

齿板尺寸对齿板节点拉伸性能的影响

叶虹^{1,2}, 谢宝元¹, 赵荣军³, 周海宾³, 费本华²

(1. 北京林业大学, 北京 100083; 2. 国家林业局北京林业机械研究所, 北京 100029;
3. 中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 依据 GB 50005-2003《木结构设计规范》,测定不同尺寸的进口齿板对接合节点的影响。结果表明:齿板长度对接合节点的破坏形式、极限承载力和刚度影响显著;齿板宽度对破坏形式的影响不显著,对极限承载力和刚度影响显著;板齿压入长度与节点刚度的相关性不大。

关键词: 齿板节点; 齿板尺寸; 破坏形式; 极限承载力; 刚度

中图分类号: TS6; TU531.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2010)06-0015-03

Effect of Plate Size on Tension Performance of Truss-Plate-Jointed Dahurian Larch Lumber

YE Hong^{1,2}, XIE Bao-yuan¹, ZHAO Rong-jun³, ZHOU Hai-bin³, FEI Ben-hua²

(1. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Beijing Forestry Machinery Research Institute of State Forestry Administration, Beijing 100029, China; 3. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Mechanical properties of different truss-plated lumber configurations were evaluated according to GB 50005-2003. Plate size influence on tension-splice joint performance was also studied. The results showed that the ultimate bearing capacity and joint stiffness both increased as plate length or width increased. It was found that plate length significantly influenced the failure mode while the plate width did not. However, the plate width and tooth length indicated a significant relationship with the joint strength.

Key words: metal plate connected joint; plate size; mode of failure; ultimate strength; stiffness

齿板连接具有施工周期短、效率高、节点性能稳定可靠等优点,目前已成为轻型木结构的主要连接方式之一。1997—2001年,齿板连接的木桁架年产值,以年均7.7%的速度增长^[1]。北美已形成了成熟的齿板连接木桁架结构分析和设计标准。

近年来,我国亦开始应用齿板连接木桁架,2003年颁布的 GB 50005-2003《木结构设计规范》,首次增加了齿板连接的内容。但我国的齿板连接木桁架产

业仍处于起步阶段,目前大多齿板连接件依靠进口,且使用国外的软件进行木桁架设计,导致国内齿板连接木桁架的造价较高,推广困难。

本文采用不同规格的齿板连接件与国产落叶松规格材构造接合节点,测试并分析齿板长度、齿板宽度及板齿长度,对齿板接合节点力学性能的影响,以为国产规格材齿板连接木桁架和国产齿板的设计,提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 兴安落叶松(*Larix gmelinii*),树龄30年以上,

收稿日期: 2009-11-09; 修改日期: 2010-01-26

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划课题(2006BAD18B07)。

作者简介: 叶虹(1984—),女,北京林业大学硕士研究生。

通讯作者: 费本华,男,北京林业机械研究所研究员,博士生导师。

采自大兴安岭地区,规格(长×宽×厚)300 mm×90 mm×40 mm,含水率(12±2)%,密度0.5~0.82 g/cm³。

2) 齿板,型号 M20,Mitek 公司生产,齿板规格见表 1、2,每组试件 10 个。节点构造方式采用荷载平行于木纹,且平行于齿板主轴。依据 GB 50005-2003,将齿板上距试材端部 12 mm 及边距 6 mm 内的板齿去除。

1.2 方法与检测

节点制备以及节点测试方法,与文献[2]基本相同。在检测齿板板齿长度的影响试验时,需在齿板四周加装一定厚度的垫片,以控制齿板的压入速度,及板齿压入木材的深度。节点制作完成后取出垫片。

2 结果与讨论

2.1 齿板长度对节点性能的影响

齿板宽度为 75 mm,测试齿板长度变化对齿板接合节点性能的影响,如表 1 所示。

表 1 不同长度齿板的节点极限承载力与刚度测试结果
Tab. 1 Ultimate bearing capacity and stiffness of truss-plate joints at various lengths

长度/齿数/ mm 个	破坏形式及 所占比例/%	承载力/kN		刚度/(kN·mm ⁻¹)	
		极限	单齿	极限承载力	0.38mm 滑移时
50 24	齿拔出	7.14	0.30	10.01	16.86
100 72	齿拔出/90、 齿板断裂/10	22.21	0.31	33.28	51.41
150 120	齿板断裂	27.83	0.23	32.17	64.70
200 168	齿板断裂	27.93	0.17	38.71	70.00

