

“竹材高效利用技术”专题

户外用竹基纤维复合材料加速老化耐久性评价

张亚慧, 祝荣先, 于文吉, 任丁华

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 为了给竹基纤维复合材料在户外环境的使用提供参考数据, 对利用 3~4 年生毛竹和慈竹生产的竹基纤维复合材料, 参照美、中两种标准 (ASTM D 1037-06a 和 GB/T 17657-1999) 方法进行循环试验, 测定经过循环暴露试验后, 材料的力学性能和尺寸稳定性。试验结果表明, 竹基纤维复合材料的性能优于现有户外商业化重组竹产品。

关键词: 竹基纤维复合材料; 户外; 加速老化耐久性; 循环暴露试验; 力学性能; 尺寸稳定性

中图分类号: S795.5; TS65 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2012)05-0006-03

Performance of Exterior Crushed Bamboo-Mat Composite after Accelerated Aging Test

ZHANG Ya-hui, ZHU Rong-xian, YU Wen-ji, REN Ding-hua

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Wood Science and Technology of
State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: A crushed bamboo-mat composite has a high potential in exterior structural applications. The mechanical properties and dimensional stability of the bamboo composites, after an accelerated six wet-dry cycle and water boil tests, were studied. The results showed that the average modulus of rupture, modulus of elasticity, and shear strength of moso-bamboo composites, after the accelerated test, were no less than 120 MPa, 13 000 MPa, 15 MPa, respectively. The thickness swelling of the composite was no more than 5%. The mechanical performance of *Neosinocalamus affinis* bamboo composite, after the accelerated test, was even better.

Key words: crushed bamboo-mat composites; outdoor; accelerated aging durability; cyclical exposure test; mechanical properties; dimensional stability

户外用竹基纤维复合材料, 是笔者在开发的高性能竹基复合材料制造技术平台的基础上^[1-7], 制备的一种高耐候性复合材料, 可用于制造室外用地板、墙板、围栏、家具等产品。长期暴露在室外的材料, 要承受多重环境因素的影响, 因而要求其具备较好的耐久性。

目前, 材料的耐久性主要采用自然老化和人工加速老化试验法检测。自然老化法简便但耗时长, 重复

性差。针对自然老化法的缺点, 人工加速老化法是为设计的室内检测法, 主要包括单一条件连续暴露试验法和循环暴露试验法。单一条件连续暴露法可以考察特定条件对材料耐久性的影响, 但不能完全模拟自然条件的变化; 循环暴露法是在模拟自然变化的条件下进行试验, 但试验过程复杂, 耗时长^[8]。

本研究采用循环暴露试验法, 对户外用竹基纤维复合材料进行耐久性测试, 并与市场上一种重组竹产品进行性能比较, 以期竹基纤维复合材料在户外环境中的使用, 提供基本参考数据和技术支持。

收稿日期: 2012-07-18; 修改日期: 2012-08-04

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金 (CAFINT2011K03)。

作者简介: 张亚慧 (1983—), 男, 中国林科院木材工业研究所博士。

1 材料与方法

1.1 材料

竹材 1)毛竹(*Phyllostachys edulis*):产自安徽广德,竹龄3~4年,胸径160~220 mm,壁厚8~15 mm; 2)慈竹(*Neosinocalamus affinis*):产自四川大邑,竹龄3~4年,胸径50~80 mm,壁厚2~3 mm。

重组竹产品(对照材) 市场采购,产地为福建,密度约为1.20 g/cm³。

酚醛树脂 购自北京太尔化工有限公司。主要性能指标:黏度41 mPa·s(25℃),固体含量46.1%,水溶倍数9倍,贮存期30天(20~25℃),pH值10.53,游离醛0.10%,游离酚<1%。

1.2 主要设备

热压机,W10微机控制人造板万能力学试验机,烘箱,恒温恒湿箱及冷冻箱。

1.3 制备工艺

1)浸胶:浸胶前将2种竹材剖分、疏解成纤维化单板,含水率控制在8%~10%,浸胶5 min,陈放5 min,浸渍量12%~13%。

2)干燥:干燥温度70℃,干燥后单板含水率8%~10%。

3)组坯:顺纹组坯,厚度由厚度规控制,设定板材的密度1.20 g/cm³,幅面2.44 m×1.22 m×20 mm。

4)热压:温度135℃,压力4 MPa,时间1 min/mm。

5)冷却:通冷水冷却至70℃后卸板。

1.4 耐久性测试

1)浸水-喷蒸-冷冻-干燥-喷蒸-干燥循环试验法

参照 ASTM D 1037-06a《Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials》,测试竹基纤维复合材料的静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、剪切强度,及吸水厚度膨胀率(TS)、吸水宽度膨胀率(WS)等性能。

