

研究与分析

木材顺纹抗剪强度测试方法的改进

覃道春,傅峰,江泽慧

(中国林业科学研究院,北京100091)

摘要: 在测量小径材或薄板抗剪强度时,常由于材料尺寸过小,无法按国标规定制作试样。本文提出了一个木材顺纹抗剪强度测试方法的改进方案,即在基本保持试样原有力学性状不变的前提下,将剪切试样的宽度缩小为国家标准试样的一半,并通过杉木和I-214杨的标准试样和改进试样的对比试验,论证了改进方案的可行性。对比试验表明:改进试样和标准试样的抗剪强度差异不显著(0.05水平),二者强度平均值相对差异的绝对值低于3%。

关键词: 木材; 抗剪强度; 试验方法; 标准试样; 改进试样

中图分类号:S781,TB301 文献标识码:A 文章编号:1001-8654(2004)03-0010-04

A New Test Method for Shear Strength Parallel to Wood Grain

QIN Dao-chun, FU Feng, JIANG Ze-hui

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: In order to determine the shear strength parallel to grain for small-diameter logs or thin lumber, this paper describes a new test method in which the width of the specimen was cut to half its standard size. The feasibility of using the modified shear specimen, as a substitute for a standard specimen, was determined by comparing the shear strength between modified and standard specimens from both Chinese Fir (*Cunninghamia lanceolata*) and Poplar I-214 [*Populus × euramericana* (Dode) Guineir cv. 'I-214'] lumber. Results showed that the absolute values of the relative differences of the shear strength between the standard and modified specimens for matched condition were under 3%, and there was no significant difference at the 0.05 probability level. This provided a useful method for measuring the shear strength parallel to the wood grain for small or undersize timber.

Key words: Wood; Shear strength; Test method; Normal (or Standard) shear specimen; Modified shear specimen

木材的抗剪强度是木材抵抗剪切应力的能力。由于木材具有各向异性,如何准确地测出木材抗剪强度一直是有争议的问题。争论的焦点是如何确保木材试样发生纯剪切破坏^[1~3]。四川省建筑科学研究所基于木材剪切破坏的受力特性,认为要清除试样剪切破坏面上的正应力而获得试样的纯剪切受力形式是很困难的^[1]。因此,只要测定木材顺纹抗剪性能的试验方法能达到正应力对剪切破坏的影响比较小,宏观上能

反映木材的剪切强度性能即可。比较合理的顺纹剪切试验方法应该使试样剪切面上剪应力分布比较均匀。据此,他们提出一个剪切试验方法,即目前GB 1937-91所采用的方法,试样尺寸如图1A所示。该方法的优点:(1)抗剪强度不存在摩擦损失的影响;(2)荷载在剪切面上的垂直分力(压力)可抵消剪切面上的撕拉正应力,从而减少剪切面上正应力对强度的影响。

当测量某些小径级试材或薄板材的抗剪强度时,特别是对树木同一高度上的多个区域作剪切性质比较时,由于材料尺寸过小,取样尤为困难,无法制作出符合国标规定的剪切试样(简称标准试样)。为了解决

收稿时间:2003-11-21

基金项目:国家“九五”攀登计划专项项目(95-专-07)。

作者简介:覃道春(1971—),男,中国林科院木材工业研究所助理研究员,博士研究生。

这个问题, Bendtsen^[4]等人采用横截面为2英寸×1.5英寸(宽×厚)的剪切试样代替 ASTM D-143 规定的2英寸×2英寸的试样, 对比试验证实, 两种试样的抗剪强度差异不显著。1991年, Kretschmann^[5]为了测量风筒叶片材料(7/8英寸厚, 西加云杉 *Picea sitchensis*) 的抗剪强度, 先将多块薄板胶合成木方, 加工试样时将受剪面设置在需测试的区域内, 结果发现这种试样与 ASTM D-143 试样的抗剪强度差异不显著。本文提出了另一种方案, 在保持试样原有的力学性状不变的前提下, 将顺纹剪切试样的宽度缩小为标准试样的一半(简称为改进试样, 见图1B), 并通过两种试样测试结果的比较, 论证改进方案的可行性。

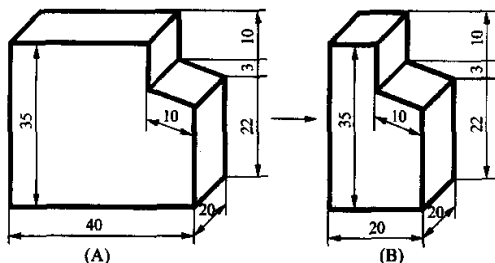


图1 国家标准剪切试样(A)及改进试样(B)示意图

Fig. 1 Illustration of National Standard shear specimen (A) and modified shear specimen (B)

