

研究与开发

环境因子对木塑地板疲劳/蠕变性能的影响

周吓星¹, 李大纲¹, 吴正元²

(1. 南京林业大学木材工业学院, 江苏南京 210037; 2. 南京聚锋新材料有限公司, 江苏南京 210042)

摘要: 选取25%和75%两种应力水平,对放置在室内、阳光照射、户外自然环境和土壤中的木塑地板,进行疲劳/蠕变性能研究。结果表明:相同的加载方式,户外自然环境对材料疲劳/蠕变性能影响最大,其次是阳光照射,最后是土壤;25%应力水平作用后,室内环境中材料的剩余强度保留率最大,其次是土壤掩埋,最后是户外自然和阳光环境。

关键词: 木塑地板; 环境; 抗弯强度; 蠕变; 疲劳

中图分类号: TU502.6; TB332

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2009)04-0009-03

Effect of Environmental Factors on Fatigue and Creep Behaviors of Wood-Plastic Flooring

ZHOU Xia-xing¹, LI Da-gang¹, WU Zheng-yuan²

(1. Nanjing Forestry University Wood Industry College, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

2. Nanjing Jufeng New Material Co. Ltd., Nanjing 210042, Jiangsu, China)

Abstract: Under 25% or 75% stress levels, wood-plastic floorings were evaluated for their creep and fatigue behavior after being subjected for two months to four different conditions (room temperature, sunshine, outdoor natural (dry and wet), and soil isolated from oxygen). It was found that the environmental conditions had considerable effect on the fatigue and creep behaviors of the specimens. Under the same stress level, conditioning at the outdoors natural location had the greatest effect on both fatigue and creep performance of the specimens while the room condition exhibited the least impact. Testing at the 25% stress level gave the following results: the average residual flexural strength of the specimens conditioned at room temperature was 94.2%~97.3% of the bending strength of the control specimens, 93.1%~95.1% when conditioned in the soil, and 71.9%~84.5% when conditioned in the outdoors natural and sunshine locations.

Key words: wood-plastic flooring; environment; modulus of rupture; creep; fatigue

木塑地板防潮、耐水、耐酸碱、防蛀、防霉、耐腐蚀,尺寸稳定性好;同时具有类似天然木材的加工和铺设特性;可根据用户需求加工成多种颜色、各种断面结构,具有良好的应用前程,是国家支持和提倡的科技项目^[1]。

在实际使用中,木塑地板受到环境影响,且在持续一定或循环力作用下,往往会产生蠕变变形、疲劳破坏甚至断裂^[2-4]。而目前我国对木塑复合材料疲

劳/蠕变性能的研究较少,因此,笔者通过研究阳光照射、户外自然及土壤掩埋等环境因子对木塑地板疲劳/蠕变性能的影响,试图进一步分析木塑地板的疲劳/蠕变机理,为制定相关的标准提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

植物纤维/回收聚乙烯(PE)复合地板,采用 m (稻壳纤维): m (回收PE)=60:30的比率,添加偶联剂等混合物,无添加防霉剂,南京聚锋新材料有限公司生产。本试验取开口型单孔板为试样,截面尺寸为(长×宽×高):230 mm×24 mm×49 mm(如图1)。

收稿日期: 2008-10-31; 修改日期: 2009-05-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(30871968)和国家自然科学基金项目(30771683);江苏省科技成果转化专项资金项目(20079663-T-432)。

作者简介: 周吓星(1987—),女,南京林业大学硕士研究生。

通讯作者: 李大纲,男,南京林业大学教授,博士。

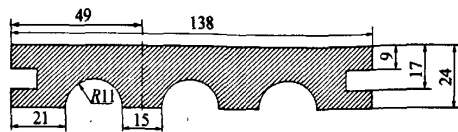


图 1 试样示意图
Fig. 1 Cross section profile of the specimen

1.2 试验方法

采用日本岛津 AG-10TA 万能力学试验机,载荷精度 0.25%,时间精度优于 1 s。1) 蠕变试验采用应力为 5 MPa/s 的速度对试件进行加载,当达到设定载荷后,保持恒定应力,应变随着时间延长不断增加,试验历时 8 520 s; 2) 疲劳试验采用三角波进行加载,疲劳/蠕变试验采用梯形波进行加载^[5]。

交变载荷最大值 P_{max} 为材料破坏载荷的 25% 和 75%,交变载荷最小值 P_{min} 为材料破坏载荷的 5%,加载或卸载速度为 10 mm/min。其中,三角波数据采集方式设置为:1 次循环记录 20 个、连续 6 次循环记录 20 个、连续 20 次循环记录 60 个,总的疲劳循环次数为 1 340 次。

