

研究与开发

木节对齿板连接板齿承载力的影响

施柏楠¹, 张新培¹, 叶勇²

(1. 四川大学建筑与环境学院, 四川成都 610065; 2. 成都市建工科学设计研究院, 四川成都 610065)

摘要: 选用北美二级带节 SPF 规格材和国产齿板, 在荷载平行于木纹及齿板主轴(一字型试件)和垂直于木纹但平行于齿板主轴(丁字型试件)两种条件下, 测试齿板连接受拉时板齿的承载力, 分析木材活节和死节对板齿承载力的影响。研究表明, 活节对板齿承载力有提高作用; 在无效齿数量比例大于 11% 时, 死节会降低一字型试件的板齿承载力; 而无效齿比例超过 15% 时, 死节丁字型试件的板齿承载力亦降低。

关键词: 齿板; 连接; 规格材; 活节; 死节; 板齿; 承载力

中图分类号: TU366.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2015)04-0018-04

Knot Influence on Nail Strength of Metal-Plate-Connected Joints

SHI Bai-nan¹, ZHANG Xin-pei¹, YE Yong²

(1. Sichuan University, College of Architecture and Environment, Chengdu 610065, Sichuan, China;

2. Sichuan Academy of Building Research, Chengdu 610065, Sichuan, China)

Abstract: An experiment was designed to measure nail strength of metal-plate-connected joints under forces parallel and vertical to wood grain. SPF II dimensional lumber with living or dead knots and domestic truss plates were selected. The results showed that the living knots enhanced the nail bearing capacity, while the dead knots impaired the nail bearing capacity when the percentage of invalid tooth number exceeded 15%. Under the force parallel to wood grain, the nail bearing capacity of the joints with dead knots was even decreased when the percentage of invalid tooth number was more than 11%.

Key words: truss plate; connection; dimension lumber; living knot; dead knot; nail; bearing capacity

现行国标 GB 50005-2003《木结构设计规范》第 6.3.10 条规定: 齿板连接处的木材应无缺棱、木节等缺陷。实际工程中, 规格材存在大量的木节, 要满足规范要求, 常造成大量木材浪费。因此, 研究木节对齿板连接板齿承载力的影响具有重要意义。

目前, 国内外的研究主要集中在木节对木材本身力学性能影响^[1], 以及齿板连接无木节试件的受力性

能^[2-6]等方面, 而木节对于齿板连接时板齿承载力影响的研究尚为空白。基于此, 笔者使用制作木桁架时广泛采用的北美二级 SPF 规格材(云杉冷杉类, 对应国内Ⅲc 级)和一种国产齿板, 进行了木节对齿板连接板齿承载力的试验研究, 旨在为木桁架及轻型木结构的设计与性能优化提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1) 齿板 采用镀锌薄钢板, 齿板厚度 1 mm, 镀锌层厚度 0.04 mm, 267 g/m²。试验数量为 3 片, 屈

收稿日期: 2014-10-09; 修改日期: 2015-05-20

作者简介: 施柏楠, 男(1991—), 四川大学建筑与环境学院硕士研究生。

责任作者: 张新培, 男, 四川大学建筑与环境学院教授。

服强度为 271.95 MPa,抗拉强度为 341.32 MPa,伸长率均值为 0.38,其性能指标满足 GB/T 50329-2012《木结构试验方法标准》的相关要求。

2) 规格材 选取两类木节试材,如图 1 所示。第 I 类为活节,与周围木质部连接较好,无脱落,面积范围为 4~25 cm²,含水率为 11.70%~13.98%,全干密度为 0.337~0.468 g/cm³;第 II 类为死节,已与周围木质部脱开,形成孔洞,面积范围为 3~13 cm²,含水率为 6.95%~12.20%,全干密度为 0.337~0.482 g/cm³。

