

落叶松规格材的钉连接性能

王春明¹, 费本华², 林利民¹, 刘一楠¹, 高大宏¹

(1. 黑龙江省木材科学研究所, 黑龙江哈尔滨 150081; 2. 国家林业局北京林业机械研究所, 北京 100029)

摘要: 钉连接是木结构中常用的连接方式之一。依据美国钉连接的试验方法及设计值的确定方法, 对我国东北地区落叶松的钉连接性能进行了检测。结果表明, 随着圆钉直径的增大, 落叶松的抗拔出力和抗剪切力基本呈上升趋势。并对东北地区落叶松钉连接的参考设计值进行了分析。

关键词: 钉连接; 落叶松; 抗剪切力; 抗拔出力

中图分类号: S791.22; TS6 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2010)03-0007-03

Nailed Joint Performance of Larch Dimensional Lumber

WANG Chun-ming¹, FEI Ben-hua², LIN Li-min¹, LIU Yi-nan¹, GAO Da-hong¹

(1. Wood Science Research Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150081, Heilongjiang, China;

2. Forestry Machinery Research Institute of State Forestry, Beijing 100029, China)

Abstract: The nail joint is a common connection used in timber structures. This paper focuses on nailed joint performance of larch lumber, a common species in northeast China. The authors introduced the test methods for American nailed joints and how to develop the design values for wood structures with domestic wood species. The results could be used to develop design values of larch in this area.

Key words: nailed joint; larch; lateral resistance values; withdrawal values

现代木结构建筑已在许多国家普遍应用, 尤其是美国和北欧, 木结构住宅处于市场主导地位; 在日本, 新建房屋的 50% 以上也是木结构建筑。近年来, 随着国外木结构住宅逐步进入我国市场, 以及我国木结构建筑相关规范的相继出台, 我国的木结构建筑行业得到快速发展^[1]。

在现代木结构建筑中, 常用的连接方式有: 钉连接、螺栓连接、齿连接、连接件连接等。连接方式对建筑质量、施工方式及建筑物的耐久性等至关重要, 是木结构建筑研究的重要内容之一。其中钉连接具有结合紧密, 制作简单, 安全可靠等优点, 因而被广泛用于木结构的连接^[2]。

钉连接的性能主要取决于圆钉自身的性能和木

材的握钉性能, 本研究参照美国相关的标准和检测方法, 进行了相关的测试及设计值的确定分析, 以期为国产树种木材的钉连接性能研究, 提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 长白落叶松 (*Larix olgensis* Henry): 规格 (长×宽×厚) 300 mm×89 mm×38 mm, 平均密度 596 kg/m³, 含水率 11.7%, 产自黑龙江。因钉连接试验采用小规格试件, 检测结果受缺陷的影响很小, 因此未进行试材分等。

2) 圆钉: 普通低碳钢, 市售, 规格见表 1。

根据美国评估机构 ICC-ES AC116《钉验收标准》的要求, 参照 ASTM F1575-03《测定钉子抗弯屈服试验方法标准》和 ASTM F1667-05《楔入式紧固件 (钉子、长钉和 U 形钉) 标准规范》, 检测圆钉抗屈服强度, 结果见表 1。

收稿日期: 2009-06-26; 修改日期: 2010-10-08

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目 (2006BAD18B07)。

作者简介: 王春明 (1976—), 男, 黑龙江省木材科学研究所助理研究员。

表 1 圆钉规格与抗弯屈服强度

Tab. 1 The dimension and bending yield moment of the nails

圆钉 编号	圆钉规格		抗弯屈服强度/MPa	
	直径/mm	长度/mm	实测值	标准值
1	2.50	50	917.1	689.5
2	2.80	50	999.0	
3	3.75	80	821.4	620.6
4	4.10	90	839.5	

1.2 试验设备

力学实验机,钉连接专用卡具,自制。

1.3 性能检测

1.3.1 抗剪力

参照美国 NDS-1997《国家木结构设计规范》,选取 3 组试验: 1) 2* 圆钉+厚度分别为 16、45 mm 的试板; 2) 3* 圆钉+厚度分别为 25、60 mm 的试板; 3) 4* 圆钉+厚度分别为 38、70 mm 的试板。试板长度与宽度分别为 300、38 mm。每组试件 15 个。

