

装配式构件一体化施工在超高层建筑中的应用研究

高慧玥

中国建筑第六工程局有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i8.4602

[摘要] 随着我国城镇化建设持续发展,超高层建筑建设规模不断扩大。传统现浇施工模式面临工期长、能耗高、现场污染重、施工精度不够等问题,难以满足现代超高层工程高效、绿色、精细的建设要求。而装配式构件一体化施工以模块化设计、工厂预制、一体化装配、集成化管理作为核心优势,打破了传统施工各工序割裂、分步施工的缺点,能有效提高超高层建筑施工效率、保证工程质量、降低施工能耗。基于此,本文围绕超高层建筑结构特点与施工难点,全面阐述装配式构件一体化施工的核心内涵与技术模式,剖析其在超高层施工中的应用优势、关键施工技术,结合工程应用痛点给出优化策略,为超高层建筑装配式施工的规范化、规模化应用提供理论参考与实践借鉴,推动建筑工业化与超高层工程建设的深度融合。

[关键词] 超高层建筑; 装配式构件; 一体化施工; 施工技术; 绿色建造

中图分类号: TU974 文献标识码: A

Research on the Application of Integrated Construction of Prefabricated Components in Super High-Rise Buildings

Huiyue Gao

China Construction Sixth Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] With the continuous development of urbanization in China, the scale of super high-rise building construction has been expanding steadily. Traditional cast-in-place construction methods face challenges such as long construction periods, high energy consumption, severe on-site pollution, and insufficient construction precision, making it difficult to meet the requirements of modern super high-rise projects for efficient, green, and refined construction. Integrated construction of prefabricated components, with modular design, factory prefabrication, integrated assembly, and integrated management as its core advantages, overcomes the shortcomings of fragmented processes and step-by-step construction in traditional methods. It can effectively improve construction efficiency, ensure project quality, and reduce construction energy consumption in super high-rise buildings. Based on this, this paper focuses on the structural characteristics and construction difficulties of super high-rise buildings, comprehensively expounds the core concepts and technical modes of integrated construction of prefabricated components, analyzes its application advantages and key construction technologies in super high-rise construction, and proposes optimization strategies based on practical challenges encountered during engineering applications. The study provides theoretical references and practical guidance for the standardized and large-scale application of prefabricated construction in super high-rise buildings, promoting the deep integration of building industrialization and super high-rise building construction.

[Key words] super high-rise buildings; prefabricated components; integrated construction; construction technology; green construction

建筑工业化是我国建筑业实现转型升级的关键方向,装配式施工技术作为建筑工业化的核心载体,依靠标准化预制、机械化装配、精细化管控等方面具有的优势,逐渐替代传统现浇施工模式。装配式构件一体化施工突破了传统装配式施工存在的局

限状况,实现了构件设计、工厂生产、运输吊装、现场装配、节点施工、质量管控整个流程的一体化整合,同时还建立起系统化、集成化的施工模式,适应超高层建筑高空作业、高效作业、高精度作业的施工需求。当前,该项技术已经在国内多个达到百

米级的超高层项目中进行试点应用,然而在复杂超高层结构适配、高空吊装精度控制、节点一体化施工、多专业协同管理等一些方面依旧存在技术方面的不足与管理方面的难题。

1 装配式构件一体化施工概述

1.1 核心内涵

装配式构件一体化施工是根据建筑工业化、模块化建造理念而诞生的新型施工模式。其核心要点是破除建筑设计、构件生产、现场施工、运维管理等方面存在的行业壁垒,将建筑结构整体性能当作核心重点,针对超高层建筑的外墙板、叠合楼板、预制楼梯、预制隔墙、钢结构构件等装配式构件展开标准化拆分、一体化设计^[1]。经过工厂标准化预制生产后,通过机械化吊装设备进行现场集成装配,以此实现工序衔接、专业协同、质量安全管控的一体化实施目的。这种模式与传统碎片化装配式施工有所不同,它着重强调全流程系统性整合,达成“设计一体化、生产一体化、施工一体化、管理一体化”,进而最大程度减少现场湿作业,提高施工标准化与集成化水平。

1.2 超高层建筑应用优势

与传统现浇施工、传统装配式施工相比,装配式构件一体化施工在超高层建筑里有着明显的应用优势^[2]。其一施工效率显著提高,构件在工厂预制完成后,现场只要进行装配、节点浇筑等工序,这避免了现场支模、绑扎钢筋、养护这些冗长的工序,能够把超高层整体施工工期缩短20%到30%。其二工程质量更容易把控,工厂采用标准化流水线生产能够精确控制构件尺寸、强度、平整度,避免现场人工施工产生的随机性误差,切实解决超高层高空施工精度不够的问题。其三绿色环保效益明显,极大减少了现场混凝土浇筑、模板搭设作业,降低了粉尘、噪音污染、建筑垃圾产出,减少了建材损耗,符合低碳建造要求。其四施工安全性更高,减少了高空露天作业时长、人工操作环节,一体化施工流程标准化,能有效降低高空坠落、结构偏差等安全风险。其五综合经济效益显著,通过工序整合、机械化施工、建材节约,能有效控制超高层工程的人工、材料、工期成本,提高项目综合收益。

