

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2016.01.001

# 轻钢结构临建房屋骨架结构有限元计算分析

马永超<sup>1,2,3</sup>, 蔡雪峰<sup>1,2</sup>, 张铮<sup>1,2</sup>, 赵剑<sup>1,2</sup>

(1. 福建工程学院 土木工程学院, 福建 福州 350118; 2. 福建省土木工程新技术与信息化重点实验室, 福建 福州 350118;  
3. 福州大学 土木工程学院, 福建 福州 350116)

**摘要:**以轻钢结构临建房屋骨架结构试验为基础,采用有限元分析软件 Ansys 提出轻钢结构临建房屋的有限元计算模型建立方法,并对轻钢结构临建房屋骨架结构的水平侧移进行计算和分析。计算结果表明,所采用的有限元计算模型建立方法正确合理,且轻钢结构临建房屋骨架结构在设计荷载作用下的水平侧移不能满足规范要求。

**关键词:**轻钢结构临建房屋; 骨架结构; 水平位移; 有限元分析(FEA)

**中图分类号:** TU392.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-4348(2016)01-0001-04

## Finite element analysis of frame structure for light steel temporary buildings

Ma Yongchao<sup>1,2,3</sup>, Cai Xuefeng<sup>1,2</sup>, Zhang Zheng<sup>1,2</sup>, Zhao Jian<sup>1,2</sup>

(1. College of Civil Engineering, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China;  
2. Fujian Provincial Key Laboratory of Advanced Technology and Informationization in Civil Engineering, Fuzhou 350118, China;  
3. College of Civil Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China)

**Abstract:** A finite element calculation model of light steel temporary building frame structure was constructed via finite element analysis software Ansys. The lateral displacement of the frame structure of a light steel temporary building was calculated via the model. The results indicate that the finite element method of formulating the calculation model of light steel temporary buildings frame structure is rational and the lateral displacement under the design load cannot satisfy the standard requirement of the light steel temporary building frame structure.

**Keywords:** light steel temporary building; frame structure; lateral displacement; finite element analysis (FEA)

目前国内针对临建房屋的研究主要集中于结构和材料方面。结构方面的研究致力于结构形式简单、受力合理,体积小、便于搭设与拆除的结构形式。

江世永、何建川<sup>[1]</sup>等对可扩展可拆装活动房体系的研究提出了应用于临建房屋的钢结构体系。天津大学高秀春<sup>[2]</sup>对由集装箱改制而成的扩展集装箱活动房进行了结构静力试验研究。冯远红、黄光宏<sup>[3]</sup>等使用有限元分析软件对扩展集

装箱活动房进行了优化设计,对扩展集装箱在各种情况下的装卸过程的应力、应变情况进行了分析。申世元、葛学礼<sup>[4]</sup>等运用有限元分析程序 SAP2000 对拼装式轻钢活动房进行有限元分析,对这类房屋的承载力和变形情况进行了综合分析。

临建房屋建设材料研究,以提高强度及保温隔热性能和减轻结构重量为目的。晁新强、郝际平<sup>[5]</sup>对一种新开发的铝合金活动房分别进行了骨架与整体静力试验研究。

收稿日期: 2015-12-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(51478119);福建省级科技厅重大项目(2013H6003)

第一作者简介:马永超(1987-),男,河南宝丰人,助理实验师,硕士,主要从事结构工程受力性能的研究。

这些研究对象多针对集装箱活动房屋和铝合金活动房屋,而对于施工现场经常使用的轻钢结构临建房屋的研究却较少。试验结果<sup>[6]</sup>指出,轻钢结构临建房屋的材料应力远小于屈服强度,其主控因素为结构的水平位移。故针对施工现场经常使用的轻钢结构临建房屋骨架结构在水平荷载作用下的水平位移情况进行有限元分析,并与已有试验数据进行对比,提出轻钢结构临建房屋的有限元计算模型建立方法以及轻钢结构临建房屋骨架结构的水平侧移情况。

1 房屋构造

房屋骨架结构主要由基础梁、柱、圈梁、屋架、檩条以及斜撑组成,如图 1。

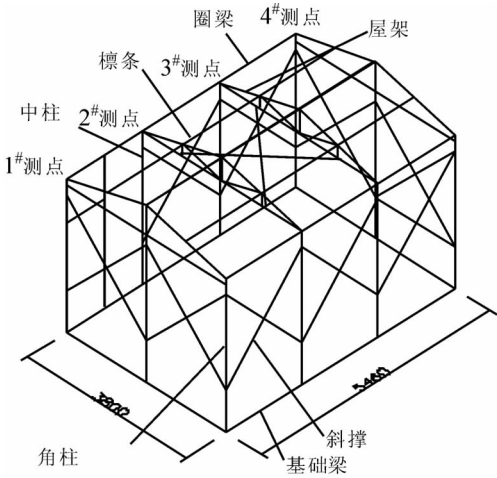


图 1 骨架结构布置图(单位:mm)

