

公路桥梁耐久性研究与维护技术探讨

张新 陈海洋 裴钰新

张新, 身份证号码: 2201021978****3116

陈海洋, 身份证号码: 2201041978****3810

裴钰新, 身份证号码: 2201061989****1215

摘要: 本文聚焦于公路桥梁耐久性研究与维护技术。公路桥梁作为交通基础设施的关键组成部分, 其耐久性直接关系到使用寿命、通行安全及区域经济运行效率。长期暴露在复杂自然环境中, 桥梁易受雨水侵蚀、冻融循环、盐雾腐蚀及温度梯度变化等影响, 导致混凝土开裂、钢筋锈蚀等问题。同时, 车辆超载、施工质量缺陷、设计标准滞后等人为因素进一步加速结构性能退化。为提高耐久性, 应从材料性能优化、结构防护体系构建及全生命周期管理等方面系统开展研究。当前广泛应用的维护技术包括碳纤维布加固、体外预应力补强、涂层防腐与阴极保护等, 辅以基于传感器的健康监测系统实现早期病害识别。通过对公路桥梁耐久性机理的深入研究与先进维护技术的应用, 不仅可延长桥梁服役寿命, 降低维修成本, 更能保障公众出行安全, 推动交通基础设施向智能化、可持续方向发展, 为我国桥梁工程的高质量发展提供坚实支撑。

关键词: 公路桥梁; 耐久性研究; 维护技术; 结构加固; 防腐处理

Research on Durability and Maintenance Technology of Highway Bridges

Zhang Xin, Chen Haiyang, Pei Yuxin

Zhang Xin, ID number: 2201021978 * * * * 3116

Chen Haiyang, ID number: 2201041978 * * * * 3810

Pei Yuxin, ID number: 2201061989 * * * * 1215

Abstract: This article focuses on the durability research and maintenance technology of highway bridges. As a key component of transportation infrastructure, the durability of highway bridges directly affects their service life, traffic safety, and regional economic operation efficiency. Long term exposure to complex natural environments makes bridges susceptible to erosion from rainwater, freeze-thaw cycles, salt spray corrosion, and temperature gradient changes, leading to problems such as concrete cracking and steel corrosion. Meanwhile, human factors such as vehicle overloading, construction quality defects, and outdated design standards further accelerate the degradation of structural performance. To improve durability, systematic research should be conducted on material performance optimization, structural protection system construction, and full lifecycle management. The widely used maintenance technologies currently include carbon fiber cloth reinforcement, external prestressing reinforcement, coating anti-corrosion and cathodic protection, etc., supplemented by sensor based health monitoring systems to achieve early disease identification. Through in-depth research on the durability mechanism of highway bridges and the application of advanced maintenance technologies, not only can the service life of bridges be extended and maintenance costs reduced, but public travel safety can also be guaranteed, promoting the development of transportation infrastructure towards intelligence and sustainability, and providing solid support for the high-quality development of bridge engineering in China.

Keywords: Highway bridges; Durability research; Maintenance technology; Structural reinforcement; Anti-corrosion treatment

0 引言

公路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分, 在国家经济发展和社会交流中发挥着至关重要的作用。随着我国交通流量的持续增长以及重载、超载车辆的频繁通行, 桥

梁结构长期处于复杂的应力状态, 服役环境日益恶化, 面临更为严峻的耐久性挑战。其耐久性不仅关系到桥梁自身的使用寿命和结构安全性, 还直接影响着整个交通网络的畅通效率、应急通行能力以及区域经济的协同发展。然而,

目前我国部分早期建设的公路桥梁已进入老化期,加之材料性能退化、环境腐蚀、设计标准滞后和养护不足等因素,导致桥面破损、裂缝扩展、钢筋锈蚀、支座失效等问题频发,严重威胁着行车安全与公共安全。因此,加强公路桥梁耐久性研究与维护技术探讨具有重要的现实意义。

