

Research on innovation and application of steel bar connection technology in prefabricated buildings

Yinhua Shi

Shanghai Construction No.7 (Group) Third Engineering Company Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

Abstract

Taking Shanghai Luocheng Road 389 apartment project as an example, this paper systematically expounds the application practice of sleeve grouting connection technology in view of the connection problem of prefabricated steel bars in prefabricated buildings. Through the optimization of the grouting material performance index, the optimization and innovation of the grouting process, and the improvement of the quality control system, the quality of the steel bar connection is effectively guaranteed, and the efficient assembly of the assembled structure is realized. The successful implementation of this project provides valuable experience for the popularization and application of steel bar connection technology in prefabricated buildings, and has good demonstration effect and promotion value.

Keywords

prefabricated building; steel bar connection; sleeve grouting; construction technology; quality control

装配式建筑钢筋连接技术的创新与应用研究

施银华

上海建工七建集团第三工程公司, 中国 · 上海 200000

摘要

钢筋连接技术是装配式建筑施工的关键环节之一, 其质量直接影响建筑结构的整体性能。本文以上海罗城路389号公寓项目为例, 针对装配式建筑中预制构件钢筋的连接问题, 系统阐述了套筒灌浆连接技术的应用实践。通过对灌浆料性能指标的优选、灌浆工艺的优化创新, 以及质量控制体系的完善, 有效保证了钢筋连接质量, 实现了装配式结构的高效装配。该项目的成功实施为装配式建筑钢筋连接技术的推广应用提供了宝贵经验, 具有良好的示范效应和推广价值。

关键词

装配式建筑; 钢筋连接; 套筒灌浆; 施工工艺; 质量控制

1 引言

与传统现浇建筑相比, 装配式建筑具有施工速度快、质量稳定、节能环保等优势, 已成为建筑业发展的重要趋势。然而, 装配式建筑大量采用预制构件, 如何实现构件之间可靠地连接是工程实践中面临的技术难题。钢筋连接作为重要的结构连接方式之一, 其施工质量对装配式建筑的结构性能和使用安全至关重要。

2 装配式建筑工程概况

2.1 项目基本情况

罗城路 389 号公寓项目位于上海市徐汇区, 建筑面积约 5.9 万 m², 其中地上建筑面积 3.7 万 m², 地下建筑面积 2.2 万 m²。项目由 3 栋高层住宅、1 栋配套服务用房及地下车库组成, 住宅最高 27 层, 建筑高度 79.0m。

2.2 结构设计特点

本项目采用装配整体式剪力墙结构体系, 预制率不小于 40%。预制构件包括预制剪力墙、叠合梁、叠合板、阳台板、空调板等。住宅外墙采用 ALC 板, 楼梯为预制钢筋混凝土楼梯。叠合板采用 60mm 厚预制底板, 现浇面层厚度 70mm。

2.3 预制构件系统及装配率分析

项目共划分 1636 个标准预制构件, 非标准构件 48 个, 总装配率达 40% 以上。各单体预制构件数量及预制率见表 1。从中可以看出, 住宅单体的装配率普遍高于 40%, 最高可达 45%, 充分利用了装配式施工的优势。

2.4 施工组织难点

针对本项目的结构特点和施工要求, 在施工组织方面主要存在以下难点: 预制构件吊装, 项目采用塔式起重机进行预制构件的吊装, 由于场地狭小, 需统筹规划塔机布置, 合理安排吊装顺序和堆场, 确保吊装施工的安全性和高效

【作者简介】施银华 (1985-), 男, 中国上海人, 本科, 工程师, 从事重大项目钢筋施工与管理研究。

性。预制构件连接，预制构件在现场通过灌浆套筒和现浇节点实现可靠连接，灌浆饱满度和接缝处理质量直接影响结构的整体性能，需进行严格的过程控制^[1]。外墙防水，建筑外墙采用ALC板，在施工过程中需做好板缝防水和界面处理，同时关注与门窗洞口的收口问题，避免渗漏。PC与现浇穿插施工，项目PC构件施工与现浇结构交叉进行，需统筹安排施工工序，协调各专业之间的配合，控制混凝土冷缝和施工缝。

表1 各单体预制构件数量与预制率统计表

单体	1#住宅	2#住宅	3#住宅	配套房
预制外墙	216	192	200	48
预制内墙	432	384	400	86
叠合梁	224	210	220	42
叠合板	396	382	390	56
阳台	108	98	105	25
合计	1376	1266	1315	257
预制率	45%	43%	44%	38%

3 装配式建筑钢筋连接技术现状分析

3.1 钢筋连接技术类型与特点

装配式建筑常用的钢筋连接方式主要有焊接连接、机械连接和灌浆连接三种。焊接连接施工方便，连接可靠，但受钢筋材质限制，易产生应力集中。机械连接具有施工速度快、无火灾风险等优点，但造价相对较高。灌浆连接强度高、抗震性能好，施工工艺相对复杂，对灌浆料性能要求高。

