

装配式建筑施工全过程质量控制关键技术与管理协同机制研究

蔡堃

江西礞溪建设工程有限公司

摘要: 装配式建筑施工全过程质量控制是实现建筑工业化高质量发展的重要保障。本文针对装配式建筑施工过程中设计、生产、运输、安装各环节的质量控制难点,系统分析构件生产精度控制、运输过程防护、现场安装定位及节点连接等关键技术。在此基础上,构建基于信息协同、流程协同与组织协同的多维度协同管理机制,提出涵盖全过程的质量追溯体系与动态控制方法。

关键词: 装配式建筑; 全过程质量控制; 关键技术; 协同管理; 质量追溯

装配式建筑将传统现浇施工模式转变为工厂预制与现场装配相结合的建造方式,对质量控制提出了全新要求。与传统施工相比,装配式建筑施工涉及设计、生产、运输、安装等多个独立环节,各环节的质量问题相互传导、叠加放大,任一环节出现偏差都可能导致现场安装困难或结构性能下降。当前工程实践中,各环节质量管控相对独立,缺乏贯穿全过程的质量协同机制,质量问题追溯困难、责任界定不清等问题普遍存在。

1 装配式建筑施工全过程质量控制的内涵与挑战

1.1 全过程质量控制的基本内涵

装配式建筑施工全过程质量控制是指将质量控制范围从传统施工阶段向前延伸至设计阶段与生产阶段,向后延伸至运输阶段与安装阶段,形成覆盖构件全生命周期的质量管控体系。其核心内涵体现在三个方面。一是控制对象的转变,质量控制从以现场施工工序为对象转变为以预制构件为对象,每个构件在设计、生产、运输、安装各环节的质量状态均需得到有效监控。二是控制主体的扩展,质量控制主体从单一的施工单位扩展为设计单位、生产单位、运输单位、安装单位等多方协同参与。三是控制方式的升级,从事后检验向事前预防与过程控制转变,通过各环节质量信息的实时传递与动态反馈,实现质量问题的早期识别与快速处置。

1.2 各环节质量控制的主要难点

装配式建筑施工各环节存在差异化的质量控制难点。设计阶段,构件拆分方案的科学性直接影响后续生产与安装质量,拆分不合理可能导致构件超重、运输困难或现场连接复杂。生产阶段,模具精度、混凝土配合比、养护条件等因素影响构件尺寸精度与混凝土强度,隐蔽工程如预埋件位置偏差在生产完成后难

以修正。运输阶段,构件在装车、运输、卸车过程中易因固定不当或道路颠簸产生裂缝、缺棱掉角等损伤,且损伤往往在安装时才发现。安装阶段,构件吊装定位精度要求高,节点连接质量控制难度大,灌浆饱满度、焊缝质量等直接影响结构整体性能。

1.3 质量控制面临的协同困境

全过程质量控制实践中面临多重协同困境。信息协同方面,设计、生产、运输、安装各环节之间质量信息传递不畅,设计变更未能及时传递至生产车间,生产过程中的质量数据未能反馈至安装现场,导致质量决策缺乏完整信息支撑。流程协同方面,各环节质量验收标准衔接不紧密,前端验收合格的标准与后端安装要求的匹配度存在偏差,造成前后标准不一致的冲突。组织协同方面,各环节责任主体分属不同单位,质量责任边界模糊,质量问题出现后易出现推诿现象,问题整改难以快速落实。

2 装配式建筑施工全过程质量控制关键技术

2.1 设计阶段的质量控制技术

设计阶段的质量控制技术主要包括构件拆分优化、连接节点深化及预留预埋精准定位。构件拆分优化技术依据建筑功能、结构受力及运输吊装条件,合理确定构件尺寸与重量,避免因拆分不当导致构件超限或受力不合理。拆分过程中采用参数化建模工具,对构件数量、类型及规格进行统计分析,评估拆分方案的综合经济性与施工可行性。连接节点深化技术针对预制构件之间的连接部位进行精细化设计,明确钢筋定位、套筒位置及灌浆通道,确保节点构造满足受力要求且便于现场施工操作。预留预埋精准定位技术通过三维模型准确定位各类预留孔洞与预埋件位置,生成预留预埋图,指导生产阶段模具制作与预埋件安装,减少现场开槽凿孔对构件结构的破坏。