1 公路桥梁耐久性影响因素分析

1.1 自然环境因素

自然环境对公路桥梁耐久性有着显著影响。雨水侵蚀是常见的问题之一,雨水中的酸性物质会与桥梁结构中的混凝土、钢材等发生化学反应,逐渐腐蚀桥梁结构。长期的雨水冲刷还可能导致桥梁基础的水土流失,影响桥梁的稳定性。温度变化也是不可忽视的因素,高温会使桥梁结构材料膨胀,低温则会使其收缩。这种反复的热胀冷缩会在桥梁结构内部产生应力,当应力超过材料的承受极限时,就会导致结构出现裂缝,降低桥梁的耐久性。此外,湿度、风力等环境因素也会对桥梁结构产生不同程度的影响。在高湿度环境下,钢材容易生锈,混凝土也会因水分的侵入而降低强度。强风可能会使桥梁产生振动,长期的振动会使桥梁结构的连接部位松动,影响桥梁的整体性能。

1.2 设计与施工因素

设计阶段的不合理会给公路桥梁的耐久性埋下隐患。如果设计时对桥梁的使用荷载估计不足,会导致桥梁在实际使用过程中承受过大的压力,加速结构的损坏。设计中对结构构造的考虑不周,如钢筋的布置不合理、混凝土的保护层厚度不够等,也会影响桥梁的耐久性。施工过程中的质量问题同样不容忽视。施工工艺不规范,如混凝土的搅拌不均匀、浇筑不密实等,会使混凝土结构存在缺陷,降低其强度和耐久性。施工过程中存在的偷工减料行为,例如使用劣质建材,将严重降低桥梁的质量与服役寿命。施工过程中的管理不善,如施工顺序混乱、施工时间安排不合理等,也会对桥梁的耐久性产生不利影响。

1.3 车辆荷载因素

随着交通流量的不断增加,车辆荷载对公路桥梁的影响日益增大。超载车辆的频繁通行是导致桥梁耐久性降低的重要原因之一。超载会使桥梁结构承受的应力远远超过设计标准,加速结构的疲劳损伤,缩短使用寿命。长期的超载作用会使桥梁的梁体、桥墩等部位出现裂缝、变形甚至支座失效等问题,严重影响桥梁的安全性与稳定性。车辆的行驶速度和行驶方式也会对桥梁产生显著影响。高速行驶的车辆会产生较大的冲击力,尤其在桥面不平整处引发跳车效应,对桥梁结构造成瞬间的动荷载冲击。频繁的

急刹车和启动不仅增加水平力作用,还会引起桥梁振动,加剧结构的疲劳累积。此外,车辆的类型和轴重分布也深刻影响桥梁的受力情况。重载货车、集装箱车等集中荷载较大的车型,若轴距短、轴重分布不均,易在桥梁局部形成应力集中,导致桥面板、横梁等构件过早开裂或变形,降低整体承载能力。因此,应加强交通荷载管理,严格控制超限超载行为,并优化车辆通行方式,以保障桥梁的长期安全运营。

2 公路桥梁耐久性研究方法

2.1 实验研究方法

实验研究是公路桥梁耐久性研究的重要手段之一。通过实验室模拟实验,可以在可控的条件下研究不同因素对桥梁耐久性的影响。例如,模拟不同的气候环境,如高温、低温、高湿度等,观察桥梁结构材料在这些环境下的性能变化。可以对桥梁结构的试件进行加载实验,研究其在不同荷载作用下的力学性能和耐久性。通过实验研究,可以获取大量的数据,为建立桥梁耐久性评估模型提供依据。实验研究还可用于验证新型材料与技术 in 提升桥梁耐久性方面的适用性与有效性。例如,研究新型的防腐涂料在实验室环境下的防腐性能,为实际工程应用提供参考。实验研究还可以对桥梁结构的损伤机理进行深入分析,了解结构损伤的发展过程,为制定合理的维护方案提供理论支持。

