

Evaluation and Countermeasures of Seismic Reinforcement Effect on Old Building Structures

Yuan Xue

University of Information Science and Engineering, Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract

During prolonged service periods, aging building structures experience significant seismic performance degradation due to outdated construction standards, material deterioration, and structural system deficiencies. Seismic reinforcement serves as a critical technical measure to ensure structural safety. The effectiveness evaluation of seismic reinforcement plays a pivotal role in assessing construction quality and optimizing reinforcement strategies. The scientific accuracy of such evaluations directly determines the practical value of reinforcement projects. This study systematically examines fundamental principles of seismic reinforcement, establishes a comprehensive evaluation index system, analyzes application scenarios of various assessment methods, and aligns with core requirements of current regulatory standards. Through empirical analysis of reinforcement outcomes in representative aging buildings, we identify critical weaknesses and underlying causes during reinforcement processes. Targeted improvement strategies are ultimately proposed to provide technical support for design, construction, and maintenance of seismic reinforcement projects, addressing industry challenges such as fragmented evaluation approaches and insufficiently targeted reinforcement strategies.

Keywords

old buildings; seismic reinforcement; effectiveness evaluation; reinforcement strategies; structural performance

老旧建筑结构抗震加固效果评价与对策

薛源

信息工程大学, 中国 · 河南 郑州 450000

摘 要

老旧建筑结构长期服役期间, 由于建造标准滞后、材料性能退化、结构体系缺陷等原因, 抗震性能明显下降, 抗震加固是保证建筑结构安全的重要技术手段。抗震加固效果评价是检验加固工程质量、优化加固方案的关键部分, 抗震加固效果评价是否科学、准确, 直接关系到加固工程的实际价值。系统梳理抗震加固基本原理, 建立科学完善的评价指标体系, 分类剖析各种评价方法的应用场合, 联系现行规范标准的核心要求, 展开典型老旧建筑加固效果实证分析, 找出加固过程中存在的薄弱环节及其深层次原因, 最后给出有针对性的效果提升对策, 给老旧建筑结构抗震加固工程的设计、施工和维护给予技术支持, 破解当下加固效果评价粗放、加固策略针对性欠缺的行业难题。

关键词

老旧建筑; 抗震加固; 效果评价; 加固对策; 结构性能

1 引言

老旧建筑抗震加固工程中, 加固效果评价体系不健全、评价方法选择不合理、规范标准执行不到位等问题, 部分加固工程只重视施工过程, 忽略加固后的效果检验, 造成加固工程流于形式, 不能真正提高建筑结构抗震性能。抗震加固效果评价是联系加固设计、施工和使用维护的重要环节, 需要依靠科学的理论体系和实证分析来准确找到加固效果和薄弱环节, 为加固策略的改进提供依据, 使老旧建筑抗震加固工程更加精细化、规范化。

2 抗震加固效果评价理论

2.1 抗震加固的基本原理

抗震加固的核心思想就是补充结构的承载能力, 改善受力体系, 提高延性和耗能能力, 减小地震作用下结构的损伤, 保证达到预期的安全要求。加固要根据原结构的受力情况和性能缺陷, 通过增设构件、提高原构件强度、改善连接方式来改变受力状态, 防止局部破坏造成整体坍塌, 并且不能对原有的材料性能和结构体系产生二次损伤。不同类型的老旧建筑加固原理不一样, 砌体结构重视加强墙体的整体性及抗剪性能, 框架结构重视提高梁柱节点的承载能力和延性, 剪力墙结构重视改善墙体的配筋和连接构造, 根据结构类型和缺陷来达到加固效果的最大化^[1]。

【作者简介】薛源 (1995–), 男, 中国河南郑州人, 本科, 助理工程师, 从事土木工程研究。

2.2 评价指标体系构建

抗震加固效果评价指标体系要以结构抗震性能的主要需求为出发点,包含承载力、延性、耗能能力、整体稳定性等主要方面,并且还要考虑经济性和耐久性。承载力指标体现结构抵抗地震强度破坏的能力,包含构件抗压、抗剪、抗弯性能,延性指标体现结构的塑性变形和抗倒塌能力,耗能能力影响结构损伤的程度,整体稳定性保证结构受力协调,不出现整体失稳。指标体系要剔除冗余,保证各个指标相互独立又互相补充,根据老旧建筑的特点突出材料老化、结构缺陷的考虑,避免抽象脱离实际,使评价结果真实地反映出加固的效果的状况。

2.3 评价方法分类与适用条件

抗震加固效果评价方法要结合评价原理、工程需求和建筑类型形成体系,定性评价通过现场观察、外观检测来判断施工质量及外观完好性,适合于初步筛选,操作简单但精度低;定量评价是建立力学模型、结合检测试验来量化性能参数,适合于对加固效果有较高要求的建筑,精度高但操作复杂、对专业人员要求高;半定量评价是将两者结合起来,分级评价既具有科学性又具有可操作性,适用于大部分老旧建筑。不同的方法适用条件不一样,砌体结构优先进行半定量评价,框架和剪力墙结构需要结合定量评价,加固范围小、缺陷简单的建筑可以采用定性评价完成初步筛查^[2]。

