

装配式建筑现浇结构与预制构件的连接处理

冯伟荣

浙江海滨建设集团有限公司, 浙江 绍兴 312000

[摘要] 预制装配式现浇结构建筑具有结构复杂、功能性强的特质, 其预制构件与现浇结构连接节点的优化设计对于强化建筑结构整体性、提高建筑质量与使用寿命具有重要影响。文章介绍了装配式建筑现浇结构类型与预制构件安装技术要点, 以某高层住宅预制装配式现浇剪力墙工程为研究实例, 围绕剪力墙叠合板连接节点处理、梁端连接节点设计、墙板连接节点设计、分布钢筋连接技术四个层面, 探讨了装配式建筑现浇结构与预制构件的具体连接处理方法, 以供参考。

[关键词] 装配式建筑; 现浇结构; 预制构件; 连接节点

DOI: 10.33142/sca.v2i8.1208

中图分类号: TU723.3; TU756

文献标识码: A

Connection Treatment of Cast-In-Place Structure and Prefabricated Components of Prefabricated Buildings

FENG Weirong

Zhejiang Haibin Construction Group Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang, 312000, China

Abstract: Prefabricated cast-in-place structure building has the characteristics of complex structure and strong functionality. The optimal design of the joint between prefabricated component and cast-in-place structure has an important influence on strengthening the integrity of the building structure and improving the building quality and service life. This paper introduces the cast-in-place structure type of prefabricated building and the technical points of prefabricated component installation. Taking a prefabricated cast-in-place shear wall project of a high-rise residential building as an example, In this paper, the concrete connection treatment methods of prefabricated building cast-in-place structure and prefabricated components are discussed in four aspects for reference: the treatment of shear wall composite plate connection node, the design of beam end connection node, the design of wallboard connection node and the technology of distributed reinforcement connection.

Keywords: prefabricated building; cast-in-place structure; prefabricated component; connection node

引言

据中国前瞻产业研究院公布的统计结果显示, 2018 年我国装配式建筑市场规模超过 6532 亿元, 同比增长 28%; 预计截至 2020 年, 我国装配式建筑在新建建筑总量中占比将超过 20%。通常装配式剪力墙结构中含有一定量的水平、竖向接缝与连接节点, 采用预制构件将其连接成为一个整体, 针对其接缝、连接节点的受力性能进行优化, 可以有效提升建筑结构的刚度、承载力、延性、耐久性与抗震能力, 实现建筑整体结构性能的显著提升。

1 装配式建筑现浇结构类型与预制构件安装技术分析

1.1 现浇剪力墙结构类型

现浇剪力墙结构主要指在预制装配式框架结构建筑中, 将预制构件应用于建筑结构的梁、柱位置, 基于现浇结构标准实行相应承重构件节点、接缝连接部位的优化设计, 提升建筑结构的抗震等级与适用高度。在此过程中, 需基于建筑质量标准针对预制装配式结构进行合理设计, 提高装配式结构的预制化率, 并防范因湿作业对整体结构质量造成负面影响。

1.2 预制构件安装技术要点

在预制构件的安装连接环节, 需注重把握以下四项基本技术要点: 其一是在斜撑角度设置上, 通常应将其控制在 30-40° 范围内, 分别将底部、上部斜撑高度设为 45cm 和 200cm, 在确定楼面螺栓预埋位置的基础上, 做好钢筋、钢混结构的焊接工艺处理, 防止因斜撑对混凝土结构产生破坏。其二是连接钢筋定位, 选取厚约 5mm 的钢板, 依据预先设置好的间距进行开孔作业, 保障孔径较连接钢筋直径超出 10mm, 并在混凝土浇筑前完成钢筋隐蔽部位的验收。其三是预制墙板处理, 需在预制墙板根部位置预留宽 2cm 的缝隙, 在吊装前完成钢垫片的加装处理, 防范在后续施工中出现预制墙板移动的问题。其四是预制件吊装作业, 在起吊前沿外墙保温板位置铺设一定量的海绵条, 用于防范后续注浆

