

竹定向刨花板指接工艺的研究

孙玉慧,江泽慧*,刘焕荣,孙正军,杨晓梦,张秀标

(国际竹藤中心,北京 100102)

摘 要:通过正交试验研究了竹 OSB 指接的较优工艺参数,以及指榫类型、施胶量和端压等 3 个因素对竹 OSB 指接材抗弯强度和抗拉强度的影响,并分析了竹 OSB 指接材的破坏形式。结果表明,较优工艺参数选用指榫类型Ⅲ,施胶量 $290\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、端压 3 MPa 时,竹 OSB 指接材的静曲强度、弹性模量和抗拉强度分别是 58.46 MPa、8.05 GPa 和 18.41 MPa;指榫类型对竹 OSB 指接材的静曲强度和抗拉强度影响显著,对弹性模量影响不显著;施胶量和端压对静曲强度、弹性模量和抗拉强度影响不显著;竹 OSB 指接材的弯曲破坏形式主要有胶层破坏和指榫折断,拉伸破坏形式主要有胶层破坏、指榫折断和指接破坏引起的基材断裂。

关键词:竹 OSB;指接;力学性能;指榫类型;施胶量;端压

中图分类号:S781.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2018)05-0219-06

Finger-jointing Technique of Bamboo Oriented Strand Board

SUN Yu-hui,JIANG Ze-hui*,LIU Huan-rong,SUN Zheng-jun,YANG Xiao-meng,ZHANG Xiu-biao

(International Center for Bamboo and Rattan,Beijing 100102,China)

Abstract: At present, only small-span bamboo oriented strand board (BOSB) is available in the market. In order to prepare big-span BOSB with finger-jointed lengthening technology, orthogonal design experiment was conducted to screen optimal parameters. The impacts of finger-jointing types, resin consumption and end pressure on the bending strength and tensile strength were investigated. In addition, the failure mode of finger-jointed BOSB was analyzed. The results showed that the static bending strength, elastic modulus and tensile strength of finger-jointed BOSB were 58.46 MPa, 8.05 GPa and 18.41 MPa, respectively, when the optimal technique parameters were finger-jointing type: type Ⅲ, glue quantity: $290\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, pressure: 3 MPa. The finger-jointing type had significant influence on the MOR and tensile strength of BOSB, and little influence on MOE. The influences of resin consumption and end pressure on MOR, MOE and tensile strength were not significant. The bending destructive form of finger-jointed BOSB referred to destruction of adhesive layer and damage of finger-jointing part. The tensile destructive form of finger-jointed BOSB consisted of destruction of adhesive layer, damage of finger-jointing part and base material crack caused by damage of finger-jointing part.

Key words: bamboo OSB; finger joint; mechanical property; finger-jointing type; glue quantity; end pressure

竹定向刨花板(竹 OSB)具有强度高、尺寸稳定性好、材质均匀等优点^[1-3],具有优良的力学性能,适于开发成建筑结构中的梁、柱、墙板、地板和楼面

板等^[4-5]。目前,国内产业化生产的竹定向刨花板企业仅有云南永利发林业有限公司一家,其采用多层热压机生产的竹 OSB,幅面规格为 2 440 mm(长)×

收稿日期:2017-11-13 修回日期:2017-12-19
基金项目:国家“十三五”项目(2016YFD0600905,1632015004)。
作者简介:孙玉慧,女,博士,研究方向:人造板。E-mail:465130979@qq.com
* 通信作者:江泽慧,女,教授,研究方向:森林利用学及生态学。E-mail:jiangzehui@icbr.ac.cn

1 220 mm(宽)×h mm(厚),主要作为室内装修材料和集装箱底板使用。竹 OSB 在国内大跨度、大空间结构材领域中应用较少^[6-7],主要是由于国内竹 OSB 板的尺寸限制,不能满足大跨度、大空间结构材需要。因此对市场上现有的竹 OSB 在长度方向上接长,是竹 OSB 综合利用较为有效的技术之一,为竹 OSB 在建筑上的有效利用开辟了一条新途径。

