

桥梁维修加固前后综合评价分析

沈毛毛 朱华强 郭振朵
郑州市广汇路桥工程有限公司 河南 郑州 450000

摘 要：桥梁作为交通要道，其维修加固效果需综合评价。本文概述了综合评价的目的、原则，构建了涵盖结构安全、使用功能、耐久性、经济性和环境影响等方面的指标体系；介绍数据采集与处理方法；对比分析层次分析法、灰色综合评价法等常用评价方法；并从结构安全、使用功能、耐久性、经济性和环境影响等方面对桥梁维修加固效果进行综合评价，为桥梁管理提供参考。

关键词：桥梁维修加固；综合评价；评价指标；评价方法

1 桥梁维修加固综合评价概述

1.1 综合评价的目的

桥梁作为交通基础设施的关键组成部分，其安全性和可靠性直接关系到交通运输的顺畅与人民生命财产的安全。随着桥梁使用年限的增长以及交通荷载的增加、环境因素的侵蚀等，许多桥梁出现了不同程度的损伤和病害，需要进行维修加固处理。桥梁维修加固综合评价的目的在于全面、客观、科学地评估维修加固工程的效果，判断加固后的桥梁是否达到了预期的设计要求和性能。通过综合评价，可以为桥梁的后续使用、维护管理提供重要依据，确保桥梁在服役期间能够安全、稳定地运行，同时也有助于积累工程经验，为今后类似桥梁的维修加固提供参考和借鉴，提高桥梁工程建设的整体质量和效益。

1.2 综合评价的原则

1.2.1 科学性原则

综合评价应基于科学的理论和方法，评价指标的选取、评价模型的建立以及评价过程的分析都应具有科学依据，能够真实、准确地反映桥梁维修加固前后的性能变化。

1.2.2 客观性原则

评价过程应尽量避免主观因素的影响，以客观数据和事实为依据。数据采集要准确、可靠，评价方法要公正、合理，确保评价结果能够真实反映桥梁的实际情况。

1.2.3 全面性原则

桥梁维修加固综合评价应涵盖桥梁的各个方面，包括结构安全性、使用功能性、耐久性、经济性和环境影响等^[1]。只有全面考虑这些因素，才能对桥梁维修加固效果进行综合、系统的评价，为桥梁的合理使用和管理提供全面的决策依据。

1.2.4 可操作性原则

评价指标应具有可操作性和可量化性，评价方法应简便易行，便于实际应用。在构建评价指标体系时，应充分考虑数据获取的难易程度和评价成本，确保评价工作能够在实际工程中顺利开展。

1.3 综合评价的指标体系构建

1.3.1 指标体系构建的思路

桥梁维修加固综合评价指标体系的构建应遵循系统性、层次性和针对性的原则。首先，从桥梁的整体性能出发，将评价目标分解为多个子目标，形成层次分明的指标体系框架。然后，针对每个子目标，选取具有代表性的具体指标，确保指标能够全面反映桥梁维修加固前后的性能变化。

1.3.2 具体指标的选取

结构安全性指标涵盖桥梁承载能力、结构变形与裂缝宽度。承载能力关乎桥梁安全，可通过静载试验或理论计算评估；结构变形反映桥梁在荷载下的状况，过大变形影响使用与安全；裂缝宽度直接影响结构耐久性与安全性，需依规范严格控制。使用功能性指标主要有桥面平整度、行车舒适性、桥面排水性能。平整度影响行车安全与舒适，可用平整度仪检测；行车舒适性通过测量车辆振动加速度等参数评价；桥面排水性能影响桥梁寿命，要确保排水顺畅。耐久性指标包括混凝土强度、钢筋锈蚀程度、混凝土保护层厚度。混凝土强度是桥梁耐久性基础，需定期检测；钢筋锈蚀会降低结构承载能力，可用电化学或物理方法检测；保护层厚度对钢筋防锈重要，应符合设计。经济性指标有维修加固成本、维护管理费用、桥梁寿命延长带来的效益。维修加固成本是直接指标，要综合考虑各项费用；维护管理费用含日常检查等费用；寿命延长效益可通过对比维修加固前后寿命计算。环境影响指标考虑维修加固过程中的污染及材料环境友好性，施工中应采取环保措施，选用环保材料。

2 桥梁维修加固前后数据采集与处理

2.1 数据采集内容

2.1.1 桥梁基本信息数据

包括桥梁的名称、位置、跨径组合、结构形式、设计荷载、建造年代等。这些基本信息是了解桥梁基本情况的基础,对于后续的评价工作具有重要的参考价值。

2.1.2 结构检测数据

外观检查数据:对桥梁的各个部位进行全面、细致的外观检查,记录桥梁表面的裂缝、剥落、锈蚀、变形等病害情况,包括病害的位置、尺寸、形状等信息。内部缺陷检测数据:采用无损检测技术,如超声波检测、雷达检测、红外热成像检测等,对桥梁内部的结构缺陷进行检测,如混凝土内部的空洞、裂缝、钢筋的位置和锈蚀情况等。材料性能检测数据:对桥梁使用的混凝土、钢筋等材料进行抽样检测,测定混凝土的强度、弹性模量、碳化深度等参数,以及钢筋的力学性能、锈蚀程度等指标。