3 加固效果评价实证分析

3.1 典型老旧建筑选取与概况

典型的老旧建筑要选择结构类型、建造年代、加固方式等主要因素相匹配的老旧建筑,选取有代表性的老旧建筑为实证分析的对象,保证实证结果具有普遍性、针对性。选择的典型老旧建筑为砌体结构,建造年代久远,原始设计没有充分考虑抗震设防要求,结构体系有明显的缺陷,墙体采用砖砌体砌筑,没有设置圈梁和构造柱,长期服役过程中墙体开裂、砖砌体风化、抹灰层脱落等问题时有发生,材料性能急剧下降,抗震性能不能达到现行规范标准的要求。该建筑采取墙体加固、增设圈梁和构造柱的加固手段,在墙体表面增设钢筋网片并喷射混凝土来加强墙体的抗剪能力及整体性,增设的圈梁和构造柱同原有结构牢固地连在一起,改善了结构受力体系,提高了结构整体抗震性能。实证分析过程中采用现场检测、力学试验等方式获取加固前后结构的性能参数,给加固效果评价和薄弱环节识别提供数据支持,保证实证分析的科学性、可靠性。

3.2 加固前后抗震性能对比

加固前后抗震性能对比要集中于结构承载力、延性、耗能能力这些关键指标,依靠现场检测和力学试验来剖析加固措施对结构抗震性能的改善成效。加固前建筑结构墙体抗剪能力不够,砖砌体强度退化严重,结构延性差,在模拟地震作用下,墙体容易出现开裂、滑移等问题,结构整体稳定性不好,不能满足现行抗震设防要求。加固之后,墙体的抗

剪能力大大提高,钢筋网片和喷射混凝土紧密结合,使得墙体整体性得到加强,增设的圈梁和构造柱对墙体变形起到了约束作用,使结构的延性以及耗能能力得到提高。结构受到模拟地震的作用时,变形均匀,没有出现墙体开裂、滑移等严重的破坏,结构的整体稳定得到提高,抗震性能满足现行规范的要求。结构受力分布更加合理,原有的构件受力负荷被有效分担,不会出现局部构件先破坏的情况,加固措施的有效性得到了充分地证明。但是加固后的结构还存在着局部性能提高不够的情况,部分墙体和圈梁、构造柱的连接部位受力集中,在强地震作用下仍然存在损伤的风险,是影响加固效果的主要因素^[3]。

3.3 薄弱环节识别与成因分析

根据加固前后抗震性能对比结果和现场检测发现的问题,以结构受力集中、性能提高不够的部位为重点,确定加固工程中的薄弱环节。薄弱环节主要集中在墙体与圈梁、构造柱连接部位、墙体转角处、门窗洞口周边墙体等部位,加固之后仍然存在受力集中、承载力不足的问题,在地震作用下容易出现损伤。薄弱环节产生的原因有三个,一是加固设计不合理,连接部位的加固措施考虑不够全面,没有考虑原有结构和加固构件的协同受力,造成连接部位受力集中;二是施工质量存在缺陷,连接部位的钢筋绑扎、混凝土浇筑质量不符合要求,不能形成牢固的连接,影响加固效果;三是原有结构缺陷没有彻底消除,部分墙体砖砌体风化、开裂等问题没有得到妥善处理,加固后仍然存在性能隐患,局部部位抗震性能提高不够。另外,材料选择不当、施工工艺不规范等都会加重薄弱环节,从而影响加固工程的效果。

3.4 评价结果可靠性验证

评价结果可靠性的检验要依靠多种评价方法对比分析、重复检测试验等办法来保证评价结果的科学性、准确性。采用定性评价和定量评价相结合的方法,对加固效果进行重复评价,比较两种评价方法的结果,检验评价结果的一致性;通过现场重复检测,采集结构性能参数,比较不同检测批次的检测数据,检验检测数据的稳定性、可靠性;结合结构力学模型计算结果,对比模拟分析和现场检测结果,检验评价方法的合理性。验证结果表明,所用评价指标体系和评价方法可以准确地反映加固工程实际效果,评价结果与现场检测、模拟分析结果的一致性较好,没有明显的偏差。加固效果评价时检测数据稳定,重复检测的偏差在可接受范围之内,评价方法的适用性及科学性得到了很好地证明。但是,在验证过程中也发现评价过程中对于材料老化程度的量化判断比较困难,造成部分评价指标的计算出现轻微误差,需要进一步改进评价方法来提高评价结果的准确性。

