

预制装配式混凝土结构抗震性能研究综述

马雨漾

(珠海大横琴城投建设有限公司, 广东 珠海 519000)

摘要:建筑领域始终是国民经济发展中的一项重点,党的十八大指明了当时国家发展的一个重点方向,即需要坚定不移地走“新型工业化道路”,同时要求建筑领域需要贯彻落实“强力推进建筑工业化”的发展目标,而大力发展预制装配式建筑则是“建筑工业化”的必然要求。由于抗震性能是PC结构发展的桎梏,故对其抗震性能的研究对PC结构的发展至关重要。基于此,介绍了PC结构的特点与优势,对关于PC结构抗震性能的历史研究和当前研究现状进行了总结,指出了未来相关发展的重点与方向,开辟了关于这项内容的新思路。

关键词:装配式结构;结构抗震;装配式剪力墙

中图分类号: TU741

文献标识码: A

文章编号: 1004-7344(2023)07-0196-03

0 引言

作为我国“十三五”阶段重点发展的建筑结构体系,预制装配式建筑结构一方面是建筑领域施工方式的一种关键转变,另一方面,也是建筑领域实现供给侧结构性改革、推动新型城镇化发展提供促进力量的重要举措。这种新型建造方式的落实不仅可以为质量安全水平的优化、劳动生产效率的提升、施工污染的减轻、资源能源的节约等多方面内容提供帮助,同时还能够为现代工业化发展目标和信息化发展目标在建筑领域的落实创造良好条件,做到过剩产能的有效化解和全新产业动能的培育,这是与当前创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念相匹配的。因此大力预制装配式结构将是建筑行业未来一段时期内的重点发展方向,国家、各省市和诸多企业已投入大量资源研发装配式结构体系,并出台了一系列的规范条文,为其发展提供了保障与依据。

但国内外例次震害表明预制装配式建筑的抗震性能与整体性较差,极大地危害了人民群众的生命财产安全。各国学者对预制装配式结构研究的重点均放在了如何提高其抗震性能与整体性。

由于预制装配式混凝土结构是装配式结构中应用最为广泛的一种结构体系,同时在历次震害中破坏较为严重。基于此,本文主要将研究预制装配式混凝土剪力墙结构抗震性能和混凝土框架结构的相应成果作为分析对象,对于我国预制装配式结构的发展而言大有裨益。

1 装配式建筑概述

纵观世界建筑领域的发展,装配式建筑最早起源

于欧洲地区,在20世纪40年代中期,彼时正值第二次世界大战结束,大量的建筑房屋由于破坏严重急需重建,装配式建筑才真正进入了大发展时期,并在不断发展的过程中传播到了日本、加拿大以及美国等国家。

装配式结构通常涉及3种类型:①装配式木结构。在这类结构中,所使用的构件基本为木制结构,需要事先在工厂中完成各种标准或非标准组件的生产,并运输至施工现场进行装配,由此完成建造。②装配式钢结构。这类结构中的组件基本为钢制,存在着多种类型,例如交错桁架结构、钢框架—支撑结构以及钢框架结构等。③装配式混凝土结构。这类结构通常是事先在工厂中借助可靠的连接方式,将预制混凝土构件进行紧固连接,在运输到现场之后与湿连接形式的水泥基灌浆料或者是后浇混凝土共同组成整体的装配式混凝土结构。从类型的角度出发,装配式混凝土结构可细分为全装配式混凝土结构、装配整体式混凝土结构。

党的十八大指明了当时国家发展的一个重点方向,即需要坚定不移地走“新型工业化道路”,同时要求建筑领域需要贯彻落实“强力推进建筑工业化”的发展目标,而大力发展预制装配式建筑则是“建筑工业化”的必然要求。大力发展预制装配式结构是我国建筑行业目前正在进行的一次符合国计民生的经济发展的转型升级与产业结构的优化,在产、学、研各个领域内正如火如荼地进行着^[1]。

2 预制装配式混凝土框架结构

在预制装配式建筑结构方兴未艾之际,普通装配整体式混凝土框架结构由于存在二次现浇区而导致结构抗震性能差的问题,已成为其全面发展与应用的桎

梛。基于此,无论是我国还是国外的研究人员,均针对预制装配式混凝土节点这项内容进行了较深层次的研究。对于装配式结构而言,连接节点是其中的薄弱部分,针对这项内容所展开的高水平研究是装配式结构抗震研究的关键所在,同时也是研究装配式结构整体抗震的重要基础和必要前提^[2]。

2.1 国外研究现状

在对前人研究预制装配式混凝土结构抗震性能的成果进行分析时,可以确定的是,1990年美国与日本两国协同进行的科研项目 PRESS 扮演着关键角色,对这项内容进行了理论与试验的并重研究。

