

老旧建筑加固更新中材料选择对结构安全性的影响分析

王哲

贵州水利水电职业技术学院, 中国·贵州 贵阳 550000

摘要: 随着城市建筑年限的增长, 老旧建筑结构安全成为社会关注的重点问题。在老旧建筑加固更新中, 恰当地选择加固材料是确保建筑结构安全性的关键因素。本研究依据现代建筑加固技术的要求, 采用定量分析及案例研究相结合的方法, 探讨了不同加固材料在老旧建筑结构中应用的效果, 重点分析了抗震性能、耐久性能以及与原有结构的兼容性。研究发现, 新型复合材料如碳纤维增强材料 (CFRP) 和玻璃纤维增强材料 (GFRP) 由于质轻、强度高、耐腐蚀性好, 对结构进行局部加固时能显著提升其抗震和耐久性能; 而选用高性能混凝土和钢结构加固则在整体性能提升和大范围应用中表现突出。本研究结合国内外实例对比分析, 在保证结构安全和施工可行性的前提下, 提出针对不同老旧建筑的加固材料选择建议。通过细化材料分类, 明确分析相应材料的适应范围和应用潜力, 为老旧建筑的加固更新工作提供实际的指导和参考, 以期促进老旧建筑的可持续发展和安全使用。

关键词: 老旧建筑; 结构加固; 材料选择; 结构安全性; 维修更新

Analysis of the Impact of Material Selection on Structural Safety in the Reinforcement and Renewal of Old Buildings

Zhe Wang

Guizhou Vocational and Technical College of Water Resources and Hydropower, Guiyang, Guizhou, 550000, China

Abstract: With the increasing age of urban buildings, the safety of old building structures has become a key issue of social concern. Proper selection of reinforcement materials is a key factor in ensuring the safety of building structures during the reinforcement and renovation of old buildings. This study, based on the requirements of modern building reinforcement technology, adopts a combination of quantitative analysis and case studies to explore the effects of different reinforcement materials on the application of old building structures. The focus is on analyzing the seismic performance, durability performance, and compatibility with the original structure. Research has found that new composite materials such as carbon fiber reinforced plastic (CFRP) and glass fiber reinforced plastic (GFRP) can significantly improve the seismic and durability performance of structures when locally reinforced due to their lightweight, high strength, and good corrosion resistance; the use of high-performance concrete and steel structure reinforcement has shown outstanding performance in overall performance improvement and large-scale application. This study combines domestic and foreign examples for comparative analysis, and proposes recommendations for the selection of reinforcement materials for different old buildings while ensuring structural safety and construction feasibility. By refining the classification of materials, clarifying the applicability and potential applications of corresponding materials, practical guidance and reference are provided for the reinforcement and renovation of old buildings, in order to promote the sustainable development and safe use of old buildings.

Keywords: old buildings; structural reinforcement; material selection; structural safety; repair and update

0 前言

随着城市化进程, 老旧建筑结构安全成为重要问题, 常因年久失修、设计及材料老化等原因, 面临安全隐患, 如地震影响等。因此, 急需对老旧建筑进行有效加固和更新。选择适宜加固材料, 如碳纤维增强材料、玻璃纤维增强材料、高性能混凝土和钢结构等, 是保证结构安全、延长使用寿命的关键。但不同材料的适用性和兼容性影响加固效果。旨在深化不同材料在老旧建筑中的应用效果研究, 特别是其抗震、耐久性能及与原结构的兼容性, 以为不同类型老旧建筑的加固设计提供理论支持, 推动加固技术发展, 保证老旧

建筑的结构安全, 推动其可持续发展和长期使用。

1 老旧建筑加固更新的背景与挑战

1.1 老旧建筑安全现状分析

随着城市化进程的推进, 大量建于 20 世纪的老旧建筑逐渐进入使用年限的后期, 结构安全问题日益凸显^[1]。这些建筑受设计水平、建造工艺及使用环境限制, 通常存在设计标准偏低、抗震能力不足、材料老化损伤等隐患。长期使用中, 荷载作用、环境腐蚀、地质变化等因素进一步加剧了结构劣化, 具体表现为构件强度和刚度降低、混凝土开裂剥落、

