

装配式混凝土结构节点施工质量控制技术探析

张爱华

新疆石河子市市容环境卫生服务中心 新疆 石河子 832000

摘 要：本文围绕装配式混凝土结构节点施工质量控制技术展开研究。首先梳理了装配式节点在网络边界模糊化、资源共享耦合性、数据集中存储方面的安全特征，指出当前存在钢筋连接错位、灌浆不密实、接缝处理不当等核心质量问题及其成因。其次，系统论述了钢筋精准连接控制、灌浆施工精细化控制、节点混凝土浇筑与接缝处理三项核心技术的实施要点。最后，从施工前期预备、过程动态管控、后期成品保护与质量验收三个维度提出全过程质量管控措施，构建覆盖节点施工全生命周期的质量控制体系，为保障装配式混凝土结构整体施工质量与结构安全提供技术支持。

关键词：装配式混凝土结构；结构节点；施工质量控制；技术

引言：装配式混凝土结构是建筑工业化发展的核心方向，节点施工质量直接决定结构整体安全性能。装配式节点涵盖梁柱、墙板、楼板、主次梁连接等关键类型，其施工以预制构件拼接为基础，涉及吊装对位、钢筋接驳、灌浆浇筑、接缝处理等多道精密工序。然而，当前节点施工普遍存在钢筋连接错位、灌浆不密实、接缝处理粗糙等质量问题，严重影响结构承载力与耐久性。本文系统分析装配式节点施工的核心特征与常见质量缺陷，阐述钢筋精准连接、灌浆精细化控制、混凝土浇筑与接缝处理等关键技术，并从施工前期预备、过程动态管控、后期成品保护与验收三个阶段提出全过程质量管控措施，为提升装配式混凝土结构节点施工质量提供技术参考。

1 装配式混凝土结构节点核心施工概述

装配式混凝土结构节点主要包含梁柱节点、墙板拼接节点、楼板拼接节点、主次梁连接节点等核心类型，所有节点均为结构受力关键部位，也是施工质量控制的核心区域。与传统现浇结构整体浇筑成型的施工模式不同，装配式节点施工以预制构件拼接为基础，核心工序涵盖构件吊装对位、钢筋接驳连接、灌浆料浇筑、节点混凝土补浇、接缝密封处理等，各工序衔接紧密、工艺要求严格，对施工精度与操作规范性提出了极高要求^[1]。

节点施工的核心质量目标是保障构件连接的整体性、密实性与力学稳定性，确保节点承载力、刚度、耐久性与主体结构保持一致，满足结构设计的各项性能指标。从施工特性来看，装配式节点施工的质量影响因

素集中在构件预制精度、现场安装对位精度、灌浆施工质量、钢筋连接质量及接缝处理质量五个方面。构件预制偏差将直接影响现场拼装精度，灌浆不密实会导致连接强度不足，钢筋接驳不规范将削弱节点抗震性能，接缝处理不当则易引发渗漏与耐久性劣化。任一环节操作不规范，均会导致节点受力性能下降，引发结构安全隐患。因此，节点施工质量控制需贯穿构件进场检验、现场拼装定位、隐蔽工程验收、成型养护检测全过程，实现精细化、标准化管控。

2 装配式混凝土结构节点施工常见质量问题及成因

2.1 钢筋连接质量缺陷

钢筋是节点传力的核心构件，钢筋连接错位、搭接长度不足、锚固不规范是节点施工最常见的质量缺陷。主要成因分为两方面，一是预制构件工厂生产阶段，钢筋定位模具精度不足，导致预埋钢筋偏移、弯折，构件出厂后钢筋位置偏差超标，现场拼接时无法精准对接；二是现场施工阶段，施工人员对位操作粗放，未严格按照构件标识位置调整钢筋位置，钢筋搭接、锚固长度未满足施工工艺要求，部分施工中存在钢筋随意切割、弯折的情况，导致节点钢筋受力不均，整体抗拉、抗剪性能下降。此外，套筒钢筋连接过程中，套筒定位偏移、钢筋插入深度不足，也会造成钢筋连接失效，影响节点结构稳定性。

2.2 灌浆施工不密实隐患

套筒灌浆、接缝灌浆是装配式节点施工的核心工序，灌浆密实度直接决定构件连接的整体性。现场施工中普遍存在灌浆不饱满、内部空鼓、缝隙残留气泡等问

题,是节点隐蔽质量隐患的主要来源。造成该问题的核心原因:(1)灌浆料配比、搅拌工艺不规范,搅拌时间不足、用水量偏差过大,导致灌浆料流动性、密实度不达标,浇筑后出现分层、空洞;(2)灌浆施工操作不当,未采用连续灌浆工艺,中途停顿导致浆料断层,排气孔封堵时机不合理,内部气体无法完全排出;(2)构件拼接缝隙封堵不严密,灌浆过程中出现浆料渗漏,造成局部浆料缺失,形成空鼓缺陷^[2]。

