

既有建筑结构加固技术应用探讨

贺永飞

内蒙古新鑫工程建设有限责任公司

DOI:10.32629/bd.v9i8.4665

[摘要] 既有建筑结构加固是城市更新与建筑功能提升的重要手段,对延长建筑使用寿命、保障结构安全具有关键作用。本文系统梳理了既有建筑结构加固的主要类型与适用条件,深入剖析了当前加固实践中鉴定评估瓶颈、新旧材料协同、新型技术推广制约及抗震加固难点等突出问题,并从鉴定技术优化、设计关键控制、施工质量管控及长期性能监测四个维度提出了改进策略,以期为既有建筑结构加固工程的技术选型与质量管控提供参考。

[关键词] 既有建筑; 结构加固; 抗震加固; 性能提升

中图分类号: TU746.3 **文献标识码:** A

Discussion on the Application of Structural Strengthening Technologies for Existing Buildings

Yongfei He

Inner Mongolia Xinxin Engineering Construction Co., Ltd.

[Abstract] Structural strengthening of existing buildings is an important technical approach to urban renewal and the improvement of building functions, and plays a key role in extending building service life and ensuring structural safety. This paper systematically reviews the main types and applicable conditions of structural strengthening for existing buildings, and deeply analyzes prominent problems in current strengthening practices, including bottlenecks in assessment and evaluation, coordination between new and existing materials, constraints on the promotion of new technologies, and difficulties in seismic strengthening. Improvement strategies are proposed from four dimensions: optimization of assessment technologies, key design controls, construction quality management, and long-term performance monitoring, with the aim of providing a reference for technology selection and quality management in structural strengthening projects for existing buildings.

[Key words] existing buildings; structural strengthening; seismic strengthening; performance improvement

引言

随着我国城市发展模式从增量建设向存量更新转变,既有建筑结构加固改造已成为建筑行业的重要工作方向。大量既有建筑服役年限增长、使用功能变更及抗震设防标准提升,使结构加固需求持续增长。本文从加固类型与适用条件出发,系统比较常用加固技术的特点与局限,分析当前面临的主要问题与挑战,探讨改进策略与优化方向,以期为既有建筑结构加固工程实践提供参考。

1 既有建筑结构加固的类型与适用条件

1.1 加固工程的分类依据

既有建筑结构加固工程可按加固目的、加固对象和加固时机进行分类。按加固目的分为安全性加固、抗震加固和功能性加固:安全性加固针对材料老化、锈蚀或损伤导致的承载力不足;抗震加固因设防标准提高而实施,重点提升结构延性;功能性加固源于使用功能变更,如增加荷载、改变布局等。按加固对

象分为钢筋混凝土、砌体、钢结构和木结构加固,不同结构类型在材料特性和加固方法上差异显著。按加固时机分为灾前预防性加固和灾后恢复性加固,前者主动提升结构能力,后者侧重快速恢复功能。

1.2 加固前鉴定评估的重要性

加固前鉴定评估是加固方案合理性的根本保障,其质量直接影响加固工程的安全性与经济性。结构安全性鉴定通过检测材料强度、构件损伤程度、结构变形等指标,全面评估结构现状是否满足安全使用要求。抗震性能鉴定需评估结构在设防地震作用下的响应是否符合现行规范要求,重点检查结构体系规则性、构件抗震承载力和整体延性。既有建筑结构鉴定面临诸多技术挑战:老旧建筑原始图纸和施工记录缺失,结构信息不完整;无损检测技术的精度和可靠性在不同材料、不同结构类型中差异较大;有损检测虽可获得精确数据,但会对既有结构造成局部破坏。鉴定评估的深度和准确性决定了加固方案

的技术路线和工程量,须由具有相应资质和经验的专业机构承担^[1]。

2 常用加固技术及其工程应用

2.1 增大截面法

增大截面法通过在原构件表面增加钢筋混凝土层,提高截面面积和配筋量,从而增强承载力和刚度。该技术原理明确、工艺成熟、质量可控,是混凝土梁、板、柱加固中最常用的方法之一。在建筑遗产保护中,可在不改变原有结构体系的前提下提升承载力,兼顾安全与风貌保护。技术要点在于新旧材料协同工作:新增混凝土收缩与原构件差异易在界面产生拉应力;新旧钢筋可靠连接是协同受力的关键。施工要求精细化,包括表面凿毛、界面剂涂刷、植筋锚固等环节,任一缺陷均可能影响加固效果。局限性在于显著增加自重和截面尺寸,可能影响建筑使用空间,在空间受限工况下适用性受限。

