

运输过程中预制木结构房风载荷分布的模型

胡传双, 李重根, 廖红霞, 鲁群霞, 云 虹

(华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642)

摘要:为了准确而又经济地现场测试研究高速运输过程中由风作用而在墙面产生的非均衡载荷,利用空气动力学的三维模型研究了预制木结构房在高速运输过程中的各个部分的风压力分布,优化了风压力测试传感器的数量和安装位置. 主要结论为:构建的三维动力学模型能够很好地模拟运输过程中由于风作用而在墙面和屋顶上产生的压力分布;模型分析结果表明在迎风面和背风墙面上均出现了显著的风压力梯度,迎风墙面处压力值最大可达645 Pa;在侧面和屋顶处压力分布比较均衡,没有出现明显的压力分布梯度;为了精确和经济地在运输现场实施实地风压力测试,在迎风墙面的单位面积应该多布置传感器.

关键词:木结构房; 风力载荷; 工厂预制; 数值模型

中图分类号:S784

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2008)02-0112-03

Modeling the Wind Pressure Distribution on a Prefabricated Wood Framing Structure During High-Speed Transportation

HU Chuan-shuang, LI Chong-gen, LIAO Hong-xia, LU Qun-xia, YUN Hong

(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The computational fluid model (CFM) was used to analyze the wind pressure distribution on the walls of the prefabricated wood framing house during high-speed transportation with the ultimate purpose of optimizing the installation of the wind pressure sensors used to measure the wind-caused forces. The main findings are as follows: the developed CFM was a successful analytical investigation on the pressure behavior on the wood framing structure while being transported and revealed useful information on the forces applied to the structure by the wind pressure; it also pointed out very practical results on the pressure gradient on the front and rear walls and the maximum pressure was 645 Pa; the best possible configuration for the pressure sensor mounting was found out in order to track the pressure data more accurately and economically.

Key words: timber constructing house; wind forces; prefabricated; numerical model

与传统工法的木结构房相比较,工厂预制木结构房因其流水线生产而可以实现质量的统一监控、提高生产效率、降低废弃边料以提高材料的利用率、生产周期短和全天候作业等而逐渐成为木结构房的主流建造技术之一^[1-2]. 预制木结构房长和宽可分别达到20.0 m和4.8 m,平均质量大约为16 t. 完工后需用拖车将预制木结构房运输到用户施工现场,高速运输过程中由于拖车的加减速、路面与轮胎交

互作用产生的振动及离心力、风作用在墙面上产生的非平衡力等综合力作用下会在屋顶与墙面的接缝处和窗户及门等开口的转角处导致裂缝的产生. 如何减少或抑制工厂预制木结构房在运输过程中产生的损坏,有赖于测试分析研究各种力的作用效果,特别是高速运输过程中的风载荷.

在测试研究高速运输过程中由风作用而在墙面产生的非均衡载荷时,由于墙体面积很大,而传感器

收稿日期:2007-03-06

作者简介:胡传双(1978—),男,副教授,博士, E-mail:csu@scau.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(30600468);华南农业大学校长基金(4400-K05107)

数目有限,造成了试验实施上的困难,因此有必要在试验实施前确定传感器安装的关键位置. 本研究的目的是利用空气动力学的三维模型研究预制木结构房在高速运输过程中的空气流体分布,确定风力测试传感器的最佳安装位置,为现场测试由于风作用而在墙面产生的非均衡载荷试验提供理论依据.

1 材料与方法

研究对象木结构房及运输拖车由加拿大 Prestige 公司提供,为北美地区最有代表性预制木结构房,其长、宽、高分别为 22.56、4.88 和 3.66 m,运输拖车和预制木结构房的三维示意简图如图 1 所示. 针对运输拖车、预制木结构房和风洞各组成要素分别进行了几何模型构建,构建完毕后组装成一个完整的 CAD 文件,以便输入到有限元模型的网格生成软件中生成有限元网格. 拖车与预制木结构房的表面网格单元如图 2 所示. 由于所研究对象几何形状的复杂性,此处用三角形有限元单元生成拖车与预制木结构房的表面网格单元系统. 为了提高运算精度,在局部采用了网格细分. 整个网格系统由 435 000 个三角形单元组成,此外还包括一个包围在拖车和木结构房四周用于模拟风洞的体积单元.

