

建筑施工中装配式混凝土结构技术的应用研究

张星宇

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南郑州 450000

DOI: 10.12238/ems.v7i11.16016

[摘要] 建筑业作为国民经济的支柱产业,长期以来依赖现场湿作业的传统建造模式,存在资源消耗大、环境污染重、劳动效率低、质量波动大等问题,为推动建筑业可持续发展,国家层面连续出台政策,大力推广装配式建筑。本研究旨在通过理论结合实践的方式,深入剖析装配式混凝土结构技术的核心优势,结合案例探讨其应用细节与质量管理重点,推动其科学化、规范化应用。

[关键词] 装配式混凝土结构; 建筑工业化; 施工技术; 绿色建筑

引言

在我国建筑行业转型过程中,传统现浇混凝土结构工期长、质量波动大、资源消耗高、现场污染严重等问题,难以适应建筑行业精细化施工管理要求;而装配式混凝土结构,以“工厂预制、现场装配”为核心,通过构件标准化生产与模块化安装,实现了施工效率提升、质量可控及环保节能的多重目标,成为了国家“十四五”规划中重点推广的建筑工业化技术方向。但从装配式混凝土结构技术应用实际来看,依然存在诸多问题,为此,本文以某市住宅工程为研究对象,从施工前期准备、核心工艺实施到质量安全管控,构建全流程技术应用体系,并通过实例验证该技术的可行性,为行业提供可复制的实践方案。

1 装配式混凝土结构技术的优势分析

1.1 提升工程质量与一致性

传统现浇施工依赖现场手工操作,受工人技术水平、天气条件等因素影响,易出现混凝土强度不均、构件尺寸偏差等质量问题。装配式混凝土结构可通过工厂标准化生产,依托专业模具、自动化振捣及恒温养护环境,精准控制构件的原材料配比、钢筋绑扎精度与混凝土成型质量,确保每一个预制构件的性能参数、外观尺寸高度统一。

1.2 提高施工效率,大幅缩短工期

现浇结构需经历支模、绑筋、浇筑、养护等多道现场工序,且各工序间存在较长等待时间,整体工期易受延误。装配式混凝土结构将大部分构件生产转移至工厂,可实现“工厂预制”与“现场准备”同步进行,大幅压缩工序衔接时间,现场仅需完成构件吊装、连接等核心工序,单栋住宅项目的施工周期可明显缩短,尤其在多栋楼同步建设的住宅小区项目中,效率优势更为显著,能有效减少资金占用成本,加快项目交付进度^[1]。

1.3 节能环保,实现绿色建造

现浇筑施工过程中,搅拌混凝土会产生粉尘、噪声污染,并需要配备大量模板、脚手架等耗材,采用装配式混凝土施工方式,各类构件会由工厂进行生产,生产过程中的垃圾也可集中处理,避免了现场湿作业,以及扬尘噪音的产生。

1.4 降低劳动强度,改善安全条件

现浇筑施工过程中,工人需要在高空中进行支模、绑筋等作业,现场存在较大安全风险,若采用装配式施工的方式,各类装配构件由机械吊装,通过模块化装配的方式,减少了工人手工操作。而且装配式构件生产过程中,工人在相对封闭的环境下进行施工作业,便于安全管控,有效降低施工过程中安全事故的发生频率。

1.5 集成化与信息化程度高

装配式混凝土施工技术采用“设计-生产-施工”全流程管理模式,设计阶段工厂利用BIM技术可模拟构件安装顺序,优化各类构件的安装节点与顺序;在施工阶段,项目团队可通过BIM技术与物联网技术,对构件的安装使用进行监督管理,确保各个施工环节高效衔接。

2 案例分析

2.1 工程概况

某城市保障性住房项目总建筑面积 22 万 m²,包含 12 栋 18 层住宅楼,采用装配式混凝土剪力墙结构,预制率要求 ≥60%。工程面临三大核心需求:一是工期紧张,需在 300 天内完成主体结构施工(较传统现浇缩短 90 天);二是场地狭窄,构件堆放面积仅 3000 m²,需优化运输与存储计划;三是质量要求高,需实现结构质量合格率 100%,渗漏率 ≤0.1%,满足保障性住房民生属性。

2.2 技术应用方案

2.2.1 构件选型与标准化设计

本项目采用“通用构件+少量定制构件”模式,构件选型与功能适配如下表所示:

构件类型	规格参数	预制率占比	核心作用
叠合楼板	60mm 预制层 + 70mm 现浇层, 跨度 ≤ 4.2m	35%	减少现场支模, 提升楼板平整度, 缩短施工周期
预制剪力墙	厚度 200mm, 高度 2.8m (标准层), 配备灌浆套筒	45%	承担竖向荷载与水平荷载, 减少现场钢筋绑扎与混凝土浇筑量
预制楼梯	跨度 2.8m, 宽度 1.2m, 带防滑条	15%	避免现场支模浇筑, 提升施工安全系数, 降低人工成本
预制阳台板	悬挑长度 1.5m, 厚度 120mm	5%	标准化生产, 减少现场作业量, 保证阳台外观与尺寸一致性

