

## 合板に関する研究（第12報）

# 合板のばくろ試験

柳 下 正<sup>(1)</sup>  
嵯 峨 途 利<sup>(2)</sup>  
岡 西 高 男<sup>(3)</sup>

### I は し が き

合板の用途別分類方法として、外装用合板と内装用合板に大別することはしばしば用いられる方法であり、合板の商業規格に採用している国もある。このうち外装用合板は家屋の外壁など直接外気にさらされ、気象変化の影響を強く受けるような場所に使用されるもので、合板としての性能を長期間維持できる必要がある。合板に必要な性能としてはいろいろ挙げられるが、最も必要な性能は耐候性接着性能である。外装用として合板を使用している際に接着力がいちじるしく劣化し、または剝離を生ずるような接着性能の合板では、その目的を達することが不可能である。

このほかに外装用合板としての必要性能には、表面割れや材質の劣化による強度性能の低下もあり、プラスチックオーバーレイ処理などによる性能改善も当然必要ではあるが、第一義的には耐候性接着性能が挙げられるので、各国の規格にも接着性能による外装用合板の規定を行なっている。日本農林規格では1類合板が外装用合板の範ちゆうにはいる。

合板の接着性能に関係する因子は、製造工程の全般にわたって非常に多いが、外装用合板としての接着性能に最も影響の深い因子は、接着剤の種類である。外装用合板に用いられる接着剤として、現在では石炭酸樹脂系およびメラミン樹脂系の接着剤が使用され、耐候性のある接着剤とされている。

外装用合板の接着性能試験としては普通実験室の促進試験方法が採用されているが、耐候性を判定するには、屋外の天然ばくろによる耐候性試験が最適の方法である。よつて KNIGHT, PERKINS, BLOMQUIST らは合板について長期間のばくろ試験を行ない、その結果を発表している。しかしこの試験は、試験地による気象条件にいちじるしく影響され、気象条件に差異のある各地で試験される必要がある。わが国ではこの種の試験報告が乏しいので、著者らは昭和31年（1956年）本実験を計画し、翌32年3月1日から開始した。

本実験は種々の接着剤を用い、合板を作り、屋外ばくろ試験を行ない、接着剤による耐候性能の優劣を合板の引張剪断接着力試験の接着力試験値より判定することを主目的とし、あわせて合板の表面の状態を観察した。なお、本実験に使用した接着剤の種類は、実験計画当時、1類合板用の接着剤として石炭酸樹脂系接着剤のほかにメラミン粉末を尿素樹脂に混入した接着剤が用いられていたもので、これらを用いた。現在多く使用されているメラミン樹脂系の接着剤は、当時適切な樹脂が市販されていない状態であつたので含まれていない。ただ比較検討の意味で、2類合板用の尿素樹脂接着剤をあわせて用いた。

(1)~(3) 木材部材質改良科接着研究室員

本実験を行なうにあたり種々ご指導を賜わつた小倉木材部長、中村科長に感謝申し上げるとともに、実験遂行にご協力いただいた榎本技官に厚くお礼申し上げます。

## II 試 料

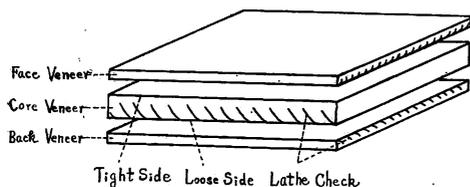


Fig. 1 合板の仕組  
The combination of veneers for plywood.

