

装配式建筑施工难点与现场施工优化措施

钟 声

广东白云学院, 广东 广州 510450

[摘要]装配式建筑通过工厂预制与现场装配相结合, 显著提升了建造效率与环保水平, 但施工过程中仍面临构件精度控制难、运输堆放风险高、吊装对位精度要求严及节点连接质量隐患突出等问题。文章系统分析了预制构件生产、运输堆放、吊装施工及构件连接等环节的主要技术难点, 并从施工前期策划、全过程质量控制、运输堆放优化、吊装技术提升、节点管理、BIM与智慧工地应用及安全管理等方面提出优化措施, 为装配式建筑现场施工质量与效率的提升提供参考。

[关键词]装配式建筑; 施工难点; 预制构件; 吊装技术; 质量控制

DOI: 10.33142/ect.v4i5.19770

中图分类号: TU765

文献标识码: A

Difficulties in Prefabricated Construction and Optimization Measures for On-site Construction

ZHONG Sheng

Guangdong Baiyun University, Guangzhou, Guangdong, 510450, China

Abstract: The combination of factory prefabrication and on-site assembly in prefabricated buildings significantly improves construction efficiency and environmental protection level. However, during the construction process, there are still problems such as difficulty in controlling component accuracy, high transportation and stacking risks, strict requirements for lifting and alignment accuracy, and prominent hidden dangers in node connection quality. The article systematically analyzes the main technical difficulties in the production, transportation and stacking, lifting construction, and component connection of prefabricated components, and proposes optimization measures from the aspects of pre construction planning, whole process quality control, transportation and stacking optimization, lifting technology improvement, node management, BIM and smart construction site application, and safety management, providing reference for improving the construction quality and efficiency of prefabricated building sites.

Keywords: prefabricated building; construction difficulties; prefabricated component; lifting technology; quality control

引言

装配式建筑是指结构系统、外围护系统、设备与管线系统的主要部分用预制部品部件集成起来的建筑, 是建筑工业化和绿色化的重要方向。与传统现浇方式相比, 装配式建筑施工周期短、资源消耗低、环境影响小, 是我国建筑业转型升级的主要方式。但是装配式建筑对于产业链协同以及现场施工精度提出了更高的要求, 在构件生产精度不够、运输堆放管理繁杂、吊装对位困难、节点连接质量无法控制等方面存在着诸多的技术难题, 限制了它的大规模应用。目前装配式建筑施工中“信息孤岛”、工艺衔接不到位的问题依然存在, 必须在建设阶段的全过程展开改良。本文从施工实践中出发, 对装配式建筑主要的难点进行梳理, 提出相应的优化措施, 以期给同类工程提供一定的借鉴。

1 装配式建筑的特点

装配式建筑的主要特点可以归纳为标准化设计、工厂化生产、装配化施工、信息化管理。标准化设计就是对建筑构件进行模数协调、规格统一, 使构件具有通用性、互换性, 减少异形构件的数量。工厂化生产把原本在施工现场完成的结构构件转移到室内工厂环境中制作, 依靠高精度模具、自动化生产线和严格的养护工艺, 大幅度提高构件的尺寸精度和混凝土质量, 有效地克服了露天作业造成的质量不确定性。装配化施工以构件吊装、节点连接为主, 现场不再需要大量的模板支撑、湿作业, 施工速度大大提高, 工期比传统模式缩短 20%~30%。信息化管理重视设计、生产、运输、安装等各个环节之间信息的共享和协同, 用 BIM 技术来达到全过程可追溯的目的。装配式建筑质量好、效率高、环保, 但是对施工精度、过程控制有更高