3.2 套筒灌浆连接技术原理

钢筋套筒灌浆连接是利用带螺纹的钢筋套筒，将预制构件中的钢筋对接并锚固，再向套筒内浇注高强无收缩灌浆料，待其凝固后形成可靠的整体连接。该方法具有受力路径明确、施工操作便捷等优点，已在工程中得到广泛应用。

3.3 国内外应用现状

日本和欧美发达国家较早开展了装配式建筑的研究与实践，积累了丰富的钢筋连接技术经验。如日本竹中工务店开发的TD接头，可实现高强钢筋的快速连接。美国PCI协会制定了预制构件钢筋连接指南，对连接构造进行了系统规定。新加坡建屋发展局大力推广预制装配式建筑，采用螺纹套筒灌浆作为主要钢筋连接方式。我国装配式建筑起步较晚，钢筋连接技术尚不成熟。近年来，随着产业政策的鼓励引导，一批试点示范工程相继建成，积累了宝贵的施工经验。然而，受限于灌浆连接工艺及配套材料体系的不健全，工程质量还有待进一步提升。

3.4 常见问题与技术瓶颈

结合国内外研究现状及工程实践，装配式建筑钢筋灌浆连接技术仍面临一些亟需突破的难点：灌浆料性能不稳定，市场上灌浆料种类繁多，产品性能参差不齐，流动性、强度增长等无法满足施工要求，影响连接质量。灌浆饱满度控制困难，灌浆过程受套筒肋高、灌浆方式等因素影响，易

出现未灌满、夹渣的情况，导致连接强度降低。接头抗拉强度不足，灌浆连接能否达到钢筋屈服强度，除受灌浆密实度影响外，还与连接构造、钢筋锚固长度等密切相关。质量检测手段缺乏，目前灌浆连接质量主要采用芯样法进行破坏性检测，缺乏无损检测手段，难以全面反映连接状态。

4 罗城路项目钢筋连接关键技术实施

4.1 套筒灌浆连接技术参数与材料选型

罗城路项目预制剪力墙竖向钢筋采用带肋螺纹套筒灌浆连接技术，确保钢筋可靠连续。连接区设置灌浆孔和排气孔，便于灌注和排气。套筒规格多样，包括20、25、32三种，以适应不同直径钢筋的连接需求。同时，钢筋锚固长度严格控制在套筒长度的1.15倍，套筒壁厚也不小于4.0mm，从而保证连接的可靠性和耐久性。在灌浆料的选择上，项目采用了日本Three-Bond公司生产的高流态快硬型灌浆料TB2280E。该材料性能优异，初始流动度大于300mm，30min内流动度仍可维持在260mm以上，而1d龄期抗压强度即可达到35MPa，完全满足现行行业标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231的相关要求。优质灌浆料的使用，为钢筋套筒连接的施工质量提供了有力保障。为确保罗城路项目套筒灌浆连接施工质量，项目部制定了详细的灌浆工艺流程，直观展示了灌浆施工的关键步骤与技术要点：测量标识（放线标记灌浆点）安装灌浆管（距孔底20mm）密封处理（硅橡胶密封管口）灌浆操作（自上而下注浆）封堵排气孔（排气孔流出浆液）继续灌注（至设计标高停浆）拔出注浆管（完成灌浆）养护与验收（48h后拆模）

4.2 预制构件接缝处理与灌浆工艺流程

预制剪力墙构件吊装就位后，及时对接缝进行妥善处理是保证装配式结构整体性能的关键。一般情况下，罗城路项目采用高强环氧树脂胶粘剂对构件接头进行嵌缝处理。对于局部出现的大缝隙，则使用无收缩高强水泥基灌浆料予以填充。严格控制接缝施工质量，确保饱满平整、无脱空、无裂缝，最大限度保证结构的密闭性和一体性。套筒灌浆施工是预制装配式钢筋连接中的关键环节。罗城路项目严格按照经过论证优化的工艺流程组织施工，主要步骤包括：测量放线并用彩色油漆标识灌浆点位；将灌浆管插入预留孔内，控制管口距孔底20mm；采用硅橡胶密封管口，防止漏浆；利用高压泵自下而上进行注浆，直至排气孔流出浆液后及时封堵；继续灌注至设计标高后停浆，并拔出注浆管；待灌浆料初凝后48h拆除模板，并及时修复孔洞。各道工序紧密衔接、有序推进，确保灌浆施工万无一失。

4.3 灌浆料性能指标及现场检测方法

为确保灌浆料始终满足设计要求的流动性和强度性能指标，在施工过程中，项目部一方面严格控制灌浆料配比，另一方面采取多种现场检测手段对灌浆料质量进行动态管控。每50t灌浆料取样一次，每组制作3个

40mm×40mm×160mm 试件,在标准养护条件下测试 28d 抗压强度,经评定合格后方可投入使用。现场灌浆施工时,每班至少制取一组试块,每层楼不少于 3 组。将试块在同条件下养护 28d 后,测试抗压强度,如发现不合格情况,必须及时查明原因并采取相应补救措施。同时,在灌浆施工时,还应在现场模拟构件实际连接的方式,对每种规格钢筋制作不少于 3 个套筒连接接头进行灌浆,以检验灌注质量及接头抗拉强度,切实把控现场施工质量^[2]。

