

Analysis of the Overall Safety of Prefabricated Steel Structure Houses Caused by the Lateral Movement of Steel Column Construction

Jianying Wang

Shaoxing Construction Engineering Quality and Safety Management Center, Shaoxing, Zhejiang, 312000, China

Abstract

In the context of the current new era, the development speed of building construction technology is constantly improving, and various new technologies are emerging to provide a solid technical foundation for the improvement of construction efficiency and quality. Prefabricated construction technology has received widespread attention and application in the construction industry in recent years due to its high construction efficiency and strong environmental friendliness. However, it should be noted that during the installation process of load-bearing steel columns in prefabricated residential buildings, the overall or hierarchical displacement of the building may occur due to welding quality or manufacturing errors, resulting in an imbalance in the distribution of floor stress and strain, which seriously threatens the safety of residents. Based on this, the paper first provides an overview of prefabricated steel structure buildings, and combines practical cases to construct a numerical calculation model for prefabricated steel structure residential buildings, based on which the overall safety is explored.

Keywords

lateral displacement of steel column construction; prefabricated steel structure housing; security

钢柱施工侧移引起的装配式钢结构住宅整体安全性分析

王建英

绍兴市建设工程质量安全管理中心, 中国·浙江 绍兴 312000

摘要

在当前新时期背景下, 建筑施工技术发展速度不断提升, 各种新技术涌现为建筑施工效率与质量提升提供坚实技术基础。装配式施工技术因其施工效率高、环保性强等优势, 近年来受到建筑行业的广泛关注与应用, 然而需要注意的是, 装配式住宅承重钢柱节间安装过程中, 会因焊接质量或本身制作误差导致建筑整体或层级产生位移, 并造成楼层应力应变分布失衡, 严重威胁住户安全。基于此, 论文首先对装配式钢结构建筑进行概述, 并结合实际案例, 构建装配式钢结构住宅数值计算模型, 以此为依据对其整体安全性进行探究。

关键词

钢柱施工侧移; 装配式钢结构住宅; 安全性

1 引言

钢框架结构体系凭借其独特优势得到建筑领域的广泛认可与应用, 其显著特点包括高强度、高刚性以及卓越的抗震性能, 相关优势使得其在高层和超高层结构设计中成为首选方案。此外, 钢框架结构的梁、柱构件可充分满足标准化和定型化生产要求, 此条件为推动装配式施工效率提升提供较强便利条件支持, 从而可显著缩短工程建设周期。

2 装配式钢结构建筑概述

装配式钢结构建筑本质为一种高效、环保、可持续的

建筑形式, 其核心在于利用预制钢结构构件进行装配。该形式主要结构系统由钢材构成, 相关材料不仅具备轻质、高强、延性好等特征, 同时也具备优异的可回收性, 完全符合绿色施工理念^[1]。

在实际工程项目中, 装配式钢结构建筑可通过精确地设计、工厂化生产和现场装配等过程, 切实保障建筑施工高效性以及环保性。模块化设计特点使得建筑模块可根据不同功能需求进行灵活组合和变化, 此不仅有效提高设计灵活性和多样性, 同时也可显著缩短设计周期^[2]。同时, 预制钢结构构件主要在工厂内完成, 在先进的设备和技术支持下, 生产人员可实现对钢材进行精确切割、焊接、打孔等加工处理目标, 进而形成标准化预制构件。该生产方式可有效确保构件在质量、精度和效率方面得到有效控制, 为后续施工装配

【作者简介】王建英(1969-), 女, 中国浙江绍兴人, 本科, 高级工程师, 从事建设工程质量安全管理研究。

提供了有力保障。在施工现场中,预制构件可通过吊装、拼接、连接等工序实现快速、准确地装配。该装配方式不仅可进一步提高施工效率,同时也可有效实现降低施工噪音和粉尘污染目的,对周边环境影响极小^[1]。

装配式钢结构建筑在实际施工过程中产生的废弃物较少,钢材回收利用率较高,充分体现出结构形式的绿色环保特点。同时,钢材良好的保温隔热性能也可有效降低建筑能耗。相关优点使得装配式钢结构建筑在降低建筑成本、提高经济效益方面呈现出显著优势,同时也赋予其较长的使用寿命和较低的维护成本。

3 装配式钢结构技术在施工建设中的优势

3.1 提升建筑设计精准性

在高层建筑施工设计中,精确性在保障建筑质量和效益方面发挥至关重要的作用。传统施工设计方法主要依赖手工绘图和计算,此不可避免地导致误差存在,而此情况已无法适应现代钢结构设计的复杂性特点。而装配式钢结构施工技术则可依托于先进的模拟平台,实现多专业、多部门协同设计,进而有效提高设计的协同性和准确性,保障设计方案科学合理,避免设计错误出现,从而优化施工效果,确保建筑质量以及安全性。