2.2 数值模拟方法

数值模拟方法在公路桥梁耐久性研究中具有重要作用。利用计算机软件可以对桥梁结构进行建模和分析,模拟桥梁在不同工况下的受力情况和耐久性变化。通过数值模拟,可以预测桥梁结构在长期使用过程中的性能演变,提前发现潜在的问题。例如,模拟桥梁在车辆荷载、自然环境等多种因素作用下的应力分布、变形情况等。数值模拟还可用于对不同设计方案与维护策略进行评估与优化,辅助决策。通过改变模型的参数,比较不同方案下桥梁的耐久性指标,选择最优的设计和维护方案。数值模拟方法还可以对桥梁结构的损伤进行定量分析,为桥梁的健康监测和评估提供技术支持。与实验研究相比,数值模拟方法具有成本低、效率高、可重复性强等优点。

2.3 现场监测方法

现场监测是直接获取公路桥梁实际运行状态信息的重要方法。通过在桥梁上安装各种传感器,如应变传感器、位移传感器、加速度传感器等,可以实时监测桥梁结构的应力、变形、振动等参数。现场监测可以及时发现桥梁结构的异常变化,为桥梁的维护和管理提供依据。例如,当

监测到桥梁结构的应力超过预警值时,可以及时采取措施,避免结构发生破坏。现场监测还可以对桥梁的耐久性进行长期评估。通过对监测数据的分析,可以了解桥梁结构在不同阶段的性能变化情况,评估桥梁的剩余使用寿命。现场监测还可以为桥梁的设计和研究提供实际数据支持。通过对大量现场监测数据的分析,可以总结出桥梁结构的实际受力特点和耐久性规律,为改进桥梁设计和提高维护技术提供参考。

3 公路桥梁维护技术探讨

3.1 结构加固技术

结构加固是提高公路桥梁耐久性和承载能力的重要手段。常见的结构加固方法有粘贴钢板加固法、碳纤维加固法、增大截面加固法等。粘贴钢板加固法是将钢板通过粘结剂粘贴在桥梁结构的受拉部位,以增加结构的承载能力。这种方法施工简单、不影响桥梁的正常使用,适用于各种类型的桥梁结构。碳纤维加固法是利用碳纤维布的高强度特性,将其粘贴在桥梁结构表面,提高结构的强度和刚度。碳纤维加固法具有重量轻、耐腐蚀等优点,能够有效提高桥梁的耐久性。增大截面加固法是通过在原桥梁结构的基础上增加混凝土截面面积,提高结构的承载能力。这种方法适用于桥梁结构损伤较为严重的情况,但施工工期较长,对桥梁的正常使用影响较大。在选择结构加固方法时,应综合考虑桥梁的结构状态、加固目标、经济成本及施工条件等因素(见图1)。

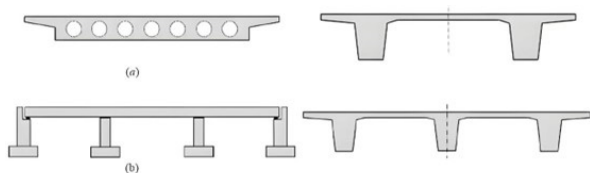


图1 结构加固

3.2 防腐处理技术

防腐处理是提高公路桥梁耐久性的关键措施。对于桥梁的钢结构部分,常用的防腐方法有涂层防腐和热浸镀锌防腐。涂层防腐是在钢材表面涂刷防腐涂料,形成一层保护膜,阻止氧气、水分等腐蚀介质与钢材接触。热浸镀锌防腐是将钢材浸入熔融的锌液中,使钢材表面形成一层锌层,锌层具有良好的耐腐蚀性,能够有效保护钢材。对于桥梁的混凝土结构,亦应采取相应的防腐措施,如涂刷防水防腐涂料或掺入防腐剂等。可以在混凝土表面涂刷防水防腐涂料,防止水分和有害物质的侵入。还可以在混凝土中添加防腐剂,提高混凝土的抗腐蚀能力。对于桥梁的基

