

讨 论

承重胶合木结构的应用及胶粘剂耐久性试验

罗文士 陆熙娴

(中国林科院木材工业研究所 北京 100091)

1 承重胶合木结构应用情况

木材自古以来就是一种优良的建筑材料,但它又是一种生物体,受某些天然特性的限制,如受自然尺寸、生长缺陷和生长特性的限制。所以,当代一些大跨距建筑物的承重木结构主要是用胶合木结构。它是由 3~5cm 厚的木板用结构型胶粘剂胶合而成,截面高度可达 2m 以上,长度可超过 30m。也可以采用有利的截面形式。由于胶合木是用小料作元件胶合而成,可在制材和配料中截除缺陷,减少了对强度的影响。

木材与其他典型建筑材料相比具有很多优点。最主要的优点是:

1.1 木材构件的强重比大,见表 1。

表 1 几种结构用材料的性质

材料	比重	抗拉强度	弹性模量	传热系数 (W/m·K)	比热
		比重 (MPa)	比重 (MPa)		
绝干木材*	0.38	315.8	23700	0.095	0.38
软钢	7.8	57.7	26900	41.87	0.11
铝	2.7	70.3	26900	186.1	0.25
玻璃	2.6	22.5	26900	0.63	0.25
混凝土	2.2	(压)9.1	9100	1.51	0.20
硬质聚氯乙烯	1.4	42.5	2500	0.16	0.35
FRP**	1.9	208.1	12300	0.63	0.25

* 为无疵柏树材,强度和弹性模量是按顺纤维方向测定,传热系数是按横纹方向测定。

** 玻璃纤维/环氧树脂的生产品级

从上表可以看出,在一般的结构材料中木材比重最低,传热系数最小,抗拉强度却是最好的。

1.2 对火灾的安全性大 一般认为木结构易着火,但有人对胶合木结构进行的燃烧试

验表明:其碳化速度约为 0.6~0.8mm/min,且随着碳化层厚度的增加,碳化速度减小。胶合木在 250℃着火,但在 800℃时,断面仍保留有 75%未碳化,保持支撑载荷的能力。对生命和财产是安全的。

胶合木结构在国内应用的很少,国外却较多。我国从 1955 年开始研制胶合木结构。在北京、天津和哈尔滨等地修建了胶合木建筑车间。大部分为脲素水泥胶,个别工程使用了脲醛树脂和酚醛树脂。1984 年时曾对总建筑面积约 3 万 m² 的胶合木结构使用情况进行调查,结果表明:在正常温、湿度下未发现开胶现象。特别值得介绍的是下面三个木结构工程:

①1963 年国内建成一座 26m 跨度的无金属木屋盖,采用脲醛胶,屋架下弦粘贴 10~15mm 无碱玻璃布浸酚醛树脂的玻璃钢。据 1991 年调查反映,该木结构工程使用情况良好。

②1990 年在北京建成的直径为 60m 的亚运村康乐宫嬉水乐园圆顶。园内保持热带海洋风光,常年温度保持在 28℃,湿度为 70%。主体结构是由 12 根长度为 30m,截面为 40cm×200cm 的胶合梁组成的铰拱圆顶,檩条也采用胶合木构件,如图 1 所示。木材为花旗松,胶粘剂为间苯二酚-苯酚-甲醛树脂,总胶合木用量约 400m³。这一胶合木结构不仅是我国自己设计和制造的最大木结构,也是亚洲最大的木结构。结束了中国不能制造大型胶合木的历史。

③四川江油发电厂用做储存干煤的跨距为 88m 的胶合拱形屋顶,由法国设计、制造,

收稿日期 1994-01-24

• 24 •

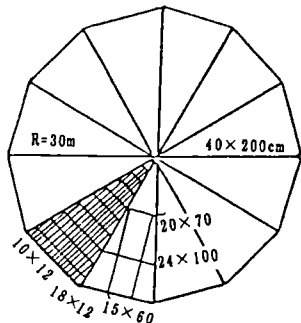


图1 嬉水乐园木圆顶结构平面简图

在中国安装。

国外胶合木结构应用较多。据统计,在法国和美国有70%的体育馆和25%展览馆建筑都采用胶合木结构。结构的桁架达60m,拱达70m,网架圆顶木结构达150~160m。

