

城市立交桥在复杂交通荷载下的受力特性与安全评价

满建琳

徐州市市政设计院有限公司, 江苏省徐州市, 221002;

摘要: 城市立交桥是随着城市建设发展起来的新型桥梁, 在结构受力上借鉴了公路桥梁的设计, 在线行上受到了城市周边环境的制约。文章从城市立交桥涉及的相关技术问题入手, 结构化分析了城市立交桥在复杂交通荷载下的受力特性与安全评价。在综合考虑桥梁设计、材料选择、环境因素以及长期使用中的荷载作用, 通过理论分析、模型实验与工程应用相结合的方法, 取得以下研究成果。

关键词: 城市立交桥; 复杂交通荷载; 受力特性; 安全评价

DOI: 10.64216/3080-1508.26.03.021

引言

随着人类的发展, 桥梁工程取得了很大的发展。中国桥梁在最近几十年当中, 取得了突飞猛进的发展, 在桥梁数量、种类、跨度、结构形式等各个指标上已经居于世界领先水平, 中国已经成为名副其实的桥梁大国^[1]。城市立交桥的出现通过在垂直空间上进行分布, 让车流在不同高度上实现各行其道、互不干扰, 取消了红绿灯的设置, 大大增加了通行效率。因此, 加强城市立交桥在复杂交通荷载下的受力特性与安全评价分析, 可检验立交桥在复杂交通荷载影响, 评估立交桥的健康状况与寿命, 从而制定科学合理的维护加固策略。

1 城市立交桥涉及的相关技术问题

1.1 荷载标准及超载问题

立交桥的上部结构(桥跨结构)主要直接承受车辆、人群荷载, 并将荷载传递至下部结构。下部结构则主要支撑上部结构, 将荷载传递到地基。城市立交桥限载上线取值应选用政策规定:《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89, 以下称 89 规范)汽车荷载采用汽车—超 20 级设计的桥梁, 其限载上限为总重 49t、轴重 14t。立交桥需要在经过检查、检测、评定后, 按照《公路桥梁限载标志设置要求》设置限载标志, 确保交通安全^[2]。

1.2 独柱墩与视觉安全感问题

独柱墩在城市立交桥工程中的应用, 容易被车辆超载偏载耦合作用下引起梁体转动、支座脱空、主梁滑移等情况, 甚至发生桥梁失稳倾覆的重大安全事故。因此, 城市立交桥需要针对荷载问题, 选择加固独柱墩。例如, 首先采取独柱墩双支座、独柱墩与梁固接的桥梁, 通过增设抗拔销(拉杆)加固; 其次, 通过独柱墩单支座+圆柱

的桥梁, 以独柱三支座形式加固; 最后, 选用独柱墩单支座+柱顶带扩头的桥梁, 采用增加桥墩截面尺寸的加固方案。需适配立交桥的荷载情况, 进行科学选择, 为市民交通出行提供更好地安全保障。

1.3 立交桥专用混凝土问题

立交桥工程中超高性能混凝土(UHPC)被应用于主梁结构、拱桥主拱、桥面结构、桥梁接缝及旧桥加固等多方面。UHPC 具有超高力学性能与耐久性能, 通常被认为具有结构自重小、韧性好、耐久性高、设计自由度大等特点^[3]。城市立交桥中大多采用 UHPC 用于桥面结构、现浇接缝、维修加固等方面, 更需要综合考虑材料性能、施工工艺、规范要求以及经济性等因素, 通过科学设计、严格质量监控, 以确保城市立交桥的安全性与耐久性。

2 城市立交桥在复杂交通荷载下的受力特性

城市立交桥的建设在现有有限宽度的道路上, 实现了大运量和快速交通的可能。其中, 道路空间的合理、高效利用是选择高架布设方式的重要因素。综合城市立交桥涉及的相关技术问题分析, 以及立交桥的分布特点, 可从车辆荷载、人群荷载、天气荷载以及温度荷载入手, 研究分析立交桥在复杂交通荷载下的受力特性。并通过荷载实现科学设计、严格施工以及有效维护, 保障桥梁的安全性与可靠性。进一步为城市立交桥的高质量发展做技术准备。

