

Research on Structural Inspection Technology for Highway Bridges

Yaofeng Shao Xuyan Li

Gansu Road and Bridge Engineering Testing Co., Ltd., Lanzhou, Gansu, 730050, China

Abstract

As an important transportation infrastructure, the safety of highway bridges is directly related to the safety of people's lives and property, as well as the stable development of the social economy. With the advancement of technology, the detection technology of highway bridge structures is increasingly valued and has become an important means to ensure the safe operation of bridges. This paper comprehensively discusses the overview, detection methods, damage identification technology, and health monitoring systems of highway bridge structures. By analyzing different detection methods, including static and dynamic detection, as well as modern technologies for damage identification, the aim is to provide scientific basis for bridge maintenance, repair, and reinforcement. At the same time, the design and application of highway bridge health monitoring system were discussed with examples, and the development trend of bridge detection technology was discussed.

Keywords

highway bridges; structural testing; detection technology; application exploration

公路桥梁结构检测技术研究

邵焱峰 李旭彦

甘肃路桥工程检测有限公司, 中国 · 甘肃 兰州 730050

摘要

公路桥梁作为重要的交通基础设施,其安全性直接关系到人民生命财产的安全和社会经济的稳定发展。随着技术的进步,公路桥梁结构检测技术越来越受到重视,成为确保桥梁安全运行的重要手段。论文综合探讨了公路桥梁结构的概述、检测方法、损伤识别技术以及健康监测系统等。通过分析不同的检测方法,包括静态和动态检测,以及损伤识别的现代技术,旨在为桥梁维护、修复和加固提供科学依据。同时,结合实例论述了公路桥梁健康监测系统的设计与应用,展望了桥梁检测技术的发展趋势。

关键词

公路桥梁; 结构检测; 检测技术; 应用探究

1 引言

公路桥梁作为连接城乡、促进经济发展的重要交通基础设施,在承载车流、行人通行的同时,还需承受各种自然和人为因素的影响,如气候变化、车辆荷载、事故等。这些因素可能导致公路桥梁结构产生损伤,从而影响其使用安全和寿命。因此,及时准确地检测公路桥梁结构的状况,对其进行维护和修复,具有重要的现实意义和社会意义。

2 公路桥梁结构概述

公路桥梁结构通常由桥墩、桥台、梁体等组成,不同类型的桥梁结构在承载能力、跨度、耐久性等方面存在差异。了解公路桥梁结构的基本构成和特点,对于后续的检测工作

具有重要意义。在进行结构检测时,需要考虑桥梁的材料、设计参数、施工工艺等因素,以全面评估其安全性和稳定性。

3 公路桥梁结构检测方法

3.1 静态检测方法

3.1.1 目视检查

目视检查作为公路桥梁结构检测的基本方法,依赖于检测人员的经验和专业知识进行表面或者近距离的观察。检测开始前,需准备好检测工具,如放大镜、手电筒、记录本等,确保在各种环境下都能进行有效的观察。检测人员需要对桥梁的设计特点、使用材料、受力特性等有详细了解,以便于准确识别可能存在的问题^[1]。检测过程中,检测人员沿桥梁长度方向逐步移动,对桥面、桥墩、支座等部位进行仔细检查。对于桥面,关注是否有裂缝、坑槽、松散或损坏的铺装层;桥墩部分,检查是否有裂缝、剥落或腐蚀现象;支座部位,观察是否有异常位移或变形现象。除了这些常规部位外,还

【作者简介】邵焱峰(1997-),男,中国甘肃秦安人,本科,助理工程师,从事公路工程试验检测研究。

需对桥梁的排水系统、照明设施、防撞设施等进行检查,确保桥梁各项功能正常;在检测时,如果遇到难以直接观察的部位,如桥梁下部或内部结构,检测人员会使用辅助工具,如望远镜或者无人机进行观察。对于疑似问题区域,会使用放大镜进行放大观察,以获取更详细的信息。所有观察到的问题和异常情况都需详细记录在案,包括问题的位置、性质、规模等,为后续的深入检测和维修提供依据。

3.1.2 钢丝绳测量

钢丝绳测量是一种利用钢丝绳进行桥梁结构变形测量的方法,适用于检测桥梁的整体或局部位移和变形。在进行钢丝绳测量前,需对桥梁的结构特点和测量需求进行评估,选择合适的测量点和测量方案。测量点的选择需能够代表桥梁受力和变形的关键位置,如桥墩顶部、梁体中部等。测量工作开始时,首先在桥梁的两端或测量点上固定钢丝绳,确保钢丝绳的拉紧和水平。钢丝绳的张紧力需要控制在一定范围内,防止因过度拉紧而影响测量精度。然后,使用专用的测量仪器,如光学测距仪或激光测距仪,沿钢丝绳测量长度,记录数据。在测量过程中,需注意温度、风力等环境因素对钢丝绳长度的影响,并进行相应的校正。通过对比不同时间点的测量数据,可以分析桥梁结构的变形趋势,判断是否存在超出设计标准的变形或位移。钢丝绳测量不仅能提供桥梁整体的变形情况,也能对局部的变形进行精确测量,为桥梁的维护和加固提供重要依据。

