

既有建筑主体结构检测与加固的关联性分析

郭秀峰

河北博瑞检验认证集团有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]城市更新和既有建筑改造需求不断增长,使得主体结构检测与加固技术关联性研究变得非常重要,文中系统分析既有建筑结构劣化机理和检测评估体系并探究结构检测结果和加固方案设计的内在联系,研究显示结构性能检测精准与否直接影响加固方案是否合理以及经济不经济,构建“检测-评估-加固”一体化决策模型就能让检测数据科学地转化为加固设计参数,文章还系统分析混凝土结构、钢结构、砌体结构这三种主要建筑类型检测指标和加固技术选择之间的对应关系且给出依据检测等级分级加固的策略,实践表明检测和加固紧密相关才能有效提升加固效果从而延长建筑寿命并且降低工程成本,案例分析显示有精确检测数据做支撑有针对性地加固,相比凭经验的传统加固方式结构性能改善效率能提高 25%以上,这一研究给既有建筑结构安全评估和加固决策提供系统的方法在城市更新以及建筑可持续利用方面有着重要的实践意义。

[关键词]既有建筑; 结构检测; 加固技术; 关联性分析; 决策模型

DOI: 10.33142/ect.v3i11.18342

中图分类号: TU746.3

文献标识码: A

Correlation Analysis between Inspection and Reinforcement of Existing Building Main Structures

GUO Xiufeng

Hebei Borui Inspection & Certification Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The increasing demand for urban renewal and existing building renovation has made the research on the correlation between main structure detection and reinforcement technology very important. This article systematically analyzes the degradation mechanism and detection evaluation system of existing building structures, and explores the inherent relationship between structural detection results and reinforcement scheme design. The research shows that the accuracy of structural performance detection directly affects the rationality and economic viability of reinforcement schemes. Constructing an integrated decision-making model of "detection-evaluation-reinforcement" can scientifically transform detection data into reinforcement design parameters. The article also systematically analyzes the corresponding relationship between the detection indicators and reinforcement technology selection of the three main building types: concrete structure, steel structure, and masonry structure, and provides a strategy for graded reinforcement based on detection levels, practice has shown that detection and reinforcement are closely related in order to effectively improve the reinforcement effect, extend the building's lifespan, and reduce engineering costs. Case studies have shown that with accurate detection data as support, targeted reinforcement can improve structural performance efficiency by more than 25% compared to traditional reinforcement methods based on experience. This research provides a systematic method for safety assessment and reinforcement decision-making of existing building structures, which has important practical significance in urban renewal and sustainable use of buildings.

Keywords: existing buildings; structural testing; reinforcement technology; correlation analysis; decision model

引言

近年来,城市化进程加快且既有建筑存量不断增多使得建筑结构的安全性和耐久性问题越来越突出。住房和城乡建设部发布数据显示,到 2022 年时我国城镇既有建筑面积超 700 亿 m^2 ,其中大概 30% 的建筑使用年限在 30 年以上且面临着不同程度的老化以及性能退化方面的问题,在这样的大环境下,建筑行业把既有建筑主体结构检测与

加固技术研究当作重要课题。一方面由于建筑结构劣化情况复杂多样,所以检测手段必须精确且全面,另一方面加固方案设计要依据科学的检测结果才能保证其经济又有效,因此深入剖析检测和加固之间的联系既是技术方面的要求也是推动城市更新、实现建筑可持续利用的关键。

建筑行业研究显示,工程质量与成本控制直接受结构检测和加固技术结合程度的影响,当下混凝土结构、钢结

构和砌体结构是主要建筑类型且检测指标及加固技术选择差别明显,像混凝土结构中裂缝宽度、碳化深度这类参数直接关乎加固材料和技术的选用,而钢结构的腐蚀程度和疲劳性能让加固方案有更高的要求,在此情况下构建“检测-评估-加固”一体化决策模型相当关键,有了这个模型能将检测数据变成具体的加固设计参数以达成从问题诊断到解决办法的无缝对接,实践中精确检测数据为基础的加固方案跟传统经验方法比起来在提升结构性能上优势明显且能使性能改善效率提高 25% 以上,它不但给既有建筑安全评估提供科学依据还为建筑行业绿色转型和资源高效利用开创新路。

