

高速公路桥梁的荷载问题与增强对策

笪良宝

(合肥市公路桥梁工程有限责任公司, 安徽 合肥 230000)

摘要 为了保障交通安全,提升桥梁性能,本文对高速公路桥梁的荷载问题进行了深入研究,通过分析发现,高速公路桥梁存在交通荷载增加、桥梁材料老化、设计标准滞后、环境因素影响以及施工质量等问题,并针对这些问题提出了优化桥梁结构设计、提升材料性能、建立智能监测与维护系统、合理分配荷载与交通流量以及强化桥梁的抗灾能力等增强对策,以期能够为有效增强高速公路桥梁的荷载承载能力提供参考,从而保障桥梁结构的安全与稳定,为高速公路的正常运营提供有力支撑。

关键词 高速公路桥梁;荷载问题;增强对策;交通安全;结构优化

中图分类号:U445

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.13.036

0 引言

随着经济的持续高速发展,交通运输需求激增,高速公路交通流量大幅攀升,货运车辆不仅数量增多,超载现象也屡见不鲜,极大地加重了桥梁的交通荷载。与此同时,早期建成的高速公路桥梁因长期暴露于自然环境,受二氧化碳、酸雨、潮湿空气等侵蚀,材料老化问题严重,混凝土碳化、钢筋锈蚀等降低了桥梁结构强度。而早期设计标准因未能充分考量当下交通流量、车辆类型变化,以及地震活动等因素,在荷载等级、抗震设计等方面滞后。加之部分桥梁施工时,存在工艺不当、材料把控不严、监管缺失等质量问题,使得桥梁在环境因素影响下,承载能力不断下降,对交通安全构成潜在威胁,亟待对高速公路桥梁荷载问题及增强对策展开深入研究。

1 高速公路桥梁荷载问题分析

1.1 交通荷载的增加

近年来,随着经济的蓬勃发展,交通运输行业呈现出迅猛增长的态势。在高速公路上,货运车辆的数量急剧攀升,且车辆的载重规模也在不断扩大。许多货运车辆为追求更高的经济效益,存在严重的超载现象。以一些长途运输煤炭、矿石等大宗货物的车辆为例,其实际载重常常超出核定载重的数倍。此外,物流行业的繁荣使得高速公路上货车的通行频率大幅提高,车辆之间的间距不断缩小。这种密集且重载的交通流状况,对高速公路桥梁的结构产生了极为沉重的压力。桥梁长期承受如此高强度的荷载,会导致其内部结构产生疲劳损伤,如钢梁出现裂缝、混凝土结构的内部

应力集中等问题,严重威胁桥梁的安全与使用寿命。

1.2 桥梁材料老化问题

高速公路桥梁长期暴露在自然环境中,材料老化是必然的。对于混凝土材料来说,长期受到二氧化碳、水蒸气和酸雨等侵蚀性介质的侵蚀,混凝土将逐渐碳化,混凝土中的钢筋将失去碱性保护而发生腐蚀。钢筋锈蚀后体积膨胀将进一步引起混凝土保护层的开裂和剥落。例如:我国早期修建的一些高速公路桥梁,由于当时混凝土抗渗性能及耐久性设计水平不高,致使大量桥梁在服役过程中出现大面积开裂、破损现象^[1]。对于钢铁材料来说,长期暴露在潮湿空气、紫外线和化学物质等环境中,其表面会发生氧化反应,生成铁锈,从而降低钢材的有效截面积,降低其机械性能。此外,桥梁在长期的振动与荷载作用下,其内部微结构也将逐渐退化,导致其强度与韧性下降,进而影响其整体承载力。

1.3 设计标准的滞后

早期高速公路桥梁的设计标准是依据当时的交通流量、车辆类型以及技术水平制定的。然而,随着时代的发展,交通状况发生了巨大变化。如今的交通流量远超过当初设计预期,大型重载车辆的数量大幅增加,车辆的轴重和外形尺寸也有了显著改变。但早期设计标准未能充分考虑到这些变化,例如桥梁的设计荷载等级相对较低,对于一些新型的特种车辆和超大型车辆的通行能力预估不足。同时,早期设计在结构形式和构造细节方面也存在一定的局限性,难以适应现代交通对桥梁性能的高要求。在抗震设计方面,早

期设计标准可能未充分考虑到地震活动的复杂性和不确定性,导致部分桥梁在遭遇较强地震时抗震性能不足。此外,随着桥梁建设技术的不断进步,新的材料和施工工艺不断涌现,但早期设计标准未能及时更新,使得按照旧标准设计建造的桥梁在耐久性和安全性方面存在一定的隐患。

1.4 环境因素的影响

高速公路桥梁所处的环境复杂多样,多种环境因素对桥梁的荷载性能产生不利影响。

首先,气候因素。在寒冷地区,冬季的低温会使桥梁材料的脆性增加,尤其是钢材在低温下容易发生冷脆现象,降低了材料的韧性和抗冲击能力。而在高温地区,持续的高温会加速混凝土的水分蒸发,导致混凝土收缩开裂,影响结构的整体性。