美国西部木结构公司建造的圆顶直径大于60m的工程就有5个。如:1977年亚利桑那州的北亚利桑那大学直径为153m的木圆顶体育及学生活动中心,有15200个座位。1982年华盛顿州塔科马市的塔科马圆顶,直径为162m,做为体育和娱乐中心。

瑞士建成一个木结构人工冰场,西德也有较大直径的胶合木结构建筑。日本胶合木结构也在日益增加。见图2。

北欧三国1973年胶合木产量均达到21万 m^3 ,法国年产40万 m^3 ,其中有仓库、商业中心、文化中心、学校、展览厅、音乐厅、室内游泳池等。西德年进口木材约1000万 m^3 ,结

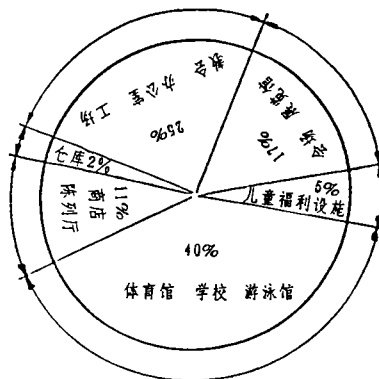


图2 日本住宅以外胶合木建筑物的用途(85~87年)
构用胶合木年产达16万 m^3 。

2 胶粘剂耐久性试验

承重构件质量指标中最重要的的是耐久性,而耐久性能又只能间接地测定,其试验方法反映真实性的程度是一个普遍关注的关键问题。笔者在“承重木结构胶粘剂评估(木材工业,1991,No.4)”中介绍了国外几种关于胶粘剂耐久性的试验,现再补充如下:

表2 承重结构用胶胶合能力的最低指标

试件状态	胶缝顺纹抗剪强度(MPa)	
	红松等松木	栎木或水曲柳
干状	5.9	7.8
湿状	3.9	5.4

注:湿状强度为室温水浸泡24h后测定。

各种胶粘剂的胶合性能如图3。

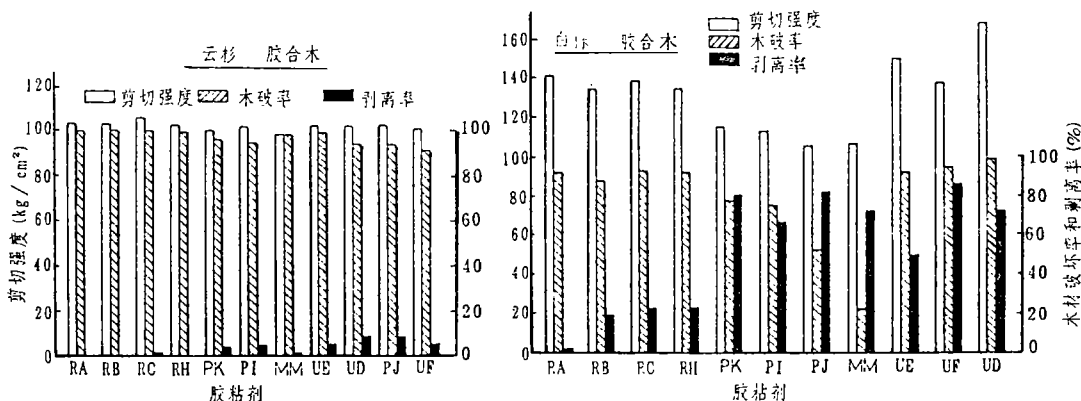


图3 各种合成树脂胶粘剂的胶合性能

注:剪切强度和木破率按ASTM D805—52,剥离率按ASTM D110—53的试验结果。RA, RB, RH为间苯二酚树脂,RC为间苯二酚与苯酚共聚树脂,PK, PI, PJ为常温固化酚醛树脂,UF为脲醛树脂, MF为三聚氰胺常温固化树脂, UE, UD为脲素三聚氰胺共聚树脂。

