

基于 ANSYS 的托盘弯曲承载特性分析及试验验证

王艳菊, 陆佳平

(江南大学, 无锡 214122)

摘要: 以非标准托盘为研究对象, 通过建立托盘的有限元模型, 对其施加特定载荷, 模拟了其在静态承载弯曲试验时的受力情况, 在 ANSYS 环境下进行有限元模拟分析, 分别计算出了托盘长度方向和宽度方向的挠度值。借助托盘通用试验方法, 验证了采用 ANSYS 对托盘弯曲性能进行理论分析的技术可行性, 结果表明此方法具有较高的应用价值。

关键词: 托盘; 弯曲性能; 模拟分析; 试验验证

中图分类号: TB487; TB485.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)17-0023-04

ANASYS-Based Analysis of Pallet Bending Performance and Its Experimental Verification

WANG Yan-ju, LU Jia-ping

(Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Non-standard pallet was taken as an object of study. Pallet finite element model was established and specific load was applied on the model to simulate the load condition of pallet static bending test. The finite element model was simulated analysis in ANSYS environment, and the deflections were calculated on the length and width direction of the pallet respectively. It was proved by general experiment that it is technically feasible to analyze the bending performance of pallet using ANSYS. The results showed that the method has good application value.

Key words: pallet; bending performance; simulation analysis; experimental verification

托盘是物流链中最为基本的单元, 评价托盘综合性能的主要指标是整体弯曲性能^[1]。在托盘设计开发阶段主要采用通用的试验方法进行性能评估, 即通过不断的破坏试验取得试验结果来改进优化托盘设计。由于影响托盘整体弯曲性能的因素较多, 传统的评估方法需要进行大量的试验研究, 直接导致托盘前期设计开发成本增加、设计周期偏长等问题^[2]。笔者以托盘原材料性能为基础, 利用 ANSYS 对托盘进行建模, 并进行静态弯曲模拟分析, 结合试验进行验证, 以期探讨利用 ANSYS 理论模拟分析托盘典型承载特性的可行性。

1 托盘木材基本性能的测定

1.1 准备

托盘试验样品的原材料有加拿大松木和普通

松木 2 种, 因此分别对 2 种材质进行基本性能的测试。试样规格均为 300 mm×20 mm×20 mm, 长度为顺纹方向, 所需主要仪器设备为万能电子材料试验机。

1.2 步骤

参照国家标准木材抗弯弹性模量测定方法, 利用四点抗弯的方法对木条进行抗弯弹性模量的测试, 试验机以均匀速度对木条弦向施加载荷, 分别记录载荷值为 300 N 和 700 N 时试样中央对应的挠度值^[3]。参照国家标准木材抗弯强度的测定方法, 利用三点抗弯的方法对木条弦向施加载荷, 在 1~2 min 内使试样破坏, 记录破坏载荷^[4]。

1.3 结果

最终试验测得加拿大松木的弹性模量为 10.24 GPa, 抗弯强度为 92.75 MPa; 普通松木的弹性模量为 7.25 GPa, 抗弯强度为 52.46 MPa。