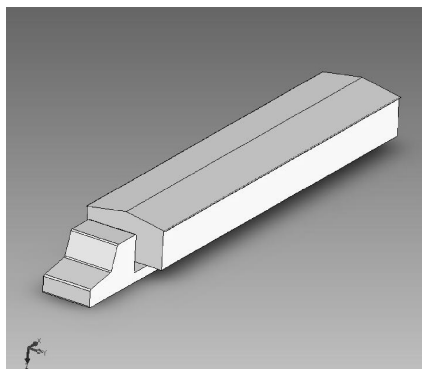


图1 运输拖车和预制木结构房的三维简图

Fig.1 3-D model of the truck and house

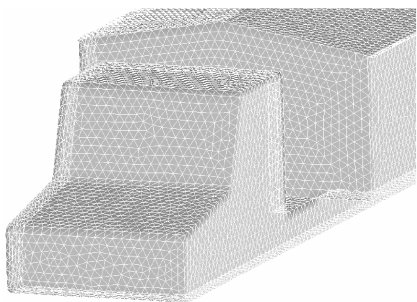


图2 拖车与预制木结构房的表面网格单元

Fig.2 Surface mesh generated for truck and house

拖车速度条件为系统的流入模块,考虑到实际运输过程中的拖车行驶速度,在模型中设定拖车速

度为 110 km/h. 为简化起见,在流入区域认为边界条件沿屋顶和墙面几何中心对称. 连续体离散化采用体积有限元法,而流体的湍流性质采用标准 $k-\varepsilon$ 模型(k 为动能能量, ε 为耗散率)描述. 通过联立连续体方程、 X 方向动力方程、 Y 方向动力方程、 Z 方向动力方程、 k 和 ε 等 6 个方程可求解得到风压在墙面和屋顶的分布、 X 方向风速、 Y 方向风速和 Z 方向风速等信息,同时 k 和 ε 可以用于研究后续参数的提取. 有限元计算的收敛性通过监视各参数求解过程的残量和流出区域的风速和表面摩擦系数等物理量得到保证. 计算精度和有限元计算的收敛性得到确保后,运用模型计算分析确立传感器的最佳安装位置.

2 结果与分析

本文主要目的是研究运输过程中由于风力作用而在预制木结构房墙面和屋顶处产生的压力分布,由于房的前部在拖车行驶中迎风,所以这一部位应该受到特别关注. 在前部产生的风压力动力学模型分析结果输出的风压力分布云图如图 3 所示,观察图 3 可知,在整个迎风墙面上的风压力分布云图呈现出明显的梯度. 水平方向上,在墙面的左右两侧由于风作用而产生的压力最大,而中心处的压力较小;在高度方向上,底部产生的压力较顶部产生的压力大,最大压力可达 645 Pa.

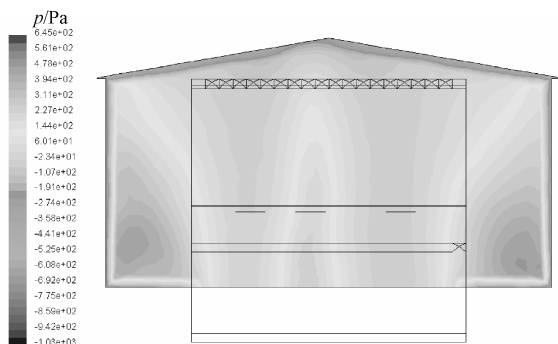


图3 迎风墙面压力分布图

Fig.3 Contour of static pressure on the front face of the house

背风墙面产生的风压力动力学模型分析结果的输出云图如图 4 所示,从图 4 中可观察得知,在中心部位产生一个高压区域. 但与迎风墙面的压力梯度比较,背风墙面的压力梯度和压力的最大值都较小.

侧面墙产生的风压力动力学模型分析结果输出云图如图 5 所示,从图 5 中观察可得知,在侧面墙上的压力分布比较均衡,没有出现如前、后墙面即迎风和背风墙面上出现的压力梯度,压力最大值为

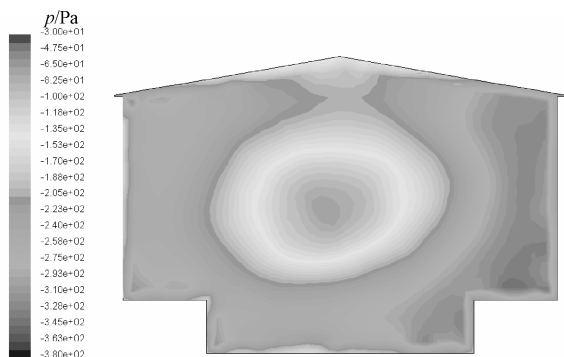


图4 背风墙面压力分布图

Fig. 4 Contour of static pressure on the back face of the house

150 Pa 左右. 屋顶产生的风压力动力学模型分析结果输出云图如图6所示,从图6中观察可得知,在屋顶上的压力分布也比较均衡,如侧面墙一样没有出现比较明显的梯度分布,压力最大值约为75 Pa.



图5 侧面的风压力分布云图

Fig. 5 Contour of static pressure on the side face of the house

图3~6的结果表明,运输过程中在迎风和背风墙面会产生显著的压力梯度,因此为了更准确和更经济地在运输现场实施实地测试试验,在这些关键部位特别是压力值较大和压力梯度显著的迎风墙面,单位面积应该多布置一些传感器. 实际的测试试验中共用了18个风压力传感器,其中4个传感器安装在迎风墙面,侧面和屋顶各安装6个,背风墙面安装了2个.



图6 屋顶风压力分布云图

Fig. 6 Contour of static pressure on the roof of the house

3 结论

利用空气动力学的三维模型研究了预制木结构房在高速运输过程中的由于风作用而在墙面和屋顶上的压力分布,优化了风压力测试传感器的数量和安装位置,主要结论为:构建的三维动力学模型能够很好地模拟运输过程中由于风作用而在墙面和屋顶上的压力分布;模型分析结果表明在迎风和背风墙面上均出现了显著的风压力梯度,迎风墙面处压力值最大可达645 Pa;在侧面和屋顶处压力分布比较均衡,没有出现明显的压力分布梯度;为了精确和经济地在运输现场实施实地风压力测试,在迎风墙面等关键部位,单位面积应该多布置风压力传感器.

参考文献:

- [1] ASIZ A, SMITH I, HU Chuan-shuang, et al. Lifting and transportation forces in prefabricated wood framing house [C] // Oregon State University Conference Services. Proceedings of World Conference on Timber Engineering. Portland: [s. n], 2006, 385-390.
- [2] HU Chuan-shuang, LI Chong-gen, LIAO Hong-xia, et al. Load behavior of prefabricated wood framing house during lifting and transportation [J]. Forestry Studies in China, 2007, 9(3): 221-224.

【责任编辑 李晓卉】