

既有建筑预制板加固技术发展研究

曹紫菲 赵洪州*

河北建研建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]我国存量建筑中, 20 世纪中后期建造的预制板楼屋盖建筑占比很高, 这类建筑受设计标准、材料性能、施工工艺及长期使用损耗等因素影响, 普遍面临承载力不足、整体性差、支座连接薄弱及耐久性劣化等问题, 已难以满足现行结构规范与抗震设防要求。在城镇化进入存量发展的背景下, 既有建筑预制板加固成为保障建筑安全、延长使用寿命、推动城市更新的关键路径。文中基于既有建筑预制板的病害特征与加固需求, 系统梳理加固技术的发展脉络, 从材料、工艺、体系三个维度构建技术框架, 详细阐述技术的原理与应用要点, 最后展望未来技术发展趋势, 为既有建筑预制板加固工程提供参考。

[关键词]既有建筑; 预制板; 加固技术; 城市更新

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18645 中图分类号: TU311. 文献标识码: A

Research on Strengthening Technology for Prefabricated Panels in Existing Buildings

CAO Zifei, ZHAO Hongzhou*

Hebei Jianyan Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Among the existing buildings in China, prefabricated panel roof buildings constructed in the mid to late 20th century account for a high proportion. These buildings are affected by design standards, material properties, construction processes, and long-term use losses, and generally face problems such as insufficient bearing capacity, poor integrity, weak support connections, and durability degradation. They are no longer able to meet current structural specifications and seismic design requirements. In the context of urbanization entering the stage of stock development, the reinforcement of prefabricated building panels has become a key path to ensure building safety, extend service life, and promote urban renewal. Based on the disease characteristics and reinforcement requirements of existing prefabricated building panels, this article systematically reviews the development of reinforcement technology, constructs a technical framework from three dimensions: materials, processes, and systems, elaborates on the principles and application points of the technology, and finally looks forward to future technological development trends, providing reference for existing prefabricated building panel reinforcement projects.

Keywords: existing buildings; prefabricated panels; reinforcement technology; urban renewal

引言

20 世纪 70 至 90 年代, 预制板凭借施工便捷、造价低廉的优势, 成为我国民用建筑与公共建筑楼盖系统的主流构件, 广泛应用于住宅、学校等建筑中。经过数十年的服役, 这些预制板在自然环境侵蚀、使用功能变更等多重因素作用下, 结构性能显著退化, 安全隐患日益凸显。

传统加固技术如增大截面法等, 存在湿作业量大、影响建筑使用空间、耐久性不足等局限, 已难以满足现代加固工程对高效、环保、精准的要求。随着材料科学、施工技术与设计理念的进步, 既有建筑预制板加固技术正朝着高性能、装配化、数字化、绿色化的方向发展。因此, 系统研究既有建筑预制板加固技术的新成果与发展趋势, 对于推动加固工程的规范化、高效化实施, 降低城市更新成本, 实现建筑可持续发展具有重要的理论价值与工程意义。

1 既有建筑预制板的病害特征与加固需求

1.1 主要病害特征

既有建筑预制板的病害表现形式多样, 根源可归结为设计、材料、施工及使用等多方面因素。承载力不足是突

出的问题之一, 使用过程中功能变更导致荷载增加、混凝土碳化、钢筋锈蚀及板面损伤等因素, 使得板体抗弯、抗剪承载力显著下降, 表现为板底裂缝开展、挠度增大。

整体性差是预制板楼盖的固有缺陷, 传统预制板简支搁置于墙体上, 板间仅靠细石混凝土灌缝连接, 缺乏有效的水平拉结, 在地震等水平力作用下各板独立工作, 无法形成协同受力的水平隔板, 易发生移位、碰撞甚至掉落。支座连接薄弱同样不容忽视, 预制板在墙体或梁上的支承长度通常仅 80~100mm, 且板端无可靠锚固措施, 地震作用下易因往复错动导致滑落, 引发连续性倒塌。

耐久性劣化则表现为混凝土保护层疏松剥落、钢筋锈蚀、板缝渗漏等问题, 经过数十年使用, 预制板混凝土在碳化、冻融、化学侵蚀作用下性能下降, 板缝灌缝混凝土老化收缩与原板剥离, 不仅影响使用功能, 更直接削弱结构力学性能。

1.2 主要加固需求

针对上述病害, 既有建筑预制板加固的主要需求可概括为四个方面: 一是提升单块预制板的极限承载力与刚度;

二是加强板与板、板与支座之间的连接,形成整体协同工作的楼盖体系,提升水平力传递能力;三是改善支座连接可靠性,延长支承长度,防止地震作用下板体滑落;四是修复结构损伤,提升耐久性与抗裂性能,延长建筑使用寿命。同时,加固工程还需兼顾施工可行性、经济性与环保性,尽量减少对建筑正常使用的影响,避免大规模湿作业与建筑垃圾产生。

