

研究与应用

不同结构杨木单板层积材的蠕变和抗弯性能

徐咏兰, 华毓坤

(南京林业大学人造板研究所, 南京 210037)

摘要: 本文研究了单板层积材(LVL)的压缩率、结构形式和增强方式对其蠕变特性、弹性模量以及静曲强度的影响。研究表明:在本研究范围内,提高LVL的密度和合理组坯是改善其力学性能和蠕变特性的较好途径;采用浸胶单板可适当改善LVL的力学性能;LVL的蠕变特性曲线同木材的相似,但其瞬时挠度一般大于瞬时弹性恢复值;通过提高LVL的静曲强度和弹性模量有望改善其蠕变性能。

关键词: 单板层积材(LVL);压缩率;蠕变;静曲强度;弹性模量

中图分类号:S792,TS653.2 文献标识码:A 文章编号:1001-8654(2002)06-0010-03

Creep Behavior and Bending Properties of Poplar LVL in Different Assembly Types

XU Yong-lan, HUA Yu-kun

(Research Institute of Wood-based Panel, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: The effects of compression ratio, assembly type and reinforcement method on mechanical properties of Poplar laminated veneer lumber (LVL) were investigated. Among all the factors, the compression ratio was the most effective. Higher compression ratio resulted in higher modulus of rupture (*MOR*), modulus of elasticity (*MOE*) and shear strength but less deflection related to creep. LVL assembled using thinner veneer on the face and thicker veneer in the core layers, as well as LVL made by resin impregnated veneer showed better mechanical properties. LVL with fiberglass reinforcement had less effective influence. The creep behavior of LVL was similar to that of wood. However, the instantaneous recovery of LVL specimens, measured after load removal, was less than the instantaneous deflection. Some assembly types mentioned in this paper could benefit LVL by increasing *MOR* and *MOE* as well as modifying creep behavior.

Key words: Laminated veneer lumber (LVL); Compression ratio; Creep behavior; *MOR*; *MOE*

在恒定应力作用下,材料的应变随时间增加而逐渐增大的特性称为蠕变^[1]。在考虑某木质复合材料是否适用于工程用途时,材料的蠕变特性是一个重要因子。例如,木梁或其它木质承重构件有时在低于破坏载荷的情况下突然破坏^[1],就是由于构件在长期载荷作用下,因蠕变而产生挠度过大所致。所以用作结构材料的木质复合材料,必须研究其蠕变特性。

据研究,木质复合材料和木材的蠕变性能曲线基本相似,但还是各有特点,如实木材料在施加荷载时的瞬时变形值等于荷载去除时的瞬时弹性恢复值;

而定向刨花板的瞬时弹性恢复量却比加载瞬时变形值大^[2]。单板层积材(LVL)是多层厚单板顺纹平行层积胶合而成的一种结构材,广泛应用于建筑业,部分取代实木用作梁、柱、桁架等建材构件以及车船、门窗框架、桥梁和枕木等。本研究以速生意杨材为原料,探讨单板层积材的结构形式和增强方式对其蠕变特性、抗弯性能的影响。

1 材料和方法

1.1 试验板制作

试验材料 意杨单板外购,单板含水率10%。胶粘剂为PF树脂胶,外购,深棕色粘稠液体,粘度280

收稿日期:2002-07-01

作者简介:徐咏兰(1942-),女,南京林业大学木材工业学院教授。

mPa·s(20℃), 固体含量(45±1)%, 游离酚<0.5%。试验制作了 7 种不同组成结构和不同压缩率的杨木 LVL(见表 1): A~D 均由 3 mm 厚涂胶单板组坯而成, 压缩率由 18%~27% 不等; E 为 1.5、3 mm 厚单板混合构成; F 为 3 mm 厚浸胶单板组合而成, G 为浸胶玻璃纤维增强的复合结构。

表 1 试验设计及安排

Tab. 1 Test design and arrangement

LVL 类型	压缩率/%	组坯结构
A. 基准	21	均匀结构, 单板涂胶
B. 低压缩率	18	均匀结构, 单板涂胶
C. 高压缩率	24	均匀结构, 单板涂胶
D. 高压缩率	27	均匀结构, 单板涂胶
E. 组合结构	18	上下各 4 层用 1.5 mm 单板浸胶; 其余为 3 mm 单板涂胶
F. 浸胶单板	21	均匀结构, 单板浸胶
G. 浸胶玻璃纤维增强	21	正、背面的 2、4 层为浸胶玻璃纤维, 其余层均为 3mm 涂胶单板

制板工艺 3 mm 厚单板涂胶量为 220 g/m²(双面); 3 mm 厚单板浸胶量为 25%(固/固), 1.5 mm 厚单板浸胶量为 32%(固/固); 玻璃纤维浸胶量为 100%。热压温度 160℃; 热压时间 1 min/mm 板厚; 规格 1 220 mm×1 220 mm×38 mm。

