

装配式立体城市道路系统 结构创新与高效施工研究

王永超¹, 万阳永²

(1. 青岛森茂常源生态建设有限公司, 山东 青岛 266400;
2. 北京中昌工程咨询有限公司青岛分公司, 山东 青岛 266000)

摘要 随着城市化发展的速度越来越快, 城市交通压力越来越大, 传统的城市道路系统已经无法适应城市的发展需要。本文围绕装配式立体城市道路系统进行了详细研究, 主要对其进行了结构的创新设计和快速施工的研究。对比装配式立体城市道路系统的优势及与传统道路的区别, 从结构形式、材料选用上进行结构创新设计, 针对施工顺序、施工技术等方面进行快速施工的方法, 以期对解决城市交通问题、促进城市道路的健康发展有所裨益。

关键词 装配式立体城市道路系统; 结构创新; 结构计算; 城市交通

中图分类号: U415

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.18.042

0 引言

在城市发展过程中, 城市人口迅猛增长、车辆拥有量急剧增加, 城市交通堵塞现象日益严重。传统的平面道路网络由于城市面积的局限性而无法容纳更多的交通量, 土地资源短缺也对道路建设造成了很大限制。因此, 装配式立体城市道路网络应运而生。它可以充分利用城市的三维空间, 大大增加了交通流量, 加快了建设速度, 降低了对周边环境的影响程度。但是, 目前装配式立体城市道路网络的设计及施工工艺方面还存在很多问题有待解决。因此, 对于装配式立体城市道路网络结构创新与高效施工进行研究具有重大的现实意义和社会价值。

1 装配式立体城市道路系统概述

1.1 系统定义与特点

装配式立体城市道路系统是一种在工厂完成预制件的标准化生产, 再运输到施工现场进行快速安装的城市道路建设方式, 具有多层式的立体化空间结构, 突破了传统道路平面式发展的局限。相对于传统道路, 装配式立体道路可以在有限的土地面积上实现多方向、多车道的交通组织, 极大程度地提高了土地资源的利用效率。该系统的预制件在工厂进行高精度制作, 质量有保证, 可以有效地避免现场施工中出现的因为因素造成的偏差和质量缺陷。

1.2 发展现状与趋势

近年来, 由于建筑工业化以及城市化的双重发展需求, 装配式立体城市道路系统在国内外的应用越来越受到重视。在一些发达国家已经出现一些城市拥有较为完备的装配式立体道路系统, 如日本的一些大城市采用高架道路和地下通道相结合的立体交通方式解决了城市道路拥堵的问题; 我国的装配式立体道路起步较晚, 但是随着相关技术的不断完善以及政策的大力支持, 目前也在稳步推进当中, 在今后装配式立体城市道路将会向智能化、绿色化、个性化的方向发展。智能化方面将会引进先进的交通监控及管理手段, 做到对道路的智慧管控以及车辆的无人驾驶; 绿色化方面将会使用环保材料及节能设备降低对环境的影响; 个性化方面会根据不同的城市地理环境、交通流量及当地文化特点进行个性化定制。

1.3 研究的必要性与意义

研究装配式立体城市道路系统结构创新与高效施工有多方面的必要性及意义。从城市发展角度来看, 它是解决城市交通拥堵问题, 提高城市运行效率的有效途径。通过建立多层次的立体交通网络, 可以使城市的交通更加通畅, 节省了人们的出行时间及费用。从环境保护角度来说, 装配式建筑方式减少了现场作业的噪声、粉尘等污染, 符合可持续发展的要求^[1]。从经济角度来说, 工厂化预制加现场快速安装的施工方式

作者简介: 王永超 (1990-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 道路施工。

可以加快建设速度,降低建筑成本,提高投资回报率。

2 装配式立体城市道路系统结构创新

2.1 结构创新的目标与原则

装配式立体城市道路系统结构创新的目的是在保证交通性能及安全性的同时,做到结构的轻量化、标准化、装配化,以达到快速施工、节约成本的目的。在创新的过程中要注意以下几点:一是安全性原则,保证结构在各种荷载作用下都有足够的强度、刚度以及稳定性;二是经济性原则,合理设计结构形式,减少材料的浪费及施工费用的开支;三是耐久性原则,选择适宜的材料及防护措施,提高结构的耐久性;四是可装配性原则,在构件连接方式及节点处采取合理的设计方案,方便现场快速安装。

