

单板层积材顺纹抗拉与抗压强度的尺寸效应分析

赵荣军¹, 王丽¹, 张俊珍¹, 钟永¹, 林利民², 任海青¹

(1. 中国林科院木材工业研究所; 中国林科院林业新技术研究所, 北京 100091;

2. 黑龙江省木材科学研究所, 黑龙江哈尔滨 150081)

摘要: 为探究足尺单板层积材(LVL)在木结构建筑中的强度, 测试3种尺寸试样的抗压强度和2种尺寸试样的抗拉强度。结果表明: 试件长度对其顺纹抗拉强度有显著尺寸效应, 随着试样长度的增加, LVL的抗拉强度减小; 试样长度和截面尺寸对其顺纹抗压强度亦有显著尺寸效应, 随着长度及截面尺寸增加, 抗压强度减小。

关键词: 单板层积材; 尺寸效应; 抗拉强度; 抗压强度

中图分类号: S781.2; TS67; TU531.2

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654 (2016) 03-0038-03

Dimension Effect on Tension and Compression Strength of Laminated Veneer Lumber

ZHAO Rong-jun¹, WANG Li¹, ZHANG Jun-zhen¹, ZHONG Yong¹, LIN Li-min², REN Hai-qing¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry (CAF); Research Institute of Forestry New Technology, CAF, Beijing 100091, China; 2. Wood Science Research Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150081, Heilongjiang, China)

Abstract: In order to analyze the mechanical properties of laminated veneer lumber (LVL) used in wood construction, the authors selected LVL specimens with different dimensions to test tension strength and compression strength parallel to grain. The results showed that the tension strength of the samples was influenced by the length, and the tension strength decreased as length increased. Moreover, the compression strength of the samples was also significantly affected by the length and the transverse dimensions, which decreased as the length and the transverse dimensions increased.

Key words: LVL; dimension effect; tension strength; compression strength

单板层积材(Laminated veneer lumber, LVL)是由旋切厚单板, 经施胶、顺纹组坯、施压胶合而得到的一种结构材料, 通常用于木结构建筑中工字梁与木搁栅、家具和室外装饰材料中^[1]。研究发现, LVL的抗弯强度、抗拉强度及抗压强度, 均会因尺寸变化而改变^[2], 如增加宽度或长度, 会引起其平均抗

拉强度降低^[3]。尺寸效应是准脆性材料的固有特性。依据脆性断裂理论, 当材料的长宽/宽度两种尺寸及加载条件确定时, 其强度的对数与尺寸的对数呈线性相关^[4-5], 据此相关性, 可以确定材料长度、宽度及厚度的尺寸效应。

近年来, 国内对LVL的工艺及应用研究增多, 而关于其尺寸效应的研究鲜见。目前, 国内现行单板层积材标准中, 缺少对其顺纹抗拉强度和顺纹抗压强度两项力学性能指标的规范; 国外对LVL足尺试样的长度与横截面尺寸有一定比例范围的要求, 最终依据夹具与实际应用而确定。因此, 笔者对不同

收稿日期: 2015-07-24; 修改日期: 2016-04-12

基金项目: “十二五”国家支撑计划课题“结构用木质复合材料构件制造技术研究”(2015BAD14B0502); 国家林业局林业科技成果推广项目“新型国产材木结构墙体与桁架连接技术应用与示范”(201409)。

作者简介: 赵荣军(1966—), 女, 中国林科院木材工业研究所/林业新技术研究所研究员。

规格 LVL 试样的抗拉、抗压强度进行测试及尺寸效应分析,为结构用 LVL 标准的完善及其在木结构建筑中的安全应用提供科学依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

杨木 (*Poplar spp.*) LVL, 山东某公司生产。单板厚度 2 mm, 23 层; 密度 0.61 g/cm^3 , 规格 $3\,500\text{ mm}\times1\,220\text{ mm}\times40\text{ mm}$; 采用酚醛树脂胶合, 涂胶量 $260\sim320\text{ g/m}^2$ 。

1.2 试验方法

选取顺纹抗拉和抗压强度两项指标, 进行足尺试样及小尺寸试样的力学性能评价。试样信息列于表 1。

表 1 顺纹抗拉和抗压强度试样信息

Tab.1 Sample dimensions for testing tensile strength and compression strength

类别	编号	参照标准	尺寸/mm	数量
抗拉 试样	T1	ASTM D4761-05	2 350×50×40	54
	T2	GB/T 1938-2009	370×20×15	54
抗压 试样	C1	ASTM D4761-05	185×50×40	54
	C2	ASTM D4761-05	125×50×40	54
	C3	GB/T 1935-2009	30×20×20	324