的要求。

2 装配式建筑施工的主要难点

2.1 预制构件生产质量控制难点

预制构件生产质量是装配式建筑施工成败的基础,在实际生产过程中存在许多控制难题。构件尺寸精度很难达到标准。由于模具反复使用后会变形,混凝土收缩以及预埋件定位误差都会造成成品构件出现长度、宽度、厚度超差或者预留孔位偏移的情况。目前构件生产精度不够已经成为制约装配式建筑高质量发展的突出问题。其次,预埋件数量多、位置要求严格,叠合板桁架筋、灌浆套筒和各种线盒在浇筑混凝土时容易出现位移,如果定位偏差超过允许范围,就会造成现场无法安装或者连接失效^[1]。成品保护意识淡薄,构件在脱模、翻转、临时堆放和运输过程中由于受力不当或者碰撞造成裂缝、边角破损等缺陷,运输到现场后就形成了不可逆的质量损失。最后,构件出厂质量控制体系不健全,信息垂直传递失真、横向传递受阻等“信息孤岛”现象仍然存在,各工序之间缺少有效的追溯手段。

2.2 构件运输与堆放管理难点

构件由工厂运到现场堆场再搬运至安装处,运输及堆放期间的管理复杂程度常常被轻视。预制构件外形尺寸大、自重重大,运输车辆及道路条件要求高。外墙板、叠合板等构件长途运输时,由于绑扎不牢或者车辆颠簸造成碰撞开裂的风险较大。运输车辆不能太快,叠合板运输要使用托盘,叠放层数不能过多,水平运输时梁柱不超过3层、板不超过6层。施工现场场地狭小、堆场容量小,如果不能按照吊装顺序分区堆放,很容易造成二次转运增加工期和成本。不同种类的构件对于堆放方式的要求也大相径庭,外墙板必须使用专用插放架或者靠放架,并且倾角不能小于 80° ,叠合板、阳台板等应平放,叠放层数必须严格控制,但是现场管理人员往往对此把握不大,造成构件堆放变形甚至倾覆事故。

2.3 现场吊装施工难点

吊装施工属于装配式建筑现场作业中技术难度最大的部分。第一,构件吊装垂直度、水平定位精度要求高,传统的钢丝绳吊装方式因为各个吊点受力不均,很容易造成构件在空中晃动、开裂甚至失稳。传统钢丝绳吊装不平衡力矩是构件开裂、安装偏差的主要原因。第二,高空对位操作难度大,在风力作用下,数吨重的预制墙板或者楼梯要准确嵌入预留的连接钢筋或者槽口,操作人员视野受阻,如果对位不准确就要反复调整,很容易损坏构件或者

连接件。第三,多构件协同吊装的组织调度比较复杂,在吊装施工过程中存在着路径规划不合理、起重机利用率低、施工安全风险高等问题,如果吊装顺序安排不当,就会造成塔吊起吊能力不够或者构件堆积等待的现象。第四,临时支撑体系的稳定性十分重要,构件就位后依靠临时斜撑和底部调节螺杆来保持稳定,如果支撑点布置不合理或者紧固不牢,在风荷载或者后续作业扰动的作用下可能会发生倾覆。

2.4 构件连接施工质量控制难点

构件连接节点是装配式建筑结构安全的保证,构件连接节点质量的好坏直接影响到建筑整体承载能力和耐久性。目前应用最广泛的钢筋套筒灌浆连接,是将预埋的金属套筒插入钢筋后灌注专用灌浆料来传递荷载,但是该工艺存在不可见、不可控的固有缺陷。套筒连接灌浆饱满度对结构节点承载能力、耐久性影响大,传统的工艺存在不可视、不可控的问题。灌浆孔道堵塞、灌浆料流动性不好、灌浆压力控制不当都会造成套筒内产生空洞或者气泡,灌浆完成后很难直接检测出来,一旦有缺陷就会大大降低结构的安全性^[2]。后浇混凝土叠合节点也存在同样的问题,新旧混凝土结合面处理不好容易产生冷缝,界面抗剪能力降低。构件精度、材料性能、施工工艺都会对节点性能产生明显的影响。另外预制构件之间的预留钢筋对位偏差也常常出现,如果偏差过大,就会不能插入套筒或者造成套筒倾斜,从而影响到节点连接的可靠性。

