

竹材层压胶合板的结构优化

叶良明 姜志宏 叶建华

(浙江林学院, 临安 311300)

摘要 研究了竹材层压胶合板的表芯厚度比对纵横静曲强度比与性能的影响。结果表明: 纵横静曲强度比与表芯比间有极显著的线性相关关系; 减小表芯比可减小纵横静曲强度比, 提高横向静曲强度, 保证竹材层压胶合板宽幅面使用的要求。

关键词 竹材; 层压板; 表芯比; 结构最优化

中图分类号 TS 653.3

竹材层压板依其组坯方式的不同, 可分成单向结构与非单向结构两类^[1,2,3]。非单向结构板的外观形如普通木质胶合板, 我们将其称为竹材层压胶合板^[3]。这种板既能保证较大的纵向静曲强度($MOR_{\perp} > 1.0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$)和弹性模量($MOE_{\perp} > 1.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$), 又使纵横静曲强度比($MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$)得到极显著的改善, 为竹材层压板的宽幅面使用提供了可靠的性能保证^[2,3]。目前, 已有一些厂家, 如浙江林学院林工系提供设计与技术的江西某竹胶板厂, 已投入了正常的工业生产, 并开发了新的产品——贴面装饰竹材层压胶合板, 投入了建筑水泥模板市场。研究表明, 在生产竹材层压胶合板时, 只要采用合适的水溶性酚醛树脂胶(PF), 控制好生产过程的一些关键工艺参数, 产品质量完全可得到保证。问题在于交错的3层结构竹材层压胶合板如何保证 $MOR_{\perp} > 1.0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ 的前提下, 尽可能地提高 MOR_{\parallel} 值。即如何选择和调整 $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$, 对竹材层压胶合板的生产具有重要的意义。

本研究使用一定规格的毛竹黄篾片和一种水溶性树脂胶(PF), 藉改变表芯层厚度比的方法, 考察了不同的表芯比对3层结构竹材层压胶合板的 $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ 和性能的影响, 为竹材层压胶合板的结构优化提供实验依据, 而指导实际生产。

1 结构优化研究的理论基础

由材料力学可知, 矩形截面梁(图1)在承受纯弯曲时, 切应力可依下式求得^[5]:

$$\tau_y = \frac{3}{2} \frac{Q}{A} \left[1 - 4 \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right]$$

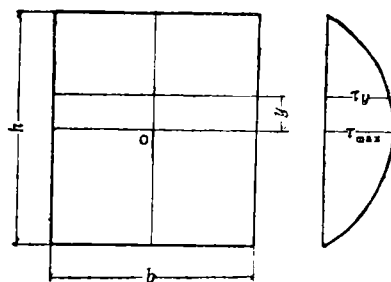


图1 矩形截面梁切应力变化
Fig. 1 Stress varying in beam with rectangular profile

收稿日期: 1993-12-16

其中 Q 为作用在横截面上的剪切力, kN ; A 为横截面积, cm^2 ; τ 为沿 y 方向上的切应力, kN/m^2 。

由公式可知, 矩形截面梁在承受纯弯曲时, 受剪切破坏的最大危险截面为中性平面,

$\tau_{max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{A}$ 。随着离中性平面距离 (y) 的增大, 切应力逐渐减少。当 $y = \frac{1}{4}h$ 时, 其切应力

$\tau = \frac{3}{4}\tau_{max}$; 当 $y = \frac{1}{3}h$ 时, $\tau = \frac{5}{9}\tau_{max}$, 即切应力仅为 τ_{max} 的一半多。根据剪切应力互等原理,

即在 $y = 0$ 的纵截面(中性平面)上 $\tau = \tau_{max}$; 在 $y = \frac{1}{4}h$ 的纵截面上 $\tau = \frac{3}{4}\tau_{max}$; 在 $y =$

$\frac{1}{3}h$ 的纵截面上, $\tau = \frac{5}{9}\tau_{max}$ 。

对于竹材层压胶合板, 由于其结构从单向到交错的变化对板的强度会产生明显的影响^[2], 即相邻层的接触面——界面的不平整会显著地影响界面上纵向排列的竹黄篾与横向排列的竹黄篾之间的胶合强度。因此, 竹材层压胶合板在作静曲破坏试验时, 往往在界面上产生因胶合强度不足而导致的剪切破坏。如果在生产中利用矩形截面梁在承受纯弯曲时的切应力分布特点, 使界面尽可能远离中性平面, 即增大 y 值, 就有可能减少界面剪切破坏的机会, 使材料的承载能力得以充分发挥。与此同时, 由于界面远离中性平面, 即意味着芯层增厚, 使横纹承载能力得到提高。

2 材料和方法

2.1 试验材料

毛竹黄篾片: 系人工劈制, 厚度 $1.0 \sim 1.4$ mm (平均 1.2 mm), 宽度 $9.0 \sim 17.0$ mm (平均 13.0 mm)。自然干燥至含水率 15% 以下, 允许有部分局部霉变。

