

曲げ剛性試験によるばく露合板の強度性能評価

吉田 弥明 中村 史門
田 口 崇

1. まえがき

合板の性能を評価する場合、まず問題となるのは接着性能、次いで表面性能、最後に強度性能であろう。従来わが国では合板は主として内装用に向けられており、また外装用であっても、その平面性と美観が重視される関係上、接着性能、表面性能が主に取り上げられてきた。しかし、枠組壁構法の導入等合板の強度特性の利用、しかも外装に用いられるようになると、使用時の強度性能の変化、特に長期屋外ばく露による強度性能の変化をみておく必要がある。

外装に用いられる合板はウェザリング、すなわち太陽光や風雨にさらされることによって劣化していくが、まず表面性状の変化となって表われ、次第に内部に進行し、材質そのものを劣化させるに至る。したがってばく露による合板の強度性能の低下は、強度そのものを示すと同時に劣化の進行程度をも表わすものといえよう。

われわれは昭和43年より国立林試と協同で実大合板による屋外ばく露試験を実施しているが、この中で強度性能を評価する非破壊試験法の一つとして曲げ剛性試験をとりあげている。試験は未だ中途であるが、これまで集めた若干のデータによって、曲げ剛性試験の性格、ならびにこれによる各種合板の強度劣化についてまとめたので報告する。

なお、この報告は第6回日本木材学会北海道支部大会(昭48.11.16)において発表した報告の詳細である。

2. ばく露合板および試験方法

2.1 ばく露合板

南洋材のレッドラワン、カプール、道材のシナノキ、カバ原木を、常法により煮沸し、1.65、2.30、3.60

mmの単板を切削した。合板構成は下に記す3および5プライ構成で、仕上り寸法は厚さ約8mmの91×91cmのサイズである。

3プライ：2.30+3.60+2.30mm

5 "：1.65+1.65+1.65+1.65+1.65mm

薄着剤には水溶性フェノール梓川旨を用いて下記の製造条件で製造した。

接着剤

配合割合 プライオーフェン TD-683 100部
小麦粉 10部

塗布量 310~330g/m²

圧縮

冷 圧 12kg/cm², 120分

熱 圧 10kg/cm², 8分, 135±5

さらに、レッドラワン、シナノキの5プライ合板をベースに表面および端面をフタル酸系白色ペイント、ボイル油、およびウレタン系ワニスで、裏面はず

第1表 供 試 合 板

樹 種	プ ラ イ 数	塗 装 処 理		ば く 露 枚 数
		表 端 面	裏 面	
レ ッド ラ ワ ン	5	な し	アミノアルキッド系ワニス	4
"	"	白色ペイント	"	4
"	"	ボイル油仕上	"	4
"	"	ウレタン系ワニス	"	4
"	3	な し	"	4
カ プ ー ル	"	"	"	4
シ ナ ノ キ	5	白色ペイント	"	1
"	"	ボイル油仕上	"	1
"	"	ウレタン系ワニス	"	1
"	3	な し	"	4
カ バ	"	"	"	4

注) 面表処理のないものは端面は裏面と同一処理

べてアミノアルキッド系ワニスで塗装処理した。

供試合板についてはその一覧を第1表に示した。

2.2 ばく露方法

ばく露は当場構内のフィールドに上下二列、計6枚をセットできる架台を正南面に向け垂直に設置しおこなった。各ばく露合板は表を正南面に向けセットした。この時裏面も北向きにばく露される。ばく露合板の最下端は地上高1mの位置にあり、冬期間も雪に埋没することはない。なおフィールドは地表の影響を少なくするためグリーンにした。

3.2 曲げ剛性試験

ばく露した合板はコンクリート型枠用合板の日本農林規格に準じて実大寸法のまま曲げ剛性試験に供した。すなわち、第1図に示すように70cmにスパンをとり、2kgづつ載荷してゆき、比例限度内で5~6点の荷重 - たわみの直線が描けるようにし、この直線の勾配から曲げ剛性 EI_{ST} 、および弾性係数 E_{ST} を算出した。これらの数値はスパンを合板の表裏の繊維方向に対して平行、および直交する場合、荷重面をそれぞれ表裏逆にした場合について求めた。

