

装配式建筑构件安装精度控制及施工工艺优化

翟文茂

临沂市华夏城市建设监理有限责任公司

DOI:10.12238/pe.v3i5.16567

[摘要] 在建筑工业化进程的持续加速下,装配式建筑因具备施工效率高、资源消耗低、环境影响小等优势,逐渐地成为了建筑行业转型发展的重要方向。然而,装配式建筑构件在安装的过程中,由于受到构件生产误差、施工设备精度、现场环境干扰等因素影响,使得安装精度难以得到保证,极易引发结构安全隐患与后期使用问题。本文便以装配式建筑常见构件(如预制墙板、预制叠合板、预制梁柱)为研究对象,从构件安装精度控制与施工工艺优化两大核心维度展开相关的研究。

[关键词] 装配式建筑; 构件安装精度; 精度控制; 施工工艺优化; BIM技术; 动态监测

中图分类号: TV52 文献标识码: A

Assembly precision control and construction technology optimization of prefabricated building components

Wenmao Zhai

Linyi Huaxia City Construction Supervision Co., LTD.

[Abstract] With the accelerating industrialization of construction, prefabricated buildings have emerged as a pivotal transformation direction in the industry due to their advantages of high efficiency, low resource consumption, and minimal environmental impact. However, during installation, factors such as manufacturing tolerances, equipment precision limitations, and on-site environmental interference often compromise installation accuracy, potentially leading to structural safety hazards and operational issues. This study focuses on common prefabricated building components (including precast wall panels, composite slabs, and beams) and conducts research from two core dimensions: control of installation precision and optimization of construction techniques.

[Key words] prefabricated building; component installation accuracy; precision control; construction process optimization; BIM technology; dynamic monitoring

引言

在“双碳”目标与建筑工业化政策的推动下,装配式建筑已经成为了我国建筑行业转型升级的核心赛道。因为装配式建筑在工厂预制构件,随后现场进行装配施工,进而大幅度的缩短了施工周期,还减少了现场粉尘、噪音与建筑垃圾排放,但构件安装精度与施工工艺水平在当前仍是制约其发展的关键瓶颈。虽然国内外学者针对装配式建筑构件安装精度与施工工艺已开展了部分研究,但现有的研究大多数聚焦于单一构件的精度控制或单一工艺的优化,缺乏了对于全过程、多构件、多工艺的系统性研究。因此系统地研究装配式建筑构件安装精度控制策略与施工工艺优化方案,对于提升装配式建筑施工质量、推动建筑工业化高质量发展具有重要的意义。

1 装配式建筑构件安装精度控制

1.1 基于BIM的全过程精度预控

BIM(建筑信息模型)技术具备可视化、参数化、协同化的优势,其可实现装配式建筑构件安装精度的全过程预控。经由构建包含构件几何参数、材料性能、安装精度要求的BIM模型,可以将精度控制前置到设计与生产阶段,同时在施工阶段实现精度的动态管理,最终减少了后期的安装偏差^[1]。

就设计阶段而言,利用BIM软件(如Revit、Bentley)建立构件的三维模型,便能明确各构件的安装精度要求,并对构件连接节点进行深化设计,进而避免了因设计不合理导致的安装精度问题。例如在预制墙板拼接节点设计中,通过BIM模型模拟不同拼接方式(如企口连接、灌浆套筒连接)的安装过程,以此分析各方式对安装精度的影响,从中选择出最优的节点设计方案。接着在生产阶段,可以将BIM模型中的构件精度参数传递给工厂生产系统,用于指导构件生产模具的加工与调试,为构件生产精度符合设计要求提供保障。比如根据BIM模型中预制梁柱的几何尺寸,

来调整生产模具的定位装置,就能控制构件的长度、截面尺寸偏差在允许范围内。同时还可以利用BIM模型对生产完成的构件进行数字化地验收,即通过三维扫描技术获取构件的实际几何参数,将其与BIM模型中的设计参数进行对比,就能筛选出不合格的构件。最后是施工阶段,该阶段可以将BIM模型与现场施工进度相结合,制定出数字化的安装方案,在方案中得以明确各构件的安装顺序、定位基准、精度控制要点。在此基础上,利用BIM技术还可以进行施工模拟,提前判断安装过程中可能会出现的问题(如构件碰撞、空间位置冲突),提前优化安装方案。

1.2 关键工序精度管控

测量放线工序是构件安装的基础,其精度直接决定了后续构件定位的准确性。在该工序中,应该采用高精度的测量仪器建立现场测量控制网,进而确保测量基准的准确性。而构件定位与临时固定工序作为控制安装精度的关键,需根据构件的类型选择合适的定位方法与固定措施。像预制墙板定位时建议采用“双线定位法”——以墙板底部定位线与顶部定位线为基准来调整墙板的水平位置,确保墙板的轴线偏差 $\leq \pm 2\text{mm}$ 即可^[2]。之后便是永久连接工序,此时要确保连接节点的施工质量,务必避免因连接不当导致构件的安装精度出现下降。