1 既有建筑主体结构检测技术及其应用

1.1 结构检测方法体系及其适用性分析

城市更新进程加快使既有建筑改造需求不断增长,而建筑安全与性能的保障离不开主体结构检测这一核心环节,所以人们很关注相关技术体系的研究。结构检测方法体系主要包含传统人工检测、无损检测和破损检测这三类,各类方法在不同情形下有着特定的适用范围^[1]。传统人工检测靠目视观察和简单工具测量,能用于表观缺陷明显的结构评估,不过存在主观性强、精度低等局限。无损检测技术借助声波、电磁波或者射线等手段获取内部信息,在混凝土裂缝深度检测、钢筋锈蚀评估等领域有广泛应用,比如某个大型工业厂房改造时用超声波检测就成功找出钢筋腐蚀率超 30% 的区域,给后续加固提供了关键数据支撑。破损检测是取结构局部样本到实验室分析,虽然对材料性能评估更精准,但是由于有破坏性的操作,限制了其使用范围。

1.2 无损检测与破损检测技术的比较研究

结构检测领域有无损检测与破损检测这两种核心手段,它们各自的优势与局限性影响着在实际工程中的应用场景,无损检测因非侵入、高效而在大面积快速筛查任务中很适用,像红外热成像技术能快速找出墙体空鼓或者隔热层失效的地方,雷达探测技术可精确确定地下管线或者隐藏结构缺陷的位置,不过无损检测也有局限之处,结果常被环境因素干扰且难以直接反映出材料力学性能衰退的程度,而破损检测取样分析能得到更准确的材料强度、耐久性参数,虽然如此,但成本高、会对结构造成无法逆转的损伤限制了它的应用,就像某个高层建筑改造项目钻芯取样后发现混凝土抗压强度只有设计值的 65%,这个结果给后面的加固方案指明方向,需要注意的是,无损检测技术近年智能化发展让它的应用价值大大提升,例如基于人工智能算法的超声波信号处理技术能有效减

少噪声干扰并且提高检测精度,行业统计表明 2022 年中国建筑检测市场规模达 800 亿元,无损检测占了超 60% 且在市场里处于主导地位,但是关键部位如果涉及到重大安全隐患,破损检测还是必不可少的,所以要合理衡量两种技术的利弊并相互补足对方的不足,这是提高检测质量的关键。

无损检测技术的优势在于其非破坏性和高效性,能够在不损伤建筑结构的前提下,快速获取结构内部信息,适用于大面积快速筛查和初步评估。例如,红外热成像技术通过检测表面温度分布差异,能够识别墙体空鼓、隔热层失效等缺陷;雷达探测技术则通过发射电磁波并接收反射信号,精确确定地下管线位置或隐藏的结构缺陷。然而,无损检测结果易受环境因素干扰,如温度、湿度等,且难以直接反映材料力学性能的衰退程度。相比之下,破损检测通过取样分析能够获得更准确的材料强度、耐久性等参数,为加固方案提供更可靠的依据。但破损检测成本较高,且会对结构造成不可逆的损伤,限制了其在大规模检测中的应用。因此,在实际工程中,需根据检测目的、结构类型和损伤程度等因素,合理选择无损检测与破损检测技术,或将其结合使用,以充分发挥各自优势,提高检测结果的准确性和可靠性。

