

双面叠合墙工艺在 装配式剪力墙结构竖向钢筋连接质量控制中的应用

陈 斌

青浦区建筑建材业管理所 上海青浦 201799

摘 要: 双面叠合墙技术采用现浇连接方式代替传统的套筒灌浆,从而有效地提高装配式剪力墙结构中竖向钢筋的连接质量。过程中采用精确插筋定位,限位模板及工厂预制精度控制等措施保证了钢筋对中率;对墙体自重进行了优化设计,减小了吊装难度,同时使用了小吨位塔吊,提高了施工效率。现场采用验收尺检定轴线并配合双面模板加固振捣工艺确保了现浇段的密实度。应用证明,该项技术能显著降低钢筋偏位的风险并加强结构的整体性,从而为装配式建筑竖向连接的设计提供一种新的思路。

关键词: 装配式剪力墙结构; 竖向钢筋连接; 双面叠合墙工艺

引言

在装配式剪力墙施工过程中竖向钢筋的连接好坏直接关系到结构的抗震性能及整体的稳定性。传统的套筒灌浆工艺普遍存在灌浆密实度较难控制和对中精度不够的问题,容易诱发连接缺陷。双面叠合墙技术采用现浇连接代替套筒灌浆并配合工厂预制和现场精准定位的方式可以有效地解决以上困难。文章从工艺优化和施工控制两个角度出发,对竖向钢筋连接这一技术的运用策略进行了探究,目的是为促进装配式建筑质量的提高提供借鉴。

1 装配式剪力墙结构中竖向钢筋连接的重要性

装配式剪力墙结构是住宅工业化体系的关键构件之一,竖向钢筋连接是否可靠直接关系到结构整体承载力和抗震性能。特别对于高层或者超高层建筑,钢筋连接既涉及结构力持续传递问题,又涉及施工效率,节点密实性和后续质量验收稳定性等问题。根据工程实践,常规 PC 墙体是通过套筒灌浆来实现钢筋对接的,虽然形式上能达到连接的要求,但是在实际的现场操作过程中,因灌浆料充填不均匀,钢筋不对中或者灌浆筒存在偏心现象,很容易产生灌浆不充实,连接不牢固等质量隐患而导致结构整体性降低。进一步地,该连接方式对现场灌浆作业技术依赖性强,当施工工序控制,工人操作熟练度及环境条件发生变化时,其质量很难一致^[1]。所以在实际工程推进过程中探索取代传统灌浆连接形式和寻找更加稳定,标准和可控连接工艺就成了增强装配式结构性能至关重要的环节。它不仅影响构件安装是否顺利,

而且对竖向力的有效传导和后期工程耐久性有坚实的保证。

2 双面叠合墙工艺在装配式剪力墙结构竖向钢筋连接中的应用策略

2.1 取消传统套筒灌浆工艺,采用双面叠合墙现浇连接
某公寓工程实际施工中,目前广泛应用于传统装配式剪力墙构造的垂直钢筋套灌浆连接形式暴露出许多质量控制难点。特别是大尺寸 PC 构件起吊和拼接时,竖向钢筋的对接精度主要取决于套筒的位置,同时灌浆作业的好坏还受到预制构件的精度,灌浆料的性能以及施工环境等诸多变量的扰动。灌浆不够饱满、接口空鼓和套筒内孔偏心现象在实践中经常出现,即使经过多轮工艺优化和材料选型也很难从根源上解决灌浆质量不易控制的难题。特别是当墙体荷载集中时,这种连接缺陷会对结构的整体性造成不利影响,需要对传统的连接模式进行系统性调整。

结合该工程结构设计需求和施工精度,我在该工程中摒弃了以灌浆套筒为中心的竖向钢筋连接,改用双面叠合墙进行现浇,增强了节点连接可靠性和一致性。具体的操作方法是在每一块预制墙板的两面各预留 5cm 厚的混凝土外壳,并在中央放置 10cm 宽的现浇带,然后钢筋从上面的预制部分穿出,现场同层的竖向钢筋搭接完毕。最后均匀地裹入现浇混凝土内形成。这种结构形式在简化竖向构件连接逻辑的同时,更为重要的是突破了灌浆工艺的质量依赖性。现场无需再另配灌浆设备,同时避免施工人员操作失误或者材料搅拌误差造成接口缺陷。

在施工控制方面,该技术减少套筒数量,降低构件错位积累误差风险。同时避免灌浆胶结不充分导致钢筋滑移或者接头开裂。叠合墙现浇带是竖向受力的主要途径,浇注时采用机械振捣保证混凝土对钢筋完全包裹,从而形成较好的握裹和锚固效果,晚期结构加载试验显示了较好的整体性和抗剪能力^[2]。接头处没有出现开裂的痕迹,钢筋也没有发生明显的滑移,节点的承载力和延性达到甚至超过了设计的预期。