钢筋锈蚀甚至全截面破坏等问题。部分建筑在功能使用上已显现超负荷现象,如增设设备、空间改造等对原结构体系和安全性能产生威胁。而随着城市人口密度上升及公共安全要求提高,这些建筑在潜在极端条件(如地震、强风或火灾)下的脆弱性,为社会带来重大安全隐患。全面分析老旧建筑的安全现状及其内在风险,是制定有效加固更新策略的必要前提,也是实现建筑安全性与可持续性的重要保障。

1.2 加固更新的重要性与目标

老旧建筑加固更新的重要性不仅在于确保结构安全性和延长建筑使用寿命,还在于促进城市可持续发展和资源节约^[2]。老旧建筑经过长期使用,会出现结构老化、耐久性下降等问题,直接威胁使用者的安全。加固更新旨在提升建筑的抗震性能、耐腐蚀性和整体稳定性,防止因结构失效而导致的灾害。加固更新有助于保护历史文化遗产,避免因拆除重建而造成的资源浪费和环境污染^[3]。在现有条件下优化资源配置,实现建筑物的安全、功能和美观的全面提升。

1.3 材料选择对结构安全性的影响

材料选择对结构安全性具有显著影响。在老旧建筑的加固过程中,材料的物理和化学特性决定了其对整体结构性能的贡献。新型材料如碳纤维增强材料(CFRP)和玻璃纤维增强材料(GFRP)因其轻质、高强度和优良的耐腐蚀性,能够有效提升加固部分的抗震和耐久性能^[4]。高性能混凝土与钢结构在提升整体性能和进行大范围加固时表现突出。材料的兼容性、抗震性能、耐久性等直接关系到建筑在地震、风载和长期使用条件下的安全性,正确的材料选择是确保建筑结构长久稳定的重要保障。

2 老旧建筑的结构特性及问题诊断

2.1 构造特点与老化机理

老旧建筑的构造特点与老化机理是理解其结构安全性问题的基础。老旧建筑通常采用传统的建筑材料和技术,如砖石、木材和早期的混凝土,这些材料在长期使用过程中会因环境因素和使用条件的变化而逐渐老化。老化机理主要包括材料的物理劣化、化学腐蚀和生物侵蚀等。物理劣化表现为材料的强度和韧性下降,化学腐蚀则常见于钢筋混凝土中的钢筋锈蚀,导致结构承载力降低。生物侵蚀如木材的虫蛀和霉菌侵蚀也会削弱结构的稳定性。老旧建筑在设计时可能未充分考虑现代建筑规范中的抗震要求,使其在地震等自然灾害中更易受损^[5]。通过对老旧建筑构造特点与老化机理的深入分析,可以为其加固更新提供科学依据和技术支持。

2.2 结构问题的检测与评估

老旧建筑的结构问题检测与评估是加固更新的首要环节,其目的是准确识别结构存在的安全隐患并提供科学依据以制定合理的加固方案。检测工作通常包括现场勘查和实验室分析两部分。现场勘查通过目视检查、非破损检测和抽样测试等手段,评估构件的完整性、裂缝扩展程度及锈蚀状况。

实验室分析则侧重于材料性能测试与结构损伤机理研究,以获取混凝土强度、钢筋锈蚀等级及材料劣化程度等关键数据。基于检测结果,需综合考虑荷载分布、构造连接、节点性能及环境作用等因素,对结构潜在风险进行评估,并确定其安全性等级。检测与评估结果为老旧建筑的加固设计提供了科学依据,从而确保后续加固措施的针对性与有效性。

2.3 加固需求的确定

加固需求的确定是老旧建筑加固更新过程中的关键环节。需要结合结构检测结果与使用功能要求,明确建筑需要加固的具体部分和程度。通过全面评估建筑物的现有性能,特别是抗震和耐久性能,识别出结构薄弱点和潜在安全隐患。需考虑建筑的历史价值、使用年限与环境条件等因素,以确保选择最合适的加固方案^[6]。有效确定需求能为后续的材料选择与加固设计提供科学依据,提升整体加固效果与安全性。