目前国内外对竹 OSB 的接长尚未见报道,本研究对竹 OSB 的接长主要参考近年竹集成材接长研究和木材接长的研究^[8-17]。张叶田^[12]等对竹集成材和竹指接材的物理力学性能进行了试验研究,试件采用指榫长 30 mm、指顶宽 2 mm、斜度 1/9 指接拼接,拼压采用间苯二酚树脂胶,施胶量约 200 g·m⁻²,端压 1.5 MPa,在室温下拼压 3~4 h,养护 48 h。结果表明,竹指接集成材受指接的影响,其抗拉强度、抗压强度和抗剪强度略低于竹集成材,但能满足一般承重类的结构材料使用^[13]。S. RAO^[14]等研究了几种指榫类型对北美白松指接材抗拉强度的影响,表明指长 12.7 mm、指距 3.02 mm、指顶宽 0.45 mm、坡度 1:12 的指榫类型具有更好的抗拉强度;随着坡度降低,抗拉强度增加;指顶宽越大,抗拉强度越低。S. RAO^[15]等还分析了端压对黑云杉指接材力学性能和耐剥离性能的影响,结果显示,8 MPa 的端压会引起指顶的断裂,从节约能源角度上,2 MPa 端压较适宜。周志芳^[16]等研究得到截面尺寸、加载方式和指接类型在特定条件下对落叶松

大尺寸结构指接材抗弯强度和抗弯弹性模量有显著影响。落叶松结构指接材完全可用作木质工程材料,宽面承载、V 形指接以及适宜的截面尺寸有利于保证结构指接材的抗弯性能。本研究选取指榫类型、施胶量和端压等作为主要参数,研究其对竹 OSB 指接材抗弯强度和抗拉强度的影响,并分析了竹 OSB 指接材的破坏形式。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验材料 竹定刨花板:幅面规格为 2 440 mm(长)×1 220 mm(宽)×28 mm(厚)。竹刨花选用龙竹刨花,刨花表层和芯层垂直铺装竹材定向刨花板,由云南永利发林业有限公司制备。

胶黏剂:间苯二酚,上海致新材料科技有限公司生产,使用时主剂:交联剂=3:1。

1.1.2 仪器与设备 多锯片圆锯机,指榫开榫机,指榫加工用铣刀片,单层压机,宽带砂光机,IN-STRON 5582 万能力学实验机。

1.2 试验设计

设计 L16(4-3)正交试验,研究不同指榫类型、施胶量、端压等 3 种工艺参数对竹 OSB 的指接材的抗拉性能和抗弯性能的影响,正交试验表见表 1,每一组试验重复 3 次。利用正交试验得出的最佳工艺结果进行补充验证试验,在最优工艺参数条件下制备竹 OSB 指接板,重复 3 次。

表 1 试验因素与水平
Table 1 Test factors and levels in orthogonal experiment

水平	指榫类型							端压 /MPa	施胶量 /(g·m ⁻²)
	类型	型号	齿距 /mm	齿顶宽 /mm	齿长 /mm	边坡度	相对胶接 面积 ^[8] /mm ²		
1	I	4.2×160-4	4.20	0.85	14	1/11.20	6.74	2	230
2	II	6.0×160-4	6.00	1.50	16	1/10.67	5.43	3	260
3	III	6.0×160-4	6.00	1.20	19	1/10.56	6.41	4	290
4	IV	7.0×160-4	7.00	1.20	25	1/10.87	7.21	6	320

1.3 试样制备

竹定向刨花板通过圆锯机和刨床加工成尺寸为 400 mm(长)×85 mm(宽)×28 mm(厚)的竹 OSB 试件,指接时保证同一试样的竹 OSB 进行指接。开榫机上将竹 OSB 的一端加工成 4 种不同类型的水平型指榫,全肩型(侧厚见指),齿形加工形式见图 1,4 种指榫类型分别对应 I、II、III、IV。指接采用手工单面涂刷胶粘剂,在指榫表面形成均匀胶层。纵向压力设定为 8 MPa,调节不同的端压,加压 4 h,指接的端压见表 1,指接后的竹 OSB 在室温下养护

72 h 备用。

1.4 试样检测

选取未指接的竹 OSB 作为参照组,抗弯试样和抗拉试样各 6 个。参照 GB/T 1938—2009^[18],抗拉强度试件尺寸:370 mm(长)×20 mm(宽)×28 mm(厚);参照 GB/T17657—2013^[19],静曲强度(MOR)和弹性模量(MOE)试件尺寸:620 mm(长)×50 mm(宽)×28 mm(厚)。在圆锯和平压刨上将试件加工成测试尺寸,截断时保证指接接头在试件中间位置。