2.3 节点接缝及混凝土成型质量问题

装配式节点新旧混凝土结合面、构件拼接接缝是质量薄弱区域,常见问题包括结合面开裂、接缝渗漏、混凝土蜂窝麻面、缝隙宽窄不均等。(1)预制构件拼接面未进行粗糙处理,表面残留浮浆、杂物、灰尘,新旧混凝土结合粘结力不足,成型后易出现界面开裂;(2)节点后浇混凝土浇筑振捣不规范,振捣不到位导致混凝土密实度不足,振捣过度造成骨料下沉、砂浆上浮,出现表面缺陷。(3)构件吊装对位精度不足,造成拼接缝隙宽窄不均匀,后续密封、修补施工难度增大,后期使用过程中易出现渗水、开裂问题,降低节点耐久性。

3 装配式混凝土结构节点核心施工质量控制技术

3.1 钢筋精准连接控制技术

针对装配式节点钢筋连接质量缺陷频发的问题,需从构件预制、现场对位、套筒连接全流程落实精度控制,确保节点区域钢筋传力路径完整、连接可靠。(1)构件进场后,首先对预埋钢筋的位置偏差、间距误差、垂直度偏差及锚固长度进行全面复核测量。对存在轻微偏移的钢筋,采用专用液压矫正工具进行微调校正,严禁采用强行弯折、切割等破坏性方式处理,避免钢筋截面损伤与力学性能降低。对偏差超出允许范围的构件,须退回预制厂返工,不得带缺陷进入安装工序。(2)现场拼接对位阶段,采用水准仪与钢卷尺双重校核方式,精准控制构件安装位置与标高,保证上下层预留钢筋与灌浆套筒精准对齐。严格把控钢筋插入套筒的深度,插入前在钢筋表面做出深度标记,插入后复核标记位置,杜绝插筋不到位或超插问题。(3)钢筋搭接与锚固施工严格遵循现行工艺标准,根据节点受力特征精准控制搭接长度与锚固方式,钢筋交叉点与排布间距保持均匀有序,避免钢筋密集堆积导致节点区域混凝土浇筑不密实。完成钢筋连接施工后,及时开展隐蔽工程验收,重点检查钢筋位置偏差、连接长度、套筒紧固度等关键指标,确认无错位、漏接、虚接等质量缺陷后,方可进入下一道施工工序,从源头保障节点钢筋传力性能^[3]。

3.2 灌浆施工精细化控制技术

灌浆密实度控制是装配式节点质量管控的重中之重,直接决定节点连接强度与结构整体性能,需从浆料制备、灌浆操作、收尾封堵三个方面落实精细化管理。(1)在浆料制备环节,严格按照产品技术要求精准计量各组分用水量,采用机械搅拌方式匀速搅拌,严格控制搅拌时间,确保灌浆料均匀无结块、流动度与扩展度均达标。搅拌完成后须在规定时间内使用完毕,严禁浆料初凝后二次加水调稀使用,避免浆料性能劣化导致连接强度不足。(2)灌浆施工采用由下至上、连续稳压的灌浆工艺,灌浆过程保持匀速施压,不得中途停顿或泄压。实时观察排气孔出浆状态,待排气孔流出均匀饱满、无气泡的浆料后,及时进行封堵操作,确保套筒内部及构件拼接缝隙完全填满,无空洞残留。施工前须提前封堵构件拼接缝隙,采用专用封堵材料进行严密密封处理,防止灌浆过程中浆料渗漏导致灌浆量不足。(3)灌浆完成后,做好成品保护,严禁对构件施加震动、碰撞等外力作用,保证灌浆料在静置状态下完成凝固硬化,避免因扰动导致空鼓、开裂等质量缺陷。

3.3 节点混凝土浇筑与接缝处理技术

节点后浇混凝土施工前,须对预制构件结合面进行彻底清理,铲除表面浮浆、松散层及杂物,采用高压水枪冲洗残留灰尘,使结合面保持干净湿润状态,有效提升新旧混凝土之间的粘结强度与界面抗剪性能。(1)混凝土浇筑过程中,根据节点区域钢筋密集程度选择适配粒径的粗骨料,采用分层浇筑、分层振捣的方式施工。振捣棒缓慢插入、匀速拔出,振捣间距不超过振捣棒有效作用半径的1.5倍,确保混凝土充分填充钢筋间隙及节点各部位缝隙,杜绝蜂窝、麻面、空洞等外观与内在质量缺陷。振捣过程中严禁触碰预埋钢筋和灌浆套筒,防止构件位移、钢筋错位或套筒松动,影响节点连接可靠性。(2)针对构件拼接接缝,根据缝隙宽度采用对应的密封处理工艺。窄缝隙采用专用密封胶填充压实,确保胶体与构件表面粘结牢固、无脱粘空鼓。宽缝隙采用细石混凝土分层填补,逐层压实抹平,保证接缝密实度与结构整体性。混凝土浇筑完成后,及时开展收面作业,消除表面收缩裂缝隐患。同步做好保湿养护工作,采用覆盖保湿材料或定时洒水方式,严格控制养护时长不少于14天,养护环境温度保持在5℃以上,相对湿度不低于90%,避免节点混凝土因干湿温差过大产生收缩开裂,保障节点成型质量与长期耐久性^[4]。

