

外装用厚木の合板の製造試験

吉田 弥明 野崎 兼司

田口 崇

主としてコンクリート型枠、コンテナなどに利用される外装用合板としての道産材の用途適性を検討するため、ニレ、シナ、ラワン単板を用いた厚さ12mm、5プライ、81×192cmの1類合板を製造し、製造条件および構成単板厚さによる材質を比較検討した結果を報告する。

1. まえがき

最近、我が国でも合板の新しい需要開拓に関する研究が活発になり、合板の用途も従来の内装を主とするデコラティブなものから、内外装を問わず構造用としての利用開発が注目されている。しかし、その多くはラワン合板が主体であって、道材合板についてはあまり検討がなされていない。そこで外装用として利用し得る可能性の大きいニレ、シナによる厚木の合板の製造試験を計画し、構造用、あるいはコンクリート型枠、コンテナ等への利用において問題となる強度性質、狂い、およびアルカリ耐性について検討を加えた。

2. 供試合板の製造

単板樹種としてニレ、シナを選び、比較のためラワンを加え、シナは1本、ニレ、ラワンは2本の供試原木より、ロータリー切削単板を製造した。樹種にシ

第2表 接着剤および接着条件

項 目	共 通 条 件
接 着 剤 配 合	ブライオーフエンTD-683 : 100部 小麦粉 10部
粘 度	7~8 ポイズ 24°C
塗 付 量	28~30g/(30cm) ²
コールドプレス圧力	12kg/cm ²
ホットプレス	10kg/cm ² , 12分, 135°C

ナ、ニレを選んだのは、前者、いわゆるアカシナの類は内装用合板の表板としてはあまり適せず、また後者は合板原木としてこれまであまり利用されていないからである。

供試合板の構成、製造条件および枚数は第1表、接着剤の配合・条件は第2表に示した。第1表中の断面構成比は次式から求めた。

断面構成比 =

$$\frac{\text{表単板と同一繊維方向を持つ単板厚さの計}}{\text{合板厚}}$$

但し、厚さはすべて単板剥きだし厚さによる。なお、空冷とは熱圧後直ちにファンにより冷却する場合、ホットスタックとは熱圧後直ちに堆積し、適当なアテ板を施し2時間放置する場合、水浴とは熱圧後直ちに水中を潜らし、そのまま24時間堆積放置する場合をいう。

3. 試験方法

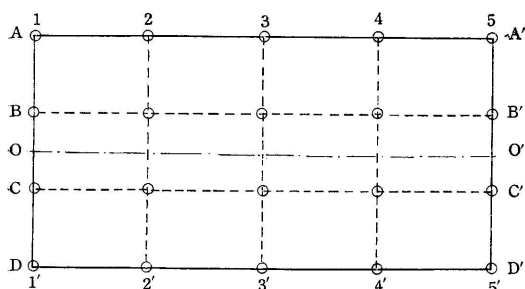
3-1 狂いの表示法と測定法

狂いを表示する方法については種々検討されているが、本試験では合

第1表 合板の構成および製造条件

試 験 番 号	樹 種	構 成 mm	断 面 構 成 比	製 造 枚 数	コールドプレス 間時(分)	ホットプレス後の 処 理
A-1	ラワン	1.8+3.6+1.8+3.6+1.8=12.6 mm	0.10	3	30	空 冷
	シナ			5	30	〃
	ニレ			5	120	〃
	〃			4	120	ホ ッ ト ス タ ッ ク
	〃			4	120	水 浴
	〃			4	120	〃
B-1	ラワン	1.8+3.6+1.8+3.6+1.8=12.6	0.43	5	120	空 冷
	〃	2.1+3.1+2.1+3.1+2.1=12.5	0.50	4		
	〃	2.3+2.8+2.3+2.8+2.3=12.5	0.55	5		
	〃	2.5+2.5+2.5+2.5+2.5=12.5	0.60	5		
※	ニレ	1.8+3.6+1.8+3.6+1.8=12.6	0.43	4	120	空 冷
	〃	2.1+3.1+2.1+3.1+2.1=12.5	0.50	5		
	〃	2.3+2.8+2.3+2.8+2.3=12.5	0.55	5		
	〃	2.5+2.5+2.5+2.5+2.5=12.5	0.60	5		