1.2 性能测试

MOR、MOE 和密度试件的制作与测定均依据日本《结构用单板层积材标准 JAS 1494-1991》有关规定进行。蠕变测试条件: 夏季室温, RH 为 70%~75%; 方法: 试件两支点间的间距为其厚度的 24 倍, 中间加载, 载荷为最大破坏载荷的 1/3; 加载时间为 504 h, 用固定百分表跟踪测量试件的变形量; 卸载 336 h 后测试试件挠度恢复量以及残余 MOR。

2 结果和讨论

2.1 试验结果

7 种 LVL 主要物理力学性能的测定结果列于表 2 和图 1。

表 2 7 种结构 LVL 的主要物理力学性能

Tab. 2 Physical and mechanical properties

for 7 LVL assembly types

代号	MOR MPa	MOE MPa	S _{水平} MPa	S _{垂直} MPa	密度 g/cm ³	平衡含水率 %
A	103	9910	7.2	8.1	0.54	2.8
B	96.4	9160	6.9	7.8	0.52	3.2
C	128	11560	8.0	9.2	0.59	3.0
D	145	13200	11.5	13.8	0.66	3.8
E	121	11480	8.6	10.1	0.53	2.8
F	109	11000	8.8	11.1	0.61	3.8
G	106	9980	7.6	9.1	0.67	3.8

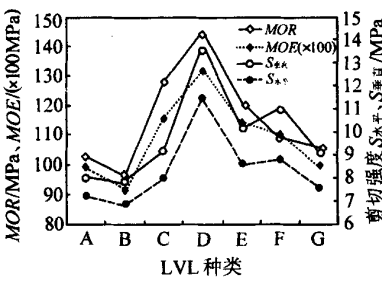


图 1 7 种 LVL 的主要力学性能

Fig. 1 Mechanical properties of 7 LVL assembly types

蠕变试验结果见表 3。5 种类型 LVL 的蠕变曲线基本相仿(图 2)。

表 3 蠕变试验数值

Tab. 3 Results of creep test

项目	A	C	E	F	G
残余 MOR /MPa	87.9	123.3	116.5	100.4	96
瞬时挠度 /mm	4.05	2.42	3.5	3.72	3.85
瞬时恢复 /mm	3.80	2.15	2.94	3.15	3.26
最大挠度 /mm	4.68	2.65	3.70	4.15	4.28
残余挠度 /mm	0.81	0.32	0.48	0.78	0.90

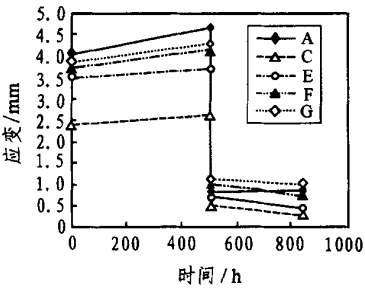


图 2 5 种 LVL 的蠕变特性曲线

Fig. 2 Creep curves of 5 LVL assembly types

2.2 讨论

2.2.1 从表 2 和图 1 可见, A~D 型 LVL 热压时压缩率越大, 其 MOR 和 MOE 也越大, 且 D 型 LVL 的值是本研究中的最大值。这是由于压缩率大, LVL 密度增大。D 型和 B 型相比, 密度虽然增加了 26%, 但 MOR 和 MOE 相应增加了 50% 和 44%。由此可见, 在本试验范围内, 通过增加密度来提高速生杨普通型 LVL 力学性能是合理的。

2.2.2 从表 2 和图 1 可看出, 从 D~G 型 LVL 的 4 项主要力学指标中, MOR、MOE 呈完全下降趋势; 而剪切强度则 F 型比 A 型、E 型和 G 型有所提高, 说明单板浸胶和使用浸胶玻璃纤维的方法对提高 LVL 的 MOR 和 MOE 的效果不明显, 但可改善 LVL 两个方向的剪切强度。

2.2.3 对比表 2 和图 1 中 B、E 型 LVL, 虽然压缩率

相同,但力学指标却有一定差距,以 *MOR* 和 *MOE* 为例,前者仅为后者的 78% 和 79%。差别关键在于 B 型 LVL 全部由厚度 3 mm 的单板构成;而 E 型的表层是各由四层 1.5 mm 单板构成,芯层全为 3 mm 厚单板。由于热压时表层薄单板的压缩率比同样状态下的厚单板大,同时薄单板的旋切质量较厚单板好,所以 E 型 LVL 的表层密度比 B 型高,因而力学性能亦高。可见,通过调整 LVL 结构中不同层的单板厚度也可改变 LVL 的力学性能。