胶粘剂: 购自工厂的水溶性酚醛树脂胶(PF), pH 值 $10 \sim 12$, 固含量 45% 。

2.2 试验方法

2.2.1 试验方案 根据上述结构优化理论分析, 将 3 层结构的竹材层压胶合板的表层与芯层的厚度比从各层等厚开始, 即表芯比 $2:1$ 开始, 按等间距原则取定 6 个表芯比值, 分别为 $2.0:1.0$ 、 $1.8:1.0$ 、 $1.6:1.0$ 、 $1.4:1.0$ 、 $1.2:1.0$ 和 $1.0:1.0$ 。然后按此 6 种比值, 对每一表芯比值做两次重复制板试验, 并检测其主要物理力学性能。根据检测结果, 按实验异常数据的剔除准则^[4], 剔除异常数据后予以整理, 列出与表芯比值相对应的各种竹材层压板的主要物理力学性能和 MOR_I/MOR_{II} 值, 以资比较。

2.2.2 制板工艺 竹黄篾浸胶: 在自制的简易浸渍槽内浸渍水溶性 PF 树脂胶。浸胶量 $8\% \sim 10\%$ 。浸胶黄篾干燥: 浸胶黄篾滴去多余胶液后在电热鼓风恒温烘箱内烘干。烘干温度小于等于 $90^\circ C$ 。烘干后含水率小于等于 10% 。组坯热压: 干燥后的浸胶黄篾用人工组坯后送入 QD-100 型电热试验压机热压。采用冷—热—冷工艺。压力: $3.43 \sim 3.92$ MPa, 温度 $140 \sim 150^\circ C$, 时间(升温到预定值后的保温时间) 1 min/mm。

2.2.3 试件取样和性能检测 热压成型的竹材层压胶合板经自然调温调湿后按取样要求裁边, 然后按图 2 取样, 并测试①试件 0 的常态横向静曲强度 MOR_{II} 和弹性模量 MOE_I ; ② 1

~3号试件的常态纵向静曲强度 MOR_{\perp} 和弹性模量 MOE_{\perp} ; ③在0~3号试件破坏后的正常部位锯取 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的容重、含水率试件各3块。计算 MOR_{\perp} 和 MOR_{\parallel} 的比值。 MOR 值和 MOE 值的测试参照GB 4903-85。

3 结果和分析

3.1 试验结果

按上述6种表芯比制得的竹材层压胶合板, 测试其主要物理力学性能的结果见附表。

3.2 结果分析

由附表可见, ①在研究的表芯比范围内, MOR_{\perp} 均大于 $1.0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, MOE_{\perp} 均大于 $1.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ 。若将表芯比进一步减小, 仍有可能使层压胶合板的 MOR_{\perp} 和 MOE_{\perp} 值满足使用要求。②在排除其他因素, 如容重等的影响后, 随表芯比的增大, MOR_{\perp} 值呈增大趋势, 而 MOR_{\parallel} 则呈减小趋势。③随着表芯比的增大, $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ 也随之增大。④在一定的表芯比下, MOR_{\parallel} 的大小与 MOR_{\perp} 的大小有关, 即 MOR_{\perp} 的值大, MOR_{\parallel} 的值也大。因此可利用表芯比值来调整 $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ 之值, 以便在保证 $MOR_{\perp} > 1.0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ 和 $MOF_{\perp} > 1.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ 的条件下, 使 $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ 值从单向结构的 $11.0 \sim 16.0:1.0$ ^[2]减小到 $1.7 \sim 4.0:1.0$, 甚至更小, 从而提高 MOR_{\parallel} 值, 适应产品宽幅面使用的需要。

为进一步分析表芯比值与 $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ 之间的关系, 以表芯比值为自变量, $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ 值为因变量作散点图(图3, $y = -0.32525 + 2.0757x$, $r = 0.967$)。由散点图可见表芯比值与因变量 $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ 值呈线性关系。作一元线性回归分析, 得回归方程 $y = -0.32525 + 2.07570x$ 。相关系数为 $r = 0.967 > 0.917$, $F = 58.79 > 21.20$, 可见线性相关极为显著。