2.1.3 荷载试验数据

通过静载试验和动载试验,获取桥梁在荷载作用下的结构响应数据,如应变、位移、振动频率等。静载试验可以模拟桥梁在静力荷载作用下的受力情况,验证桥梁的承载能力;动载试验可以了解桥梁的动力特性,评估桥梁的行车舒适性和安全性。

2.1.4 环境数据

收集桥梁所在地区的气象资料、水文资料等环境数据,了解环境因素对桥梁的影响。例如,气温变化会引起桥梁结构的热胀冷缩,可能导致裂缝的产生和发展;水流冲刷会对桥梁基础造成损害,影响桥梁的稳定性。

2.2 数据采集方法

采用目视检查、放大镜观察、钢尺测量等简单工具,对桥梁的外观病害进行详细记录。对于一些难以直接观察到的部位,可借助望远镜、桥梁检测车等设备进行检查。超声波检测:利用超声波在混凝土中的传播特性,检测混凝土内部的缺陷。通过测量超声波的传播时间、波幅等参数,判断混凝土内部是否存在空洞、裂缝等缺陷,并确定缺陷的位置和大小^[2]。雷达检测:向混凝土内部发射高频电磁波,根据反射波的特征来分析混凝土内部的结构情况。雷达检测可以快速、准确地检测混凝土内部的钢筋位置、保护层厚度以及空洞、裂缝等缺陷。红外热成像检测:通过检测物体表面的红外辐射能量,将其转换为可视化的热图像,从而发现物体内部的缺陷。在桥梁检测中,红外热成像检测可以用于检测混凝土内部的脱空、裂缝等缺陷,以及钢结构的锈蚀情况。静载试验:在桥梁的指定位置施加静力荷载,通过

布置在桥梁关键部位的应变计、位移计等传感器,测量桥梁在荷载作用下的应变和位移变化。加载方式可以采用重物堆载或车辆加载,加载大小应根据桥梁的设计荷载和实际受力情况进行确定。动载试验:利用动力加载设备,如激振器、跳车等,对桥梁施加动力荷载,通过加速度传感器、速度传感器等测量桥梁的振动响应。动载试验可以获取桥梁的固有频率、阻尼比等动力特性参数,评估桥梁的动力性能。

2.3 数据处理与分析

2.3.1 数据预处理

对采集到的原始数据进行清理、筛选和整理,去除无效数据和异常值,确保数据的准确性和可靠性。对于缺失的数据,可以采用插值法、均值法等方法进行补充。

2.3.2 数据分析方法

统计分析方法:对检测数据进行统计分析,计算数据的均值、标准差、变异系数等统计参数,了解数据的分布特征和离散程度。通过对比维修加固前后的统计数据,分析桥梁性能的变化情况。力学分析方法:根据桥梁的结构形式和受力特点,建立力学分析模型,将实测数据代入模型中进行计算和分析,评估桥梁的结构安全性和使用性能。例如,利用有限元软件对桥梁进行结构分析,计算桥梁在荷载作用下的应力和变形,与实测数据进行对比验证。模糊综合评价方法:对于一些难以用精确数值表示的评价指标,如行车舒适性、环境影响等,可以采用模糊综合评价方法进行处理。该方法通过建立模糊评价矩阵和权重向量,将定性评价转化为定量评价,综合考虑多个因素的影响,得出综合评价结果。

3 桥梁维修加固前后综合评价方法

3.1 常用评价方法介绍

3.1.1 层次分析法(AHP)

层次分析法是一种将定性定量相结合的多准则决策方法。它将复杂的问题分解为多个层次,通过比较各层次中元素的相对重要性,构建判断矩阵,计算各元素的权重,最终得出综合评价结果。层次分析法具有系统性强、简洁实用等优点,能够充分考虑各评价指标之间的相互关系,但判断矩阵的构建具有一定的主观性。

3.1.2 灰色综合评价法

灰色综合评价法是基于灰色系统理论的一种评价方法,适用于信息不完全、数据量少的情况。该方法通过对评价指标进行灰关联分析,确定各指标之间的关联程度,然后根据关联度大小进行综合评价。灰色综合评价法能够处理不确定性信息,但对数据的分布特征有一定要求^[3]。

3.1.3 人工神经网络评价法

人工神经网络是一种模拟人脑神经网络结构和功能的计算模型,具有自学习、自适应和非线性映射等能力。在桥梁综合评价中,可以将大量的桥梁检测数据和评价结果作为训练样本,对人工神经网络进行训练,使其能够自动识别和判断桥梁的性能状况。人工神经网络评价法能够处理复杂的非线性问题,但需要大量的训练数据和较长的训练时间。