收稿日期: 2012-06-13

作者简介: 王艳菊(1989—), 女, 河南周口人, 江南大学硕士生, 主攻运输包装。

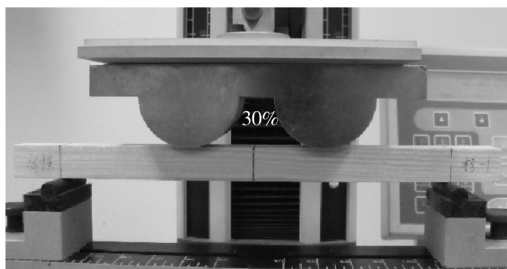


图1 木材弹性模量试验

Fig. 1 Test of wood elastic modulus

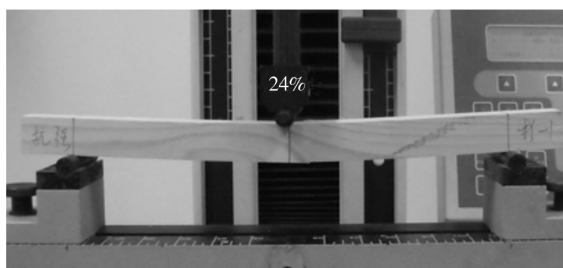


图2 木材抗弯强度的试验

Fig. 2 Test of wood modulus of rupture

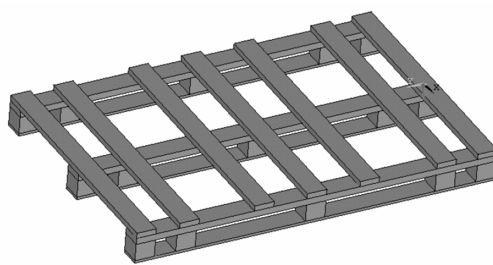


图3 托盘的有限元模型

Fig. 3 Finite element model of pallet

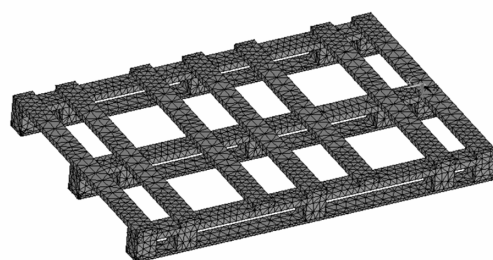


图4 托盘的网格划分

Fig. 4 Meshing of pallet

2 有限元模拟分析

2.1 有限元模型的建立及参数的确定

托盘有限元模型由顶部铺板、纵梁板、垫块和底部铺板4个部分组成,总体尺寸为1675 mm×1115 mm,托盘各结构的尺寸规格见表1,其中铺板采用加

表1 托盘各结构的尺寸规格

Tab.1 The sizes of pallet structures

顶部铺板/mm	纵梁板/mm	底部铺板/mm	垫块/mm
1115×90×25	1675×90×30	1675×90×12	90×90×90

拿大松木,而纵梁板和垫块采用普通松木。采用 solid45 号八节点六面体单元建立托盘的有限元模型(见图3),并对模型采用自由网格划分方式,网格边长为30 mm^[5],见图4。

在确定有限元模型模拟分析参数的时候,为了保证分析的准确性,需考虑以下因素的影响。

1) 考虑到木材实际承载和模型模拟承载之间的差别,取4个安全系数, K_1 为木材强度和刚度调整系数, K_2 为木材冲击载荷系数, K_3 为木材缺陷系数, K_4 为木材承载时间系数,分别取0.75,1,0.6,1^[6]。

2) 实际托盘构件通过钉合联接进行组装,而

ANSYS 模型分析时采用实体结构,因此取木材构件联接降低系数 $K_5=0.3$ 。

3) 实际托盘由2种材质组成,利用2种材质分别占托盘总材质的体积比,表示每种材质所占整个托盘材质的含量,从而确定模型的总体弹性模量。

$$K_{\text{加松}} = \frac{V_{\text{加松}}}{V_{\text{加松}} + V_{\text{普松}}}$$

$$K_{\text{普松}} = \frac{V_{\text{普松}}}{V_{\text{加松}} + V_{\text{普松}}}$$

$$\text{得出: } E_{\text{实}w} = K_{\text{加松}} E_{w\text{加松}} + K_{\text{普松}} E_{w\text{普松}}$$

综上所述,ANSYS 模拟分析时托盘模型的弹性模量 $\tilde{E}_w = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 E_{\text{实}}$,为1.17 GPa,泊松比取0.3。

2.2 有限元模型的载荷和约束条件的确定

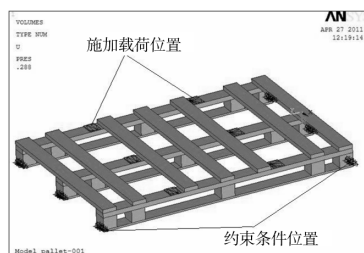
对有限元模型准确地施加载荷并且定义约束条件,是成功进行有限元分析的基本条件,施加的载荷方式及约束条件应该根据托盘通用试验要求来确定^[7]。通用试验标准中托盘在进行长度方向抗弯作用时其边界约束为托盘宽度方向底面的两侧部分,6个自由度全部约束;托盘在进行宽度方向抗弯作用时