图1 构件选型与功能适配图

2.2.2 施工组织优化

(1) 构件生产与运输协同

根据工程项目实际情况,项目团队选择距离项目 5km 的预制工厂,采用“按需生产、分批次运输”模式。项目团队根据现场安装进度,每天安排 2 批次构件运输,规划的运输路线避开早晚高峰,构件运抵现场后,现场验收人员需在 30 分钟内完成验收工作,使用回弹仪等设备检测关键参数,对于验收合格的构件,现场吊装团队必须在 24 小时内完成吊装。

(2) 现场平面布置

项目部结合项目施工流水段划分,设置构件存储区、吊装作业区、灌浆作业区这三大核心功能区。在构件存储区,施工方采用“叠放架+立放架”的组合存储模式,用叠放架存放预制墙板,用立放架存放预制柱;同时,施工方在存储区周边设置环形通道,对通道地面采用 C20 混凝土进行硬化,并设置 5 度的排水坡以防止积水。在吊装作业区,项目部划定 2 个独立吊装半径区,且设置专用通道;施工方则在通道两侧安装防护栏杆,在通道入口处设置“吊装作业中,禁止通行”的智能警示灯。对于灌浆作业区,施工方采用封闭式围挡,并在围挡内部划分出灌浆材料存储区、搅拌区和作业区,以此避免灌浆料污染环境^[2]。此外,技术团队采用 BIM 技术绘制现场平面布置动态图,根据施工进度实时调整功能区位置,比如在主体结构施工阶段结束后,技术团队会将吊装作业区转换为装饰装修材料存储区,确保场地复用率 ≥85%。在作业管理方面,项目部建立“分区作业许可制度”,各区域作业前,施工班组需办理《交叉作业许可证》,许可证中明确作业时间、人员资质及防护措施,作业过程中由专职安全员进行现场监督,确保交叉作业事故发生率为 0。

(3) 进度管理

为确保工厂生产、运输、安装各环节衔接顺畅,避免现

场等待或构件积压问题,项目团队借鉴“动态监测”思路,依托信息化平台实现关键功能:该平台能有效整合“工厂生产-运输-安装”全流程进度数据,并实时更新构件所处状态——包括“已生产”“待运输”“已到场”“已安装”等关键节点信息。通过这种方式,各环节的进度与构件状态得以清晰呈现、高效协同,从根本上保障了流程衔接的顺畅性,杜绝了现场等待或构件积压情况的发生。

2.2.3 特殊工况应对方案

由于该工程项目周期较长,且在施工期间需面临冬季低温环境(最低温度可达 -5℃),为保障节点连接质量,项目团队专门制定了专项应对方案。具体方案内容如下:一是选用低温型灌浆料,该灌浆料可在 -5℃至 5℃环境中使用,且在使用前需将其预热至 10℃;二是在构件安装完成后,采用保温被覆盖节点区域,并将养护时间延长至 48h;三是在现场设置测温点,按每 2h 测一次温度的频率监测环境,若监测到温度低于 -5℃,则立即暂停灌浆作业,待温度回升至符合要求后再恢复施工^[3]。

2.3 施工工艺分析

2.3.1 预制构件生产工艺

预制构件大多在工厂进行加工,生产时施工人员需遵循规范流程依次开展,通过精细化操作保障产品质量,具体流程如下:第一步是准备模具,施工人员需要将模具进行擦洗,并涂抹脱模剂,做好施工前的准备工作,接着根据设计图纸安装套筒、预留孔洞等预埋件,并借助定位工装固定预埋件位置,确保安装精度符合要求。完成模具准备工作后,施工人员需要进入钢筋加工与绑扎环节,该阶段主要依靠机械设备对钢筋进行加工,此时施工人员需要把握的是钢筋的尺寸精度,加工完成后,在专门的架子上把钢筋绑扎成钢筋骨架,施工过程中施工人员需要控制好钢筋之间的距离,还有保护层的厚度,必须符合设计要求。钢筋工序结束,施工人员开

展混凝土浇筑作业,利用自动化布料机分批次向模具内浇筑混凝土,并控制每次浇筑量;在振捣混凝土的过程中,施工人员需避开预埋件与模具,防止因触碰导致预埋件移位或模具受损变形。最后,施工人员进行养护与脱模工作,按照蒸汽养护的标准阶段工艺对构件进行养护;脱模前,施工人员需检测构件强度,待构件达到规定强度要求后方可脱模;脱模后,施工人员再对构件外观和尺寸进行全面检测,仅允许合格构件出厂,不合格构件则禁止流入后续环节。