表 1 中, T1、C1 和 C2 为足尺试样, 依据 ASTM D4761-05 “Standard Test Methods for Mechanical Properties of Lumber and Wood-Base Structural Material” 制取; T2 和 C3 为抗拉和抗压小尺寸试样, 分别依据 GB/T 1938-2009 《木材顺纹抗拉强度试验方法》、GB/T 1935-2009 《木材顺纹抗压强度试验方法》制取。

按相关标准要求, T1 试样抗拉强度在 Metriguard Model 401 足尺抗拉试验机上进行测试, 跨距为 1 100 mm, 在 1 min 左右完成测试; C1 和 C2 试样抗压强度测试时, 在 1 min 左右完成测试; T2 和 C3 试样抗拉和抗压强度, 在 Instron 5582 电子万能力学试验机上测试, 在 1.5~2 min 完成。

2 试验结果与分析

2.1 试样尺寸对顺纹抗拉强度的影响

试样主要破坏裂纹通常从单板叠加处开始, 破坏区域在夹具中间部分, 均为正常破坏。

为分析试样尺寸对 LVL 抗拉强度的影响, 不同尺寸试样顺纹抗拉强度的频率分布, 如图 1 所示。

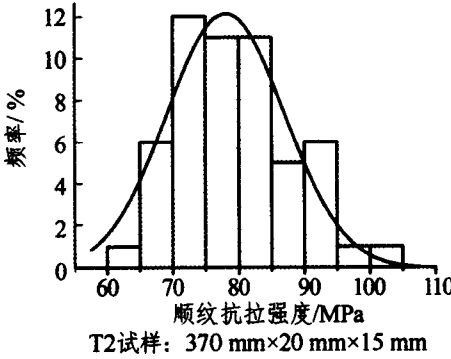
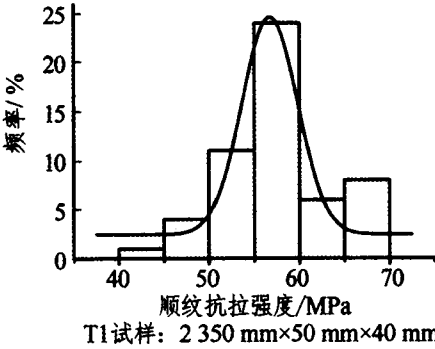


图 1 两种尺寸 LVL 试样顺纹抗拉强度频率分布

Fig.1 Frequency distribution histogram of tensile strength parallel to grain of different size LVL specimens

从图 1 可知, T1 试样的顺纹抗拉强度值主要集中在 50~70 MPa, 两端的累积量较小; 而 T2 试样的顺纹抗拉强度值主要集中在 65~95 MPa, 且分布均匀, 在两端的累积量很小。

两种尺寸规格试样的拉伸强度值进行统计分析, 结果分别列于表 2、3。

表 2 两种尺寸 LVL 试样的顺纹抗拉强度统计值

Tab.2 Statistics of tension strength parallel to grain with different LVL specimen sizes

试样类别	平均值/MPa	标准差/MPa	变异系数/%
T1	57.643	5.829	0.101
T2	79.372	8.630	0.109

表 3 两种尺寸 LVL 试样的顺纹抗拉强度方差分析

Tab.3 Variance of analysis of tension strength parallel to grain with different LVL specimen sizes

差异源	平方和	自由度	均方	F	显著性
组间	12726.326	1	12726.326	235.654	1.067×10^{-28}
组内	5724.450	106	54.004		
总数	18450.776	107			

从表2结果可知, T1足尺试样的顺纹抗拉强度明显小于T2小尺寸试样, 变异系数均在15%以内, 表明顺纹方向拉伸强度稳定性较好。

由表3单因素方差分析结果显示, 在0.05显著性水平下, 当改变试样尺寸时, 其对应的顺纹抗拉强度存在显著差异。表明尺寸效应对其顺纹抗拉强度影响显著, 且随着试样长度或横截面尺寸(宽度与厚度)增大, 其顺纹抗拉强度降低。

已有研究表明^[6], 当LVL试样的长度和厚度相同时, 其宽度(60~100 mm)变化对顺纹抗拉强度无影响。据此研究结果分析认为, LVL的顺纹抗拉强度主要受其长度影响, 即随着LVL长度增加, 其顺纹抗拉强度减小。