其次,雨水和湿度的影响。长期的降雨以及高湿度环境会使桥梁的金属部件生锈腐蚀,降低其强度。对于混凝土结构,雨水渗入后会溶解其中的碱性物质,破坏混凝土的内部结构^[2]。

再者,沿海地区的桥梁还会受到海水的侵蚀,海水中的氯离子会渗透到混凝土内部,引发钢筋锈蚀,严重损害桥梁结构。

最后,强风、暴雨、暴雪等极端天气事件的增多,也对桥梁的稳定性构成了巨大威胁,强风可能导致桥梁产生过大的振动,暴雨和暴雪可能使桥梁的附属设施受损,增加桥梁的额外荷载。

1.5 施工质量问题

在高速公路桥梁的施工过程中,部分施工单位为追求进度或降低成本,在施工环节存在诸多质量问题。在混凝土浇筑方面,若浇筑工艺不当,如振捣不密实,会导致混凝土内部出现蜂窝、麻面等缺陷,降低混凝土的强度和耐久性。而且,在钢筋的加工和安装过程中,如果钢筋的绑扎不牢固、焊接质量不合格,会影响钢筋与混凝土之间的协同工作性能,削弱桥梁结构的承载能力^[3]。另外,施工材料的质量把控不严也是一个突出问题,一些施工单位使用的水泥、骨料等原材料不符合设计要求,导致混凝土的性能无法达到预期标准。在桥梁基础施工时,若基础的埋深不足、地基处理不当,会使桥梁在建成后出现不均匀沉降,进而对上部结构产生附加应力,引发结构变形和裂缝。此外,施工过程中的质量监管不到位,缺乏有效的质量检测手段和严格的验收程序,使得这些施工质量问题未能及时发现和纠正,给桥梁的长期安全使用埋下了隐患。

2 增强高速公路桥梁荷载承载能力的对策

2.1 优化桥梁结构设计

提高公路桥梁承载力的核心措施是对桥梁结构进行优化设计。在设计之初,利用专业有限元软件,对桥梁整体进行了全面而精确的力学仿真。在此基础上,对桥梁在不同工作状态下的受力和变形进行仿真,精确定位结构的薄弱环节,以便进行进一步的优化设计。对于普通梁式桥,梁截面的精细化设计是可行的。例如:通过对传统等截面梁进行优化,在跨中弯矩较大区域适当增加截面尺寸,提高结构抗弯刚度,有效抵抗车辆荷载作用下产生的弯曲应力。同时,通过合理布置预应力筋,巧妙地利用预应力技术来抵消外部荷载引起的局部拉应力,延缓混凝土开裂,提高结构耐久性^[4]。同时,积极引进新型结构体系。将钢的高强度抗拉性能和混凝土优异的抗压性能有机地结合起来,不仅可以减轻桥梁的重量,而且可以大幅度地提高桥梁的承载力。通过全方位的结构设计优化,能使高速公路桥梁在复杂交通环境下,安全且高效地承载不断增长的交通荷载,延长使用寿命,保障交通畅通。

2.2 提升材料性能

提升材料性能对增强高速公路桥梁荷载承载能力至关重要。在混凝土材料方面,研发并应用高性能混凝土是关键。通过优化配合比,添加优质矿物掺合料,如硅灰和粉煤灰,能极大地提升混凝土的密实度。硅灰能填充水泥颗粒间的微小孔隙,使混凝土结构更紧密,进而增强其抗渗性,降低外界侵蚀介质的侵入风险。同时,高性能混凝土强度等级更高,能更好地承受交通荷载带来的压力,有效减少混凝土结构在长期使用中的变形,延长桥梁使用寿命。对于钢材,选用新型高强度钢材,例如低合金高强度钢,其屈服强度和抗拉强度远超普通钢材,且具备良好的可焊性与耐腐蚀性^[5]。在桥梁建设中,使用这类钢材可显著提升结构的承载能力。为进一步提高钢材的耐久性,还可对其表面进行防腐处理,采用热浸镀锌工艺,在钢材表面形成一层致密的锌层,隔绝空气和水分,阻止钢材生锈,确保钢材在长期使用中性能稳定。通过提升各类材料的性能,为高速公路桥梁承受更大荷载奠定坚实的基础,保障桥梁安全稳定运行。