为防止木材发生劈裂,对试材均进行了预钻孔。按照 ASTM D1761-88《木材中用机械对紧固件试验方法标准》,将 2 试板重叠 100 mm 放置,圆钉从薄板一侧钉入重叠部分的中心部位,钉入区域内不得有节子、树脂道、裂缝等缺陷。在试件端部钻孔($d=20$ mm),以 2.5 mm/min($\pm 25\%$)的速度实施拉力载荷,并记录最大载荷(图 1)。



图 1 抗剪力试验装置

Fig. 1 Test equipment of lateral resistance

1.3.2 抗拔出力

选取上述 4 组圆钉,试材规格(长×宽×厚)150 mm×38 mm×50 mm。每组试件 15 个。

参照 ASTM D1761-88,将圆钉由试块表面向内垂直钉至 32 mm 处。2 个圆钉由弦切面钉入,2 个由径切面钉入。钉入部位距木材侧边应 ≥ 19 mm,距端部 ≥ 38 mm。钉入的圆钉相互错开,避开缺陷,且同一表面 2 圆钉间距 ≥ 50 mm。将钉帽部连接到相配的夹具上,加载方式同抗剪力试验。

1.3.3 参考设计值

参照标准 ICC-ES AC116、NDS-1997 和 GB

• 8 •

50005-2003《木结构设计规范》,分别计算落叶松规格材的抗剪力设计值与抗拔出力设计值。

2 结果与分析

2.1 落叶松规格材的钉连接性能

2.1.1 抗剪力

圆钉连接落叶松规格材的抗剪力测定结果,列于表 2;钉径对试材抗剪力影响的方差分析见表 3。

表 2 落叶松规格材的抗剪力

Tab. 2 The lateral resistance value of larch

圆钉编号	抗剪力/N	变异系数/%
2	1 872.6	19.8
3	2 473.2	21.7
4	3 164.6	22.2

表 2 显示,3* 圆钉的抗剪力较 2* 圆钉增加了 32%,4* 圆钉较 3* 圆钉提高了 28%。说明随着圆钉尺寸的增大,试件的抗剪力增大。抗剪力的变异系数相差不大,平均值为 21.2%。

试验中的非正常破坏试件,主要表现为薄板的开裂,与落叶松自身的性质有关。

表 3 钉径对抗剪力影响的方差分析

Tab. 3 Variance of analysis of nail shank diameter effect on lateral resistance value

差异源	自由度	离差平方和	均方和	F	P
钉径	2	10 785 237	5 392 619	18.19	0.000
误差	37	10 970 142	296 490		
合计	39	21 755 379			

注: $P<0.01$;高度显著; $0.01<P\leq 0.05$;显著; $P>0.05$;不显著;下同。

由表 3 可见,圆钉直径对试材抗剪力的影响高度显著,与在一定范围内,钉径越大,其抗剪力越强的规律相符。

2.1.2 抗拔出力

圆钉连接的落叶松规格材的抗拔出力测定结果列于表 4;钉径对抗剪力影响的方差分析见表 5。

表 4 落叶松规格材的抗拔出力

Tab. 4 The reference withdrawal values of larch

圆钉编号		抗拔出力/(N·mm ⁻¹)	变异系数/%
1	弦向	18.7	34.8
	径向	24.0	23.6
2	弦向	23.8	65.9
	径向	33.5	39.9
3	弦向	24.2	43.8
	径向	33.8	29.2
4	弦向	27.7	38.2
	径向	27.6	28.3

由表 4 看出,随着圆钉直径的增大,落叶松的弦向、径向的抗拔出力基本呈上升趋势,但 4# 圆钉的径向抗拔出力轻微回落。可能是因为圆钉直径太大,引起木材开裂,从而影响了抗拔出力。

落叶松径向抗拔出力变异系数平均值为 30.3%,优于弦向(45.7%)。分析原因,落叶松早晚材差异较大,当圆钉径向钉入时,穿过木纹的层数基本一致;而弦向时,由于木纹的弧度致使钉入晚材的厚度差别较大,导致变异系数大。

表 5 钉径对抗拔出力影响的方差分析
Tab. 5 Variance of analysis of nail shank diameter effect on withdrawal values