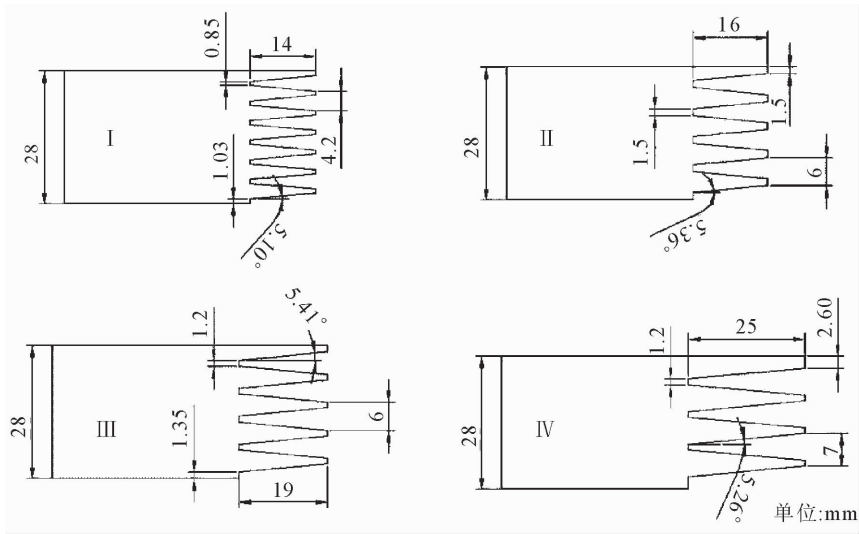


图 1 指榫加工

Fig. 1 Processing diagram of fingers

2 结果与分析

2.1 竹 OSB 指接材力学性能测试结果和分析

竹 OSB 指接材的 MOR、MOE 和抗拉强度的正交试验结果见表 2,通过工艺参数对竹 OSB 指接材 MOR、MOE 和抗拉强度影响的极差分析,得出 3 个指标下的因素主次顺序都是指榫类型>施胶量>端压。MOR 指标下得到的最优工艺参数是指榫类型Ⅲ、施胶量 $260\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、端压 3 MPa,MOE 指标下得到的最优工艺参数是指榫类型Ⅰ、施胶量 $260\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、端压 3 MPa,抗拉强度指标下得到的最优工艺参数是指榫类型Ⅲ、施胶量 $290\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、端压 6 MPa。3 指标单独分析出的优化条件不一致,根据因素的影响主次,综合考虑,确定最优工艺参数是指榫类型Ⅲ、施胶量 $290\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、端压 3 MPa。

2.2 最佳工艺条件下竹 OSB 指接材的 MOR、MOE 和抗拉强度与未指接板的性能比较分析

表 3 中,以竹 OSB 作为参照组,测得未指接的竹 OSB 的 MOR、MOE 和抗拉强度分别是 78.95 MPa、10.63 GPa 和 28.71 MPa,当选用最佳工艺条件指榫类型Ⅲ、施胶量 $290\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、端压 3 MPa 时,竹 OSB 指接材的 MOR、MOE 和抗拉强度等 3 项综合力学性能较高,分别达到竹 OSB 未指接材的 74.05%、75.73%和 64.12%。与未指接的竹 OSB 相比,对现有竹 OSB 接长获得的竹 OSB 指接材具有较好的抗弯性能和抗拉性能。与一般建筑用结构材料相比,竹 OSB 指接材的抗拉强是 18.41 MPa,明显低于毛竹、落叶松和杉木^[12],MOR 和 MOE 分别是 58.46 MPa 和 8.05 GPa,虽低于毛竹和落叶

松,但接近杉木,能经过设计计算满足 GB 50005《木结构设计手册》规定的一般承重梁类的抗弯结构材料使用^[20]。

2.3 指榫类型对指接材 MOR、MOE 和抗拉强度的影响

通过各因素对竹 OSB 指接材的 MOR、MOE 和抗拉强度的影响进行了分析表明,指榫类型对其 MOR 和抗拉强度影响显著,对 MOE 的影响不显著(图 2),指榫类型Ⅲ对应的 MOR 和抗拉强度较高,具有更好的抗弯性能和抗压性能。

