

研究与开发

耐水木塑复合地板弯曲性能的测试方法

朱宇宏¹, 徐朝阳², 李大纲², 陈维丹¹, 吴正元³

(1. 国家工程复合材料产品质量监督检验中心, 江苏南京 210007; 2. 南京林业大学, 江苏南京 210037;
3. 南京聚峰新材料有限公司, 江苏南京 210061)

摘要: 为配合有关标准的制定, 对 6 种异型结构的耐水木塑地板进行了弯曲性能测试公式的推导, 并按照实际常用的跨距进行了测试。结果表明: 300 mm 和 400 mm 两种跨距的弯曲挠度均加大, 但后者最大承载能力较前者小; 这两种跨距对抗弯强度测试值影响不大, 但弹性模量测试值变化较大。在使用中还需结合最大承载力和弯曲挠度, 来确定合适的跨距。

关键词: 耐水木塑地板; 异型; 抗弯强度; 弹性模量

中图分类号: TS653. 6; TU502. 6

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2009)06-0005-03

Test Method for Bending Performance of Wood-Plastic Flooring

ZHU Yu-hong¹, XU Zhao-yang², LI Da-gang², CHEN Wei-dan¹, WU Zheng-yuan³

(1. National Supervising & Testing Center for Engineering Composite Materials, Quality, Nanjing 210007, Jiangsu, China;
2. Nanjing Forestry University, Nanjing 210007, Jiangsu, China; 3. Nanjing Jufeng Advanced Material Co., Ltd, Nanjing 210007, Jiangsu, China)

Abstract: The authors selected six different flooring materials to study bending performance test methods to establish a wood-plastic flooring reference standard. They established a test formula for each kind of flooring, and set the span at 300 and 400 mm, to evaluate the effect. The results showed that when the span was 400 mm the bending deflection increased while the maximum carrying capacity was reduced. The span had little influence on bending strength, but affected the elastic modulus. The authors suggested that capacity and flexibility should be considered to determine an appropriate span.

Key words: water resistant wood-plastic flooring; special-shaped; bending strength; modulus of elasticity

木塑复合材料(WPC)具有木材和塑料的双重特性, 可作为替代木材的新型绿色环保材料, 用作地板、铺板、护栏等。尽管 WPC 在世界范围内得到快速发展, 但很多国家并没有相应的标准, 为规范性能检测方法和评价指标, 2004 年美国出台了专门标准。如 ASTM D7031-04^[2]主要针对木塑复合材料基本性能的测试, ASTM D7032-05/06/07^[3-5]是针对木塑复合材料铺板和扶手制品的测试方法。

目前, 在我国尚无统一的木塑复合材料标准, 因

此, 在检测其物理力学性能时, 有参照塑料标准, 也有参照木材标准进行。由于木塑地板的截面形状不同于木材和木质人造板材地板, 给耐水木塑地板的质量控制和评价带来一定的困难。其力学性能, 是材料和制品的重要性能指标之一, 尤为重要。为此笔者对耐水木塑地板的抗弯强度、弹性模量的计算方法进行讨论, 并结合实际使用情况进行分析, 旨在为木塑地板标准的制定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

抽检的 6 种商用耐水木塑地板制品, 由制定耐水木塑地板标准的参加企业提供, 依次编号为 A、B、C、D、E、F。其中 A、B、C、F 为木纤维/聚乙烯制品, D

收稿日期: 2008-12-17; 修改稿: 2009-09-10

基金项目: 耐水木塑地板标准(20079663-T-432); 江苏省科技成果转化专项资金项目(苏科计[2006]448)。

作者简介: 朱宇宏(1964—), 女, 国家工程复合材料产品质量监督检验中心主任, 高级工程师。

通讯作者: 徐朝阳, 男, 南京林业大学讲师, 博士。

为木纤维/聚丙烯制品,E为木纤维/聚氯乙烯制品,各种制品结构示意图见图1。

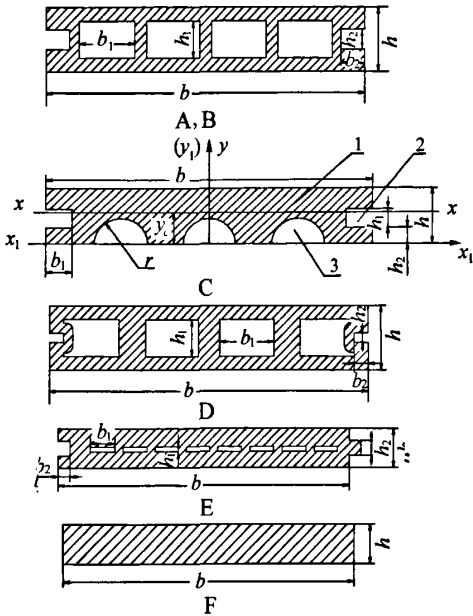


图1 各种木塑复合地板的结构示意图

Fig. 1 Structure of different flooring products

1.2 试验条件

试验环境:温度 24~30 ℃,相对湿度 60%~90%。

1.3 测试指标与方法

测试指标为抗弯强度(MOR)和弹性模量(MOE),按照 GB/T 11718-1999《中密度纤维板》,采用三点加载法进行测定;加载速度(R)参照 ASTM D7032-05/06/07^[3-5]。