3.2 加强建筑结构安全性以及稳定性

装配式钢结构施工技术是当前高层建筑施工首选方案之一。该技术受外界环境因素影响较小,可在各种气候和地质条件下进行施工。同时,装配式钢结构所使用材料具备较高强度和耐久性,其安全性以及可靠性远超传统材料。在设计和施工过程中,技术人员可对结构尺寸和形状进行严格控制,进而确保结构稳定性和承载能力。此举为高层建筑施工安全性和稳定性提供坚实保障,可为行业长远发展提供有力保障。

3.3 提高建筑施工质量以及效率

装配式钢结构建筑实际施工中可依托于 BIM 技术进行设计与施工,此可大幅提高设计精确度。在 BIM 技术支持下,可有效实现施工过程的可视化、模拟化和协同化目标,进而协助施工人员更深入地理解设计意图和施工方案。在高层钢结构建筑施工中,传统技术难以保证各施工环节的质量,而装配式钢结构施工技术可实现连续施工,最大限度地减少施工过程中的等待和浪费。此外,装配式钢结构施工技术还可显著提高施工效率,缩短工期并降低施工成本,进而为建筑企业创造更多的价值。

4 装配式钢结构住宅安全性分析设计

4.1 项目概况

为深入分析装配式钢结构住宅整体安全性,本文研究中将选取具体案例进行详细阐述。案例钢结构住宅项目中,其主体梁柱的连接构件全部采用钢结构材料,并通过高质量的焊接工艺以及高强度螺栓进行连接。然而需注意的是,此

类装配式建筑的层间焊接质量至关重要,其直接关系到建筑整体稳定性,若焊接质量不达标,则可能导致建筑产生侧移,而侧移问题若不能及时修正,其将逐层累积并进一步加剧建筑变形幅度。

为深入研究侧移对钢框架住宅的影响,本文研究中对实验验证和数值计算分析模拟两种方法进行对比分析。考虑到实验验证成本高以及比例缩尺系数难以确定等因素,本文最终选择数值计算分析模拟。该方法不仅具备广泛的单元库以及材料库支持,同时加载侧移方式便捷,计算结果精确且计算速度快。由此,本文研究中将利用数值计算分析模拟,依托于有限元软件 ABAQUS 构建出案例项目数值计算模型,并采用 Von-Mises 屈服准则开展应力计算,以此深入探讨单向侧移和复合侧移对住宅整体稳定性和安全性造成的影响。

4.2 数值计算模型

Q355B 钢材应力—应变曲线如图 1 所示,其具体可细分为弹性(oa 段)、弹塑性(ab 段)、塑性(bc 段)、强化(cd 段)以及两次流塑(de 段)五个阶段。其中, f_p 表示钢材比例极限、 f_y 表示屈服强度、 f_u 表示抗拉强度,而 ε_e 、 ε_{e1} 、 ε_{e2} 、 ε_{e3} 分别表示前四个阶段所产生的最大应变值。

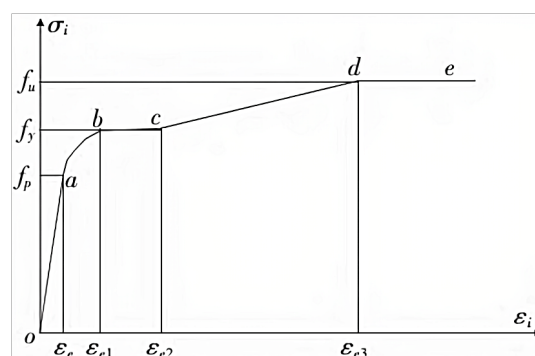


图 1 Q355B 钢材应力—应变曲线

该有限元模型主要有钢柱和钢梁两个核心构件组成,其中钢柱为箱形截面,而钢梁则为工字形截面。为确保对柱、梁进行精确模拟,论文统一采用梁单元模型,并细致地设定梁单元截面形状以及单元方向。

为保障计算精度和速度之间取得平衡,本文研究中选择两结点空间线性梁单元(B31)作为模拟梁、柱的单元类型。该单元类型不仅可保证模拟准确性,同时可有效确保计算高效性。此外,论文还设定出 0.1m 的网格划分尺寸,以此进一步确保模拟细致性和准确性。

