

纤维布增强重组竹材的力学性能与耐水性能

刘其松

(福建省林业勘察设计院, 福建福州 350003)

摘要:以重组竹板材为基材,表面分别以碳纤维布和玻璃纤维布为增强体,环氧树脂为胶黏剂,热压成型制备增强型重组竹复合材料,探讨纤维布增强对复合材料耐水性能和力学性能的影响。结果表明,与纤维布复合后的重组竹,力学强度及尺寸稳定性大幅提高;双面纤维布比单面纤维布增强的提高幅度大;碳纤维布比玻璃纤维布增强的效果显著。利用纤维布增强重组竹,有利于拓展重组竹在建筑领域的应用。

关键词:重组竹;碳纤维布;玻璃纤维布;力学性能;耐水性能

中图分类号: S795; TS653; TU531.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654 (2019) 04-0001-04

Mechanical Properties and Water Resistance of Bamboo Scrimber Boards Reinforced with Fiber Sheets

LIU Qi-song

(Fujian Forestry Prospect and Design Institute, Fuzhou 350003, Fujian, China)

Abstract: Carbon fiber sheets (CFS) and glass fiber sheets (GFS) were hot pressed on bamboo scrimber board's surface with epoxy resin, respectively. The reinforced bamboo scrimber board samples were tested to evaluate the influence of CFS or GFS on mechanical properties and water resistance of the boards.

The results showed that both mechanical properties and water resistance were improved significantly with reinforcement of CFS and GFS. The properties of the samples reinforced at both sides were greater than those of the samples reinforced at single side, and the properties of the samples reinforced with CFS were better than those of the samples reinforced with GFS.

Key words: bamboo scrimber board; carbon fiber sheet (CFS); glass fiber sheet (GFS); mechanical properties; water resistance

重组竹是以竹束或竹束片为构成单元,按顺纹方向组坯,经胶合压制而成的板方材。与传统木质材料相比,重组竹的性能有很大提升。近年来,重组竹在国内和国际市场的销量稳中有增,发展前景良好。

已有重组竹的研究,主要集中在制备工艺^[1-4]、耐候性^[5-6]和应用等方面^[7-9],但重组竹材的强度与刚度依然低于传统结构材^[10]。参照目前建筑结构的补强方法,在易受拉破坏区粘贴纤维增强布,可望使构件的承载力提高^[11]。

鉴于此,笔者以纤维布与重组竹为原料,利用在无机纤维领域中应用较成熟、且胶合性能优良的环氧树脂为胶黏剂,制备增强型重组竹复合材料,探讨纤维布的增强效果,从而拓展重组竹在建筑领域的应用。

收稿日期: 2018-12-27; 修改日期: 2019-05-20

基金项目: 福建省产学研重大专项“户外高耐候重组竹材强化处理产业化关键技术研究”(2016H6005)。

作者简介: 刘其松(1968—),男,高级工程师, Email: woodworking@163.com。

1 材料及方法

1.1 试验材料

1) 重组竹基材: 密度 1.12 g/cm^3 , 含水率 6.4%, 规格 $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$, 外购。

2) 环氧树脂: 主剂为 2713-A 双酚 A 型, 黏度为 $2\,300 \sim 3\,200 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ (25°C); 固化剂为 2713-BS 改性胺类; 外购。

3) 增强材料: ① 碳纤维布 (CFS): 12 K, 面密度 300 g/m^2 ; ② 玻璃纤维布 (GFS): 单纤维直径 $11 \sim 13 \mu\text{m}$, 面密度 300 g/m^2 。均外购。

1.2 试验设备

CMT5504 万能试验机, 干燥箱, 圆锯机, 数显恒温水浴锅, 数显卡尺和螺旋测微器等。

1.3 试验方法

重组竹基材经低温干燥预处理, 至含水率 6%~10%; 纤维布裁成 $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ 的规格, 在 100°C 烘箱干燥 3 h, 去除回潮的水分后备用; 环氧树脂主剂与固化剂, 按照质量比 10:3 混合, 搅拌 1 min 后备用。

根据预试验结果, 设定单面涂胶量 75 g/m^2 , 纤维布两面涂胶, 贴于重组竹基材上, 经压辊辊压, 挤出纤维布与基材之间的气泡。

常温陈放 30~40 min, 预压机上 4 MPa 常温预固化 24 h, 之后移至热压机。在温度 120°C 、压力 4 MPa 下热压 4 h。

重组竹素板为对照样, 编号 C; 玻璃纤维布单、双面增强试样, 编号用 1GF、2GF 表示; 碳纤维布单、双面增强试样, 编号用 1CF、2CF 表示。每种覆面条件各制备 3 块试板。

