

结构加固技术在房建建筑施工中的应用探讨

潘瑞林 郭文波

浙江省建工集团有限责任公司 浙江 杭州 310012

摘要: 结构加固技术是保障既有房建工程安全、延长使用寿命的核心手段,在城镇化升级与建筑存量改造背景下愈发重要。本文系统梳理结构加固技术的理论基础,涵盖损伤诊断评估方法与核心设计原则,详细阐述直接、间接及新型加固技术的施工要点,结合住宅、公共建筑及历史建筑场景分析应用实践,并探讨智能化、绿色化等发展趋势。通过技术创新与标准化建设,结构加固工程可实现安全保障与资源节约的双重目标,为房建工程提质改造提供可靠技术支持。

关键词: 结构加固技术; 房建建筑施工; 应用探讨

引言: 随着我国城镇化进程的加速推进,大量既有房建工程面临安全保障与功能升级的双重挑战,结构加固技术作为延长建筑寿命、提升使用性能的核心手段,其重要性日益凸显。从老旧住宅的安全改造到公共建筑的抗震加固,再到历史建筑的保护性修缮,不同场景对加固技术提出了差异化需求。本文聚焦结构加固技术的理论体系、核心方法及创新趋势,结合典型工程案例,探讨其在房建领域的科学应用路径。

1 结构加固技术的理论基础

1.1 结构损伤诊断与评估

结构损伤诊断与评估是加固工程的前置核心环节,其精准度直接决定加固方案的科学性。该过程需通过现场检测与数据核验,全面掌握结构损伤类型、程度及成因。检测手段包括回弹法、超声波检测等无损技术,必要时结合取芯法获取混凝土强度实测值,同时核查原结构设计文件与受力现状。评估需围绕承载能力极限状态和正常使用极限状态展开,确定作用效应标准值与组合系数,明确原结构尺寸、材料强度等关键参数。对于抗震设防区建筑,还需重点复核抗震能力,避免因局部损伤导致整体性能下降。评估结果需形成完整报告,为后续加固设计提供数据支撑,确保加固措施直击结构薄弱环节。

1.2 加固设计原则

加固设计需遵循多重原则以保障工程质量与安全。安全性优先是核心准则,需通过线弹性分析方法计算作用效应,确保加固后结构满足承载力与抗震要求,避免局部加强形成新薄弱部位。科学性原则要求设计基于全面检测数据,结合原结构受力特点与现场条件选择适配方案。协同工作原则强调加固部分与原结构的可靠连接,保证新旧材料界面传力顺畅。耐久性原则需确保加固材料性

能与原结构匹配,采用符合规范的防护措施^[1]。另外,设计还应兼顾经济性与施工可行性,在满足安全要求的前提下,减少对原结构的扰动,控制加固成本与工期,同时为后续使用功能保留空间。

2 结构加固核心技术与施工方法

2.1 直接加固法

直接加固法通过对原结构构件进行补强处理提升性能,是应用最广泛的技术类型。增大截面法适用于混凝土构件承载力不足的情况,施工时需先清理原构件表面,采用界面处理技术增强新旧混凝土结合力,再浇筑新增混凝土并做好养护,确保共同受力。外包型钢法通过在构件表面包裹型钢并灌注胶粘剂实现加固,施工关键在于型钢除锈、定位精度控制及胶粘剂饱满度检测。粘贴纤维复合材法具有轻质高强优势,施工前需打磨构件表面,按设计尺寸裁剪纤维布,采用专用胶粘剂逐层粘贴,压实排除气泡,固化后进行表面防护。每种方法均需严格把控材料质量,执行现行规范的强度标准与施工工序要求。

2.2 间接加固法

间接加固法通过改变结构传力路径或受力状态实现加固目标,适用于不便对原构件直接处理的场景。增设支点法分为刚性与弹性支点两种,施工时需精准定位支点位置,确保新增支座与基础连接牢固,加载过程中监测结构变形,避免应力突变。托梁拔柱技术用于空间功能改造,需先设置临时支撑体系,通过托梁将荷载传递至新柱,施工核心是控制托梁浇筑质量与拔柱后的结构稳定性。预应力加固法通过施加体外预应力抵消部分荷载,施工中需严格控制预应力筋张拉应力与变形值,做好锚具防护与防腐处理。间接加固需重点验算相关结构及地基基础,确保传力路径改变后的整体安全^[2]。

2.3 新型加固技术

新型加固技术以材料创新与工艺优化为核心,展现出高效、低碳的技术优势。自修复混凝土技术利用微生物或纳米材料特性,在结构出现微裂缝时自动触发修复机制,施工时按比例掺入修复组分,无需额外复杂工序。形状记忆合金加固技术依靠材料形状记忆效应实现应力补偿,施工中通过专用设备将合金筋材固定于构件受拉区,通电激活后产生预应力。ECC高性能纤维增强水泥基复合材料加固法,兼具高韧性与耐久性,施工时采用喷射或涂抹工艺成型,与原混凝土界面结合紧密,适用于抗震加固与耐久性提升工程。新型技术需通过试验验证性能,确保符合《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》要求。

