

市政公路桥梁结构加固设计原则及方法分析

苗毅

西安市政设计研究院有限公司, 陕西 西安 710068

[摘要] 在城市化进程中, 市政公路桥梁扮演着至关重要的角色。然而, 随着时间的推移和交通负荷的增加, 许多桥梁结构逐渐出现老化和损伤。为确保桥梁的安全性和可靠性, 市政公路桥梁结构加固设计成为一项紧迫的任务。文章将探讨加固设计的原则和应用创新的方法, 旨在提高桥梁结构的安全性、可持续性和适应性, 为城市交通的可持续发展作出贡献。

[关键词] 公路桥梁; 结构加固; 设计

DOI: 10.33142/sca.v6i5.9200

中图分类号: U442

文献标识码: A

Analysis of Design Principles and Methods for Strengthening the Structure of Municipal Highway Bridges

MIAO Yi

Xi'an Municipal Design and Research Institute Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710068, China

Abstract: In the process of urbanization, municipal highway bridges play a crucial role. However, with the passage of time and the increase of traffic load, many bridge structures gradually age and damage. In order to ensure the safety and reliability of bridges, the reinforcement design of municipal highway bridge structures has become an urgent task. The article will explore the principles of reinforcement design and innovative methods of application, aiming to improve the safety, sustainability, and adaptability of bridge structures, and contribute to the sustainable development of urban transportation.

Keywords: highway bridges; structural reinforcement; design

文章讨论了市政公路桥梁结构加固设计的原则、方法和应用措施。首先, 结构安全优先原则确保加固设计以保障桥梁的安全为首要目标。其次, 经济合理性要求在加固设计中综合考虑成本效益和可行性。第三, 考虑可持续性要注重加固方案的环保性和社会效益。此外, 超声波检测与碳纤维加固、预应力加固与外加剪切加固、塑性铰设计与形状记忆合金加固以及监测与智能化加固是常见的加固方法。这些新颖的技术和方法为提高桥梁的安全性、可靠性和可持续性提供了有力支持。

1 市政公路桥梁结构加固设计原则

1.1 结构安全优先

结构安全优先是市政公路桥梁结构加固设计的首要原则。在进行加固设计时, 必须以保证桥梁结构的安全为最高优先考虑因素。以下是这一原则的几个关键点: ①综合荷载考虑: 加固设计必须充分考虑各种荷载情况, 包括常态荷载、突发荷载和累积荷载。常态荷载包括交通荷载、行人荷载等, 突发荷载包括地震、洪水等, 累积荷载则考虑桥梁的使用寿命和材料的疲劳性能。通过合理的荷载分析, 确定桥梁在不同荷载情况下的受力状态, 为加固设计提供依据。②结构评估与安全评估: 在进行加固设计前, 必须对原有桥梁的结构进行全面评估。通过非破坏性检测、材料试验和结构分析等手段, 了解桥梁的结构状况、材料性能和承载能力。同时, 进行安全评估, 评估桥梁结构在当前和未来荷载作用下的安全性, 确定是否需要加固

设计。③适用的加固措施和材料: 根据结构评估的结果, 选择适用的加固措施和材料。加固措施可以包括钢板加固、预应力加固、碳纤维加固等。选择合适的加固材料和技术, 确保加固后的桥梁能够满足设计要求, 并具有足够的安全储备^[1]。

1.2 经济合理性

经济合理性是市政公路桥梁结构加固设计的重要原则。在进行加固设计时, 必须追求经济效益, 以最大限度地提高原有结构的承载能力, 同时降低加固成本。以下是这一原则的几个关键点: ①材料选择与成本控制: 在加固设计中, 选择合适的加固材料以实现经济效益。考虑材料的性能、可获得性和成本等因素, 选择性价比最高的材料。例如, 使用高性能钢材、玻璃纤维等新材料, 既能提高结构强度, 又能降低施工成本。②施工技术与效率提升: 在加固设计中, 考虑施工工艺和技术的经济性。选择适用的施工方法, 提高施工效率, 降低人力、时间和设备成本。同时, 采用先进的加固技术和设备, 提高工作质量和加固效果。③寿命周期成本考虑: 经济合理性还需考虑桥梁的寿命周期成本。除了加固设计和施工成本, 还应考虑维护、修复和再加固等周期性费用。通过合理的加固设计和维护计划, 降低桥梁的维护成本, 延长使用寿命。

1.3 考虑可持续性

考虑可持续性是市政公路桥梁结构加固设计的重要原则。在进行加固设计时, 必须综合考虑环境影响、社会

效益和资源利用等方面,以确保加固后的桥梁在长期内能够可持续地发挥作用。以下是这一原则的几个关键点:

①环境友好材料选择:在加固设计中,应优先选择环境友好型材料。例如,采用可回收的材料或使用再生材料,减少对自然资源的消耗和环境污染。同时,减少有害物质的使用,避免对环境和生态系统的损害。

②能源效率和碳足迹减少:加固设计应注重能源效率和减少碳足迹。通过优化结构设计、减少施工过程中的能源消耗,以及在使用阶段降低能源需求,降低桥梁的能源消耗和碳排放量。这可以通过使用节能技术、智能监控系统和可再生能源等手段实现。