Fig.1 Display of light steel temporary building frame structure( unit:mm)

除围护结构外,各构件均是由冷弯薄壁内卷边型钢(冷弯薄壁 C 型钢)加工而成。房屋骨架的立柱由两根冷弯薄壁 C 型钢通过电阻点焊组合形成,立柱的截面形状因所处的位置不同而不同,且在确定立柱截面的时候还考虑到了墙面板与立柱的连接问题,为墙面板的安装预留了空间。其他构件为未经组合的冷弯薄壁 C 型钢。由于各构件受力情况不同,各构件截面尺寸不同,以节约材料。骨架结构中各组成部分的截面形状和尺寸如图 2 所示。

轻钢结构临建房屋安装时,先将基础梁用螺栓固定在地面上,再将立柱用螺栓固定在基础梁上。屋架选用桁架式钢屋架,弦杆和腹杆为焊接,

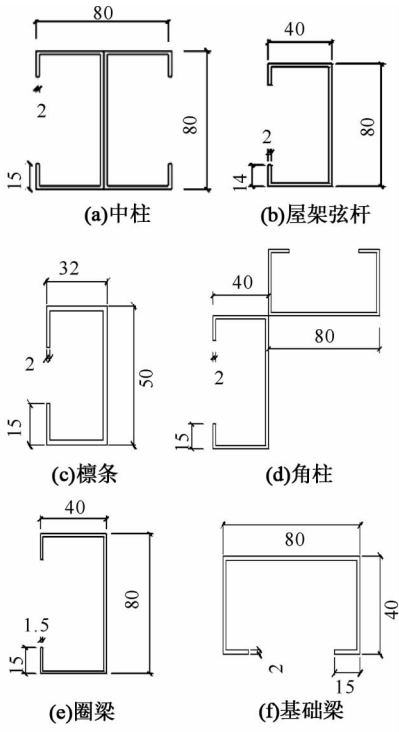


图 2 骨架结构各构件截面形状及尺寸(单位:mm)

Fig.2 Sectional shape and size of frame structure elements( unit:mm)

屋架与柱顶使用螺栓连接。屋架之间用角钢做成的斜撑在水平方向上进行连接。房屋两端的山墙由支撑在柱顶的斜梁和圈梁进行支撑。

2 有限元建模计算

2.1 有限元模型建立

根据各单元特点和需要模拟的构件的实际情况进行单元选择。对于轻钢结构临建房屋的骨架结构,因其主控因素为位移,为提高运算速度采用 BEAM44 单元进行模拟。轻钢结构临建房屋中,在立柱之间设置了斜撑,斜撑由于连接的原因只能承受拉力。模型建立时斜撑使用 LINK10 单元进行模拟。

轻钢结构临建房屋的骨架采用 Q235 钢,屈服强度为 235 MPa。在建立模型时 BEAM44 单元的弹性模量定义为 206 GPa,泊松比定义为 0.3,密度定义为 7.85 g/cm<sup>3</sup>。LINK10 单元采用相同的材料特性。

由于构件的截面形状比较复杂,在建立模型时使用自定义截面进行构件截面特性的输入。首先确定各节点坐标,采用直接建立物理模型的方法

法进行模型的建立。柱底节点进行  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  3 个方向的线位移约束,基础梁与支座之间采用固接。柱顶与屋架及圈梁之间的节点释放角位移及  $Z$  方向的线位移,进行铰接情况的模拟。屋架内部各弦杆及腹杆之间的连接均采用固接,模拟构件之间的焊接情况。由于 LINK10 单元默认两端铰接,交叉支撑与立柱间的连接未做处理。对 LINK10 单元的实常数进行定义使其仅承受拉力,模拟交叉支撑的实际工作情况。