1.3 动态监测与偏差矫正

装配式建筑构件在安装的过程中,受到现场温度变化、振动、荷载变化等因素影响,已安装构件可能会出现精度偏差。那么就需建立动态的监测机制,基于该机制实时地跟踪构件安装精度,并对出现的偏差及时地进行矫正,以此确保整体的安装精度符合要求。其中动态监测体系务必选择合适的监测设备与监测频率,通常重要的构件要采用自动化的监测设备进行实时监测,监测的参数包括构件的轴线位移、垂直度、标高变化等等,监测的频率为每小时1次适宜。而对于一般构件可以采用人工监测的方式,即利用靠尺、水准仪、全站仪等设备进行定期地监测,监测频率建议为每2小时1次。

针对于不同类型的精度偏差,需要采取针对性的矫正措施。具体而言:若预制墙板出现垂直度偏差超标,就需先松开墙板顶部的临时固定件,再调整底部的调节螺栓,同时利用靠尺实时检查墙板的垂直度,直至偏差控制在允许范围内,且调整完成后还要重新固定临时的固定件。如果是预制叠合板出现了平整度偏差超标,就需要检查支撑件的标高,随后调整支撑件的高度,且利用水准仪实时监测叠合板的平整度,直至偏差控制在允许范围内。

2 装配式建筑施工工艺优化

2.1 保障构件完好性,提升运输与堆放效率

在装配式建筑施工当中,构件运输与堆放是前期环节。若是工艺不合理,就会导致构件破损、运输效率低、现场堆放混乱等问题。就构件运输环节而言,核心为运输方案地设计,一定要根据构件的类型、尺寸、重量与施工现场的位置,选择出合适的运输车辆与运输路线。像大型的预制构件(如预制柱、预制剪力墙,重量超过30t、长度超过10m),一般采用平板拖车进行运输,该平

板拖车的承载能力应大于构件重量的1.2倍,才能确保运输的过程中车辆不发生超载。而运输路线也需提前进行勘察,尽量选择路面平整、坡度小、转弯半径大的路线,避免因路面颠簸或转弯半径不足导致构件发生碰撞、变形。小型预制构件(如预制叠合板、预制楼梯,重量小于10t、长度小于6m)采用普通货车进行运输即可,但货车的车厢尺寸应与构件尺寸匹配,避免构件超出车厢范围导致运输过程中发生晃动。

运输到现场后便是现场的堆放规划,应当根据施工现场的场地条件与构件安装顺序,提前划分专门的构件堆放区,从而实现构件的有序堆放。值得一提的是,堆放区还需进行硬化处理,即采用混凝土浇筑地面,且混凝土强度等级不低于C20、地面平整度偏差不大于 $\pm 5\text{mm}$,目的是避免因地面不平整导致构件堆放倾斜。此外构件堆放时需设置防潮、防雨措施,如在堆放区搭建防雨棚,或者在构件底部垫入垫高块(高度不小于100mm),避免构件受潮、生锈或损坏的情况出现。

2.2 提升吊装效率,保障吊装安全与精度

吊装的重点是吊点地设置,而吊点地设置要根据构件的受力特性与几何形状,确定出合理的吊点位置与数量,才能避免因吊点设置不当导致构件变形或倾覆^[3]。通常对于对称形状的构件(如矩形预制柱、矩形预制墙板),吊点应设置在构件的对称轴上,吊点的数量则根据构件的长度进行确定。一般长度小于6m的构件需设置2个吊点,长度大于6m且小于12m的构件要设置4个吊点,这样便能确保构件在吊装过程中保持水平状态。对于非对称形状的构件(如L形预制墙板、T形预制梁),就需要通过受力计算确定出吊点位置,务必确保构件在吊装过程中的重心与吊点的合力作用线重合,以避免构件发生倾斜。

2.3 强化连接节点质量,提升结构整体性与稳定性

构件连接作为装配式建筑结构受力传递的关键环节值得重点关注。为解决传统连接工艺当中存在的操作复杂、质量控制难度大、连接强度不稳定问题,要从连接材料选择、连接施工流程、连接质量检测等方面进行优化,以确保连接节点的质量符合设计与规范的要求。

2.3.1 连接材料选择: 基于构件类型与受力特点,选择适配的高性能连接材料,即可提升连接节点的强度与耐久性。比如预制混凝土构件的竖向连接,应该优先选用高强灌浆料与灌浆套筒组合,且高强灌浆料的抗压强度等级应不低于80MPa,还需具备良好的流动性与体积稳定性,如此才能确保灌浆料充分地填充灌浆套筒内部缝隙,进而形成可靠的连接^[4]。