2.1 中国木结构设计规范(GBJ5-88)规定了承重木结构用胶胶缝抗剪强度不应低于表2规定的数值。

从图3看出 RA、RB、RH 和 RC 对软、硬材的胶合强度、木材破坏率和剥离率等性能都是很好的。这也就是间苯二酚系树脂被指定为胶合木用树脂的原因。但纯间苯二酚树脂价格很贵,所以大多使用间苯二酚与苯酚共缩聚树脂,成本降低了,但性能相差不大。

2.2 耐久性试验 人们期望胶合木用胶粘剂与建筑物有同样长的使用寿命,所以胶层的耐久性显得特别重要。胶层的耐久性可通过对胶层的耐水性、剥离性和冻融试验而得到反映。

2.2.1 耐水性试验 胶合木的耐水性试验与胶合板的耐水性试验相似,可参考表3方法测定。

表3 室外用胶合板的耐水性处理条件

处理条件 标 号	处理条件			
	处理时间 (h)	处理温度 (℃)	处理 方法	相当的试验 标 准
E	72	97~100	水浸	JAD 特级合板
	流水中冷却至室温检测			
G	4	97~100	水浸	JAS 一类合板
	20	60±3	干燥	胶合木 JAS
	4	97~100	水浸	
流水中冷却至室温检测				

作为建筑物一部分的胶合木,经多长时间仍能保持某一水准以上的胶合强度,即所谓的耐久性问题,希望在制造的同时就能预测出来。所以缩短观测时间,进行加速试验,更为重要。加速试验的方法很多,如表4。

2.2.2 剥离试验

①煮沸剥离试验 静曲试件的两端各取一块侧面长度为75mm 以上的试件。在沸水中煮5小时,再在室温水里浸泡1小时后,置于60±3℃排风恒温干燥器中24小时。分别测量木材断面剥离3mm 以上,断面剥离率应在10%以下。同一胶层剥离长度分别为长度的1/3以下者为合格。剥离率按下式计算:

剥离率(%)=
$$\frac{\text{断面剥离长度之和}}{\text{断面胶层长度之和}} \times 100$$

②浸渍剥离试验 试件在室温(20~30℃)水中浸24小时,取出后置于60±3℃有排风的恒温干燥器中24小时。测试方法同上。

表4 胶合木材的加速试验

试验类别	试验条件
干湿循环	60±3℃温水中3日,60±3℃烘箱中4日
A	为一个循环。做5,10个循环
干湿循环	3%RH20℃14日,40%RH20℃14日为一个循环,做5,10,20循环后,在65%RH20℃7日
B	
热老化 A	含水率12%时,在60℃,80℃,100℃时,分别为100,150,200,400小时
热老化 B	饱和水蒸汽下,80℃,100℃分别为100,150,200,400小时
紫外线	光源为碳弧灯,开放型65~75%,一小时中喷12分钟水。9日相当于一年,分别做相当1个月,6个月,1,2,3,5,10年的。
盐水试验	标准海水组成水4中,60±3℃3日,60±3℃烘箱中4日为一循环,分别为1,5,10循环
蠕变试验	荷重100kg,40℃时100,1000小时 70℃100,200小时
煮沸循环试验	沸水中4小时,60±3℃烘箱中20小时,沸水中4小时,冷水中冷却

