



确定结构刨花板容许应力的因素 及在应用时的最低性能值

施建平

(中国林科院木材工业研究所 北京 100031)

摘要 本文讨论和分析了确定结构用途刨花板强度和弹性设计性能涉及的因素及其取值,并针对国产刨花板性能变异性较大的情况,提出了结构用途刨花板应达到的最低性能值和强度安全系数取值。

关键词 刨花板;容许应力;变异性;安全系数

1 前言

刨花板与木材或钢材等骨架材料组成的轻型墙体、楼层和屋架结构可用于低层民用建筑。随着近年来我国轻型结构建筑的兴起,推动了刨花板在建筑上的应用和开发。但现有的工程设计手册中还没有刨花板结构性能设计数据,从强度安全角度考虑,只有建立了刨花板的结构设计性能,建筑部门才有可能在结构中采用刨花板。在建筑业中应用刨花板较早的一些国家,例如美国和德国已建立了完整的刨花板结构设计性能数据,套用这些数据对于发展我国刨花板在建筑上的应用无疑是一条可行的捷径。

按强度和刚度设计,刨花板的容许应力和弹性模量是两个重要的设计性能。虽然计算这两个性能的方法与计算木材性能的方法相似,但刨花板的材性特征与木材不尽相同,确定刨花板设计性能时考虑的影响因素以及因素的取值也有所不同。另外,每一项设计性能不仅与性能的平均值而且与性能的变异系数有关,就强度性能而言,变异系数是确定最小安全系数的依据。从这方面考虑,欲生产出符合设计性能要求的刨花板,其产品性能控制指标应根据产品质量来确定,而不是简单参照或等效采用国外刨花板的产品标准。

为此,本文从套用的角度出发,讨论确定刨花板的设计性能涉及的因素及其取值,并根据国内刨花板的质量状况,分析满足设计性能对刨花板产品性能指标的要求,为企业制定产品性能控制值以及今后建立结构用途刨花板的标准提供参考。

收稿日期 1994-01-18

2 盖板级刨花板的抗弯强度和刚度设计性能要求

刨花板在轻型结构建筑中最常见的用途是作为外墙板、底层地板和屋面板,即作为盖板使用。这类结构较简单,其基本构造为刨花板用钉或金属连接件固定于一定间隔铺设的墙肋、梁或屋架等支撑构架上,刨花板使用的跨度与支撑构架间隔相一致。在设计荷载范围内,根据跨度设计的需要,刨花板应具备的抗弯强度和刚度性能的要求见表1。表中的强度和刚度数据分别除以截面抗弯矩(W)和截面惯矩(I)得到设计荷载范围内不同厚度刨花板的最大工作应力和弹性模量。

通常,刨花板的设计性能按板厚度尺寸来划分等级,例如,在德国刨花板标准(DIN 68761)中规定了16~19mm厚度级的V100刨花板的抗弯强度容许应力为3.6MPa,弹性模量为 2.8×10^8 MPa。根据表1中所列不同设计跨度下刨花板的弹性模量和工作应力判断,16mm的刨花板最大设计跨度为600/400,19mm的刨花板最大设计跨度为800/400。

确定刨花板的设计性能时,通常采用标准条件小试样法。按这一方法确定强度和弹性性能,由于试验条件与实际使用条件的不同,标准试验测定的性能与实际性能间存在较大的差别。为确定刨花板可在实际使用和荷载条件下长期安全工作的性能,根据标准试验测定的性能推算设计性能需要考虑对强度有影响的各种因素,并据此确定适当的安全系数。

3 确定抗弯强度容许应力和弹性模量设计值涉及的因素

表1 盖板刨花板抗弯强度和刚度设计性能要求。

设计 跨度** (mm/mm)	刚度 EI ($\times 10^5 \text{ N} \cdot$ mm^2/m)	强度 σ_w ($\text{N} \cdot \text{m}/\text{m}$)	板厚 (mm)	弹性模量 ($\times 10^3 \text{ MPa}$)	工 作 应 力 (MPa)
600/0	7.27	92.66	16	2.1	2.2
			19	1.3	1.5
600/400	8.43	117.86	16	2.4	2.8
			19	1.5	1.9
800/400	12.47	130.10	16	3.7	2.9
			19	2.2	2.2
1000/500	22.49	232.02	16	6.7	5.4
			19	3.9	3.9