其边界约束为托盘长度方向底面的两侧部分,6 个自由度全部约束。托盘纵梁板和顶部铺板上面的黑色线条处均为施加载荷的位置,施加载荷为 10 kN,托盘底铺板黑色线条处均为施加边界约束条件的位置,为位移约束,见图 5。

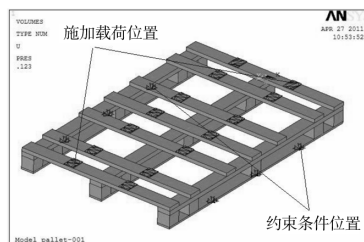
2.3 有限元分析与计算

根据设置要求 ANSYS 会自动进行计算得到在 10 kN 载荷条件下托盘长度方向和宽度方向的总位移和等效应力云图,见图 6。

由图 6 可知,基于 ANSYS 环境下的非标准托盘弯曲性能模拟分析中,在施加载荷为 10 kN 时托盘长度方向的最大挠度变形量为 17.331 mm,最大应力点为 10.053 MPa;托盘宽度方向的最大挠度变形量为 9.751 mm,最大应力点为 4.824 MPa。



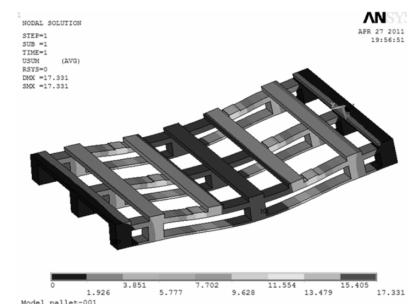
a 长度方向



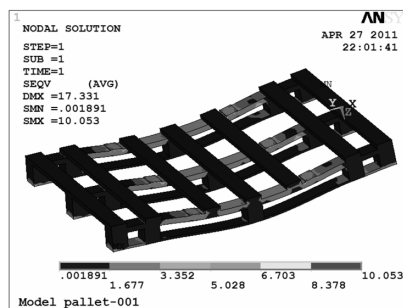
b 宽度方向

图 5 托盘的载荷和约束施加位置

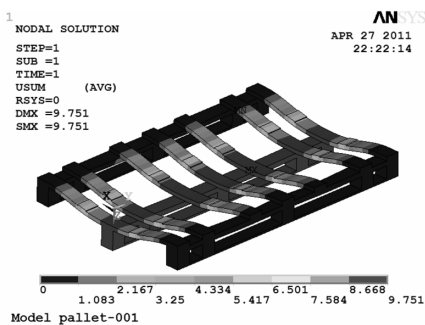
Fig. 5 Loads and constraints on the length direction of pallet



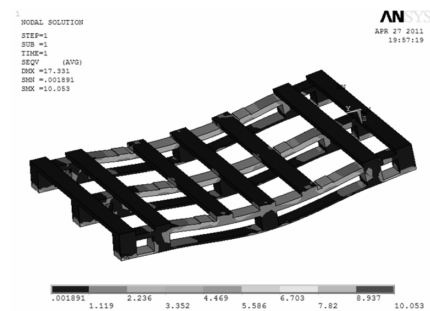
a 长度方向的总位移云图



b 长度方向的等效应力云图



c 宽度方向的总位移云图



d 宽度方向的等效应力云图

图 6 托盘的总位移云图和等效应力云图(MPa)

