

装配式建筑预制构件安装施工技术研究

吴迪 田立男

中冀建勘集团有限公司

DOI:10.32629/ems.v8i6.20615

[摘要] 本文针对装配式建筑预制构件在施工安装中的各类技术重点,系统性的归纳总结了预制构件施工安装全流程施工技术体系。重点围绕着预制构件运输吊装、套筒连接、转换层定位、接缝处密封与防水等几个核心的施工环节,梳理其技术要点和质量标准。本文的研究工作可作为装配式建筑在安装施工过程中的质量管理参考,同时也可同类工程提供标准化技术支持,为行业内新兴技术发展奠定基础。

[关键词] 装配式建筑; 预制构件安装; 套筒灌浆连接; 吊装施工; BIM技术

引言

在我国建筑工程行业不断发展的背景下,装配式建筑已经成为了我国建筑工业化的核心发展载体,此建造模式相较于传统现浇建筑而言具有多种应用优势。但纵观行业现状,我国装配式建筑仍存在构件安装偏差超标、连接处质量低下、接缝位置渗漏等质量通病问题,其直接影响建筑的使用功能和结构安全。基于此,本文针对预制构件安装施工全流程的核心技术展开系统性研究,为装配式建筑施工的精细化和标准化提供参考,可减少装配式建筑的质量通病问题,以促进行业的高质量发展。

1 装配式建筑概述

装配式建筑是指将建筑结构的墙体、楼板、梁柱、楼梯等核心部品部件在工厂完成标准化预制生产,运输至施工现场后通过可靠连接方式装配成型的建筑。相较于传统现浇混凝土建筑而言,装配式建筑具有生产工业化的显著特点,主要构件均在工厂内统一生产完成,可使用工厂的标准化模具进行统一浇筑,其构件的尺寸精度、整体品质远高于现场现浇作业生产;这种现场拼装施工的模式也可减少因现场湿作业、混凝土养护所消耗的工期,因此可将主体施工工期缩短30%以上。基于行业低碳环保转型发展的背景,装配式建筑业可显著减少现场施工建筑垃圾和施工污染,对木材和水资源的消耗也有所降低,其契合行业发展要求。

从当下行业情况来看,装配式建筑虽具有诸多显著优势,但因其作为新型技术体系,且由于现场施工技术的管理影响,仍有个别工程项目因现场施工安装问题,导致装配式建筑整体出现质量低下,诸如结构强度不达标、构件衔接处渗漏等质量问题,显然其并不利于行业的健康发展。因此明确装配式建筑预制构件的施工安装技术,并加以精细化管理,可有

助于装配式体系的快速铺开。

2 预制构件运输、仓储与吊装施工技术

2.1 预制构件运输与现场仓储

装配式建筑构件尺寸大,因此也会存在运输和仓储管理问题。在运输到场前,应在构件生产厂对构件尺寸、强度等指标进行全面复核,质检通过再运送到施工现场;运输过程中对于竖向构件,如预制剪力墙和内墙板等应竖向直立运输,且避免构件过度倾斜,使用专用运输车搭载运输架,设置限位装置和橡胶垫进行缓冲,避免构件边角破损和应力集中;对于水平构件采用平运工艺,且在层间设置通长垫块,避免构件之间互相碰撞。

构件运送到场后对临时仓储位置进行规划,仓储场地需为C20以上混凝土硬化地面以避免构件集中放置导致的场地破坏;场地设置2%排水坡,避免积水情况。在仓储存放时应各个构件的具体存放位置和未来安装位置进行标注和记录,同时按照后续施工顺序进行构件存放,可避免后续施工过程中对于构件的多次倒运。一般而言,将构件存放于待施工楼栋的周边可满足吊装条件的位置,以便于后续吊装工作的开展。

2.2 预制构件吊装施工与就位

构件吊装是指将构件使用大型起重设备吊装到待安装位置,而后调整至就位,以便于后续安装工作开展的工序过程。不同于一般的材料运输工作,装配式建筑的构件大多自重较大,且各个构件的安装次序、安装方向等均有明确要求,因此需确保构件一次性吊装到位。按笔者自身施工经验及资料查阅,对于吊装设备的选择应根据本批次构件的最大重量、吊装半径和现场工况进行选型,且预留不小于20%的冗余空间。以一般住宅工程为例,单块长度4m的

预制剪力墙,其重量约为8吨,因此应选用额定起重量不小于10吨的塔式起重机。

装配式构件吊具系统应有专用平衡梁设计,吊索与构件水平面的夹角在 45° – 60° 之间,避免吊索承担过大的水平拉力,且确保构件的受力情况与其预制、安装时状态保持一致。针对形状不规则、自身重量较大的构件,在正式起吊时应进行吊装试验,在离地0.5m的位置静置30秒,观察吊具的稳定性和构件的平衡性,如有异常应及时调整。