2 超高层建筑装配式构件一体化施工关键技术

2.1 构件一体化拆分与深化设计技术

拆分与深化设计在一体化施工中是非常关键的前置环节,其直接决定着构件生产精度、吊装效率、结构整体稳定性。超高层建筑的结构受力状况复杂,风荷载、竖向荷载的传递路径比较繁琐^[3]。构件拆分时需考虑多方面因素,即标准化、受力合理性、吊装可行性、施工便捷性等。在设计阶段需通过BIM技术建立超高层的整体结构模型,针对预制外墙、叠合楼板、预制楼梯、劲性结构构件等进行模块化拆分,统一构件的尺寸、规格、接口标准,以达成构件标准化通用的目的。结合超高层施工的特点,对构件连接节点、预埋管线、吊装点位进行一体化的深化设计,优化节点构造,避免出现构件吊装冲突、管线错位、节点受力缺陷等种种问题。利用BIM模型模拟构件装配流程,提前排查施工碰撞问题,对拆分方案加以优化,以此保障

构件生产与现场施工能够精准适配,为一体化施工奠定良好的设计基础。

2.2 工厂一体化预制生产技术

构件生产质量是超高层装配式施工质量得以保证的关键。根据设计图纸,工厂运用智能化流水线进行构件一体化预制生产工作,对原材料配比、钢筋绑扎、模板支护、混凝土浇筑、蒸汽养护等全流程工序严格进行严格把控。考虑到超高层建筑承重、抗震、抗风方面有着特殊的需求,故而优先选用高强度混凝土、高性能钢材等原材料,以此提高构件的结构性能。对于叠合楼板、预制外墙这类关键构件,采用一体化浇筑成型工艺,在施工过程中同步完成预埋连接件、吊装预埋件、管线预留孔洞的施工,从而实现构件成品一体化出厂。另外,建立构件出厂质检模式,针对构件尺寸偏差、强度等级、外观质量、接口精度进行全面检测,不满足标准的构件禁止出厂,以此保证所有预制构件都符合超高层结构施工标准。

2.3 高空一体化吊装与装配技术

高空吊装装配属于超高层一体化施工当中尤为关键的核心工序,同时也是施工难度较大的环节。超高层建筑面临竖向高度大、高空风场复杂、吊装作业空间狭小等情况,这对吊装设备选型、吊装工艺、装配精度有着非常高的要求。在施工前必须要结合构件重量、安装高度、施工现场布局,科学选择塔吊、施工电梯等垂直运输设备,并对设备站位与吊装半径加以优化,以此保障各类构件垂直运输能够具有稳定性、高效性^[4]。采用“分区、分层、同步”一体化装配工艺,依照主体结构、围护结构、承重构件、附属构件的顺序,分层完成预制构件吊装定位、校准调整、临时固定。利用高精度测量仪器进行实时定位校准,把构件安装偏差控制在规范允许的范围之内,保障构件装配的整体性、协调性。与此同时采用铝模爬架一体化施工模式,将模板系统与爬架系统集成起来,与装配式构件装配同步展开施工,从而实现工序无缝衔接,切实提高高空施工效率。

2.4 节点一体化连接与加固技术

构件连接节点在超高层建筑结构受力方面占据关键地位,其施工质量对建筑整体的抗震、抗风、承载性能起着决定性作用,更是一体化施工过程中的核心难点要点。传统装配式施工节点存在施工碎片化的状况,极易出现连接不密实、锚固不足、防水防渗存在缺陷等一系列问题^[5]。一体化施工运用节点整体浇筑、高强灌浆连接、螺栓装配式连接等一体化连接技术,对超高层剪力墙节点、梁柱节点、外墙拼接节点等关键部位,优化连接工艺。针对竖向承重构件节点,利用高强无收缩灌浆料实施一体化灌浆密实处理,以此保障节点强度与整体性;针对外墙围护节点,同步达成防水、保温、密封一体化施工,从而规避高空渗漏隐患;针对钢结构构件节点,采用高强度螺栓装配式连接与焊接加固相结合的办法,促使节点快速成型、稳定受力,确保超高层结构整体安全性与稳定性。

2.5 全过程一体化质量安全管控技术

超高层装配式建筑的施工情形较为复杂,存在较多质量安

全风险点,有必要建立全流程一体化管控模式。通过BIM、物联网、智能化监测技术搭建数字化管控平台,针对构件生产、运输、吊装、装配、节点施工的整个流程展开动态追踪与监测。在施工过程中,对高空吊装风速、构件安装精度、结构沉降变形、节点应力变化等关键指标进行实时监测,以便能及时排查出质量安全方面的隐患。另外,整合各个施工专业、各工序的管控标准,从而实现质量验收、安全巡查、进度管控的一体化同步推进的目的,避免工序出现脱节、管控漏洞,确保一体化施工流程符合规范、质量能够达标、安全处于可控状态。