4.3 侧移施加

在工程实践中,钢柱间及其与钢梁的连接主要采用焊接手段实现,其具体作业中采用的是与 Q355B 母材相匹配的 ER-50 类型焊条。论文研究核心关注点在于焊接质量对结构侧移影响,因此在具体分析不考虑构件间连接问题,将其视为刚接。为更贴近实际,在实际模拟过程中,对整体结构底部施加固定约束,以模拟地基与柱之间的实际约束

状态。

为准确模拟和分析侧移现象,本文研究中选择位移荷载加载法,在建筑每一层上仅施加单一方向位移荷载,以实现模拟研究目标。在具体研究中,论文重点关注两种典型的侧移情况:一是“单层单向侧移”,即结构整体中仅有一层受到单一方向的位移荷载;二是“反向组合侧移”,即结构中存在方向相反、成对出现的位移荷载。通过对两种侧移模式进行深入分析,以此实现全面、准确地揭示焊接连接钢结构在侧移作用下的力学响应和性能表现目标。

5 侧移有限元分析结果(单层单向侧移分析结果)

5.1 X方向侧移对第2层的影响

在实际模拟过程中,论文针对建筑结构自下而上第2层,施加X方向0.1m的单层单向侧移。由图2所示的应力与位移分布图中,可以观察到以下现象:

①结构应力主要集中在第2层及其下方区域,而上部区域应力则相对较小,此情况说明钢材在此侧移条件下并未受损。在梁柱节点处,应力达到最高值,且随与距离节点距离增加,应力数值也随之降低,中间处应力值相对较小;②当所施加侧移达到10cm时,结构出现明显屈曲现象,这提示设计人员在工作时需要考虑该侧移对结构稳定性的影响;③需注意的是,侧移影响主要集中在施加侧移的层次,而远离该层次的区域,影响也随之逐渐减弱。

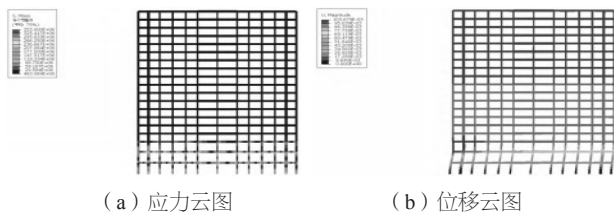


图2第2层单层单向侧移有限元结果

5.2 X方向侧移对第10层的影响

通过对在第10层施加X方向0.1m的侧移,可从图3中所示应力与位移云图中获取如下几方面信息:

①由实际模拟结果可知结构整体最大应力值为

161.55MPa,该数值远低于钢材设计强度,因此可以判断结构在此侧移条件下处于稳定状态;②相较于底层侧移,第10层的结构变形更为协调,此情况可能与结构整体设计和材料特性存在直接关联。

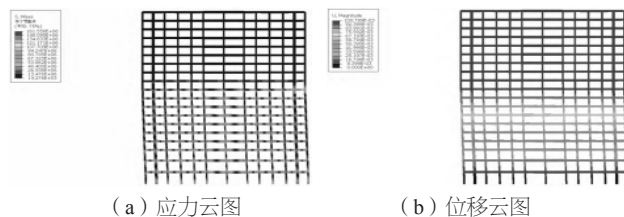


图3第10层单层单向侧移有限元结果

5.3 X方向侧移对第19层的影响

对第19层施加X方向0.1m的侧移后,可得出如下几方面结论:

①该建筑结构最大应力值为106.74MPa,出现在梁柱节点处,此情况在其他层中观察到的现象相似。其应力分布呈现出显著中部较小,两侧较大特征;②钢柱在侧移影响下出现轻微的倾斜趋势,但并未出现明显的折点现象,该结果进一步证实结构在此条件下处于稳定状态。

6 结语

综上所述,结合本文所选取实际案例可得出如下结果:第一,高层装配式钢结构住宅实际施工中应最大限度地避免上下连接出现侧移情况,若无法避免则应将其控制在最小幅度内。同时,底层约束强的位置不应出现侧移情况;第二,反向组合侧移对住宅结构质量的威胁元岛屿单层单向侧移,同时反向组合侧移所导致的质量问题会随侧移间距降低而减少。

参考文献

- [1] 刘松,刘毅,王晓,等.装配式钢结构住宅标准化设计与应用[J].建材发展导向,2022,20(14):3.
- [2] 赵灿.我国装配式钢结构住宅发展现状及展望[J].铁道建筑技术,2022(12):202-206.
- [3] 陈选权,吴雷,周保平,等.某装配式高层钢结构住宅使用和维护[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(12):4.