将构件运输到待安装楼层后应立即安装临时固定装置,如预制墙板设置斜支撑,斜支撑自身材料及底部锚固点承载力均应满足要求,且在临时固定装置全部就位后再进行松钩。构件位置可使用全站仪辅助定位,就位后的尺寸偏差轴线偏差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内,标高偏差 $\pm 2\text{mm}$ 以内,垂直度偏差不大于 $1/1000$ 层高,且最大偏差不得超过5mm。完成定位且临时固定到位后方可开展后续连接施工。

3 预制构件连接核心施工技术

3.1 钢筋套筒灌浆连接前查验

装配式构件之间的连接主要是将预制构件的预留钢筋插入到专业的套筒内,将相邻构件的预留金通过套筒灌浆后进行连接即可使之形成可靠机械咬合,使得上下层构件内钢筋应力可有效传递,且能够将相邻构件紧密连接在一起,以此完成装配式预制构件之间的连接工作。而这也属于在装配式建筑施工过程中常出现质量通病,且具有一定隐蔽性的关键性工程。

套筒灌浆施工可分为全灌浆套筒与半灌浆套筒,从行业实际应用来看,因半灌浆套筒具有安装便捷性,因此在住宅工程中的应用比例较高。套筒一般为钢制套筒,在正式施工前应对套筒自身进行力学性能检测,其关键指标包括抗拉强度大于等于 800MPa ,断裂伸长率大于等于16%;同一住宅工程中可能会有多种直径的钢筋。因此在施工前应查验套筒规格与钢筋直径的匹配性。作为隐蔽工程,在套筒灌浆施工后,其预留钢筋已不可查验,因此在施工前应对预留钢筋的强度、长度等进行查验和记录,而后再进行注浆连接施工。

3.2 套筒灌浆施工过程关键技术

按照JGJ 355-2015《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》标准中要求,其施工流程及关键技术点可参考:

(1) 套筒及钢筋施工前清理:在注浆施工前应对套筒内孔进行全面清理,确保内孔内无杂物和堵塞情况,测量预制构件预留的钢筋长度与位置,保证带连接两端的钢筋

中心偏差在2mm内,且长度偏差范围控制在正10mm至-5mm之间。注浆施工前可对套筒进行试安装,以确保钢筋、套筒的适配性。

(2) 分仓与坐浆施工:为确保装配式构件的整体连接质量,对于构件底部的连通空腔需进行灌浆施工;为减少灌浆阻力,确保饱满密实,需将空腔分割为若干个短仓,一般住宅工程其分仓长度控制在1~1.5m之间,各仓缝位置采用坐浆料提前封堵。分仓坐浆施工完成后,对其气密性、早期强度进行检测。避免后期注浆施工过程中出现漏料问题。

(3) 浆料配置及注浆施工:灌浆料性能需符合GB/T 50448-2015《水泥基灌浆材料应用技术规范》要求,1d抗压强度不小于 35MPa ,且应按照建筑工程项目的具体需求,如单层高度、单块构件尺寸等对灌浆料的性能进行调整。灌浆料仍属预拌砂浆材料,因此需注意材料的可操作时间,一般在配置完成后30分钟内应施工完毕。灌浆施工采用压力灌浆技术,其压力控制在 0.2MPa ,从构件的下排灌浆口注入带上排孔洞溢出浆料后即标志该仓灌浆完成,依次完成灌浆施工直至构件所有连接位置均已充满浆料。

(4) 封堵与养护:在灌浆作业完成后,对于上出浆口应及时封堵,且确保密封严密。在灌浆完成7天后可进行初步质量查验,此时灌浆料应充分硬化,且达到初期设计强度。若出现灌浆料体积严重收缩、灌浆料和构件内壁发生明显分离等,应重新进行灌浆施工作业。

3.3 转换层钢筋定位施工技术

转换层即为建筑现浇层与预制层的连接层,在实际施工过程中转换层因其影响因素复杂,也呈现各类质量问题。在施工过程中,其核心控制点是预留钢筋的位置精度,因现浇混凝土成水化热、模板尺寸偏差等影响问题,常导致其钢筋偏差过大,致使上层预制构件的钢筋无法安装,所采用的技术体系为钢板辅助定位技术,在施工至此位置后采用全站仪进行转换层的平面放线,而后对钢筋的预留位置安装5mm厚的钢制模具,且确保预留钢筋穿过钢制模具的孔洞,此孔洞位置与预制构件的钢筋位置对应,以此即使混凝土在凝结硬化过程中具有轻微位移,其钢筋也能够在此孔洞的限定范围内避免过大偏差。

现浇层混凝土施工完成7d后可拆除钢制模具,而后预留钢筋的位置进行测量,其中心位置偏差应控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内。若偏差在15mm之内的,可采用冷弯校正等方式修正钢筋中心误差,若偏差较大的,应出具专项处理方案,采取局部拆除、

后浇带混凝土等方式矫正预留钢筋的偏差。

在转换层构件安装时, 应先对缝隙位置进行充分湿润, 再采用强度等级高于设计等级 1 级且具有微膨胀特性的混凝土进行填充施工作业; 必要时可在前期工程设计环节就针对此进行钢筋节点加强、预留后胶带等方式确保上下层结构混凝土的整体性和稳定性。