3 常用加固材料的性能评价

3.1 传统加固材料与技术概述

传统加固材料及其相应技术在老旧建筑结构更新中具有重要地位,因其成熟可靠、成本适中,适应性强。钢材和混凝土是较为常见的传统加固材料。钢结构加固技术利用钢板、钢筋或型钢等材料,通过外包、嵌入或粘贴等形式提升结构强度、变形能力以及整体承载力,具备较好的适用性和便捷性。传统混凝土加固技术通过增加截面面积、提高构件强度或修复损伤构件来实现结构整体性能的补强,应用领域广泛。传统加固材料在长期使用中容易受到环境侵蚀或材料老化等问题影响,可能导致耐久性下降。与老旧建筑既有结构的兼容性往往存在设计和施工上的挑战。在技术方面,灌浆法、外包法和粘贴钢板法是传统加固技术的典型代表,其在提升建筑物局部强度和整体稳定性方面表现显著。综合而言,传统加固方法较为经济实用,但在特殊工况和长效性能保障上仍有明显的局限性,需要结合新型材料技术以优化结果。

3.2 新型加固材料的优势与局限

新型加固材料在老旧建筑加固中展现出显著优势和一定局限^[7]。碳纤维增强材料(CFRP)和玻璃纤维增强材料(GFRP)以其轻质、高强度和优异的耐腐蚀性,广泛应用于结构的局部加固,可有效提升抗震性能和耐久性。这些复合材料的柔韧性有助于适应复杂结构形状,兼具施工便捷性。新型材料成本相对较高,对施工人员的专业技能要求也较高。与传统材料的粘结性能和热膨胀系数差异在某些情况下可能会影响兼容性。对材料的选择需考虑经济性和技术要求的综合平衡。

3.3 材料性能对结构安全性的影响

不同加固材料的性能直接影响老旧建筑结构的安全性。碳纤维增强材料(CFRP)和玻璃纤维增强材料(GFRP)凭

借高强度、轻量化及优良的耐腐蚀性,能有效提高局部结构的抗震性能与耐久性^[8]。高性能混凝土在整体性能提升方面表现突出,尤其在承载力与刚度改善中具有显著优势。钢结构加固以高强度和良好的塑性性能支持大范围应用,但需要对防腐措施加以重视。材料的选择需综合考虑其力学性能、环境适应性及与原有结构的兼容性,确保加固效果与长期安全性。

4 基于安全性的老旧建筑加固材料选择原则

4.1 兼容性原则

在老旧建筑加固过程中,材料的兼容性是确保结构安全的重要原则之一。兼容性体现在材料与原有建筑结构性能及化学性质的协调上。如果加固材料与现有建筑材料的物理特性差异过大,比如弹性模量差异过大,可能导致界面应力集中,继而产生裂缝或其他损害。材料选择应考虑应力应变相容,确保新旧材料在荷载作用下共同工作,并避免应力集中和变形不均^[9]。化学兼容性需避免材料间的反应可能引起的腐蚀问题,如碱—骨料反应。温度变化引起的热膨胀差异也应控制在可接受范围内,从而防止由于热应力导致的脱层或开裂。有效的兼容性,不仅能提升加固效果,还能延长建筑使用寿命,确保安全性能稳定。

4.2 抗震性能优化原则

在老旧建筑加固中,材料选择对提升结构的抗震性能至关重要。加固材料须具备良好的延展性和能量吸收能力,以有效抵御地震力的冲击。碳纤维增强材料(CFRP)凭借其高强轻质的特性,可在不增加建筑自重的情况下,大幅提高结构的抗震能力。玻璃纤维增强材料(GFRP)同样展现出良好的抗震性能,尤其在提高结构的刚度和稳定性方面表现卓越。高性能混凝土以其优异的压缩强度与抗震裂性能,适用于对整体抗震能力要求较高的建筑加固。钢结构加固技术,通过强化框架和节点连接,有效增强了抗震性能。这些材料应根据建筑现有结构特性和使用环境,经过科学的选择与合理的应用,确保最大化地提升老旧建筑的抗震性能。

4.3 耐久性能保障原则

在选择老旧建筑加固材料时,耐久性能是关键考量因素之一。加固材料须具备优良的抗腐蚀性,以抵御环境中的化学侵蚀和物理磨损,从而延长建筑物的使用寿命。材料的耐候性也至关重要,需能在极端气候条件下保持稳定的性能^[10]。材料的抗疲劳性能需满足长期荷载作用下的要求,以确保结构的持久安全。通过对材料耐久性能的严格评估,可以有效提高建筑物的整体安全性和使用寿命。