作业时发生跑浆现象，基于轻放、慢放原则实现预制件安装部位的合理调整^[1]。

2 装配式建筑现浇结构与预制构件的具体连接处理方法探讨

2.1 工程实例分析

以某高层住宅预制装配式现浇剪力墙工程为例，该建筑工程采用预制装配式框架-剪力墙结构，建筑地上部分为23层、地下部分为2层。剪力墙结构采用现浇形式，厚度为240mm，局部厚度为200mm；框架结构分别采用截面为660mm×660mm、720mm×720mm的预制柱构成；选取灌浆套筒连接技术进行纵向钢筋施工，其3-23层采用叠合梁作为框架梁、叠合板作为楼板；主梁断面尺寸为250mm×250mm，次梁断面尺寸为200mm×450mm；外墙板选取150mm厚的预制PC板，女儿墙、空调板均为预制形式（其女儿墙预埋件设计如图1所示）；5楼层面标高以下均采用现浇施工方案。

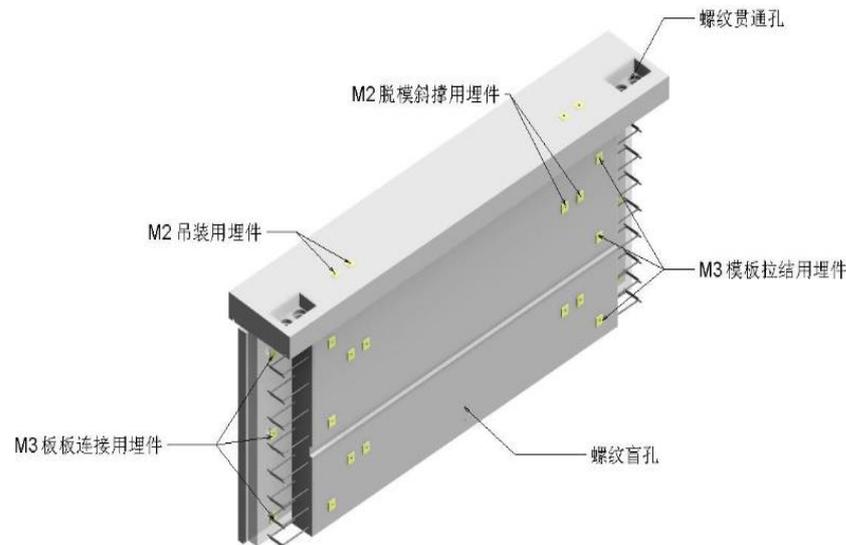


图1 预制女儿墙预埋件模型

2.2 剪力墙叠合板连接节点处理

2.2.1 桁架混凝土叠合板设计

在底板材料选取上，采用预制钢筋混凝土带桁架薄板作为制作材料，将其厚度控制在60-70mm范围内；在剪力墙叠合板后浇带与叠合楼板连接施工环节，依据预制底板的钢筋伸出状态，预先在底板间留出宽约300mm的后浇带，为接下来的后浇带钢筋搭接施工奠定良好基础，保障后浇带钢筋实现100%搭接。

2.2.2 预应力混凝土叠合板设计

采用预制预应力混凝土带肋薄板进行底板设置，选取穿孔钢筋沿竖向布置，随后完成混凝土叠合层的现浇处理，保障连续叠合板构成整体式结构。在具体参数设置上，应将底板厚度设为30mm，叠合板厚度设为95mm，并注重及时检查叠合板侧面是否存在钢筋伸出的问题，提高施工作业效率。

2.3 剪力墙梁端连接节点设计

为强化预制装配式建筑现浇结构与预制构件的连接效果，需依据建筑结构特征开展可行性论证，选取地下室顶板作为建筑上部结构的嵌固部位，将顶板厚度设为250mm左右，配合双层、双向配筋设计方法，确保地下室2层结构的侧向刚度约为地上1层剪切刚度的1.5倍，并围绕地下室周围进行抗震墙的设置，保障抗震墙与顶板之间的紧密连接。与此同时，开展梁端节点连接设计方案的编制工作，包括预制主梁预留槽口设计、搁置式主次梁连接、预制主梁预留螺栓等设计方案。

在预制主梁的预留槽口设计上，应确保主梁截面位于次梁之上；接下来采用机械锚固板沿次梁底部位置纵向开展钢筋锚固作业，将伸出构件钢筋的长度控制在标准值以内；待预制墙板就位后，截断主梁构造筋，并将其放置到次梁