指榫类型Ⅱ的静曲强度较低(图 2),原因可能是指榫类型Ⅱ的齿顶宽 1.5 mm,相对较钝,钝的顶端呈对接,不能传递应力,指榫顶端断面陡然变化引起应力集中导致木材破坏时的载荷较预料的低^[21],指榫类型Ⅱ的相对胶接面积小,影响竹 OSB 指接材的静曲强度(表 1)。

指榫类型Ⅳ对应的 MOR、MOE 和抗拉强度较低(图 2),原因可能有 2 个,首先指榫类型Ⅳ指长 25 mm,铣刀在加工过程中易过热,竹 OSB 中的杂质和胶粘剂导致刀片变钝或永久损坏,竹 OSB 指榫表面变糊,影响胶合。其次,几种指榫类型加工出齿形Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ型的边肩宽度分别是 1.03、1.50、1.35、2.60 mm(图 1),在弯曲破坏试验中,破坏首先发生在下表面指接部位,Ⅳ型的边肩破坏面积较大,致使 MOR 和 MOE 相对较低。

指榫类型Ⅰ对应的 MOR 仅次于指榫类型Ⅲ对应的 MOR,在只对竹 OSB 指接材的抗弯强度有要求的情况下,选用齿长较短的指榫类型Ⅰ,可节省竹 OSB,减少刀具磨损^[22-23]。

表 2 竹 OSB 指接材力学性能测试结果及极差分析

Table 2 The results of mechanical properties of BOSB and range analysis

实验设计		指榫类型	施胶量 /(g·m ⁻²)	端压/MPa	MOR/MPa	MOE/GPa	抗拉强度 /MPa
MOR	1	I	230	2	51.52	7.93	11.30
	2	I	260	3	46.47	8.19	10.44
	3	I	290	4	51.57	7.60	13.50
	4	I	320	6	42.04	7.79	12.82
	5	II	230	3	35.69	8.28	13.95
	6	II	260	2	30.15	7.75	11.54
	7	II	290	6	42.42	7.18	15.60
	8	II	320	4	40.46	7.80	13.09
	9	III	230	4	41.14	8.08	15.29
	10	III	260	6	45.95	7.63	17.23
	11	III	290	2	58.99	7.97	19.51
	12	III	320	3	57.87	7.82	15.60
	13	IV	230	6	32.68	6.42	8.88
	14	IV	260	4	40.80	8.40	12.04
	15	IV	290	3	36.21	7.66	12.41
	16	IV	320	2	33.59	5.00	9.94
MOE	均值 1	47.90	40.26	43.56			
	均值 2	37.18	40.84	44.06			
	均值 3	50.99	47.30	43.49			
	均值 4	35.82	43.49	40.77			
	极差	15.17	7.04	3.29			
	主次顺序		A>B>C				
	优组合		III,290 g·m ⁻² ,3 MPa				
	均值 1	7.88	7.67	7.16			
	均值 2	7.75	7.99	7.98			
	均值 3	7.87	7.60	7.97			
抗拉强度	均值 4	6.87	7.10	7.25			
	极差	1.01	0.89	0.82			
	主次顺序		A>B>C				
	优组合		I,260 g·m ⁻² ,3 MPa				
	均值 1	12.02	12.36	13.07			
	均值 2	13.55	12.81	13.10			
	均值 3	16.91	15.26	13.48			
	均值 4	10.82	12.86	13.63			
	极差	6.09	2.90	0.56			
	主次顺序		A>B>C				
	优组合		III,290 g·m ⁻² ,6 MPa				

表 3 竹 OSB 指接材与竹 OSB 未指接材和几种建筑材料的 MOR、MOE 和抗拉强度对比

Table 3 Comparison of MOR,MOE and tensile strength of finger-jointed bamboo OSB and unjointed BOSB and common structural lumber

力学性能	落叶松	杉木	毛竹	竹 OSB 指接材(A)	竹 OSB 未指接材(B)	比值(B/A)
MOR/MPa	118.60	60.70	151.80	58.46	78.95	74.05%
MOE/GPa	14.60	9.30	12.27	8.05	10.63	75.73%
抗拉强度/MPa	129.90	73.80	185.00	18.41	28.71	64.12%

