

研究与开发

斜接竹材的工艺与力学性能

王希俊, 申士杰, 赵书平, 靳婷婷, 邱 晨

(北京林业大学材料科学与技术学院; 木质材料科学与应用教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 斜接是高效利用竹材、并可保持接长竹材强度的一种加工方式。在理论分析竹材的最佳斜接角度的基础上, 探究竹材的斜接工艺, 并对比分析斜接竹材与指接竹材的力学性能。结果表明: 1) 采用聚氨酯胶, 在常温环境、1.2 MPa 压力下, 斜接竹材可获得最大的拉伸强度; 2) 斜接角度为 3.81° 时, 斜接竹材的拉伸强度与抗弯强度, 明显高于 5.71° 斜接竹材与指接竹材。

关键词: 竹材; 斜接; 指接; 力学性能

中图分类号: S795; TS653 文献标识码: A 文献编号: 1001-8654(2015)05-0014-03

Bamboo Scarf-Jointing Technology and Mechanical Properties of Jointed Samples

WANG Xi-jun, SHEN Shi-jie, ZHAO Shu-ping, JIN Ting-ting, QIU Chen

(College of Materials Science and Technology, Beijing Forestry University;

Key Laboratory of Wooden Material Science and Application, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on optimal scarf joint angle, the authors conducted a series of experiments to evaluate scarf joint angle and pressure on mechanical properties of jointed bamboo. Results showed that: 1) the highest tensile strength of the jointed bamboo was achieved with polyurethane adhesive under room conditions and 1.2 MPa joint pressure; 2) The tensile strength and bending strength of scarf jointed bamboo at an angle of 3.81° were higher than those at an angle of 5.71° and finger jointed bamboo.

Key words: bamboo; scarf joint; figure joint; mechanical property

竹材以其生长速度快、强度高、韧性好等优点, 在我国结构与工程材料领域被广泛应用。为了实现竹材的高效利用, 并满足工业化应用的要求, 常需对竹材进行接长处理。

接长方式包括指接、斜接、搭接、对接等多种^[1]。在单板类材料中, 对接、搭接应用较多, 而在结构用木材层板加工中, 多用指接。但已有研究表明, 接长木

材的指接处为最脆弱的部位^[2]。目前, 斜接的研究与应用较少, 仅有研究发现涂胶量、斜接角度对木材力学性能有明显影响^[3]; 在竹束单板层积材中, 斜接材的性能不及指接材^[1]。

鉴于目前鲜见竹材斜接的研究报道, 笔者探索了竹材的斜接工艺, 并对斜接竹材与指接竹材的力学性能进行了对比, 旨在确定斜接竹材的生产工艺, 拓展竹材的结构用途。

收稿日期: 2014-10-29; 修改日期: 2015-07-22

基金项目: 国家林业局引进国际先进林业科学技术计划(“948”计划)项目“高强度纤维增强木质复合材料制造技术引进”(2012-4-20)。

作者简介: 王希俊(1986—), 男, 北京林业大学硕士研究生。

责任作者: 申士杰, 男, 北京林业大学材料科学与技术学院教授。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

1) 毛竹(*Phyllostachys pubescens*): 采购自福建

某公司。在毛竹竹黄侧,用刀片平行纤维方向划若干短线,经水热处理后,将竹材展开,竹黄与竹青两侧进行刨平加工。展开后的竹片规格为:厚度 6.5 mm,宽度 105 mm,长度 1 050 mm,含水率 5.21%。

将展开竹片裁制成宽度 50 mm、长度 500 mm 的试件,预接长部分的端部避开竹节。

2) 聚氨酯胶:大连某公司提供,普邦 HB S309,黏度 6 500 mPa·s,固体含量 50%。

1.2 试验设备

万能力学试验机、集成材拼板机、指接机。

1.3 试验方法

1.3.1 竹材斜接

根据竹材斜接的理论分析,斜接角度 $\leq 6.26^\circ$ 时,斜接竹材的拉伸强度与原竹的顺纹拉伸强度相当^[4]。依此设定两种加工斜率: $K=1/10$ 与 $1/15$,对应的加工角度分别为 5.71° 、 3.81° 。