2.1 车辆荷载

“复杂交通荷载”通常指的是立交桥上车辆流量大、车型多(小轿车、卡车、公交车等)、车速变化频繁、刹车和转弯等动态作用力的综合。这些荷载具有随机性

和不确定性,是桥梁设计和评估中的主要挑战。其中,公交车和货车的荷载较大,尤其是大型货车,可能对桥梁结构产生较大的压力。汽车荷载通过“桥面→主梁→支座→盖梁”的路径传递,并以支座反力形式间接作用于盖梁。汽车荷载也具备“双重身份”,《公路桥涵设计通用规范》(JTGD60-2015)提出:车道荷载和车辆荷载。车辆荷载需要综合考虑汽车类型、速度、占地面积等,还需综合分析车辆对立交桥的受力情况。结合车辆运动负荷、结构负荷等,实时检测桥梁结构参数变化,及时发现潜在的荷载问题,提高桥梁应用的安全性

2.2 人群荷载

人群荷载需要按人行道宽度计算(一般 $3-5\text{kN/m}^2$),并根据《城市桥梁设计规范》CJJ 11-2011(2019年版)研究“车辆荷载+人群荷载”的组合特性。当桥面上机动车道与非机动车道间设置永久性分隔带的非机动车道和非机动车专用桥,并按照人群荷载作为设计荷载,采用小型车专用道路设计汽车荷载(不计冲击)作为设计荷载,分别计算,取其不利者。人群荷载对立交桥的受力影响,主要包括对桥梁结构内力的影响、对桥梁变形的影响以及对桥梁稳定性的影响。例如,在对桥梁结构内力影响分析中。人群荷载会在桥梁内产生内力(弯矩、剪力等),引起的内力影响较小。需要注意的是,在抗倾覆验算时,应通过相关研究与实验数据综合考虑人群荷载与其他荷载的组合效应,确保桥梁的抗倾覆稳定性。

2.3 天气荷载

天气荷载对立交桥的受力特定具备重要影响。例如恶劣天气:风、雨、雪、冰等。首先,从“风荷载”入手,可分为“静风荷载-动风荷载”。在强风作用下,立交桥的主梁、桥墩等结构,可能会受到水平方向的风压力,导致桥梁配件产生振动,影响结构的稳定性与舒适性,其中斜拉桥、悬索桥等,动风荷载的影响更为显著。其次,“雨荷载”,可分为“积水荷载-雨水冲刷”,遇到暴雨或排水不畅时,如果长时间的积水可能对桥面铺装、防水层等造成一定损坏,桥墩基础的稳定性也会有所下降,影响桥梁的安全性。“雪荷载”主要涉及雪的滑动和堆积,积雪在桥面上可能会发生滑动或堆积,形成不均匀的荷载分布。这种不均匀荷载可能对桥梁的局部结构产生较大的影响,也会腐化零配件,增加结构的受力复杂性。最后,“冰荷载”,水结冰时体积会膨

胀,可能对桥梁结构产生膨胀力。这种膨胀力可能使桥梁的混凝土结构出现裂缝,或使钢结构的连接部位松动。

2.4 温度荷载

曲线梁桥因其自身空间结构特点,在温度作用下会产生水平横向位移。环境温度在荷载分析中具备重要性,准确获得立交桥桥梁的环境温度场,能从温度荷载入手分析立交桥结构、内力的影响,更能从力学角度分析温度荷载,确保立交桥结构的安全可靠和正常使用。在超静定结构的城市立交桥中,温度应力可能会导致桥梁构件出现裂缝、变形等问题,影响结构变形。同时,温度荷载与其他荷载(如车辆荷载)共同作用时,由于温度持续升高,桥梁的内部构建内力可能会增加;温度降低时,内力可能会减小,影响桥梁的安全性与耐久性。从物理学力学角度分析,温度变化会影响桥梁材料的力学性能,如弹性模量、泊松比,影响结构对交通荷载的响应。因此,应加强温度荷载的实时监控,置实时监测设备,收集、传递相关数据,以判定桥梁的受力情况,确保桥梁的安全。

3 城市立交桥在复杂交通荷载下的安全评价

城市立交桥的出现、发展,为桥梁工程带来了广阔的领域,其采用空间分隔的方法让来往的车辆井然有序,它是强大的交通枢纽^[4]。因此,需要加强对城市立交桥在复杂交通荷载下的安全评价,通过承载能力、结构稳定性、耐久性、综合安全的评价,计算桥梁在复杂交通荷载下的安全系数、可靠性指标等。实现对城市立交桥在复杂交通荷载下的安全性进行全面、科学的评价,为桥梁的维护、管理和改造提供依据。