3 结构加固技术在房建工程中的应用场景

3.1 住宅建筑加固

住宅建筑加固聚焦老旧小区改造与安全提升,需兼顾技术可行性与居民生活保障。老旧住宅因建造年代久远,普遍存在混凝土碳化、钢筋锈蚀及抗震性能不足等问题。针对墙体开裂的砌体结构,常采用面层加固法:先清理墙面浮灰并涂刷界面剂,增强新旧材料粘结力;随后铺设直径4-6mm的钢筋网,网格间距控制在200-300mm;最后喷射厚度50-80mm的细石混凝土,形成整体受力面层。对于楼板承载力不足的情况,粘贴碳纤维布法因其轻质高强、施工便捷成为首选:施工时选择居民外出时段,先打磨楼板表面并涂刷底胶,再按 $0^{\circ}/90^{\circ}$ 双向铺设碳纤维布,每层厚度 $\leq 0.167\text{mm}$,总层数不超过3层,最后涂刷面胶保护。抗震改造中,对承重墙体增设构造柱与圈梁是关键:构造柱采用植筋法与原墙体连接,钢筋直径 $\geq 12\text{mm}$,箍筋间距 $\leq 200\text{mm}$;圈梁则沿墙体高度每隔2-3m设置,截面尺寸 $\geq 240\text{mm}\times 180\text{mm}$,混凝土强度不低于C20。施工期间需建立三级安全防护体系:外围设置2m高硬质围挡,内部划分施工区与居民通道,同步配备洒水车降尘、密闭式垃圾清运车,确保施工噪声 ≤ 55 分贝、粉尘浓度 $\leq 1\text{mg}/\text{m}^3$ 。加固后需通过静载试验(检测楼板挠度)与动力特性测试(评估结构自振周期),确保承载力提升 $\geq 30\%$ 、抗震能力满足“小震不坏、中震可修”标准。

3.2 公共建筑加固

公共建筑如教学楼、医院等具有人员密集、荷载复杂的特点,加固需以极致安全为目标,同时保障功能连续性。医院建筑加固需重点解决设备荷载增加与抗震等级提升的矛盾:对手术室、ICU等特殊区域,采用间接加固法中的增设型钢支架方案——在楼板下增设H型钢梁,

通过化学螺栓与原结构连接,支架间距 $\leq 1.5\text{m}$,单点承载力 $\geq 50\text{kN}$,避免直接作用于敏感设备;对药房等重型荷载区域,采用外包钢加固柱,角钢规格 $\geq \text{L}75\times 6$,缀板间距 $\leq 500\text{mm}$,形成钢构套增强轴压比。教学楼加固以疏散通道安全为核心:楼梯间框架柱采用外包型钢法,角钢与原柱间灌注结构胶,确保型钢与混凝土协同变形;走廊梁采用粘贴钢板法,钢板厚度6-8mm,端部设置U型箍锚固,防止剥离破坏。大跨度公共场馆如体育馆,屋架挠度超标是常见问题:预应力加固法通过张拉钢绞线施加反向荷载,钢绞线直径 $\geq 15.2\text{mm}$,初始张拉力控制在 $0.5f_{\text{ptk}}$ (f_{ptk} 为钢绞线抗拉强度标准值),施工中需实时监测屋架关键截面应变,当应变增量超过 $50\mu\text{e}$ 时暂停张拉并调整参数。加固前需进行全面荷载调查:采用荷载传感器实测恒载(如装修层重量),通过人群荷载试验确定活载分布系数;加固方案需通过多工况模拟验算(如地震、风载组合),施工时采取“分区域、分时段”作业模式,例如医院手术室区域夜间施工,教学楼假期集中加固。加固后需进行3个月以上沉降监测,布设3个基准点与5个监测点,沉降速率 $\leq 0.04\text{mm}/\text{d}$ 视为稳定^[1]。

3.3 历史建筑保护性加固

历史建筑保护性加固需兼顾安全与原貌保留,遵循“修旧如旧”原则。加固前开展“双考证”:历史考证通过查阅地方志、建筑档案明确建造年代与价值;结构勘察运用微钻探测、红外热成像等无损技术绘制损伤图,如某清代古建筑木构梁架经应力波检测发现30%构件内部腐朽。砖木结构处理遵循“最小干预”:腐朽深度 $\leq 20\%$ 截面时,用同树种、纹理木材经干燥(含水率 $\leq 15\%$)后,以榫卯拼接或胶粘剂修复;节点采用传统榫卯结合现代胶粘剂增强,如燕尾榫加钢销固定。砖石墙体开裂采用压力注浆法,以42.5级水泥为基材,掺减水剂与膨胀剂,控制水灰比、注浆压力、孔间距及布置形式,确保浆液填充不外溢。加固施工实施“双监管”:文物保护专家指导材料与工艺,禁用现代金属构件;施工人员经培训持证上岗。装饰构件采取“拆卸-保护-复位”流程,拆卸前编号登记,妥善运输存储,施工后按原工艺复位,缺失部分复原。此外,加固设计融入现代功能:增设隐蔽式防火、防腐层,采用光纤光栅传感器实时监测结构应变,数据无线传输至云端,实现历史价值与使用安全动态平衡。