2.2 生产阶段的质量控制技术

生产阶段的质量控制技术聚焦模具精度控制、混凝土浇筑工艺及构件养护管理。模具精度控制采用数控加工设备制作模具,模具尺寸偏差控制在允许范围内,模具使用前进行精度校验,使用过程中定期复测,发现磨损或变形及时修复或更换。混凝土浇筑工艺控制包括原材料质量检验、配合比优化及浇筑振捣参数设定,确保混凝土强度与外观质量满足设计要求。构件养护管理根据构件类型与气候条件选择适宜的养护方式,预制构件在养护期内保持稳定的温湿度条件,避免因养护不当导致裂缝或强度不足。

2.3 运输与安装阶段的质量控制技术

运输与安装阶段的质量控制技术涵盖构件运输防护、吊装定位调整及节点连接质量控制。构件运输防护技术根据构件形状特点设计专用运输支架与固定装置,构件与支架之间设置柔性垫层,运输途中定期检查固定状态,确保构件在运输过程中不发生位移与碰撞。吊装定位调整技术采用激光定位与全站仪测量相结合的方式,对构件安装位置进行精确定位,吊装过程中使用导向绳与定位销辅助就位,安装偏差在允许范围内调整。节点连接质量控制技术根据连接形式制定专项施工方案,套筒灌浆连接采用专用灌浆料与灌浆设备,灌浆过程中进行饱满度监测,灌浆后留置试件进行强度检验;螺栓连接按设计扭矩进行紧固,采用扭矩扳手进行校核;焊接连接按工艺评定参数施焊,焊缝质量进行外观检验与无损检测。

3 装配式建筑施工全过程协同管理机制

3.1 信息协同机制构建

信息协同机制是实现全过程质量控制的基础保障。构建统一的信息管理平台,将设计模型、生产数据、运输信息及安装记录集成于同一系统,各环节参与方在权限范围内实时共享质量信息。设计阶段输出的构件清单、深化图纸及预埋件定位信息直接传递至生产管理系统,作为模具制作与构件生产的依据。生产阶段形成的构件尺寸检测数据、混凝土强度报告及隐蔽工程影像资料同步上传至信息平台,运输与安装环节可随时查阅。运输阶段记录的构件发运时间、运输路线及车辆信息录入系统,安装单位据此安排现场吊装计划。安装阶段记录的定位偏差数据、节点连接检验结果及质量问题处理情况及时反馈至平台,形成完整的质量信息闭环。

3.2 流程协同机制构建

流程协同机制通过优化各环节衔接流程,消除质量管控盲区。建立设计生产协同机制,设计单位与生产单位在设计阶段进行技术对接,生产单位提前介入

构件拆分与节点设计,评估生产工艺可行性,避免设计方案与生产能力不匹配导致的质量问题。建立生产运输协同机制,生产单位与运输单位在构件出厂前共同进行构件状态确认,对构件外观、尺寸及防护措施进行联合检查,检查合格后方可装车发运。建立运输安装协同机制,构件运抵现场后,安装单位与运输单位共同验收构件外观质量,确认运输过程未造成损伤后方可卸车。建立安装验收协同机制,每道工序完成后由相关责任方共同验收,验收合格后方可进入下一道工序。

3.3 组织协同机制构建

组织协同机制通过调整组织结构与责任划分,保障质量控制工作有效落实。设立全过程质量协调小组,由建设单位牵头,设计、生产、运输、施工、监理等单位派员参加,负责统筹协调各环节质量管理工作。协调小组定期召开质量协调会议,通报各环节质量状况,分析质量问题成因,制定整改措施,跟踪整改落实情况。明确各环节质量责任主体,设计单位对设计深度与图纸准确性负责,生产单位对构件加工质量负责,运输单位对构件运输安全负责,施工单位对现场安装质量负责,建设单位与监理单位对各环节质量控制情况进行监督。建立质量责任追溯机制,当出现质量问题时,通过信息平台追溯问题构件在各环节的质量记录,准确定位责任环节与责任主体,为问题整改与责任追究提供依据。

4 基于数据驱动的质量动态控制方法

4.1 质量数据采集与集成

质量数据采集与集成是动态控制的基础环节。数据采集覆盖构件生产、运输、安装全过程的各类质量参数。生产阶段采集模具尺寸、原材料检验数据、混凝土拌合物性能、构件成型尺寸及养护温湿度等数据。运输阶段采集运输车辆状态、运输路线、途中振动加速度及构件防护措施等数据。安装阶段采集吊装定位坐标、构件垂直度与水平度、节点连接检验结果等数据。采集手段包括自动化传感器实时监测与人工检测数据录入相结合,传感器用于连续监测的数据如养护温湿度、运输振动等,人工检测用于离散数据如构件尺寸、焊缝外观等。