注:因大多数节点在最大荷载时的位移无法达到规范规定的 0.8 mm,故借鉴 McCarthy 的研究^[3],计算 0.38 mm 的相对滑移值的刚度,为割线刚度值^[4]。下同。

从表 1 可以看出,随着齿板长度的增加,节点的破坏形式由齿板拔出,变成齿板断裂破坏。这是因为齿板节点的破坏形式,取决于齿板的抗拔能力和钢板的承载力。

齿板长度较小时,板齿数量亦较少,齿板的抗拔能力较低,齿板钢板还未达到极限荷载时,板齿就已拔出;随着齿板长度的增加,板齿数量增加,齿板的抗拔能力提高。达到极限荷载时,齿板发生断裂,而板齿仍未拔出,此时节点发生齿板断裂破坏。

在齿板长度<150 mm 时,齿板接合节点的极限承载力,随着齿板长度的增加而显著提高,当齿板长度>150 mm,节点的破坏形式发生改变后,齿板长度对极限承载力的影响逐渐变小。齿板长度对节点承载力的影响,取决于节点的破坏形式^[5]。当节点的破坏形式改变后,齿板单齿承载力急速下降,齿板长度

为 150 mm、200 mm 的单齿承载力,仅为长度 50 mm 齿板的 77%和 57%。说明距离规格材自由端愈近,单齿的承载力对节点抗拉性能的贡献愈小。

随着齿板长度的增加,节点刚度基本呈上升趋势,但增速逐步趋缓;0.38 mm 滑移时的刚度大于节点极限承载力时的刚度。可能是因为齿板断裂破坏时,极限承载力和刚度主要取决于齿板钢板本身的性能,当齿板宽度一定时,断裂处钢板的横截面积相同,极限承载力和刚度也基本稳定。

2.2 齿板宽度对节点性能的影响

选择长为 100 mm 的齿板,考察其宽度对节点承载力和刚度的影响,结果列于表 2。

表 2 不同宽度齿板节点的极限承载力与刚度测试结果
Tab. 2 Ultimate bearing capacity and stiffness of truss-plate joints at various widths

宽度/齿数/ mm 个	破坏形式及 所占比例/%	承载力/kN		刚度/(kN·mm ⁻¹)	
		极限	单齿	极限承载力	0.38mm 滑移时
38 36	齿拔出	11.73	0.33	18.56	26.38
50 48	齿拔出/80、 齿板断裂/20	16.80	0.35	23.44	35.84
75 72	齿拔出/90、 齿板断裂/10	22.21	0.31	33.28	51.41

表 2 所列,3 种齿板的规格较小,板齿数量较少,故齿板的抗拔出能力较弱;齿板钢板的截面尺寸较小,齿板的承载能力较低,大多数为齿拔出破坏。在本试验范围内,齿板宽度对节点的破坏形式并无显著影响。

随着齿板宽度的增加,节点极限承载力和刚度明显提高。因为随着齿板宽度的增加,破坏形式基本为齿拔出,因此,单齿承载力相差不大。0.38 mm 滑移时的刚度要大于节点极限承载力时的刚度。

2.3 齿板板齿长度对节点性能的影响

齿板规格 75 mm×100 mm,齿数 72 个,齿长 8.6 mm,检测板齿长度对节点承载力的影响(表 3)。

由表 3 可见,节点极限承载力和单齿承载力,随着板齿压入木材深度的减小而显著降低,当齿板板齿压入长度为 4.6 mm,占板齿长度的 53%时,极限承载力和单齿承载力仅为板齿全部压入时的 16%,基本丧失了承担荷载的能力。

节点极限承载力时的刚度与板齿长度的相关性不大。可能的原因是:1)板齿的压入长度不易控制,准确性尚待加强;2)随着压入深度的减小,节点越来越迅速地进入塑性阶段,导致刚度差异较大。

表 3 不同板齿长度齿板节点的极限承载力与刚度测试结果

Tab. 3 Ultimate bearing capacity and stiffness of truss-plate joints at various tooth lengths					
压入板齿长度/mm	破坏形式及所占比例/%	承载力/kN		刚度/(kN·mm ⁻¹)	
		板限	单齿	极限承载力	0.38mm 滑移时
8.6	齿拔出/90、齿板断裂/10	22.51	0.31	33.28	51.41
8.0	齿拔出	16.85	0.23	33.74	42.00
7.6	齿拔出	12.50	0.17	47.18	—
6.6	齿拔出	10.29	0.14	32.15	—
5.6	齿拔出	6.61	0.09	30.21	—
4.6	齿拔出	3.71	0.05	25.36	—