注 ※A-4に同じ



○ 測定箇所

第1図 矢高の測定箇所

板を180cmのスペンで長手方向に表裏それぞれ逆にして単純支持し、その時の矢高をを糸張りによって求めたい表わす方法をとった。矢高測定はスケールによって1/2mm精度で行ない、合板が上に凸に反って高張り矢高の測定が不可能な時には、下部完盤からの距離から逆算して求めた。測定点は第1図に示す位置で代表させた。

供試合板を観察すると狂いはそのほとんどが合板の中央に最大矢高を持つ反りと捻れが重なったものと考えられるが、この二者は性質を異にするものであり両者に分けて表示した。

反りは合板の中央の矢高の測定値を表裏それぞれ逆にして支持した場合について、 f, b で表わすことにすれば $(f - b) / 2$ となる。この値は4点について求められるが(第1図参照)、その中での最大値をとった。

すなわち、反り p は次式によって示される。

$$p = \frac{1}{2} (f - b) \max (f > b)$$

捻れ q は同一支持面内での対称位置のパラツキで表示し、次式によって求めた。

$$q = \frac{1}{4} \{ |m - f_{2A}| + |m - f_{4A}| + |m - f_{2D}| + |m - f_{4D}| \} + \frac{1}{2} \{ |m - f_{3A}| + |m' - f_{3D}| \}$$

$$m = \frac{1}{4} \{ f_{2A} + f_{4A} + f_{2D} + f_{4D} \}$$

$$m' = \frac{1}{2} \{ f_{3A} + f_{3D} \}$$

但し $f_{2A} \dots \dots$ は添字の点についての表についての矢

高の測定値を示すものとする。勿論、捻れ q は裏についても求められるが、表と同様の結果を示したので表についての値をとった。矢高の測定は製造後1日(7日、28日目に全製造枚数について行なった。

3. - 2 強度試験法

強度性質を検討するために曲げ破壊試験を行ない、曲げ弾性係数と破壊係数を求めた。また一般生産工場で実施可能と思われる非破壊試験による曲げ弾性係数を求める方法を二種行ない、破壊試験による弾性係数と比較考察した。

すなわち、非破壊試験の1は合板の自重による挟みから弾性係数を求める方法で、支持合板を等分布荷重を受ける単純梁とみなせば、最大挟み Y_{max} はその中央に生じ、弾性係数 E は次式によって求められる。

$$E\alpha = 5 W \ell^3 / 384 I Y_{max}$$

但し、 W = 合板重量、 ℓ = スペン、 I = 合板の断面二次モーメント、 Y = 挟みである。この Y_{max} を求めるデータとして製造後28日目の測定矢高を用い、次式によって求めた。

$$Y = \frac{f + b}{2}$$

但し、 f, b は表裏それぞれ逆にして支持した時の合板中央部の矢高である。この値は4個得られるが、計算には平均値を用いた。

非破壊試験の2はコンクリート型枠用合板のJASと同様の方法で、供試合板の長手方向に150cmのスペンをとり、その中央に1~20kgの荷重を順次加え、中央集中荷重を受ける単純梁として弾性係数 E を求める方法である。以上、非破壊試験は全合板について行なった。

曲げ破壊試験は非破壊試験を行なった合板の中から適当な1枚を選択し、巾5cmの試験片を3片ずつ、表板の繊維方向がスペンと平行なものと直交するものについて採取し、スペン長30cmで試験し破壊まで至らしめた。この時の弾性係数をそれぞれ $E_r //, E_r \perp$ 、破壊係数を $//, \perp$ とする。