2.2 精确预留插筋定位装置,配合限位定位模板,提高吊装精度

装配式结构施工期构件吊装精度对竖向钢筋连接质量稳定性有直接影响。实际作业时,若插筋发生位置偏移或者错口等情况,不但提高了安装时返工率而且易诱发结构应力集中、锚固性能弱化等现象。基于这一认识,我在该工程施工时自觉要求预制阶段插筋位置控制较高。特别是竖向插筋预制过程中利用钢筋限位卡具准确设置,卡具是模具中钢筋固定的工具,使得每一根钢筋不但出筋长度一致,且夹角方向一直保持垂直,从根本上避免了后期吊装时错位的危险。

鉴于传统插筋定位常受人工调节误差制约,模具构造采用嵌套式空腔设计以空间导向约束插筋偏移。成形后插筋位置更平稳,误差保持毫米级。在实际的吊装过程中,为了确保垂直钢筋的顺利连接,我采纳了一种专为此目的设计的限位定位模板系统。本模板系统采用多点刚性结构形式,特点是既具有垂直方向约束作用,又可实现水平轴线方向插筋微调导向,从而避免吊装过程钢筋偏差或者错口。这一措施在实际应用中体现出了极高的实用性,在插接过程中基本能做到一体贯通,不需要二次调试,极大地减少了组装过程中对操作的干扰。

为了避免插筋时由于自重回弹或者刚度不足而产生扰动,我也安排了插筋的试拼流程后再进行吊装。通过对插接过程进行仿真,检查插筋对位流畅与否,有无局部应力卡阻现象,该措施有效地避免了强行插接而导致钢筋发生变形或者位移。待试拼成功后正式进行就位程序,大大提高吊装效率。从吊装期间多次测量资料来看,插筋对位误差都在 $\pm 5\text{mm}$ 范围内,远远好于灌浆套筒搭接处 $10\sim 15\text{mm}$ 的普通误差等级。安装的效率也得到了-定的提高,每一块墙板的吊装所需时间平均减少了大约12%。

2.3 优化墙体自重设计,通过双面叠合墙降低构件重量,选用小吨位塔吊

在某公寓工程中,由于施工现场场地受限,吊装操作频繁的实际情况,预制构件自重控制问题就成了结构设计优化研究的重点课题之一。双面叠合墙技术应用后在墙体构造减重效果上表现出显着优势。具体地说,常规厚壁预制墙体往往要求其整体截面尺寸达15cm,甚至更粗,在构件运输及吊装时不但体积庞大,而且重量也给吊装设备形成了极高的载荷。在这次的设计方案中,选择了双面叠合墙,其外部预制混凝土的厚度只有5cm,而内部的嵌入部分则是通过向后浇筑10cm的混凝土来确保整体结构的强度,既满足结构的性能要求,又有效地压缩预制环节中构件的自重。

该构造方式对于吊装设备选择有明显影响。在对单一墙体的自重进行核算之后,原先计划配置的80吨塔吊得到了重新的评价,并最后被调整为50吨的中型塔吊,以满足所有墙体的吊装要求。此项变革所带来的不仅仅是在设备购买成本上的减少,经过单塔吊的调整,总共节省了超过300万元。更为关键的是,设备在运行时的能量消耗和维护费用也相应地减少了。装配式建筑项目施工节奏与经济控制一直以来都需协同进行,而这一调整正好证实了构造减重所产生的全过程优化作用。

不但如此,构件轻量化对于吊装作业稳定性改善非常明显。由于单块构件自重减轻,在吊装过程中构件晃动幅度可以减小,且在安装就位后微调更加方便,构件对位更加准确。以往厚重预制墙体吊装中易产生的偏摆、吊点不均匀、构件姿态修正困难等难题,经此次应用后得到显着减轻,整体吊装安全系数得到提高^[3]。

在有限场地下施工尤需追求效率与安全的平衡,而双面叠合墙的构造形式通过“结构功能完善,预制局部轻量化”的思路,有效解决了这一矛盾。它与装配式施工方式适配性较高,可为高密度城市项目后续推广应用提供实践借鉴。

2.4 工厂端控制预制构件精度,现场采用钢筋连接验收尺校验连接轴线

在装配式结构的施工实践过程中,对构件连接精度进行控制一直是结构整体稳定性和受力连续性至关重要的因素。特别是应用双面叠合墙技术的工程,钢筋插筋位置准确与否决定着竖向连接的好坏。前期曾遭遇钢筋轴线偏移导致连接精度困难的问题,所以在本次做法中尤其加强了对预制端到现场安装端的全程质量闭环控制。