2.2 计算模型验证

为验证模型建立的准确性,施加与试验相同的水平荷载,加载荷载等级为  $0.4\text{ kN/m}^2$  风压作用下的水平荷载。如图 3 所示。

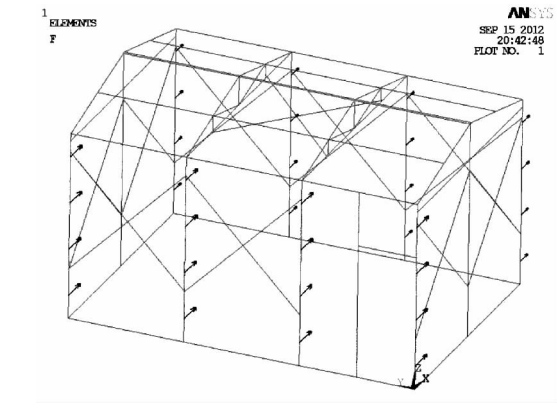


图 3 骨架结构有限元模型

Fig.3 Finite element model of frame structure

经过计算得到骨架结构的位移云图如图 4。可以看到,在水平荷载作用下,骨架结构的最大水平位移出现在中柱柱顶,与骨架结构试验中出现最大水平位移的位置相同。屋面檩条发生了明显的弯曲,与试验现象吻合。

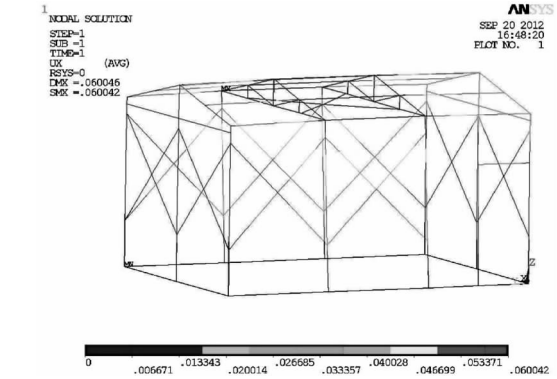


图 4 骨架结构荷载作用下位移云图

Fig.4 Cloud diagram of lateral displacement of frame structure under loading

各柱柱顶布置测点,测点位置如图 1。理论计算得到的柱顶最大水平位移为  $60.0\text{ mm}$ ,是柱高的  $1/48$ 。按照《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》规定,柱顶容许最大侧移为  $H/60 = 48.3\text{ mm}$  ( $H = 2\,900\text{ mm}$ ),超限部分是允许最大位移的  $24.2\%$ 。骨架结构试验中的柱顶最大水平位移为  $58.9\text{ mm}$ ,相差  $1.1\text{ mm}$ ,两者误差为  $1.9\%$ 。各位移测点的试验值和理论值对比结果如表 1。

表 1 骨架结构理论值与试验值对比

Tab.1 Comparison between the theoretical and experimental values of frame structure

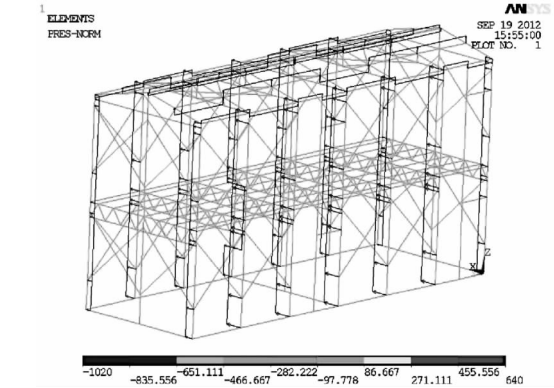
测点位置	试验值/ mm	理论值/ mm	差值/ mm	误差/ %
1 <sup>#</sup> 位移测点	16.0	15.2	0.8	5.0
2 <sup>#</sup> 位移测点	58.0	60.0	2.0	3.4
3 <sup>#</sup> 位移测点	58.9	59.0	0.1	0.1
4 <sup>#</sup> 位移测点	16.9	17.5	0.6	3.5

对比发现,轻钢结构临建房屋有限元模型建立方法合理,满足工程精度的要求。

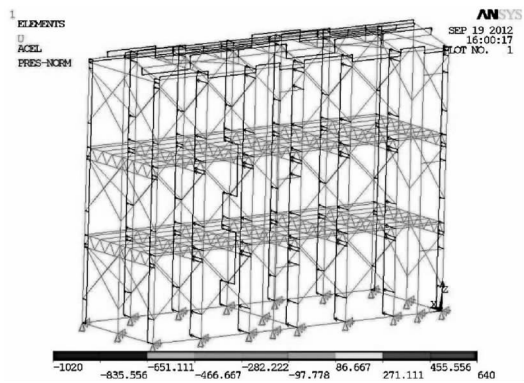
2.3 计算分析

两层和三层房屋骨架结构与单层房屋骨架结构相比,在楼层处设置了楼面梁来承担荷载,楼面梁与柱之间通过螺栓进行连接。在单层模型基础上建立两层和三层的有限元模型进行理论分析。两层与三层房屋的模型及加载情况如图 5。