2.4 齿板接合节点的物理力学模型

根据本试验结果和相关研究^[6-7],建立的齿板接合节点物理力学模型(图 1),将试验结果转化为可通过数学方法计算和分析的模型,为建立齿板接合节点计算公式提供依据。

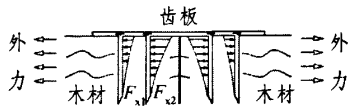


图 1 齿板接合节点物理力学模型
Fig.1 Model of the metal-plate joint

外力使木材变形产生作用于板齿的力 F_x, F_y 又通过板齿传递到齿板表面。主要特征为:1)靠近中心线板齿的内力,大于靠近自由端一侧的板齿;2)齿板板齿根部的内力大于尖端部分;3)齿板中心线处齿板表面受到的荷载最大,为 $\sum F_{x_n}$ (所有板齿荷载之和)。
当 $\sum F_{x_n}$ (第 n 个板齿的荷载) $<$ 齿板中心线处钢板的抗拉强度,而 F_{y_n} $>$ 齿板板齿的抗拔强度时,节点发生齿拔出破坏;当 $\sum F_{x_n}$ $>$ 齿板中心线处钢板的抗拉强度,而 F_{y_n} $<$ 相应齿板板齿的抗拔强度时,节点发生齿板断裂破坏。

3 结论

- 1) 齿板宽度一定时,齿板长度显著影响节点的破坏形式,当节点破坏形式变为齿板断裂后,齿板长度对承载力的影响逐渐变小。
- 2) 在本试验范围内,齿板宽度对接合节点的破坏形式无明显影响;随着齿板宽度的增加,节点的承载力和刚度增加。
- 3) 压入齿板板齿长度减小,齿板接合节点的承载力大幅降低;齿根部分的承载力大于齿尖部分。
- 4) 其他加载方式下,齿板连接节点的性能,及齿板连接节点动态性能、木材密度、弹性模量等,对齿板连接节点的影响有待进一步研究。

参考文献:

[1] Deanna Tanner Okun, Jennifer A Hillman, et al. Conditions of competition in the U. S. market for wood structural building components[R]. Washington, DC: United States International Trade Commission, 2003.

[2] 席佳,赵荣军,费本华,等. 兴安落叶松规格材齿板连接节点的拉伸性能[J]. 木材工业, 2009, 23(5): 1-4.

[3] Monica McCarthy, James K Little. Advanced design of metal plate connector joints[J]. Forest Products Journal, 1988, 38(5): 63-67.

[4] 王天英,邓长根. 结构切线刚度矩阵与割线刚度矩阵之间的关系[J]. 强度与环境, 2008, 35(2): 31-35.

[5] Peter W C. Factors Affecting the behaviour and modelling of toothed metal-plate Joints [J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 1987, 14(2): 183-195.

[6] Riley G J, Gebremedhin K G. Axial and rotational stiffness model of metal-plate-connected wood truss joints [J]. Transactions of the ASAE, 1999, 42(3):761-770.

[7] Crovella P L, Gebremedhin K G. Analyses of light frame wood truss tension joint stiffness[J]. Forest Products Journal, 1990, 40(4): 41-47.

(责任编辑 姜 征、张一萍)

行业简讯

2010 Eumabois 会员大会

EUMABOIS(欧洲木工机械制造商协会)2010 年会员大会,于 9 月 24 日在维也纳举行。此会会议由奥地利协会主办,形成决议如下。
1) 选举新的委员会,将任期 3 年,主席、副主席分别由 Franz-Josef Buetfering(德国机械制造协会,VDMA)、Ambrogio Delachi(意大利木工机械与工具制造商协会,Acimall)担任,其他委员来自捷克共和国、芬兰、丹麦等国。

- 2) 主要讨论议题包括:全球展会现状、经济危机导致展会观众分布和数量的改变、技术标准、欧洲标准和 ISO 标准的协调工作等。
- 3) 会议还决定,在印度等贫穷地区,举办木材加工技术培训班。
- 4) 欧洲各国总结报告行业发展现状,各国产品出口趋于回升。

下届会员大会将于 2011 年 10 月召开。 本刊讯