4 加固效果提升对策

4.1 优化加固方案设计策略

优化加固方案设计要以老旧建筑结构性缺陷和加固目的为基础,按照现行规范标准的要求,考虑加固效果和经

经济性,不能使设计方案过于保守或者不合理。加固方案设计之前要进行全面的现场检测和结构性能评价,准确掌握原有结构材料性能、结构缺陷、受力特点等信息,确定加固的重点和难点,防止盲目设计。对薄弱环节进行优化连接部位的加固设计,提高原有结构和加固构件的协同受力能力,减少受力集中现象,在墙体与圈梁、构造柱连接处增设拉结钢筋,优化钢筋布置,保证连接牢固。根据结构类型和性能要求,合理选择加固方式和材料,砌体结构以墙体加固和增设圈梁、构造柱为主,框架结构重点优化梁柱节点加固设计,选用强度高、耐久性好、与原有材料兼容性强的加固材料,防止材料选用不当造成加固效果不佳。另外,加固方案的设计要考虑老旧建筑的历史价值和使用功能,防止加固措施给建筑外观和使用功能带来损害,达成加固效果同建筑价值的统一。

4.2 改进施工质量控制措施

施工质量是决定加固效果好坏的重要因素,施工质量控制措施应从施工前准备、施工过程控制、施工后验收三个方面入手,形成全过程质量控制体系。施工前对施工人员进行专业培训,提高施工人员的技术水平和质量意识,明确施工工艺和质量标准,防止施工过程中出现操作失误;加强对加固材料质量检验,严格挑选符合要求的加固材料,杜绝不合格材料进入施工现场,保证材料性能满足加固设计要求。施工过程中加强关键工序、薄弱环节的质量控制,重点对连接部位钢筋绑扎、混凝土浇筑、墙体加固等工序进行施工工艺的控制,严格按施工工艺要求施工,及时发现施工过程中出现的质量问题并加以整改,防止施工质量问题的发生。施工完毕后进行全面的验收,采用现场检测、力学试验等方式对加固工程的质量进行检验,主要检查加固构件的连接质量、材料性能、结构性能等指标,保证加固工程符合设计要求和现行规范标准,验收不合格的工程应及时整改,直到达到合格标准为止。

4.3 完善检测评估技术手段

完善检测评估技术手段要按照老旧建筑结构特性,借助先进的检测技术、设备来提升检测精度、速度,从而给加固效果评定赋予可靠根基。采用无损检测技术,不破坏原有结构直接检测砖砌体、混凝土等材料的强度、碳化程度、钢筋锈蚀情况等参数,防止由于检测过程给结构带来的二次损害。对结构受力性能进行检测时,使用动态检测技术来模拟地震作用下结构的受力状态和变形状况,准确得到结构的承载力、延性、耗能能力等性能参数,提高检测结果的科学性。

建立检测数据共享机制,把现场检测、模拟分析等各种数据整合起来,达成数据的实时更新和共享,给加固效果评定和薄弱环节识别赋予全方位的数据支撑。另外加强对检测人员专业培训,提高检测人员技术能力、数据分析能力,保证检测数据准确可靠,防止因为检测原因造成的评价结果偏差。

4.4 建立长期监测维护机制

长期监测维护是保证加固效果长久的有效手段,要建立起完善的长期监测维护体系,随时观察加固之后结构性能的变动情况,迅速察觉并解决可能出现的安全问题。根据老旧建筑结构特点合理布置监测点,重点对薄弱环节、加固构件、原有结构之间的连接部位等进行监测,使用自动化监测设备采集监测数据并实时传输分析,及时发现结构性能异常。建立监测数据预警机制,确定合适的预警阈值,当监测数据超过预警阈值的时候,立即发出预警信号,采取相应的处理措施,防止结构性能继续恶化。定期对加固的构件、连接处等进行检查、保养,对由于材料老化、构件破损、连接不牢固而引起的加固结构的稳定性、安全性问题进行及时处理。另外,建立监测维护档案,记录监测数据、维护情况等信息,为以后的加固效果评价和维护策略优化提供依据,保证加固效果的长效性。

5 结语

老旧建筑结构抗震加固效果评价属于保证加固工程质量、提高建筑结构抗震性能的重要环节,科学性、准确性直接影响到老旧建筑安全保障水平。抗震加固效果评价要依靠完善的理论体系,创建科学合理的评价指标体系,依照各种评价方法的适用条件,准确评判加固工程的实际效果。实证分析结果表明,合理的加固措施可以提高老旧建筑结构的抗震性能,但是加固过程中还存在薄弱环节,其原因同加固设计、施工质量、原有结构缺陷等有关。根据以上分析可知,采用优化加固方案设计、加强施工质量控制、改进检测评估技术、健全长期监测维护体系等方法可以增强加固效果,解决目前老旧建筑抗震加固工程的难题。

参考文献

- [1] 陈严冬.老旧建筑结构安全检测与加固效果评估方法研究[J].区域治理,2026(5):0250-0252.
- [2] 郭冉,常云飞.老旧小区建筑外墙保温系统加固与节能改造关键施工技术[J].住宅与房地产,2026(1):114-116.
- [3] 陆旦晖.老旧公路桥梁典型加固改造技术的应用与效果评估[J].四川水泥,2026(2):142-144.