

既有建筑结构检测与加固施工技术研究

马 念

(云南达界建设工程检测有限公司, 云南 昆明 650100)

摘 要 随着服役年限增长, 大量既有建筑已进入集中老化期, 由于受设计年代标准低、材料自然劣化等因素影响, 导致这类建筑的结构安全稳定性与耐久性逐年下降, 成为当前城市更新领域必须高度重视的核心工程风险源。结构检测为这类既有建筑加固决策提供了先决条件。本文以“检测—评估—加固—控制”为核心思路, 详细探讨了外观与变形观测、材料特性检测等核心检测技术, 对既有建筑的常见病害和成因机理进行了分析。根据工程实践归纳了增大截面、外包钢、粘贴纤维复合材料和预应力加固的施工技术要点和适用边界。同时, 在界面连接、锚固构造、耐久防护及过程验收方面提出了质量控制要点, 以期对既有建筑安全评估和加固施工有所裨益。

关键词 既有建筑; 结构检测; 结构加固; 外观检测; 材料性能检测

中图分类号: TU746.3

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.14.014

0 引言

既有建筑随着服役年限增长, 受到设计标准的差异、施工质量的波动、使用荷载的改变、环境持续侵蚀等的影响, 结构的承载力、刚度及耐久性会发生不同程度的劣化, 继而诱发裂缝扩展、钢筋锈蚀和变形超限等安全性和使用功能方面的问题。“检测评估—加固设计—施工控制”的现有建筑技术链条成为确保既有建筑安全和延长寿命的关键途径^[1]。结构检测为既有建筑加固决策提供依据, 检测结果直接用于风险分级、薄弱构件识别及加固参数取值; 加固施工是既有建筑性能恢复和提升的关键环节, 需要在满足承载和延性目标的同时, 考虑施工的可实施性和耐久性。为使既有建筑改造更具针对性和可靠性, 本研究重点围绕既有建筑结构检测方法、常见病害与隐患特征以及增大截面、外包钢、纤维复合材料与预应力等加固施工技术进行系统分析, 对关键施工技术要点及质量控制措施进行了总结, 为既有建筑安全评估和加固实践提供借鉴。

1 既有建筑结构检测技术分析

1.1 建筑结构外观检测技术

外观检测以“构件—节点—体系”为序开展, 并在初步确认结构体系及整体布置基本满足现行抗震设计要求、能够按照承载能力与构造要求进行安全评估的前提下开展相关工作。首先对梁、柱、墙、板及连接节点进行目测与量测, 重点记录裂缝形态(走向、

宽度、贯通性)、混凝土剥落和露筋, 渗漏和盐析以及构件挠度和变形情况, 形成可追溯缺陷分布图。然后结合结构的受力特点区分裂缝类型, 并将温度收缩, 荷载作用和沉降变形的诱因和构件的位置相对应, 从而实现薄弱构件和风险区域的初步锁定。对可疑整体问题进行沉降、倾斜及层间位移同步观测, 迅速判断基础变形和整体侧向刚度有无异常现象, 从而为后续材料检测和承载复核工作提供清晰的检测路径和优先级。

1.2 材料性能检测技术

材料性能检测按照“面域筛查—重点校核—参数入模”的工艺路线进行。针对混凝土结构既有建筑, 首先采用回弹法与超声法相结合的方式, 按区域绘制混凝土强度及内部质量分布图谱。回弹法可判定混凝土的强度水平及离散程度, 借助超声法能精准定位裂隙位置、识别疏松、空洞等内部隐性缺陷, 以此圈定可能影响结构承载力与耐久性的劣化区域。对于承重关键构件, 若检测结果显示存在数据离散性显著的区域或可疑薄弱区域, 需通过钻芯取样进行强度复核, 同时可同步获取碳化深度、孔隙状态等耐久性相关信息。结合“非破损效率+取样精度”的方法, 可以直接将检测数据转换为加固设计所需的材料参数和分区标准, 从而减少误判对设计方案选择的干扰。

1.3 钢筋检测与腐蚀检测技术

在钢筋的检测过程中, “构造符合性+耐久风险”被视为核心考量因素。利用钢筋扫描仪对钢筋的位置、间距、直径和保护层厚度等参数进行验证, 着重对受

作者简介: 马念(1983-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向: 建筑工程质量检测。

拉区的配筋、箍筋加密区和节点核心区进行分析,判断有无保护层偏薄的情况、钢筋错位或者构造措施不完善等,据此对构件的延性和受力传递的可靠性进行评价。对存在渗漏、潮湿或氯盐侵蚀环境的部位,结合碳化深度测定与电化学腐蚀评估(半电池电位等)判断钢筋腐蚀活动性与发展趋势,建立风险分级与处置优先序^[2]。该成果直接确定了技术路线:以腐蚀为主的部件要优先考虑耐久性修复和保护,然后施行补强;承载不足主导的构件则以提升承载与延性为目标配置加固措施。

