

橡胶木材构件承载能力的研究

胡慕任 刘淑兰 吴淑熙

(中国林科院热林所)

(海南省建研所)

摘 要

对接近使用尺寸、材质符合《木结构设计规范》(GBJ 5—73)要求的橡胶木材 (*Hevea brasiliensis*) 构件的试验结果: 抗弯强度平均55.3MPa, 抗弯弹性模量10,002MPa, 顺压强度33.6MPa, 顺压弹性模量9,022MPa。其承载能力可与杉木相比, 可作建筑承重构件。

橡胶木构件强度随含节率增大而降低, 呈直线关系。抗弯构件含节率达到高或宽度的2/5时, 强度降低29.3%; 顺压构件含节率达到构件圆周长度的1/3时, 强度降低24%。不计干燥缺陷及髓心材影响, 二者对强度的影响系数与规范天然缺陷影响系数基本一致。

前 言

一、试 材

我国现有橡胶林600多万亩。早期种植的胶园现正进入更新期。更新一亩胶园约产原木2m³, 广东近期每年更新不少于5万亩, 可产10余万m³木材。如全国现有胶园按30年周期更新, 今后年产原木在40万m³以上。

我国从1975年开始研究橡胶木材的防虫、防腐、基本材性及产品试制并获得了初步成果。1980年后, 橡胶木材便广泛用于家具生产, 并有批量的成材和家具出口。为扩大用途, 1981年国家科委下达“橡胶木材防虫、防腐与利用研究和中间试验”科研任务。本文为该项目中橡胶木材构件的承载试验报告。

本试验在海南建筑科学研究所进行, 国营大坡农场对试材的采集及处理给予了大力支持, 林洪轩、林尤喜、俞和森等同志进行了试件制作, 谨此致谢。

试材采自海南岛国营大坡农场。实生苗定植, 树龄约30年, 胸径18—30厘米。按木结构设计规范(GBJ 5—75)⁽¹⁾(以下简称规范)材质标准, 挑选Ⅰ、Ⅱ等材为试材。为研究木材缺陷对强度的影响, 增选了部分Ⅲ等及低于Ⅲ等的木材, 共计39根, 另采了8株试材补充材性试验。

试材在产地加工成构件毛坯, 同时用5%硼酚合剂进行了防腐处理。防腐剂透入深度仅1—2厘米, 气干后, 防腐剂未浸透的断面有不同程度灰变色, 试验时含水率为17%左右, 内外梯度小于1%。几乎全部构件在断面中央带有髓心、木节及其它缺陷, 试验前分别作了记载。

构件试验项目有抗弯强度、抗弯弹性模量、顺压强度、顺压弹性模量等。顺压构件及顺压和抗弯构件的标准小试件, 是从破坏后的抗弯构件的完好部分(近支座处)截取

的。

抗弯构件断面为矩形或正方形，高、宽约 9—15 厘米，跨度为 300 及 240 厘米两种，
 跨高比 15.6—34.4（一般 18—28）；顺压构件断面为圆形，直径 10 厘米，长 25 厘米，长细比等于 10。试材的分配见表 1。

表1 试 材 的 分 配

木 材 等 级	抗 弯 构 件					顺 压 构 件			
	跨度 l (cm)	宽 度 b (cm)	高 度 h (cm)	l/h	试件数 (n)	长 度 l (cm)	直 径 d (cm)	长 细 比 λ	试件数 (n)
I、 II 等	300	11.4 (10.4—12.7)	13.1 (10.1—13.4)	22.9 (22.4—29.7)	7	25 (23.5—25.5)	10 (9.3—10.0)	10 (10.0—10.3)	54
	240	11.3 (9.3—13.1)	11.7 (9.4—15.4)	20.5 (15.6—25.5)	19				
III 等 以下	300	11.8 (9.3—14.7)	11.3 (8.7—14.7)	26.5 (16.3—34.4)	7	25.1	10.1	10	5
	240	11.2 (9.4—13.6)	11.7 (10.1—14.6)	20.5 (16.3—23.9)	5				

注：括号内数字为变动范围。

二、试验方法

构件的试验基本参照文献〔2〕进行。

（一）抗弯构件试验

采用三分点集中加荷，在长春产 60 吨长柱压力机上试验，除在试机台座上加一根 24 厘米高的工字钢延伸支座外，并另配制加荷梁、压头、支承垫板及 U 形架等附加装置。先测弹性模量，然后进行破坏试验。试验装置示于图 1。