1.4 性能检测

1) 尺寸稳定性: 参照 DB 35/T 1145-2011《竹重组板材》测定 24 小时吸水率 (WA)、吸水宽度膨胀率 (WS)、吸水厚度膨胀率 (TS)。

干-湿循环条件: 沸水煮 4 h、 $(63 \pm 3)^\circ\text{C}$ 烘干 20 h、再水煮 4 h 之后再次测定吸水率 (WA)、吸水宽度膨胀率 (WS)、吸水厚度膨胀率 (TS)。

每个性能指标测试试样不少于 5 个。

2) 力学性能: 参照 GB/T 17657-2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》, 测定弹性模量 (MOE)、静曲强度 (MOR); 参照 DB 35/T 1145-2011,

测定水煮 6 h 后试件的湿状 MOE 和 MOR。

试样尺寸为 $200 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$, 加载速度为 10 mm/min 。每个性能指标测试试样不少于 5 个。

2 结果与讨论

2.1 尺寸稳定性

2.1.1 24 h 吸水膨胀率

试样的 24 h TS 和 WS 测试结果, 如图 1 所示。

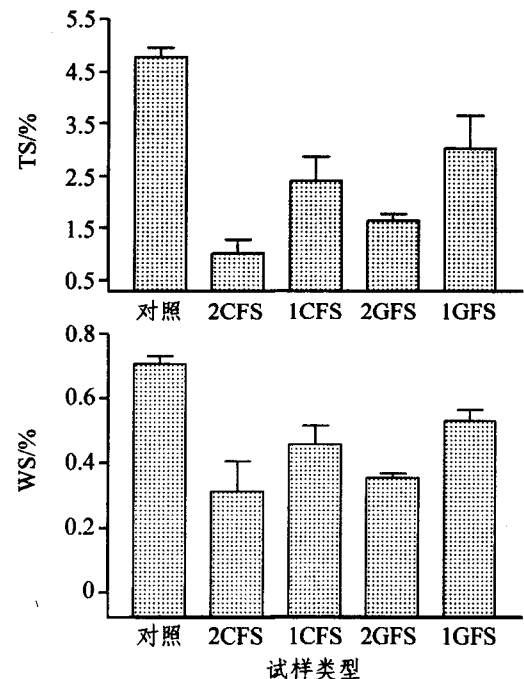


图 1 单/双面 CFS 或 GFS 增强重组竹试样的 24 h 厚度和宽度吸水膨胀率

Fig.1 24 h TS and WS of bamboo scrimber board samples reinforced with CFS or GFS at single or double sides

由图 1 可知, 无论单面增强还是双面增强, 重组竹试样的 TS 与 WS 都明显降低, 尺寸稳定性得到大幅度的提高; 双面增强试样的尺寸稳定性比单面增强的效果好。

其原因主要是基材表面粘贴纤维布后, 水分要先穿透表面的纤维布才能进入基材, 纤维布增加了水分通过的阻力; 而双面增强的试样, 水分通过的阻力更大, 因此, 其 TS 和 WS 比单面增强试样更低。

CFS 增强试样的吸水膨胀率较 GFS 要低, 这是因为 GFS 表面有硅氢键, 易于吸湿, 因而试样的吸水膨胀率略高。

2.1.2 28 h 干-湿循环后的吸水膨胀率

试样经过 28 h 循环处理后, 其尺寸稳定性更加

接近材料的实际使用状态。图2分别为单、双面CFS或GFS增强重组竹试样的TS和WS测定结果。

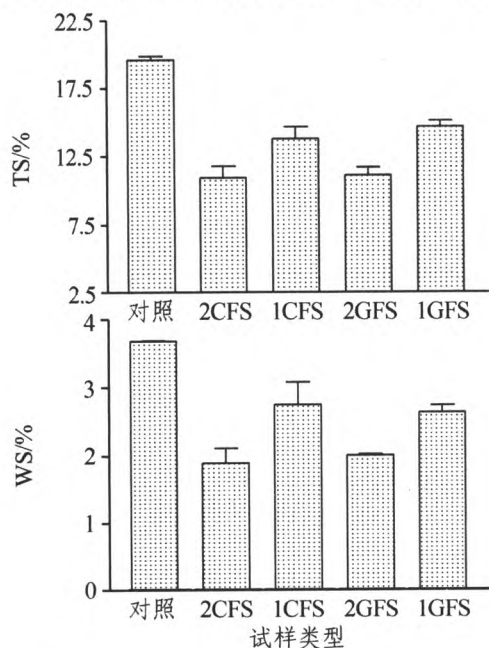


图2 单/双面CFS或GFS增强重组竹试样
28 h干-湿循环后的厚度和宽度吸水膨胀率

Fig.2 WS and TS of bamboo scrimber board samples reinforced with CFS or GFS at single or double sides after 28 h watering-drying treatment