2 既有建筑结构存在的主要问题

2.1 结构材料老化与耐久性下降

既有建筑在经历较长的服役时间之后,其材料性能一般表现为“强度—刚度—耐久性”的协同衰减。混凝土普遍存在碳化,冻融及氯盐侵蚀等因素造成保护层的劣化和钢筋锈蚀造成的体积膨胀等问题,这些因素又会诱导裂缝的扩展和脱落,减弱粘结锚固和有效截面;同时徐变、收缩的积累使得挠度和裂缝宽度增加,导致使用性能和安全储备降低。在钢结构中,涂层失效、点蚀和截面弱化是主要的问题,而在腐蚀和疲劳的叠加影响下,连接节点更容易出现承载力的退化和延性的不足。

2.2 结构设计标准不足

部分既有建筑受建造年代规范水平和功能定位的限制,抗震构造和安全冗余缺失,其典型特征是延性构造缺失、节点区的约束较弱。由于构件配筋及构造措施偏于保守或者不够完善等原因,使得结构更容易在地震或者偶然性的影响下产生薄弱层和脆性破坏机制。另外,当建筑物改用途、增荷载或者变更平面分隔时,往往会发生荷载路径重分配和局部受力突增等问题,原有设计中承载和变形控制指标很难满足当前的使用需求,需要对结构体系进行复核和补强,以恢复其整体可靠度。

2.3 施工质量问题

既有建筑结构隐患常和前期施工质量缺陷相互叠加和放大,在既有混凝土结构工程中集中表现为材料强度分散,钢筋位置偏离以及节点构造执行不到位。混凝土振捣不密,蜂窝麻面及施工缝处理不好,抗剪和耐久性能减弱;钢筋保护层较薄,锚固长度不够或者搭接不标准,将减小受力传递和延性储备;模板偏差和养护不足容易诱发早期裂缝,加速劣化^[3]。该类缺陷隐蔽性和累积性较强,往往在长期荷载和环境作用下向可见病害转变,并直接影响检测评估和加固分区优先级判断。

3 既有建筑结构加固施工技术

3.1 增大截面加固技术

增大截面法通过在原有构件的外侧添加钢筋和浇筑新的混凝土来形成“新与旧共同受力”的复合截面的方法,其目的是为了提升梁和柱等构件的承载能力和刚度,适用于既有钢筋混凝土构件受压不充分,受弯承载力较低,或者挠度和裂缝控制达不到要求时。施工的核心是界面的处理和可靠的连接:对原有混凝土的表面进行凿毛、清洗,并用界面剂加强粘结;采用植筋、箍筋加密或者剪力连接件等方式保证新增钢筋和原有构件共同工作;模板和支撑在浇筑过程中应确保几何尺寸和保护层厚度。该项技术存在的主要风险是新老混凝土界面滑移和收缩差异导致开裂,要采取合理配筋,收缩补偿材料和分段浇筑等措施来控制不利影响。

3.2 外包钢加固技术

外包钢加固是用型钢或者钢板包裹或者加箍构件来增强截面约束和承载能力的一种加固方法,特别是对于既有钢筋混凝土柱轴压比较高而抗震延性又不够的情况,节点核心区对既有建筑构件约束较弱,存在局部压碎的危险。施工应围绕“传力路径明确、贴合严密、持久可控”组织:钢材加工需满足构件几何偏差与现场拼装要求,包钢与原构件之间宜采用高强灌浆料或结构胶填充,保证受力连续并避免空鼓;连接方式要综合考虑受力特点,选择焊接或者螺栓等方式,同时要控制热影响破坏原有构件^[4]。外包钢耐久性是质量控制的关键,需要配置防腐体系和改善节点封闭及排水细部以避免因潮气滞留造成二次锈蚀和性能衰减。

3.3 粘贴纤维复合材料加固技术

粘贴纤维复合材料(以碳纤维合成材料为主)通过在构件受拉区布置高强纤维层,显著提升受弯、受剪承载能力并抑制裂缝开展,适用于既有钢筋混凝土梁、板、柱等构件受弯不充分,剪切承载力不充分,因开洞或者改建而导致的部分弱化,结构轻量化补强等需要。该技术能否成功,关键在于界面和锚固的控制:需要将基层磨平,使其达到稳固的基面,保证干爽清洁;胶粘剂的比例、涂布厚度及固化条件等要根据工艺窗口进行严格把控,防止空鼓、脱粘和强度不够。对于端部剥离危险较大的区域,宜采用端部锚固,U形箍或者机械锚具的构造措施以增加纤维的有效利用率。在火灾敏感或者高温环境下,防火保护层的设计和长期耐久性设计应该同步进行,以免材料性能受到温度和老化的影响而出现明显的折减。