3. - 3 耐アルカリ試験

アルカリ溶液によるサイクルテストを行ない、強度と接着性能の劣化をみた。すなわち、0.5%苛性ソー

ダ溶液 (pH 13) に供試合板を 4 時間浸漬、後 2 日室内放置乾燥を 1 サイクルとし、5 サイクル後および 10 サイクル後に曲げ強度試験と接着力試験を行なった。比較のため冷水サイクルテスト (アルカリ溶液の代わりに冷水を使用したもの) 10 サイクル後と無処理のものについて行なった。処理した合板は 3 週間調湿した後曲げ強度試験と接着力試験を行なった。

試験片は破壊強度試験に供した合板から曲げ強度試験用 20×40 cm、接着力試験用 10×45 cm に大割りし、各処理を行なった。強度試験は 1 条件宛 3 片づつ、接着力試験片は表裏それぞれの側から 20 片づつとし、JAS の A 型試験片で切溝は 1 割逆回数になるように入れた。なお無処理のものについては JASI 類の煮沸処理を行なった。記載接着力は破断荷重を接着面積で除したものをそのまま用いた。

4. 試験結果および考察

4. - 1 狂い

製造条件 (ここでは熱圧後の合板の処理条件) の影響は第 2 図 ~ 第 4 図の A - 4, A - 5, A - 6 の示すとおりである。この図は狂いの範囲ごとに合板の頻度をもって表わした。製造後 1 日目では空冷、ホットスタックしたものに比して水浴堆積したものは狂いが小さいが、自然放置 7 日目ではこの傾向は少なくなり、28 日目 (第 4 図) ではほとんど差がなくなってくる。この理由としてホットスタック、空冷した合板に比し、水浴堆積した合板は表層にかなりの水分を吸収しており、表層と内層との間に大きな水分傾斜が生じ、長期間放置している間にこの影響が現れてきたものである。

樹種の影響は第 2 図 ~ 第 7 図に示すとおりである。狂いはニレ > シナ > ラワン合板の順で大きい。なお、A グループと B グループとでは B グループが全体的に小さい狂いを示すが、これは単板の調湿の差と考えられる。従って狂いを防止するためには単板の調湿に十分注意する必要がある。

合板の断面構成比の影響は第 5 図 ~ 第 7 図にみるようにはっきりした傾向は認められなかった。

4. - 2 狂いの表示法について

一般に合板の狂いを現象的に観察すれば、反りと捩れが組み合わさったものが最も多く、その他に椀状に狂ったものなど特殊なものがある。本試験の場合もすべて前者の狂いであった。ところで、この反りと捩れは異質なものであり、同時に表示できるものではなく、前述したように分けて表示するのが妥当であろう。以下本試験の反りと捩れの表示法について考察する。

表裏それぞれ逆に支持した合板の挟み (矢高) の測定値を f, b ($f > b$)、合板の自重による挟みを α 、反りを β とし、 α, β が合板厚に対して小さい時に、を荷重荷重によるものとして次式が成立する。

$$\begin{cases} f = \alpha + \beta \\ b = \alpha - \beta \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \alpha = \frac{f + b}{2} \\ \beta = \frac{f - b}{2} \end{cases}$$

本試験では α は 5 ~ 8mm と小さいが、 β は 15mm 以上に達するものがある。しかし、測定結果は合板の反りは表裏逆に支持したいずれの場合にも自重による挟みに影響を与えず上式の成立が認められた。

本試験で求めた反りは弾性係数と関係づけて考慮すべきである。後述するように、供試合板の弾性係数が 50 ~ 100 ton/cm² と変化すると、反りの持つ実用上の意味は当然変ってくるが、この点については今後さらに検討を加える予定である。

捩れについては通直、平坦な板の対称位置の挟みも等しいものとして、この挟みのバラツキが大きいほど捩れは大きいとしたが、従来の表示方法との関連性および強度との関係には検討を加えていない。