低筋上，完成预制构件的加工处理（其预留槽口设计如图2所示）。

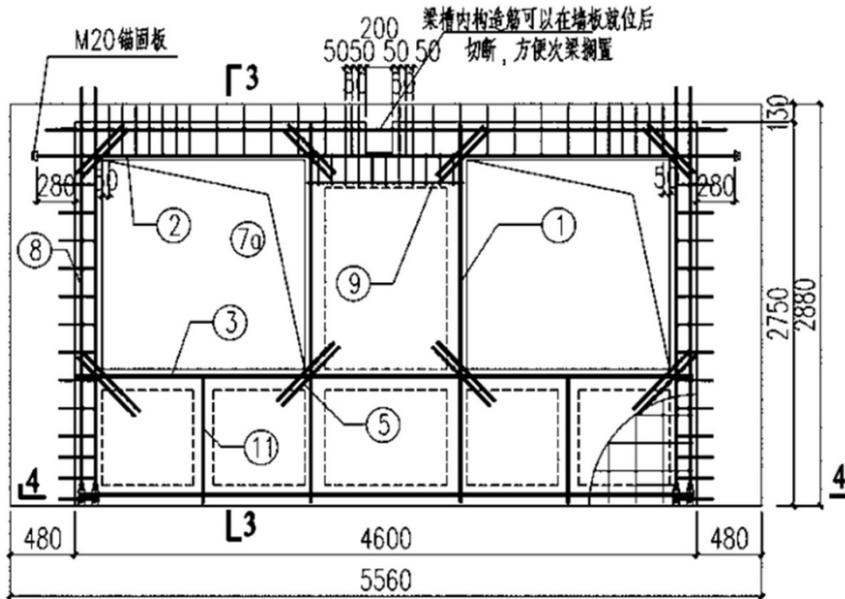


图2 预制主梁上的预留槽口设计

在搁置式主次梁连接方案的设计上，该连接技术适用于规模、空间较大的建筑物，需注重结合标准宽度进行梁宽设置，避免梁宽过大影响到建筑结构内部的美观性，也易增加剪力墙的施工成本。

在预制主梁预留螺栓连接方案设计上，在完成主体框架结构设计的基础上，借助主梁预留螺栓实现预制构件的连接，在此过程中需着重加强预留螺栓孔位置的设计，避免螺栓孔出现倾斜、偏位的问题，防范在后续剪力墙就位后增大钢筋的拧紧难度，保障后续拧入钢筋与预制梁底部钢筋可实现100%搭接。

结合本工程实际施工情况，其剪力墙厚度为240mm、顶部梁槽宽120mm，施工方将预制主梁预留槽口、搁置式主次梁连接两种工艺方案进行整合，选取预制带窗填充墙，或在预制剪力墙内预留孔洞的施工方法；围绕次梁梁头位置预留梁槽，选取锚固板增设在锚固钢筋位置，并将其置入梁槽中；在梁槽内完成锚固钢筋的绑扎处理，促使钢筋绑扎难度得到有效下降。在梁柱纵筋设置上，需注重针对预制梁、顶层角处的连接节点进行优化设计，在保障现有建筑立面稳定性的前提下，采用抬高柱顶标高、梁纵筋弯锚等技术实现预制梁与顶层角连接部位的优化设计，选取直锚作为梁纵筋，将柱顶与梁面间的高度差控制在500mm范围内，并将柱纵筋锚固长度控制在至少40D以上；在确保柱顶标高不变的情况下进行弯锚处理，保障梁纵筋下弯直线段较梁纵筋长度超出40D，并围绕梁纵筋方向选取 $\Phi 12@145U$ 型箍筋进行安装紧固，提高梁纵筋及相应连接节点的稳固性^[2]。

2.4 剪力墙墙板连接节点设计

针对位于同一楼层上的相邻预制墙板间进行竖向接缝的设计，为保障实现预制构件与现浇结构之间的整体性连接，可采用后浇混凝土边缘构件的连接工艺，提高预制钢筋混凝土构件连接的稳固性。倘若位于同一楼层上的相邻预制墙板连接位置无边缘构件，则可在连接位置增设后浇构造柱，实现预制钢筋混凝土构件的有效连接；针对预制墙板为轻质隔墙板的情况，则需选取轻质条板进行连接环节的固定处理，避免在后续施工环节因缝隙过大造成安全隐患。