4.4 施工质量控制与保证措施

装配式钢筋套筒灌浆连接施工对操作规范性和质量控制的要求很高。为确保施工质量,项目部制定了全过程质量控制体系和保证措施。项目部组织编制了专项施工方案,对灌浆设计参数、工艺流程、检验方法等关键内容进行了详细说明,经过反复论证优化后在施工中严格执行,为质量控制提供了制度基础。项目部狠抓施工人员素质提升。要求所有操作人员必须经过培训并持证上岗。在施工前,还会组织全面的技术交底和岗前培训,使作业人员熟练掌握规范操作要领。施工中,项目部采用专业化施工队伍,配备了经验丰富的技术负责人,对关键工序和部位实行旁站监督,及时发现和纠正质量隐患。项目部高度重视隐蔽工程验收。灌浆结束后,相关人员必须认真填写施工记录,并报监理工程师审核把关,形成完整质量证明材料。验收通过的部位,还要做好成品保护,避免后续施工对已完成的钢筋连接接头造成破坏。通过制度规范、过程控制、专业管理、跟踪验收、成品保护等一系列措施,从前期准备、中期施工到后期验收的全过程、全方位把控装配式钢筋连接施工质量,确保工程质量满足设计和规范要求,为装配式建筑的安全耐久打下坚实基础^[3]。

5 钢筋连接技术创新点与工程应用效果

5.1 分仓灌浆技术的改进与优化

罗城路项目在钢筋连接施工中进行了技术创新和优化,针对预制剪力墙水平接缝长、竖向钢筋密集的特点,采用了分仓灌浆技术。有别于传统的整体式灌浆,该技术在剪力墙水平缝隙内每 1.5m 设置一道隔断,形成独立密闭的灌浆空间。这种做法可有效降低灌注阻力,确保每一仓内灌浆饱满密实,从而解决了传统方法存在的灌浆不饱满、流动性差等问题。经检测,分仓灌浆接头芯样抗拉强度均达到钢筋屈服强度的 1.25 倍以上,满足规范要求,证明了该技术的可靠性和有效性。

5.2 灌浆连接质量检测方法创新

为全面评估灌浆连接质量,项目在常规芯样检测的基础上,还创新采用了无损检测方法。超声波透射法和低应变

法等先进技术的引入,弥补了芯样法存在破坏结构、检测面窄等不足,实现了检测手段的多元化。检测结果表明,超声波透射法能有效评估灌浆的连续性和密实度,与芯样法结果吻合良好。无损检测为工程质量验收提供了可靠依据,体现了项目在质量控制方面的创新意识和科学态度。

5.3 工程应用效果分析

通过采用灌浆连接新技术、新工艺,罗城路项目的装配式结构施工取得了显著成效。首先,预制构件外观质量合格率达 100%,灌浆连接芯样抗拉强度合格率 100%,混凝土强度全部达到设计等级,充分体现了优异的施工质量。其次,得益于科学的施工组织和精细化管理,项目工期较常规现浇施工缩短 20% 以上,人工费用降低 15%,材料损耗减少 10%,综合效益十分显著。新技术的应用不仅保证了工程质量,还大幅提升了施工效率,降低了成本,为类似工程提供了宝贵经验。

5.4 经济与社会效益评价

罗城路项目充分体现了装配式建筑的经济效益和社会效益。一方面,工厂化生产提高了构件预制效率,减少了现场湿作业量,降低了材料损耗和施工污染,践行了绿色建造理念。标准化、工业化的生产方式有利于建筑业转型升级,推动供给侧结构性改革。另一方面,装配式施工对农民工就业质量的提升具有积极意义。本项目的工厂预制和现场装配可提供 500 个就业岗位,带动相关产业产值 3000 万元,创造了可观的社会效益。项目的成功实施展现了装配式建筑在经济发展、环境保护、就业改善等方面的巨大潜力,值得在更大范围内推广应用。

6 结语

综上所述,罗城路装配式建筑项目在钢筋连接施工中,通过采用分仓灌浆、无损检测等关键技术,攻克了一系列工程难点,取得了良好的应用效果。其成功实践表明,科学规范的施工工艺、完善的质量保证体系是确保装配式结构安全、可靠的重要基础。随着装配式建筑的快速发展,亟须加强钢筋连接等核心技术攻关,完善设计、生产、施工配套标准,促进产业提质增效。未来,在各方共同努力下,装配式建筑必将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 徐军.装配式建筑钢筋套筒灌浆技术指标的数值模拟分析[J].四川水泥,2025(1):111-113.
- [2] 郭涛.装配式建筑工程中钢筋套筒灌浆连接施工技术浅析[J].中国设备工程,2024(14):211-213.
- [3] 康晶.装配式建筑套筒灌浆技术在房建工程施工中的应用[J].中国厨卫,2025,24(1):217-219.