5 老旧建筑加固材料选择策略与实践建议

5.1 结合案例的策略制定

结合实际案例,可以制定老旧建筑加固材料的选择策略。某沿海城市一座旧办公楼在加固更新中,采用了碳纤维增强材料(CFRP)进行梁柱节点的加固。该材料因其优异

的抗震性能和耐腐蚀能力,显著提升了建筑结构在地震中的稳定性和使用寿命。另一案例中,北京一幢历史悠久的住宅楼,在加固施工中使用了高性能混凝土和钢结构进行系统加固,该材料综合提升了建筑整体抗震性能和承载能力,兼顾了原有建筑风貌的保留。通过这些案例对比分析,能够更清晰地指导结构加固材料的选择,提高老旧建筑的安全性和使用价值。

5.2 不同构造类型的材料适应性分析

针对不同构造类型的老旧建筑,材料适应性的分析至关重要。在砌体结构的建筑中,因其抗拉和抗剪能力较弱,选用碳纤维增强材料(CFRP)与玻璃纤维增强材料(GFRP)进行局部加固,能够有效提升其抗震性能和耐久性。对于混凝土结构,考虑到其承载力和老化问题,高性能混凝土与钢结构加固的方法表现出色,可显著增强整体结构强度和耐久能力。在框架结构中,由于节点和连接处的薄弱问题,复合材料及钢板加固技术的应用有助于提高节点的可靠性和整体性。针对木结构老旧建筑,需考虑材料的可兼容性与防潮要求,选择防腐木材及适宜的复合材料进行加固处理,有望延长建筑寿命并确保结构安全性。不同类型的建筑结构需结合其独特特性,选择相应的加固材料,以最佳实践实现安全高效的更新。

5.3 加固更新实践中的注意事项

在老旧建筑加固更新实践中,应注重施工过程中材料与原有结构的相容性,避免因材料性质差异导致结构应力集中或二次损伤。施工技术需严格按照规范执行,确保新旧材料的有效衔接和加载路径的合理分配。施工环境对某些敏感材料的性能可能产生影响,如湿度、温度等因素,需采取针对性保护措施。材料选择与应用应充分考虑后期维护需求,避免选用难以维修或寿命与现有结构不匹配的材料。施工过程中的质量监控和检测不可忽视,通过高效管理和动态调整,保障加固效果与结构安全性。谨慎处理可能对整体安全造成隐患的因素,如施工累积误差和意外荷载影响,确保全面提升建筑整体性能。

6 结语

本研究针对老旧建筑加固更新中材料选择的重要性进行了深入分析,对比了不同加固材料如 CFRP、GFRP、高性能混凝土和钢结构材料的应用效果,特别考察了其提升抗震性能、耐久性和与原结构的兼容性。研究发现,新型复合材料在局部加固中效果显著,而高性能混凝土和钢材料适合于整体加固。通过国际案例比较并结合实际情况,论文为不同老旧建筑提出针对性的材料选择建议,并指出材料长期性能、环境适应性的关注点及施工与维护的挑战。针对这些局限性和挑战,未来研究应聚焦于加固技术创新、新型环保材料开发应用,并制定系统化的加固材料标准与施工规范,以增强老旧建筑安全、延长使用寿命。

参考文献:

- [1] 李文江.桥梁结构加固设计安全性探讨[J].工程技术研究,2021,6(12):209-211.
- [2] 许楠,李毅.老旧建筑结构改造加固[J].建筑技术开发,2022,49(3):17-19.
- [3] 田源.试析老旧建筑结构改造加固要点[J].居舍,2023(16):34-37.
- [4] 郭皓涵.老旧建筑结构改造加固研究[J].江西建材,2023(4):229-230.
- [5] 余小龙.混凝土结构建筑安全性检测及加固设计[J].前卫,2023(8):130-132.
- [6] 万涛.现有老旧沉箱结构再利用安全性评估[J].工程技术研究(百科),2020,2(2):14-15.
- [7] 陶小林,黄斌.现存建筑结构安全性评估和加固措施[J].科技创新与应用,2020(25):115-116.
- [8] 闵兆兴.桥梁结构加固设计安全性研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2020(8).
- [9] 陈义强.城市老旧建筑结构加固改造技术[J].中国科技期刊数据库 工业A,2020(4).
- [10] 沈江元,毛喜芳.老旧砌体结构抗震加固研究综述[J].科技创新与应用,2023,13(4):86-88.

作者简介: 王哲(1990-),男,中国河南许昌人,本科,讲师,从事建筑智能化研究。