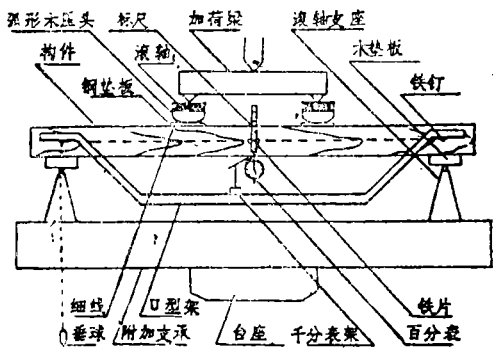


图 1 抗弯试验装置

抗弯弹性模量测定：用 U 形架支承百分表，表杆与构件跨中中性面的铁片接触。按上、下限约为设计荷载的 0.2—1.0P 反复加

荷四次，每次加荷时间约 1 分钟。

抗弯强度测定：卸去测弹性模量的 U 形架及构件跨中的铁片，在钉铁片的位置上另钉一根与构件垂直、刻度为 1mm 的标尺，同时在构件两支承处的铁钉上拉一细线，线的一端固定在铁钉上，它端系一垂球绕过另一铁钉的上方后自由下垂将线拉紧。加荷后，由细线与标尺的相对位移读出挠度值。荷载均匀增加，在 5—10 分钟内达到破坏。

（二）顺压构件试验

顺压构件在 30 吨压力机上试验，试验机的下压板具有活动球座。

顺压弹性模量测定：预先在构件中部对称装两只引伸仪，标距 8 厘米，然后将构件置于试机的下压板上，先以小载荷预压对中，再按上、下限 5,000~25,000 牛顿反复加荷四次，每次加荷时间约 1 分钟，装置见图 2。

顺压强度测定：待弹性模量测定完毕，卸下引伸仪，用磁性千分表座装百分表固定在上压板上，表杆与下压板接触。荷载均匀增加，每增加 10,000 或 20,000 牛顿读一次变形值，在 5—10 分钟内破坏。

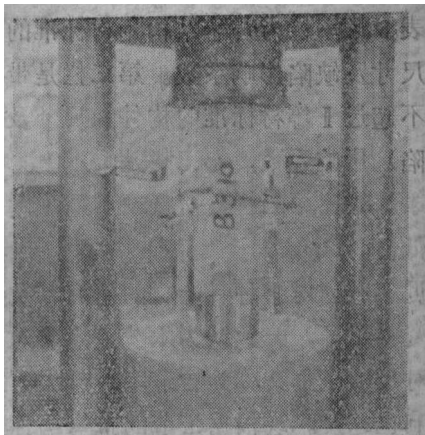


图2 顺压弹性模量测定装置

三、试验结果和讨论

(一) 橡胶木材的物理力学性质及容许应力

根据原橡胶木的材性试验结果⁽³⁾和这次补充的顺纹抗拉和顺纹抗弯两个项目,对照木材物理力学性质分级标准⁽⁴⁾,橡胶木材属于缩小,硬度、密度、冲击韧性中,强度低的木材。与红松、杉木相近或略高。

按规范方法计算出的橡胶木材容许应力与新利用树种的容许应力比较如表3。表中符号C₃、C₄系作者为叙述方便而加的。由表3看出,除顺纹受压稍低外,橡胶木的容许应力均较新利用树种的C₃级为高。因此,基本上可按规范中新利用树种C₃级值考虑。

(二) 橡胶木材构件的承载能力

橡胶木抗弯和顺纹抗压构件的试验结果列于表4。

表中,Ⅰ,Ⅱ等材构件的抗弯和顺压强

表3 橡胶木材的容许应力 (MPa)

木 材 名 称		受 力 性 质	应 力 级 别	受 弯 (σ _w)	顺纹受压 及 承 压 (σ _a)	顺纹受拉 (σ _l)	顺纹受剪 (τ)	弹性模量 E
橡 胶 木				12.3	9.4	6.9	2.5	9,316
规范新 利用树种	榆木、樟木、臭椿、窿缘桉、柠檬桉、兰桉、木麻黄		C ₃	9.8	9.8	—	1.4	7,355
	杨木、桤木、拟赤杨、红椿		C ₄	7.8	7.8	—	1.0	5,884

注:橡胶木弹性模量为无疵小试件的试验值

表4 橡胶木构件的力学性质 (MPa) (W = 15%)

受 力 性 质	项 目 木 材 等 级	试 样 数 (n)	极 限 强 度			弹 性 模 量			比 例 极 限 应 力			安 全 系 数 (K)
			平 均 值 (X)	均 方 差 (±σ)	变 异 系 数 (V%)	平 均 值 (X)	均 方 差 (±σ)	变 异 系 数 (V%)	平 均 值 (X)	均 方 差 (±σ)	变 异 系 数 (V%)	
抗 弯	Ⅰ、Ⅱ等	26	55.3	10.02	18.1	10,002	1,589	15.9	33.1	7.17	21.6	5.64
	Ⅲ等以下	12	33.5	6.79	20.3	9,807	1,697	17.4	21.0	5.59	26.6	
顺 压	Ⅰ、Ⅱ等	54	33.9	5.29	15.6	9,022	2,609	28.9	17.7	2.55	14.4	3.46
	Ⅲ等以下	5	24.7						12.3			

* $K = \frac{\bar{X}}{[\sigma]}$; $(\sigma) = 9.8\text{MPa}$.

