

装配整体式混凝土结构抗震性能研究

狄肖肖

(山东百伟建设工程有限公司 山东 烟台 264000)

[摘要] 装配整体式混凝土结构具有与现浇结构相似的空间刚度、整体性、承载能力以及变形能力, 结构的整体屈服机制以及耗能能力与现浇结构也极其相似。具有节约社会资源及能源、实现低能耗及低排放、减少建筑垃圾对周边环境的影响以及实现“四节一环保”的优点, 从而促进我国建筑业的绿色发展。目前我国致力于发展装配整体式混凝土结构, 其抗震性能一直是众多学者的重要研究方向之一。本文将对装配整体式混凝土结构的抗震性能研究进行简要梳理。

[关键词] 装配整体式; 混凝土; 结构; 抗震性能

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.07.229

1 装配整体式结构

装配整体式混凝土结构是由工厂生产预制混凝土构件或部件养护完成后运输到施工现场, 通过钢筋、连接件或施加预应力进行连接并现场浇筑混凝土而形成整体的结构。

2 装配式混凝土结构节点抗震性能研究

2.1 后浇整体式节点研究

新西兰的研究人员于1995年对6个后浇整体式预制混凝土框架节点进行反复加载试验研究。预制构件端部采用伸出直筋和带弯钩钢筋两种形式在节点区进行搭接锚固。试验表明直筋和弯筋的锚固形式对试件整体反应影响不大。试件节点区由于后浇混凝土的泌水和骨料沉降造成上部混凝土质量不佳, 但在强度、耗能和延性等方面都表现良好。层间侧移都达到2.4%以上, 位移延性系数达到6以上, 各节点抗震性能达到或超过相应的现浇节点。同年, 澳大利亚的Loo对18个1/2缩尺框架节点进行反复加载试验, 实验中的节点分为六组, 每组均包括一个不带牛腿的后浇整体节点、一个带牛腿的后浇整体节点和一个现浇节点。各试件的尺寸均相同, 六组节点对混凝土强度、钢筋强度和配筋率分别进行研究。试验结果表明后浇整体节点的强度、延性和耗能均好于现浇节点, 无牛腿预制节点的延性和耗能好于带牛腿的预制节点。

2.2 预应力拼接节点

90年代, 有学者采用位移控制的方式反复加载的试验方法对预制混凝土梁柱节点抗震进行研究。试验包括10个预制节点和4个现浇节点, 试件均为1/3缩尺模型。预制节点采用预应力进行拼接, 构件拼接界面填充纤维砂浆。试验分别对预应力筋位置、预应力筋种类、粘结和非粘结等因素进行研究。试验结果表明预应力节点的破坏特征为预应力筋先屈服, 然后梁端混凝土压碎, 梁柱拼接界面开裂。预应力筋种类和粘结或非粘对界面开裂宽度影响较小, 预应力筋位置对裂缝宽度有较大影响。多数预应力节点的位移延性系数超过对应的现浇节点。预应力节点达到破坏时的累计耗能大约相当于现浇节点的80%-100%, 有粘结的预应力节点耗能好于无粘结预应力节点。

2.3 PRESSS项目节点

从20世纪90年代开始, 美国以及日本开展了PRESSS(预制装配式抗震结构体系)计划, 开始致力于研发可用于地震区的多层预制体系结构, 并率先给出了“干性连接”这一概念, 采用预应力筋对预制构件进行组装, 当结构受到外部荷载作用, 尤其是遭遇地震后, 由于预应力筋的回弹能力, 减小了结构的残余变形, 从而使结构具有较强的恢复能力。PRESSS计划分为4个阶段, 一共分为22个1/3缩尺的中节点的试验项目。试验中所有试件的柱端均施加低轴往复荷载, 同时柱顶施加恒定轴力。其中对框架节点的研究主要包括以下内容:

2.3.1 明尼苏达大学的非线性弹性连接和拉压屈服连接研究

该研究非线性弹性连接节点采用柱连续, 梁在柱两侧

用无粘结预应力筋拼接, 研究结果表明该节点在层间变形2%以内时预应力筋仍保持弹性。大变形情况下, 节点强度损失很小, 残余变形也很小。拉压屈服连接节点采用柱连续, 梁内纵筋穿过柱内预埋波纹管并灌浆。研究表明该节点变形较大, 强度和刚度均有较大衰减, 但耗能能力较好。

2.3.2 德克萨斯大学的非线性弹性连接和库仑摩擦连接研究

该研究非线性弹性连接节点采用梁连续并沿梁长施加无粘结预应力, 柱在梁上下进行拼接, 研究表明该节点在层间变形2%以内时残余变形较小, 耗能能力较差, 残余刚度较大; 层间变形超过2%以后耗能有所增加。库仑摩擦连接节点采用柱连续, 梁底面与柱铰接, 梁顶面通过特制的摩擦片与柱连接, 节点变形时摩擦片可以滑动以耗散能量, 试验结果表明该节点的耗能能力较强。

2.3.3 加利福尼亚大学的预应力拼接节点研究

Priestley在1993年对部分粘结预应力拼接节点进行了理论分析, 分析结果显示由于预应力筋在节点和节点两边一定范围内不与混凝土发生粘结, 节点产生较大变形时预应力筋仍可保持弹性。这种节点在大变形后强度和刚度的衰减及残余变形都较小, 节点复原能力强。在1996年Priestley对八个无粘结预应力梁柱节点进行了低轴反复加载试验。试验结果显示节点最大层间变形可达2.8%-4%, 残余变形约为最大层间变形的2.2%; 大变形时, 由于梁柱界面处混凝土的塑性发展使节点刚度有所下降, 但节点只有轻微损坏。与现浇混凝土节点相比, 预制混凝土无粘结预应力拼接节点耗能较小, 损伤、强度损失和残余变形也较小。根据试验结果, 给出了预制混凝土无粘结预应力框架节点考虑残余变形和不考虑残余变形的两种滞回模型, 为这类结构的整体分析提供了依据。同一时期, 日本采用了“压着工法”建成了一批预应力预制框架结构, 这种工艺是将预应力筋从节点穿过, 从而在节点区域产生预压力, 达到了显著提高预制结构的节点受力性能的效果。

3 结束语

装配整体式混凝土结构的主体结构材料连续; 满足结构整体性能要求, 与结构设计模型相一致; 满足抗震可靠性的要求, 提高经济性; 满足建筑正常使用要求; 满足生产工艺要求, 提高生产设备的利用率和构件质量; 满足安装施工的简便性要求, 保证安装施工的可靠性, 提高施工建造效率。装配整体式钢筋混凝土结构的抗震性能以及使用性能一直受到广大业界学者的广泛关注。本文通过梳理相关研究成果, 对装配式混凝土结构的不同节点形式的抗震性能等进行简要阐述及总结。

参考文献

- [1] 潘学蓓. 屈曲约束支撑装配式钢管混凝土组合框架抗震试验性能研究[J]. 土木工程学报, 2018, 51(6): 14-22.
- [2] 毛小勇. 装配式钢牛腿偏心受压力学性能试验与有限元分析[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(21): 9050-9058.