2.2 新型结构形式的探索

对于结构创新,要不断寻找新的结构形式。例如:采用钢—混凝土组合结构,可以充分利用钢材的高承载能力和混凝土的耐久性,降低结构的重量,增加结构的抗震性能^[2],还可以探讨新型网架结构、索结构等空间结构的形式,给装配式立体道路体系带来更多的结构选择,根据城市不同的地理位置和交通需求,设计出适合于不同地形及不同的交通流量的特色结构形式,如山区的城市可以设计出带有爬坡性能的折线型道路桥梁,城市中心地带交通流量较大的区域设置多层的立体交叉道路桥梁等。

2.3 结构计算与分析

在结构创新过程中,精确的结构计算和分析是保证结构安全可靠的基础,在高性能计算平台和智能化分析软件的基础上,进行静力、动力、非线性全过程数值模拟,全方位考察荷载作用下的应力分布、整体位移变形情况、局部应力集中现象以及长期使用性能等。考虑到实际施工中的时间顺序、节点连接方式、材料力学特性及环境影响等现实条件,完成全寿命周期的精细化建模及迭代完善。同步开展足尺模型试验及缩尺振动台试验,模拟组装误差、边界条件改变以及地震波输入等多种复杂情况,根据实验结果进行理论模型的修改。通过计算分析和试验验证的有效结合,不断增加结构的安全系数、适用范围及使用寿命等。

3 装配式立体城市道路系统高效施工技术

3.1 施工流程优化

完善施工工序是高效施工的重要一环。在预制构件制作阶段,要做好生产规划工作,保证构件质量以及供应进度。采取流水作业方式,提高生产效率。在运输环节,要根据构件大小及重量,选取合适的运输车辆及路线,缩短运输时间及费用。在现场吊装过程中,

要制定科学的吊装方案,合理规划施工顺序,保证构件准确安装。通过对施工过程的合理设计,可以达到各工序之间的紧密联系,减少施工过程中的等待时间和多余的工作流程,从而提高工作效率。

3.2 预制构件的生产与运输

预制构件的生产质量及运输效率决定了整个装配式立体城市道路系统的施工质量和速度。在生产上要建立严格的质量保证制度,从原材料的质量检测、生产过程中的质量把关到成品的质量检测,保证每一个构件都能满足设计要求,选用良好的生产设备和工艺,提高构件的精度以及生产速度。在运输上要做好构件的保护措施,防止在运输过程中出现破坏的现象,使用专门的运输车辆以及固定设备,保障构件的安全运输,合理安排运输路线及时间,避免交通拥堵给运输带来的不便。

3.3 现场安装与连接技术

现场安装与连接是装配式立体城市道路系统施工的重中之重,必须使用智能吊装设备,根据 BIM 模型准确吊装,利用全站仪和激光跟踪仪及时掌握吊装过程中的状态及偏差情况,在安装之前进行基础标高复测、预埋件精确调节,保证接口紧密对接。连接方式主要是高强度螺栓刚性连接、免焊接套筒灌浆连接以及局部热轧钢板焊接连接三种形式,所有接头都通过静力加载及循环加载试验测试合格^[3]。实行三检制及首件样板制,配备专业安装工程师全程旁站,加强工人专业技术培训以及实际操作考试,做到全过程可查询、全节点可检验、全体人员可问责的精细化施工管理模式。

4 结构创新与高效施工的协同作用

4.1 结构创新对施工效率的影响

结构性创新能够有效缩短工期,新型结构体系通过合理的结构形式划分及精确的节点链接方式大大提高了装配式结构的预制率以及安装适配性。标准模块化设计使得工厂流水线生产更高效,大大减少了现场湿作业的时间和人工需求。轻型结构在保证安全的前提下降低了运输及吊装难度,减少了大型机械使用次数和等待时间。一体化节点及免支撑系统减少了高空作业及临时设施,缩短了工序间的间隔时间。另外,结构与围护、机电、装修等各系统配合设计,避免了传统的交叉施工矛盾,使各专业作业更加流畅有序、连贯紧凑,整个建筑速度大幅提高,工期得到有效压缩^[4]。

4.2 高效施工对结构创新的反馈

高效施工过程中的经验总结及相关的意见反馈对结构创新具有很强的推动力。在实际施工中,施工人员可以发现结构设计上的不足以及不合理的地方,及时反映给设计人员,设计人员针对这些信息对结构进

行改良以及修正,使结构更加适合施工的需求。例如:在现场安装时,发现某些部件的连接方式不容易操作,设计人员可以重新设计连接节点的形式,让其更加便于施工和快捷的安装,通过高效施工和结构创新的相互沟通的方式不断完善装配式立体城市道路系统的设计以及施工。优化设计、工厂预制、智慧物流、现场校准各个环节相互配合,不断提高构件标准化率以及安装精度,缩短建设周期,减少现场返修工作量,给城市建筑密集区域下的高效率、绿色化、优质化建设提供了强大的技术支持。