度分别为55.3MPa和33.9MPa,按C₃级容许应力 $[\sigma] = 9.8\text{MPa}$ 设计,安全系数较高,分

别达5.64和3.46。此外,比例极限应力最低值 $(\bar{X} - 2.33)\sigma$;抗弯16.4MPa,顺压11.8

MPa, 均较C₃级容许应力为高, 能保证构件在比例极限以下的弹性工作范围内。但应指出, Ⅲ等及低于Ⅲ等材构件的强度, 比Ⅰ、Ⅱ等材低得多, 故使用时对材质应严加要求。

橡胶木构件强度与杉木构件接近, 如表5。

表5 橡胶木与杉木构件强度比较 (MPa) (W = 15%)

树种 \ 受力性质	抗弯强度	抗弯弹性模量	顺压强度	备注
橡胶木	55.3 (n=26)	10,002 (n=26)	33.9 (n=54)	本试验
杉木	56.9 (n=50)	10,983 (n=50)	—	中南林学院刘松龄等(5)
	46.5 (n=13)	9,218 (n=13)	32.4 (n=7)	海南建研所、林科院热林所

注: 杉木为木节不超过Ⅱ等材标准的带节和无节构件平均值。

橡胶木抗弯构件按C₃级容许应力设计, 构件跨度为300、240厘米时, 其挠度分别为1/207及1/214, 符合一般建筑材如檩条等类构件的要求。所以橡胶木可用作建筑材。

(三) 尺寸和木节对橡胶木构件强度的影响

有缺陷构件与标准试件强度之比, 称为尺寸和缺陷对构件强度的影响系数。木材缺陷最主要为木节, 橡胶木的尺寸和缺陷影响系数列于表6。

表6 橡胶木材(材质不低于Ⅱ等材标准)构件强度对标准试件强度的比值 (W = 15%)

受力性质	带节及无节构件平均	带节构件	无节构件	规范的缺陷降低系数*
	1	2	3	4
受弯	0.703	0.614	0.743	0.416
顺纹受压	0.855	0.804	0.893	0.670

* 为天然缺陷与干燥缺陷系数乘积。

表6第一栏为符合结构用材标准的构件实际尺寸及缺陷影响系数。第二栏是带有木节但不超过Ⅱ等材标准的构件的尺寸及木节(缺陷)影响系数, 第三栏是尺寸影响系数。第二栏比第三栏数值低, 其差为木节影响降低值。

近年我国对多种针叶材的研究以及国外有关资料报导, 一致认为木节或木节对构件的相对尺寸(本文称为含节率)越大, 对强度影响也越大。现根据带节的抗弯构件18根(含节率0.15—0.81), 顺压构件25根(含节率0.04—0.42)进行分析, 结果也与上述结论一致。

橡胶木抗弯和顺压构件的相对强度和含节率的关系, 分别如回归方程(1)和(2):

$$\sigma_w = 1.013 - 0.765X_1 \dots\dots\dots (1)$$

$$\sigma_s = 0.996 - 0.707X_2 \dots\dots\dots (2)$$

式中: σ_w 、 σ_s ——抗弯、顺压构件的相对强度;
 X_1 、 X_2 ——抗弯、顺压构件的含节率。

相对强度, 为带节构件强度对标准试件强度的比值除以尺寸系数(表6第三栏值)。抗弯构件的含节率, 指构件跨中1/3内任何一面木节或节群尺寸与所在面宽度的比值(取最大值); 顺压构件的含节率, 指木节或节群尺寸与构件圆周长度的比值。

式(1)、(2)的相关系数分别为-0.720及-0.638, $|r| > r_{0.01}$, 相关极显著。戴澄月等(6)研究兴安落叶松得出, 含节率和抗弯构件强度及弹性模量均显著呈直线关系, 但橡胶木材含节率与弹性模量关系不显著。现根据式(1)、(2)作图3。

从图3看出: 抗弯构件含节率等于0.4, 顺压构件含节率等于0.333(规范Ⅱ等材最高容许值)时, 抗弯及顺压构件的相对强度分别为0.707及0.760, 即含节率达上述值时的构件强度比无节的构件强度, 抗弯降低29.3%, 顺压降低24%。以木节对强度的影