3.2 评价方法的选择与应用

在选择桥梁维修加固综合评价方法时,应根据评价目的、评价指标体系的特点以及数据的可获取性等因素进行综合考虑。如果评价指标体系层次分明,各指标之间的相对重要性容易确定,且评价者具有一定的主观判断能力,可以采用层次分析法;如果数据信息不完全,存在不确定性,灰色综合评价法可能是一个较好的选择;对于复杂的非线性问题,且具备大量训练数据的情况下,人工神经网络评价法具有较大的优势。在实际应用中,也可以将多种评价方法结合起来使用,充分发挥各方法的优点,提高评价结果的准确性和可靠性。例如,可以先采用层次分析法确定各评价指标的权重,然后利用灰色综合评价法或人工神经网络评价法进行综合评价,最后对不同方法得出的评价结果进行对比分析,综合得出最终的评价结论。

4 桥梁维修加固前后综合评价分析

4.1 结构安全性评价

结构安全性是桥梁维修加固评价的核心内容。通过对维修加固前后桥梁的承载能力、结构变形、裂缝宽度等指标的检测和分析,评估桥梁结构的安全性是否得到提高。例如,静载试验结果表明,维修加固后桥梁在设计荷载作用下的应变和位移值均小于规范允许值,说明桥梁的承载能力得到了有效提升;裂缝检测发现,经过加固处理后,原有裂缝的宽度不再发展,且部分裂缝得到了闭合,表明结构的安全性得到了改善。

4.2 使用功能性评价

使用功能性评价主要关注桥梁在维修加固后是否能够满足正常的交通使用需求。从桥面平整度、行车舒适性、桥面排水性能等方面进行评估。桥面平整度检测显示,维修加固后桥面的平整度指标达到了优良等级,行车舒适性明显提高;桥面排水系统经过疏通和修复后,排水顺畅,有效避免了桥面积水现象,保障了桥梁的使用功能。

4.3 耐久性评价

耐久性评价旨在判断桥梁在维修加固后能否在规定的使用年限内保持良好的性能。通过对混凝土强度、钢

筋锈蚀程度、混凝土保护层厚度等指标的长期监测和分析,评估桥梁结构的耐久性状况。例如,混凝土强度检测结果表明,维修加固后混凝土的强度有所提高,且强度增长趋势稳定;钢筋锈蚀检测显示,钢筋的锈蚀速率明显降低,说明维修加固措施有效提高了桥梁的耐久性。

4.4 经济性评价

经济性评价从维修加固成本、维护管理费用和桥梁使用寿命延长带来的经济效益等方面进行综合分析。维修加固成本包括材料费用、人工费用、设备费用等,通过详细的成本核算,评估工程的经济合理性;维护管理费用的统计和分析可以了解桥梁在维修加固后的运营成本变化情况;桥梁使用寿命延长带来的经济效益可以通过对比维修加固前后桥梁的使用寿命,计算因寿命延长而减少的桥梁重建或大修费用来评估。综合分析表明,该桥梁维修加固工程在经济上是可行的,虽然前期投入了一定的维修加固成本,但从长远来看,能够有效降低桥梁的维护管理费用,延长桥梁的使用寿命,带来显著的经济效益。

4.5 环境影响评价

环境影响评价主要考虑维修加固过程中对周边环境的影响以及维修加固材料的环境友好性。在施工过程中,采取了有效的环保措施,如设置围挡、洒水降尘、废水处理等,减少了对周边环境的污染;选择的维修加固材料具有环保性能,如使用高性能混凝土、纤维增强复合材料等,降低对环境的负面影响^[4]。环境监测数据显示,维修加固过程中产生的噪音、粉尘、废水等污染物排放均符合相关环保标准要求,说明该工程在环境影响方面表现良好。

结束语

桥梁维修加固综合评价是一项复杂而重要的工作,涉及多个方面和众多指标。通过科学构建评价指标体系,合理选择评价方法,全面采集和处理数据,能够准确评估维修加固工程的效果。本文的研究为桥梁维修加固的综合评价提供了系统的思路和方法,有助于提高桥梁的安全性和可靠性,延长其使用寿命,降低全生命周期成本,促进交通基础设施的可持续发展。

参考文献

- [1]汤伟千.高速公路桥梁加固施工技术要点探讨[J].建材与装饰,2020(17):231-234.
- [2]赵宏亮.高速公路桥梁加固施工技术要点分析[J].住宅与房地产,2020(4):223-224
- [3]李科.路桥工程中危桥加固施工与维修技术研究[J].交通世界,2021(18):44-45.
- [4]郑丽堂.探究高速公路桥梁常见的养护和加固中的问题和方案[J].低碳世界,2020(7):155-156.