2.2 包钢法与粘钢法

外包钢法通过在混凝土构件四角外包角钢形成钢构套,利用钢材分担荷载;粘钢法则通过结构胶将钢板粘贴于构件表面协同受力。两种方法均能在不显著增大截面尺寸的前提下实现加固,适用于空间受限工况。外包钢法施工速度快,但需注意钢结构在潮湿环境中的锈蚀防护。粘钢法核心在于粘结质量,原构件表面处理、结构胶选型及施工环境温度均直接影响加固效果。两种方法的共同优势是不改变建筑使用空间,但对施工质量要求较高,粘结面处理质量直接影响加固体系的整体工作性能^[2]。

2.3 增强复合材料(FRP)加固

FRP加固是将碳纤维或玻璃纤维布粘贴于构件表面,利用其高抗拉强度提升抗弯、抗剪承载力。该技术具有轻质高强、耐腐蚀、施工便捷、对原结构影响小等优势,尤其适用于对自重和空间有严格要求的工况。FRP抗拉强度可达钢材5~10倍,密度仅为钢材1/5左右,加固后几乎不增加自重。在预应力空心板、梁板抗弯及柱抗震加固中已广泛应用。技术挑战在于粘结性能受施工环境影响显著,长期耐久性数据不足,尤其在湿热、冻融和紫外线条件下的性能衰减规律缺乏系统研究,成为制约推广的关键因素。

2.4 预应力加固技术

预应力加固通过施加预应力主动抵消外荷载效应,弥补承载力不足。与被动加固不同,预应力加固可在加固同时闭合或限制既有裂缝发展,改善使用性能。适用于大跨度梁、板构件加固和裂缝控制,在工业厂房、大型公共建筑和桥梁中应用较多。体外预应力技术布置灵活、维护方便;后张预应力技术适用于变形控制严格的工况。预应力加固效果显著,但施工复杂,涉及锚固安装、张拉控制、孔道灌浆等环节,对精度和管理要求较高。预应力损失控制、锚固区局部承压验算及与原结构的协调变形是重点关注的技术问题。

2.5 变刚度调平基础加固

变刚度调平基础加固通过调整基础刚度分布,控制不均匀

沉降,提升基础承载力。既有建筑因地基条件变化、周边施工扰动或功能变更,可能出现不均匀沉降,导致上部结构开裂、倾斜。该技术通过设置刚度调节元件或调整基础截面形式,主动干预基础与地基相互作用,使沉降趋于均匀。适用于高层建筑基础加固和不均匀沉降控制,针对性强、效果明显,但适用范围较窄,对地质条件、既有基础形式和上部结构刚度有特定要求^[3]。实施前需进行详细地质勘察和结构检测,通过数值模拟优选方案,施工中需对既有结构进行实时变形监测。

2.6 加固技术综合比较

加固方法	适用结构	主要优势	主要局限
增大截面法	RC梁、板、柱	技术成熟、效果可靠	增加自重、影响空间
外包钢/粘钢法	RC柱、梁	不影响截面尺寸	锈蚀风险、粘结要求高
FRP加固法	RC梁、板、柱	轻质高强、施工便捷	长期性能待验证
预应力加固	大跨度构件	主动加固、效果明显	施工复杂、成本较高
变刚度调平	基础工程	针对性强	适用范围较窄

3 加固技术应用面临的问题与挑战

3.1 鉴定评估环节的瓶颈

既有建筑结构鉴定评估面临多重技术瓶颈。原始图纸和施工记录缺失是普遍问题,特别是年代较早的建筑,结构信息不完整,模型建立困难。无损检测技术的精度和可靠性在不同材料、结构类型中表现不一,回弹法、超声法等间接检测手段受混凝土碳化、表面状态影响较大,检测结果离散性高。有损检测虽可获得精确数据,但会对既有结构造成局部破坏,取样位置和数量受限,难以全面反映结构整体状况。材料性能时变规律尚不明确,混凝土强度随龄期变化、钢筋锈蚀程度无损评估等缺乏准确手段。鉴定结论不确定性直接影响加固方案合理性判断,可能导致加固不足或过度加固。

3.2 新旧材料协同问题

新旧材料协同工作是加固结构安全性的核心保障,但面临多重技术挑战。增大截面法中,新旧混凝土界面粘结质量受表面处理、界面剂选用、施工工艺等因素影响,处理不当易出现界面开裂甚至剥离破坏。新旧混凝土收缩差是导致开裂的重要原因,原构件龄期较长时收缩基本完成,而新增混凝土收缩显著,差异产生的拉应力超过界面粘结强度即发生开裂。粘钢法和FRP法中,结构胶长期粘结性能受高温、高湿、冻融等环境影响显著,退化规律尚缺乏系统研究。不同材料热膨胀系数差异引起的温度应力在温差较大时不可忽视。

3.3 新型技术推广的制约因素

FRP加固、预应力加固等新型技术虽具有理论优势,但工程推广面临多重制约。FRP加固长期耐久性缺乏系统研究是首要因素,现有成果多集中于短期力学性能,对湿热、冻融、碱环境、紫外线等复杂服役条件下的性能衰减规律认识不足。设计