$$R=0.00185L^2/h \tag{1}$$

式中:L—跨距,mm;h—制品厚度,mm。

各种规格制品的具体参数见表1。

表1 制品规格及加载速率

Tab. 1 Size of flooring products and testing speed

编号	跨距 L/mm	宽度 b/mm	厚度 h/mm	R/(mm·min ⁻¹)
A	300	135.0	25.4	6.56
	400			11.65
B	300	150.0	25.4	6.56
	400			11.65
C	300	136.0	24.0	6.94
	400			12.33
D	300	144.0	30.0	5.55
	400			9.87
E	300	124.0	16.0	10.41
	400			18.50
F	300	140.0	25.0	6.66
	400			11.84

1.4 测试设备

万能力学试验机 CMT4204,量程 0~500 N、测量精度 0.01。

2 结果与分析

2.1 木塑地板 MOR 与 MOE 计算公式的确定

由于耐水木塑复合地板为异型结构,根据简支梁理论,MOR 的计算公式推导如下:

$$\sigma=\frac{M_{\max}y_{\max}}{I_x}=\frac{P_{\max}Ly_{\max}}{4I_x} \tag{2}$$

式中: $M_{\max}$ —中间加载简支梁最大弯矩; $y_{\max}$ —离中性轴最远距离; I_x —惯性矩。

MOE 的计算公式:

$$E=\frac{\Delta PL^3}{48\Delta fI_x} \tag{3}$$

式中: ΔP —弹性范围内的载荷变化量; Δf —弹性范围内的挠度变化量。

对于本试验采用的异型结构,需对其惯性矩公式进行推导和简化。制品 A、B、D 为对称结构,惯性矩计算简化公式:

$$I_x=bh^3/12-b_1h_1^3/3-b_2h_2^3/6 \tag{4}$$

制品结构 E 的惯性矩计算公式:

$$I_x=bh^3/12-2b_1h_1^3/3 \tag{5}$$

制品结构 F 的惯性矩计算公式:

$$I_x=bh^3/12 \tag{6}$$

制品结构 C,为不对称结构,对其惯性矩的 I_x 计算较为复杂,简要推导过程如下:

选 x_1, y_1 为参考坐标轴,由于 y_1 为组合截面的对称轴,所以 $\bar{x}_1=0$ 。 x 轴和 y 轴分别为过组合截面的形心,且和 x_1 平行。可将图形视为由矩形 1、矩形 2 和半圆形 3 组成(见图 1 C)。

先计算组合截面的形心,得:

$$y_c=\frac{bh^2-b_1h_1(h_1+2h_2)-4r^3}{2bh-4b_1h_1-3\pi r^2} \tag{7}$$

利用矩形截面和圆形截面对各自形心轴的惯性矩计算式,并由平行移轴公式^[6-7]解得:

$$I_{x-x}=\frac{bh^3}{12}+(y_c-\frac{h}{2})^2bh-\frac{b_1h_1^3}{6}-2[y_c-(\frac{h_1}{2}+h_2)]^2b_1h_1-(\frac{3\pi r^4}{8}+\frac{8r^4}{3\pi})-3(y_c-\frac{4r}{3\pi})^2\frac{\pi r^2}{2} \tag{8}$$