2.4 施胶量对指接材 MOR、MOE 和抗拉强度的影响

图 2 中,施胶量在 230~320 g·m⁻² 范围内,施胶量对指接竹 OSB 的 MOR、MOE 和抗拉强度影响

不显著。
为使对接的指榫牢固地结合在一起传递应力,必须将适量的胶粘剂均匀地施加于指榫的表面。适

宜的施胶量是保证指接强度的因素之一,一般施胶量过多,产生的胶层厚度增大,过厚的胶层反而降低了胶接强度,同时多余的胶液被挤出,增加胶液的消耗量;然而施胶量过少,施胶后的胶液润湿木材,渗透到木材中,易造成胶合面缺胶,不能形成连续的胶层,最终也降低胶接强度^[24]。研究证明,施胶量 $290\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 时,竹 OSB 指接材的 MOR 和抗拉强度较高(图 2)。

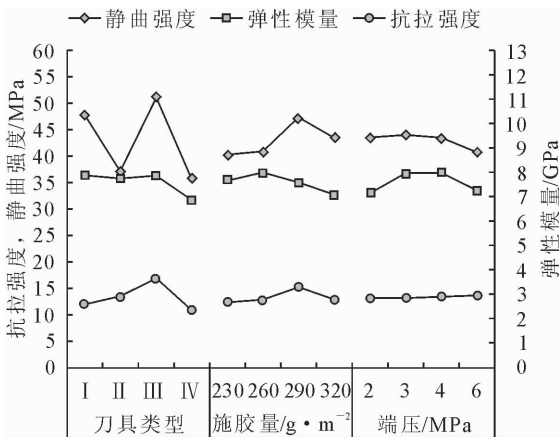


图 2 指樺类型、施胶量和端压与静曲强度、弹性模量和抗拉强度的关系

Fig. 2 Finger-jointing types, resin consumption and end pressure on its MOR, MOE and tensile strength

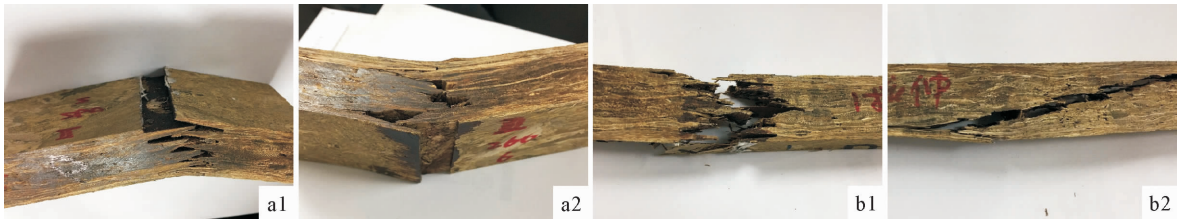
2.5 端压对指接材 MOR、MOE 和抗拉强度的影响

端压是指沿指接件的长度方向在指接件的端部施加的压力,确保指接面充分接触胶合,形成连续的胶层。端压的增大,指接材的 MOR 和 MOE 有减小的趋势,这是由于端压 6 MPa 的情况下,指接压力较大竹 OSB 指接边缘处出现小的劈裂现象,可能影响指接强度。在实际生产过程中,要确保有一定的压力,较小的压力也会使得指樺没有很好接触,同样影响竹 OSB 指接材的抗拉强度和抗弯强度。综合考虑竹 OSB 指接材应选用 3 MPa 的端压。

2.6 破坏形式分析

竹 OSB 指接材的弯曲破坏形式主要有胶层破坏和指樺折断^[25-26]。图 3-a1 为试件沿着指樺形状胶层破坏,指樺少部分折断;图 3-a2 为指樺大部分折断,少量胶层破坏。在抗弯试验中,竹 OSB 指接材下表面受到拉应力,指樺边缘部分首先出现沿指樺方向的胶层破坏,随着弯曲变形的增加,竹 OSB 指接材出现指樺折断和内部胶层破坏现象。

竹 OSB 指接材的拉伸破坏形式主要有胶层破坏、指樺折断和指接破坏引起的竹 OSB 撕裂。图 3-b1 为试件指樺大部分出现折断破坏;图 3-b2 为指接破坏引起的基材断裂,沿指樺形状破坏引起竹 OSB 发生断裂,破坏严重。