对于工厂端构件精度控制,先从模具制作阶段就对误

差源头进行干预,对模板刚度进行调节,以消除长时间服役可能产生的微变形。实际投入生产时,通过数控切割钢筋并配以高精度的定位装置保证了出筋长度,插筋角度和出筋间距3个参数满足设计要求。出模时,构件关键部位也需要引进激光测量设备复核点位,当发现与标准线位有偏差时,立即返修或者调整,不要把问题流到现场,以防产生积累性的误差。

关于安装环节,为了避免现场施工中出现错误给接缝造成不可逆转的影响,我介绍了一套特制钢筋连接验收尺作为现场检查构件竖向轴线是否一致的手段。该量具根据节点设计标准制定可容忍的误差范围,该量具能够快速探测上下钢筋的插入深度,位置匹配度和相对偏移状态。当检测到插筋孔位出现偏差或者连接出现松动时,应立即在现场对其位置进行校正,而无需依靠后期灌浆救济手段,从而规避套筒灌浆过程中可能出现的不充实风险,同时进一步提高构件连接安全冗余程度。

实际统计表明,该项目全线钢筋竖向对接偏差上限为5mm,远远好于业内一般10mm控制标准。该双向联动控制策略由源头生产向现场定位转变,既保证了衔接处的施工准确性,又为高层结构叠合墙体系的推广应用奠定质量基础。

2.5 加强现浇段模板加固和振捣工艺,使用内外双面模板配合穿墙螺杆

装配式剪力墙结构系统现浇段混凝土施工质量对于整体结构稳定性和钢筋连接性能具有重要影响。特别是双面叠合墙的施工技术,其中部10cm现浇层既担负着结构受力主要转移任务,又是上下钢筋锚固连接核心区。该区域密实度,成型质量对钢筋握裹力和节点处结构整体性有直接影响,所以对其施工控制一定要高度准确,不允许有任何含糊的余地。

在本次工程实践过程中,针对现浇段普遍存在蜂窝麻面,空鼓和钢筋松动等质量安全隐患,我根据构造特性采用内、外双面模板体系为主安装模板。外侧依靠厚度为5cm的预制混凝土面板为天然模板,在增加模板整体刚度的前提下,借助于其高平整度降低了安装和调节难度。在模板的内侧,我们采用了可调节的钢模设计,这样可以根据实际的现场节点对中需求,灵活地调整模板的位置,并利用穿墙螺杆

确保其稳定性,从而创造出一个封闭且受力均衡的浇筑空间,有效地控制模板的胀模和变形。

为了确保混凝土浇筑时密实度,采用多点振捣和侧振相结合的方法优化振捣工艺。利用高频插入式振捣棒对钢筋密集区域进行点对点的处理以避免混凝土骨料的离析;并辅之以模板侧振系统以加强模板两边混凝土贴合度和界面密实效果。该工艺控制分层浇筑的高度不宜大于300mm,以免由于层厚太大造成振捣不透和漏振。振捣有专人盯控,模板闭合前重新审查钢筋轴线和模板腔体,保证结构受力无偏移,轴线对位无偏离。另外,模板缝隙处均使用高弹密封条进行密封处理,避免了浆体的外泄,继而保证了混凝土界面的整洁性。成型后拆模效果表明:现浇段混凝土表面光洁、接口清楚,未出现空鼓、蜂窝、麻面等通病,总体观感质量符合优质标准。采用钻芯检测方式分析了不同位置握裹力情况,数据表明均符合有关结构规范的要求,没有发生钢筋松脱和混凝土剥落的质量问题。

结束语:双面叠合墙技术应用于装配式剪力墙结构竖向钢筋的连接,对于提高施工效率和保证结构安全都提供了一种有效方法。通过废除传统套筒灌浆工艺、采取现浇连接方式、并对墙体自重进行优化设计的策略,此工艺在提高连接可靠性及施工效率的同时也减少了施工成本及对环境的影响。工厂端严格把控预制构件的精度,并在现场使用钢筋连接验收尺进行连接轴线校验,保证施工质量。强化现浇段模板加固及振捣过程,采用内、外双面模板与穿墙螺杆相配合进一步提高结构整体性能。

参考文献:

- [1] 谈鸿霏. 竖向钢筋锥套紧锁连接的装配式剪力墙抗震性能研究 [D]. 西华大学, 2024.
- [2] 刘新之. 预制装配式剪力墙结构竖向套筒灌浆连接技术 [J]. 安装, 2023, (10): 102-104.
- [3] 殷承诺. 墙身竖向混合布筋的灌芯装配式混凝土剪力墙抗震性能研究 [D]. 吉林建筑大学, 2023.

作者简介: 陈斌, (1981年10月17日), 男, 汉族, 江苏泰州市人, 职称(职务): 工程师, 本科, 研究方向: 工程管理。