2.3.2 现场安装工艺

预制构件现场安装过程中,施工人员需要确保各工序的规范性。施工初期,施工人员需使用专业的测量设备在现场搭建平面控制网,在每层楼设置标高控制点,用投线设备弹出构件的安装轴线,通过精准的测量为后续构件的安装奠定基础。完成准备工作后,施工人员需要转入构件吊装阶段,由于构件自身重量较大,在施工过程中施工人员需要根据构件的类型匹配专用吊具,同时做好安全防护工作,在吊装作业区域划定警示区,严禁无关人员进入施工现场。吊装过程中,施工人员始终要保持构件的平稳,严格控制构件就位偏差,一旦构件安装到位,则立即搭设临时固定设施,如对于已安装的预制剪力墙安装可调节斜撑,通过斜撑调整构件垂直度;对于叠合板等水平构件,则需控制临时支座间距,通过这样的固定方式,确保构件不会晃动,保持稳定状态。临时固定工作结束后,施工人员将现场施工推进至节点灌浆作业阶段。灌浆前,施工人员会先清理套筒内的杂物,再采用专用设备从套筒下口缓慢进浆,待上口有浆液溢出后,及时关闭灌浆阀门;灌浆完成一段时间后,施工人员需要通过专业检测方式仔细检查套筒内的灌浆饱满度,确保节点连接质量^[4]。在所有工序按步骤推进的过程中,施工人员会同步执行工序验收流程,每完成一道工序,施工人员会对构件位置精度、垂直度偏差、灌浆饱满度等关键指标开展专项验收,只有在确认验收合格后,才允许现场施工进入下一道工序,通过这种环环相扣的验收机制,有效避免质量隐患的累积。

3 装配式混凝土结构的质量控制措施

3.1 构件临时固定的质量控制

构件吊装就位后,临时固定的稳定性直接影响后续施工安全与精度,工作人员需结合 BIM 技术强化过程管控。对于预制剪力墙,施工人员按照 BIM 模型中的支撑方案,为每道剪力墙设置可调斜撑,在这一过程中,施工人员使用二维码扫描记录斜撑的安装数量、固定型号以及相关位置,并将这

些数据同步上传至 BIM 系统。完成数据传输后,施工人员使用与 BIM 模型关联的垂直度检测尺,对构件的垂直度进行测量,若测量数据超出标准范围,BIM 模型会给出相关的调整参数,施工人员按照相对数据对构件进行修正,即可保证每道剪力墙的垂直度。

3.2 节点灌浆施工的质量控制

作为装配式结构连接体系的核心工序,节点灌浆质量直接决定结构整体传力性能与耐久性,工作人员必须依托“技术协同+数据追溯”双轮驱动,构建全流程质量闭环管理机制。施工人员通过扫描构件套筒上的二维码,即可在 BIM 系统中查询灌浆作业的各项指标,这时施工人员可按照相关数据要求,使用电动灌浆泵等仪器等设备施工作业,完成后用芯片标记,实现施工数据的同步录入^[5]。质量检查阶段,施工人员可使用内窥镜等检测设备灌浆进行检查,并将检查结果与 BIM 系统中的数据进行对照,若发现灌浆不合格,则根据模型进行问题定位,结合构件的实际情况制定修补方案进行修补,确保最终构件灌浆质量符合标准。

结束语

装配式混凝土结构技术通过工厂标准化生产与现场精准装配,有效解决了传统现浇施工的诸多痛点,在保障性住房、公共建筑等项目中具有显著应用价值。本文研究表明,该技术的成功应用需重点把控三大核心:一是构件生产的标准化与精度控制,为后续安装奠定基础;二是节点连接的可靠性,保障结构安全;三是施工各环节的协同,提升整体效率。未来,随着智能化技术的发展,装配式混凝土结构将成为建筑工业化的核心支撑,助力行业实现“双碳”目标与高质量发展。

[参考文献]

- [1] 王建国,李娜.装配式混凝土结构预制构件生产质量控制技术[J].建筑技术,2023,54(08):956-960.
- [2] 张磊,刘敏.装配式剪力墙结构套筒灌浆连接施工技术研究[J].施工技术,2024,53(03):89-93.
- [3] 陈明,赵阳.BIM技术在装配式混凝土结构施工协同中的应用[J].建筑科学,2023,39(11):187-192.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.装配式混凝土结构技术规程(JGJ 1-2023)[S].北京:中国建筑工业出版社,2023.
- [5] 李军,王丽.冬季装配式混凝土结构节点灌浆施工技术[J].低温建筑技术,2024,46(02):135-138.