4.3 协同发展的策略与措施

为了实现结构创新和高效施工的同步发展,就必须有相应的对策和措施。建立设计、生产、施工一体化的管理体制,加强各参与方之间的联系与合作。设计师在进行设计的时候要考虑到施工的难度和速度,生产厂家根据设计要求生产出高质量的预制构件,施工单位严格按照设计图纸及施工标准进行施工。加强技术研发和人才培养,提升从业人员的技术水平与创新能力,鼓励研发单位和企业进行合作,共同解决在结构创新以及快速施工的过程中的技术难题。制定相应的法律法规和标准,引导和规范装配式立体城市道路体系的发展,通过政策支持和标准约束来达到结构创新和快速施工同步发展的目的。

5 装配式立体城市道路系统的质量控制与安全管理

5.1 质量控制体系的建立

建立健全完善的质量保证制度是保证装配式立体城市道路体系质量的重要一环。从预制构件的原材料采购、生产到运输现场的安装、验收,都要有严格的质量标准和验收标准。在原材料采购过程中,要选择好的供应商,对进入的原材料进行严格的检查和试验。在生产过程中要加强对生产工艺的控制以及质量的管理,保证加工件的尺寸精度及性能符合设计要求。在现场安装过程中要进行质量检查和验收工作,在每个连接点及主要部位都要进行重点检查。只有从源头上全方位、全过程进行质量把控,才能保证装配式立体城市道路系统的质量。

5.2 安全管理措施与风险防范

安全管理是装配式立体城市道路系统施工过程中的首要任务。要建立健全安全管理制度以及操作规程,加强对施工人员的安全知识教育与技能培训,提高他们的安全意识以及保护自己的能力和能力。在施工现场要悬挂明显的安全警示标识以及安全隔离措施,保障工人的生命安全。要对施工过程中可能出现的各种危险进行预测并加以评估,提出相应的预防措施。例如:对

于吊装作业可能出现的危险要有一个具体的吊装计划以及应急措施来保证吊装作业的安全。通过加强安全管理及风险预警来减少施工现场安全事故的发生。

5.3 验收与后期维护

装配式立体城市道路系统建设完成后,需要进行全程全方位跟踪式验收,按照国家及最新的行业标准进行检查,重点查看预制构件之间的连接性、层间荷载传递能力、防排水系统的封闭性、抗震防风性能以及无障碍设施的完整性等,同时检查交通标志是否清晰,照明是否均匀,智能化设备的反馈是否准确,疏散通道是否畅通等^[5]。验收采用多单位联合验收及第三方单独审查的方式进行,不合格的地方必须整改到位。后期运营维护需要建立全生命周期的管理平台,包括日常巡检、定期检测及实时评估等功能,利用物联网传感器和数字孪生技术对道路系统的应力变化、沉降情况、车流量情况等重要指标进行不间断监测及预报,促使道路养护从经验决策到数字化决策转变。

6 结束语

装配式立体城市道路系统是解决城市交通拥堵的有效方法之一,具有很好的发展前景。本文主要是针对结构创新和施工高效两方面展开论述,包含整体介绍、结构优化、施工工艺、协同管理以及质量安全保障等方面的内容。通过研制新型结构形式、改进设计提高了产品的质量;基于改进的工艺路线、预制件的快速生产运输及新型安装连接工艺大大提高了效率。二者的共同发展促进了装配式立体城市道路系统的不断进步。此外,还建立了全生命周期的质量保障体系及相关的安全管理措施,确保项目实施及运营过程中的安全。目前还存在着技术规范不够完善、产业工人水平不够等问题,在以后的发展过程中需要加强技术研究开发与标准制定以及专业化人才培养,让该体系朝着智能化、绿色化、个性化的方向发展,以满足城市交通的需求。

参考文献:

- [1] 丁树奎.城市轨道交通自主创新的路径和方法研究[J].北京交通大学学报(社会科学版),2022,21(02):76-85.
- [2] 高路恒,周峰,王宏俊,等.可调就位标高模块化装配式道路新技术体系研究[J].公路,2026,71(03):51-56.
- [3] 王跃.装配式技术在道路桥梁施工中的应用的优势及推广对策[J].汽车画刊,2026(01):116-118.
- [4] 上官翰鹏.城市道路局限条件下立体交叉改扩建设计思路:以厦门市石鼓山立交为例[J].交通世界,2026(Z1):32-35.
- [5] 金兰,刘晓朋.城市中轴线立体道路交通方案研究[J].中国市政工程,2023(04):11-15.