* 刚度(EI)和强度(σ_w)数值摘自美国胶合板协会 (APA)1988年颁布的技术数据N357〈结构用途人造板设计能力〉

** 斜线左边的数据为屋面板设计跨度,右边为底层地板设计跨度。

刨花板的容许应力系指在一定的使用和荷载条件下能长期安全承担的最大工作应力。容许应力的计算方法与木材的相似,计算通式如下:

$$[\sigma] = KR \dots\dots\dots (1)$$

$$1/K = f$$

式中: $[\sigma]$ —强度容许应力;

R —标准试验测定的平均强度;

K —折减系数;

f —安全系数。

通常称 K 值倒数为安全系数,在概念上它表示平均强度与安全使用工作应力的倍数。

计算刨花板强度容许应力的折减系数 K 值涉及以下因素^[1]:

(1) 考虑变异性的影响 强度容许应力是根据强度平均值来估算,由于偏差的存在强度值分布在一定范围,因此需要在计算时估计可能出现的最低强度值。通常认为强度值符合正态分布的规律,并按95%置信度估计最低强度:

$$R_{m,1} = R(1 - 1.64V) \dots\dots\dots (2)$$

$$K_v = (1 - 1.64V)$$

式中: $R_{m,1}$ —最低强度;

V —变异系数;

K_v —变异性影响系数。

(2) 考虑可能出现意外情况的因素^[1,2],这些因素包括:施工时由于刨花板短期置于露天受气候变化对强度产生的不利影响;考虑超载的可能、计算和施工允许偏差等不利条件对强度的影

响。这些因素的系数综合取值为:

$$K_f = 0.625$$

(3) 考察长期荷载对强度的影响

强度性能是根据标准试验测定的瞬时强度值确定,由于刨花板在长期荷载(静载)作用下强度随时间而降低,这一因素在计算中应考虑。标准试验瞬时强度与长期荷载强度的百分比可按下列近似公式估算^[3]

$$SL = 83.7 - 8.2 \log T \dots\dots (3)$$

式中: SL —强度百分比;

T —试件达到破坏状态时荷载作用的时间(以小时计)。

结构设计中的静载作用时间以10年为基准^[8],长期荷载影响系数等于此时时间长度下的强度百分比,即

$$K_{SL} = SL(10) = 0.44。$$

为有效利用刨花板的强度性能,在结构设计时允许按不同荷载持续时间通过荷载调整系数对容许应力进行修正。荷载调整系数在各国木结构设计规范中都有明确的规定。

(4) 考虑含水率变化对强度的影响 含水率是对刨花板强度有显著影响的因素,虽然刨花板在轻型结构建筑所处的环境中使用时其平衡含水率一般不超过11%(木材在此环境下平衡含水率不超过16%),但标准测试与实际使用环境条件下刨花板平衡含水率存在的差异应在计算中给予考虑。如果标准测试条件下刨花板的平衡含水率为8%,实际平衡含水率在5%~11%范围变化,含水率影响系数 K_m 取值范围为0.835~1^[1],平均取值 $K_m = 0.89$ 。