2 既有建筑预制板加固技术体系

2.1 材料:高性能材料的研发与应用

传统加固材料存在自重较大、耐久性不足、施工适应性差等问题,新型高性能材料的研发与应用显著提升了加固效果与工程质量。在纤维复合材料领域,碳纤维布、芳纶纤维布等材料凭借抗拉强度高、重量轻、耐腐蚀、施工便捷等优势,逐渐取代传统钢材成为承载力补强的核心材料。

高延性纤维增强水泥基复合材料、自密实灌浆料、早强微膨胀混凝土等逐步应用于加固工程。高延性混凝土具有优异的抗裂性与变形能力,在板缝加固、支座处理中能有效抑制裂缝开展,提升结构延性;自密实灌浆料无需振捣即可充满预制板孔洞与连接缝隙,确保粘结密实,缩短施工周期。此外,耐候钢、高强不锈钢等新型钢材的应用,降低了金属构件的防腐要求,延长了加固体系的使用寿命。

2.2 工艺:装配化与数字化施工的突破

传统加固工艺多依赖现场湿作业,施工周期长、劳动强度大、质量控制难度高,而装配化施工工艺的发展实现了加固构件的工厂预制与现场快速装配。例如,标准化角钢节点、模块化连接件等构件在工厂生产,现场通过螺栓连接、植筋锚固等方式快速安装,大幅减少了现场湿作业量,提高了施工精度与质量稳定性。在支座加固中,预制角钢支托通过预埋钢板与新增构造柱或圈梁可靠连接,形成传力明确的装配式节点,避免了在老旧砖墙上大量钻孔的问题。

数字化技术的融入为加固工程提供了精准化解决方案。基于 BIM 技术的精细化设计,可实现加固方案的三维建模、模拟分析与优化,提前规避施工冲突;三维扫描技术能精准获取既有建筑预制板的实际尺寸、损伤位置与程度,为个性化加固方案制定提供数据支撑;无损检测技术(如雷达探测、超声波检测)可有效识别预制板内部钢筋锈蚀、孔洞填充缺陷等问题,确保加固设计的针对性。

2.3 体系:复合协同与功能集成的发展

单一加固技术难以同时解决预制板的多重病害,复合加固体系通过不同技术的优势互补,实现了加固效果的最优化。复合加固体系的核心在于协同工作,例如“板底碳纤维布补强+板顶混凝土叠合层+板端角钢支托”的组合方案,既通过碳纤维布提升抗弯承载力,又利用叠合层增强整体性,同时通过角钢支托解决支座薄弱问题,全面提升结构性能。针对破损严重的预制板,采用“临时支撑+

叠合层加固+板缝暗梁连接+支座高延性混凝土包裹”的综合措施,实现了损伤修复与性能提升的双重目标。

功能集成化是加固体系的另一重要方向,现代加固技术已不再局限于力学性能提升,而是与节能改造、设施更新等功能需求相结合。例如,绿色节能加固技术采用“上板体-预制板主体-承压板”的三层结构,利用环保灌浆料填充间隙,在提升承载力的同时实现保温隔热功能。

3 主要加固技术的应用

3.1 协同加固技术

协同加固技术是针对预制板承载力不足与抗裂性能差的方案,通过碳纤维材料与混凝土、钢筋的协同受力,显著提升板体抗弯、抗剪能力。该技术的核心在于多维度增强设计:板底沿跨方向粘贴碳纤维布,补充受拉区钢筋作用,提升抗弯承载力;在板端采用角钢锚固与碳纤维布弯折搭接相结合的方式,解决端部剥离问题,确保协同工作。

老旧小区因加装电梯需加固预制板,采用“碳纤维布+混凝土叠合层”协同加固方案,抗弯承载力提升,挠度减小,满足设计要求。该技术施工周期短,且不增加建筑自重,不影响使用空间,展现出显著的技术优势。

3.2 支座连接加固技术

针对预制板支座连接薄弱与支承长度不足的问题,支座连接加固技术通过构造优化与材料协同,实现了支承可靠性的大幅提升。角钢支托与墙体加固层协同加固技术是典型代表,该技术在预制板与墙体交接处设置通长角钢,角钢一侧通过锚栓固定于墙体加固层(钢筋网混凝土层),另一侧与预制板底面拉结,形成“钢制牛腿”支托结构,既延长了支承长度,又通过加固层增强了墙体承载能力,避免了直接在脆弱砖墙上钻孔的弊端。

对于无圈梁或圈梁薄弱的建筑,装配式圈梁加固技术成为根治支座问题的有效方案。该技术通过工厂预制型钢组合圈梁或钢筋混凝土圈梁构件,现场利用钢制牛腿、植筋或对穿锚杆与墙体、预制板有效连接,形成连续可靠的支撑体系,将同层墙体与楼板紧密“箍合”,提升了结构整体稳定性与抗震性能。