将公式(4)、(5)、(6)、(8),分别代入式(2)和(3),则可依次计算出 A~F 制品的 MOR 和 MOE。

2.2 不同跨距的测试结果

木塑复合地板在实际铺装时,龙骨跨距通常为 300~400 mm。本试验测试选择 300、400 mm 两种跨距,6 种结构的木塑复合地板的测试结果见表 2。

表 2 6 种木塑复合地板的测试结果
Tab. 2 Bending performance test results

制品 结构	跨距/ mm	跨高比 L/h	惯性矩/ mm ⁴	最大载 荷/N	最大弯曲 挠度/mm	MOR/ MPa	MOE/ MPa
A	300	11.81	150 819	2 023.5	5.109	14.09	2 697.7
	400	15.75		1 574.8	8.328	14.62	2 989.4
B	300	11.81	183 235	3 528.6	10.261	20.22	1 833.5
	400	15.75		2 486.4	16.238	19.09	1 936.5
C	300	12.50	79 711	2 219.1	9.585	25.22	2 615.9
	400	16.67		1 595.8	15.715	24.18	3 833.1
D	300	10.00	265 500	4 218.0	4.075	19.06	2 612.1
	400	13.33		3 154.0	5.898	19.01	3 233.4
E	300	18.75	42 272	2 081.9	17.857	29.84	2 782.4
	400	25.00		1 570.6	30.511	29.89	2 976.5
F	300	12.00	182 292	2 850.5	7.462	14.66	2 379.1
	400	16.00		2 000.1	12.834	13.72	2 456.5

制品 A 随着跨高比的增加,最大承载载荷减小,弯曲挠度增大,但 MOR 仅降低 3.7%,而 MOE 增加了 10.82%。说明在实际测试时,这 2 种跨高比对抗弯性能的测试值影响不大,若需要获得较高的承载力,铺设时尽量选择较小的跨距。

制品 B 2 种跨距的最大承载力相差 1 042.2 N,最大弯曲挠度的变化也达到了 58.25%;MOR 降低 5.59%,MOE 增加 5.62%。这种规格的制品弯曲挠度较大,在实际铺设时应注意选择合适的跨距。

制品 C 随着跨高比的增大,承载力下降了 623.3 N,弯曲挠度增加 63.95%,MOR 变化不明显,仅降低 4.12%,但 MOE 相差较显著,达到 46.53%;这种结构最大承载力较小,但抗弯性能较好,这主要是由于该制品的惯性矩较小,在同样的载荷和外形尺寸条件下,惯性矩越小,MOR 和 MOE 越大。

制品 D 跨高比为 13.33 时,承载力较跨高比为 10.00,下降了 1 064.0 N,但弯曲挠度增大了 1.832 mm;MOR 变化不大,仅降低 0.26%,MOE 增加了 23.79%。

制品 E 随着跨高比的增大,承载力下降了 511.3 N;制品本身的弯曲挠度较大,在较小的跨距下挠度就达到 17.857 mm,在 400 mm 跨距时,挠度

达到 30 mm 以上。在实际使用时,必须要考虑其变形量大的特点;MOR 增加 0.17%,但 MOE 差异显著,达到 46.53%。

制品 F 随着跨高比的增大,承载力下降了 850.4 N;在跨距 400 mm 时的弯曲挠度几乎为 300 mm 跨距时的两倍,MOR 下降了 6.41%,MOE 变化较小,仅增加了 3.25%。

通过上述分析可以看出,随着跨距的增大,制品的最大承载力均有所下降,其中以制品 B 和制品 D 较明显;制品的弯曲挠度均增大,其中以 E 和 F 制品较明显。不同的跨高比对 MOR 的测试值影响不大,变化量均低于±7%,但 MOE 变化量较大。

3 结论

1) 各种结构形式的耐水木塑地板的抗弯性能测试计算公式不同,在制定有关标准时,要根据具体的形状,选择合适的公式。

2) 两种常用跨距,对地板的 MOR 度测试结果影响不大,但对 MOE 差异性较大。

3) 除考虑 MOR 和 MOE,在实际测试时,需结合实际使用情况,重点考虑木塑地板承载力和挠度。

参考文献:

[1] C Clemons. Wood-plastic composites in the United States; The interfacing of two Industries[J]. Forest Prod, 2002 (6): 10-20.

[2] ASTM D7031-04. Standard guide for evaluating mechanical and physical properties of wood-plastic composite products [S]. 2004.

[3] ASTM D7032-05. Standard specification for establishing performance ratings for wood-plastic composite deck boards and guardrail systems (guards or handrails)[S]. 2005.

[4] ASTM D7032-06a. Standard specification for establishing performance ratings for wood-plastic composite deck boards and guardrail systems (guards or handrails)[S]. 2006.

[5] ASTM D7032-07. Standard specification for establishing performance ratings for wood-plastic composite deck boards and guardrail systems (guards or handrails)[S]. 2007.

[6] 刘鸿文. 材料力学 I [M]. 北京:高等教育出版社,2004:194-197,383.

[7] 张洪学,王世平,胡广君,等. 钢筋混凝土现浇空心板截面刚度计算模型[J]. 吉林建筑工程学院学报,2004,21(2):1-3.

(责任编辑 鲍加芬)

欢迎订阅,欢迎赐稿,欢迎发布信息、刊登广告
详情查阅:www.cwijournal.com