1 材料与方法

1.1 试材

采用杉木(*Cunninghamia lanceolata*)和I-214 杨木[*Populus × euramericana* (Dode) Guineir cv. 'I-214'] , 分别代表针、阔叶人工林树种。各取2段同产地、不同株的树段, 其中杉木采自江西分宜县亚林中心, 23 a 生; I-214 杨采自北京顺义, 13 a 生。

1.2 制样

鉴于木材力学性质的各向异性, 将木材的横截面分6个部位取样(3个年轮范围×2个剪切面)。如图2所示, 3个年轮区域从内向外分别简称J区、G区和M区, 将断面分为基本等宽的3部分, 2个剪切面是径面剪切(以下简称R面)和弦面剪切(以下简称T面)。本研究以剪切面法线与木材径向(沿髓心到剪切面中心连线方向)的夹角(锐角或直角, 下同)来定义剪切面, 径面剪切试样的剪切面法线与木材径向夹角为60°~90°, 弦面剪切试样的剪切面法线与木材径向夹角为0°~30°。共获得6组试样, 分别用J-R, J-T, M-R, M-T, G-R, G-T表示(见图2)。

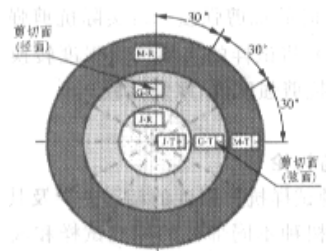


图2 试样在木材横截面上的分布示意图

Fig. 2 Illustration of sampling from log

按照上述方法画线并锯制成横截面为40 mm×20 mm 的净料条, 然后从同一根净料条上相间地截取标准试样和改进试样的毛坯(见图3), 最后加工出供测试的成对试样。在同一根净料条上, 每块试样的受剪面都取在木材同一个纵面上。

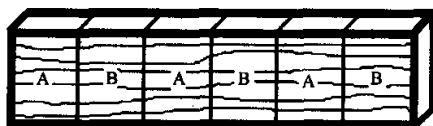


图3 试样毛坯截取示意图

(A, B 分别为标准试样与改进试样的位置)

Fig. 3 Illustration of sampling section layout within board

1.3 测试

抗剪强度测试参照 GB 1937-91《木材顺纹抗剪强度试验方法》, 使用岛津万能力学试验机, 以0.4~1 mm/min 的速度(保证试样在1.5~2 min 之间破坏)加载到试样破坏。对于改进试样, 为了使用标准夹具, 将20 mm×20 mm×35 mm 的钢块置于夹具中固定试样, 如图4所示, 箭头所指位置为钢块。

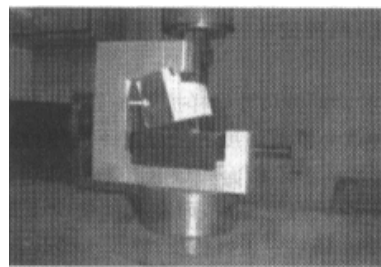


图4 改进试样及其试验装置

Fig. 4 The equipment for normal and modified wood shear strength test

气干密度测试方法依照国家标准 GB 1933-91《木材密度测定方法》进行。试验结束后依照 GB 1931-91《木材含水率测定方法》测出试验时试样的含水率, 再根据公式 $\tau_{12} = \tau_w [1 + 0.03(W-12)]$ (τ_{12} : 含水

率为 12% 时的抗剪强度, τ_w : 实际抗剪强度, W : 试样的含水率), 将试样的实测抗剪强度转换成含水率为 12% 时的抗剪强度值, 以便比较。

2 结果与讨论

2.1 两种试样抗剪强度的相对差异及其显著性

两个树种不同部位的标准试样和改进试样的含

水率、密度以及抗剪强度的平均值和相对差异测定结果列于表 1。从表 1 中可见, 两种试样抗剪强度平均值的相对差异很小, 杉木的介于 $-1.25\% \sim +1.84\%$ 之间, I-214 杨木则介于 $-1.0\% \sim +2.11\%$ 之间; 相对差异最大为 2.11%, 出现在 I-214 杨木的 G 区 R 面; 抗剪强度平均值最大相差 0.13 MPa, 出现在杉木 G 区 T 面和 I-214 杨木 G 区 R 面。

表 1 杉木、I-214 杨木的标准试样与改进试样的强度测定结果性质差异

Tab. 1 Property differences between standard size and modified size samples tested from two species