3 装配式建筑现场施工优化措施

3.1 完善施工前期策划与设计管理

施工前期策划和设计管理的健全是降低装配式建筑施工难度的前提。方案阶段要统一预制构件的尺寸模数和节点形式,减少异形构件的数量,从源头上降低生产及施工难度。设计单位要预先考虑构件拆分给运输、吊装带来的影响,不能出现超长超重构件的拆分方案。前期策划要重视BIM设计和资源调配,用全过程数字化智慧建造来完成全专业一体化技术策划。设计阶段用BIM技术做碰撞检测,提前发现预留预埋管线和结构钢筋的冲突,再调整设计方案,防止施工阶段返工。同时还要在招标、合同阶段确定各个参建单位的职责分工,建立设计、生产、施工联动协调机制,保证各个环节的信息畅通、标准统一。

3.2 加强预制构件全过程质量控制

预制构件质量控制要从生产环节延伸到现场验收的全部过程。生产阶段要严格控制模具精度,定期对模具进行校验,用数控加工模具并辅以激光扫描检测成品偏差。

灌浆套筒、预埋吊件等用定位工装固定后浇筑混凝土,保证其位置偏差在设计允许范围内。采用建立质量控制体系、设置关键控制点和检测创新的方式,达到全过程质量追溯的目的。出厂前必须逐件检查构件外观质量及尺寸偏差,同条件养护试块强度未达到要求的不得出厂^[3]。构件进场后施工方应逐件核对出厂证明和复验报告,对有裂缝、边角破损的构件进行处理或者退货。

3.3 优化构件运输与现场堆放方案

改善运输和堆放方案,保证构件的完整性以及吊装效率。运输前要根据构件种类制订专门的方案,墙板用立式靠放架加柔性绑带固定,叠合板用平板运输车加通长垫木防止悬空受力。运输过程中严格按照限速要求行驶,严禁急刹车。现场堆场要平整坚实,在塔吊覆盖范围内布置,按吊装顺序分区堆放,减少二次转运。不同种类构件堆放参数差别大,用表格形式管理更直观高效。表1为常见的预制构件主要堆放参数。

3.4 提升吊装施工技术与精度控制

提高吊装技术和安装精度控制,就是装配式建筑安装质量的保证环节。宜优先使用专用吊装工装设备,自平衡吊架的滑轮组自动找平系统依靠动态平衡原理取代传统的刚性连接,受力瞬间就能自适应调节各个吊点的受力,从根本上消除不平衡力矩,同时集成高精度微动控制系统,可以实现构件空中毫米级微调。其次要改善吊装路径以及施工调度,用改进遗传算法同BIM技术的吊装优化策略,可以将吊装路径缩短很多,起重机荷载超限率控制在4%以内。构件吊装前要逐件检查吊点位置和吊具状态,钢丝绳严重磨损的要及时更换。临时支撑体系必须严格按照方案进行布置,每一层构件的斜撑点数及调节螺杆标高偏差均应加以记录并予以验收。

3.5 加强构件连接节点施工管理

构件连接节点是装配式建筑结构安全的重要部位,在施工过程中要予以重点管理。套筒灌浆施工前对灌浆料的

流动度进行检测,不合格的不得使用。灌浆过程中应保证所有的出浆口一直出浆,并且要及时封堵,建立以观察筒液面变化为依据的定量控制体系,从而达到灌浆全过程精度控制和缺陷溯源的目的。现场施工要全部保存灌浆影像资料,对灌浆饱满度实施随机抽检^[4]。后浇混凝土节点施工前,应对旧混凝土界面进行凿毛、清理浮浆、湿润处理,新浇混凝土采用微膨胀混凝土以减小收缩裂缝。预留钢筋位置偏差在安装前应进行预拼装检查,偏差超限时应经设计单位出具处理方案后再施工。