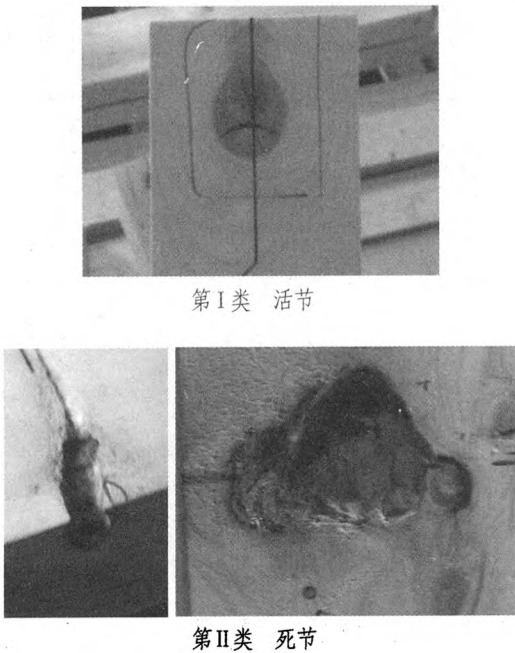


图 1 规格材的两类木节

Fig. 1 Living and dead knots of dimensional lumber

1.2 试件制备

依照 GB/T 50329-2012《木结构试验方法标准》,根据载荷与木纹、齿板主轴的方向,设计了两种结构试件:荷载平行于木纹及齿板主轴($\alpha=0^\circ, \beta=0^\circ$)的一字型试件;荷载垂直于木纹但平行于齿板主轴($\alpha=90^\circ, \beta=0^\circ$)的丁字型试件。

1) 活节材一字型试件:从整根规格材选取连续的 3 段,其中一段作为木节试件(木节试件的齿板两端齿数不对称),用在齿板齿数少的一端;另外两段无节净材作为对照试件(齿板两端齿数对称)。

2) 死节材一字型试件:从整根规格材选取连续的两段,其中一段作为木节试件,另一段无节净材作为对照试件(木节试件与对照试件的齿板两端齿数均

不对称,木材用在齿板齿数少的那端)。

3) 死节材丁字型试件:从整根规格材选取连续的两段,有节的一段作为木节试件的横木,另一段无节净材作为对照试件的横木。

根据前期试验,死节材丁字型试件板齿的承载力在很大程度上没有下降,故本试验未进行带活节的丁字型试件的测试,并推测在有活节情况下,板齿承载力会提高。

1.3 齿板与木节的位置

活节材试件的木节完全被齿板覆盖,如图 2a 所示。死节材试件根据孔洞与齿板位置的不同,又分为两类:

- A 试件,木节孔洞被齿板完全覆盖(图 2b);
- B 试件,木节孔洞部分被覆盖(图 2c)。

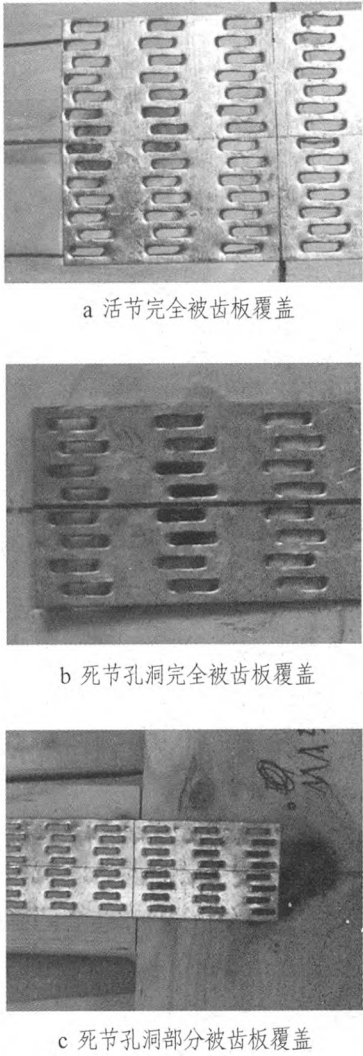


图 2 木节与齿板的位置

Fig. 2 Knot position in truss plate

1.4 性能检测与评价

按 GB/T 50329-2012 规定,齿板连接受拉试验的加载时间为 5~20 min。试验设定一字型、丁字型试件的加载速度分别为 0.8、0.6 mm/min,试件加载时间为 5~11 min。

试件的极限承载力除以齿板拔出端两侧的总齿数,即板齿承载力^[7];以有节试件和无节对照试件的板齿承载力之比(简称承载力比值),判定木节对板齿承载力的影响。

2 结果与分析

2.1 活节对一字型试件板齿承载力的影响

11 组活节材试件的板齿极限承载力检测结果,列于表 1。

表 1 活节材一字型试件的板齿承载力
Tab. 1 Bearing capacity of the “—”
shape specimens with living knots

试件 编号	木节面积/ cm ²	木节与齿板 面积比/%	破坏状态		承载力 比值
			有节	无节	
1	5.42	4.17	拉断	拔出	1.015
2	4.29	3.30	拉断	拔出	1.040
3	7.04	5.42	拉断	拔出	1.005
4	8.52	6.55	拉断	拔出	1.006
5	11.40	8.77	拉断	拉断	1.008
6	11.56	8.89	拉断	拉断	1.000
7	11.44	8.80	拉断	拉断	0.994
8	13.74	10.57	拉断	拉断	1.013
9	19.44	14.95	拉断	拉断	1.012
10	17.28	13.29	拉断	拉断	1.000
11	25.91	19.93	拉断	拉断	0.991