2.3.2 连接施工流程优化: 对于连接施工流程地优化,核心为细化连接施工步骤以及明确各步骤的操作要点与质量控制标准。以预制墙板灌浆套筒连接为例,经过优化的施工流程为“套筒清理→灌浆料制备→灌浆设备调试→灌浆作业→灌浆口封堵→养护”。

2.3.3 连接质量检测: 借助“过程检测+事后检测”这一双重检测体系,便能全面地把控连接节点质量。但过程检测需在连接施工的关键环节进行,如灌浆作业中可以采用内窥镜检查灌

浆套筒内部灌浆料的填充情况,务必须确保无空鼓、未填充区域;而螺栓连接中建议采用扭矩扳手检测螺栓的拧紧扭矩,重点是确保扭矩值符合设计要求。事后检测则需在连接施工完成且养护期满后,像灌浆套筒连接可以采用回弹法来检测灌浆料的抗压强度,再采用超声波检测技术来检测套筒内部灌浆料的密实度,进而避免因灌浆料强度不足或密实度不够影响到连接的质量。

2.4打破专业壁垒,实现多专业高效协同作业

在装配式建筑施工当中涉及到了土建、机电、装修等多个专业,但传统施工模式下各专业缺乏有效地协同,极易出现施工顺序冲突、工序衔接不畅、后期返工等问题,所以需要从协同管理平台搭建、施工计划协同制定、交叉作业协调三个方面进行优化,才能实现多专业的高效协同作业。

2.4.1协同管理平台搭建方面:基于BIM技术可以构建多专业协同管理平台,借此整合各专业的设计模型、施工计划、进度数据、质量检测数据,使得各专业信息的实时共享与协同交互得以实现。但平台需具备模型协同审查、进度协同管控、问题协同处理三大核心功能:在模型协同审查功能上,各专业(土建、机电、装修)可将自身专业的BIM模型上传至平台,随后平台自动地进行模型碰撞检测且生成碰撞报告并推送至相关专业设计人员,设计人员根据报告来调整模型,便能避免后期施工中出现碰撞问题。而在进度协同管控功能上,平台可将各专业的施工进度计划与BIM模型相关联,使其形成可视化的进度管理界面,各个专业均可实时地查看其他专业的施工进度,当某一专业进度滞后时,平台还会自动地发出预警,以提醒相关方采取措施来追赶进度,同时平台还支持进度数据的实时更新,为各专业掌握最新的施工进展提供了保障。在问题协同处理功能上,施工人员则可以在现场发现问题时通过移动端APP将问题照片、位置信息上传至平台,平台会自动地将问题分配给专业人员,责任方应当在规定的时间内反馈处理方案与完成时间,且在处理完成后上传验收照片,进而实现问题的闭环管理。

2.4.2在施工计划协同制定方面:该部分建议采用“总进度计划引领+专业进度计划细化”的模式,即组织各专业共同参与

施工计划地制定,以此确保各专业施工计划与总进度计划协调一致。展开来说:项目开工前由总承包单位牵头,组织土建、机电、装修等专业施工单位召开协同计划会议,在会议上根据项目的总工期目标,明确各个专业的关键节点工期^[5]。而各专业要根据关键节点工期,制定出详细的专业施工计划,计划中要明确本专业的施工工序、作业时间、资源需求,并提交至协同管理平台。然后总承包单位要对各专业的施工计划进行审核,重点在于检查各专业计划之间的衔接关系,并对存在冲突的计划进行调整。对于审核通过的专业施工计划还需纳入协同管理平台,作为各专业施工的依据,以确保多专业的施工可以有序地推进。

3 结语

未来随着建筑工业化与数字化技术的不断发展,装配式建筑构件安装精度控制与施工工艺优化可进一步地向智能化、一体化方向发展。像精度控制方面,可以结合人工智能技术开发基于机器学习的精度偏差预测模型,以此实现精度偏差的提前预警与自动矫正;而在施工工艺方面,可探索“工厂预制—现场装配—智能运维”的一体化模式,进而将施工工艺优化延伸至建筑全生命周期,同时融合机器人技术,来实现装配式建筑施工的自动化与智能化,最终进一步地提升施工质量与效率。

[参考文献]

- [1]王琛.基于BIM的预制装配式建筑施工全流程协同优化研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(14):133-135.
- [2]邵国瑞,杜道明,姚传朋.装配式建筑工程质量管控体系构建与实践探索[J].美食,2025,(18):17-18.
- [3]朱哲民.建筑工程中装配式构件施工工艺及安装要点研究[J].中国厨卫,2025,24(01):108-110.
- [4]侯敏,崔丽鹏.装配式建筑施工中材料质量对构件定位安装精度的影响及控制策略[J].中国品牌与防伪,2025,(8):177-179.
- [5]张艳龙.装配式建筑连接节点施工精度控制方法研究[J].中国厨卫,2025,24(06):16-18.

作者简介:

翟文茂(1970--),男,汉族,山东省临沂市兰山区人,职称:工程师,研究方向:建设工程监理。