根据力学特性,在这次协同科研项目之中,预制混凝土框架结构的连接形式被细分成了若干个不同的类型,包括库仑摩擦连接(CF)、剪切屈服连接(SY)、拉-压屈服连接(TCY)、线弹性连接(LE)以及非线性弹性连接(NLE)等等。

1994年,国外学者研发出一种预埋于梁柱核心节点区的延性装置,利用该装置中的高延性合金杆来提升预制装配式结构的延性,同时在地震中可作为保护装置,先于其他构件破坏,从而减轻结构损伤。

国外学者针对预应力装配式框架节点耗能能力不足的问题,研发出了一种摩擦阻尼器,该设备是专门于预应力框架节点处安装的,并进行了系统的理论与试验研究,而后又有外国学者对不同种摩擦阻尼器加在预应力装配式梁柱节点的不同位置的受理性能进行了理论分析。

2008年,国外学者利用铅延性好的特点,研发出一种预埋于预制装配式结构梁柱核心节点区的保护装置——HF2V 阻尼器,并对其展开了深入研究。

2.2 国内研究现状

我国开始对装配式混凝土框架结构连接节点展开研究可以追溯到 20 世纪 70 年代,我国成立了齿槽接头专题研究组,并给出了齿槽接头的设计与施工建议,齿槽接头就是目前我国普遍采用的节点区后浇连接前身(湿连接)。后来同济大学学者用在进行齿槽节点后浇混凝土材料的选取时,选择钢纤维混凝土充当。其在进行相关试验之后得出结果:使用这种方式能够促使节点承载能力显著提升,同时还能够将结构整体刚度进行充分提升,并大幅缩减裂缝宽度。

延性节点是干连接之中的一种关键节点,常见的干连接形式为全装配式连接。这种节点能够有效保护预制构件的稳定性,如果建筑物所处区域出现了地震

灾害,在该节点的作用下,能够在不损坏预制构件的前提下,出现一定程度的侧向位移,从而大幅减弱地震生成的能量。不仅如此,在设计时也不需要为预制构件进行严格的延性设计。如果此类构件优化到一定水准,在经历地震灾害之后还可以直接进行构件的更换,改变了以往现浇施工模式下结构损坏修复周期长的局面。1988年,同济大学的学者针对全装配式混凝土框架进行了 3 种延性节点机制试件的试验,包括非线性反应节点、摩擦滑移节点以及拉-压屈服节点。在此次试验中,每一种节点均存在 4 个试件,在试验过程中,每一个试件的位移成都军与相应的设计标准相符合,这也表明设计延性节点的思路具备相应的可行性。

东南大学与万科企业股份有限公司改进并优化了过去装配整体式钢筋混凝土框架柱结构中使用的榫式接头使用钢管混凝土榫头替代了原有榫头,同时使用滚轧直螺纹套筒进行连接,摒弃了以往的焊接形式。通过相关试验可以证实,此类榫式柱有着较为可靠的受力性能,在实际施工时的复杂程度较低,在工程项目中有着较好的适用性。又针对某多层住宅试点工程进行了装配整体式足尺中柱带叠合楼板的框架节点的试验研究,实验结果证实上述连接方式有着良好的可靠性。

大连理工大学将钢骨混凝土构件引入预制装配式结构中,进行了一次试验,试验内容为对比现浇混凝土框架节点和两个轴压比存在差异的预制装配式钢骨混凝土框架节点性能,就试验结果来看,相较于现浇式节点而言,后者的耗能能力、延展性能、塑性变形性能以及承载能力均更优。

中国建筑第七工程局有限公司与重庆大学土木工程学院展开了协作,共同提出了钢接头连接节点,这是一种新型装配式梁柱组合节点构造方式,能够与其他部分共同组成新型装配式劲性框撑结构体系,并与套筒连接方式进行了一系列拟静力的对比试验,同时对新型装配式结构体系进行了振动试验,取得了一系列有意义的结论与成果。

预埋型钢的装配式混凝土节点是另一类湿连接节点,中国二十冶集团公司研发了将 3 种型钢(工字钢、组合角钢、双腹板工字钢)植入混凝土梁端的、以螺栓作为连接方式的、预制装配式混凝土结构新型梁柱节点,并对这种节点展开了相应的试验,试验结果证实节点性能并未受到较大的来源于连接方式的影响,同时,相较于标准现浇节点而言,预制装配式型钢节点耗能系数和延性更优。

同济大学提出了一种新型预制混凝土框架节点,该新型节点不同之处在于开发出一种与普通预制柱之间的套筒灌浆或浆锚连接不同的通过预埋的新型螺栓系统进行连接,并进行了0.8高轴压比的梁-柱-叠合板的试验研究,试验结果表明现浇式结构中的节点与这种新型节点的承载能力大致相同,但其自身延性要逊色于现浇节点。