3.1 承载能力评价

立交桥承载能力反映了结构抗力效应与荷载效应的对比关系,承载能力评价的主要目的是为了维持现有桥梁安全或可靠水平在规范要求之上,了解桥梁的真实承载性能,综合分析判断桥梁结构的承载能力和使用条件。承载能力评价中需要通过外观检测评定法、桥梁结构检算法、桥梁荷载试验法等。综合考虑城市立交桥的实际交通荷载特点,从车辆类型、轴重分布、交通流量、桥梁关键部位(主梁、墩台、基础等)、桥梁材料(混凝土强度、钢材性能等)、地基与基础承载力进行综合性评价。需通过“前期调查-外观检查-检测测试-荷载试验-综合评定”流程,全面、准确地评价城市立交桥在

复杂交通荷载下的承载能力,加强超负荷承载极限检测,为桥梁的安全运营和维护提供科学依据。

3.2 结构稳定评价

立交桥中的“钢筋混凝土”结构是桥梁建筑中的“骨架”,承担着支持整个桥梁建筑的重任。其性能将直接关系到立交桥的安全与稳定,需要通过科学的荷载试验,检验这根“隐形支柱”的使用性能,为桥梁后续使用与管理提供数据支撑。结构稳定评价环节中,需要建立立交桥的几何形状,包括桥梁的跨度、高度、坡度、曲线半径等参数,以及墩台、基础的尺寸和位置。同时,针对复杂的立交桥结构,需要借助人工智能采用三维建模软件进行详细建模,通过建模进行结构评价,系统评估结构在多种荷载共同作用下的稳定性。还需确保混凝土的强度、弹性模量、泊松比,钢材的屈服强度、弹性模量性能分析,要综合考虑材料的非线性特征,检查结构的关键部位是否在允许范围之内,以计算立交桥结构的稳定系数,判断结构是否稳定,为结构稳定性评价提供依据。

3.3 耐久性能评价

城市立交桥长期承受复杂交通荷载、环境因素等影响,材料性能会逐渐退化。耐久性能评价旨在评估桥梁结构在长期使用过程中抵抗性能退化的能力,确保其安全性、适用性和使用寿命。判断立交桥耐久性的因素便是“混凝土”,《混凝土结构耐久性设计规范》(GB/T 50476—2019)规定了不同环境与作用等级的混凝土耐久性指标。评价环节应围绕混凝土材料性能退化、钢筋腐蚀评估、结构裂缝与损伤监测等多个维度进行综合检测。并结合有限元分析方法,模拟复杂交通荷载作用下立交桥的应力、应变分布,并分析结构的变形、振动特性变化,系统评估结构承载能力是否满足安全要求。评价技术方面可采用钢筋锈蚀检测仪、混凝土碳化深度测试仪、超声波检测仪等设备,获取材料性能和结构损伤数据,提高检测效率。

3.4 综合安全评价

综合安全评价环节需要系统收集和分析立交桥在

区域中的交通流量数据,通过统计分析的方式方法,确定典型车辆荷载模型和荷载组合,为结构安全评价提供依据。还需评估立交桥的维护管理措施是否到位,包括定期检查、维护、加固等工作是否能按时进行,是否能发现潜在的异常变化与安全隐患。因此,为提高城市立交桥的安全性,可选择高强度、耐腐蚀的材料,并加强防腐涂层的应用;也可优化桥梁结构设计,减少应力集中区域,提高抗疲劳性能。更要部署智能监测系统,实时监控桥梁的健康状态,并根据数据调整维护计划。

4 结论

结合以上论述表明,城市立交桥的复杂交通荷载可通过分析受力特性制定安全评价体系,保障交通的安全性与可靠性。实践中城市立交桥受力复杂,需要考虑静荷载、动荷载以及人群荷载的综合影响;安全评价则需综合考虑设计、施工以及运营阶段的多重因素。通过结合交通流量以及车辆类型等,系统评估荷载组合的合理性,采取加固与改进措施。未来,随着城市化进程的不断加速,城市立交桥的安全性也需要不断升级。建议采用智能化检测及时,获取实时、精准的结构数据,以此确保立交桥在复杂交通荷载下安全运行。

参考文献

- [1]葛继红.临沂市双岭路立交桥下灰空间设计研究[D].曲阜师范大学,2025.
- [2]张旭.PS-InSAR多维聚类城市立交桥沉降监测与分析[D].北京建筑大学,2024.
- [3]霍晟博.下穿地铁在役城市立交桥的抗震性能及提升技术研究[D].石家庄铁道大学,2024.
- [4]曹君.城市立交桥下中介空间设计策略研究[D].中南民族大学,2024.

作者简介:满建琳(1988.07-),男,汉族,籍贯:江苏省徐州市,学历:硕士研究生,职称:高级工程师,毕业院校:重庆交通大学,毕业专业:建筑与土木工程,研究方向:桥梁与隧道工程,工作单位:徐州市市政设计院有限公司。