经过计算两层及三层房屋骨架结构的水平位移如图 6。从图 6(a)可看出,在荷载作用下结构产生了较大水平位移,最大位移出现在中间门柱的顶端为  $141.2\text{ mm}$ ,即柱高的  $1/41$ 。按照《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》规定,柱顶容许最大侧移为  $H/60 = 96.7\text{ mm}$  ( $H = 5\,800\text{ mm}$ ),超



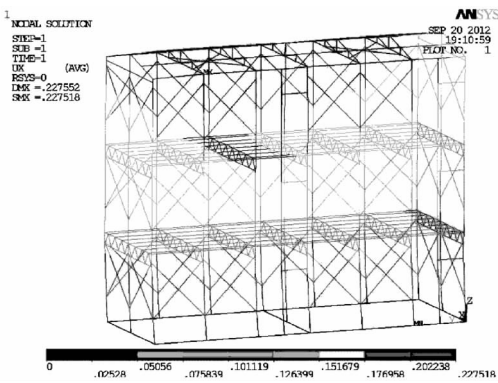
(a) 两层房屋骨架结构模型



(b) 三层房屋骨架结构加载示意图

图 5 两层及三层骨架结构模型

Fig. 5 Two-storey and three-storey frame structures



(b) 三层房屋骨架结构

图 6 两层及三层结构位移云图

Fig. 6 Lateral displacement cloud diagram of two-storey and three-storey frame structures

限部分是允许最大位移的 25.4%。

从图 6(b) 可看出,在荷载作用下结构同样产生了较大的水平位移,最大位移出现在中间门柱的顶端为 227.5 mm,是柱高的 1/38。按照《门式

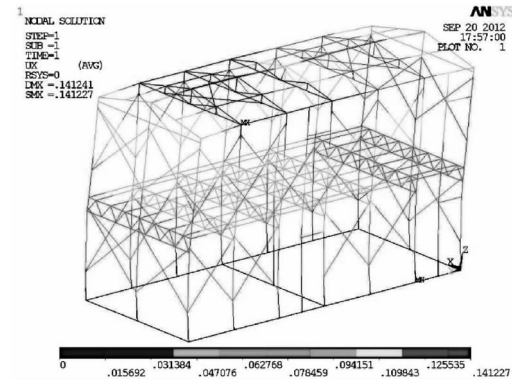
刚架轻型房屋钢结构技术规程》规定,柱顶容许最大侧移为  $H/60 = 145.0 \text{ mm}$  ( $H = 8\,700 \text{ mm}$ ),超限部分是允许最大位移的 56.9%。

### 3 结论

1) 有限元模型计算结果与试验结果最大误差仅为 5%,满足精度要求;有限元模型建立方法正确,单元选择及材料特性的定义合理可靠。

2) 轻钢结构临建房屋骨架结构在设计荷载作用下的水平位移不能满足规范要求。

3) 应通过设置能承受压力的斜撑或通过加强骨架结构与围护结构之间连接的牢靠性来提高结构的抗侧刚度。



(a) 两层房屋骨架结构位移云图

### 参考文献:

[1] 江世永,何建川,罗沈健,等. 新型可扩展可拆装活动房结构体系[J]. 空间结构,1998,4(2):58-62.

[2] 高秀春. 扩展式活动房结构试验与集装箱静力分析[D]. 天津:天津大学建工学院,2007.

[3] 冯远红,黄光宏,赵信民. 扩展集装箱式活动房中的集装箱优化设计[J]. 工业建筑,2007,37(S0):531,549-551.

[4] 申世元,葛学礼,朱立新,等. 拼装式轻钢活动房结构安全分析及改进意见[J]. 工程抗震与加固改造,2006,28(2):65-68.

[5] 晁新强,郝际平,向往,等. 某轻型铝合金活动房实验研究[J]. 工业建筑,2007,37(S0):706,712-714.

[6] 张铮,蔡雪峰,马永超,等. 轻钢结构临建房屋静力性能试验研究[J]. 建筑科技大学学报,2015,47(4):531-536,548.

(责任编辑:陈雯)