梯形波为“间置加载”型载荷谱:即在每次弯曲疲劳循环过程中,在交变载荷最大值 P_{max} 处保载 60 s,交变载荷最小值 P_{min} 处保载 0 s,使得每次循环过程中,木塑地板既承受疲劳损伤,又在保载期内承受蠕变损伤。数据采集方式设置为:1 次循环记录 20 个、连续 4 次循环记录 30 个、连续 6 次循环记录 40 个,总的疲劳/蠕变交互循环次数为 380 次。

2 结果与分析

2.1 木塑地板的抗弯强度

在同一批次生产的木塑地板中,随机挑选 6 块作为试材,分别放置在室内、阳光照射、户外自然环境及土壤掩埋各两个月。采用 3 点加载方式进行静态弯曲破坏试验,两端简支,跨距 200 mm。测得试材的抗弯强度以及 25% 应力作用下,经过蠕变、疲劳、疲劳/蠕变试验后试材的剩余抗弯强度,结果见表 1。

由表 1 可见,在户外 3 种环境中,木塑地板的原始抗弯强度,分别比放置在室内的降低了 10%, 5.4% 和 11%。在实际应用中,为保证工程材料的强度,必须要有一个安全系数,一般选用破坏载荷的 25% 作为材料允许应力。在 25% 应力水平下,经过蠕变、疲劳、疲劳/蠕变试验后,3 种户外环境中的试材,剩余强度保留率仅为 71.9%~95.1%;而室内存放的试材,剩余强度保留率达到 94.2%~97.3%。

表 1 木塑地板在不同环境中的强度变化

Tab. 1 The residual of strength levels of specimens after being tested under different condition

环境类型	加载方式	原始抗弯强度/MPa	剩余抗弯强度/MPa	剩余强度保留率/%
室内	纯蠕变	11.30	10.86	96.1
	0 s	11.30	10.99	97.3
	60 s	11.30	10.65	94.2
阳光照射	纯蠕变	10.16	7.31	71.9
	0 s	10.16	8.59	84.5
	60 s	10.16	8.41	82.8
户外自然	纯蠕变	10.69	8.86	82.9
	0 s	10.69	8.42	78.8
	60 s	10.69	8.38	78.4
土壤掩埋	纯蠕变	10.06	9.41	93.5
	0 s	10.06	9.57	95.1
	60 s	10.06	9.37	93.1

经过方差分析,环境因子的 F 值为 13.961 18,而加载方式的 F 值为 0.502 783,表明加载方式对试材的抗弯强度影响不显著,而环境因子对试材的抗弯强度影响显著。其中,户外自然环境>阳光照射>土壤掩埋。

在户外自然环境中,木塑地板经受雨水和热冲击的交替作用,表面的老化层不断被冲洗去除;回收 PE 受到光照、高温和潮湿的共同作用时,造成的危害大于其中任一单因素的作用。阳光照射环境中,经受的最高温度为 38 ℃,平均为 25 ℃,且木塑地板本身还会吸储热量,在温度和紫外线共同作用下,回收 PE 发生氧化降解,导致抗弯强度降低。而在土壤掩埋两个月后,无添加防腐剂的木塑地板,尽管表面产生了色斑、霉变,但是没有发生分子的降解和分子链断裂,其主要物理性质没有降低。

2.2 木塑地板疲劳/蠕变断裂曲线

由图 2~4 可见,在 25% 应力水平下,试材处于弹性范围,疲劳/蠕变曲线匀为两段式曲线,表明在低应力下,最大载荷保持时间对试材应变增长率影响不大。在 75% 应力水平下,疲劳/蠕变曲线与典型纯蠕变曲线一样,可分为 3 个阶段:1) 为快速小形变阶段,应力与应变成正比,属于瞬时弹性变形;2) 为应变平台阶段,应变几乎为恒定,属于延迟弹性变形;3) 为加速断裂阶段,此时应变增长非常迅速,直至断裂。表明木塑材料的疲劳行为与塑料等高分子材料类似^[6]。在 75% 应力水平下,疲劳/蠕变试验时,随着最大保持时间的增加,蠕变加速了木塑材料的塑性变形,平台应变增加速率相应增加,导致木塑材料在很短的时间内达到很大的弯曲变形量而最终破坏。

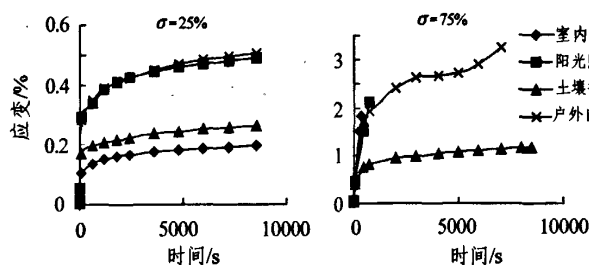


图2 不同应力水平下木塑地板的蠕变性能

Fig. 2 The creep behaviors of wood-plastic flooring at 25% and 75% stress levels under different conditions