1.3 结构检测数据的处理与评估模型

结构检测数据的处理和评估模型乃是连接检测以及加固设计的关键桥梁,其具备科学性与准确性对于加固方案的合理性,以及经济性有着直接的决定作用,在实际工程里检测数据一般具有多源异构的特性,涵盖传感器采集的实时数据,图像识别提取的特征参数还有实验室分析得到的材料性能指标等等^[2]。怎样把这些零散的数据整合成统一的评估模型,是当下研究的关键方向之一,近些年来基于大数据和机器学习的评估模型逐步变为主流,例如某高校团队研发出一种融合卷积神经网络和有限元分析的混凝土结构劣化预测模型,此模型能够依据裂缝分布湿度变化等多维数据预估未来 5 年的结构性能退化趋向,给加固时机的选择给予了量化凭据。此外应用分级评估模型进一步提高了加固决策的精细化程度,通过设定不同的检测等级能够对应制定从局部修补到整体加固的多层次方案,实践表明这种分级策略不但能大幅降低加固成本,而且还能延长建筑使用寿命,以某老旧住宅楼改造项目为例,传统经验方法的加固方案与基于分级评估模型的加固方案相比,前者比后者多花费了近 30% 的工程费用,同时前者的结构性能改善效率还比后者低了 25% 以上。

2 主体结构加固技术选择与检测结果的关联机制

2.1 基于检测结果的加固方案决策流程

既有建筑结构安全评估与加固设计工作复杂且系统,核心是如何把检测数据转化成科学的加固决策,在城市更新和建筑改造方面,近年数据表明超 60%的既有建筑存在不同程度老化或者损伤情况,所以检测与加固的精准对接成了行业关注重点。基于检测结果的加固方案决策流程一般包含三个关键环节,首先全面采集并分析检测数据,像混凝土强度、钢筋锈蚀程度、钢结构疲劳裂纹扩展还有砌体结构承载力退化这些核心指标都要涵盖,其次借助多层次评估体系明确结构劣化等级与分布特征,最后依据评估结果拟定有针对性的加固策略,这个流程关键是构建检测数据和加固参数间的映射关系,就像用有限元模拟把检测出的裂缝宽度和加固材料黏结性能相匹配一样。研究显示检测精度得达 90% 以上,加固方案的经济性与可靠性才有保障,否则会因信息不对称出现设计偏差或者资源浪费^[3]。

2.2 不同损伤类型与对应加固技术的匹配原则

不同的结构损伤得挑选合适的加固技术才能保证加固效果,这是关键。既有建筑里的混凝土结构常会出现碳化深度超标、裂缝扩展、钢筋腐蚀等情况,碰到这种损伤就得用碳纤维布加固、粘贴钢板或者置换混凝土等办法。钢结构主要劣化形式是疲劳裂纹和焊缝缺陷,其加固法有焊接补强、螺栓连接增强以及局部换构件等。砌体结构大多墙体会开裂且承载力不够,加固时常用加钢筋网片、加钢支撑、注浆加固等方式。需要注意的是,损伤类型和加固技术的匹配不是简单的“一对一”,得综合考量损伤程度、环境条件、使用需求等因素,就像在高湿度下碳纤维布加固可能因界面黏结性能差而无效,这时就得优先选择耐腐蚀性更好的钢材加固方案。近年智能监测技术发展起来了,损伤类型的识别精度提高了不少,给加固技术的选择提供了更可靠的依据^[4]。实践中,合理的匹配原则能提高加固效率并有效减少施工风险和后期维护成本。

2.3 结构加固效果的预测模型与验证方法

要进一步优化加固方案并确保实施效果,建立科学的预测模型和验证方法相当关键,因为当下国内外不少学者都提出了好多基于机器学习和数值模拟的预测模型来评估加固后结构性能的变化情况,这类模型大多以检测数据为依据,再结合材料力学特性、荷载工况和环境因素,对加固后结构的承载力、变形能力和耐久性作出定量预测,就像用有限元分析能模拟碳纤维布加固后梁板构件的应