注:a1. 弯曲胶层破坏;a2. 弯曲复合破坏;b1. 拉伸指樺折断破坏;b2. 指接破坏引起的基材断裂。

图 3 弯曲和拉伸破坏形式

Fig. 3 Forms of bending and tensile failure

3 结论与讨论

通过正交试验得出:指樺类型对竹 OSB 指接材的 MOR 和抗拉强度影响显著;施胶量和端压对指接竹 OSB 的 MOR、MOE 和抗拉强度影响不显著。较优的指接工艺参数是选用指樺类型 III、施胶量 $290\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、端压 3 MPa。

指樺类型 I 对应的 MOR 仅次于指樺类型 III 对应的 MOR,在只对竹 OSB 指接材的抗弯性能有要求情况下,从安全和经济两方面综合考虑,可以选用指樺长度较短的指樺类型 I 进行指接加工。

竹 OSB 指接材由于受指接的影响,弯曲和拉伸过程中指接部位应力集中,出现断裂。竹 OSB 指接

材的弯曲破坏形式主要有胶层破坏和指樺折断,拉伸破坏形式主要有胶层破坏、指樺折断和指接破坏引起的基材断裂。

对当前小尺寸的竹 OSB 接长处理可获得抗弯强度和抗拉性能较好的竹 OSB 指接材,当选用指樺类型 III、施胶量 $290\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、端压 3 MPa 的指接工艺参数时,竹 OSB 指接材的 MOR、MOE 分别是 58.46 MPa 、 8.05 GPa ,虽低于毛竹、落叶松和水曲柳,但接近杉木,能满足 GB 50005《木结构设计手册》规定的一般承重梁类结构材料。通过指接工艺可获得力学强度较高的竹 OSB 指接材,促进竹 OSB 高效利用,为竹 OSB 用于大跨度建筑和各种富有创意的结构设计造型创造了条件。