2.2 试样尺寸对顺纹抗压强度的影响

三种尺寸LVL试样的抗压强度频率分布, 如图2所示。

图2结果显示, C1、C2、C3试样的顺纹抗压强度分别分布在30~42、38~46、42~52 MPa范围内。表明随着试样长度的减小, LVL顺纹抗压强度逐渐增加, 而且分布的频率提高。

在横截面尺寸相同时, 随着LVL试样长度减小, 其顺纹抗压强度趋于集中分布, 正态分布曲线变瘦变高; 当试样长度及截面尺寸不同时, C3试样比C1、C2试样的顺纹抗压强度趋于集中分布。

三种不同尺寸试样的顺纹抗压强度统计分析及方差分析结果, 分别列于表4、表5。

表4结果显示, LVL试样尺寸减小, 顺纹抗压强度增加。多重比较结果表明, 三种尺寸试样的顺纹抗压强度在 $P=0.05$ 水平有显著差异, 即试样长度和横截面尺寸对其顺纹抗压强度影响显著。三种尺寸的顺纹抗压强度的变异系数都在9%以内, 说明LVL试样在顺纹方向抗压强度稳定性较高。

表5单因素方差分析结果表明, 在0.05显著性水平下, 当LVL试样尺寸改变时, 其对应的顺纹抗压强度存在显著差异, 表明尺寸效应对LVL顺纹抗压强度的影响显著, 且随着试样尺寸增大, 其顺纹抗压强度降低。

分析原因可能是木材体积增大, 致使其中薄弱环节(缺陷), 如节子、裂纹、斜纹理等增多, 从而导致其强度降低。

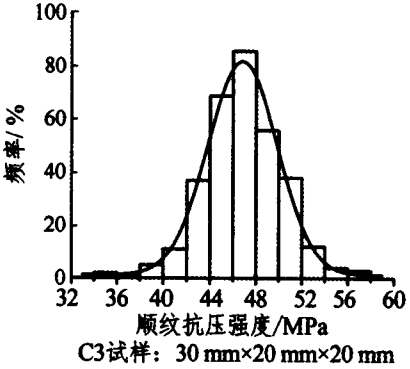
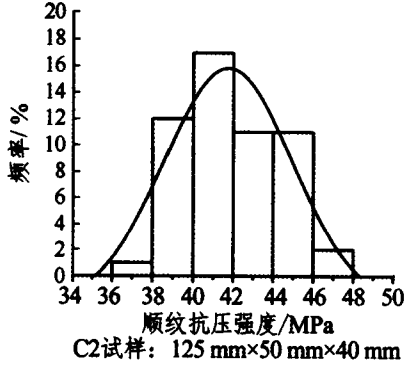
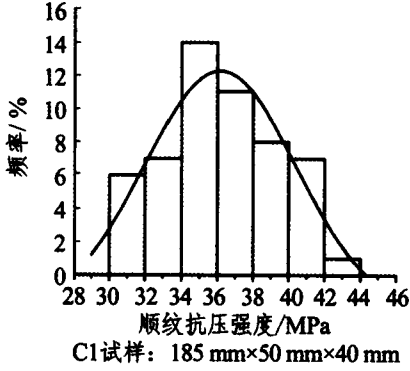


图2 三种尺寸LVL试样顺纹抗压强度频率分布
Fig.2 Frequency distribution histogram of compression strength parallel to grain with different LVL specimens sizes

表4 三种尺寸LVL试样的顺纹抗压强度统计值
Tab.4 Compression strength parallel to grain statistic with different LVL specimens sizes

试样类别	平均值/MPa	标准差/MPa	变异系数/%	多重分析
C1	36.214	3.137	0.087	A
C2	41.882	2.375	0.057	B
C3	46.902	2.814	0.060	C

表5 三种尺寸LVL试样顺纹抗压强度方差分析
Tab.5 Variance of analysis of compression strength parallel to grain with different LVL specimen sizes

差异源	平方和	自由度	均方和	F	显著性
组间	5 863.937	2	2931.968	283.248	3.82×10^{-79}
组内	4 440.680	429	10.351		
总和	10 304.617	431			

(下转第48页)