3.3 预应力悬吊与灌芯复合加固技术

预应力悬吊与灌芯复合加固技术是针对大面积预制板楼盖整体性差、承载力不足的方案,该技术结合了灌芯加固的局部增强与预应力悬吊的整体拉结优势。首先,对间隔布置的预制板进行灌芯加固,在空心孔洞内穿入贯通钢筋,灌注自密实灌浆料,形成“芯梁”加强单元;随后,在加强单元之间设置预应力钢丝绳或钢绞线,两端锚固于边部加强板或墙体,通过张拉形成水平向预压力,将离散的预制板“捆扎”成整体,实现荷载重分配与协同受力。

老旧厂房楼盖预制板整体性差,存在多处裂缝与渗漏问题,加固后楼盖整体刚度提升,抗弯承载力满足荷载要求,且施工过程中无需完全清空建筑内部,对生产影响较小。

3.4 绿色节能加固技术

响应“双碳”目标与绿色建筑理念,绿色节能加固技术在提升结构性能的同时,实现了环保与节能的双重目标。该技术采用环保型加固材料(如工业废料制备的高延性混凝土、水性胶黏剂),减少了水泥用量与碳排放;通过优化施工工艺,采用干式作业、模块化装配等方式,降低了施工噪音与扬尘污染,减少建筑垃圾产生。

城市更新项目中的老旧住宅采用绿色节能加固技术,通过“预制混凝土模块+环保灌浆料+高强钢筋”的复合体系,在不拆除原有预制板的前提下,实现承载力提升与保温性能优化。该技术无需满堂脚手架,施工周期缩短,建筑垃圾排放量减少,加固后建筑能耗降低,既满足结构安全要求,又提升居住舒适度,符合城市更新的可持续发展理念。

4 既有建筑预制板加固技术发展趋势

4.1 高性能与多功能材料深度融合

未来,加固材料将朝着更高性能、多功能集成的方向发展。智能材料(如自修复混凝土、形状记忆合金)的研发与应用有望解决加固结构的长期耐久性问题,自修复混凝土可通过内部微胶囊技术自动修复裂缝,减少后期维护成本;形状记忆合金则能在地震后恢复原状,提升结构抗震韧性。此外,兼具加固、保温、隔音等功能的复合一体化材料将成为发展热点,实现结构性能与使用功能的同步提升。

4.2 装配化与模块化标准化发展

装配化加固构件的标准化、系列化将是未来技术发展的重要方向。通过建立统一的加固构件标准体系,实现角钢托、预制圈梁、模块化连接件等构件的批量生产与通用互换,降低生产成本,提高施工效率。同时,基于BIM技术的模块化设计平台将逐步完善,实现加固构件的参数化设计、虚拟装配与性能模拟,推动加固工程向工业化、规模化方向发展。

4.3 数字化与智能化全流程覆盖

数字化技术将贯穿加固工程的设计、施工、运维全生命周期。在设计阶段,基于人工智能算法的加固方案优化系统将实现病害识别、方案选型、参数设计的自动化;施工阶段,实时质量监测系统将进一步提升施工精度与安全

保障;运维阶段,植入式传感器与物联网技术将实现加固结构性能的长期动态监测,及时预警潜在风险,为维护决策提供数据支撑,形成“设计-施工-监测-维护”的闭环管理体系。

4.4 绿色低碳与可逆性加固理念强化

绿色低碳将成为加固技术创新的核心导向,低能耗、低污染、可循环的加固材料与工艺将得到广泛应用。同时,可逆性加固技术将受到更多关注,通过设计可拆卸、可更换的加固节点与构件,为建筑未来的再次改造预留可能性,减少资源浪费。此外,加固工程与城市更新等政策的协同融合,将实现结构安全、功能提升与生态环保的多目标共赢。

5 结论

既有建筑预制板加固是保障建筑安全、延长使用寿命、推动城市更新的重要手段,面对传统加固技术的局限与现代工程的多元需求,加固技术正朝着材料高性能化、工艺装配化、体系复合化、设计数字化、发展绿色化的方向前进。

随着高性能材料的深度融合、装配化标准化的推进、数字化智能化的全覆盖以及绿色低碳理念的强化,既有建筑预制板加固技术将更加规范、高效、可靠,为我国存量建筑改造与城市更新提供强有力的技术支撑,助力实现建筑行业的可持续发展。

[参考文献]

- [1]高平平,王滋军,朱建,等.一种预制空心楼板的抗弯加固结构及其施工方法:CN106088642B[P].2018-04-13.
 - [2]苏祎奇.一种老旧建筑空心预制板圈梁加固结构:CN214739952U[P].2021-11-16.
 - [3]徐峰衍,顾夏英,陈赞,等.一种绿色节能的预制板砌体加固结构:CN222501174U[P].2025-02-18.
- 作者简介:曹紫菲(1986.6—),毕业院校:石家庄经济学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:河北建研建筑设计有限公司,职务:结构设计师,职称级别:高级工程师;*通讯作者:赵洪州(1990.4—),毕业院校:湖南理工学院南湖学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:河北建研建筑设计有限公司,职务:结构设计师,职称级别:高级工程师。