

浅谈 PC 外挂墙与主体结构连接构造技术

黄勇 喻圣洁

江苏建筑职业技术学院

DOI:10.12238/pe.v2i5.9853

[摘要] 预制装配式混凝土结构因节能、环保、生产效率高等优点已成为建筑行业的发展方向和趋势。节点设计在预制装配式结构中尤为重要,节点的性能直接影响整体结构承载力和耐久性。绍了预制装配式混凝土结构发展状况,总结了构件连接方式的分类,介绍了预制混凝土框架结构和剪力墙结构构件的主要连接方式及存在问题,并对今后发展进行展望。

[关键词] PC 外挂墙; 主体结构; 连接构造

中图分类号: F121.3 **文献标识码:** A

Analysis on the construction technology of joints of PC externally hung wall and main structure

Yong Huang Shengjie Yu

Jiangsu Vocational Institute of Architectural Technology

[Abstract] Precast concrete structure has become the development direction and trend of the construction industry because of the advantages of energy saving, environmental protection and high production efficiency. Node design is particularly important in prefabricated structures, and the performance of nodes directly affects the bearing capacity and durability of the overall structure. This paper introduces the development status of prefabricated concrete structure, summarizes the classification of component connection mode, introduces the main connection mode and existing problems of prefabricated concrete frame structure and shear wall structure members, and prospects the future development.

[Key words] PC externally hung wall; main structure; connection structure

1 概述

随着经济科技不断发展,追求高品质生活成了新时代的主题,促使建筑业向安全、节能、环保、经济等可持续发展方向。产业化建筑可大幅降低建造过程中的能耗和噪声,大量减少施工产生的粉尘和垃圾,提高施工效率和质量稳定性,同时契合信息化、数字化和智能化的发展要求,减缓建筑人力资源匮乏的问题,因此得以快速发展^[1-4]。

产业化建筑以标准化设计、预制化生产、机械化安装、信息化管理、智能化运营维护等多项技术为支撑,需要不断开发探索研究科学合理的预制建筑结构体系,而PC外挂墙由于生产工业化程度高、吊装快速高效、能耗低、环保等优势,契合技术发展要求而被行业所青睐。功能复合型PC外挂墙因具有高强、轻质、隔声、隔热或保温等优良性能,在产业化建筑外围护结构体系中得到越来越广泛的应用。

建筑产业化在追求经济、快速、环保等高质量发展的同时,安全依然是决定建筑产品品质首要的、基础的、核心因素,这要求预制装配结构体系具有良好的承载能力、变形能力和防灾减灾能力,预制构件的连接技术是控制结构体系可靠度的一个关

键因素,研究开发可靠的节点连接技术成为了建筑产业化技术发展的必然要求。

PC外挂墙与主体结构采用装配手段在平面外挂式连接^[5],可防止冷热桥出现,连接质量是结构体系承载力、稳定性和刚度的关键影响因素,连接节点失效,将导致墙板脱落甚至产生严重的次生灾害,连接的安全性是一个复杂而重要的议题,因此可靠的连接技术成为了国内外学者的主要研究方向之一。总结PC外挂墙与主体结构的连接构造分类和特点,分析存在的问题,在现有研究的基础上,继续设计新型连接构造方式,开发简便有效可靠的连接方式,为PC外挂墙与主体结构连接构造提供一定参考。

2 连接类型

随着装配式建筑技术的快速发展,PC外挂墙与主体结构连接技术取得了显著进展。中外学者经过大量的试验测试和理论分析,提出了多种连接形式^[6-8],常见的主要连接类型如表1所示。

3 连接构造分析

PC外挂墙与主体结构连接构造,方式多种多样。有的连接构

造上世纪就已开始研发,多年来在工程中广泛应用,已经积累了丰富的实践经验,归为常见连接方式,如现浇钢筋混凝土连接、螺栓连接和焊接。有些连接方式是近年来才提出,尚处在设想、试验或推荐试用阶段,归为新型连接方式,如牛腿连接、型钢连接、隼式连接等。

表1 PC外挂墙与主体结构连接类型

分类标准	主要类型	主要做法或特点
施工环境	湿连接	现浇钢筋混凝土连接,整体性好、承载力高等。
	干连接	螺栓连接、型钢焊接等,工业化程度高、施工速度快。
材料类型	钢筋混凝土连接	连接部位现浇钢筋混凝土
	钢材连接	型钢焊接、螺栓连接
变形特点	刚性连接	型钢焊接、高强度螺栓连接
	柔性连接	柔性连接件(如橡胶垫、弹簧等)连接
几何特点	点式连接	多个连接点连接,不影响主体结构施工进度
	线式连接	多段线形连接件与主体结构连接,可靠性和整体性好。
构件类型	墙板连接	外挂墙与楼板连接
	墙梁连接	外挂墙与框架梁连接
	墙柱连接	外挂墙与框架柱连接
空间位置	上承式	所有竖向荷载全部由上部节点共同承担
	下承式	所有竖向荷载全部由下部节点共同承担