	差异源	自由度	离差平方和	均方和	F	P
弦向	钉径	3	521	174	1.40	0.252
	误差	56	6 937	124		
	合计	59	7 458			
径向	钉径	3	1 099	366	4.11	0.010
	误差	56	4 991	89		
	合计	59	6 091			

表 5 的数据表明,圆钉直径对径向抗拔出力影响显著。而弦向抗拔出力变异系数较大,数值离散程度较高,影响了方差分析结果,因此,圆钉直径对弦向抗拔出力的影响不显著。

2.2 落叶松规格材钉连接性能的参考设计值

2.2.1 抗剪力参考设计值

落叶松抗剪力参考设计值,如图 2 所示。

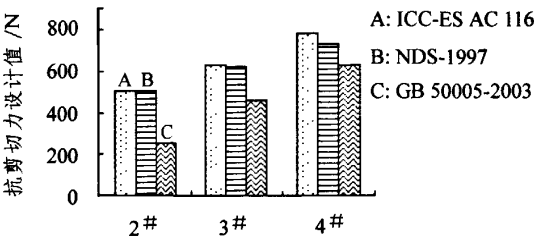


图 2 落叶松抗剪切力的参考设计值
Fig. 2 Proposed lateral resistance design value of larch

从图 2 看出,3 种圆钉连接的落叶松规格材的抗剪切力变异系数相差不大,且 ICC-ES AC116 与 NDS-1997 两项标准的检测和计算,均采用美国标准,落叶松的抗剪切力参考设计值亦基本一致,但较我国 GB 50005-2003《木结构设计规范》规定的设计值高。

NDS-1997 规定,在建造房屋时,需根据不同气候和使用情况,参考设计值还需乘以多个连接调整因数,而我国 GB 50005-2003 中没有设置调整因数。

2.2.2 抗拔出力参考设计值

我国 GB 50005-2003 未涉及抗拔出力设计值的计算。由于 NDS-1997 只对侧木纹进行了规定,未分弦向和径向。因此,取 ICC-ES AC116 中的弦向和径向抗拔出力参考设计值的平均值,与 NDS-1997 对比(见图 3)。

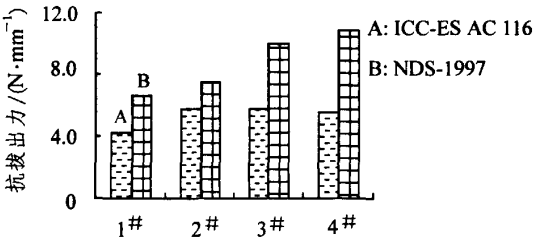


图 3 落叶松抗拔出力的参考设计值
Fig. 3 Proposed withdrawal design values of larch

从图 3 可见,NDS-1997 的设计值高于 AC116 的参考设计值,具体原因有待于进一步研究。同时,NDS-1997 规定,当圆钉从木材端部钉入时,不允许承受拔出力。

3 结论与建议

1) 随着圆钉尺寸的增加,落叶松规格材的抗剪切力、抗拔出力提高。抗剪切力变异系数均值为 21.2%,抗拔出力变异系数平均值分别为:径向 30.3%和弦向 45.7%。

2) 按 ICC-ES AC116 的要求,落叶松抗剪切力参考设计值与美国 NDS-1997 基本一致;而抗拔出力设计值低于美国 NDS-1997 的计算值。

3) 试验发现,国产落叶松易开裂,除了与其自身性质有关外,还与预钻孔的大小有关。建议研究预钻孔直径对握钉力及开裂的影响,以期达到最佳的钉连接效果。同时尽快制定出我国钉连接的试验方法标准和技术规范。

4) 建议对其他常用木结构树种的钉连接性能进行研究,建立适用于我国木结构钉连接的公式和理论,为我国木结构建筑设计提供依据,为进入国际木结构建筑市场奠定基础。

参考文献:

[1] 任海青,周海宾,费本华,等. 现代木结构住宅在中国的发展机遇和挑战[J]. 木材加工机械,2006(1):29-31.
[2] 木结构设计手册编辑委员会. 木结构设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005:76-79.

(责任编辑 姜 征、张一萍)