

# 装配式钢结构住宅预制构件节点设计

姚磊 林永盛

烟台市建筑设计研究股份有限公司

**[摘要]**在装配式钢结构设计的要求当中,要根据标准化以及模数化的原则来对预制构件进行设计,连接预制构件的节点有着比较复杂较多的受力影响因素。以我国某个装配式住宅工程为例,结合钢结构特点,在对相关的规范要求以及案例进行分析,来对设计钢结构预制构件节点的要求进行探究。

**[关键词]**住宅;节点;梁柱;支撑;钢结构;装配式

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.10.600

作为我国比较重要的支柱产业之一的建筑业,其发展和国民经济有很大的关系<sup>[1]</sup>。在建筑行业发展中,建筑设计一直都是处在一个比较重要的位置,对设计水平不断的进行提升,才能让建筑行业能够持续良好的发展<sup>[2]</sup>。在当前住宅类型中,装配式的类型越来越常见,在建设这种建筑时,对预制构件节点的设计一定要作为重点进行把握,以此来对设计的质量进行保证<sup>[3]</sup>。

## 1 概述

最近几年,对于装配式建筑我国在大力发展,其对建筑工业化的发展是非常有利的,能够对传统建筑的高污染,高物耗以及高能耗问题进行有效的解决<sup>[4]</sup>。我国某个城市就装配式建筑提出指导意见,计划到2025年底争取实现装配式建筑占新建建筑的百分之三十<sup>[5]</sup>。

钢结构有着气候影响小,施工方便以及自重比较轻的优点,与装配式建筑的特点相符。装配式建筑钢结构节点在我国很多院校都有研究。陆俊凡对美国钢结构节点进行了改进,以符合我国的设计规范,通过试验说明在多种荷载下,节点受力性能比较好<sup>[6]</sup>。刘福林模拟分析梁柱钢节点,得出对于钢节点应力集中的情况通过在节点连接处加腋进行处理能够有效改善。王婧通过有限元模拟表明钢节点的稳定性,刚度以及强度通过斜撑能够进行提升。任峰通过模拟分析不同工况下的钢节点应力和变形特性,结果说明节点区域在荷载下最大应力值低于材料的抗拉强度,这与设计的要求相符。总体来讲,通过有限元对钢结构节点进行模拟分析,或对国外结构节点进行改进,以达到我国设计要求,在实际工程项目中进行应用<sup>[7]</sup>。

和传统住宅对比,装配式住宅不仅能够减排,还能循环利用材料,与绿色建筑要求相符。连接预制构件的节点有着比较复杂较多的受力影响因素,本篇文章以我国某个装配式住宅项目为例,来对节点设计中的楼板节点,支撑节点以及梁柱节点等设计要点进行探究。

## 2 预制构件设计

在构成装配式钢结构中的基本要素就是预制构件,对其节点与构造设计要与结构设计的要求相符。对预制构件的尺寸可以通过相关软件进行设计,不但能够对构件尺寸修改效率进行提高,还能把模型直接在生产线上进行使用,对预制构件的精度进行有效保证<sup>[8]</sup>。

### 2.1 构造设计

该工程的建筑单体有十栋住宅,以二栋十三层住宅为例,本建筑单体地上总高40.3m,地下一层,地下室的挡板选作嵌固端,六度的地震烈度。主体结构选择的是钢框架支撑体系,该体系抗侧力比较高,对结构水平承载力进行增加时可以采取设置横向钢支撑。

本工程预制构件有肋板,钢支撑,H型钢框架,矩形钢管柱等,严格的按照GB50205文件规定要求来制作预制构件。钢支撑和钢梁是四级的抗震等级,钢管混凝土柱是三级的抗震等级。

### 2.2 节点设计

钢结构的自由度在高层结构设计当中,会因为自身特性而受到限制,因此在设计装配式节点的时候,对于节点受力变形要充分进行考虑,以免有位移的情况发生,节点抗震的性能一定要保证比较好。

#### 2.2.1 梁柱连接节点

梁柱连接节点在预制构件当中,是一个比较关键的部分,其是梁和柱的交汇点,能够有效的把力传递给梁与柱,节点有着比较复杂的情况,影响梁柱连接节点刚度与强度的因素比较多。

在高层结构中,对于梁柱通常采取刚性连接,对加肋板厚度,节点域抗剪强度,受剪承载力以及受弯承载力进行验算。对高层装配式钢结构应根据结构进入弹塑性阶段进行设计,节点承载力要比构件承载力大,并且要符合下面公式(1)与公式(2)的要求:

$$M_u \geq 1.2M_p \quad (1)$$

$$V_u \geq 1.3(2M_p/l) \quad (2)$$

在上述公式中, $M_u$ 表示极限强度最小值的节点连接最大受弯承载力,只由翼缘的连接承担, $M_p$ 表示梁构件的全塑型受弯承载力, $V_u$ 表示极限强度最小值的节点连接最大受剪承载力,只由腹板的连接承担, $l$ 表示梁的净跨。

该工程最大应力主要集中在梁上下翼缘削弱处,塑性较通过腹板区域和梁翼缘形成,结构最终破坏是发生在梁翼缘削弱处。本工程的构造采取柱贯通连接的形式,对梁跨中的弯矩有效进行减小。选取M22高强螺栓来对柱翼缘和梁腹板进行连接,梁翼缘和柱翼缘采取坡口进行焊接,栓焊混合的连接方式。

梁端荷载很大一部分都是由靠近柱的螺栓进行承受的,发生比较大的螺栓位移,螺栓杆在接触柱面套板时,会产生局部的压应力,而螺栓承受的剪应力因为螺栓杆和螺栓孔壁接触进行增大。而对于螺栓承受的剪应力通过对梁翼缘端部单边或者是双边加宽补强能够有效的进行减小。

