民交通出版社,2006.
- [6] 杨进,叶奋,贾晓阳. 大跨度钢桥面沥青面层铺装研究[J]. 城市道桥与防洪,2007(4):110-112.
- [7] 王桂鹏. 严寒地区正交异性钢箱梁桥面铺装的设计[J]. 工程技术(文摘版),2015,42:239.