4 结构加固技术的发展趋势

4.1 智能化加固技术

智能化技术正推动结构加固向精准化、高效化转型,贯穿加固全流程。在损伤诊断阶段,无人机航拍结合红

外热成像技术,可快速识别高大建筑外立面损伤,AI算法通过分析检测数据自动评估损伤等级,生成量化评估报告。加固设计环节,BIM技术构建三维结构模型,模拟不同加固方案的受力效果,实现方案优化与碰撞检查,减少施工返工。施工过程中,智能传感器实时监测构件应力应变、温度湿度等参数,数据通过物联网传输至控制平台,管理人员可远程监控施工质量。机器人技术应用于危险作业场景,如高空粘贴纤维布、隧道加固喷涂等,提升施工安全性与精度。加固完成后,建立结构健康监测系统,通过大数据分析预测结构性能变化,为后期维护提供科学依据,形成“诊断-设计-施工-监测”的智能化闭环,大幅提升加固工程的技术水平与可靠性^[4]。

4.2 绿色加固材料与工艺

绿色化作为结构加固技术积极响应“双碳”目标的关键发展方向,其核心要义聚焦于材料的环保属性与资源的集约利用。在材料创新领域,一系列低碳产品的研发与推广正成为行业焦点。以建筑垃圾为原料制备的再生骨料混凝土,通过科学的破碎、筛分与配比工艺,将废弃混凝土、砖块等转化为加固用混凝土的主要骨料,不仅有效减少天然砂石的开采,更大幅降低建材生产过程中的碳排放。与此同时,固废基胶凝材料的应用也日益广泛,其以工业废渣(如矿渣、粉煤灰)为原料,经活化处理后具备胶凝特性,可部分替代水泥,从源头上削减碳排放。在工艺优化层面,模块化加固技术凭借其高效、环保的优势迅速普及。通过工厂预制标准化加固构件,现场仅需简单装配,既减少了现场湿作业产生的粉尘与噪音污染,又显著降低建筑垃圾的产生量。而无损拆除工艺的采用,则通过高压水射流、金刚石绳锯等先进技术,实现结构构件的精准分离与可回收材料的高效回收,进一步提升资源利用率。另外,绿色加固还强调全生命周期碳核算,从材料选型、施工方案制定到后期维护,全程量化碳排放数据,通过科学优化实现加固工程的低碳化,为建筑行业的绿色转型提供坚实的技术支撑。

4.3 标准化与产业化发展

标准化与产业化建设是提升加固工程质量、降低成本的关键路径。目前,我国已出台《混凝土结构加固设计规范》《建筑结构加固工程施工质量验收规范》等核心标准,未来需进一步细化不同结构类型、加固方法的专项标准,明确材料性能指标、施工工艺要求与验收标准,解决技术应用不统一问题。产业化发展聚焦产业链整合,培育专业加固材料生产企业,实现材料规模化、标准化生产,降低采购成本。建立集检测、设计、施工、运维于一体的综合服务模式,提升行业集中度与服务水平。推广加固技术培训与资质认证体系,规范从业人员行为,保障施工质量。通过建立行业数据库,积累典型加固案例与技术参数,为标准化制定提供数据支撑。标准化与产业化的深度融合,将推动结构加固从分散式作业向规模化、专业化发展,提升行业整体竞争力,满足大规模既有建筑加固改造需求。

结束语

结构加固技术对房建工程提质改造意义重大,其发展以安全、高效、绿色为核心。精准的损伤评估与科学设计是前提,直接、间接及新型技术需依场景灵活运用。当下城镇化进入存量更新阶段,加固需求持续增长。未来,智能化、绿色化、标准化是方向,通过技术创新、标准完善与产业升级,结构加固工程将提升安全性、经济性与生态性,让既有建筑重焕生机,推动建筑行业高质量发展,助力“双碳”目标实现,为民众营造更安全宜居的空间。

参考文献

- [1]金峰,周虎,邓成进,等.堆石坝加固工程中结构化胶结技术的应用[J].水力发电,2023,49(5):58-63.
- [2]杨斌.房屋建筑施工中运用结构加固技术的探讨[J].砖瓦,2023,(12):151-153+156.
- [3]石蔚涛.结构加固技术在房建建筑施工中的应用探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(31):106-108.
- [4]程勇.浅析房屋建筑结构加固设计及施工技术应用[J].石材,2023(4):145-147.