

装配式建筑设计要点及发展趋势研究

祝俊

中石化江汉石油工程设计有限公司 武汉 430070

DOI: 10.12238/ems.v7i10.15773

[摘要] 近年来,装配式建筑在建筑行业的应用日益广泛,此类建筑以其高效、环保、节能的特点,逐渐成为行业发展的主流方向。本文聚焦装配式建筑的设计要点与发展趋势,既针对设计要点分析了其结构特点、设计原则及相关计算方法,又展望了未来发展,探讨 BIM 技术在协同设计和施工建造中的应用价值,以及新材料、新技术带来的创新前景。研究表明,装配式建筑凭借高效环保的优势,未来将在建筑领域发挥日益重要的作用。

[关键词] 装配式建筑; 预制构件; 连接节点; BIM 技术; 3D 打印

1 装配式建筑发展背景

装配式建筑,作为现代工业化生产方式的代表,近年来在全球范围内得到了迅猛发展。它将传统建造方式中的大量现场作业转移到工厂进行,通过在工厂加工制作好建筑用构件和配件(如楼板、墙板、楼梯、阳台等),然后运输到建筑施工现场,通过可靠的连接方式在现场装配安装而成。随着现代工业技术的发展,装配式建筑以其快速施工、节能环保、设计施工一体化等优势,逐渐成为建筑行业的重要发展方向。

住房和城乡建设部印发的《“十四五”建筑业发展规划》提出,到2025年,装配式建筑占新建建筑的比例要达到30%以上。各地方政府也纷纷出台具体政策,明确装配式建筑的发展目标和路径。这些政策措施为装配式建筑的发展提供了有力保障和强大动力。

2 装配式建筑研究意义

(1) 结构安全:与传统建筑相比,预制装配体系的节点抗震性能与现浇结构差异显著,装配式建筑结构更稳定,连接更紧密,能够更好地抵抗地震等自然灾害。通过采用高强度材料和合理的结构设计,装配式建筑在抗震性能上具有显著优势。

(2) 节能减排:装配式建筑通过工厂化生产,减少了现场湿作业,显著降低了施工过程中的能耗和排放,符合当前绿色低碳的发展趋势。根据测算,和现浇施工相比,装配式施工在建造阶段可以减少20%的碳排放,全生命周期碳排放可下降近40%,现场施工人数减少60%~75%,建筑粉尘减少2~3成。

(3) 提高效率:与传统现浇建筑相比,装配式建筑可以提前在工厂预制构件,然后在施工现场进行组装,大幅缩短了施工周期。此外,装配式建筑采用模块化设计,可以快速完成不同类型建筑的施工,提高了施工效率。这些优势使得装配式建筑在城市快速扩张和建设周期紧张的情况下具有更

大的应用潜力。

(4) 技术创新:装配式建筑推动了建筑工业化、信息化的融合,促进了智能建造技术的发展。通过 BIM (建筑信息模型)、物联网、大数据等先进技术的应用,实现了设计、生产、施工等全链条的数字化管理,提升了建筑行业的整体技术水平。

3 装配式建筑设计要点

3.1 结构特点

装配式建筑的结构特点主要体现在以下几个方面:

(1) 装配式建筑的结构体系具有高度的灵活性和可变性。通过预制构件的组合和装配,可以灵活适应不同的建筑需求和场地条件,实现多样化的建筑形态和功能布局。

(2) 装配式建筑的结构体系具有较好的整体性和稳定性。预制构件在工厂内经过精确加工和质量控制,现场装配时通过可靠的连接方式形成整体结构,具有较高的抗震、抗风等自然灾害的能力。

(3) 装配式建筑的结构体系还注重节能和环保。通过采用新型材料和先进的施工技术,可以降低建筑的能耗和碳排放,提高建筑的能效和环保性能。

3.2 设计原则

装配式建筑的结构设计应遵循以下原则:

(1) 安全性原则。在装配式建筑设计中考虑建筑的抗震性、风雪等自然灾害的防护能力,合理安排电气、水暖等设备的布局 and 连接,确保建筑的安全和可靠性。同时要兼顾制造、运输、安装及使用过程中的安全性,满足国家和地方的建筑规范和标准。

(3) 方便性原则。在装配式建筑设计中考虑建筑的维护和保养工作,合理安排设备和管线的布局,设备与管线与主体结构应该进行分离,方便维修更换,且在维修更换时不影响主体结构安全。优先选用绿色环保的设备、材料制品等,

选用耐腐蚀、使用寿命长、降噪性能好、便于安装及更换的管材、管件等。

(2) 经济性原则。在保证安全性的前提下,合理控制成本,提高经济效益。通过优化设计,减少材料浪费,提高施工效率,降低整体成本。在保证质量前提下,选择性价比高的材料与工艺。标准化设计可降低模具成本,规模化生产减少单件造价。同时,缩短工期能减少资金占用,提升项目整体收益