2.2.4 从表 3 和图 2 可见,所测试的 5 种 LVL 中都观察到了瞬时恢复;其中瞬时挠度值、最大挠度值以及瞬时弹性恢复值的次序为: A>G>F>E>C,与这 5 种 LVL 的 *MOE*、*MOR* 的变化成反向关系,即 *MOE*、*MOR* 越大,这几项数值越小。所以,提高材料的 *MOR* 与 *MOE* 应有助于改善材料的蠕变特性。

2.2.5 当解除荷载时,5 种 LVL 的瞬时弹性恢复量均小于瞬时挠度值,而实木则两者相等。这因为 LVL 的断面密度分布不同于木材,其表层密度大于芯层,因而其蠕变特性曲线的各分段数值会有差异,但 LVL 仍是以木材为主的木质复合材料,故两者的基本特性应是相似的。

2.2.6 在蠕变试验的 5 种 LVL 中,C 型 LVL 各项蠕变指标最好,因为 C 型 LVL 压缩率最大,由此可见,比较不同结构和组成,仍然以增大压缩率的方法

最为有效。E 型 LVL 蠕变性能仅次于 C 型,虽然本研究中将 E 型 LVL 的压缩率设计为最低,结果表明,薄表厚芯的组坯形式有助于改善板材的蠕变性能。

2.2.7 比较 A、G 与 F 型 LVL,三者的压缩率相同,其中以 F 型的蠕变指标较好,说明采用浸胶单板组坯也可以改善其蠕变性能。

3 结论

1) 提高单板层积材的密度和合理的组坯结构是提高其 *MOR*、*MOE*、剪切强度以及改善蠕变性能的较好途径;

2) 采用浸胶单板可以适当改善 LVL 的上述力学性能;使用浸胶玻璃纤维对改善 LVL 的主要力学性能的效果不显著;

3) 单板层积材的蠕变特性曲线同木材的基本相似,但前者的瞬时挠度一般高于瞬时弹性恢复值;提高单板层积材的抗弯性能有望改善其蠕变性能。

参考文献:

- [1] Jozsef Bodig, Benjamin A Jayne. 木材与木材集成品之力学 [M]. 陈周宏译. 台湾:全惠图书公司,1991,161~170.
- [2] Min-Chyan Yeh, R C Tang. Effect of Resin Content on the Creep Behavior of OSB under Adsorption[J]. 林产工业(台湾),1998,17(4):671~680.

《木材工业》杂志征稿简章

- 1 来稿应论点明确,数据真实,文字精炼,且必须是除本刊外未投任何其它刊物的稿件。文章应有中、英文摘要和关键词,阐明目的、方法、结果或结论。研究报告、论文、综述类文章以 6000 字以内为宜;其它文章 4000 字以内。
- 2 书写顺序:标题→作者姓名(限 5 人)、单位、邮编→中文摘要(200 字以内)、关键词(2~5 个)→英文题目→作者姓名(拼音)、单位英文名称、邮编→英文摘要(800 字符以内)、关键词→正文→致谢词(选项)→参考文献(10 篇以内)。
- 3 投稿形式:以电子文稿为主(3"软盘或 Email 附件)用 word 文档格式编写,并附打印稿 1 份。手写稿以稿纸工整书写,忌连草体,请勿用复印、油印及传真稿件。
- 4 二、三级层次标题采用“1.1”“1.1.1”的形式,左起顶格,序号后空一格写层次标题。图题、表题目均需提供相应的英文题目。
- 4.1 插图:4 张以内,用电子文件提交。如提供激光打印墨稿或手绘图稿,宽度不超过 17cm。
- 4.2 表格:设计合理、紧凑。每篇文章表格不超过

- 5 个为宜,表中空格表示未测项或无此项;一表示无结果;
- 4.3 计量单位、符号:以国标为准,按要求使用大小写、正斜体。
- 5 参考文献:用[]在文中加注于右上角,按在文中出现的先后排序。文种仅限中、英文两种(其他语种需译成中文或英文)。
- 6 审稿:按程序送审,自收稿之日起 3 个月内答复作者刊用与否,审稿期间不得改投他刊。恕不退稿,请自留底稿。
- 7 来稿附言:①第一作者的出生年月、性别、单位名称及职务、职称、学位及基金项目名称;②主要联系人的电话、传真及 Email 地址。③请申明该稿未投其它刊物。
- 8 出版费:研究报告、论文及部分综述栏目的文章按 50 元/千字收取,其它栏目酌免。付费者发表优先、稿费从优。
- 附加费:对插图、表格及文字数超出本刊要求的及提前发表的文章酌收超版费及加急费。
- 9 本刊所支付的稿费中已含本刊电子版稿酬。