4 节点施工全过程质量管控措施

4.1 施工前期预备质量管控

施工前期准备工作是保障装配式节点施工质量的基础环节,需重点落实构件进场验收、施工方案交底、设备工具校验三项核心工作。(1)构件进场时,逐一检查预制构件的外观质量、预埋钢筋及套筒位置精度、构件尺寸偏差,对存在裂缝、变形、预埋构件偏移超标等缺陷的构件予以退场处理,严禁不合格构件投入现场施工。结合项目节点施工特点,细化编制专项施工方案,明确钢筋连接、灌浆施工、混凝土浇筑、接缝处理各工序的操作标准与精度控制要求。(2)对施工所用的灌浆设备、振捣工具、测量仪器进行提前校验与调试,确保设备精度达标、运行状态稳定可靠。针对全体施工人员开展专项技术交底,明确各工序操作要点、质量验收标准及常见质量问题的规避方法,提升施工人员标准化操作能力与质量意识,从前期准备阶段系统性规避各类质量隐患。

4.2 施工过程动态质量管控

建立节点施工工序动态管控机制,严格落实“工序自检、交叉复检”制度。(1)每一道工序完成后,施工班组先行自检,确认各项指标达标后由质检人员进行交叉复检,验收合格后方可进入下一道工序,实现工序全链条闭环管控,杜绝未经检验直接进入后续工序的情况。(2)重点加强隐蔽工程质量管控,钢筋连接、套筒灌浆、结合面基层清理等隐蔽工序,须全程跟踪检查并留存施工影像资料,确保隐蔽工程质量可追溯、可查证,杜绝隐蔽工程质量失控。(3)施工过程中实时把控施工精度,构件吊装对位、钢筋安装定位、灌浆施工等关键环节实施全程旁站监督,发现不规范操作立即纠正。针对质量缺陷高发部位,加大检查频次,动态排查空鼓、错位、密实度不足等质量问题,做到质量问题早发现、早整改,避免隐患累积扩大,保障施工全过程质量处于可控状态。

4.3 施工后期成品保护与质量验收管控

节点施工成型后,重点做好成品保护与养护管控工作。(1)划定成品保护区域,设置明确标识,严禁施工人员随意踩踏、碰撞节点构件,避免未完全硬化的混凝土及灌浆料因外力作用出现变形、开裂等质量损伤。严

格按照养护标准开展常态化养护,根据环境温度与湿度条件动态调整养护方式,采用覆盖保湿或定时洒水等措施,保证节点结构稳步硬化,达到设计强度标准。(2)全面完善节点质量验收工作,验收内容涵盖钢筋连接质量、灌浆密实度、混凝土成型质量、接缝密封质量、节点尺寸偏差等核心指标,采用目视检查与实测实量相结合的方式逐项开展验收。对验收中发现的细微质量缺陷,制定专项整改方案,明确整改措施与责任人,精细化整改到位。整改完成后再次进行复核验收,确认全部指标满足施工工艺及结构受力要求后,方可进入后续工序,确保所有节点施工质量均满足设计标准,保障装配式混凝土结构整体施工质量^[5]。

结束语

装配式混凝土结构节点施工质量控制是保障建筑结构安全的关键环节。本文从节点施工核心特征出发,系统剖析了钢筋连接、灌浆密实度、接缝处理等环节的常见质量问题,明确了钢筋精准连接、灌浆精细化控制、混凝土浇筑与接缝处理三项核心技术的应用要点,并构建了涵盖前期预备、过程动态管控、后期成品保护与验收的全过程质量管控体系。随着装配式建筑规模化推广,节点施工质量控制需持续向精细化、智能化方向升级,强化隐蔽工程追溯能力与动态监测水平,切实保障节点连接可靠性与结构整体耐久性,推动装配式混凝土结构技术高质量发展。

参考文献

- [1] 邓培培,张秀梅.装配式混凝土结构施工技术要点与质量控制策略[J].建筑技术开发,2025,52(2):14-16.
- [2] 刘士伟.装配式混凝土结构施工质量技术要点探析[J].内江科技,2025,46(9):107-109.
- [3] 杨东升.装配式混凝土结构施工技术及其质量控制探究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(3):005-008.
- [4] 丁雄.装配式混凝土结构预制构件连接节点施工关键技术[J].砖瓦,2025(7):144-146.
- [5] 刘显.装配式混凝土结构施工质量控制要点研究[J].天津冶金,2025(5):148-150.