树种	剪切方向	年轮范围/区	标准试样			改进试样			强度平均值之差/MPa	相对差异/%
			含水率/%	气干密度/(g·cm ⁻³)	抗剪强度/MPa	含水率/%	气干密度/(g·cm ⁻³)	抗剪强度/MPa		
杉木	R 面	J	8.2	0.359	7.71	8.1	0.391	7.74	0.03	0.39
		G	9.5	0.379	6.80	9.4	0.393	6.78	-0.02	-0.29
		M	8.7	0.392	7.65	8.7	0.395	7.63	-0.02	-0.26
		平均	8.8	0.377	7.39	8.7	0.393	7.38	0.00	-0.05
	T 面	J	8.3	0.356	8.03	8.2	0.378	7.93	-0.10	-1.25
		G	9.1	0.400	7.05	9.4	0.406	7.18	0.13	1.84
		M	14.9	0.397	6.35	14.4	0.403	6.28	-0.07	-1.10
		平均	10.8	0.384	7.141	10.7	0.396	7.13	-0.01	-0.19
I-214 杨	R 面	J	8.4	0.340	5.84	8.4	0.348	5.78	-0.06	-1.03
		G	14.0	0.380	6.16	13.9	0.377	6.29	0.13	2.11
		M	13.2	0.366	5.89	13.2	0.371	5.90	0.01	0.17
		平均	11.9	0.362	5.96	11.8	0.365	5.99	0.03	0.45
	T 面	J	7.8	0.326	6.58	7.8	0.339	6.58	0.00	0.00
		G	8.1	0.350	6.31	8.0	0.373	6.29	-0.02	-0.32
		M	13.4	0.394	7.29	13.4	0.388	7.37	0.08	1.10
		平均	9.8	0.357	6.73	9.7	0.367	6.75	0.02	0.30

注: ①表中含水率为试样实测含水率; 抗剪强度为已换算成含水率为 12% 时的抗剪强度;

②强度平均值之差为改进试样抗剪强度与标准试样抗剪强度之差;

③相对差异为强度平均值之差/标准试样抗剪强度。

利用 SAS 软件对各种条件下两种试样的测量数据进行了土其氏多重比较检定 (Tukey's test), 分析结果列于表 2。方差分析表明, 在杉木和 I-214 杨木的各部位上, 两种试样的抗剪强度差异在 0.05 水平都不显著。

2.2 树种对两种尺寸试样抗剪强度差异的影响

两种试样抗剪强度的差异在不同树种间也有差异。在杉木的 J 区 R 面和 G 区 T 面的改进试样的抗剪强度平均值略为偏高, 而在其他情况下都略为偏低; 在 I-214 杨木中正好相反, 除了 J 区 R 面和 G 区 T 面的改进试样的抗剪强度平均值略为偏低外, 其他情况下都略为偏高或持平。从 R 面和 T 面上看, 杉木改进试样抗剪强度的平均值均略小于标准试样, 而 I-214 杨木的情况则正好相反; 并且 I-214 杨木中, 两种试样抗剪强度差异的绝对值较杉木略大。说明树种对两种试样抗剪强度差异有所影响, 其原因在于阔叶树材与针叶树材结构上的差异。I-214 杨木的结构比

杉木复杂, 其通直性也不如杉木, 因此同一净料条上的试样其剪切面有可能位于不同的年轮上, 但这种差异尚未达到统计上的显著性。

2.3 与以往的研究结果和其他改进方法的比较

与以往的研究结果^[6]相比, 本研究的杉木的标准试样和改进试样的抗剪强度测定值均偏高, 这与树木立地条件和生长状况的差异有关。

与前文提到的改进方法^[4,5]相比, 本研究提出的改进试样的缩小部分不在剪切面或受载部分上, 也不涉及胶合, 因此与标准试样的剪切性质差异较小, 试样加工更为容易, 而且节约原料, 为深入研究小径级木材或小尺寸木材的剪切性质提供了一个简便可行的方法。