力分布变化从而评估抗弯能力提升了多少,还有大数据的机器学习算法靠着学习历史案例,也能快速给出加固效果的初步预测结果供设计方案参考。不过输入数据质量以及验证方法是否严谨会影响预测模型的准确性,所以在实际工程里,人们常把现场试验和长期监测结合起来验证预测结果,比如做加载试验测加固前后结构的挠度变化并和模型预测值对比分析,数据表明用这种综合验证法的项目,加固效果预测误差能控制在 10% 以内,大大提高了加固设计的科学性和可靠性。

2.4 检测加固全过程的质量控制体系

既有建筑检测与加固时,质量控制体系是否完善直接影响最终效果,由于建筑行业近年快速发展使检测加固项目逐年增多且质量问题也逐渐暴露出来,统计显示大概百分之三十的加固失败是检测数据不准或者施工时质量失去控制造成的,所以特别有必要构建一个涵盖检测、评估、设计和施工整个过程的质量控制体系,检测的时候要严格按照规范来保证设备校准精准、操作人员专业,在评估时让第三方机构复核检测结果减少主观判断产生的偏差,加固设计阶段要多个方案比较再由专家评审使设计方案既科学又经济,施工期间要加强材料质量和工艺流程的监管,比如对碳纤维布粘贴厚度和固化时间的实时监控,并且信息化管理平台的应用给质量控制提供了新方法,检测数据和施工记录实时上传后全过程就透明且可追溯了,实践中,完善质量控制体系完善不仅能提升加固工程质量、明显缩短工期、大幅降低返工率,而且能给既有建筑安全使用提供有力保障。

3 结论

既有建筑主体结构检测与加固关联性研究于城市更新及建筑可持续利用而言居于核心地位,伴随既有建筑存量规模持续拓展,建筑结构性能劣化问题愈发显著特别是在混凝土结构钢结构以及砌体结构这三类主要建筑类型当中,其安全性与耐久性直接牵涉到社会经济的稳定发展,据统计我国近五年每年因建筑老化引发的安全事故数量呈上升趋势,经济损失高达数百亿元,这凸显了科学检测与合理加固的重要性。研究表明加固方案的设计对检测结果的精确性具有决定性影响,而基于“检测-评估-加固”一体化决策模型的技术路径能够显著提高加固效率和经济性,通过对检测数据的科学分析能把复杂多变的结构状态转化成具体的加固设计参数,进而达成从理论至实践的无缝衔接,分级加固策略的提出进一步优化了加固资源配置,让不同劣化程度的建筑都能得到针对性处理^[5]。案例

分析显示基于精确检测数据的加固方案相比传统经验加固方法,可提升 25%以上的结构性能改善效率并降低约 15%的工程成本,这一成果不但为既有建筑的安全评估给予了系统办法,还为城市更新里的技术决策给予了重要支撑,以后随着智能检测技术以及新型加固材料的进步,检测和加固关联性研究会更深入促使建筑行业朝着更高效更环保的趋向发展,在城市化进程加快且资源环境约束加大的情形下,此研究对于推动建筑全生命周期管理延长建筑使用寿命有着深远意义。

[参考文献]

[1]丰圣钦.既有建筑主体结构检测鉴定与加固分析[J].江西建材,2024(8):116-119.

[2]石圆圆,陈岩,张蕾,等.既有建筑钢筋混凝土结构的加固设计与抗震性能分析[J].工程抗震与加固改造,2023(5):174-184.

[3]黄建缘.建筑工程主体结构质量检测方法的研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(8):8-13.

[4]陈森林.建筑主体结构检测评估及加固措施研究[J].砖瓦,2025(7):113-116.

[5]吴天洛.既有建筑主体结构检测鉴定与加固方法分析[J].河南建材,2025(11):92-94.

作者简介:郭秀峰(1983.5—),女,汉族,毕业院校:河北建筑工程学院,现就职单位:河北博瑞检验认证集团有限公司。