3.4 预应力加固技术

预应力加固是在体外加预应力筋或者在体外索作用反向内力来改善构件受力和变形状态,它能有效地减小既有梁板挠度,控制裂缝宽度,增强其在使用阶段承载的安全储备,适用于既有钢筋混凝土梁、板等受弯构件跨度大,长期挠度太大或者因使用功能调整而使荷载增大的构造。施工应以“张拉体系运行可靠,锚固区安全可靠,张拉工艺可控”为原则:锚具与转向装置布置需满足受力路径与结构构造条件,避免对原构件产生不利偏心或局部压碎;张拉要采取分级、对称和同步控制的方法,并对伸长量、索力及结构变形等参数进行实时监控,以防超张和二次应力集中^[5]。该项技术对于施工组织和检测复核都有很高的要求,需要在张拉之前完成承载复核和锚固区局部加固设计工作,张拉后要开展长期索力和挠度追踪工作,确保加固效果稳定可靠。

4 既有建筑结构加固施工质量控制

4.1 “检测数据—承载复核—方案配套”闭环控制

加固质量控制要从源头上构建“检测数据—承载复核—方案配套”闭环。检测阶段不仅要完成缺陷识别,还应形成可用于设计的参数集(如混凝土强度分区,钢筋保护层和锈蚀的风险等级,构件裂缝特征及变形实测值),并明确关键薄弱构件与薄弱楼层。复核阶段依据现行规范进行承载力与变形验算,识别控制指标(承载、刚度、延性和耐久)。在方案阶段,要坚持问题导向:承载不足时,优先选择增大截面,外包钢或者预应力体系来增强承载和刚度;裂缝和受拉不足可以用碳纤维合成材料和其他材料定向补强;如果耐久性不足,需要先进行修复再进行加固,以防止“带病加固”导致的界面失效和二次劣化。

4.2 关键工序过程控制与可追溯管理

施工过程要围绕加固技术中的关键工序设置控制点,形成可追溯记录。增大截面法主要关注界面凿毛质量,植筋深度和拉拔抽检,钢筋锚固和箍筋加密,混凝土配合比和养护条件等方面,以预防界面滑移和收缩裂缝的产生。外包钢的强化主要集中在钢构件的处理尺寸及贴合度,灌浆/结构胶饱满度,焊接热影响和螺栓预紧力以及防腐封闭细部等方面的控制,以免发生空鼓、脱空及腐蚀复发。碳纤维合成材料加固主要控制基层含水率和洁净度,胶粘剂配比和涂布厚度,纤维铺贴的方向和搭接长度以及端部锚固措施等,以减少剥离破坏的风险。预应力加固主要集中在锚固区的局部承压和加固控制、张拉分级和同步控制、伸

长量和索力校核以及张拉过程中的变形监测等方面,以防超张和应力集中^[6]。以上控制点要通过旁站、抽检及影像记录等方式固化,保证工序质量的可核查。

4.3 加固后验收与性能验证评估

加固完成后的质量验收不应停留在外观与资料层面,应以“构造合规→接口可靠→性能符合标准”为目标组织验证。首先开展实体质量核查工作,并结合增大截面、外包钢、纤维复合材料及预应力等不同加固方法的质量控制内容分类验收,核查内容涉及新增构件的尺寸偏差,钢筋的位置和保护层的设置,包钢的贴合和闭合,碳纤维合成材料的空鼓率和端部锚固的完整性以及预应力锚具和索道的保护。其次,对裂缝宽度及发展趋势、挠度及层间位移、局部变形及节点约束效果等关键指标进行复测和对比评价,对关键构件的承载复核回算以保证加固措施达到设计意图。对耐久性敏感区域、防腐、防火及防水等细部要同步进行排查,建立起必要的监控及维保机制以实现全寿命周期加固效果的稳定和可控。

5 结束语

既有建筑结构检测加固施工技术有效落实的关键是建立“检测—复核—方案—施工—验收”闭环体系。在工程实践中,要以问题为导向进行外观变形观测、材料性能和钢筋腐蚀检测等工作,并形成可以进行承载复核和设计的参数基础。同时,结合病害机理和薄弱部位,合理选择增大截面、外包钢、纤维复合材料和预应力等加固工艺,强调界面传力、锚固可靠和工艺可追溯等施工控制。通过技术优化和管理协同,可以有计划地增强既有建筑承载、变形和耐久性性能,从而为城市更新和建筑再利用等提供安全、经济和持续的技术支持。

参考文献:

- [1] 周灿培.城市更新背景下既有建筑结构安全性检测技术优化:以某市老城区红星小区5号楼为例[J].城市建设,2025(23):87-89.
- [2] 林子靖.钢-砌体结构混合的既有建筑结构检测与鉴定方案探讨[J].福建建设科技,2023(06):25-27.
- [3] 张琪.既有建筑混凝土结构加固改造技术应用与管理[J].工程质量,2024,42(S1):103-107.
- [4] 肖柳阳,胡志伟,马超.既有建筑工程结构的检测方法研究与加固技术研究[J].四川建材,2025,51(06):99-102.
- [5] 朱曹闻.既有建筑混凝土结构加固方法分析:以上海市某物流中心项目为例[J].房地产世界,2024(18):107-109.
- [6] 姚思睿.建筑结构检测与加固施工技术的探讨[J].城市开发,2025(06):171-173.