注:木节面积以其正反两面中较大的面积计;齿板面积以拔出端正反两面的面积之和计。

表 1 结果显示,对应于无节试件齿板拔出,有节一字型试件齿板拉断共有 4 组,其承载力比值的均值为 1.02。无节试件的齿板拔出,说明已达到其板齿极限承载力;而有节试件的齿板为拉断状态,显示出未达到板齿极限承载力,表明木节的存在,使得板齿承载力相对提高 0.5%~4%。

有节与无节对照一字型试件的齿板均拉断的共有 7 组。由于齿板拉断反映的是齿板受拉承载力,而非板齿承载力,而有节试件齿板没有拔出,说明木节的存在没有削弱齿板受拉承载力。这是因为木节部分的木材纹理更加紧密,提高了局部密度,故增强了板齿的承载力。

由此结果可认为,对于活节材一字型试件,木节面积在 26 cm² 以内、木节面积与齿板面积比值在 20% 以内时,木节对板齿承载力有提高作用。

2.2 死节对板齿承载力的影响

死节材试件的板齿承载力比值,以及各组试件的孔洞面积比、无效齿数及分布位置,见表 2。

表 2 死节材试件的板齿承载力

Tab. 2 Bearing capacity of the specimens with dead knots

试件 编号	承载力 比值	破坏状态		孔洞面积 比/%	无效齿	
		无节	有节		比例/%	分布位置
—B1	0.89	拔出	拔出	10.86	11.6	末端中部
—B2	0.80	拔出	拔出	11.76	15.2	末端中部
—B3	0.99	拔出	拔出	6.79	11.6	末端角部
—B4	0.99	拔出	拉断	5.73	7.1	末端中部
—B5	0.98	拔出	拉断	2.67	4.3	末端角部
—B6	0.85	拔出	拔出	11.46	12.9	末端中部
丁 B1	1.14	拔出	拔出	11.36	15.0	末端角部
丁 B2	0.93	拔出	拔出	9.09	17.5	末端中部
丁 B3	0.90	拔出	拔出	12.50	16.7	末端中部
丁 B4	1.01	拔出	拔出	2.78	5.2	末端中部
丁 B5	0.99	拔出	拔出	5.00	11.5	末端中部
丁 B6	1.13	拔出	拔出	6.49	16.2	末端中部
丁 A7	1.03	拔出	拔出	11.40	6.3	内部
丁 A8	1.27	拔出	拔出	4.44	4.2	内部
丁 A9	1.03	拔出	拔出	4.53	2.1	内部
丁 A10	0.98	拔出	拔出	4.53	4.2	内部
丁 A11	1.37	拔出	拔出	6.54	4.2	内部
丁 A12	1.11	拔出	拔出	11.03	9.4	内部
丁 A13	1.06	拔出	拔出	5.80	8.3	内部
丁 A14	1.07	拔出	拔出	3.40	3.1	内部
丁 A15	1.09	拔出	拔出	4.80	3.1	内部

2.2.1 木节孔洞位置的影响

根据表 2 结果,一字型 B 类孔洞试件的承载力比值均值为 0.92。对应于有节试件拔出、对照试件拉断的共有两组;有节试件和对照试件均拔出的有 4 组,其板齿承载力比值均值为 0.88。

上述 6 组一字型 B 类孔洞试件的无效齿比例范围为 4%~15%,孔洞面积小于 15 cm²。在此范围内,由于 B 类孔洞的影响,一字型试件的板齿承载力降低 1%~20%。

丁字型 B 类孔洞试件有 6 组,全部为拔出破坏,板齿承载力比值的均值为 1.017,比值<1 的有 3 组。此 3 组试件的无效齿比例范围为 11.5%~17.5%,孔洞面积 4.5~11.25 cm²。

结果表明,B类孔洞将导致一字型试件板齿承载力降低,而对丁字型试件板齿承载力的影响,随无效齿数等因素不同而异。

取无效齿百分比相同的两对“一字型”试件 B1 和 B3 进行比较,其中,无效齿分布在末端中部时,试件的承载力降幅更大。

取无效齿百分比相近的丁 B1、丁 B2、丁 B3、丁 B9 共 4 组试件,板齿承载力比值分别为 1.14、0.93、0.90、1.13,其中:丁 B1 的无效齿分布在齿板末端角部,其余 3 组试件的无效齿分布在齿板末端中部。根据试验观察,板齿往往从末端角部开始逐渐拔出,当无效齿分布在齿板末端中部时,末端角部的齿受力增大,故其不利影响更大。