なお、合板に大きな狂いのある場合には5~6点の荷重 - たわみ直線部分を得るために、合板を矯正する必要がありかなりの死荷重を加えた。

ばく露合板は試験に先だち調湿したが、たかだか10

日程度であり、完全な調湿をおこなえたかは疑問である。

2.4 静的曲げ試験

曲げ剛性試験との関連を求めるために、1年、および3年ばく露の供試合板から小試片を採取し、ASTM D805 - 63に準じて曲げ破壊試験をおこない、曲げ弾性係数 E_{SB} 、曲げ破壊係数 σ_{SB} 、および曲げ剛性 EI_{SB} （実大寸法に換算）を求めた。

試験は曲げ剛性試験の場合と同様に、スパンを表の繊維方向に平行（//）、および直交（ \perp ）するようにとり、下記のような寸法の試片、3片につき、ばく露面が引張側にくるようにしておこなった。

（//）：試験片形状 43×5cm，スパン 38cm

（ \perp ）： " 24×5cm， " 19cm

試片は試験に先だち室温 20 ± 2 ，関係湿度 $65 \pm 5\%$ にて十分調湿した。

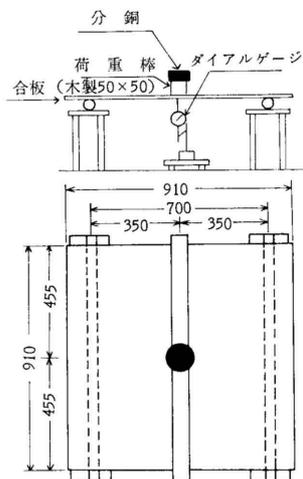
3. 試験結果および考察

3.1 曲げ剛性試験と静的曲げ試験

第2表に0, 1, 3年次の静的曲げ試験から求めた曲げ弾性係数 E_{SB} 、破壊係数 σ_{SB} 、および曲げ剛性 EI_{SB} 、曲げ剛性試験から求めた曲げ剛性 EI_{ST} 、弾性係数 E_{ST} を掲げた。これらの数値は表裏の値の平均である。

まず、これらの試験結果から両試験の相関を見るために、これらの強度特性値間の相関係数を求め、これを第3表に示す。この相関係数から分かるように EI_{ST} および E_{ST} と E_{SB} 、 σ_{SB} 、および EI_{SB} は極めて高い相関を示し、実大合板の曲げ剛性試験によって、ばく露合板の強度特性を十分把握できることを示唆している。

ところで、曲げ剛性試験によって求められる強度特性値には、いわゆる曲げ剛性 EI_{ST} と弾性係数 E_{ST} の二つがある。静的曲げ試験との相関からはいずれを用いても良いが、弾性係数と曲げ剛性の本質的な意味を考える時、おのずと性質を異にする。すなわち、弾性係数の方は厚さの差異をも含めた、その材料のもつ絶対値に近いものである。したがって、厚さの変化を伴