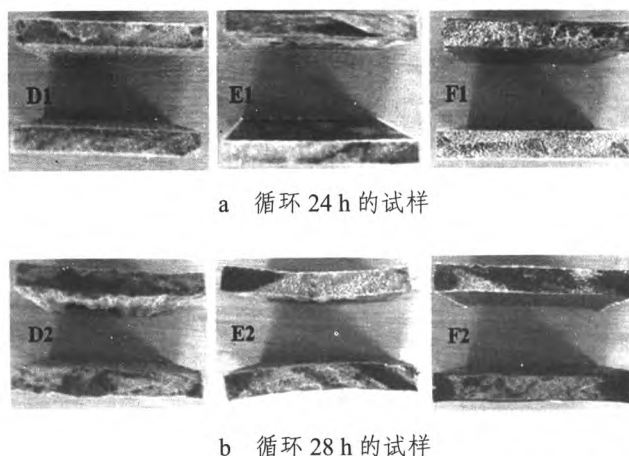
由图2可知,经28 h的干-湿循环后,重组竹试样的TS和WS仍然明显小于对照材,双面增强试样的TS和WS低于单面增强试样。循环处理对纤维布与重组竹基材界面的破坏程度小,故干-湿循环处理对试样的尺寸稳定性影响有限。

在本试验中,无论玻璃纤维布还是碳纤维布,其单面和双面增强的重组竹试样,在干-湿循环后的表面变形情况基本一致。

玻璃纤维覆面增强重组竹的外观(图3a)显示,经63℃浸泡24 h后,对照样和纤维布单、双面增强的试样保持较为完好(D1~F1)。主要是酚醛树脂胶合的重组竹基材和表面经环氧树脂浸渍的玻璃纤维,均具有较好的耐水性能,使得增强型重组竹材料的外观形状基本不变。

经过28 h干-湿循环处理后(图3b),对照样(D2)表面出现了沟壑和隆起,这是由于基材的竹纤维吸水后出现了不同程度的膨胀所致。

单面纤维布增强试样,经过干湿循环后出现翘曲(E2)。原因是表面贴敷的纤维布抑制了试样膨



注: D—素材; E—单面纤维布增强; F—双面纤维布增强

图3 单/双面GFS增强试样的外观

Fig.3 Samples of bamboo scrimber board samples reinforced with GFS at single or double sides for dimensional stability test

胀,而未贴布的一侧则自由膨胀,使整个试样出现了向贴布表面一侧的翘弯。双面贴布的试样,仅端面膨胀较为明显(F2),是由于端面纤维吸水所致。

2.2 抗弯性能

两种纤维布单、双面增强重组竹试样的干、湿状MOR、MOE检测结果,如图4所示。

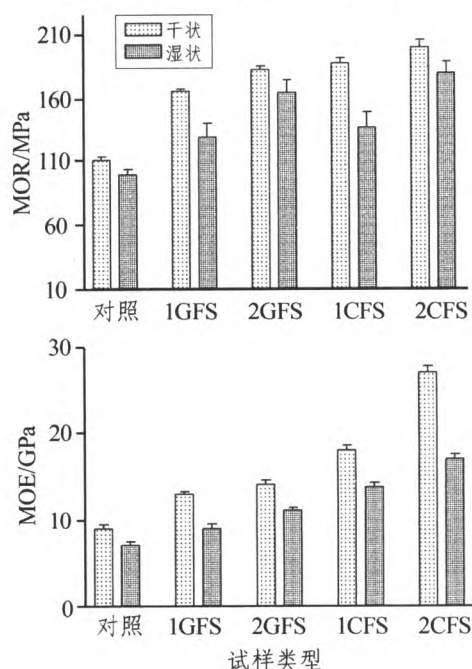


图4 单/双面CFS或GFS增强的重组竹试样的
干状和湿状的抗弯性能

Fig.4 Bending strength of bamboo scrimber board samples reinforced with CFS or GFS at single or double sides

由图4可知,与对照材相比,无论单面还是双面增强重组竹试样,其干、湿状 MOR、MOE 均有较大幅度提高,且双面增强的提高幅度更大;CFS 比 GFS 对重组竹干、湿状抗弯性能的增强效果更明显,主要原因是 CFS 自身的强度与模量均比 GFS 高。

GFS 双面增强重组竹试样抗弯性能测试的破坏状态,如图5所示。

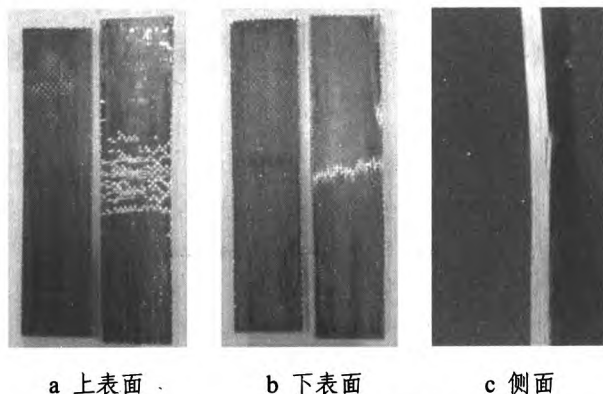


图5 双面 GFS 增强重组竹试样的破坏形态
Fig.5 Destruction form of bamboo scrimber samples reinforced with GFS at double sides