3.6 推进BIM技术与智慧工地应用

BIM技术同智慧工地系统深度融合,可以改善装配式建筑施工的精细化程度以及协同水平。在设计及生产阶段,采用BIM技术对建筑进行设计,将建筑结构、机电设备、部品部件、装配施工、装饰装修等全部纳入到设计之中,从而达到多专业深化集成设计的目的。施工单位要把BIM模型贯穿到施工的全过程当中,利用模型对吊装过程进行模拟、碰撞检测,提前发现施工难点并改进吊装方案。施工现场要建立智慧工地管理系统,采用BIM技术、大数据、云计算、物联网、移动通信、人工智能、区块链等新技术,对人员、生产、技术、质量、安全、环境等各方面进行数字化管理。利用物联网设备对塔吊运行状况、构件堆放温湿度、关键节点灌浆质量等实施实时监测,借助数字孪生技术对施工进度展开动态追踪并加以剖析,从而达成对突然出现状况的迅速应对以及及时调整。

3.7 强化施工安全管理体系建设

装配式建筑施工包含大型构件吊装、高空作业以及多工种协同配合等环节,安全风险存在于施工的全部过程中,必须创建起系统的安全管理体系。施工前应根据国家现行标准、规范以及设计图纸、现场安全防护、环境保护要求等编制专项施工方案,对新技术、新工艺、新材料、新设备按规定组织专家论证。安全管理体系要涵盖构件运输、

表1 常见预制构件堆放参数一览表

构件类型	堆放方式	堆放层数上限	垫木/支撑要求	堆放倾角/姿态	关键控制点
预制外墙板	专用插放架或靠放架	≤3层	架体有足够刚度,上下层垫木对齐	倾角≥80°	饰面朝外,侧向防倾覆
预制内墙板	立式插放架	≤4层	相邻插放架连成整体	直立	预留孔朝上
叠合板	平放叠层	≤6层	垫木上下对齐,距边500~800mm	平放,≤15°	吊环向上
预制楼梯	平放	≤2层	搁置点不少于2处	水平放置	踏步保护
预制阳台板	平放	≤4层	专用托架或垫木	平放	悬挑部位实垫
预制梁/柱	平放叠层	≤3层	垫木对齐受力点	平放或直立	两端支撑平衡

进场及存放、构件安装、高处作业和外防护等全部过程,创建安全风险识别清单并制订相应的防控措施。高空作业区域要设置安全防护网和生命线,所有的吊装作业都要设立警戒区,并且要有专人负责指挥。定期对施工人员进行。装配式建筑安全技术培训,使一线作业人员熟练掌握构件挂钩、信号指挥、支撑安装等关键操作的安全要领,用智能安全帽、AI 监控系统做立体化安全监测,用技术手段减少人为疏忽造成的安全隐患。

4 结语

装配式建筑施工包含构件生产、运输、吊装、连接等众多技术环节,任何一个环节出现偏差都会对整个工程的安全和效率造成影响。本文对装配式建筑施工中出现的构件生产精度不够、运输堆放管理繁杂、吊装精度难以保证、节点连接存在隐患等问题进行了梳理,并从前期策划、全过程质量控制、运输堆放优化、吊装技术改进、节点管理、BIM 和智慧工地的应用、安全管理体系七个方面提出相

应的改进措施。装配式建筑健康发展的关键点,一方面是技术层面不断更新、革新所带动的,另一方面是管理层面全链条协同、精细把控所支持的。

[参考文献]

- [1]薛传生,孙翠翠,张凯.新型装配式建筑施工技术优化策略及现场实施难点探讨[J].中国建筑装饰装修,2024(6):71-73.
- [2]曹家玮,李强,陈兵,等.装配式建筑施工现场管理问题原因分析与优化措施研究[J].工程质量,2022,40(2):24-27.
- [3]彭敬宽,季文强,李德飞,等.装配式建筑施工技术难点及应对措施分析[J].四川建材,2023,49(5):135-137.
- [4]张哲,王滨.装配式建筑施工技术及质量管理研究[J].建筑技术开发,2019,46(9):40-41.

作者简介:钟声(1972—),男,汉族,湖南安乡人,湖南大学工商管理硕士,高级工程师,现从事工作:建筑学院教师。