



基于UHPC的预制装配式节点新型连接与结构体系创新研究

马跃强¹ 龙莉波¹ 郑七振²

1. 上海建工二建集团有限公司 上海 200080; 2. 上海理工大学环境与建筑学院 上海 200093

摘要: 根据调查,分析了目前预制装配式建筑节点接缝连接存在的问题,提出将超高性能水泥基材料UHPC材料用于装配预制构件连接节点的新设想。通过系列的试验研究,论证了当钢筋搭接长度为10d时,预制梁节点、柱节点、梁柱节点均可等同现浇,且部分性能还优于现浇。基于试验结论,提出了一种新型预制装配式框架体系的设想,此体系安全可靠,高效便捷,具有一定的推广价值。

关键词: UHPC材料; 节点连接; 预制装配结构体系; 试验研究

中图分类号: TU528.31

文献标志码: B

DOI: 10.14144/j.cnki.jzsg.2016.12.031

Innovative Study on New Type Connection of Prefabricated Joints and Structure System Based on UHPC

MA Yueqiang¹ LONG Libo¹ ZHENG Qizhen²

1. Shanghai Construction No.2 (Group) Co., Ltd. Shanghai 200080;

2. School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science & Technology Shanghai 200093

1 研究背景

预制构件的连接节点受力薄弱和施工不便,成为制约预制装配式建筑发展的主要障碍^[1]。

目前,装配式混凝土结构竖向构件常用的纵向钢筋连接方式有灌浆套筒连接和浆锚搭接等。灌浆套筒连接是通过灌注专用无收缩灌浆料,依靠材料之间的黏结咬合作用将专门加工的套筒与螺纹钢筋连接。套筒灌浆接头具有性能可靠、适用性广、安装简便等优点。但套筒灌浆在施工时对工人的专业技术能力要求较高,钢筋逐根灌浆连接工作量大,目前还没有一种有效的检测方法对灌浆套筒连接的质量进行检测,故对结构的安全风险隐患无法有效监督,让用户单位有所担忧。浆锚搭接为预制构件一端设有预留连接孔,通过灌注专用水泥基高强无收缩灌浆料与螺纹钢筋连接,适用于大小不同直径钢筋的连接。但《装配式混凝土结构技术规程》明确限制:直径大于20 mm的钢筋和直接承受动力荷载的纵向钢筋不宜(或不应)采用浆锚搭接。因而浆锚搭接在工程应用中也受到一定限制^[2]。

超高性能水泥基材料(UHPC)是一种高强度、高韧性、低孔隙率的超高强水泥基材料,具有自流平的浇筑性

能,同时又具有优异的力学性能和耐久性,其抗压强度大于150 MPa,抗拉强度大于7 MPa,极限拉伸变形大于0.2%,是一种金属新型材料。

目前UHPC材料多在公路桥梁、结构维修加固、轻巧造型结构和海洋工程等进行应用,国外文献中也进行了预制构件节点湿接缝连接的实验研究,结果表明,搭接长度短,避免横向和纵向钢筋的交错,能提高现场施工效率与安全性。因此,将UHPC材料用于连接节点构件的后浇部位,增强连接段强度,成为装配式预制构件节点连接的新型技术。但目前国内关于UHPC材料接缝湿连接的论证实验较少,还未提出针对UHPC材料的建筑工程预制构件节点的做法。为此,上海建工二建集团有限公司联合上海理工大学,已完成系列的预制装配式节点连接实验,为新型连接技术的推广做好基础研究^[3-4]。

2 试验研究

为了推进UHPC在国内工程上的应用,研究团队进行了拉拔试验(15个)、预制梁受弯试验(6根)、预制柱抗震试验(6根)和梁柱节点抗震试验(6根)等系列试验研究。试验中使用的UHPC为上海罗洋新材料科技有限公司的Tenacal T180型号材料。主要试验结论如下:

1) 建议UHPC与高强钢筋黏结强度的中心拉拔试件的合理锚固长度取4d(d为梁纵筋直径)。

2) UHPC装配梁在承载能力、变形能力上与混凝土现浇梁在同一水平范围内,性能基本相当。极限承载力试验



基金项目: 上海高等职业教育质量提升计划项目(2015-01-001)。

作者简介: 马跃强(1982—),男,博士,高级工程师。

通信地址: 上海市梧州路289号(200080)。

收稿日期: 2016-11-01



值是其设计值的1.4倍以上。正常工作状态下裂缝发展缓慢且宽度较小，满足规范要求。当搭接长度为 $10d$ 时，已能够满足工程要求。

3) UHPC装配柱的破坏形态为底部榫头翘起。相比现浇柱，承载能力提高3.1%~31.9%，同时耗能能力更优。当搭接长度为 $10d$ 时，已能够满足工程要求。

4) 当搭接长度为 $10d$ 时，UHPC装配梁柱节点可具有同现浇节点相当的承载能力和抗震性能。

综上所述可知，当钢筋搭接长度为 $10d$ 时，预制梁节点、柱节点、梁柱节点均可等同现浇，且部分性能还优于现浇。试验证明：UHPC装配节点材料用量少，构造简单，仅采用直钢筋和有限的横向钢筋，不仅可减少钢筋用量，缩短工期，而且同时能保证湿接缝连接等不是结构的薄弱环节，解决了预制装配结构传力的根本问题。

3 新型预制装配结构体系的构想

基于以上试验结果，提出一种新型预制装配式框架体系的设想。该体系亦由预制梁和预制柱组成，但与传统体系不同，新型体系梁柱节点和柱节点使用基于UHPC材料的后浇节点。预制梁和预制柱通过节点拼接成整体框架，具有形式灵活、施工高效、结构可靠的特点（图1）。



图1 新型预制装配结构体系

3.1 梁柱节点

梁柱节点钢筋使用搭接连接的方式，连接的搭接长度大于 $10d$ ，浇筑材料使用UHPC，以保证装配式节点与现浇节点具有相当的抗震能力。由于当UHPC浇筑的后浇带距离梁柱节点较近时，将导致装配式节点核心区混凝土开裂显著，剪切变形显著大于整浇节点。因此，预制钢筋混凝土柱在节点区域应预留一定长度的悬臂梁，再与钢筋混凝土预制梁进行现浇UHPC连接。这样可以使节点在受力破坏时首先在梁端形成塑性铰，符合“强节点、弱构件”的设计思路（图2）。

3.2 柱柱节点

柱柱节点采用UHPC作为后浇段浇筑材料。钢筋使用搭接连接的方式，搭接长度亦大于 $10d$ ，以满足其受力需要。柱与柱之间节点一般应留设在楼层中间、受力较小的反弯点位置，以减小节点的受力。连接底层预制柱与现浇地下结构柱后浇段位于底层楼板处，现浇形成整体。顶层

预制柱高度与顶面齐平（图3）。

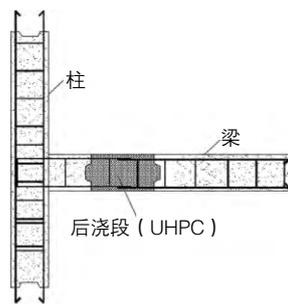


图2 梁柱节点连接



图3 柱柱节点连接

3.3 施工方式

完成地下室施工后开始建造上部装配式结构。首先吊装底层预制柱，与预留钢筋连接。然后吊装预制梁，在梁柱连接处架设模板并浇筑节点。随后按顺序逐层吊装梁柱结构并浇筑连接后浇段，最后进行封顶及其他部分施工。

柱与柱的后浇段可根据实际施工需要灵活选取。预制柱在水平方向上可设置多个梁柱节点，在竖向方向上可做成“一柱一梁”或“一柱两梁”，以提高施工灵活性。施工效率可比传统的一层一柱施工效率有大幅提高。

节点处的浇筑方式可使用传统的搭设支架和模板的方式进行，也可利用预制梁柱节点处的结构，使用相应的快装式无支撑模板系统进行施工，减少施工步骤，以进一步提升施工速度。

4 结语

本文介绍了目前预制装配式建筑节点接缝连接存在的问题，提出将UHPC材料装配预制构件连接节点的新设想。

1) 通过试验研究证实，当钢筋搭接长度为 $10d$ 时，预制梁节点、柱节点、梁柱节点均可等同现浇，且部分性能优于现浇，可有效缩短钢筋搭接长度，降低施工难度。

2) 基于试验结论，提出一种新型预制装配式框架体系的设想，此体系安全可靠，高效便捷，具有进一步研究和推广的价值。

【参考文献】

- [1] 薛伟辰. 预制混凝土框架结构体系研究与应用进展[J]. 工业建筑, 2002(11):47-50.
- [2] 张兴虎, 王建, 潘树宾, 等. 套筒浆锚连接柱的抗震性能试验研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2013(2):164-170.
- [3] 阎培渝. 超高性能混凝土(UHPC)的发展与现状[J]. 混凝土世界, 2010(9): 36-41.
- [4] 王德辉, 史才军, 吴林妹. 超高性能混凝土在中国的研究和应用[J]. 硅酸盐通报, 2016(1):141-149.