2.3 智能监测与维护系统

智能监测与维护系统是增强高速公路桥梁荷载承载能力的有力保障。在桥梁的关键部位,如桥墩底部、主梁跨中以及支座连接处,精准安装多种传感器。应

变传感器能够实时捕捉桥梁结构因荷载变化产生的应力数据,位移传感器则可精确监测桥梁各部位的变形情况,而振动传感器能敏锐感知桥梁在车辆通行等外力作用下的振动状态。这些传感器采集到的数据,借助先进的无线传输技术,迅速且稳定地汇聚至数据处理中心^[6]。在这里,大数据分析算法与人工智能技术大展身手,对海量数据进行深度挖掘与智能分析。一旦数据出现异常波动,系统会即刻发出预警信号,提醒管理人员。例如:当应变数据超过预设安全阈值,系统能快速定位异常部位,并结合其他传感器数据,分析可能的原因,如是否因交通荷载突变或结构出现损伤。同时,基于长期积累的数据,系统能够预测桥梁结构性能的演变趋势,为制定科学合理的维护计划提供精准依据。通过及时有效的维护措施,如对混凝土裂缝进行修补、对钢材表面重新防腐涂装等,确保桥梁始终处于良好的工作状态,持续提升其荷载承载能力,保障高速公路的安全畅通。

2.4 合理分配荷载与交通流量

合理分配荷载与交通流量对增强高速公路桥梁荷载承载能力意义重大。在交通管理层面,可实施货车分时段、分车道通行策略,比如在非高峰时段开放特定车道供重型货车行驶,避免早晚高峰期间货车与小汽车混行导致的交通拥堵,减少桥梁承受的动态冲击荷载。同时,借助智能交通系统,实时监控桥梁路段车流量,一旦发现某座桥梁交通流量趋近饱和,立即通过可变信息板、导航软件等引导车辆绕行至其他关联桥梁,均衡区域内桥梁的交通压力。在技术手段上,推广先进的车辆动态称重技术,在桥梁入口处设置不停车称重设备,对超载车辆自动识别并拦截,杜绝超载车辆上桥,从源头减轻桥梁承受的额外荷载^[7]。此外,在高速公路路网规划时,充分考量桥梁分布与交通流向,新建或优化连接线路,分散交通流,防止车辆过度集中于少数关键桥梁,确保每座桥梁的荷载分配处于合理范围,以此有效提升桥梁整体的荷载承载能力,保障高速公路桥梁安全、高效运行。

2.5 强化桥梁的抗灾能力

强化桥梁的抗灾能力对于保障桥梁在极端自然灾害下的安全至关重要。在抗震设计方面,采用隔震和消能减震技术,在桥梁的墩台与主梁之间设置隔震支座,如铅芯橡胶支座、高阻尼橡胶支座等,延长结构的自振周期,减小地震作用对桥梁结构的影响。同时,安装消能减震装置,如黏滞阻尼器、金属阻尼器等,

在地震发生时消耗地震能量,减轻结构的振动响应。在抗风设计方面,通过风洞试验对桥梁结构进行风致响应分析,优化桥梁的外形设计,降低风阻系数,提高桥梁的抗风稳定性。例如:采用流线型的主梁截面形状,减少风对桥梁的作用力。对于沿海地区的桥梁,还需加强抗海水侵蚀设计,采用耐腐蚀材料和防护涂层,提高桥梁在恶劣海洋环境下的耐久性^[8]。此外,制定完善的应急预案,定期进行抗灾演练,确保在灾害发生时能够迅速采取有效的抢险救援措施,最大限度地减少损失,保障桥梁的安全和交通的畅通。

3 结束语

高速公路桥梁面临诸多影响荷载承载能力的问题,如交通荷载增加、材料老化、设计标准滞后、环境因素影响及施工质量问题等。针对这些问题,通过优化桥梁结构设计,调整截面、合理布置预应力等提升整体性能;提升材料性能,采用高性能混凝土、新型钢材及复合材料增强承载与耐久性;构建智能监测与维护系统实时掌握桥梁状态;合理分配荷载与交通流量,减少桥梁负担;运用隔震、抗风等技术强化抗灾能力。综合运用这些对策,能有效增强高速公路桥梁荷载承载能力,确保其安全稳定运行。

参考文献:

- [1] 刘仁,李光运,何博,等.北非阿尔及利亚高速公路桥梁荷载试验应用分析[J].交通世界,2022(35):145-148.
- [2] 吕中维,张雅林,李伟亭.高速公路桥梁设计中的振动与减振控制技术研究[J].运输经理世界,2025(03):94-96.
- [3] 阮君.上跨高速公路桥梁设计关键问题研究[J].工程建设与设计,2024(24):54-56.
- [4] 王指示.公路桥梁伸缩缝施工的质量控制分析[J].产品可靠性报告,2024(10):135-137.
- [5] 李康.严寒地区高速公路桥梁养护与维修加固施工技术探究[J].中国公路,2024(19):102-104.
- [6] 杨森,王延民.高速公路桥梁养护管理要点及技术状况评定研究[C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司.2024新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(二).山东东青公路有限公司,2024.
- [7] 王玲,张铎.高速公路改扩建桥梁拼宽技术[C]//上海市水利学会,江苏省水利学会,浙江省水利学会,安徽省水利学会,江西省水利学会.第二届长三角水论坛暨水利先进技术(产品)展示会论文集.黄河勘测规划设计研究院有限公司,2024.
- [8] 祁朝相.火烧桥梁荷载试验检测与加固维修方案研究[J].北方交通,2023(10):10-12,18.