第1図 曲げ剛性試験

曲げ剛性試験によるはく露合板の強度性能評価

第2表 曲げ剛性および静的曲げ試験結果

	ばく露年数	(//)					(⊥)				
		EIST	EST	ESB	σ_{SB}	EISB	EIST	EST	ESB	σ_{SB}	EISB
ラワン5プライ 表面処理 なし	0	416.3	116.5	106.4	787	398.0	134.3	37.6	35.7	409	127.2
	1	390.9	106.0	75.9	641	293.0	125.8	34.2	31.0	354	116.9
	3	332.0	95.6	87.8	555	301.8	125.1	36.1	34.0	380	117.0
ラワン5プライ 表面処理 白色ペイント	0	427.0	113.2	—	—	—	142.8	37.8	—	—	—
	1	447.0	112.5	102.6	758	409.0	147.9	37.3	23.6	236	95.1
	3	414.4	106.4	100.9	695	388.8	143.2	36.8	33.0	370	126.9
ラワン5プライ 表面処理 ボイル油	0	423.8	111.2	—	—	—	142.3	37.3	—	—	—
	1	405.9	106.5	103.2	675	396.6	142.6	37.4	32.7	378	130.4
	3	360.9	100.0	89.6	582	312.5	125.6	34.8	32.0	378	114.6
ラワン5プライ 表面処理 ウレタン系ワニス	0	433.8	115.6	—	—	—	142.1	37.8	—	—	—
	1	438.4	113.5	85.0	610	337.0	145.1	37.6	25.6	263	92.3
	3	396.2	110.7	114.8	741	406.8	135.5	37.9	36.6	416	129.7
ラワン3プライ 表面処理 なし	0	454.1	125.9	127.3	685	455.7	69.5	19.6	15.7	272	54.7
	1	444.1	122.0	109.6	563	390.2	54.1	14.9	12.7	188	45.8
	3	377.5	111.8	109.8	585	367.2	58.1	17.2	38.8	289	70.3
カパール3プライ 表面処理 なし	0	660.5	185.8	181.0	1008	665.1	87.6	25.8	22.8	400	80.4
	1	647.5	170.5	165.0	800	657.5	76.1	20.0	16.6	319	63.8
	3	618.6	178.0	178.7	859	614.3	76.4	22.0	20.1	360	69.2
シナ5プライ 表面処理 白色ペイント	0	258.6	78.3	—	—	—	103.5	31.4	—	—	—
	1	246.9	66.7	—	—	—	100.1	27.1	—	—	—
	3	238.4	—	—	—	—	99.3	—	—	—	—
シナ5プライ 表面処理 ボイル油	0	260.6	78.9	—	—	—	98.1	29.7	—	—	—
	1	255.2	73.9	—	—	—	101.9	29.4	—	—	—
	3	213.2	63.9	—	—	—	93.3	28.0	—	—	—
シナ5プライ 表面処理 ウレタン系ワニス	0	298.9	89.8	—	—	—	109.4	32.9	—	—	—
	1	264.1	75.5	—	—	—	108.7	30.5	—	—	—
	3	241.0	69.7	—	—	—	83.4	24.1	—	—	—
シナ3プライ 表面処理 なし	0	255.7	80.4	84.9	534	279.6	60.4	19.1	13.3	249	43.3
	1	285.9	83.2	54.6	281	191.7	52.5	15.3	10.0	194	39.9
	3	217.1	68.7	72.0	414	225.2	47.2	15.0	14.4	244	44.9
カバ3プライ 表面処理 なし	0	392.5	119.7	136.7	991	447.2	103.2	33.6	23.5	362	76.7
	1	394.9	113.5	103.2	507	365.2	62.3	18.0	15.6	262	53.4
	3	463.6	143.2	145.1	764	464.6	59.9	18.5	16.9	274	54.3

単位 EI : ton-cm², E : ton/cm², σ : kg/cm²

第3表 強度特性値間の相関係数

	ばく露期間	ESB	σ_{SB}	EISB
EIST	1年	0.981	0.922	0.982
	3	0.982	0.978	0.996
	(全)*	0.967	0.930	0.985
EST	1年	0.981	0.903	0.976
	3	0.990	0.970	0.996
	(全)*	0.980	0.924	0.985

* 1年ばく露と3年ばく露のデータをまとめたもの

なれば両者の間には当然差が生じてくる。今回の試験の場合も第2図に示すようにEISTとESTとの遞減状態は同一ではなく若干の差が生じている。

一般にばく露した合板の強度の低下は、材質それ自体の劣化による強度低下とウェザリングに伴う表層の厚さ減少による強度低下の合計だと考えられる。ここで強度の低下を弾性係数E_{ST}によって表示すれば、厚さ減少による強度低下は除外され、材質劣化の

みによる強度低下しか表わさないことになる。したがって、材質の劣化のみを問題にする場合は好都合であるが、実用的な意味では曲げ剛性E_{ST}で表示すべきである。先にも触れたように、現段階ではばく露期間も短かく差は僅少であるが、ばく露期間が10余年にもなる場合には、この厚さの減少による強度の低下はかなりのものになるであろう。

さらに破壊係数 σ_B についても、この厚さ減少は大きく影響を及ぼすものと考えられ、実用上は破壊荷重そのものを用いて、これとの関連ということを考えなければならぬであろう。この意味においてもE_{ST}の方がより根拠のある特性値と考えられる。