③资源有效利用:加固设计应注重资源的有效利用。例如,在施工过程中最大限度地减少材料的浪费,合理利用废弃物和剩余材料,实现资源的循环利用。同时,考虑桥梁的可拆卸性和可重建性,以便未来进行维护和再加固。

2 市政公路桥梁结构加固设计方法

2.1 超声波检测与碳纤维加固

超声波检测技术通过利用超声波在材料中的传播和反射特性,实现对桥梁结构的无损检测和评估。碳纤维加固则是一种利用碳纤维材料对结构进行增强和修复的方法。在加固设计中,首先通过超声波检测技术对桥梁结构进行全面评估。超声波能够穿透材料,探测隐蔽缺陷、裂纹、腐蚀等病害情况,准确了解结构的损伤程度和位置。同时,结合其他检测手段如测振、摄像等,综合分析结构的力学性能和健康状况,为后续的加固设计提供可靠依据。基于超声波检测结果,可以采用碳纤维加固技术对桥梁结构进行修复和增强。碳纤维材料具有高强度、高刚度和耐腐蚀等优良性能。在加固设计中,通过在结构表面粘贴碳纤维片或布,将其与基础材料牢固黏结,形成复合结构,提高原有结构的承载能力和刚度。同时碳纤维材料还具有较好的耐久性和抗疲劳性能,能够延长桥梁的使用寿命。此外,碳纤维加固技术具有施工方便、工期短、对交通影响小等优势。与传统的加固材料如钢板相比,碳纤维加固材料重量轻、易于加工和携带,减少了施工负担和交通限制^[2]。

2.2 预应力加固与外加剪切加固

预应力加固是通过在桥梁结构中引入预应力,产生抗张应力,以增加结构的强度和刚度。在预应力加固设计中,首先确定需要加固的结构部位,然后通过预应力锚固系统施加预应力,将混凝土结构中的应力调整到更为合理的状态。这可以减少结构的自重荷载、增加结构的抗弯承载能力,并改善结构的整体稳定性。而外加剪切加固是通过在桥梁梁底部设置剪切加固板来提高梁的抗剪承载能力。剪切加固板通常采用高强度金属材料,如钢板或复合材料。剪切加固板通过固定在梁底部,有效地增加了梁的剪切强度和刚度。这种方法在现有结构的剪切病害或临界部位的加固中特别有效,能够有效提升梁的整体性能。最后,预应力加固和外加剪切加固在市政公路桥梁加固设计中具

有多种优势:它们能够有效提高结构的承载能力,满足日益增长的交通荷载需求。其次,它们具有施工便捷、工期短、对交通影响小等特点,减少了施工过程中对交通的干扰。此外,这两种方法还具有较好的耐久性和抗疲劳性能,能够延长桥梁的使用寿命^[3]。

2.3 塑性铰设计与形状记忆合金加固

塑性铰设计是一种在桥梁结构中引入可塑性部件的方法,以提高结构的韧性和抗震性能。通过在桥梁中设置塑性铰,可以将外部荷载转移到铰部分,实现弹塑性响应。塑性铰设计能够吸收和分散地震等荷载的能量,减少结构受力峰值,降低地震损伤风险。并且塑性铰还能够提供结构的延性,使桥梁在受力过程中产生塑性变形,从而增加其整体韧性。同时,形状记忆合金加固是一种利用形状记忆合金材料对桥梁结构进行加固的方法。形状记忆合金材料具有记忆形状和超弹性的特性。在加固设计中,通过将形状记忆合金材料嵌入桥梁结构中,使其能够根据温度变化实现形状的控制。当桥梁受到荷载作用时,形状记忆合金材料会发生相应的变形,通过恢复到其记忆形状来提供额外的支撑和加固。这种自适应加固能够提高桥梁的承载能力和适应性,对于突发荷载和地震等外界作用具有较好的响应能力。最后,塑性铰设计和形状记忆合金加固方法在市政公路桥梁加固设计中具有以下优势:它们能够提高桥梁的抗震能力,减少地震引起的损伤和破坏。且具有良好的适应性和自适应性,能够根据荷载变化和条件灵活调整结构的性能。另外,这两种方法还具有耐久性强、维护成本低等特点,延长了桥梁的使用寿命。

2.4 监测与智能化加固

监测在加固设计中起着关键作用。通过建立结构监测系统,实时监测桥梁的运行状况和结构响应,可以获取准确的结构数据。监测手段包括传感器、测量仪器和监控系统等,用于检测结构的位移、振动、变形、应力等参数。监测数据能够帮助评估加固效果,及时发现结构的变化和异常,为后续的维护和修复提供依据。其次,智能化加固通过应用先进的技术和算法,提高加固设计和施工的效率和质量。其中包括自动化施工、机器学习、人工智能等。智能化加固可以通过优化设计方案,减少人工干预,提高设计的精确度和效率。在施工过程中,智能化加固技术可以提供实时监控和反馈,确保加固材料和工艺的准确施工,降低人为错误的风险。智能化加固还可以利用大数据分析和预测模型,提供更科学的决策依据,实现结构的持续性监测和维护管理。最后,监测与智能化加固的结合应用具有诸多优势:它们能够提高加固设计的准确性和可行性,使加固效果更加可靠和可预测。其次,通过实时监控和反馈,可以及时发现结构的问题和异常,采取相应的措施进行修复和维护。最后,智能化加固可以优化施工过程,提高工程的效率和质量,并降低施工风险和成本。