以上系数的取值根据各因素单独作用下对强度的影响程度来确定,它们的综合影响等于各系数的乘积,因此公式(1)中的影响系数 K 值为:

$$K = K_v K_f K_{SL} K_m \dots\dots\dots (4)$$

$$= 0.25 (1 - 1.64V)$$

以安全系数的形式表示:

$$f = 1/K = 4 / (1 - 1.64V) \dots\dots\dots (5)$$

除了强度性能外,刚度是另一个重要设计性能,当刨花板的截面几何性能相同时,弹性模量越高刚度则越大。弹性模量设计值依据最小平均值,并考虑含水率的影响^[1],按下式计算:

$$[E] = E_{m,1} K_m \dots\dots\dots (6)$$

$$E_{m,1} = E (1 - V)$$

式中：〔E〕—弹性模量设计值；
 V_{min} —弹性模量最小平均值；
E—弹性模量平均值；
V—变异系数；
 K_{ω} —含水率影响系数，等于0.89。

另外，在恒载作用下刨花板会产生蠕变。研究表明〔4〕，刨花板含水率为6%时的蠕变大约是初时弹性挠度的1/2，当含水率为18%时蠕变增大5倍。上述在弹性模量设计值中只考虑了含水率的影响，当考虑刨花板受恒载作用产生的蠕变时，还需对弹性模量或刚度值乘以1/2的调整系数，习惯上这一修正在结构设计中考虑〔6〕。

4 变异性与强度、弹性设计性能

公式（5）、（1）反映出，在相同的使用条件下，刨花板的容许应力取决于平均值和变异系数。增加平均强度或降低变异系数均能提高容许应力，前者一般会导致生产成本的提高，而后者可通过生产过程的控制来实现。从技术和经济的角度而言，通过降低性能变异性挖掘刨花板的设计性能比提高性能平均值更重要。

表2 变异系数以及95%置信度性能百分比

性能	变异系数(%)			
	无疵材	锯材	刨花板	
			国外70年代	国内90年代
MOR	16	45	14	27
MOE	22	25	10	25
95%置信度性能百分比(%)				
MOR	74	27	77	56
MOE	64	59	84	59

• 指95%置信度性能与性能平均值之比

表2列出了无疵材、目测分等锯材和刨花板的变异性，表中95%置信度性能百分比表示变异性小的产品获得的强度、弹性设计性能，对于变异性大的产品则需要较高的平均值。

由于刨花板不存在减弱性能的实木生长特性和缺陷，它的性能变异性通过生产工艺的控制可以达到无疵材的程度，国外刨花板的变异在70年代已达到远小于目测分等锯材的水平。我国刨花板的生产水平与国外先进水平存在较大差距，从产品质量上反映出性能变异性要高于国外的2倍以上。变异性的增大将导致强度安全系数的增大，按公式（5）计

算，国外刨花板的安全系数只需取5倍，而国内刨花板需取值7倍，这意味着国内刨花板的强度性能需要高于国外的1.4倍才能获得相同的设计性能。为保证同一产品能采用相同的设计性能数据，刨花板的性能除了符合相应产品标准指标外，性能变异性也应控制在一定范围内。否则，当变异性较高时，即使产品性能达到指标，其设计性能仍有可能小于规定值，下面的分析就说明了这一问题。

表3中的强度和弹性设计性能分别按公式（1）、（6）计算得到，原始数据来自国家人造板质检中心抽检结果〔5〕（共计74家刨花板企业，年设计能力124.5万m³），数据基本反映了国内刨花板企业的生产水平现况。为说明问题，对照德国V100刨花板的性能进行比较分析。

表3数据表明，按照目前我国刨花板的生产水平及达到的性能指标生产结构用途刨花板，将会在设计性能方面与国外存在较大的差距。在强度方面，虽然产品性能已满足德国V100刨花板的标准要求，由于性能变异性大，容许应力低于国外标准要求30%。提高强度平均值至26MPa或将性能变异性降低至15%以下，容许应力可达到3.6MPa的要求；在弹性方面，德国刨花板标准中只有设计性能指标而无产品性能指标，但国产刨花板的弹性模量已低于设计性能指标，加之变异性大的原因，弹性设计性能只达到V100板的45%。因此，在生产结构用途刨花板时，除了应注意降低变异性外，弹性模量平均值还需提高。按目前的变异系数计算，弹性模量应提高到4.2×10³MPa，若变异性降到15%以下，弹性模量只需提高至3.7×10³MPa即可满足要求。

