

讨论与建议

耐水木塑地板截面结构特征分析

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: 根据力学理论对目前常见的 3 种异型木塑地板截面结构进行分析, 并结合实际规格尺寸进行相关验算, 推导出 3 种异型木塑地板截面形状惯性矩的计算模型。结果表明: 利用计算模型计算的相对误差较小, 可在实际中应用。同时分析了 3 种异型截面结构的木塑地板的优缺点, 指出需结合具体的实际情况选择使用。

关键词: 异型; 木塑地板; 惯性矩; 截面结构

中图分类号: TU502.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2009)04-0037-03

Characteristics of Cross-Sections of Different Wood-Plastic Flooring Profiles

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 210037, Jiangsu, China;

3. Nanjing Jufeng Advanced Material Co., Ltd, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: Wood-plastic flooring is increasing its share in the flooring market due to its excellent performance in water resistance. Hatch, hollow, and solid structural profiles are the most commonly-used wood-plastic flooring profiles. Based on the specifications of their actual sizes, the moments of inertia for different flooring profiles were estimated using a model. Compared with the actual calculated results, it was found that the differences between the actual calculated and their corresponding estimated moments of inertia were negligible.

Key words: special-shaped; wood-plastic flooring; moment of inertia; cross-section

木塑复合材料主要采用挤出成型工艺, 可根据实际应用的需要, 设计出不同的模具截面, 获得不同结构的木塑制品。随着木塑复合材料在我国的推广应用, 尤其是木塑地板, 亟待制定出相关的国家标准。但由于木塑地板与普通的实木地板和强化木地板的结构不同, 截面多为异型, 如何确定抗弯强度和抗弯弹性模量指标, 给木塑地板的检测带来一定困难。ASTM D7031-04^[1] 主要对木塑复合材料基本性能的测试, 对异型截面结构地板亦尚无专门介绍。为此,

笔者从目前市场上较常见的几种木塑地板入手, 对木塑地板结构在实际使用中的优缺点进行分析, 并参照 Anatole^[2] 对空芯结构制品截面积的计算方法, 试图简化截面形状的计算模型, 旨在标准中有关指标的制定提供依据。

1 木塑地板截面结构与截面积计算

本试验选择目前较常见的开口型、空心型和实心型 3 种截面结构的木塑地板, 且两边都具有矩形企口。根据不同用途设计为: 开口型结构木塑地板上下表面均光滑; 空心型结构木塑地板上表面具有半圆形凹槽, 下表面具有三角形凹槽; 实心型结构木塑地板上表面光滑, 下表面具有三角形凹槽。3 种截面木塑地板的结构见图 1。

收稿日期: 2008-12-17; 修改日期: 2009-05-05

基金项目: 江苏省科技成果转化专项资金(苏科计[2006]448 号, 20079663-T-432)。

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: 李大纲, 男, 南京林业大学教授, 博士生导师。

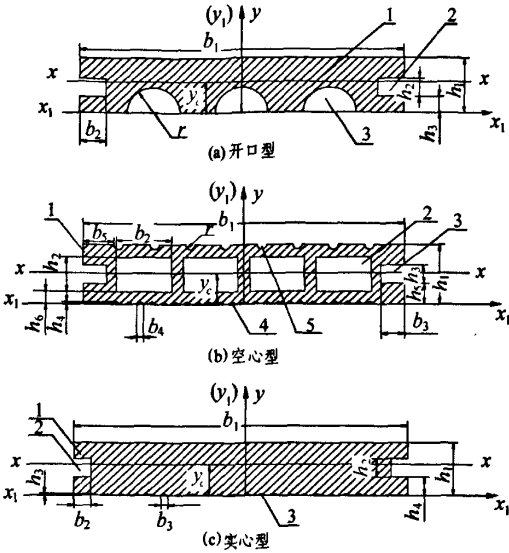


图 1 3 种木塑地板结构
Fig. 1 Cross-section profiles of commonly-used wood-plastic floorings

1.1 开口型(图 1a)

开口型木塑地板的截面图形可看作是由矩形 1、矩形 2 和半圆形 3 组成,选 x_1, y_1 为参考坐标轴。 y_1 为组合截面的对称轴,所以 $\bar{x}_1=0$ 。 x 轴和 y 轴分别为组合截面的形心(重心),且和 x_1 平行。