3.1.3 检测仪器应用

检测仪器应用在公路桥梁结构检测中占据了重要地位,通过各种高精度的仪器设备,可以对桥梁的结构安全性、稳定性进行全面评估。在选择检测仪器前,需根据检测目的和桥梁的具体情况,确定合适的检测技术和仪器类型,如声波检测、红外热成像、应力波检测等。使用检测仪器进行桥梁检测时,首先需要对检测区域进行划分,确保覆盖桥梁的各个部分和关键结构。然后,根据仪器的使用说明,进行仪器的安装和调试,确保检测数据的准确性。在检测过程中,操作人员需按照预定的程序和路径对桥梁进行逐点检测,记录检测数据和发现的问题。对于复杂的桥梁结构或难以直接观察的区域,可采用无损检测技术,如超声波检测、磁粉检测等,这些技术能够深入桥梁内部,发现裂缝、空洞等隐蔽性问题。检测完成后,需对收集的数据进行分析和处理,结合桥梁的设计参数和使用历史,评估桥梁的当前状态和未来的使用安全性。

3.2 动态检测方法

3.2.1 振动检测

振动检测技术基于桥梁在自然或人工激发下产生的振动响应来评估桥梁结构的完整性和性能。这种方法通常需要部署一系列的传感器,如加速度计、位移传感器和应变计,来捕捉桥梁的振动特性。操作开始时,技术人员会根据桥梁的结构特点和检测目的选择合适的传感器类型和数量,并确

定传感器的安装位置。传感器安装完成后,通过特定的激发机制(如汽车通过、人工激振器等)产生振动,激发桥梁产生响应。随着振动的产生,传感器会实时记录桥梁的振动数据,包括振动频率、振幅以及相位等信息^[2]。这些数据随后被传输到数据采集系统中进行分析处理。而对振动数据的频谱分析,可以识别出桥梁的自然频率、阻尼比以及模态形状等特性。技术人员会将检测到的振动特性与桥梁的设计参数和历史检测数据进行对比,分析桥梁是否存在结构损伤或性能退化的迹象。对于检测到的异常振动特性,还需要进一步的分析确定其具体原因,如裂缝、腐蚀或者材料老化等。

3.2.2 检测车辆法

检测车辆法是通过专门设计的检测车辆在桥梁上行驶,利用车载的传感器和检测装备对桥梁进行动态检测的方法。检测车辆通常装备有激振装置、加速度计、位移传感器、GPS定位系统以及高清摄像机等检测设备。操作过程中,检测车辆在桥梁上以特定的速度行驶,同时激振装置产生控制的振动激励,模拟不同载荷条件下桥梁的响应。车载的传感器实时记录桥梁的动态响应数据,包括振动、位移以及应变等信息。此外,高清摄像机对桥梁表面进行全面扫描,记录桥梁的表面状态,如裂缝、腐蚀或者其他损伤标记。GPS定位系统确保检测数据与桥梁的具体位置相对应,便于后续分析和定位问题区域。检测完成后,所有收集的数据被传输到分析系统中进行综合处理和分析。通过对动态响应数据的分析,结合表面损伤的视觉信息,可以全面评估桥梁的结构健康状况和安全性能。

3.2.3 风载试验

风载试验是通过模拟不同的风速和风向条件,评估风力对桥梁结构稳定性和安全性的影响。这种方法主要应用于大跨度悬索桥、斜拉桥等对风载敏感的桥梁类型。在进行风载试验时,首先需要根据桥梁的地理位置、结构特点以及周边环境,设计合理的风速和风向条件。然后,使用风力发生器或自然风条件,在桥梁上模拟这些设计的风载条件。同时,部署一系列的传感器,如风速计、加速度计和位移传感器,来监测桥梁在风载作用下的动态响应。传感器会实时记录桥梁的振动数据、位移变化以及受风力作用的区域和程度。通过分析桥梁在不同风速和风向条件下的动态响应数据,可以评估桥梁的风载性能和抗风稳定性。对于存在潜在风险的桥梁,还需要进一步分析具体的结构问题,并提出加固或改进的建议。

4 公路桥梁结构损伤识别技术

4.1 损伤类型

4.1.1 开裂

开裂是桥梁结构中常见的一种损伤形式,其主要表现为裂缝的出现,裂缝的宽度、长度和分布情况直接影响着桥梁的安全性能。在识别开裂损伤时,采用高分辨率摄像头对

桥梁表面进行全面拍摄,获取高清图像数据。通过图像处理软件对拍摄到的图像进行预处理,包括图像的去噪、增强和二值化操作,凸显裂缝的轮廓,利用边缘检测算法精确识别裂缝的位置和形态。通过对裂缝宽度和长度的测量,以及裂缝分布的分析,可以对桥梁开裂损伤的严重程度进行评估。