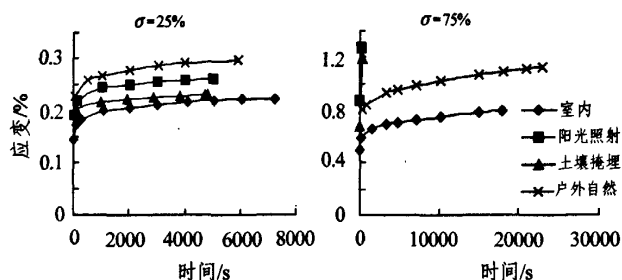


图3 不同应力水平下木塑地板的疲劳性能

Fig. 3 The fatigue behaviors of wood-plastic flooring at 25% and 75% stress levels under different conditions

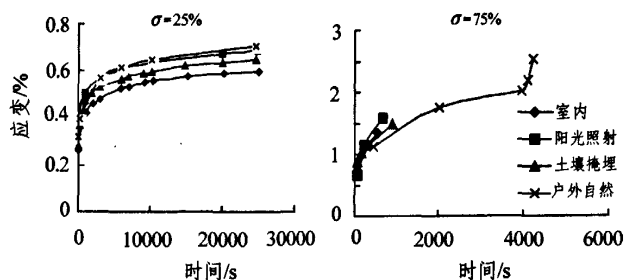


图4 不同应力水平下木塑地板的疲劳/蠕变性能

Fig. 4 The fatigue and creep behaviors of wood-plastic flooring at 25% and 75% stress levels under different conditions

2.3 环境因子对木塑地板疲劳/蠕变性能的影响

由图2~4可知,放置在户外3种环境两个月后,试材在相同加载方式下产生的应变,比室内存放同样时间的要高,表明环境因子对试材的疲劳/蠕变性能影响明显。而户外自然环境对试材的疲劳/蠕变性能影响最大,产生的应变为室内的1.7~2.6倍;其次是阳光照射,为室内的1.3~2.5倍;最后是土壤掩埋,为室内的1.1~1.4倍。

蠕变试验时,在75%应力水平下,室内存放的试材历时360 s,应变达到1.815%发生断裂;阳光照射中

试材历时720 s,应变达到2.127%发生断裂;而户外自然环境试材历时7080 s,应变达到3.245%才发生断裂。这可能是在阳光照射环境中,木塑地板中的回收PE老化降解,脆性增加,试材短时内延性增大。

3种加载方式中,疲劳/蠕变试验时,环境因子对试材的抗弯性能影响,不如纯蠕变的影响大,这可能是高分子基团受纯蠕变累积效应影响,比低循环疲劳大。

3 结论

1) 与室内存放相比,在户外3种环境中放置两个月,试样的抗弯强度降低了5.4%~11%。25%应力水平作用下,经蠕变、疲劳、疲劳/蠕变后,室内试材的剩余强度保留率为94.2%~97.3%,而3种户外环境中,试材的剩余强度保留率为71.9%~95.1%。

2) 交变载荷最大值为破坏载荷的75%时,随着载荷保载时间的增加,试材应变增长速率变大,在短时间内迅速断裂。而交变载荷最大值为破坏载荷的25%时,木塑地板试样的最大载荷保载时间,对试材应变增长率几乎没有影响。

3) 相同加载方式,3种室外环境存放的试样,应变为室内存放的1.1~2.6倍。户外自然环境对木塑地板的疲劳/蠕变性能影响最大,其次是阳光照射,最后是土壤掩埋。

参考文献:

- [1] 朱宇宏,陈维丹,王燕,等.室内用浸渍纸层压木/塑复合地板性能指标分析[J].木材工业,2008,22(2):26-28.
- [2] 胡焱清,李大纲,李玲,等.疲劳/蠕变交互作用下塑木复合材料的断裂损伤[J].塑料工业,2007,35(2):44-45.
- [3] Brandt Christopher W, Fridley Kenneth J. Effect of load rate on flexural properties of wood-plastic composites[J]. Society of Wood Science and Technology, 2003, 35(1):135-147.
- [4] Jiang Long, Michael P Wolcott, Zhang Jin wen, et al. Flexural properties of surface reinforced wood/plastic deck board[J]. Polymer Engineering and Science, 2007, 47(3):281-283.
- [5] 李玲,李大纲,徐平,等.疲劳/蠕变交互作用下竹木复合层合板断裂损伤研究[J].北京林业大学学报,2006,28(2):124-127.
- [6] 肖建斌,江爱民,焦清锋,等.NR/SBR共混物的动态疲劳与断裂特征[J].高分子材料科学与工程,1999,15(3):136-139.

(责任编辑 鲍加芬)