计算组合截面的形心得:

$$y_c = \frac{b_1 h_1^2 - 2b_2 h_2 (h_2 + 2h_3) - 4r^3}{2b_1 h_1 - 4b_2 h_2 - 3\pi r^2} \quad (1)$$

再利用矩形截面和圆截面对各自的形心轴进行惯性矩计算^[3-4]:

$$I_{x-x} = \frac{b_1 h_1^3}{12} + (y_c - \frac{h_1}{2})^2 b_1 h_1 - \frac{b_2 h_2^3}{6} - 2[y_c - (\frac{h_2}{2} + h_3)]^2 b_2 h_2 - (\frac{3\pi r^4}{8} + \frac{8r^4}{3\pi}) - 3(y_c - \frac{4r}{3\pi})^2 \frac{\pi r^2}{2} \quad (2)$$

1.2 空心型(图 1b)

空心型木塑地板的截面图形,可看成由矩形 1、矩形 2、矩形 3、三角形 4 和半圆 5 组成。组合截面的形心计算原理同开口型截面。

$$y_c = \frac{6b_1 h_1^2 - 24b_2 h_2 (h_2 + h_6) - 12b_3 h_3 (h_3 + h_5) - 46b_4 h_4^2 - 64r^2 [h_1 - (r - \frac{4r}{3\pi})]}{12b_1 h_1 - 48b_2 h_2 - 24b_3 h_3 - 138b_4 h_4 - 48\pi r^2} \quad (3)$$

利用矩形截面、圆形截面和三角形截面对各自的形心轴,计算空心型截面的惯性矩。

$$I_{x-x} = \frac{b_1 h_1^3}{12} + (y_c - \frac{h_1}{2})^2 b_1 h_1 - 4 \frac{b_2 h_2^3}{12} - 4[y_c - (\frac{h_2}{2} + h_6)]^2 b_2 h_2 - 2 \frac{b_3 h_3^3}{12} [y_c - (\frac{h_3}{2} + h_5)]^2 b_3 h_3 - 23 \frac{b_4 h_4^3}{12} - 23(y_c - \frac{h_4}{3})^2 \frac{b_4 h_4}{2} - 8(\frac{\pi r^4}{8} + \frac{8r^4}{9\pi}) - 8(y_c - \frac{4r}{3\pi})^2 \frac{\pi r^2}{2} \quad (4)$$

1.3 实心型(图 1c)

实心型木塑地板的截面图形,可看成是由矩形 1、矩形 2、三角形 3 组成。组合截面的形心计算原理,同开口型截面。

$$y_c = \frac{3b_1 h_1^2 - 6b_2 h_2^2 - 22b_3 h_3^2}{6b_1 h_1 - 12b_2 h_2 - 66b_3 h_3} \quad (5)$$

利用矩形截面、圆形截面和三角形截面对各自形心轴,进行惯性矩计算。

$$I_{x-x} = \frac{b_1 h_1^3}{12} + (y_c - \frac{h_1}{2})^2 b_1 h_1 - 2 \frac{b_2 h_2^3}{12} - 2[y_c - (\frac{h_2}{2} + h_4)]^2 b_2 h_2 - 22 \frac{b_3 h_3^3}{12} - 22(y_c - \frac{h_3}{3})^2 \frac{b_3 h_3}{2} \quad (6)$$

2 木塑地板截面积的简化计算与分析

市场常见的 3 种木塑地板规格尺寸为:开口型截面的 $h_3=7 \text{ mm}$;空心型截面的 $h_5=9 \text{ mm}, h_6=5.5 \text{ mm}$;实心型截面的 $h_4=8 \text{ mm}$;代入相应的公式,计算结果见表 1。

表 1 木塑地板截面规格尺寸及相关计算

Tab. 1 Dimensions and moment of inertia of different cross-section profiles					
截面形状	图示部位	B/mm	h/mm	r/mm	I_{x-x}/mm^4
开 口 型	1	136	24		79 710.9
	2	11	8		
	3			11	
空 心 型	1	135	26		156 942.4
	2	23	15		
	3	10	8		
	4	2	1		
实 心 型	5			2	105 387.1
	1	140	21		
	2	7	5		
	3	2	1.5		

2.1 不同截面形状的简化计算

1) 开口型截面形状

根据计算结果,若忽略两边的企口,其惯性矩(I_{x-x})为 81 311.9 mm^4 ,与实际的 I_{x-x} 误差仅 2.00%,工程计算上可完全忽略企口部分的计算。公