图5显示:重组竹基材首先发生脆断,并刺穿表面的纤维布/树脂层,导致双面 GFS 增强重组竹试样最终破坏。这是因为重组竹基材的抗拉性能比纤维布/树脂层的低。

3 结论

1) 经表面贴覆纤维布后,重组竹的尺寸稳定性和力学性能均得到大幅度提升;双面纤维布增强的效果比单面增强的效果好;碳纤维布增强作用比玻璃纤维布的效果显著。

2) 制备纤维布贴面增强重组竹的过程中,热压时间偏长、温度高、压力大,易导致基材组分热降解、酚醛树脂胶层老化,以及生产效率低下等问题,制备工艺参数有待后续进一步优化。

3) 表面增强纤维布与重组竹基材之间的剥离强度,也是评价材料性能的重要指标之一,待后续进一步测定研究。

参考文献:

[1] 于文吉. 我国重组竹产业发展现状与趋势分析[J]. 木材工业, 2012, 26(1): 11-14.

YU W J. Current status and future development of bamboo scrimber industry in China[J]. China Wood Industry, 2012, 26(1): 11-14.

[2] 任一萍, 刘红征, 郭文静, 等. 热处理温度对重组竹性能的影响[J]. 木材工业, 2018, 32(6): 1-4.

REN Y P, LIU H Z, GUO W J, et al. Effect of thermal treatment temperatures on properties of bamboo scrimber[J]. China Wood Industry, 2018, 32(6): 1-4.

[3] 左迎峰, 吴义强, 肖俊华, 等. 基于响应曲面优化法的重组竹热压工艺[J]. 功能材料, 2016, 47(11): 11196-11120.

ZUO Y F, WU Y Q, XIAO J H, et al. Hot pressing process of recombinant bamboo based on response surface methodology[J]. Journal of Functional Materials, 2016, 47(11): 11196-11120.

[4] 丁沪闽. 重组竹热压板坯内部温度变化的研究[J]. 福建林业科技, 2012, 39(1): 68-76.

DING H M. Study on changing of the interior temperature of reconstituted bamboo hot-pressing slab[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2012, 39(1): 68-76.

[5] 李能, 陈玉和, 包永洁, 等. 国内外竹材防腐的研究进展[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(6): 172-176.

LI N, CHEN Y H, BAO Y J, et al. Research progress of bamboo preservation at home and abroad[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2012, 32(6): 172-176.

[6] 赵鹤. 户外家具用重组竹材防腐工艺研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2011.

ZHAO H. Study on preservation and production process of recombined bamboo used in outdoor furniture [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2011.

[7] 于雪斐, 刘雷, 于文吉. 重组竹(木)材料替代传统轨枕材料的探讨[J]. 木材加工机械, 2011(6): 40-43.

YU X F, LIU L, YU W J. Discussion of reconsolidated bamboo (wood) replacing traditional railway sleeper material[J]. Wood Processing Machinery, 2011(6): 40-43.

[8] 魏洋, 吴刚, 张齐生. 足尺重组竹受弯构件的试验与理论分析[J]. 土木建筑与环境工程, 2012(34): 142-145.

WEI Y, WU G, ZHANG Q S. Theoretical analysis and experimental test of full-scale bamboo scrimber flexural components[J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2012(34): 142-145.

[9] 李霞镇. 重组竹螺栓连接节点承载性能研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2013.

LI X Z. Research on bearing performance of bolt joint for recombinant bamboo[D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2013.

[10] 周爱萍, 刘睿, 沈玉蓉, 等. 碳纤维增强重组竹受弯构件的极限承载力试验[J]. 林业工程学报, 2017, 2(3): 137-142.

ZHOU A P, LIU R, SHEN Y R, et al. Experiment study on ultimate load-bearing capacity of carbon fiber reinforced polymer reinforced parallel bamboo beam[J]. Journal of Forestry Engineering, 2017, 2(3): 137-142.

[11] 周军文, 赵风华, 鲁良辉, 等. 碳纤维增强复材布加固重组竹破坏梁的受弯性能试验研究[J]. 工业建筑, 2018, 48(10): 190-194.

ZHOU J W, ZHAO F H, LU L H, et al. Experimental research on flexural property of damaged parallel strand bamboo beam reinforced by CFRP [J]. Industrial Construction, 2018, 48(10): 190-194.

(责任编辑 姜征、孟凡丹)