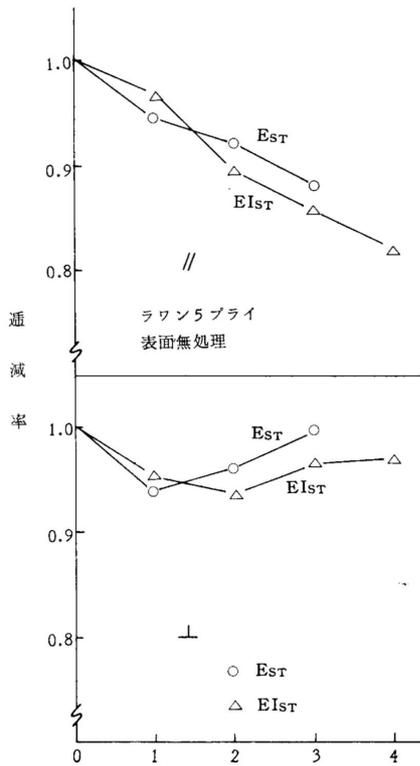
3.2 E_{ST}による各種合板の強度低下

ここでは前述したような理由により、E_{ST}によって各種合板の強度低下の状態を見ることにする。

ばく露前の各合板の曲げ剛性E_{ST}についてはすでに第2表に示したが、これらに対する比でばく露による強度の遞減を表わし、表面処理、構成、および樹種別に考察する。

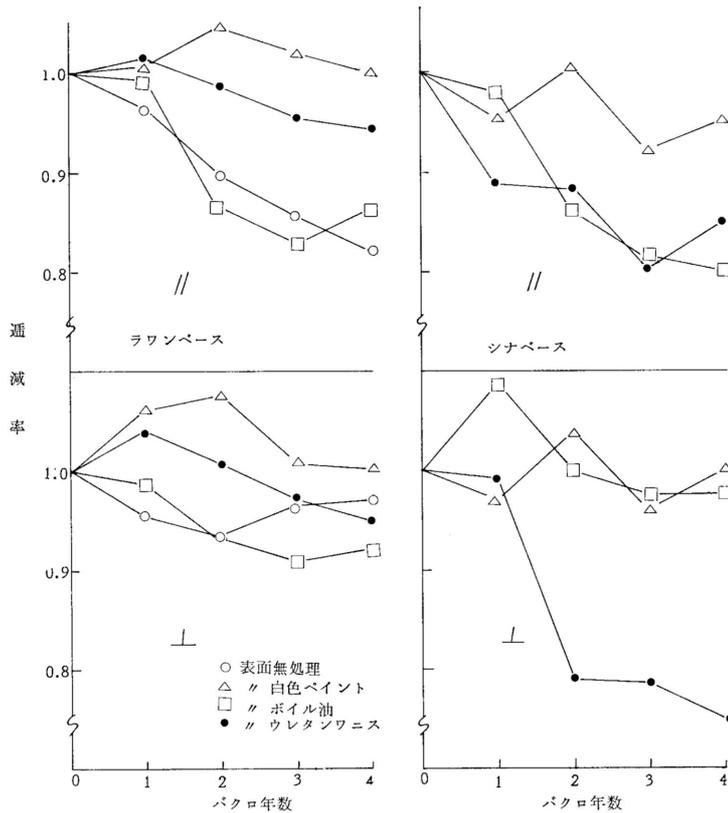
ラワン、およびシナ5プライ合板をベースにして各種表面処理をした合板について、強度の遞減状態を第3図に示した。ばく露4年次までの経過をみると(//)方向では、表面無処理合板は年々強度が遞減し、3年後でばく露前の85%に低下している。一方、白色ペイント塗装処理したのものについては全く遞減が認められない。ウレタン系ワニスで塗装処理したものでは、若干の遞減が見られ、3年後で95%に低下している。ポイル油処理したものはほとんど処理効果が認められず、無処理のものと同等の遞減を示している。()方向についてもほぼ同様の傾向を示しているが、構成からプライの関係上クロスバンドが強度を支配するため、(//)方向の場合程著しい遞減はしない。

シナ合板ベースの場合は、白色ペイント処理が最も優れていることは同じであるが、ウレタン系ワニス、ポイル油仕上げについてはラワンベースの場合と異なり、両者の塗装効果は同等か、()方向に見られるようにポイル油仕上げの方がかえって勝っている。しかし、(//)方向で見ると白色ペイントにおいても



第2図 EISTとEISBによる表示の年数

曲げ剛性試験によるばく露合板の強度性能評価



第3図 表面処理合板の強度逓減

低下しており、ウレタン系ワニス、ボイル油仕上げは、3年で80%に低下している。

構成別の EI_{ST} の逓減は第4図に示すように、3プライと5プライの差が明らかである。(//)方向では3プライの方が5プライの場合より強度逓減が少ない。これは表裏単板の厚さが影響していることを示すもので、耐候性にはある程度の表層単板厚が必要と考えられる。()方向では逆に5プライの方が逓減が小さく強度が安定していることを示している。(//)と()方向の3プライと5プライの強度の逓減の差は、(//)がほんの数%であるのに()方向では15~16% (4年ばく露)にも達し、バランスある強度にするためには3プライ構成では十分でないことを示している。