按竹青、竹黄面两两组坯,确保拼接后试件的竹青、竹黄面同侧(图 1)。

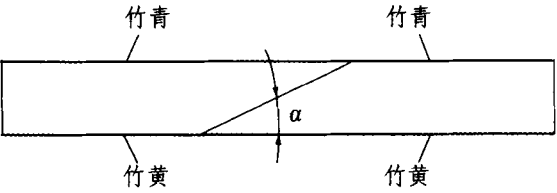


图 1 竹材斜接

Fig. 1 Schematic diagram of scarf jointed bamboo

参考胶黏剂厂家提供的工艺参数,在同一斜率下,冷压压力分别选用 1.0、1.2、1.5 MPa 共 3 个水平。其他工艺参数固定为:环境温度 23℃,相对湿度 60%,加压时间为 3 h,斜接面涂胶量 200 g/m²。每种压力条件下压制 10 个试件。

1.3.2 竹材指接

选用齿长 16 mm 的刀具,在竹材端面开垂直型(V 型)指榫,指榫处单面涂胶量与斜接试件同为 200 g/m²,制备指接接长竹材。试验用指接机液压缸直径 5 cm,加压压力 2.5 MPa。

1.4 性能检测

经 3 天养生后,根据 ASTM D 3500-90 (Reapproved 2003) Standard Test Methods for Structural Panels in Tension,测试拉伸强度。试件尺寸采用 A 型,每组测试 6 个试件;

根据 GB/T 15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》测试抗弯强度,在竹青、竹黄受拉两种条件下,各测试 4 个试件。

2 试验结果及分析

2.1 斜接工艺对竹材性能的影响

不同斜接工艺下,各试件的拉伸强度和抗弯强度检测结果,列于表 1。

表 1 不同工艺斜接竹材的力学性能

Tab. 1 Mechanical properties of scarf jointed bamboo specimens

冷压 压力	斜接 角度/ (°)	拉伸强度/ MPa		抗弯强度/MPa			
		均值	标准差	竹青侧受拉		竹黄侧受拉	
				均值	标准差	均值	标准差
1.0	5.71	68.43	20.08	103.51	5.06	106.63	11.93
	3.81	106.26	7.00	150.55	15.03	115.48	11.90
1.2	5.71	89.29	19.57	110.89	21.00	115.99	3.76
	3.81	122.85	20.56	127.96	13.68	139.81	16.17
1.5	5.71	64.67	13.56	129.09	23.06	107.71	21.46
	3.81	67.30	16.28	125.26	7.45	115.21	4.33

2.1.1 拉伸强度

从表 1 可知,在两种斜接角度下,均以 1.2 MPa 压力斜接材的拉伸强度最大;在相同压力下,斜接角度为 3.81°试件的拉伸强度较高。从试验过程分析,可能是因为斜接角度为 3.81°时,胶合面积更大。

5.71°角度斜接试件拉伸破坏时的断裂方式,如图 2 所示。由于加工精度等原因导致的胶合面缺陷,对斜接角度大(即斜接面积小)的试件影响更突出,造成实际胶合面积变小,胶合强度降低,拉伸断裂出现图 2a 的情况;而斜接角度亦存在加工误差,斜接角顶端易出现应力集中而发生断裂(图 2b)。

2.1.2 抗弯强度

当竹青为受拉侧,斜接角度为 5.71°与 3.81°时,试件的抗弯强度分别在 1.5 MPa、1.0 MPa 压力下最大。当竹黄为受拉侧时,两种角度斜接试件均在 1.2 MPa 压力时达到最大抗弯强度。其原因除了试件加工精度的影响外,可能是竹青密度大,质地致密,不利于胶黏剂的渗透,造成竹青与胶黏剂的有效界面弱于竹黄。具体原因还需进一步验证分析。

2.2 斜接材与指接材的性能对比

2.2.1 拉伸强度

两种角度斜接竹材与指接竹材、原竹的拉伸强度测试结果,列于表 2。

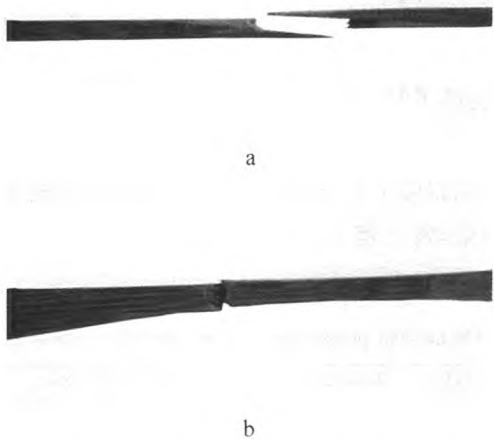


图 2 5.71° 斜接竹材的拉伸断裂方式
Fig. 2 Tensile fracture of scarf jointed specimens at 5.71° angle