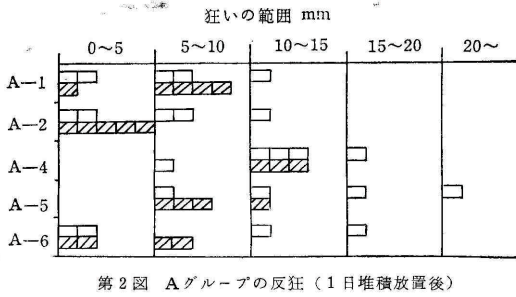
4. - 3 強度性質

樹種別合板強度は第 3 表のとおりで、ラワン > シナ

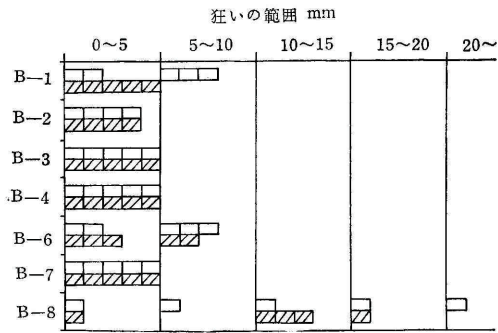
第 3 表 樹種別合板強度

樹種	全乾比重	E _r ton/cm ²		σ kg/cm ²	
		//	⊥	//	⊥
ラワン	0.60	99.4 (166)	46.8 (78)	627 (1004)	481 (800)
シナ	0.57	69.1 (121)	37.1 (65)	467 (819)	413 (728)
ニレ	0.52	50.2 (97)	31.4 (60)	394 (758)	318 (612)

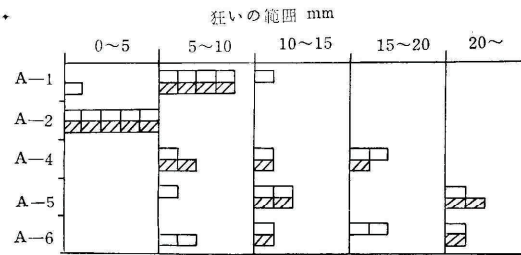
注：() 内は比強度 断面構成比 0.43



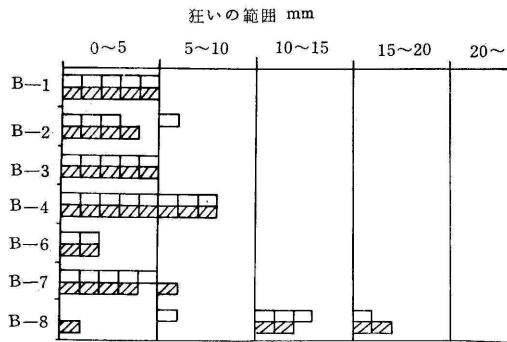
第2図 Aグループの反狂(1日堆積放置後)



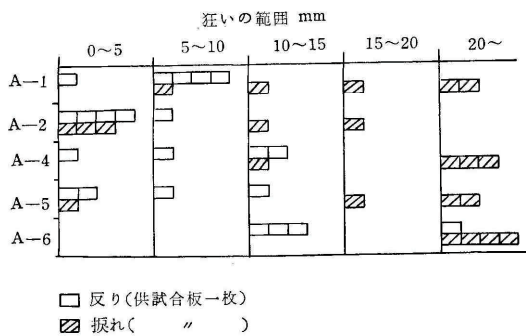
第5図 Bグループの反狂(1日堆積放置後)



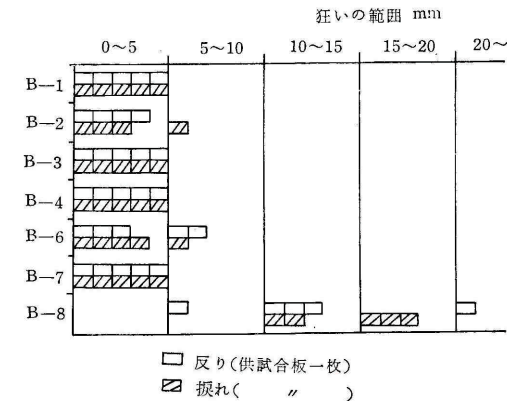
第3図 Aグループの反狂(7日自然放置後)



