

既有建筑结构加固技术的应用分析

张 昆

天津城建大学建筑设计研究院有限公司 天津 300380

摘 要:既有建筑在长期服役中受环境侵蚀、荷载作用及材料老化等影响,易产生裂缝、锈蚀、碳化等结构性损伤,严重威胁建筑安全。本文系统梳理了既有建筑常见损伤类型与鉴定评估流程,重点分析了增大截面法、外包钢法、FRP粘贴法、粘贴钢板法、预应力加固法及置换混凝土法六种主流加固技术的原理、适用范围及优缺点,并对各类技术进行对比选型与组合应用分析,提出施工关键质量控制要点,为既有建筑结构加固改造工程的技术选型与安全实施提供参考。

关键词:既有建筑;结构加固;加固技术;安全性评估

引言:随着我国城镇化进程由增量建设转向存量更新,大量既有建筑因服役年限增长、使用功能调整,结构安全性与耐久性面临严峻挑战。混凝土开裂、钢筋锈蚀、砌体松散等损伤普遍存在,亟需科学鉴定与有效加固。本文围绕既有建筑结构损伤识别、鉴定评估流程展开分析,系统论述增大截面、外包钢、FRP粘贴、粘贴钢板、预应力及置换混凝土等主流加固技术的适用条件与性能特征,结合技术对比与组合应用策略,探讨施工关键质量控制要点,旨在为工程实践提供系统性技术参考。

1 既有建筑结构损伤类型与鉴定评估

1.1 常见损伤类型

既有建筑结构在长期服役过程中,受环境侵蚀、荷载作用、材料老化、施工缺陷及使用改造等多重因素影响,会产生各类结构性与非结构性损伤,直接影响建筑安全性与耐久性。混凝土结构常见损伤包含表面风化、剥落、碳化、钢筋锈蚀、裂缝开展等,其中受力裂缝与贯穿性裂缝对结构承载力危害最大。砌体结构多出现墙体开裂、砂浆粉化、砖块酥松、圈梁构造柱破损等问题,整体整体性大幅下降。钢结构易发生构件锈蚀、螺栓松动、焊缝开裂、构件变形屈曲等损伤,降低结构稳定性。除此之外,地基不均匀沉降、结构构件变形偏移、保温层及保护层脱落、人为私自拆改构件等损伤也较为普遍。

1.2 鉴定评估流程

既有建筑结构鉴定评估需遵循规范化、系统化流程,严格按照行业规范分步开展,确保评估结果精准可靠,为后续加固设计提供依据。首先开展前期调研工作,收集建筑原始设计图纸、施工资料、竣工报告及历年改造、维修记录,掌握建筑结构形式、服役年限、使用功能等基础信息^[1]。其次进行现场实地勘察,全面排查结构构件损伤位置、损伤程度、分布范围,检测混凝土强度、砌体

强度、钢材厚度等核心材料参数,记录地基沉降、构件变形等关键数据。随后结合检测数据开展结构承载力验算与安全性分析,判定结构损伤等级、安全等级及耐久性性能,区分一般性外观损伤和影响结构安全的核心损伤。最后整合调研、检测、验算结果,出具专业鉴定评估报告,明确结构现存问题、安全隐患及剩余使用寿命,针对性提出维修、加固或改造建议,为后续加固施工提供科学依据。

2 既有建筑结构主流加固技术分析

2.1 增大截面加固法

增大截面加固法是既有混凝土结构最传统、应用最广泛的加固技术,核心原理为通过在梁、柱、墙板等原有构件外侧浇筑新增混凝土层,并配置相应受力钢筋,增大构件截面尺寸,提升构件抗弯、抗剪承载力及整体刚度。该技术适配性极强,可广泛应用于钢筋混凝土梁、柱、楼板、剪力墙等各类构件的加固改造,尤其适用于承载力不足、构件截面偏小、混凝土强度偏低的老旧建筑结构。其核心优势为施工工艺成熟、造价低廉、结构整体性好、加固效果稳定可靠,能够从根本上提升构件力学性能和结构耐久性。但该技术也存在明显短板,新增混凝土层会增大结构自重和构件占用空间,减小建筑使用面积,施工周期相对较长,且湿作业量大,对施工现场环境和后期养护要求较高,不适用于空间受限、荷载敏感的建筑加固场景。

2.2 外包钢加固法

外包钢加固法分为干式外包钢和湿式外包钢两种施工形式,主要适用于钢筋混凝土梁柱、砌体柱等竖向受力构件的加固,核心原理是通过在构件外部包裹型钢骨架,利用型钢与原构件协同受力,弥补原结构承载力、刚度不足的缺陷。湿式外包钢通过环氧树脂砂浆或灌浆料