(4) 环保性原则。优先选用可再生或可回收建材,如轻质混凝土、钢结构等。设计中需优化建筑围护结构,增强隔热性能,结合太阳能板、雨水收集系统等技术降低能耗。此外,减少现场湿作业可降低施工污染,符合绿色建筑理念。

3.3 设计要求

(1) 可靠性: 构件应具备足够的承载力、稳定性和耐久性,能够承受各种荷载和环境作用。应充分考虑组件连接方式的可靠性,选择稳定的连接技术和连接件,确保构件的整体性能。

(2) 标准化: 构件应按照国家或行业标准进行设计,并尽量实现标准化生产,方便批量化、快速化装配。标准化可以降低设计成本、简化施工流程,提高生产效率。

(3) 模块化: 构件应设计成可重复使用的模块,方便组合成不同的建筑结构。模块化设计可以提高建筑设计的灵活性和可变性,满足不同用户的需求。

(4) 施工方便性: 构件设计应便于运输、储存及现场装配,以降低施工过程中的人工和时间成本。

3.4 计算方法

在装配式建筑的结构设计中,计算方法起着至关重要的作用。

(1) 对于预制构件的计算,需考虑其在工厂生产、运输及现场安装过程中的受力情况,确保构件在各个环节中的安全性和稳定性。其受力性能的评估需综合材料特性、结构设计及力学响应,通过实验与数值模拟验证构件在轴向力、弯矩、剪力及扭矩等荷载下的承载能力,在计算过程中,可采用有限元分析软件,对构件进行精细化的模拟和分析,以得到准确的计算结果。

(2) 对于预制构件连接的计算,需关注连接节点的承载力和变形能力。由于装配式建筑采用干式连接方式,连接节点的设计需满足等效现浇的原则,即连接节点的承载力不低于现浇混凝土节点的承载力。在计算时,需考虑连接节点的材料性能、几何尺寸及连接方式等因素,以确保连接节点的安全可靠。

(3) 装配率可以按照构件的数量、面积或体积进行计算。

按数量计算装配率适合于构件种类相对较少且规格固定的情况,如墙板、楼板等;按面积或体积计算装配率适用于构件种类繁多、规格不一的情况,如墙体、屋面等,计算装配率的方式应根据具体项目的特点选择合适的方法。

(4) 综合考虑装配式建筑的抗震和抗风性能,依据国家标准,采用反应谱法或时程分析法进行动态响应计算,确保结构在极端灾害下的安全性。例如,通过模拟地震波作用下的节点变形行为,验证连接系统的韧性,并制定相应的加固措施。

4 装配式建筑发展趋势

随着技术的创新,装配式建筑领域正展现出令人瞩目的发展趋势。一方面,智能化与信息化技术的应用将更加广泛。另一方面,随着社会对新工艺、新材料和新技术的发展日益重视,装配式建筑在材料选择、建造技术、施工工艺等方面都将发生巨大变化。这些都将成为装配式建筑未来的发展趋势。

4.1 BIM 技术在装配式建筑中的应用

(1) BIM 技术在设计过程中的应用。装配式建筑的典型特征是采用标准化的预制构件或部品部件,BIM 设计过程中可建立模型库,利用 BIM 技术进行建筑设计具有精细化、可视化特点,对设计对象进行可视化设计,也就是说,设计人员可将构件、配件进行有机整合,从而通过各类信息综合、交互对建筑设计方案进行修改^[1]。通过多专业协作,将 BIM 模型中包含的建筑材料信息、工艺设备信息、成本信息等实现数据的共享和应用,从而使各专业的协同设计达到更高的层次,大大提高设计的效率。为了保证构件的生产可以更加科学、准确、合理,使得构件生产更加标准。需要在构件设计环节,充分发挥 BIM 技术的优势和作用,采用 BIM 信息平台及时发现构件设计中存在的问题和不足,不断优化和完善设计工作,提升构件设计工作质量和效率,进一步保证装配式构件设计的精准性,确定每个零部件不会出现任何设计错误,增强构件可生产性^[2]。

(2) BIM 在建筑预制构件过程中的应用。通过 BIM 技术可实现设计与构件预制的紧密结合,由 BIM 技术可生成装配建筑的构件图,构件不仅能清楚地传达传统图纸的二维关系,而且包含构件复杂的空间剖面关系,有利于预制构件工厂准确应用 BIM 生成的构件图纸信息数据,实现机械自动化生产,最大程度确保了预制构件在生产阶段加工构件数据的准确性。通过运用 BIM 技术以及 RFID 技术,将含有生产时间、材料类别、构件尺寸、安装地点等信息的芯片植入到预制构件,对构件生产全过程进行协同管理,保证每一个构件都可以在实际的需求指导之下生产,进而更好地对其进行管理和控制。