每种方式都有其独特的特点和适用范围。工程中应根据建筑的具体要求、结构形式、施工条件等因素综合考虑选择合适的连接方式。以下根据不同的工艺流程分析PC外挂墙与结构主体常见连接构造及其存在的问题。

3.1 现浇钢筋混凝土连接

PC外挂墙与主体结构现浇钢筋混凝土连接,是湿连接的最主要构造方式。在PC外挂墙、预制混凝土梁或预制混凝土板设计连接的部位预留连接钢筋,预制构件吊装到位后,将预留钢筋搭接,现场浇筑混凝土来实现PC外挂墙和主体结构(梁或板)连接,形成装配整体式节点。这种连接承载力较高,整体性和抗震性能较好,施工工艺比较成熟,但是工业化程度较低、工期较长、成本较高^[9]。

3.2 螺栓连接

螺栓连接作为主要的机械连接方式之一,是重要的干连接方式。一般是先在PC外挂墙与主体结构连接处预留孔洞或预埋螺母,然后再通过螺栓进行连接,常见的两种构造是普通螺栓连接和铰制孔螺栓连接。螺栓连接具有安装便捷,拆卸方便,工业

化程度高、施工速度快,且易于调整和维护,适用范围广,耗能水平高。缺点是构造复杂,构件制作精确度要求高,栓孔必须对位,对螺栓紧固力矩要求较高,承载力较低,承受较大的荷载时,容易产生开裂,造成较大的整体挠度,普通螺栓连接处容易松动、锈蚀而失效,对连接配件的耐久性和耐腐蚀性要求高,施工质量需严格控制,连接配件相对较多,运输或吊装过程中容易损坏螺纹或螺栓孔。

3.3 焊接连接

焊接连接是采用焊接工艺将PC外挂墙和主体结构上预埋钢制连接件连在一起,实现外挂墙板与主体结构的牢固连接的构造方式,是常见的干连接方式,避免现场湿作业,安装速度快,连接强度高,能承受较大的荷载。但是,钢材在焊接作业时,经历了由常温到高温后回到常温的过程后,材质会变脆,材料内部产生残余应力并出现应力集中现象,节点受力后几乎不形成塑性铰,导致结构遭遇地震时,经地震荷载反复作用后易出现脆性破坏,严重降低了结构体系的抗震水平。此外,焊缝质量直接受焊接工艺和焊工技能水平影响,焊接质量离散性较大,工程质量不稳定。焊接处理后,钢材易腐蚀,导致连接件的松动,引起节点失效等问题,需要定期进行检查和维护。

4 新型连接方式设计

随着技术的不断更新、PC外挂墙与主体结构的连接技术正处于不断发展和完善之中,新型连接方式不断出现。新型连接技术应进一步关注连接节点的力学性能、耐久性、抗震性能以及施工便捷性等方面,结合前面常见连接形式分析,借鉴预制装配式工程结构已有成熟节点连接形式,文章提出PC外挂墙与主体结构之间通过预制钢牛腿、预埋金属型材以及预制金属榫眼榫头等新型连接设计方式,以提升连接技术水平和质量,为建筑业可持续高质量发展提供一定参考。

4.1 牛腿连接

牛腿连接,目前主要应用在预制装配式结构梁柱连接节点中,连接区域竖向传力路径清晰可靠,连接节点刚性较大、承载力高,节点安装便捷,是一种主要的干连接方式。为了提高PC外挂墙与主体结构之间连接可靠性,设计牛腿连接方式。牛腿连接,设计将PC外挂墙通过栓接或焊接安装在主体框架柱预设的牛腿上,适用于墙柱连接的情况。为了解决牛腿区域复杂的配筋设计加工问题,预制框架柱上宜采用型钢制作明牛腿,PC外挂墙连接区域设置出墙面连接预埋件,如预埋角钢,通过高强螺栓将PC外挂板和主体结构的预制承重柱连接。牛腿连接安装便捷、快速、不需要湿作业,承载力较高,整体性不好,抗震性能差、地震作用下易发生脆性破坏。