4.1.2 变形

变形是指桥梁结构在荷载作用下产生的位移和形状变化,这种损伤的发生往往会影响桥梁的使用功能和安全性。识别桥梁变形损伤,通常采用全站仪或GPS测量技术进行精确测量。在测量过程中,布置足够数量的测量点覆盖整个桥梁结构,通过对这些测量点的位移数据进行收集和分析,绘制出桥梁的三维变形图。对比不同时间段的变形数据,可以明确桥梁变形的速度和趋势,为桥梁维修和加固提供科学依据。

4.1.3 疲劳

疲劳损伤是由于长期重复荷载作用导致的桥梁结构材料性能逐渐降低,最终可能导致桥梁结构出现裂纹甚至断裂。疲劳损伤的识别通常依赖于材料力学特性的测试和结构应力分析。采用应变片贴附在桥梁关键部位,通过数据采集器实时监测桥梁在正常使用状态下的应力变化情况。利用有限元分析软件,根据监测到的应力数据模拟桥梁结构在重复荷载作用下的疲劳过程,预测可能出现疲劳损伤的位置和程度,为后续的检修提供依据。

4.2 损伤识别方法

4.2.1 图像处理技术

在公路桥梁结构损伤识别中,图像处理技术是一种常用的方法。利用高分辨率摄像头捕捉桥梁表面图像,通过图像预处理提高裂缝和变形等损伤特征的可见度。利用边缘检测、图像分割等算法,从复杂的背景中准确提取损伤信息。此外,还可以采用深度学习技术,训练神经网络模型自动识别和分类桥梁损伤类型,提高损伤识别的准确率和效率。

4.2.2 模态分析

模态分析是另一种用于识别桥梁结构损伤的方法。通过激振器对桥梁施加振动,利用加速度计等传感器测量桥梁的响应,分析桥梁的自振频率、振型和阻尼特性。结构损伤会导致桥梁的刚度降低,进而影响其动态特性,通过比较损伤前后桥梁的模态参数变化,可以定位和评估桥梁的损伤程度。

4.2.3 机器学习算法

机器学习算法是近年来发展起来的一种新型桥梁损伤识别方法。通过收集大量的桥梁监测数据,包括但不限于应力、应变、位移、加速度等,利用机器学习算法对这些数据进行训练,建立桥梁正常状态和损伤状态之间的关联模型。在实际应用中,通过实时监测数据输入机器学习模型,模型能够自动识别出桥梁是否存在损伤,甚至可以预测损伤的类

型和程度,为桥梁维护提供科学的决策支持。

5 公路桥梁结构健康监测系统

5.1 监测参数

监测参数包括振动、温度和应变三个主要方面。在振动参数设置上,采用高灵敏度的加速度传感器固定于桥梁关键结构位置,如桥墩顶部、桥面中心和支撑结构等。这些传感器能够捕捉到由于车辆通行、风荷载变化等外界因素引起的桥梁微小振动,将振动信号转换为电信号,通过有线或无线方式传输。温度监测则利用温度传感器,这些传感器分布在桥梁的不同部位,包括桥面、桥墩和主梁等,能够监测到环境温度变化对桥梁材料膨胀收缩产生的影响,进而评估桥梁结构在不同温度条件下的稳定性^[3]。应变监测采用应变片或光纤传感技术,通过精确测量桥梁结构在受力时产生的微小形变,分析桥梁承载能力和材料疲劳程度,这些应变监测点一般设置在桥梁的主梁、桥墩和关键连接部位。

5.2 监测系统构成

监测系统构成主要包括传感器、数据采集和数据分析三个环节。在传感器部署上,根据桥梁的具体结构特点和监测需求,合理选择和布置各种类型的传感器,确保监测数据的全面性和准确性。数据采集系统采用高性能的数据采集终端,它与各传感器相连接,实时收集传感器采集的各类监测数据。这些数据采集终端具备高速处理能力和大容量存储空间,能够对收集到的数据进行初步的筛选和压缩,然后通过有线或无线网络传输到数据中心。数据分析环节是监测系统的核心,采用先进的数据处理和分析软件,对采集到的监测数据进行深入分析。这一环节涉及大数据处理、模式识别和机器学习等技术,能够从海量的监测数据中提取出有价值的信息,对桥梁的健康状态进行准确评估。通过建立桥梁健康状态的动态评估模型,实现对桥梁潜在风险的早期预警和对损伤程度的准确判断,为桥梁的维护和修复提供科学依据。

6 结语

公路桥梁结构检测技术的研究和应用对于保障公共安全和基础设施稳定至关重要。通过不断创新和技术进步,我们可以更好地了解 and 监测公路桥梁的结构状况,及时发现和处理潜在问题,确保其安全运行。相信随着科技的发展,公路桥梁结构检测技术将迎来更加美好的未来,为交通运输和社会发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 许伟峰.基于超声波无损技术的公路桥钢混结构质量检测[J].中国公路,2022(7).
- [2] 王文剑,吴官正,刘冀,等.基于结构监测数据的PC连续梁桥实时位移校验系数研究[J].公路交通技术,2023,39(4):94-99.
- [3] 赖红智.道路与桥梁工程检测技术探究[J].建筑技术研究,2022,5(2):19-21.