3 市政公路桥梁结构加固设计的应用措施

3.1 桥梁结构损伤预警系统

桥梁结构损伤预警系统通过建立一套完善的传感器网络和数据采集系统,实时监测和分析桥梁结构的变形、振动、应力等参数,以提前预警结构的潜在问题,采取相应的加固措施,保障桥梁的安全运行。该预警系统的核心是传感器网络,包括应变传感器、位移传感器、加速度传感器等,用于监测桥梁结构的动态响应和状态变化。这些传感器能够实时采集数据,并将数据传输到中心控制系统进行分析和处理。通过传感器网络的布置,可以全面覆盖桥梁各个关键部位,实现对结构的全方位监测。其次,数据采集系统负责对传感器获取的数据进行处理和存储。它能够接收传感器发送的数据,并进行实时分析和判断。当结构发生异常变化或超过预设的阈值时,数据采集系统将发出预警信号,提示可能存在的结构问题。同时数据也会存储在数据库中,供后续的分析和维护管理使用。最后,桥梁结构损伤预警系统的优势在于实时性和准确性。通过实时监测和数据分析,可以及时发现结构的变形、病害或潜在问题,提前预警,避免事故的发生。该系统还具有灵活性和可扩展性,可以根据桥梁的特点和需求进行定制和优化,适应不同类型和规模的桥梁^[4]。

3.2 智能材料和自修复技术

智能材料和自修复技术利用先进的材料和工艺,提供了一种有效的方法来加固和维修桥梁结构,提高其耐久性和可靠性。智能材料是一类具有响应性和自适应性能的材料。在加固设计中,智能材料能够根据外界环境、荷载变化或预设条件的变化,实现形状调整、应力控制和负荷传递。常见的智能材料包括形状记忆合金、聚合物及其复合材料等。这些材料能够通过温度、电磁场、湿度等外部刺激,实现形状的变化或应力的调控,从而对桥梁结构进行精确的加固和控制。而自修复技术则是一种利用特定材料或化学反应,实现对桥梁结构微小破损的修复和恢复能力。这种技术可以修复结构中的微小裂缝、破损或腐蚀等问题,从而延缓或阻止病害的发展,提高桥梁的耐久性。自修复技术常见的应用包括自愈性混凝土、微胶囊自修复材料等。这些材料具有自动封闭微裂缝和抗腐蚀的能力,能够在结构受到外界影响时自动启动修复过程。最后,智能材料和

自修复技术的应用带来了多重益处,它们能够在结构受力变化或病害发展时提供精确的响应和修复能力,保障桥梁的结构安全。也能够延缓或阻止结构病害的扩展,提高桥梁的耐久性和使用寿命。此外,智能材料和自修复技术还可以减少维护和修复的频率,降低维护成本和交通干扰。

3.3 数据驱动优化设计

数据驱动的优化设计通过收集、分析和利用大数据,以及应用机器学习和优化算法,可以实现针对性地加固设计,提高工程效率和结构可靠性。数据采集是其中关键步骤。通过结构监测系统、传感器网络和其他数据源,收集大量的结构数据,包括运行状态、载荷历史、病害情况等。这些数据可以包括结构响应、损伤检测、荷载监测、环境变化等多个方面。其次,数据分析和建模。利用机器学习和统计分析方法,对收集到的数据进行处理和分析。通过建立数据模型和预测模型,可以揭示结构的行为特征、性能状况和潜在风险。数据驱动的优化设计可以根据模型结果进行精确评估和预测。最后,优化设计和决策。基于数据分析的结果,通过优化算法和决策支持系统,实现结构的优化设计。这包括选择合适的加固方案、材料和工艺,以最大程度地提高结构的承载能力、抗震性能和可靠性。

4 结语

通过遵循市政公路桥梁结构加固设计的原则和应用创新的方法,我们能够提升结构的安全性、可靠性和耐久性,确保公路交通的顺畅运行。加固设计的不断创新和优化,为城市发展和可持续交通提供了可靠的基础设施支持。

[参考文献]

- [1]王柳.市政公路桥梁结构加固设计原则及方法分析[J].交通世界,2020(28):101-102.
 - [2]罗松涛.市政公路桥梁结构加固设计原则及方法分析[J].工程建设与设计,2018(20):134-135.
 - [3]陈孟林.桥梁结构加固设计原则及方法分析[J].运输经理世界,2022(5):67-69.
 - [4]华东东.公路桥梁结构加固设计原则及思路[J].交通世界,2021(23):139-140.
- 作者简介:苗毅(1989.10—),男,长安大学,桥梁工程,工程师,职员。