第6図 Bグループの反狂(7日自然放置後)



第4図 Aグループの反狂(28日自然放置後)



第7図 Bグループの反狂(28日自然放置後)

>ニレ合板の順で大きい。熱圧後の処理条件の影響は認められなかった。

一般に合板の曲げ強度は断面構成比が大きくなり、特に表裏単板が厚くなれば、スパンを表板の繊維方向をとった場合増大し、逆にスパンを表板の繊維方向と直角にとった場合は減少する。本試験の断面構成比による強度の変化は第4表に示すが、ニレ合板は上述した傾向にあるが、ラワン合板の一部にこの傾向に反するところがあるが、これは材質の局所的な差異による

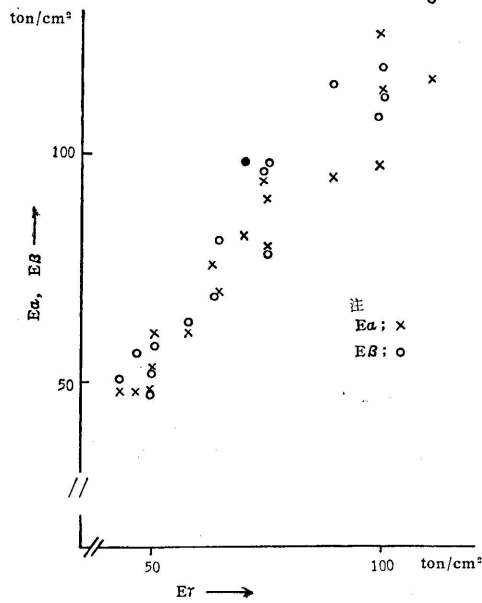
ものであろう。

本試験からこれらの合板をコンクリート型枠に使用する場合を考えると、合板の弾性係数はスパンを表板の繊維方向と平行にとった場合には 75ton/cm^2 、表板の繊維方向と直角にとった場合 20ton/cm^2 以上必要とされているが、試験結果によると、スパンが表板の繊維方向と直角な場合の弾性係数 (E_{\perp}) は問題ないが、平行な場合の弾性係数 (E_{\parallel}) はラワン合板ではすべての断面構成比で 75ton/cm^2 以上あるが、ニレ合

第4表 断面構成比別による各合板強度

断面構成比	樹種 強度	ラワン				ニレ			
		E _r ton/cm ²		σ kg/cm ²		E _r ton/cm ²		σ kg/cm ²	
		//	⊥	//	⊥	//	⊥	//	⊥
0.43		99.6 (163)	36.1 (59)	617 (1001)	479 (785)	50.2 (96.5)	31.4 (60.4)	627 (1206)	481 (925)
0.50		110.3 (172)	37.7 (59)	793 (1239)	465 (727)	64.4 (121)	29.0 (54.7)	699 (1317)	413 (779)
0.55		74.8 (134)	31.6 (56)	607 (1082)	406 (882)	69.8 (127)	29.2 (53.1)	790 (1436)	416 (757)
0.60		89.2 (149)	27.8 (46)	687 (1140)	371 (618)	74.7 (129)	25.9 (44.7)	910 (1568)	369 (637)

注：()内は比強度



第8図 測定法による弾性係数

板では少なくとも断面構成比0.60以上、すなわちニレ12mm厚合板では表板厚2.5mmを必要とする。従って道産材は、この方面の用途にはラワンに比しかなり不利といえるが、添芯板、芯板への利用は十分考えられる。