表3 16~19mm厚度级刨花板的设计性能

指 标	国产刨花板	V100刨花板
抗弯容许应力(MPa)	2.8	3.6
弹性设计值(×10 ³ MPa)	1.7	2.8
原 始 数 据		
静曲强度(MPa)	19.3	18.0
变异系数(%)	27	—
弹性模量(×10 ³ MPa)	2.4	—
变异系数(%)	25	—

5 结论
5.1 根据轻结构建筑的使用环境和荷载条件，确定抗弯强度容许应力涉及的因素及其取值如下：

① K_v —变异性影响系数, $K_v = (1 - 1.64V)$;
② K_f —考虑可能出现意外情况的因素, $K_f = 0.625$;

③ K_{SL} —考察长期荷载对强度的影响, 荷载持续10年时, $K_{SL} = 0.44$;

④ K_m —考虑含水率在5%~10%范围内变化对强度影响的系数, 平均值 $K_m = 0.89$ 。

5.2 弹性模量设计值依据最小平均值, 只考虑含水率系数 K_m , 平均取值 $K_m = 0.89$

5.3 国外结构刨花板的设计性能系气干条件下的性能, 即刨花板的平衡含水率在11%范围内所具备的性能。为此, 外墙、楼层和屋面等承重结构应采取良好的防潮措施, 避免因置于高湿环境而导致性能下降。

5.4 计算强度容许应力只考虑了刨花板短期置于露天受气候变化以及含水率在11%范围内变化使强度下降的影响。这就要求刨花板在存放、运输过程中有防潮措施; 施工过程也应采取干作业并避免刨花板长期裸置于露天受雨水的浸泡。

5.5 目前国产刨花板的性能变异性在25%以上, 如果企业直接采用国外刨花板标准作为产品性能的控制指标, 板的实际性能将低于设计性能规定值。16~19mm板的设计性能达到规定要求, 抗弯强度和弹性模量至少分别为26MPa和 4.2×10^3 MPa

5.6 制造高性能指标的刨花板势必导致生产成本的提高, 降低与其它建材的竞争力。从技术可能性角度而言, 降低性能变异性并将其控制在一稳定范围内是发展我国结构用途刨花板以及进入建筑市场

的必备条件之一。如将刨花板的性能变异性控制在15%以下, 获得相同的设计性能, 抗弯强度和弹性模量分别只需19MPa和 3.7×10^3 MPa。

6 参考文献

- 1 Ronald G Pearson. An Interim Industry Standard for deriving allowable unit values for structural particleboard in bending. Proceedings-W. S. U. Particleboard 1977, No. 11, 333~350
- 2 Wood L W. Factors of safety in desing of timber structuers. Transaction Am. Soc. Civil Eng., 1960, Vol. 125 Part 1, Paper No. 3051, 1033~1045
- 3 McNatt J D. Effection of loading on properties of particleboards. USDA For Ser. Pap. FPL270, 1975
- 4 Robert J. Hoyle JR. 建立结构刨花板设计性能所需的条件. Proceedings-W. S. U. Particleboard 1973, No. 7, 401~413
- 5 雷得定、吕斌. 我国刨花板质量状况的评述. 木材工业, 1993, No.4
- 6 Design capacities of APA performance-rated structural-use panels, Technical Note, N375, APA, 1988
- 7 德国刨花板标准 DIN 68761, 68763
- 8 National design specification for wood construction. National Forest Products Association, 1986

The factors for determining allowable stresses and the requirement of minimum property values for structural particleboard

Shi Jianping

(The Research Inst. of Wood Industry, CAF, Beijing 100091)

Abstract In this paper, It was discussed and analyzed that the factors of determining design properties of strength and elasticity for structural particleboard. According to the variation of properties of local particleboard products, the value of strength safety factor and minimum property values were recommended.

Keywords Particleboard; Allowable stresses; Variation; Safety factor