消能减震技术是近年来发展起来的一种新型结构地震保护技术,被广泛的应用在各类工程结构中。广州大学开发了装配式结构连接技术的崭新思路,即在进行预制构件连接时,使用消能减震装置作为连接器件,同时借助两种金属阻尼器作为连接预制柱构件和预制梁构件的节点,在进行试验之后发现,此类新型节点的抗震能力要显著优于“等同现浇”的混凝土框架节点,不仅施工效率高,而且震后损伤集中在金属阻尼器,预制梁、柱构件基本保持弹性,且震后很方便拆卸。

3 预制装配式混凝土剪力墙结构

部分预制剪力墙结构和全预制剪力墙结构是预制装配式剪力墙结构的两种类型,并在多项工程中实现了应用。

3.1 国外研究现状

国外学者通过试验的形式研究了若干种使用差异化连接手段的剪力墙结构:①RS,这种连接形式是在套筒中放入钢筋,在此之后将高强度、无收缩的砂浆灌注到套筒之中,在美国和日本较为常见。②RSU纵筋连接方式,这种方法和RS存在着相同之处,将一段钢筋与混凝土无黏结的范围在锚固区域上方进行了建造。③RSK。这种连接方式在进行垂直方向钢筋的连接时,使用的方法与RS相同,在进行水平方向的连接时,进行了键槽的添加,从而确保结构的抗剪性能。④平连接处制作了5个键槽以保证抗剪设置;RT。在钢管中放入使用螺栓连接的钢筋。⑤RW。这种连接方式是在预制墙体中预留的角钢位置处进行竖向钢筋的焊接并将混凝土材料灌注到孔洞和接缝中,在加拿大较为常见。通过此次试验结果发现,这几种连接方式的限位移角均可以超过1/100,并且其变形性能、耗能能力、延展性能、刚度以及强度均与能够满足理想需求^[9]。

3.2 国内研究现状

国内学者深入分析并探索了全装配式剪力墙结构墙板节点这项内容,为板结构横隔作用有效发挥提供保障即为剪力墙与板节点的可靠性的体现。国内学者基于已完成试验的前提,与有限元方法进行了有机结

合,对能够对结构抗震能力产生影响的若干项参数进行了研究,牵扯到连接钢筋的长度、数量、直径以及强度等,同时还涉及板受力纵筋配筋率与剪力墙轴压比,最这些内容展开了全方位的对比如和分析,研究结果表明,板抗弯能力与配置连接钢筋的具体情况二者之间的协调作用是直接影响全预制装配式剪力墙结构墙板节点的抗震能力的关键所在^[9]。

东南大学同样以试验的形式,针对预制装配式剪力墙结构的节点抗震性能展开了研究,分析试验结果之后可得:与现浇试件相比,预制装配式试件的抗震性能与之不相上下,在与ANSYS理论进行有机结合之后,同时对有限元的有限性进行充分考虑,根据实测结果和有限元分析结果的情况来看,二者有着较高的契合性,能够在对抗震性能进行评价的场景中有效应用,此外,该团队在对节点连接位置的钢筋构造进行探讨时,还以有限元模型作为相应的基础^[9]。

4 结论与展望

预制装配式混凝土结构具有许多现浇混凝土结构所不具有的优势,如施工效率高、构件质量好等。这些优势又恰恰符合我国对于可持续发展的要求,因此大力发展预制装配式结构有着不可推脱的责任。针对预制装配式结构所展开的抗震性能研究深度和广度依旧需要进一步延伸,对于装配式节点抗震性能的研究,以及对于装配式整体结构的抗震性能的研究,是其抗震性能研究的两个主要方向。同时,应开阔思路,寻找提高预制装配式结构抗震性能的其他有效方法。本文希望可以为相关工作者打开思路,以期共同为预制装配式结构的发展提供参考。

参考文献

- [1] 郭正兴,董年才,朱张峰.全预制装配式整体式剪力墙结构墙板节点抗震性能仿真分析[J].施工技术,2011,40(11):20-22.
- [2] 陈建伟,苏幼坡.预制装配式剪力墙结构及其连接技术[J].世界地震工程,2013,29(1):38-48.
- [3] IVERSON J k, HAWKINS N M. Performance of precast / pre-stressed concrete building structures during Northridge earthquake[J]. PCI Journal, 1994, (2) : 38-55.
- [4] 久田俊彦.地震与建筑[M].北京:地震出版社,1978:149-172.
- [5] 中国建筑工业出版社.唐山地震调查总结资料选编[M].北京:中国地震工业出版社,1977.

作者简介:马雨漾(1990—),男,汉族,广东广州人,本科,工程师,主要从事设计及设计管理工作。