规范和标准相对滞后,设计方法、构造措施和验收标准尚不完善,设计人员缺乏可靠依据。新型材料价格较高,在常规工程中经济性不及传统方法。施工专业化程度不足,具备新型加固技术施工能力的专业队伍有限,质量参差不齐。业主和设计单位对新技术认知和接受度有待提高,形成“技术先进但应用不足”的困境^[4]。

3.4 抗震加固的技术难点

既有建筑抗震加固面临比安全性加固更为复杂的技术挑战。抗震性能鉴定方法不统一是首要问题,不同鉴定标准对相同建筑的评估结论可能存在差异,既有建筑与新建建筑抗震设防目标的适用性长期存在争议。局部加固与整体抗震性能提升的协调关系难以把握,仅对个别构件加固可能无法有效提升整体抗震能力,甚至因“强构件、弱节点”机制被破坏而降低结构安全性。既有建筑结构体系往往不符合现行抗震概念设计原则,存在平面不规则、竖向不规则等问题。韧性评价体系尚未成熟,加固后抗震效果缺乏科学定量评价指标。

4 改进策略与优化方向

4.1 加固前鉴定的技术优化

针对既有建筑结构鉴定的技术瓶颈,应从检测手段、信息管理和综合策略三个层面推进优化。推广应用三维激光扫描、雷达探测等新技术,实现结构几何信息、损伤分布和隐蔽工程的高精度非接触式获取,快速建立建筑点云模型,精确还原结构尺寸和变形状态。建立既有建筑数字档案系统,整合图纸、施工记录、检测数据、维修历史等信息,实现全生命周期数字化管理。合理组合无损与有损检测方法,以无损检测大面积筛查确定重点区域,有损检测在关键部位精确验证。发展基于概率方法的可靠度评估理论,量化鉴定结论不确定性,为加固决策提供更科学依据。

4.2 设计阶段的关键控制

加固设计是实现加固目标的核心环节,应从以下方面加强关键控制。推行基于性能的加固设计理念,以预期性能目标为导向,明确加固后结构在不同荷载水平下的性能要求,避免“为加固而加固”的盲目性。充分运用有限元数值模拟,建立考虑材料非线性、界面性能和施工过程的分析模型,预测加固效果,辅助方案比选。针对新旧材料界面问题开展专项设计,明确界面处理工艺、界面剂性能指标和验收标准,对关键节点精细化设计,确保传力路径清晰可靠。

4.3 施工阶段的质量管控

加固工程施工质量直接决定加固效果,应加强以下质量管控。FRP加固中严格控制施工环境温湿度在材料规定范围内,雨天、高湿或低温条件应停止施工或采取防护措施,按要求进行粘结强度现场检验。增大截面法施工中精细化实施原构件表面凿毛、界面剂涂刷、植筋锚固等关键工序。建立覆盖材料进场检验、过程检查、隐蔽验收和完工检测的全过程质量控制体系,每道工序验收合格后方可进入下道工序。加强施工人员技术交底和培训,确保掌握关键工艺和质量标准。建立质量追溯机制,关键工序施工参数和检验结果应完整记录并存档。

4.4 长期性能监测与评估

加固结构长期性能是评价加固效果的重要维度,应建立系统化监测与评估机制。重要加固工程中嵌入结构健康监测系统,对加固部位应力、变形和裂缝发展进行长期跟踪监测,实时掌握结构响应。建立基于监测数据的加固效果后评估制度,竣工后一定期限内进行专项检查,评估是否达到预期目标,及时发现和处理潜在问题。针对FRP等新技术建立长期性能数据库,系统收集不同环境条件下性能衰减数据,为设计方法完善和耐久性评价提供基础。

5 结束语

既有建筑结构加固是城市更新与建筑安全保障的重要技术手段。本文系统梳理了加固工程的分类体系与鉴定评估要点,并从鉴定技术优化、设计关键控制、施工质量管控及长期性能监测四个维度提出了改进方向。面对既有建筑存量巨大、加固需求持续增长的现实,应进一步加强新型加固技术研究、完善标准体系、推动结构加固从“经验型”向“科学型”转变,为城市可持续发展提供技术支撑。

[参考文献]

- [1]殷晓波.既有建筑绿色改造中的结构设计加固技术创新与应用[J].陶瓷,2025(9):229-230.
- [2]于鹏.城市更新中既有建筑结构加固的技术要点与应用[J].上海建材,2024,2024(6):1-3.
- [3]卢启安.结构加固技术在房建建筑施工中的应用[J].中国科技纵横,2026(2):117-118,170.
- [4]张鹏飞,成红亮,石磊,等.既有建筑主体结构加固技术的创新与应用[J].工程技术研究,2024,6(23):148-150.

作者简介:

贺永飞(1984--),男,汉族,内蒙古人,大专,技术负责人,工程师,研究方向:建筑工程。