步骤:试件在(49±2)℃的水中浸泡1 h→在(93±3)℃的蒸汽中喷蒸3 h→在(-12±3)℃的冰柜中冷冻20 h→在(99±2)℃的鼓风干燥箱中干燥3 h→在(93±3)℃的蒸汽中喷蒸3 h→在(99±2)℃的鼓风干燥箱中干燥18 h。

如此6个步骤为1个循环,重复6次。当6个循环试验完成后,将试件置于(20±3)℃、相对湿度(65±2)%条件下放置至少48 h后,进行性能检测。

2) 水煮-干燥-水煮循环试验法

参照 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》中I类胶合板测试方法,将试件放入沸水中煮4 h,取出后置于(63±3)℃的干燥箱中干燥20 h,再在沸水中煮4 h,然后进行性能测试。

每组不少于6个有效试件,结果取其平均值。

2 结果与讨论

2.1 力学性能

2.1.1 弯曲性能

参照 ASTM D 1037-06a 和 GB/T 17657-1999 方法进行循环试验后,竹基纤维复合材料的力学性能检测结果,列于表1。

表1 经过循环暴露试验后试样的弯曲性能

Tab. 1 Bending properties of samples after the cyclical exposure test

试样类别	MOR/MPa		MOE/MPa		测试标准
	原始	循环后	原始	循环后	
毛竹纤维	163.00	147.85(7.22)	18 019	14 944(5.76)	ASTM D
复合材料	(1.37)	129.96(4.55)	(7.38)	13 752(4.58)	GB/T
慈竹纤维	249.19	242.52(13.14)	27 907	26 912(2.95)	ASTM D
复合材料	(6.18)	219.12(3.08)	(2.49)	24 625(1.80)	GB/T
对照材重	142.46	118.30(2.71)	13 945	11 808(2.17)	ASTM D
组竹产品	(9.52)	115.20(2.97)	(0.86)	10 813(0.45)	GB/T

注:括号内为变异系数,单位为%,表2同;试样密度均为1.20 g/cm³。

由表1可知,经过两种不同的暴露试验后,材料的弯曲性能均有不同程度的下降:毛竹纤维复合材料的MOR分别下降9.3%和20.3%,MOE分别下降17.1%和23.7%;慈竹纤维复合材料的MOR分别下降2.7%和12.1%,MOE分别下降3.6%和11.8%。试验结果表明,相对而言,GB/T 17657-1999的暴露循环试验条件,比ASTM D 1037-06a的试验条件更严格。

分析MOR下降的主要原因,在老化处理过程中,试件经(99±2)℃干燥18 h和(63±3)℃干燥20 h后,基本处于绝干状态,当试件由绝干状态直接进入高温高湿状态,板材的吸湿速度急增;同样,温度的变化引起材料和胶黏剂膨胀系数的不同,界面产生的热应力及应变^[8],使板材的刚性和弹性模量降低,从而影响材料的物理力学性能。

经过两种加速老化试验后,2种竹基纤维复合材料的抗弯性能均优于市场上购置的对照重组竹产品。其主要原因是,对照重组竹产品是以形状不规则、宽度和厚度较大的竹束为原料^[5],影响胶黏剂在竹束中渗透的均匀性,阻碍竹材的有效胶合,从而导致产品的性能降低。

2.1.2 胶合性能

从图1可知,经过两种加速老化试验后,竹基纤维复合材料和对照重组竹产品的剪切强度亦均有不同程度的下降。竹基纤维复合材料下降幅度均在15%之内;而对照重组竹产品的下降幅度超过25%。