这种数字化建造的方式可以大大提高工作效率和生产质量,提高构件的成品率,缩短构件制作周期。

(3) BIM 在施工过程中的应用。将 BIM 模型建筑物的空间信息和工程进度时间信息融合,可对建筑物施工的全周期进行有效管控,对施工总体计划、关键工序安排、场地布置及构件材料应用和管理等信息进行模拟和调整。工作人员借助 BIM 技术展开模拟施工,能够对各个配件的数据、性质、形状等元素展开更深入理解,明确在实际施工中各个环节的流程,对施工中可能出现的各类问题提前预防,这样能大幅降低装配式建筑施工中出现的各类安装问题,提升施工进度和建筑物质量。

(4) 通过 BIM 模型的碰撞检查分析,可发现实际施工与预期模型的偏差,及时修改设计过程中可能存在的预制构件、管道、电缆、结构基础等常见碰撞问题、解决设计中的“错、漏、碰、缺”问题,为缩短施工工期,保证施工顺利完成提供了技术保障。通过可视化的便利,还可快速进行室内渲染,对于建筑材料和构件的使用效果更加直观,促进材料应用的标准化和模块化。

(5) BIM 在工程算量中的应用。基于 BIM 技术的三维图像算量方法可通过输入相关构件数据,建立整栋楼层基础、柱、墙、梁、板、楼梯、装饰的建筑模型,根据建好的模型计算工程量,或通过三维图形算量软件,导入工程图纸的 CAD 电子文档,快速虚拟仿真出建筑,再计算出本项目的工程量清单,使得到的工程量数据更加客观、完整、准确,极大提高了算量工作效率,降低了造价人员计算工作量。此外,由于装配式建筑在施工过程中的数据量以及工作量巨大,很难通过人工管理进行精细化管理,无法及时获取相关的资源信息,通过利用 BIM 技术,可以准确地计算出工程中的相关数据,进而降低建筑工程中资源的浪费。

4.2 新材料、新技术在装配式建筑中的应用

新材料、新技术的应用极大地推动了建筑工程的发展。它们不仅提高了建筑的性能和安全性,还为建筑行业的可持续发展做出了贡献。它们将在未来的装配式建筑行业中也将扮演越来越重要的角色,为我们带来更加安全、舒适、环保的建筑空间。

(1) 高性能混凝土是一种具有高强度、高耐久性、高工作性能的新型混凝土材料。在建筑工程中,能更好地满足结构功能要求和施工工艺要求^[3]。被广泛应用于大跨度、高层、超高层建筑,以及桥梁、隧道等基础设施建设。高性能混凝土在装配式建筑中的应用将达到提高构件的强度,增强构件

抵御地震、风荷载等外部冲击的能力,从而显著提升建筑的整体安全性和稳定性。碳纤维复合材料则具有高强度、高模量、低密度、抗腐蚀等特点,在建筑工程中得到广泛应用。如碳纤维加固、碳纤维板、碳纤维复合材料管等。碳纤维复合材料应用到装配式建筑能有效减少构件在恶劣环境下的劣化问题,延长建筑使用寿命,降低维护成本,并支持装配式建筑在资源节约和环保方面的可持续性发展。

(2) 随着材料科学的进步和打印设备的升级,3D 打印这一技术逐步扩展至工程结构和建造领域。如今,全球多个国家已经成功利用 3D 打印技术完成住宅、桥梁甚至办公大楼的建设。不同于传统的砖瓦堆砌或钢筋混凝土浇筑,3D 打印建筑依赖于特制的“油墨”——通常是高性能混凝土或其他复合材料。这些材料通过精密控制的打印机逐层堆叠,最终形成完整的建筑结构^[4]。整个过程几乎不需要人工干预,大大减少了现场作业的人力需求。通过 3D 打印技术制作的装配式楼板、墙面等构建能够实现更复杂的几何形态与结构优化,突破传统制造工艺的限制。这种高度自动化的生产方式不仅显著提升构件精度,减少材料浪费达 30%~60%,还能将预制周期缩短 50%以上。尤其适用于异形曲面构件、带空腔的节能墙体等特殊结构的定制化生产,为装配式建筑提供兼具美学价值与功能性的解决方案。同时,数字化建模与打印工艺的深度结合,使构件生产误差控制在毫米级,能够极大提升现场装配效率和建筑整体质量。

5 结束语

随着技术的不断革新与社会的进步,装配式建筑将在智能化、信息化、绿色节能等方面取得更大的突破。在未来的建筑领域,新材料和新技术的应用将进一步推进装配式建筑的发展,装配式建筑也必将成为推动行业发展的重要力量。

[参考文献]

- [1]张鹏 宫晓丽 任传静. BIM 技术应用于装配式建筑设计的基本思路[J]. 地产, 2022 (12): 194-196
- [2]吴亚丽 黄欢. BIM 技术在装配式建筑施工中的研究与应用[J]. 四川水泥, 2021 (10): 331-332.
- [3]王永强. 高性能混凝土技术特点总结[J]. 民营科技, 2012, (3): 9.
- [4]郑河森. 3D 打印建筑技术在装配式建筑的应用[J]. 建设监理, 2017, (8): 79-80.

作者简介: 祝俊(1972-), 湖北潜江人, 高级工程师, 研究方向: 建筑工程设计及管理。