填充型钢与构件间隙,实现型钢与原构件紧密结合、整体协同工作;干式外包钢无粘结填充材料,依靠型钢自身刚度分担荷载,施工更为便捷^[2]。该加固技术自重增加极小,基本不占用建筑有效使用空间,施工速度快、湿作业少,对建筑正常使用影响较小,加固后构件承载力提升幅度大、抗震性能优异。其缺点为型钢长期暴露易发生锈蚀,需定期做好防腐、防火防护处理,后期维护成本较高,且钢材造价偏高,整体工程经济性弱于增大截面法,多用于大跨度、重荷载的重要受力构件加固。

2.3 粘贴纤维复合材料加固法(FRP)

粘贴纤维复合材料(FRP)加固法是新型轻质高效的加固技术,以碳纤维、玻璃纤维等复合材料为加固主材,通过专用粘结胶将纤维布、纤维板粘贴于构件受拉区表面,利用纤维材料高强度、高弹性模量的特性,约束构件变形、分担结构拉力,提升构件抗弯、抗剪及抗震性能。该技术适配混凝土梁、板、柱等各类构件,尤其适用于曲面、异形构件的加固改造。其核心优势极为突出,材料自重极轻,几乎不增加结构荷载和构件尺寸,不会影响建筑外观与使用空间,且耐腐蚀、抗老化、施工便捷,无需大型机械设备,施工周期短,对现场环境干扰小。但该技术存在耐高温性能差、防火性能薄弱的缺陷,且抗冲击能力较弱,不适用于高温、高冲击的特殊工况。

2.4 粘贴钢板加固法

粘贴钢板加固法是通过结构专用粘结剂将钢板粘贴固定于混凝土构件受力表面,使钢板与原混凝土构件形成整体协同受力体系,以此提升构件承载力、刚度和抗裂性能的加固技术,广泛应用于混凝土梁、板、柱的补强加固。该技术施工工艺简单、施工速度快,湿作业量极少,可快速完成加固施工,最大程度缩短建筑停用周期。加固后钢板贴合构件表面,构件截面尺寸增幅极小,不会占用建筑使用空间,结构自重增加微弱,且加固效果直观、受力性能稳定,对构件抗弯、抗剪性能提升效果显著^[3]。其主要缺陷为钢板易受潮湿、酸碱环境影响产生锈蚀,需做好防腐防护处理,且粘结胶层长期使用易出现老化、脱粘问题,影响加固耐久性。同时该技术对原构件混凝土强度有一定要求,混凝土强度过低时,易出现基层剥离失效的情况,无法保证加固质量。

2.5 预应力加固法

预应力加固法属于主动加固技术,区别于被动加固方式,核心原理是通过在结构构件外侧增设预应力拉杆、预应力撑杆或预应力钢绞线,施加预压应力,抵消构件原有荷载产生的拉应力,改善构件受力状态,消除结构

裂缝,提升结构整体承载力和刚度。该技术主要适用于大跨度梁、屋架、桁架及挠度变形过大、裂缝超限的受力构件加固,尤其擅长解决结构变形超标、应力储备不足的问题。预应力加固可主动调整结构内力分布,有效控制构件变形和裂缝发展,加固效率高,对结构自重和空间尺寸影响较小,加固后结构受力性能提升显著。但该技术施工工艺复杂,对施工精度、预应力张拉控制要求极高,需要专业设备和技术人员操作,施工难度大、技术门槛高,工程造价偏高,多用于重要公共建筑、工业建筑的核心受力构件加固,普通民用建筑应用较少。

2.6 置换混凝土加固法

置换混凝土加固法主要针对既有建筑中混凝土强度严重不足、混凝土酥松、蜂窝麻面、碳化深度超标、内部空洞破损的构件进行加固修复,核心流程为剔除原构件劣质、破损混凝土,保留原有有效钢筋,重新浇筑高强度、高性能混凝土,替换原有缺陷部位,恢复并提升构件力学性能。该技术能够从根源上解决混凝土材质劣化问题,修复后构件混凝土强度、密实度大幅提升,结构耐久性和安全性恢复效果极佳,加固后构件外观与原结构统一,无附加荷载,不改变构件原有尺寸和建筑空间。但其施工局限性较为明显,施工过程中需剔除破损混凝土,作业量大、施工周期长,且需做好临时支撑防护,避免施工过程中结构受力失衡。同时该技术仅适用于局部混凝土缺陷修复,不适用于整体承载力严重不足的构件大范围加固,针对性较强,应用场景相对受限。