表 2 斜接竹材、指接竹材与原竹的拉伸强度对比

Tab. 2 Tensile strength of scarf jointed, finger jointed and virgin bamboo /MPa

指标	原竹	指接竹材	斜接竹材	
			5.71°	3.81°
均值	140.33	60.44	89.29	122.85
标准差	21.94	9.20	19.57	20.56

注：斜接试样的冷压压力为 1.2 MPa。

表 2 结果表明，两种角度斜接竹材的拉伸强度均高于指接竹材。主要原因是斜接面的破坏主要靠拉伸时沿胶合面的剪力，面积越大，剪力越小；而指接试件指接处的胶合面积小，指接处应力集中，特别容易出现脱指接破坏(图 3)。当斜接角度为 3.81°时，斜接竹材的拉伸强度接近于原竹。



图 3 指接竹材的拉伸破坏
Fig. 3 Tensile fracture of finger jointed specimens

2.2.2 抗弯性能

两种角度斜接竹材与指接竹材、原竹的抗弯强度测试结果，列于表 3。

表 3 斜接竹材、指接竹材与原竹的抗弯性能对比

Fig. 3 Bending properties of scarf jointed, finger jointed and virgin bamboo /MPa

试验条件	性能指标	原竹	指接竹材	斜接竹材	
				5.71°	3.81°
竹青侧	抗弯 均值	165.37	117.66	129.09	150.55
	强度 标准差	18.83	12.74	23.06	15.03
	受拉 弹性 均值	5 691.58	6 149.09	7 831.61	8 332.91
	模量 标准差	501.77	650.88	1 295.74	198.16
竹黄侧	抗弯 均值	134.66	84.45	107.71	115.48
	强度 标准差	13.61	15.22	21.46	10.31
	受拉 弹性 均值	8 202.64	5 608.41	6 438.60	8 381.25
	模量 标准差	860.46	934.41	966.01	697.93

注：斜接角度为 5.71°、3.81° 试件的冷压压力分别为 1.5、1.0 MPa (力学性能最高)。

表 3 数据表明，无论以竹青或竹黄作为受拉侧时，斜接角度为 3.81°试件的抗弯强度，均大于 5.71°斜接竹材与指接竹材试件，并且接近于原竹。而指接竹材的抗弯强度只达到了原竹的约 70%(竹青侧抗拉)、62%(竹黄侧抗拉)，远低于斜接竹材。

从抗弯弹性模量分析，大体呈现出 3.81°斜接竹材>5.71°斜接竹材>指接竹材>原竹的趋势。

3 结论

1) 在本试验条件下，综合力学性能数据，在 1.2 MPa 压力下，斜接竹材可获得最大拉伸强度；斜接角度为 3.81°时，斜接竹材的拉伸强度和抗弯强度接近原竹，弹性模量超过原竹(最大近 0.5 倍)。

2) 斜接是高效利用竹材、保持接长竹材强度的一种方式。但斜接角度及斜接胶合表面的加工要求苛刻，受试验条件限制，试验结果与理论尚存在偏差。后续有待进一步开发适用的竹材斜接加工工艺，以更准确地控制斜接竹材的质量。

参考文献：

[1] 张丹. 竹束单板层积材连续成板工艺及性能研究[D]. 北京：中国林业科学研究院, 2014.

[2] 刘艳. 落叶松指接材力学性质的研究[D]. 北京：北京林业大学, 2005.

[3] 黄晓东, 江泽慧, 陈玲, 等. 风电叶片复合材料杉木斜接工艺研究[J]. 林业科技开发, 2008(2):77-79.

[4] 赵雪松, 王喜明, 塔娜, 等. 基于 ANSYS 软件的竹材曲面受压过程分析[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版). 2009, 30(1): 224-228.

(责任编辑 向 琴)