測定法による曲げ弾性係数の差異を第8図に示す。この図よりE_βとE_rは直線関係にあることが認められ、この回帰直線を求めれば次式ようになる。

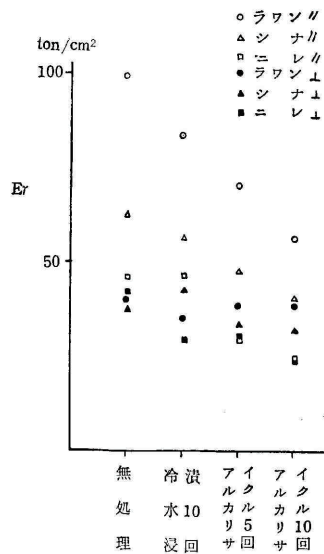
$$E_{\beta} = 1.18E_r - 0.50$$

$$E_{\beta} = 1.14E_r - 0.14$$

この結果、非破壊試験1,2と破壊試験で求めた弾性係数はほとんど一致する。従って、実用上の弾性係数を求めるにはこれらの非破壊試験で十分と思われ、また非破壊試験2ではコンクリート型枠用のJASと同様のものがあるから、非破壊試験1は一般工場でも十分実用にし得る。

4-4 耐アルカリ性

強度については第9図のとおりである。弾性係数と破壊係数とは同様の傾向を示すので

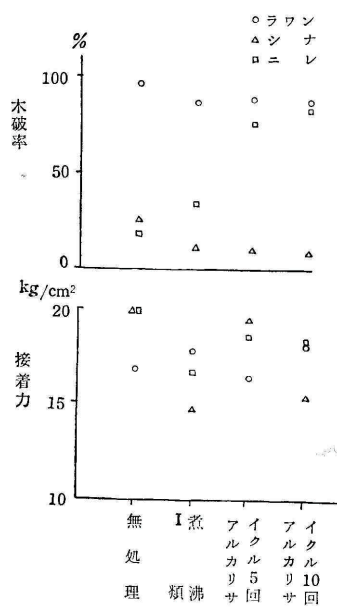


第9図 処理後の樹種別強度

曲げ弾性係数 E_β/E_r について示した。この結果は E_β/E_r とともにアルカリサイクルテストの回数が増加すれば減少し、特にE_βの減少が大きい。これは E_β が表裏単板の強度に左右され、直接アルカリにさらされているが、逆にE_rは添芯板の強度に左右され、この差が現れたのであろう。

接着性の劣化は第10図に示すように、アルカリによる劣化は認められない。ただニレ合板は煮沸試験、冷水サイクル試験では木破率が小さいが、アルカリサイクルテスト後ではかえって向上し、特異な傾向を示した。

その他、表面性質でアルカリによるラワン表面の亀裂がニレ、シナに比し繊維方向に沿って数mmから数



第10図 各処理後の接着力

cmに至るまで数多く認められた。

5. あとがき

道産材ニレ、シナおよび比較のためラワンを用いた外装用合板を製造し、品質について検討した結果、
i) 狂いはニレ、シナ、ラワン合板の順で大きく、ii)

強度はラワン>シナ>ニレ合板の順で大きく、弾性係数E//はニレ合板はラワン合板の約1/2であり、ニレ材の表裏材としてよりも芯材としての適性を示した。
iii) 耐アルカリ性に関しては、接着力の劣化は認められないが、強度は全樹種について一様に劣化した。
iv) その他表面性質についてはラワン合板表面の亀裂が著しかった。

文 献

- 1) 平井信二，堀岡邦典：合板，日本合板工業組合（1960）
- 2) 吉田弥明他：ブナ合板の狂いの測定，木材の研究と普及 1967. 3
- 3) 亀田泰弘，平井信二，山井良三郎：合板型粋工法 1（型粋用標準合板の強度的性質），建築技術No. 177, 1966
- 4) 柳下正，小西信，阪口宏司：合板型粋工法 2（コンクリート型粋用合板の耐久性），建築技術，No. 178, 1966
- 5) 亀田泰弘，須藤鎮男，野中実：合板型粋工法 5（合板型粋工法の現場管理上の要点），建築技術 No. 181, 1966
- 6) 合板強度利用研究委員会，日本プライフォーム株式会社：合板の強度利用に関する研究 1, 2, コンクリート型粋用合板に関する研究報告，昭和40年10月
- 7) 上村武：合板構造設計資料 Plywood. Technical-series No. 1, 日本合板工業組合（1964）