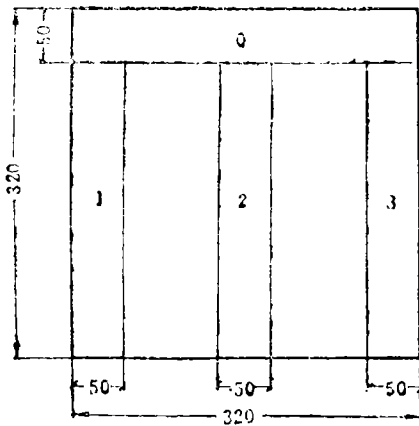


图2 试件取样图

Fig. 2 Sampling of test piece

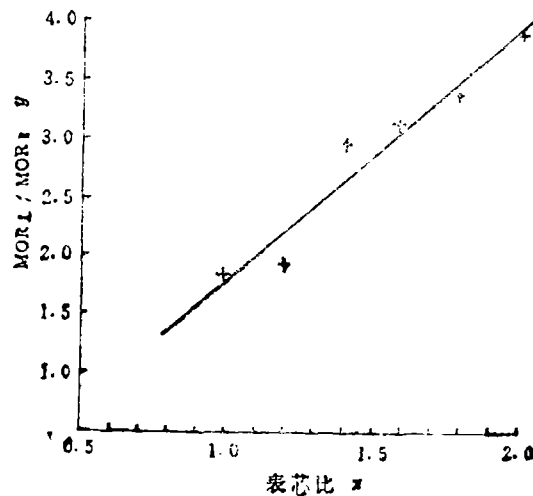


图3 表芯比和 $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ 的关系

Fig. 3 Relationship between the ratio of face layer to core layer and $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$

由回归方程 $y = -0.32525 + 2.07570x$ 可知在全部可能出现的 y ($MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$)值中, 大约有95.4%的点落在 $y_1 = -0.77865 + 2.07570x$ 、 $y_2 = 0.12815 + 2.07570x$ 两直线所夹

附表 不同表芯比的竹材层压胶合板的主要物理力学性能

Table Main physical-mechanical properties of bamboo laminated board with different ratio of face layer to core layer

序号	表芯比	容重 /g·cm ⁻³	含水率 /%	MOR _⊥ /×10 ⁶ N·m ⁻²	MOR _∥ /×10 ⁶ N·m ⁻²	MOR _⊥ / MOR _∥	MOE _⊥ /×10 ¹⁰ N·m ⁻²	MOE _∥ /×10 ¹⁰ N·m ⁻²
1	2.0:1	0.95	7.8	141.0	36.87	3.82	1.16	0.30
2	1.8:1	1.05	8.1	191.9	57.90	3.31	1.51	0.32
3	1.6:1	1.05	9.2	203.7	66.90	3.04	1.55	0.34
4	1.4:1	1.04	9.2	163.7	56.70	2.89	1.34	0.30
5	1.2:1	1.02	9.0	136.0	72.70	1.88	1.25	0.41
6	1.0:1	1.00	9.3	113.1	63.20	1.79	1.34	0.34

注: 序号1的性能数据为工厂实测值与实验值的平均值

的范围内。若要使 $MOR_{\perp} = MOR_{\parallel}$, 则须使 x (表芯比) 为 0.64。据此, 即可在生产中对 $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ 值进行预测和调控, 使竹材层压胶合板的 MOR_{\parallel} 值能满足不同的使用要求。

4 结论

4.1 竹材层压胶合板的 $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ 和表芯比有极显著的线性相关关系, 故可藉改变表芯比的方法调控 $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ 值。

4.2 减小表芯比可减小 $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$, 提高 MOR_{\parallel} , 从而保证竹材层压胶合板宽幅面使用的要求。当表芯比减少至大约 0.60, 则可使 MOR_{\parallel} 和 MOR_{\perp} 大体上等值。

竹材层压胶合板系本文作者申请, 国家专利局授权的实用新型专利。此专利授权号为 CN91202826.2

参 考 文 献

- 1 叶良明, 姜志宏, 叶建华. 竹材层压板工艺参数研究——热压三要素对板的性能的影响. 林产工业, 1991(2), 1~4
- 2 叶良明, 姜志宏, 叶建华. 竹材层压板工艺参数研究——浸胶量及其影响. 林产工业, 1992(4): 6~9
- 3 叶良明, 姜志宏, 叶建华. 论竹材层压板的生产技术与发展对策. 浙江林学院学报, 1992, 9(1), 85~91
- 4 白新桂. 数据分析与试验优化设计. 北京: 清华大学出版社, 1986. 24~46, 59~72
- 5 机械工程师手册编委会. 机械工程师手册(上). 北京: 机械工业出版社, 1989. 4~101

Ye Liangming (Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Jiang Zhihong, and Ye Jianhua. Optimizing Structure of Bamboo Laminated Boards. *J Zhejiang For Coll*, 1994, 11(2): 129~132

Abstract: Examining the ratio of face layer of bamboo laminated boards to core layer how to affect $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ and other properties, the authors found that there was a notable linear relationship between $MOR_{\perp}/MOR_{\parallel}$ and the ratio of face layer to core layer. To decrease the latter could increase MOR_{\parallel} ; so to decrease the ratio was necessary for using bamboo laminated boards with large width.

Key words: bamboo wood; laminated boards; ratio of face layer to core layer; structural optimization