

装配式混凝土结构施工中节点连接质量控制措施研究

黄涛

上海华夏文化旅游区开发有限公司 上海 200120

【摘要】：装配式混凝土结构以工业化生产、高效施工、绿色环保等优势，成为我国建筑产业现代化的核心发展方向。节点连接是装配式结构的受力关键与薄弱环节，其施工质量直接决定结构整体安全性、耐久性与抗震性能。本文以装配式混凝土结构节点连接为研究对象，梳理套筒灌浆、浆锚搭接、螺栓连接、后浇节点等主流连接形式，系统提出成套控制措施，旨在为装配式混凝土结构节点连接施工质量管控提供理论参考与技术支撑，保障工程结构安全。

【关键词】：装配式混凝土结构；节点连接；套筒灌浆；质量控制；施工工艺

DOI:10.12417/2811-0528.26.08.061

在“双碳”目标与建筑工业化政策推动下，装配式混凝土结构应用规模持续扩大，已广泛应用于住宅、公共建筑与保障性住房工程。与传统现浇混凝土结构不同，装配式结构由预制构件在现场装配而成，节点连接是结构传力的核心枢纽，承担着竖向荷载、水平荷载与地震作用下的内力传递与变形协调功能。当前工程实践中，因构件精度不足、灌浆不密实、钢筋错位、后浇混凝土结合不良等问题引发的节点质量隐患频发，成为制约装配式建筑高质量发展的瓶颈。

1 装配式混凝土结构节点连接类型与工作机理

1.1 节点连接分类及适用范围

套筒灌浆连接是装配式混凝土结构中竖向钢筋最主要的连接方式，通过高强无收缩灌浆料将预制构件伸出钢筋与连接套筒紧密结合，实现钢筋内力的可靠传递，主要应用于预制剪力墙、预制柱等竖向受力构件的钢筋连接，具有受力性能好、适用性强、施工便捷等特点，是目前高层装配式建筑中应用最广泛的连接形式。浆锚搭接连接通过在预制构件内部预留孔道，将搭接钢筋插入孔道后注入灌浆料实现连接，依靠钢筋与灌浆料、混凝土之间的粘结力传力，适用于层数较低、荷载较小的装配式竖向构件，具有构造简单、成本较低的优势，但适用高度和受力性能相对有限。螺栓连接与焊接连接属于干式连接，无需后浇混凝土或灌浆，螺栓连接通过紧固件实现构件拼接，焊接连接通过高温熔合钢筋或钢板完成连接，二者施工速度快、现场湿作业少，多用于预制梁、预制板等水平构件的连接，以及临时固定与辅助连接，在抗震设防烈度较高区域需做好构造加强处理。后浇混凝土整体式节点是在预制构件拼接部位预留钢筋、键槽或孔洞，现场绑扎钢筋后浇筑混凝土形成整体节点，通过后浇混凝土与预制构件的粘结咬合实现传力，适用于框架节点、梁柱连接、墙梁连接等关键受力部位，能够最大程度接近现浇结构的受力性能，抗震效果优良，是装配式框架结构核心节点的主要连接形式。

1.2 节点受力机理与传力路径

装配式混凝土结构节点的核心作用是实现结构内力的连续传递，保证预制构件协同工作共同承担外部荷载。在竖向荷载作用下，竖向构件节点通过钢筋连接与混凝土承压，将上部荷载均匀传递至下部构件；水平构件节点通过钢筋锚固与后浇混凝土结合，完成弯矩、剪力与扭矩的传递与分配。在地震作用等水平荷载下，节点作为受力枢纽，需要协调各构件产生变形并耗散地震能量，套筒灌浆、浆锚搭接等连接部位依靠灌浆料与钢筋的粘结强度、机械咬合力传递拉力与压力，后浇节点则通过新旧混凝土界面的咬合作用、箍筋约束作用与钢筋的整体锚固，形成与现浇节点一致的受力机制，确保结构体系的整体性与稳定性。不同连接形式的传力路径虽有差异，但最终均需实现预制构件之间的刚性连接或半刚性连接，使结构形成连续完整的受力体系。

1.3 节点质量对结构性能的影响

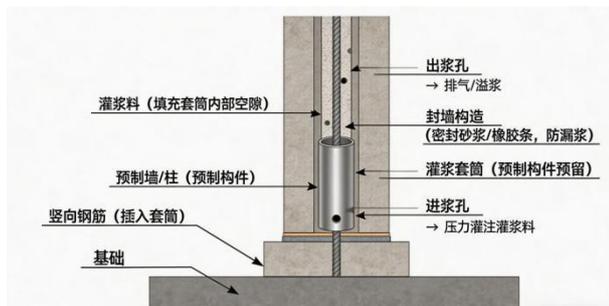
节点连接质量直接决定装配式混凝土结构的整体安全性、耐久性与抗震性能，是结构能否满足设计与使用要求的关键。若节点施工质量不达标，如灌浆不密实、钢筋错位、后浇混凝土结合不良、连接强度不足等，会导致节点部位出现应力集中、内力传递中断等问题，大幅降低结构的承载能力与刚度。在正常使用阶段，质量缺陷会引发构件开裂、变形、渗漏等病害，影响建筑使用功能；在地震等极端荷载作用下，薄弱节点会率先发生破坏，引发结构失稳、坍塌等严重安全事故，同时节点质量缺陷还会加速钢筋锈蚀、混凝土劣化，缩短结构的使用寿命。因此，节点连接质量是装配式混凝土结构施工控制的核心要点，其合格与否直接关系到整个建筑结构的安全与耐久。