樹種別の剛性の逓減を示すと第5図のようになる。()方向の強度逓減をみると道材のカバが極めて大きく、シナ、レッドラワンが同程度で、カプルが比較

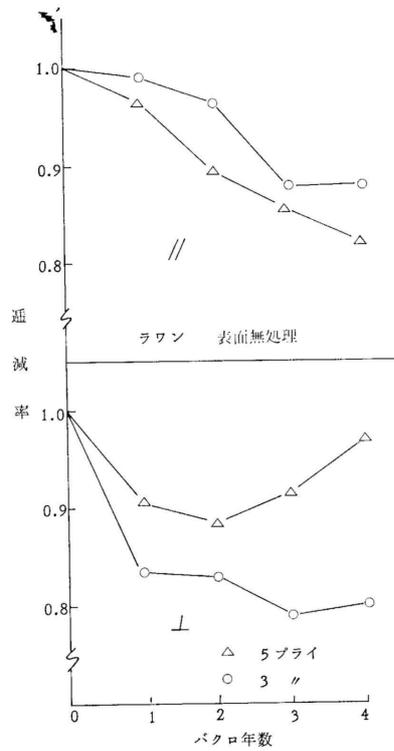
的少ない。一方(//)方向をみると、カバがデータのバラツキで欠損しているが、ばく露3、4年次の逓減からは三樹種とも大差はない。この段階ではカプルが比較的耐候性があるといえよう。

4. まとめ

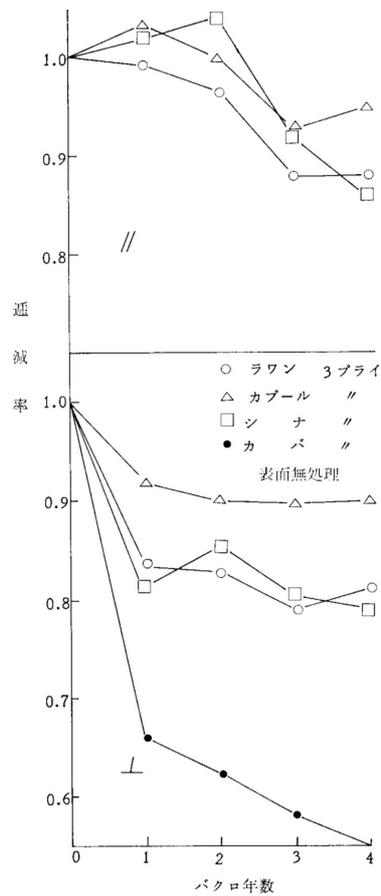
昭和43年に国立林試と協同で開始した各種合板の屋外ばく露試験の中間データによって曲げ剛性試験についてまとめてみた。その結果を要約すると次のように(1) 曲げ剛性試験結果と静的曲げ試験結果は高い相関にあり、非破壊試験である曲げ剛性試験で強度特性を把握できる。

(2) 曲げ剛性試験の結果、剛性 EI_{ST} 、および弾性係数 E_{ST} が求められるが、ばく露による強度の逓減の表示には EI_{ST} の方がより適している。

(3) EI_{ST} によって各種合板の強度の低下を考察す



第4図 3および5プライ合板の強度減減



第5図 各種合板の強度減減

ると次のようになる。

- (イ) 表面の塗装効果は、ラワンベースの場合、白色ペイントが最も大きく、次いでウレタン系ワニスで、ボイル油仕上げの効果は期待できない。シナベースの場合、白色ペイントが最も効果が大きいことは同様であるが、ウレタン系ワニスとボイル油仕上げは同程度で、余り効果はない。
- (ロ) 構成別の影響は、(//)方向では表層単板厚の大きい3プライが優れているが、()方向では逆に5プライの方がはるかに安定している。

- (ハ) 樹種の影響をみると、南方材のカプルが最もすぐれ、次いでレッドラワン、シナで()方向のカバは特に強度耐候性において劣る。

しかしながら、合板の実用的な意味での耐候性は強度特性のみで決まるわけではなく、接着性能、表面性能も大きな決定要因となり、これら総合的な耐候性についても近いうちに中間とりまとめをおこなう予定である。