在预制墙板间竖向接缝设计的过程中，由于其墙板预留水平钢筋采用封闭连接形式、长度不大，因此可以为后续钢筋运输环节创设便捷条件，然而其后浇边缘构件中的纵向钢筋在绑扎环节需穿过预制墙板，经由后浇边缘构件上部位置插入到位于预制墙板侧面的封闭箍筋中，因此一定程度上增加了施工难度；倘若采用预制主梁预留螺栓方案，借助预留开口箍筋的方式可简化操作难度，但通常由于预留钢筋长度大于标准数值，且在运输环节易增加钢筋磨损的几率，更无法为后浇混凝土施工提供安全保障。基于此，在本工程中推荐采用封闭箍筋处理工艺，将预制墙板侧面钢筋伸出长度设为210mm，将后浇边缘构件底部加密区的高度设为610mm，选取135°弯钩作为箍筋，将其运用于剪力墙外

墙外页板部位，实现连接节点与接缝部位的优化处理。

基于水平缝原理，倘若采用 22mm 厚座浆混凝土进行预制剪力墙水平接缝处的施工，则在发生地震的情况下，其水平接缝的层间受剪承载力应为垂直穿过结合面钢筋抗拉强度设计值 \times 垂直穿过结合面钢筋的面积之和 $\times 0.6$ 与垂直于结合面的轴向力设计值 $\times 0.6$ 相加之和，其中需注重依据结合面轴向力的具体类型进行轴向力设计值计算，当轴向力为压力时，其设计值为正数，反之则为负数。在此基础上，施工人员可首先采用灌浆料方式填充预制墙楼层间的水平接缝，随后配合灌浆套筒连接技术实现上下层预制剪力墙竖向钢筋的连接，强化水平接缝处理质量。同时，施工人员需在主梁外侧预留 210mm 的牛腿；参考次梁的弯矩包络图在伸入支座的梁下部纵筋处预留 10D 的距离，开展灌浆套筒连接作业；最后基于《国家建筑标准设计图集 16G101-1》要求，选取预制柱左侧位置开设沟槽，针对其表面进行粗糙处理，以此实现现浇结构与预制柱、套筒之间的牢固连接。

2.5 剪力墙分布钢筋连接技术

2.5.1 几种钢筋连接技术介绍

在预制装配式现浇结构的钢筋连接方面，主要包含灌浆套筒连接、浆锚连接、机械连接几种技术类型。其中灌浆套筒连接（如图 3 所示）分为 Y 型、U 型两种连接方式，通过将连接钢筋插入套筒中，并向套筒内注入高强灌浆料，利用套筒内的凹凸槽与钢筋的凹凸纹实现传力，待其硬化后可实现钢筋、套筒的一体化连接，其屈服点 $>420\text{MPa}$ 、抗拉强度 $>600\text{MPa}$ 、延伸率 $>6\%$ ，适用于装配式建筑结构中；浆锚连接技术通过将钢筋拉开一定距离，经由剪力作用将连接钢筋的拉力传递至灌浆料及混凝土界面的间隔位置，实现钢筋的间接搭接，可有效缩短钢筋搭接长度；机械连接技术利用钢筋、连接件的机械咬合实现力的传递，常用接头包含套筒挤压接头、锥螺纹接头等类型^[3]。