3 加固技术的对比选型分析

3.1 技术性能对比

各类既有建筑加固技术在受力性能、施工特性、适用场景、经济性等方面存在显著差异,工程选型需结合结构损伤情况、建筑使用需求综合判定。增大截面法承载力提升幅度大、稳定性强,但自重增量、占用空间多;外包钢加固法自重小、加固效率高,但防腐维护成本高;FRP粘贴加固法轻质耐腐蚀、不占用空间,但防火耐高温性能差、造价较高;粘贴钢板法施工快捷、受力稳定,但易锈蚀、胶层易老化;预应力加固法主动受力、控变形效果好,但施工难度大、技术成本高;置换混凝土法可根治混凝土材质缺陷,但施工繁琐、工期较长;注浆加固法适用于裂缝和地基修复,仅能提升结构整体性,承载力提升有限^[4]。整体来看,传统加固法经济性、稳定性更优,新型加固法适配性、美观性更强,各类技术各有优劣,无绝对最优方案,需结合工程实际择优选用。

3.2 组合加固技术

单一加固技术往往难以兼顾复杂建筑结构的承载力、

刚度、耐久性及使用空间要求,组合加固技术通过两种及以上加固工艺协同配合,弥补单一技术的短板,适配复杂损伤工况的加固需求,目前在大型既有建筑改造工程中应用广泛。常见组合形式包括增大截面与注浆加固组合、粘贴FRP与粘贴钢板组合、外包钢与预应力加固组合等。例如针对裂缝多发且承载力不足的混凝土构件,可先通过注浆技术封堵裂缝、密实构件内部,再采用粘贴纤维复合材料或增大截面法提升构件承载力;针对大跨度变形超限梁体,可采用预应力加固控制变形,搭配外包钢加固提升整体刚度。组合加固可兼顾结构裂缝修复、承载力提升、变形控制及耐久防护多重需求,加固效果更全面、安全性更高,但施工工序相对复杂,需合理规划施工顺序,规避不同工艺的施工冲突,保障整体加固质量。

4 加固施工关键技术与质量控制

4.1 施工前准备

加固施工前期准备工作是保障整体施工质量、规避安全风险的核心环节,需开展全方位、精细化筹备工作。首先需依据建筑鉴定评估报告和加固设计图纸,深化施工方案,明确各构件加固工艺、施工顺序、技术参数及安全防护措施,针对高难度、高风险工序编制专项施工方案和应急预案。其次开展现场勘查复核,核对结构构件尺寸、损伤位置、材料参数,确认现场施工条件,排查施工障碍物,清理作业场地。同时做好材料与设备筹备,严格筛选钢筋、钢板、纤维材料、结构胶、注浆材料等主材,进场前完成质量检测,确保材料符合规范及设计要求,调试注浆机、张拉设备、切割设备等施工器械。最后落实安全防护措施,对老旧脆弱构件搭设临时支撑体系,划分施工危险区域,对施工人员开展技术交底和安全培训,明确施工规范和风险要点,杜绝施工安全隐患。

4.2 关键施工工艺

各类加固技术的关键施工工艺直接决定加固质量,需严格遵循标准化施工流程,把控核心工艺要点。增大

截面加固需重点做好基层凿毛、钢筋绑扎、界面处理和混凝土浇筑养护,确保新旧混凝土紧密结合,杜绝空鼓、开裂问题。外包钢加固需精准把控型钢下料、安装定位、缝隙封堵,湿式加固需保证灌浆饱满密实,干式加固需确保型钢固定牢固、贴合紧密^[5]。FRP及钢板粘贴加固需做好基层打磨找平、除尘除油,严格控制结构胶配比、涂刷厚度,保证粘贴面无气泡、无空鼓,粘贴后做好静置养护和防火防腐处理。预应力加固需精准控制张拉应力、张拉顺序,做好预应力锚固和应力检测,避免应力偏差导致结构变形。注浆加固需合理控制注浆压力、注浆速度,根据裂缝宽度选用适配浆液,确保浆液填充饱满。所有工艺施工完成后,需开展成品保护和质量检测,及时整改质量缺陷,保障加固工程整体达标。

结束语

既有建筑结构加固是保障建筑安全、延长使用寿命的关键手段。本文分析表明,增大截面法经济性好、FRP法轻质高效、预应力法主动可控,各类技术各有适用边界,单一技术难以满足复杂工况需求,组合加固已成为主流趋势。工程选型须以精准鉴定评估为前提,结合损伤类型、使用功能、空间限制及经济条件综合决策。未来随着绿色改造与智能监测技术发展,加固技术将向高效化、耐久化、低碳化方向持续演进。

参考文献

- [1]范素华,刘春凯.既有建筑结构加固技术应用分析[J].砖瓦世界,2026(2):28-30.
- [2]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.
- [3]刘婉霞.既有房屋建筑结构加固改造技术的应用分析[J].建材与装饰,2022,18(25):81-83.
- [4]田云.既有建筑加层改造施工中的结构加固技术分析[J].城市开发,2025(22):145-147.
- [5]张永超.结构加固技术在既有建筑改造工程的应用研究[J].工程机械与维修,2024(2):206-208.