4.2 金属型材连接

金属型材连接,目前主要在预制混凝土剪力墙上型钢连接技术中开发试验,构造较简单,是典型的干连接形式之一。具有承载力高、吊装方便、安装速度快、施工效率高、连接区域外形整洁美观、外挂板维护更新方便、质量检查方便、避免混凝土现浇湿作业等优势。为了提高PC外挂墙与主体结构之间连

接安全性,同时为了满足轻质高强的外挂墙发展趋势,降低工程成本,设计采用铝合金等轻金属型材进行连接。金属型材连接,设计将薄壁方形金属管、H型钢或箱型金属管材预埋在PC外挂墙内,并在主体结构连接点处或线上预埋连接金属型材,通过高强螺栓连接固定,适用于墙柱、墙梁、墙板连接的情况。

4.3 榫式连接

榫式连接,目前预制混凝土结构连接技术中鲜见开发试验。榫式连接构造较简单,属于干连接。为降低设置榫槽、榫眼或榫孔对主体结构的削弱,设计在PC外挂墙上开设榫槽、榫眼或榫孔,在主体结构相应位置上预埋型钢榫头,榫头可预埋在混凝土楼板内,可设置于框架梁侧或梁端,也可设置在框架柱上。榫眼榫孔直接机械连接固定,也可额外附加螺栓加强或焊接加强连接。因榫头榫眼机械式连接,连接节点几乎不发生移动或转动,PC外挂板与主体结构刚性连接,一定程度增大主体结构的空间刚度,提高抗震能力。此外,PC外挂墙,因考虑保温隔热等多功能需求,通常自身力学性能弱于主体结构,较大地震作用时,先于主体结构破坏,达到第一道抗震防线的功能设置,有利于整体提高建筑的抗震能力。榫式连接具有安装便捷、快速、效率高、外形美观、没有现场湿作业等优点。

5 结语

(1)PC外挂墙与主体结构连接技术是结构体系可靠度的一个关键因素,连接质量是影响结构体系承载力、稳定性和刚度的关键因素,连接的安全可靠性是现阶段影响功能复合型PC外挂墙在产业化建筑外围护结构体系中推广应用的主要制约因素,连接技术面临着诸多挑战和机遇,研究开发可靠的节点连接技术成为了建筑产业化技术发展的必然要求。

(2)PC外挂墙与主体结构连接形式多样,目前常见的有现浇钢筋混凝土连接、螺栓连接和焊接连接。现浇钢筋混凝土连接承载能力比较高,整体性和抗震性比较好,施工工艺比较成熟,但工业化程度低、施工周期长、成本较高。螺栓连接和焊接工艺较复杂、整体性差、成本较高,但是避免湿作业、施工精度高、安装速度快、比较环保。虽然干连接的研究与应用越来越多,

但还远远不够,因此需要加强干连接研究应用,开发更多性能优越、工艺简便、成本更低的连接形式。

(3)PC外挂墙与主体结构的连接技术不断更新、发展和完善,促进了新型连接方式设计开发。考虑承载性能、耐久性、抗震性能以及施工便捷性等因素,提出了PC外挂墙与主体结构之间通过预制钢牛腿、预埋金属型材以及预制金属榫眼榫头等新型连接设计思路。

[基金项目]

2019年度江苏省建设系统科技项目(指导类)(2019ZD086)。

[参考文献]

[1]都业洲.我国建筑工业化发展现状及未来对策思考[J].公路,2021,66(08):284-288.

[2]贾文芳.预制装配式建筑发展历程与技术要点研究[D].北京工业大学,2020.

[3]王俊,赵基达,胡宗羽.我国建筑工业化发展现状与思考[J].土木工程学报,2016,49(05):1-8.

[4]蒋勤俭.国内外装配式混凝土建筑发展综述[J].建筑技术,2010,41(12):1074-1077.

[5]李相.装配整体式住宅热桥部位的温度效应有限元分析[D].西安建筑科技大学,2017.

[6]中华人民共和国住房和城乡建设部.JGJ1-2014装配式混凝土结构技术规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.

[7]黄宇星,祝磊,叶桢翔,等.预制混凝土结构连接方式研究综述[J].混凝土,2013,(01):120-126.

[8]陈文,熊峰,陈江,等.干式连接装配式墙体结构抗震性能试验研究[J].建筑结构学报,2018,39(10):56-64.

[9]阿热帕提·艾斯凯尔,陈国新.预制装配式混凝土结构节点连接方式研究综述[J].结构工程师,2020,36(05):224-233.

作者简介:

黄勇(1986—),男,汉族,贵州省大方县人,硕士研究生,高级工程师,从事建筑结构工程研究。