2 节点连接施工全过程质量控制措施

2.1 施工准备阶段控制

在技术准备与图纸深化环节，应重点对装配式结构的关键

节点进行深化设计,包括梁柱节点、墙柱连接节点、水平接缝节点、竖向套筒灌浆节点、叠合板支座节点等核心受力部位。施工单位需会同设计单位对节点构造图、钢筋避让大样、连接钢筋定位图、灌浆套筒布置图、封闭箍筋及锚固长度详图进行逐项审核,明确节点的受力形式、连接方式、构造尺寸与施工顺序,避免因图纸表达不清、节点做法缺失或钢筋碰撞导致现场连接质量失控。对于采用套筒灌浆连接的竖向节点,应在准备阶段明确灌浆套筒型号、出浆孔与进浆孔位置、封堵构造、保护层厚度等关键参数,并在施工图纸中附节点剖面大样图(图1-1),直观展示钢筋对位、套筒安装、灌浆腔密封及灌浆路径的标准做法。



2.2 安装定位精度控制

安装定位精度直接影响节点连接的可靠性与结构受力性能,是节点施工质量控制的核心环节。在构件安装前,应对预留钢筋进行对位与校正,采用专用定位工具保证钢筋间距、垂直度与伸入长度符合设计要求,避免因钢筋错位导致套筒无法对接、搭接长度不足等问题。构件吊装过程中应采用慢起、稳升、缓放的操作方式,就位后及时设置临时支撑,并通过水平仪、线锤等工具严格控制构件垂直度、轴线位置与标高,确保构件拼接精度满足规范限值。同时,认真做好接缝与键槽清理工作,去除浮浆、杂物与油污,保证界面干燥洁净,为后续灌浆与后浇混凝土施工提供良好结合条件,避免因界面处理不当造成连接薄弱。

参考文献:

- [1] 赵连会.建筑施工中装配式混凝土结构连接节点力学性能研究与优化[C]//2025 工程技术与材料应用学术交流会议论文集.2025: 1-3.
- [2] 郑喜龙.装配式混凝土结构中水平构件节点施工质量控制研究[J].百科论坛电子杂志,2020(8):1461-1462.
- [3] 张谊平.装配式混凝土结构中水平构件节点施工质量控制研究[J].安徽建筑,2018,24(3):109-110,135.

2.3 套筒灌浆与浆锚搭接质量控制

套筒灌浆与浆锚搭接是竖向构件节点连接的关键工序,其质量直接决定钢筋传力效果。施工中应严格控制灌浆料搅拌时间、加水量与工作性能,确保灌浆料流动度、泌水性、早期强度符合要求,随拌随用,严禁超时使用。灌浆作业应采用压力灌浆工艺,按照由下至上、单孔灌浆的顺序施工,保证出浆口连续出浆后再进行稳压与封堵,稳压时间与压力值严格按工艺执行,防止漏灌、断浆。为保证灌浆饱满度,应采用透明出浆管、灌浆记录仪等辅助手段,全过程监控灌浆状态,并做好孔口封堵与养护,避免灌浆料收缩、开裂,确保灌浆料与钢筋、套筒紧密结合,形成可靠整体连接。灌浆完成后,严禁随意拆除临时支撑,必须等待灌浆料强度达到规定标准,才能进行拆除作业,一般情况下,强度达到 35MPa 方可进行扰动或拆除。

2.4 后浇节点质量控制

后浇混凝土节点是保证装配式结构整体性与抗震性能的重要措施,需从界面、钢筋、浇筑、养护全过程控制。施工前应对预制构件结合面进行凿毛处理,露出坚实骨料,清除浮渣并洒水湿润,保证新旧混凝土结合牢固;同时严格按图纸绑扎节点区钢筋,确保箍筋间距、锚固长度、搭接位置准确无误。混凝土浇筑时应选用适配的微膨胀混凝土,采用小型振捣工具分层振捣密实,避免漏振、过振与蜂窝麻面,浇筑完成后及时覆盖保湿养护,养护时间满足规范要求,确保后浇混凝土强度发展均匀、界面粘结可靠,使节点真正达到与现浇结构同等的受力性能。

3 结语

节点连接质量是装配式混凝土结构安全生命线,贯穿构件生产、运输、现场安装、灌浆、后浇、检测验收全链条。本文通过对节点连接类型、影响因素与控制措施的系统研究,明确了以精度控制、灌浆密实、界面可靠、检测闭环为核心的质量管控路径。实践表明,严格执行规范工艺、强化关键工序旁站、推行全过程可追溯管理,可有效解决节点连接常见质量通病,显著提升结构整体性与抗震性能。