### 2.2.2 支撑连接节点

在预制构件中,支撑传力部件在钢结构中比较重要,主要的作用就是为了对构件进行临时的固定以及校正。

通常柱面附近梁上会有塑性铰出现,其在柱翼缘厚度的方向会出现较大的应变,周围热影响区有着比较高的塑性变形要求以及焊缝金属要求,这些情况会对构件造成脆性破坏。所以,提高构件的可靠性,可以通过对塑性铰的位置控制来进行提升。塑性铰能够通过钢支撑进行转移,使得节点破坏点从梁端往钢筋桁架上转移,这和弱构件,强节点的设计理论相符。

对于高层装配式钢结构,支撑连接要和如下公式(3)要求相符:

$$N_{ubr} \leq 1.2A_n f_y \quad (3)$$

在上述公式(3)中, $f_y$ 表示支撑刚才的屈服强度, $A_n$ 表示支撑的净截面面积, $N_{ubr}$ 表示极限强度最小值的支撑连接最大承载力。

对于节点整体面外变形通过在连接支撑翼缘和梁,柱的部位进行加劲肋板的设置能够进行保证,对节点承载力进行提升。对于梁,柱的竖向力或者水平力在设置加劲肋板时要按照承载支撑轴心力进行计算。而如果没有加劲肋板的节点,在设计时,需要对其荷载进行放大设计。

合理的设计评偏心支撑体系,耗能梁段的弹性范围在正常使用以及小震阶段下能够保持,强震下,通过耗能梁段的非弹性变形耗能。连接支撑和耗能梁段的端部,应要把加劲肋设置在支撑两侧。有相关研究表明<sup>[9]</sup>,耗能梁段在没有加劲肋设置下,其延性和耗能能力比较差,在剪切屈服之后就开始了屈曲,而耗能梁段设置了加劲肋,其非弹性转动能力比较大。在JGJ99-2015文件中<sup>[10]</sup>,对于加劲肋间距 $s$ 的取值取为:

当耗能梁段净长为 $a \leq 2.6M_p / V_p$ 时, $s_w \leq 56t_w - \frac{h_0}{5}$ ,当

净长为 $a_w \leq 1.6M_p / V_p$ 时, $s_w \leq 38t_w - \frac{h_0}{5}$ 。

### 2.2.3 楼板节点

当前,有很多存在于设计方面以及施工方面的传统建筑楼板问题,而钢筋桁架楼承板因为其有着比较好的性能以及施工方便,对于传统楼板问题能够有效的进行解决。

该楼承板构件楼板和钢筋架是一体的。楼承板中的混凝土自重是由钢筋承受的,拉应力不在混凝土内产生,正负弯矩区混凝土在正常使用阶段时拉应力会出现明显降低。当对该楼承板根据双向板进行计算时,对普通浇筑混凝土楼板的

设计模型是一样的,并且有着更加合理的受力模式,能够提供的刚度更大。

### 3 结语

在我国建筑行业发展进程中,装配式钢结构的发展无疑起到很大的作用,在装配式工程建设当中,钢结构节点设计有着很大的作用,不但对于整体结构的强度与刚度能够有效的进行提高,还能保证整个施工工程的质量。当前,对于装配式预制节点的研究在我国还不是很完善,还需要相关的技术人才以及学者进行努力,进行研究,对于图集,相关的规范还需要不断的进行完善,这样对于我国装配式钢结构的项目工程质量才能有效的进行保障。

### 参考文献

- [1] Zhu L, Yan H, Hsiao P C, et al. Hysteretic Behavior of Composite Vertical Connection Structures used in Prefabricated Shear Wall Systems[J]. International Journal of Structural Stability and Dynamics, 2020, 20(06): 397-418.
- [2] Chen J, Yang Z, Xu S. Stability Analysis of Prefabricated Steel Structure Building Based on Pushover Method[J]. IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 2021, 825(1): 012040.
- [3] Wu K, Lin S, Liu X, et al. Experimental Study on Mechanical Behavior of Prefabricated PEC Composite Beams Under Cyclic Loading[J]. International Journal of Steel Structures, 2020, 20(3): 725-741.
- [4] 吕胜利. 我国台湾地区装配式建筑发展状况——台湾装配式建筑发展经验借鉴与启示[J]. 住宅产业, 2017(12): 4.
- [5] 朱敏霞. 市政配套用电设施设计实践与建筑产品化探索——南方电网智能预制装配式配电房项目[J]. 数字化用户, 2020(20): 3.
- [6] 张九营, 杨睿, 李维松, 孟娟, 马全明. 装配式桁架钢筋叠合板-圆孔蜂窝组合扁梁的设计及安装工艺[J]. 江苏建筑, 2019(02): 49-52.
- [7] 汪平平. 高层装配式钢结构住宅立面设计研究[D]. 北京交通大学, 2019.
- [8] 肖长永, 蒋华, 刘娅婷, 徐翔宇. 装配式钢结构住宅外墙板与主体结构连接节点技术研究[J]. 产业与科技论坛, 2020, 19(24): 49-50.
- [9] 吴水根, 王玲玲, 韩晓丹. BIM技术在多层装配式钢结构住宅建筑设计与施工中的应用[J]. 建筑施工, 2019, 41(04): 691-693.
- [10] 李艳霞. 混凝土预制构件关键连接节点施工及质量检测技术研究——以常州工程职业技术学院地下工程中心项目为例[J]. 大众标准化, 2020(20): 236-238.