4 预制构件接缝密封防水施工技术

4.1 装配式构件接缝防水技术及关键点

装配式构件接缝防水需求的实现由多重技术体系共同保障。大部分预制构件结构自身就具有防水能力, 且按照新型防水规范要求, 建筑主体自身材料的抗渗等级不应小于 P6; 符合质量要求的预制构件在安装完成且经灌浆连接后自身就具有一定的防水能力; 构件在设计和施工过程中, 通过构件接缝位置的构造也可实现防水排水功能, 其外墙竖向接缝采用高低口搭接的设计, 且搭接宽度一般大于 15mm, 可形成内部排水空腔, 且设置一定的排水坡度, 即使在降水天气下构件内的积水也不会向内渗漏; 接缝位置采用微膨胀防水混凝土填充, 能够避免接缝位置的渗漏, 实现结构本体的防水闭合。

4.2 连接处密封及防水施工技术

针对构件连接处的密封及防水施工, 在施工前应对接缝进行预处理, 一般接缝宽度在 20mm, 深度在 10mm 左右, 若接缝宽度过大、高低差过大则是由于前置工序的施工质量问题所导致的, 此时不应进行接缝位置的密封施工作业。在前序工序通过查验后可使用压缩气泵清理接缝内的灰尘、积水, 且确保接缝位置干燥洁净; 清理完成后填塞聚苯乙烯泡沫棒作为背衬材料, 此材料具有保温隔热的作用, 且利用材料自身弹性, 确保缝隙的有效填塞; 填塞后即可施工密封胶, 使用胶枪连续均匀施打密封胶, 确保胶缝连续无气泡, 施工完成后及时进行修整使之成为凹弧形, 且与接缝两侧的构件粘接牢靠。大部分工程外立面外侧还会进行涂料工程的施工作业, 在涂料体系选择时需避免丙烯酸类涂料以免与密封胶发生反应, 导致结构发生渗漏。

5 BIM技术在装配式构件安装施工中的创新应用

BIM 技术是指将建筑二维设计方案转化为三维模型, 并整合一系列工程信息辅助工程管理的信息化技术形式, 目前 BIM 技术已经能够在工程设计、施工管理等方面具有较为成熟的应用。结合装配式构件在安装施工过程中的一系列需求, 笔者创新性地提出了 BIM 技术应用于装配式构件安装施工过

程中全过程管理, 以解决其存在的质量隐患问题。

在工程项目的前期设计阶段即可采用 Revit 本设计平台对预制构件的参数进行细致化拆解, 包括上文中所提及的定位套筒、预留钢筋、起吊点等位置均可使用 BIM 模型在设计过程中就明确其位置, 同时可通过力学性能模拟分析、碰撞分析等确保构件设计与现场实际情况相符, 减少现场返工率。进入施工环节后, 可应用 BIM 的模拟施工能力对构件的吊装顺序、运输路线和现场场地等进行全面优化, 合理规划现场场地分布及施工顺序, 以减少垂直面交叉作业, 既可保障作业安全又能够提升工程效率。

应用 BIM 技术可对预制构件进行编号, 并在生产的过程中可通过 rfid 数据标签等形式将构件的尺寸、安装位置等信息写入到标签中, 避免在现场因人误辨错误导致的构件放置错误和吊装位置错误的问题; 在此基础上结合智能巡检、RTK 定位等技术的支持, 对于构件安装位置校验、工程进度追踪等均可提供系统化的解决方案, 且基于建筑信息化模型进行了指导施工, 其精准度更高, 避免多次频繁测量造成的误差累计。

6 结语

装配式建筑中预制构件的安装施工技术是保障建筑结构安全、工程质量的核心理性内容, 本文基于此背景从工程全流程的角度对构件的仓储运输、套筒灌浆连接和接缝位置处理的核心技术体系, 其要点进行明确, 同时提出了应用 BIM 技术等新型技术形式探索在施工安装过程中的创新性应用路径。正由于装配式建筑所具有的诸多优势, 目前行业内建筑装配率正逐步提升, 相关产业链保障也日益完善, 在行业不断发展的背景下, 未来也会有更为成熟的技术体系被提出, 确保装配式技术的更快普及。

[参考文献]

- [1] 梁松鸿. 全装配式预制混凝土构件施工技术与要点分析[J]. 城镇建设, 2025(19): 46-48.
- [2] 程自亮. 装配式住宅 PC 构件施工技术分析[J]. 建材发展导向, 2025(12).
- [3] 任国栋. 住宅建筑中预制装配式构件施工技术[J]. 陕西建筑, 2024(1): 70-75.
- [4] 邵健. 装配式建筑工程中的 PC 构件施工技术研究[J]. Urban Architecture & Development, 2025, 6(2). DOI: 10.37155/2717-557x-0602-5.