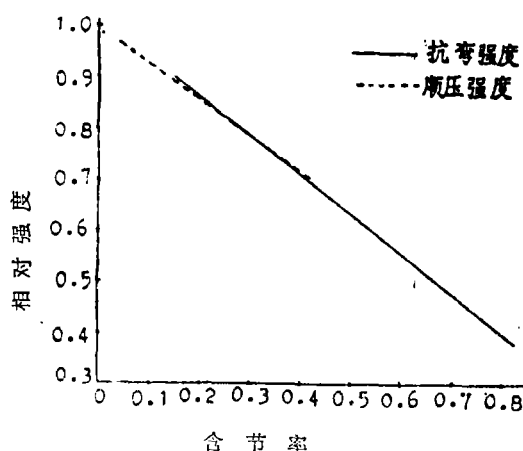


图3 相对强度和含节率的关系

响系数(带节构件强度对标准试件强度比值)表示时,抗弯为 $0.707 \times 0.743 = 0.525$,顺压为 $0.760 \times 0.893 = 0.679$,二者与规范的天然缺陷降低系数(抗弯0.52,顺压0.67)基本一致。

然而试件为气干材,试验结果实际包括干燥缺陷的影响。计入干燥缺陷影响后,抗弯构件的木节影响系数,将比规范值($0.52 \times 0.8 = 0.416$)高得多;顺压构件虽不增高,但因断面直径10厘米的构件含有3—5毫米的髓心,与整根原木相比,构件因髓心材比例增大而降低了强度。所以橡胶木含节率达Ⅱ等材最高容许值时,抗弯和顺压的木节影响系数将较规范的天然缺陷降低系数高。

四、结 论

(一) 橡胶木构件强度和弹性模量与杉木接近或高于杉木。按表3 C₃级容许应力 $[\sigma] = 9.8 \text{ MPa}$ 设计,构件的安全系数抗弯为5.64,顺压为3.46;设计荷载下抗弯构

件的挠度符合檩条等构件要求。证明橡胶木可部分代替松、杉等作建筑用材。

鉴于橡胶木不耐腐,树干基部膨大常有弯曲,制材后难免有斜纹。因此暂按表3 C₄级容许应力设计较为安全。在使用前必须进行防腐处理,并按不耐腐木材应采取的措施设计和选材。

(二) 符合结构用材标准的橡胶木构件,实际尺寸及缺陷影响系数:抗弯0.703;顺压0.855。

(三) 构件强度随含节率的增大而降低,呈直线关系,相关极显著。含节率达到抗弯构件宽或高度的 $2/5$,顺压构件圆周的 $1/3$ 时,带节构件与无节构件相比,抗弯强度降低29.3%,顺压降低24%。木节对强度的影响系数,抗弯0.525,顺压0.679,与规范的天然缺陷降低系数基本一致。计入干燥缺陷及顺压构件髓心材的影响,橡胶木实际的木节影响系数将较规范的天然缺陷降低系数高,采用规范值设计是安全的。

参 考 文 献

- (1) 国家标准GBJ 5—73(试行),木结构设计规范,中国建筑工业出版社。
- (2) 黄伟成译,1979, ASTM: D198—67(1974) 木材构件静态试验标准方法。
- (3) 中国林科院热林所等,1980,橡胶木材性质的研究,热带林业科技,第四期。
- (4) 中国林科院木材所等,1982,中国主要树种的木材物理力学性质,中国林业出版社。
- (5) 刘松龄等,1981,杉木木节对受弯构件承载能力影响的研究,中南林学院学报,第一卷第一期。
- (6) 戴澄月,王博义等,1981,兴安落叶松木节对受弯构件承载能力影响的研究,东北林学院学报,第二期。

(下转第10页)

The Development of All-metal Steam-heat Timber Dry Kiln Model DJQ - 1 with the End Fan

Zhu Zhengxian et al.

(Northeast Forestry University).

Abstract

The developed timber kiln model DJQ-1 has a large axial fan which is placed at the end of the stack and forms a horizontal and reverse air flow. The kiln house is of steel and aluminium constructure, which has been proven to have good properties in corrosion resistance. Comparing to the brick and concrete plant, it offers low drying cost, occupies a little area and could be moved easily if necessary. It is suitable for small and medium workshops and factories that have small and medium demands for sawntimber supplied with all species. It is also suitable for high-temperature drying.

(上接第 5 页)

A Study on Bearing Capacity of Rubberwood

Hu Muren et al.

(Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry)

Abstract

A test on the strength of rubberwood showed that rubberwood is almost equal to Chinese fir in some physical properties such as strength, MOE of bending and compression parallel to grain. The relation between the percentage of knots and the reduction in strength of rubberwood were tested as well. The result showed that the relation between them is linear.