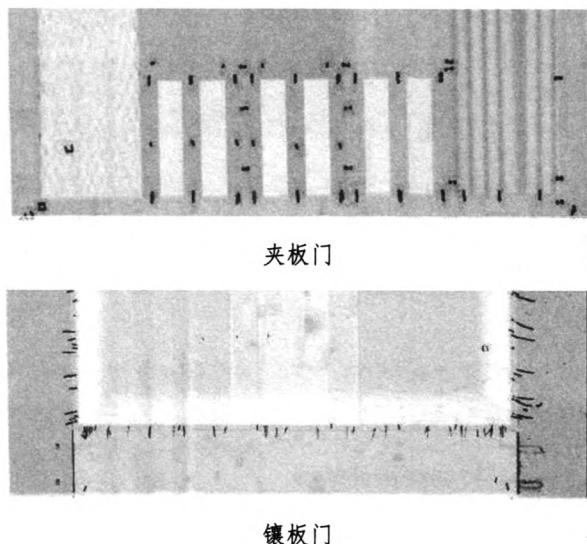


图6 形态学处理

Fig.6 Result of morphological processing

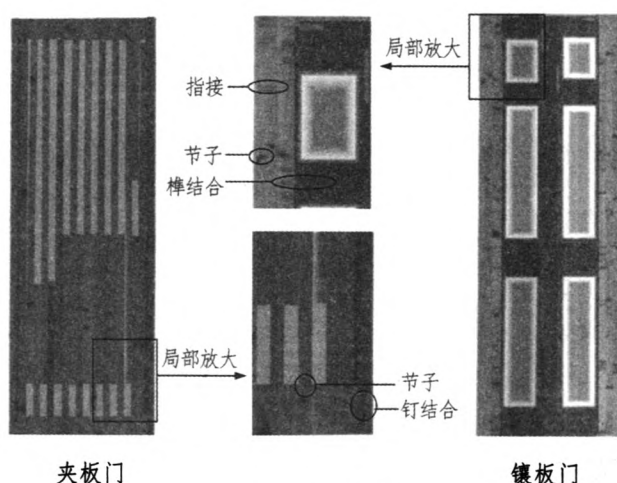


图7 实例检测

Fig.7 Dection of wooden doors

由图7可见,木门整体结构清晰,夹板门内部为纵向排列的条状结构,根据其中有不规则形状的

(上接第40页)

3 结论

1) 本试验范围内,随着试件长度增加,其顺纹抗拉强度和顺纹抗压强度值均降低,分布趋于分散。

2) 今后有待在多尺度范围进行研究,全面分析单板层积材在工程构件应用时的尺寸效应,为实际生产及应用提供可靠依据。

参考文献:

[1] GB/T 17657-1999, 人造板及饰面人造板理化性能试验方法[S].

节子,可判断出其为实木栅条,栅条间通过钉子连接。通过其局部放大图,可确定钉子的数量、排列方式以及节子的位置。

镶板门由六块矩形门芯板和纵、横门挺构成。通过其局部放大图,与镶板门标准样块中的特征进行比对判断,可看出门扇左、右边挺与上、中、下挺的材料不同,边挺的木材纹理、节子以及指接等特征清晰可见,由此可判断其为指接材,而上、下、中挺以及门芯板的材质较均匀,图像细腻,由此判断其为中密度纤维板。门芯板的厚度较门挺小,特别是边缘部位,所以其灰度值较小。此外,还可看出边挺与上挺、中挺间为榫连接。

3 结论

1) 采用X射线对木门门扇进行线阵扫描,经数字图像处理技术处理后的图像,门扇内部材料、连接方式及结构等清晰可见,说明应用X射线成像技术检测木门门扇材料和结构特征方法可行。

2) 木门是由木材或其他木质材料制成,且厚度较薄,对X射线强度要求低,防护容易,且操作简便,效果明显,可在木门生产加工领域推广应用,实现在线监测和产品质量评价。

参考文献:

- [1] 朱一军,付跃进,王彩霞.我国木质门行业现状与主要发展制约因素[J].木材工业,2013,27(1):39-42.
- [2] 刘泽飞.百万精装修房贷不对板 高档木门变“纸板门”[N].海南特区报,2014-03-13.
- [3] 李喜孟.无损检测[M].北京:机械工业出版社,2001.
- [4] 郑世才.射线检测[M].北京:机械工业出版社,2004.

(责任编辑 向琴、劳万里)

- [2] Bbrrett J D, Lau W. Canadian lumber properties[M]. Canadian Wood Council, 1994: 129.
- [3] Madsen B, Buchanan A H. Size effect on timber explained by a modified weakest link theory[J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 1986, 13 (2): 218-232.
- [4] Bohannan B. Effect of size on bending strength of wood members[R]. Madison: USDA Forest Service, 1966.
- [5] Hayashi T, Miyatake A, Miyahara H. Size effect on tensile strength of sugilaminiae[J]. Mokuzai Kogyo, 1997, 52 (1): 15-19.
- [6] 林利民,孙玉慧,刘巍岩,等.结构单板层积材标准对比及测试评估方法探讨[J].林业科技,2014,39 (4): 38-40.

(责任编辑 向琴)