式(2)简化为:

$$I_{x-x} = \frac{b_1 h_1^3}{12} + (y_c - \frac{h_1}{2})^2 b_1 h_1 - (\frac{3\pi r^4}{8} + \frac{8r^4}{3\pi}) - 3(y_c - \frac{4r^2}{3\pi})^2 \frac{\pi r^2}{2} \quad (7)$$

2) 空心型截面形状

比较计算结果,若两边企口不计算在内,其 I_{x-x} 为 158 877.4 mm⁴,误差为 1.23%;若忽略下表面的三角形凹槽, I_{x-x} 为 1 623 10.6 mm⁴,误差为 3.42%;忽略上表面圆型凹槽,其 I_{x-x} 为 178 950.4 mm⁴,误差则稍大,为 14.02%。而忽略两边企口及下表面凹槽三角形, I_{x-x} 为 164 245.6 mm⁴,误差是 4.65%。因此,在实际计算时,可忽略两边企口及下表面三角形凹槽进行 I_{x-x} 计算。公式(4)简化为:

$$I_{x-x} = \frac{b_1 h_1^3}{12} + (y_c - \frac{h_1}{2})^2 b_1 h_1 - 4 \frac{b_2 h_2^3}{12} - 4[y_c - (\frac{h_2}{2} + h_6)]^2 b_2 h_2 - 8(\frac{\pi r^4}{8} + \frac{8r^4}{9\pi}) - 8(y_c - \frac{4r}{3\pi})^2 \frac{\pi r^2}{2} \quad (8)$$

3) 实心型截面形状

若忽略两边企口的计算, I_{x-x} 为 105 562.5 mm⁴,误差为 0.17%;忽略下表面三角形凹槽, I_{x-x} 为 109 149.4 mm⁴,误差为 3.57%。通过忽略两边企口及三角形凹槽,得出 I_{x-x} 为 109 325.7 mm⁴,相对误差为 3.74%。因此,在实际计算时,两边企口及下表面三角形凹槽可忽略不计,公式(6)简化为:

$$I_{x-x} = \frac{b_1 h_1^3}{12} + (y_c - \frac{h_1}{2})^2 b_1 h_1 \quad (9)$$

2.2 截面形状分析

梁可承担的最大弯矩与抗弯截面系数 W 成正比, W 越大越有利。另一方面,使用材料的多少与截面面积 A 有关。可用 W 与 A 的比值来判断两截面形状的合理性,比值越大表示截面较为合理。通过表 2 可知,这 3 种木塑地板截面形状中,空心型结构最为合理;开口型结构由于在板材下半部开有半径为 11 mm 的圆口,使中心轴位置上升,导致 y_c 变大,抗弯截面系数变小。同时从木塑地板三点弯曲应力分析角度来看,离中心轴越远,正应力越大。通过分析得知,在受弯曲力作用时,底部为开口型结构的木塑地板,承受的拉应力较大。

表 2 截面形状的比较

Tab. 2 Moment of inertial and section moduli of different cross-section profiles

	截面形状		
	开口型	空心型	实心型
W^*	5 718.1	10 060.4	9 443.2
A	2 518.0	1 846.2	2 748.5
W/A	2.27	5.45	3.44

*: 截面系数 $W = I_x / y_c$

3 种截面结构的木塑地板,各有不同的适用场合。开口型结构的木塑地板,其上表面较厚,耐磨、耐冲击,同时由于下表面具有半圆槽,对地面的积水可起导流作用;空心型结构的木塑地板,结构较为合理,但上表面相对较薄,在受冲击力时易损坏;同时,由于中间排列了 4 个 23 mm×15 mm 矩形空心结构,易蓄水,气温较高时,内部产生的水蒸气,易引起木塑地板损坏;实心型结构木塑地板相对而言具有较高的耐磨、耐冲击性,但原料消耗较多。所以在使用时,应根据实际情况,选择合适截面的木塑地板。

4 结论

- 1) 计算开口型木塑地板的截面形状,可忽略两边的企口;空心型和实心型木塑地板截面形状计算时,可忽略两边企口和下表面三角形凹槽。
- 2) 开口型、空心型和实心型截面形状计算的近似公式,在实际应用中可简化计算公式。
- 3) 理论上空心型木塑地板的截面结构最为合理。但在实际使用中,还需结合具体情况考虑选择。

参考文献:

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

[2] Anatole A Klyosov. Wood-Plastic Composites[M]. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 2007:229-231.

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

[4] 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)