3 结论

改进试样与标准试样的对比试验证明: 两种试样的剪切强度差异不显著 (0.05 水平), 二者的平均剪

切强度相差甚小(绝对值低于 3%)。因此,在试材尺寸不足以制作成标准试样测定木材的顺纹剪切性质时,可以考虑采用改进试样替代标准试样。

表 2 标准试样与改进试样抗剪强度差异的方差分析

Tab. 2 Variation analysis of shear strength in both size samples from two kinds

树种	取样部位	离差来源	自由度	离差平方和	均方	F 值	P*
杉木	J-R	组间	1	0.0416	0.0416	0.02	0.9024
		组内	38	103.6648	2.7280		
		总计	39	103.7064			
	J-T	组间	1	0.0062	0.0062	0.00	0.9579
		组内	50	110.7625	2.2152		
		总计	51	110.7687			
	G-R	组间	1	0.4408	0.4408	0.31	0.5798
		组内	46	65.2004	1.4174		
		总计	47	65.6412			
	G-T	组间	1	0.1442	0.1442	0.11	0.7406
		组内	74	96.6157	1.3056		
		总计	75	96.7598			
杨	M-R	组间	1	0.0856	0.0856	0.05	0.8262
		组内	74	130.4004	1.7622		
		总计	75	130.4859			
	M-T	组间	1	0.0054	0.0054	0.03	0.8560
		组内	34	5.4695	0.1609		
		总计	35	5.4749			
	J-R	组间	1	0.0498	0.0498	0.10	0.7515
		组内	66	32.4892	0.4923		
		总计	67	32.5389			
	J-T	组间	1	0.0003	0.0003	0.00	0.9799
		组内	60	29.5825	0.4930		
		总计	61	29.5828			
I-214	G-R	组间	1	0.3757	0.3757	1.04	0.3118
		组内	50	17.9917	0.3598		
		总计	51	18.3674			
	G-T	组间	1	0.0187	0.01867	0.05	0.8275
		组内	64	24.9668	0.3901		
		总计	65	24.9855			
	M-R	组间	1	0.0004	0.0004	0.00	0.9499
		组内	22	2.2737	0.1034		
		总计	23	2.2741			
	M-T	组间	1	0.1134	0.1134	0.12	0.7306
		组内	54	51.1220	0.9467		
		总计	55	51.2354			

*注:P 为显著性概率,当 $P < 0.05$ 时组间差异显著(0.05 水平)。

参考文献:

- [1] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社, 1985, 687-709.
- [2] Kollmann F. Technology of Wood and Wood Base Materials[M]. Berlin, Springer-Verlag, 1951, 887-909.

- [3] Logemann M, Schelling M. The Fracture Toughness of Spruce and the Main Parameters Affecting it; Investigations in Mode II [J]. Holz als Roh und Werkstoff, 1992, 50(3): 117-121.
- [4] Bendtsen B. Comparison of Results from Standard 2-inch with 1-1/2-inch Shear Block Tests[J]. Forest Products Journal, 1978, 28(7): 54-56.
- [5] Kretschmann D. Feasibility Study of a Modified ASTM D 143 Block Shear Specimen for Thin Material [J]. Forest Products Journal, 1991, 41(3): 37-39.
- [6] 葛秀琴, 管宁. 天然林和人工林杉木幼龄材与成熟材力学性质的差异[J]. 世界林业研究, 国家“八五”科技攻关专集, 1995, 8(12): 172-179.

(上接第 3 页)

高递增阶段;②卡普片向上弯曲的矢高递减阶段;③卡普片反向弯曲的矢高递增阶段。在第①阶段大致对应表层拉伸应力的递增阶段,②阶段对应表层拉伸应力的递减阶段,③阶段对应芯层拉应力的递增阶段。干燥过程的矢高变化过程可用二次方程式 $y = ax^2 + bx + c$ 表示,在矢高上升阶段, $a < 0, b > 0, c < 0$;在矢高递减及反向递增阶段, $a > 0, b < 0, c > 0$ 。

2)用卡普片-电涡流位移传感器装置连续监测卡普片的失高变化,结果表明,在失高增大、减小或反向增大的整个过程中,矢高均与干燥时间有紧密的相关性,其间的相关系数大部分达到 0.99 以上,从而实现了干燥应力的自动、连续监测,为进一步控制木材干燥速度、指导木材干燥加工、获得最佳干燥效益奠定基础。

参考文献:

- [1] McMillen J M. Drying Stress in Red Oak[J]. Forest Products Journal, 1955, 5(1): 71.
- [2] McMillen J M. Drying Stress in Red Oak; Effect of Temperature [J]. Forest Products Journal, 1955, 5(4): 230.
- [3] Chen G, Keey R B, Walker J C F. The Drying Stress and Check Development on High Temperature Kiln Seasoning of Sapwood Radial Boards [J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 1997, 55: 59-64.
- [4] 郭焰明. 南方阔叶树种干燥初期应变特点的研究[J]. 木材工业, 1995, 9(4): 6-11.
- [5] 刁习明, 何玲芝. 阔叶材干燥应力的研究-温度对干燥应力的影响[J]. 林业科技, 1994, 19(2): 37-41.
- [6] 常建民, 胡松涛. 非接触式测试木材干燥应力的方法的研究[C]. 第六届全国木材干燥学术研讨会论文, 1997.
- [7] 西尾茂. 卡普法干燥应力推定[J]. (日)木材工业, 1972, 27(12).