丁字型 A 孔试件有 9 对,均为拔出破坏,有节试件与对照试件板齿承载力比值的均值为 1.112,比值 <1 的只有 1 对。说明 A 类孔洞的存在,丁字型试件板齿的承载力未明显削弱反而提高,主要是因为木节周边的纹理更致密。

2.2.2 无效齿比例的影响

根据表 2 结果,死节材一字型和丁字型试件的板齿承载力比值随无效齿比例变化的曲线,见图 3。

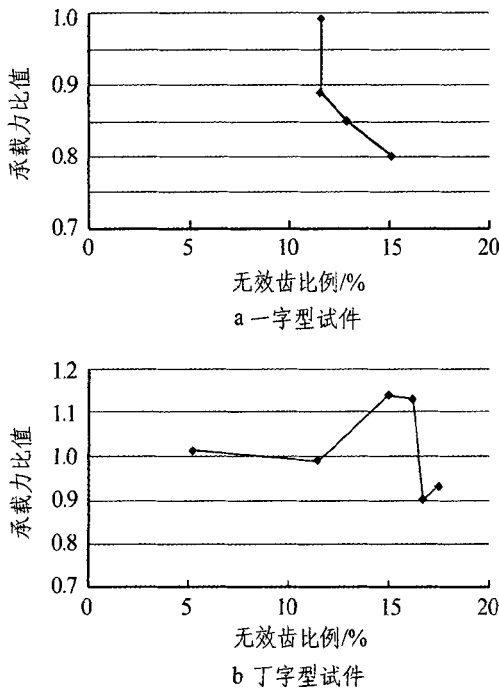


图 3 板齿承载力随无效齿比例的变化趋势

Fig. 3 Nail bearing capacity vs. percentage of invalid nails

结果显示,对于死节材一字型试件,当无效齿比例 >11% 时,其板齿承载力比值随着无效齿的增多而呈现下降的趋势,降幅范围为 1%~20%。

对于死节材丁字型 B 孔试件,当无效齿比例在 5%~15% 时,板齿承载力总体提高;当无效齿百分比 >15% 时,板齿承载力总体下降。

3 结论

1) 当规格材带有活节,木节面积 <26 cm²、且与齿板面积比 ≤20% 时,齿板连接板齿的承载力比无节净材的可提高 0.5%~4%。

2) 当规格材带有与木质部脱落并形成孔洞的死节,齿板承载力受施载方向、孔洞的分布位置、无效齿数量等多因素的影响。

对于死节材丁字型试件,孔洞完全被齿板覆盖、无效齿比例 <10%、孔洞面积 <9 cm² 时,齿板的承载力可提高近 37%。

仅部分孔洞被齿板覆盖时,死节材一字型试件的无效齿比例 <15%、孔洞面积 <15 cm² 时,板齿的承载力下降 1%~20%;丁字型试件的无效齿比例 >15%、孔洞面积 <11.25 cm² 时,板齿承载力最高下降 10%。且孔洞分布在齿板末端中部时,板齿的承载力降幅更大。

3) 根据本试验结果,建议对活节面积 <26 cm² 的规格材,可正常使用;带有死节的规格材,工程上应限制使用。

参考文献:

[1] 钟勇,孙华林,娄万里,等.木节对落叶松规格材抗弯弹性模量的影响[J].建筑材料学报,2012(04):518-521.
[2] Crovella L, Gebremedhin K G. Analyse of light frame wood truss tension joint stiffness[J]. Forest Products Journal, 1990, 40 (4): 41-47.
[3] 孙永良. 轻型木结构齿板连接节点承载能力研究[D]. 上海:同济大学,2007.
[4] 况宜. 轻型木桁架齿板连接节点受力性能的试验研究[D]. 重庆:重庆大学,2011.
[5] 席佳. 兴安落叶松规格材与齿板接合节点拉伸性能研究[D]. 北京:中国林科院,2009.
[6] 郭伟,费本华,赵荣军,等. 木桁架齿板接合节点连接性能的影响因子[J]. 木材工业,2010,24(5):1-4.
[7] 叶虹,谢宝元,赵荣军,等. 齿板尺寸对齿板节点拉伸性能的影响[J]. 木材工业,2010,24(6):15-17. (责任编辑 向琴)