③减压、加压剥离试验 直接与雨露接触,或长时间处于较湿环境下使用的胶合木,以及两个树种以上的层积材进行此试验,以确认其胶合性能。

将试件放在热压釜(耐压1.5MPa)内的水中(20~30℃)浸泡,减压至86.66kPa 以下保持2小时后,再加压至1MPa,保压2小时。减压、加压重复一次后,将试件放在27~30℃相对湿度为25%~30%,风速2.5m/min 的恒温恒湿器中干燥。这种减压、加压、干燥过程再重复一次。

其测定方法同煮沸剥离试验。

2.2.3 冻融试验 根据提高环境强度,加速胶粘剂老化的原理以试验破坏模式与室外暴露自然老化结果相似为条件对胶粘剂的耐久性进行定性评估。步骤是:①试件在20℃水中浸泡48h;②在-20℃冰箱中存放9h;③在室

表5 室外暴露试验

胶 种	胶合强度(MPa)/木材破坏率(%)					
	测定时间(年/月)					
	原始91/2	92/2	92/8	93/2	93/8	94/2
RPF 树脂	10.59/95	5.3/85	3.7/86	3.98/65	4.3/75	3.3/65
PF 树脂	9.04/95	0	0	0	0	0
木 材	10.56	8.28	5.6	4.8	4.4	3.92

表6 嬉水乐园内试验

胶 种	胶合强度(MPa)/木材破坏率(%)					
	测定时间(年/月)					
	原始91/2	92/2	92/8	93/2	93/8	94/2
RPF 树脂	10.59/95	10.4/97	9.6/99	9.6/95	8.8/95	9.5/100
PF 树脂	9.04/95	5.61/82	4.5/96	4.7/85	5.2/85	6/85
木 材	10.56	10.96	10.5	9.6	9.7	8.4

温 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $65\pm 3\%$ 条件下存放15h;④最后,在 70°C 烘箱中存放10h。上述四个步骤为一个循环,连续8个循环后检测胶合强度及木破率,如有75%的木材破坏率,则认为胶粘剂的耐久性满足使用要求。

上述各种试验的共同点是模拟实际使用的环境条件,并提高环境强度,加速其对木材及胶层的老化;从而评估其耐久性。所测得的数据,有它的科学依据,可供设计参考,但终究不是真实的耐久性。为进一步验证加速试验的结果,现正在进行胶合木的室内外暴露试验。所用树脂为木材所研制的间苯二酚系树脂和从工厂购买的室温酸固化酚醛树脂。木材为经CCA处理的花旗松。试件数量为:木材(对照)9个,RPF树脂胶合件15个,PF树脂胶合件12个。试验地点在中国林科院内距地面2.7m的平屋顶上,东南向与屋顶呈 30° 角,试验结果如表5。

为了考察胶合木梁的胶合耐久性,将一批试件置于康乐宫嬉水乐园内与大梁相同环境($T28^{\circ}\text{C}$ RH70%)下作室内试验,结果如表6。

从表5和表6可以看出间苯二酚系树脂的耐老化性比现在常用的室温酸固化酚醛树脂

好得多。室外暴露3年的强度相当于表3G项10~20个循环的结果。即室外3年相当于加速试验23天。

3 结束语

①很多的应用实例表明承重胶合木结构的耐久性是可信赖的,间苯二酚甲醛系树脂是理想的承重木结构用胶。

②室外暴露自然老化方法最为准确。但需较长时间才能得出结论,适合于新胶种的耐久性试验。冻融试验方法具有检验时间短,接近实际使用情况的优点,值得推荐。

③国内承重胶合木结构的应用和推广尚处在初步阶段,应积极开展研究,以便制定出适合我国国情的检验方法。

4 参考文献

- 冈崎光. 国外构造用集成材. [日]木材工业, 1986, 31(11)
- 佐佐木光. 木材工业材料与技术开发. [日]木材工业, 1986, 31(11)
- 胶合木结构应用情况. 中国建科院, 1989
- 中华人民共和国国家标准 GBJ5—88木结构设计规范, 中国建筑工业出版社, 1989