础部分,也需要采取相应的防腐措施,如采用防腐桩、设置防腐垫层等,防止基础被地下水腐蚀。

3.3 定期检测与维护技术

定期检测是及时发现公路桥梁问题并采取维护措施的重要保障。检测内容包括桥梁结构的外观检查、材料性能检测、应力应变监测等。外观检查主要是检查桥梁结构表面是否存在裂缝、剥落、变形等问题。材料性能检测是对桥梁结构的混凝土、钢材等材料的强度、耐久性等性能进行检测。应力应变监测是通过传感器实时监测桥梁结构的应力、应变情况,及时发现结构的异常变化。根据检测结果,制定合理的维护计划。对于发现的小问题,可以及时进行修复,防止问题扩大。对于严重的问题,需要采取相应的加固或改造措施。还需要建立桥梁维护档案,记录桥梁的检测和维护情况,为桥梁的长期管理提供依据。定期检测与维护技术能够有效延长公路桥梁的使用寿命,保障桥梁的安全运行。

4 结语

公路桥梁耐久性研究与维护技术探讨是一项长期而重要的工作。通过对公路桥梁耐久性影响因素的分析,我们了解到自然环境、设计与施工、车辆荷载等多种因素都会对桥梁的耐久性产生影响。在研究方法上,实验研究、数值模拟和现场监测等方法为我们深入了解桥梁耐久性提供了有效的手段。而在维护技术方面,结构加固、防腐处理和定期检测与维护等技术能够有效提高公路桥梁的耐久性和安全性。在实际工作中,应综合考虑环境、结构、荷载等多重因素,采用科学合理的研究方法与维护技术,全面提升公路桥梁的管理水平与维护效能。要不断加强对公路桥梁耐久性的研究,探索新的研究方法和技术,提高桥梁耐久性评估的准确性和可靠性。要加大对公路桥梁维护的投入,提高维护技术水平,及时发现和处理桥梁存在的问题。通过这些措施的实施,能够保障公路桥梁的长期稳定运行,为我国交通事业的发展提供有力支持,促进社会经济的持续健康发展。

参考文献:

- [1] 王鹏. 高速公路桥梁耐久性提升的养护技术与管理策略研究[J]. 运输经理世界, 2025,(08):133-135.
- [2] 胡洁, 孔威, 付大国. 全寿命周期的公路桥梁耐久性设计与技术[J]. 新潮电子, 2024,(09):169-171.
- [3] 鲁会平. 预应力混凝土公路桥梁耐久性与维修策略研究[J]. 运输经理世界, 2024,(13):131-133.
- [4] 柏锦峰. 公路桥梁工程中预应力混凝土桥梁检测

与加固分析[J]. 黑龙江交通科技, 2023,46(3).DOI:10.3969/j.issn.1008-3383.2023.03.030.

[5] 周超民, 张辉, 卢开艳. 混凝土结构耐久性的公路桥梁变形安全控制方法[J]. 建筑技术, 2023,54(8). DOI:10.3969/j.issn.1000-4726.2023.08.001.

[6] 李世秋, 汪厚植, 胡新民. 桥梁预应力钢筋混凝土结构耐久性影响因素及对策[J]. 筑路机械与施工机械

化.2007,(6).DOI:10.3969/j.issn.1000-033X.2007.06.017.

[7] 王钧利. 在役预应力混凝土桥梁的耐久性分析[J]. 混凝土, 2006,(2).DOI:10.3969/j.issn.1002-3550.2006.02.003.

[8] 刘椿, 朱尔玉, 朱晓伟. 预应力混凝土桥梁的发展状况及其耐久性研究进展[J]. 铁道建筑, 2005,(11).1-2.

作者简介: 张新(1978.02-)男, 汉族, 本科, 高级工程师, 研究方向: 公路桥梁方面的设计研究工作。