参考文献：

- [1] 单炜,李玉顺. 竹材在建筑结构中的应用前景分析[J]. 森林工程,2008,24(2):64-67.
SHAN W,LI Y S. Application prospect of bamboo utilization in building structures[J]. Forest Engineering,2008,24(2):64-67. (in Chinese)
- [2] 傅万四. 竹材是我国制造 OSB 的一种潜在原料[J]. 林产工业,2007,34(2):21-24.
FU W S. Bamboo- a potential resource of raw material for OSB in China [J]. China Forest Products Industry,2007,34(2):21-24. (in Chinese)
- [3] 杜安磊,谢力生. 竹定向结构刨花板的研究现状及其展望[J]. 林产工业,2010,37(6):3-6.
DU A L,XIE L S. Development and prospect of bamboo oriented strand board [J]. China Forest Products Industry,2010,37(6):3-6. (in Chinese)
- [4] 雷天泉. 新型木材-竹材人造木[J]. 西北林学院学报,1998,13(4):64.
- [5] ROBERT W,金菊婉. 中国发展定向刨花板的挑战、机遇及策略[J]. 中国人造板,2014(12):1-4.
ROBERT W,JIN J W. Challenges,opportunities,and strategies for China's OSB industry [J]China Wood-Based Panels,2014(12):1-4. (in Chinese)
- [6] 许斌. OSB-单板复合集装箱底板刚度模型及工艺研究[D]. 南京:南京林业大学,2008.
- [7] SEMPLE K E,ZHANG P K,SMITH G D. Hybrid oriented strand boards made from moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel) and aspen(*Populus tremuloides* Michx): species-separated three-layer boards [J]. European Journal of Wood & Wood Products,2015,73(4):527-536. (in Canada)
- [8] CASTRO G,PAGANINI F. Parameters affecting end-finger joint performance in poplar wood [J]. International Conference of IUFRO S 502 Timber Engineering,1997(6)1-10. (in Canada)
- [9] BUSTOS C,HERMANDEZ R E,BEAUREGARD R,*et al.* Influence of machining parameters of the structural performance of finger-jointed black spruce [J]. Wood & Fiber Science Journal of the Society of Wood Science & Technology,2004,36(36):359-367. (in Canada)
- [10] ÖZCİFCİ A,YAPICI F. Structural performance of the finger-jointed strength of some wood species with different joint configurations[J]. Construction & Building Materials,2008,22(7):1543-1550. (in Turkey)
- [11] POP O,ISPAS M,REYNAUD P,*et al.* Study of mechanical behaviour of finger joints using the optical full-field method [J]. Pro. Ligno,2013,4(9):568-575.
- [12] 张叶田,何礼平. 竹集成材与常见建筑结构材力学性能比较[J]. 浙江林学院学报,2007,24(1):100-104.
ZHANG Y T,HE L P. Comparison of mechanical properties for glued laminated bamboo wood and common structural timbers[J]. Journal of Zhejiang Forestry College,2007,24(1):100-104. (in Chinese)
- [13] 李光荣,辜忠春,李军章. 毛竹竹材物理力学性能研究[J]. 湖北林业科技,2014,43(5):44-49.
- LIG R,GU Z C,LI J Z. Study on physical and mechanical performance of *Phyllostachy pubescens* [J]. Hubei Forestry Science and Technology,2014,43(5):44-49. (in Chinese)
- [14] RAO S,GONG M,CHUI Y H,*et al.* Effect of geometric parameters of finger joint profile on ultimate tensile strength of single finger-jointed boards[J]. Wood & Fiber Science Journal of the Society of Wood Science & Technology,2012,44(3):263-270. (in Canada)
- [15] RAO S,GONG M,CHUI Y H,*et al.* Effect of end pressure on performance of structural finger-jointed lumber fabricated using a short joint profile[J]. European Journal of Wood & Wood Products,2014,72(1):143-145. (in Canada)
- [16] 周志芳,毕克新,张雪松,等. 截面尺寸、加载方式和指接形式对落叶松大尺寸结构指接材抗弯性能的影响[J]. 林业科学,2016,52(3):82-89.
ZHOU Z F,BI K X,ZHANG X S. Effects of cross section, loading mode and finger-joint type on the bending property of larch structural finger-jointed lumber in large dimension[J]. Scientia Silvae Sinicae,2016,52(3):82-89. (in Chinese)
- [17] 罗翔亚,朱旭东,张吉荣,等. 木材焊接理论及技术进展[J]. 西北林学院学报,2017,32(6):270-275.
LUO X Y,ZHU X D,ZHANG J R,*et al.* Theoretical research and technical progress of wood welding[J]. Journal of Northwest Forestry University,2017,32(6):270-275. (in Chinese)
- [18] GB/T 1938. 木材顺纹抗拉强度试验方法[S]. 2009.
- [19] GB/T17657. 人造板及饰面人造板理化性能试验方法[S]. 2013.
- [20] GB 50005. 木结构设计手册[S]. 2013.
- [21] 朱焕明,鲍加芬. 间伐小径木指接技术研究[J]. 林业科学,1994,30(3):259-265.
ZHU H M,BAO J F. A study of the technology of finger-jointed lumber from thinning [J]. Scientia Silvae Sinicae,1994,30(3):259-265. (in Chinese)
- [22] 袁纳新,孙平,区伟钿,等. 实木拼接板胶合性能及其破坏形式[J]. 木材工业,2012,26(4):35-38.
YUAN N X,SUN P,QU W X,*et al.* Bonding performance and failure of finger-jointed edge-glued panels[J]. China Wood Industry,2012,26(4):35-38. (in Chinese)
- [23] 黄玲玲,尚子剑,姜志华,等. 实木复合地板在地热辐射采暖环境中的尺寸稳定性[J]. 森林工程,2016,32(6):38-43.
HUANG L L,SHANG Z J,JIANG Z H,*et al.* Dimensional stability of solid wood composite flooring in geothermal radiant heating environment[J]. Forest Engineering,2016,32(6):38-43. (in Chinese)
- [24] 林兰英. 四种桉树人工林木材指接工艺及性能预测[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2005.
- [25] 梁北红,刘一星,戴澄月,等. 指接胶合木强度与工艺的关系[J]. 东北林业大学学报,1989,17(4):64-70.
- [26] 李海栋,王朝晖,黄仲华,等. 落叶松结构用胶合木层板指接工艺参数对力学性能的影响[J]. 林产工业,2014,41(1):13-18.
LI H D,WANG C H,HANG Z H,*et al.* Effects of finger-jointing parameters on mechanical properties of larch laminate for structural glulam[J]. China Forest Products Industry,2014,41(1):13-18. (in Chinese)