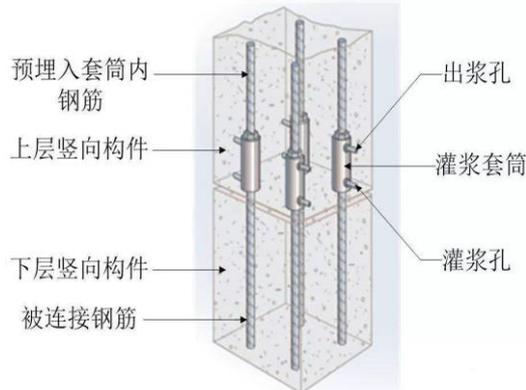


图 3 灌浆套筒连接示意图

2.5.2 施工流程

该工程采用灌浆套筒连接技术进行预制柱纵向钢筋的连接，首先进行基础处理，在施工前完成基础的清理工作，运用带压力水管进行接缝内的冲刷处理，确保接缝内无灰尘、积水；其次进行灌浆腔的密封处理，选取高强封堵料作为密封材料，利用座浆工艺在构件底部创造出槽形空间，预留孔道与套筒孔，确保实现有效连通；再次完善施工准备，依照 1:0.125-1.135 的比例向灌浆料内加水，搅拌约 3-5min，并静置 2-3min，确保气泡完全排出；接下来开展灌浆作业，利用清水将灌浆机内润湿，经由滤筛网将灌浆料注入灌浆机内，将灌浆流速控制在 0.8-1.2L/min，待循环数次后进行灌浆作业；最后封堵排浆孔，待砂浆从出浆口流出后，选用橡皮塞进行封堵处理，保障所有接头皆完成灌浆后，针对灌浆口、出浆口进行抹平处理，完成现场记录。

2.5.3 操作要点

首先，施工人员应做好灌浆套筒连接节点的控制，防范因套筒、灌浆料质量等因素影响到连接节点的力学性能；针对灌浆口、出浆口、封浆层做好密封处理，避免在套筒内出现空洞；做好预制构件尺寸的把控，避免造成预制构件、套筒间的偏心问题；在灌浆料拌制环节，需注重加强搅拌时长的控制，保障套筒内实现受力的均衡传递，避免影响到浆料的流动性。

其次,施工人员应严格把控进场检验环节,针对接头外观、尺寸、标识等进行严格检查,做好接头的拉伸、拉压试验,确保其达到I级指标;在灌浆料质量把控上,应确保其28d强度至少为85MPa,初始流动度>300mm、30min内流动度>260mm,并完善型式检验等质量性能试验。

再次,需做好灌浆腔密封检验工作,在灌浆前以底部构件地梁为基准,预先完成预制构件的吊装处理,保障其水平、垂直方向上的位置符合设计要求,选取4根钢筋插入构件、地梁间宽约20mm的水平缝内,将钢筋、构件外缘距离控制在15mm以上;随后进行封堵料的注水搅拌,将座浆料抹压成倒角,以此增大座浆料与楼地面的摩擦力,缓解后续灌浆压力;接下来针对柱体周围的密封情况进行检查,采用密封砂浆完成渗漏位置的修补,待完成密封处理的24h后即可连接钢筋开始灌浆作业。

最后,针对灌浆施工质量进行严格把控,选取高压空气完成预制柱套筒内部清理,并进行透光检查;现场完成灌浆料试件的制作,将加入量控制在12.5%-13.5%范围内,确保流动度 ≥ 270 mm,且搅拌均匀,使浆体温度处于5-30℃区间内;由灌浆口进行连续、匀速、缓慢注浆,待发现出浆口排出浆液,则封堵灌浆口、出浆口,保障灌浆料的填充量与密实度,切忌从多个灌浆口同时灌浆,避免产生空气夹层;待检验灌浆套筒连接处受力性能符合要求后,即可拆除预制构件斜撑,开展上层结构施工,以此强化灌浆套筒的结构承载力。

3 结论

装配式建筑结构凭借其在承载力、刚度、延性、抗震性能与使用寿命等方面的优势,在我国建筑行业的应用范围日渐扩大。由于其现浇剪力墙结构存在一定量的水平、竖向接缝与边框连接节点,因此还需采取有效处理方法实现预制构件与现浇结构间的可靠连接,强化节点、接缝的受力性能,从而进一步强化整体建筑结构的性能保障,响应建筑业节能减排号召,推动住宅产业化发展。

[参考文献]

- [1]郭文强.装配式建筑物构件连接方式简析[J].价值工程,2018,505,(29):222-223.
 - [2]刘红梁,高洁,吴志平,等.预制装配式建筑结构体系与设计[J].上海应用技术学院学报:自然科学版,2015,(5):357-361.
 - [3]郑清林.灌浆缺陷对套筒连接接头和构件性能影响的研究[D].中国建筑科学研究院,2017.
 - [4]田炜,卢旦,纵斌.装配式混凝土槽式灌浆连接抗拉性能试验研究[J].施工技术,2018,No. 511,(12):85-88.
 - [5]张建国,于奇,张超,等.沈阳某装配式住宅项目预制构件生产组织设计[J].混凝土世界,2016,(7):48-53.
- 作者简介:冯伟荣(1965-),大学,高级工程师,一级注册建造师。