3 现阶段超高层装配式一体化施工存在的问题

3.1 复杂结构适配性不足

目前装配式构件标准化设计大多适配普通高层建筑,超高层建筑有着异形结构、大跨度结构、复杂立面结构较多的特性,标准化预制构件适配性欠缺,异形构件定制时生产成本比较高,生产周期也比较长,难以达成规模化一体化施工。部分超高层劲性结构、钢混组合结构的节点构造复杂,一体化拆分、施工难度大,容易出现结构整体性不足的情况。

3.2 高空施工精度与稳定性管控难度大

超高层建筑在高空容易受到风荷载、竖向沉降、温度变形的影响,在构件吊装过程中会受到高空风场的干扰,进而出现构件偏移、定位偏差等问题。另外,当进行多层构件同步装配施工时,结构累积变形难以做到精准控制,这就容易致使后期构件对接出现错位,节点连接不密实,最终对结构施工质量、整体稳定性产生影响。

3.3 多专业协同施工体系不完善

装配式一体化施工涵盖设计、生产、吊装、土建、机电、装饰等多个专业领域。当前,多数超高层项目存在着各专业之间沟通不畅的状况,工序衔接也比较混乱,施工标准更是未能统一。设计环节与生产、施工相互脱节,机电预埋工作与构件生产、现场装配无法同步进行,这就容易引发返工整改的情形,进而影响一体化施工效率的提高。

4 超高层建筑装配式构件一体化施工优化策略

4.1 优化模块化定制设计,提升结构适配性

超高层复杂结构有其自身特点,在此基础上推行“标准化+定制化”相结合的模块化设计模式。统一通用构件的尺寸标准,以此实现批量标准化生产。对于异形、大跨度复杂结构构件,借助BIM技术展开专项深化设计,优化构件拆分方式、节点构造,在保证结构受力安全的条件下,简化构件生产及施工难度。另外,整合结构、机电、装饰专业的设计需求,实现构件结构、预埋管线、装饰基层的一体化设计目的,从源头避免工序冲突,提高一体化施工适配性。

4.2 强化高空施工精准管控,控制结构变形偏差

注重对高空吊装施工工艺的优化,结合超高层不同施工高度所具有的风场特点,制定分时段的吊装施工方案,以此规避在大风、强对流天气进行施工。运用高精度全站仪、激光定位系统实现构件的精准定位,建立多层结构变形动态监测模式,实时监测结构沉降、位移、变形数据,及时对构件安装精度作出调整,消除累积的施工偏差。优化构件临时固定与加固工艺,提高高空构件装配的稳定性,保障节点连接施工的质量。

4.3 构建多专业协同一体化施工体系

建立设计、生产、施工、运维全流程的协同管理机制,搭建起BIM数字化协同平台,达成各专业图纸、施工方案和进度数据能够实时共享且同步更新的目的。提前进行各专业的施工交底工作,对构件生产、运输、吊装、机电安装、节点施工、装饰施工的工序衔接进行统筹规划,制定标准化的施工流水节拍,确保各工序无缝对接并同步推进。明晰各专业的施工责任,建立协同验收机制,杜绝施工脱节、返工整改等情况出现,全方位提高一体化施工的效率。

5 结语

在建筑工业化以及绿色低碳发展背景下,装配式构件一体化施工具有高效、优质、绿色、安全等核心优势,能够更好的契合超高层建筑精细化、集约化、现代化的建设要求,促使超高层工程施工技术不断升级。现阶段,我国超高层建筑装配式一体化施工仍在不断完善当中,未来需要进一步依靠智能化、数字化技术,对模块化设计与智能建造工艺予以优化,完善行业技术标准与管理模式,攻克复杂超高层结构施工技术方面的难题,不断提高一体化施工的标准化、智能化、绿色化程度,推动装配式建筑技术在超高层领域实现规模化、高质量应用。

【参考文献】

- [1]王东旭,齐华伟.超高层装配式建筑结构设计及抗震性能分析[J].住宅产业,2024,(5):51-53.
- [2]刘文锐.超高层住宅装配式建筑施工技术的实践探讨[J].中国建筑装饰装修,2023,(17):168-170.
- [3]吴星.装配式建筑可拆卸铝模爬架一体化施工技术研究[J].新城建科技,2024,33(12):16-18.
- [4]杜丽娟,徐逸浩,王范瑾.装配式建筑装饰一体化隔墙设计与应用要点[J].中国住宅设施,2024,(3):28-30.
- [5]吴昌根.装配式内嵌轻钢组合墙钢框架结构体系抗震韧性提升研究与应用.广东省,中建科工集团有限公司,2024-06-27.

作者简介:

高慧玥(1985--),女,汉族,黑龙江人,本科,高级工程师,研究方向:工程施工方向。