4.2 质量状态评价与预警

质量状态评价与预警基于采集的质量数据,对各环节质量状况进行量化评估与动态监控。构建全过程质量评价指标体系,涵盖构件生产合格率、尺寸精度达标率、运输损伤率、安装一次就位率、节点连接合格率等关键指标。设定各指标的预警阈值,当实际指

标低于阈值时系统自动发出预警信息。预警分级管理,一般性预警通知相关责任单位关注并加强控制,严重预警要求责任单位立即整改并反馈整改结果。质量状态评价采用可视化方式呈现,通过仪表盘、趋势图等形式展示各环节质量指标变化情况,便于管理者直观掌握质量动态。

4.3 动态调整与持续改进

动态调整与持续改进机制使质量控制由静态检验转变为动态优化。当质量数据反映出趋势性变化时,系统自动分析变化原因并提出调整建议。如构件尺寸偏差呈增大趋势时,分析是否由模具磨损或混凝土收缩率变化引起,建议生产单位复检模具精度或调整配合比。当运输损伤率上升时,分析是否由运输路线路况恶化或防护措施松动引起,建议调整运输路线或加固防护装置。质量改进措施实施后,系统持续监测相关指标变化,验证改进效果。持续改进机制强调经验积累与知识复用,将各项目形成的质量问题案例、改进措施及实施效果纳入知识库,为后续项目提供参考。

5 质量控制技术与协同管理的融合效应

5.1 质量水平的整体提升

质量控制技术与协同管理的深度融合,在工程实践中产生了显著的质量提升效应。设计阶段采用构件拆分优化与连接节点深化技术,结合设计生产协同机制,使构件设计方案在源头上具备了可生产性与可安装性,减少了因设计缺陷导致的后期变更与质量问题。生产阶段运用模具精度控制与成品检验技术,结合生产运输协同机制,使构件出厂合格率得到有效提升,构件尺寸精度与预埋件位置准确率均保持在较高水平。运输阶段实施专用支架防护与过程监控技术,结合运输安装协同机制,使构件运输损伤率显著降低。

5.2 质量管理的效率优化

融合应用使质量管理效率得到系统优化。信息协同机制打破了各环节之间的信息壁垒,质量数据从分散存储转变为集中共享,减少了因信息不对称造成的重复检查与沟通成本。流程协同机制简化了环节交接程序,明确了各环节质量标准与验收要求,减少了因标准不一致导致的返工与争议。组织协同机制明确了各方质量责任,建立了快速响应的问题处置流程,缩

短了质量问题从发现到整改的时间周期。基于数据驱动的动态控制方法使质量监控从人工抽查转变为系统全检,从事后检验转变为过程预警,质量控制人员可将更多精力投入关键环节与重点问题的管理,实现了质量管理资源的优化配置。

5.3 质量风险的显著降低

质量控制技术与协同管理的融合应用,显著降低了装配式建筑施工的质量风险。设计阶段的技术深化与协同对接,减少了因设计疏漏导致的结构安全隐患。生产阶段的质量检验与过程控制,降低了因构件质量缺陷引发的安装风险。运输阶段的防护技术与交接验收,减少了因运输损伤造成的质量隐患。安装阶段的精确定位与节点质量控制,降低了因安装偏差或连接缺陷产生的结构安全风险。全过程质量追溯体系的建立,使质量问题能够快速定位责任主体与产生环节,避免了问题排查困难带来的风险累积。

6 结束语

装配式建筑施工全过程质量控制是一项涉及设计、生产、运输、安装多个环节的系统工程。本文从质量控制关键技术与协同管理机制两个维度,系统分析了装配式建筑施工全过程质量控制的实施路径。质量控制技术与协同管理机制的深度融合,有效提升了装配式建筑施工的整体质量水平与管理效率。未来随着数字技术与智能建造的深入发展,全过程质量控制将向更加精准化、智能化的方向演进,为装配式建筑高质量发展注入新的动力。

参考文献:

- [1] 姜洪斌. 装配式混凝土结构施工质量控制技术研究[J]. 建筑结构, 2022,52(5):78-83.
- [2] 高婧. 预制装配式建筑全过程质量管理体系构建[J]. 施工技术, 2023,52(2):45-50.
- [3] 刘美霞. 装配式建筑产业链协同管理机制研究[J]. 建筑经济, 2021,42(8):23-28.
- [4] 崔晓楠. 基于BIM的装配式建筑质量信息协同管理平台研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2023,15(1):56-62.
- [5] 吴霓. 装配式建筑预制构件生产质量控制关键技术[J]. 混凝土与水泥制品, 2022(4):71-75.