Fig. 6 Total displacement nephogram of the pallet

3 试验验证

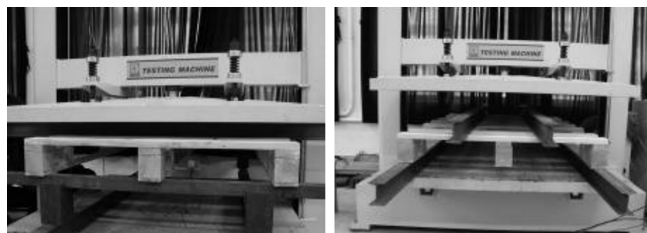
3.1 准备

试验样品与 ANSYS 模型一致,所需主要仪器设

备为 GT-7001-DS 抗压试验机。

3.2 步骤

按照《GB/T—4996 联运通用平托盘试验方法》中托盘静态弯曲试验的要求,分别进行托盘长度方向和宽度方向抗弯性能的试验,见图 7。把托盘样品放



a 长度方向弯曲试验

b 宽度方向弯曲试验

图 7 托盘弯曲试验

Fig. 7 Bending test of pallet

置在刚性台架上,放置加载头,试验仪器以均匀速度下降,将试验载荷逐步增加到预期载荷^[8]。

3.3 结果及验证

试验测得当载荷量为 10 kN 时,长度方向弯曲挠度变形量为 18.07 mm,宽度方向弯曲挠度变形量为 9.26 mm,整个试验过程中托盘构件完好无损。试验测试出托盘在 10 kN 载荷条件下的最大挠度变形值与 ANSYS 模拟分析出的最大挠度值的对比见图 8。

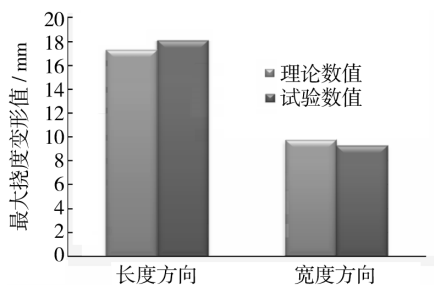


图 8 最大挠度值对比

Fig. 8 Comparison of the max deflection

由托盘材质的基本性能试验得知 2 种材质的最小抗弯强度为 52.46 MPa,而 ANSYS 模拟分析结果可知托盘 2 个方向上的最大应力点为 10.053 MPa 和 4.824 MPa,均未超出抗弯强度值。

4 结论

研究表明:基于 ANSYS 对托盘的弯曲承载特性的分析可以用于评估托盘的弯曲性能。在托盘前期设计开发阶段,可以采用 ANSYS 理论模拟分析,通过对其有限元分析数据进行分析 and 评估,可以优化改进托盘的结构及性能,减少传统试验评估方法人力物力财力的消耗,从而降低托盘前期设计成本,缩短设计周期。

参考文献:

- [1] 刘峰枫,陆佳平. 木质托盘弯曲承载特性与试验研究[D]. 无锡:江南大学,2008.
LIU Feng-feng, LU Jia-ping. The Research of Wooden Pallet's Bending Load Performance and Experiment[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008.
- [2] 李玲. 竹木复合材料力学性能的研究[J]. 包装工程, 2005, 26(3): 8-10.
LI Ling. Study on the Mechanical Properties of Wood-Bamboo Composite Pallets[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(3): 8-10.
- [3] GB 1936.1-1991, 木材抗弯强度试验方法[S].
GB 1936.1-1991, Wood Bending Strength Test Method[S].
- [4] GB 1936.2-1991, 木材抗弯弹性模量测定方法[S].
GB 1936.2-1991, Wood Modulus of Elasticity Test Method[S].
- [5] 丁毅,刘雯. 基于 ANSYS 对木质托盘整体结构的静力分析[J]. 包装与食品机械, 2009, 27(6): 12-13.
DING Yi, LIU Wen. ANSYS of Static Analysis for Wooden Pallet Based on the Structure[J]. Packaging and Food Machinery, 2009, 27(6): 12-13.
- [6] 彭国勋. 运输包装[M]. 北京:印刷工业出版社,1999.
PENG Guo-xun. Transport Package[M]. Beijing: Graphic Communications Press, 1999.
- [7] 何为宏,卢立新. 基于 Pro/Mechanica 的木质托盘结构联结系数分析[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(2): 84-85.
HE Wei-hong, LU Li-xin. Analysis of Structural Joint Parameters for Wooden Pallet Based on PRO/Mechanical[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2009, 37(2): 84-85.
- [8] GB/T 4996-1996, 联运通用平托盘试验方法[S].
GB/T 4996-1996, Test Method of General Plate[S].