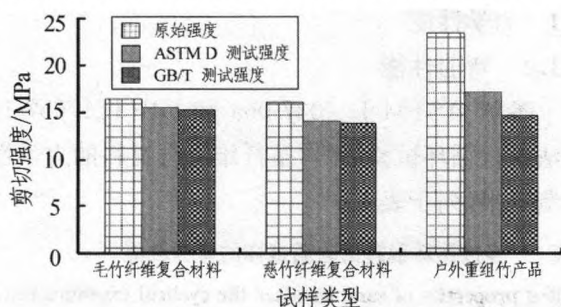


图1 经过循环暴露试验后试样的胶合性能

Fig. 1 Bonding properties of samples after the cyclical exposure test

剪切强度的下降是由于在循环过程中,水分在热量的作用下充分扩散和移动,引起材料、胶黏剂不同程度的干缩或湿胀,导致界面应力应变的产生,从而降低了界面的胶合强度。对照重组竹产品的剪切强度下降幅度较大,是由于重组竹的竹束单元与竹基纤维复合材料的单元不同,导致胶黏剂浸渍不均匀及内部应力过大^[5]。

2.2 尺寸稳定性

由表2可知,经过循环暴露试验后,竹基纤维复合材料的WS和TS发生了不同程度的变化。

表2 经过循环暴露试验后试样的尺寸稳定性

Tab. 2 Dimensional stability of samples after the cyclical exposure test

试样类别	密度/ (g·cm ⁻³)	WS/ %	TS/ %	测试 标准
毛竹纤维 复合材料	1.21 1.20	-1.82(-8) 0.57(27)	0.60(107) 4.23(32)	ASTM D GB/T
慈竹纤维 复合材料	1.20 1.20	-1.68(-10) 1.16(38)	0.64(205) 5.18(23)	ASTM D GB/T
对照材重 组竹产品	1.19 1.20	-2.13(-12) 1.45(22)	-0.79(72) 6.85(32)	ASTM D GB/T

参照 ASTM D 1037-06a 进行循环试验后,2种竹基纤维复合材料试件的厚度方向均产生了较小的膨胀,宽度方向有所收缩。主要是因为试件在加速老化过程中,最后的18 h、(99±2)℃干热状态,导致试件的TS变小,WS显示负值。

参照 GB/T 17657-1999 进行循环试验后,毛竹纤维复合材料的WS和TS,比对照重组竹产品分别降低60.69%、38.25%;慈竹纤维复合材料的WS和TS,分别下降20.00%、24.38%。

与市场购置的对照重组竹产品相比,经过两种暴露循环方式测试后,竹基纤维复合材料在宽度和厚度方向的膨胀变形率均较小。

3 结论

1) 参照美国和中国两种不同的循环暴露试验方法标准,对户外用竹基纤维复合材料的力学性能和尺寸稳定性进行测试:毛竹和慈竹纤维复合材料的MOR分别超过120、210 MPa,MOE分别>13 000、24 000 MPa,剪切强度分别超过15、14 MPa,WS分别<1%、2%,TS分别<5%、6%。

2) 竹基纤维复合材料的性能,均优于现有户外商业化重组竹产品的性能,显示其具有优良的耐久性能,说明采用竹基纤维复合材料制造平台开发的户外产品具备户外材料需要的耐久特性。

3) 试验结果可为竹基纤维复合材料在户外环境中使用标准的建立,提供基本参考数据和技术支持。

参考文献:

- [1] 于文吉. 我国高性能竹基纤维复合材料的研究进展[J]. 木材工业, 2011, 25(1): 6-8.
- [2] 孟凡丹, 余养伦, 祝荣先, 等. 浸渍量对纤维化竹单板层积材物理力学性能的影响[J]. 木材工业, 2011, 25(2): 1-3.
- [3] 祝荣先, 周月, 任丁华, 等. 制造工艺对竹基纤维复合材料性能的影响[J]. 木材工业, 2011, 25(3): 1-3.
- [4] 于雪斐, 孙华林, 于文吉. 结构用慈竹单板层积材的制备工艺与性能[J]. 木材工业, 2011, 25(4): 1-3.
- [5] 张亚慧, 孟凡丹, 于文吉. 疏解次数对竹基纤维复合材料性能的影响[J]. 木材工业, 2011, 25(5): 1-4.
- [6] 张亚慧, 祝荣先, 于文吉, 等. 浸胶竹纤维化单板干燥温度对竹基纤维复合材料性能的影响[J]. 木材工业, 2011, 25(6): 1-4.
- [7] 齐锦秋, 于文吉, 谢九龙, 等. 竹基纤维复合材料纤维化单板的形态研究[J]. 木材工业, 2012, 26(2): 6-9.
- [8] 王恺. 木材工业实用大全 胶黏剂卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996: 244-253. (责任编辑 向琴、孟凡丹)