### A. 単板および合板構成

樹 種	レッドラワン (ブツアン産)
切 削	ロータリー・カット
単 板 厚	1 mm および 2 mm
単板含水率	8 ~ 9 %
合板構成	1 mm : 2 mm : 1 mm 2 mm : 2 mm : 2 mm

単板組合せは Fig. 1 に示すような組合せで3 プライ合板が作られた。すなわち、中板のタイトサイドを表板単板の側にして接着した。

試料寸法 製作時 25 cm × 25 cm  
ばくろ試験時 23 cm × 23 cm

### B. 接着剤

#### (1) 使用した接着剤

尿素樹脂接着剤	U-120 (東洋高圧製)
水溶性石炭酸樹脂接着剤	P-398 (日本ライヒホールド製)
アルコール溶性石炭酸樹脂接着剤	P-5013 (日本ライヒホールド製)

#### (2) 添加物

- メラミン粉末
- 小麦粉
- J-2 P-398 用増量剤 (日本ライヒホールド製)
- 塩化アンモニウム

### C. 接着剤と合板との関係

Table 1 に示すような接着剤と合板構成により 6 種類の合板をそれぞれ 8 枚 (30 cm × 30 cm) ずつ作った。

Table 1. 合板の接着剤と構成の関係  
The relation of adhesives and composition of plywood.

接 着 剤 Adhesives	構 成 Composition (mm)	記 号 Mark
尿 素 樹 脂 接 着 剤 Urea resin adhesive	1 : 2 : 1	U-1
尿 素 樹 脂 接 着 剤 Urea resin adhesive	2 : 2 : 2	U-2
増 強 尿 素 樹 脂 接 着 剤 Fortified urea resin adhesive	1 : 2 : 1	M
ア ル コ ー ル 溶 性 石 炭 酸 樹 脂 接 着 剤 Alcohol soluble phenol resin adhesive	1 : 2 : 1	A
水 溶 性 石 炭 酸 樹 脂 接 着 剤 Water soluble phenol resin adhesive	1 : 2 : 1	W-1
水 溶 性 石 炭 酸 樹 脂 接 着 剤 Water soluble phenol resin adhesive	2 : 2 : 2	W-2

D. 各接着剤における配合および圧縮条件

Table 2 に示すような接着剤の配合, 圧縮条件で合板を作った。試料合板は製造後, 恒温恒湿室 (温度 20°C, 関係湿度 45%) にて調湿し, 実験に供した。

Table 2. 接着剤の配合と合板の圧縮条件  
The ratio of mixing for adhesives and the data for pressing.

		U-1	U-2	M	A	W-1	W-2	
配合 (単位部)  Ratio of mixing (unit parts)	尿素樹脂接着剤 Urea resin adhesive	100	100	100				
	アルコール溶性石炭酸樹脂接着剤 Alcohol soluble phenol resin adhesive				100			
	水溶性石炭酸樹脂接着剤 Water soluble phenol resin adhesive					100	100	
	粉末メラミン Melamine powder			20				
	小麦粉 Wheat powder	10	10	10				
	J-2 Extender for phenolic resin					10	10	
	水 Water	20	20	20		20	20	
	塩化アンモニウム (20%水溶液) Ammonium chloride (20% water solution)	5	5	5				
圧縮条件  Data for pressing	塗付量 (g/30×30 cm) Spread		35	35	35	30	35	35
	冷圧 Cold pressing	圧力 (kg/cm <sup>2</sup> ) Pressure	10	10	10		10	10
		時間 (hr) Time	3	3	3		3	3
	予備加熱 Pre-heating	温度 (°C) Temperature				80		
		時間 (hr) Time				1		
	熱圧 Hot pressing	圧力 (kg/cm <sup>2</sup> ) Pressure	10	10	10	10	10	10
		温度 (°C) Temperature	110	110	110	135	135	135
		時間 (min) Time	4	6	4	10	7	10

III 試験方法および試験結果

A. ばくろ架台

木製にて合板ばくろ用架台を作り, 合板をのせた際に, その合板が水平に対し 45° の角度で傾斜するようにした。Fig. 2 にこの実際の状況を示す。

B. ばくろ試験地

ばくろ架台は農林省林業試験場内 (東京都目黒区下目黒) 林産 1 号館の屋上に南向きにして設置した。本試験地は地上約 10 m の屋上にて, 四周は全くしやへい物がなく, 日光はもちろん風雨が直接にかかる所で, しかも屋上の床はコンクリートであるため反射熱も強く, ばくろ条件としてはむしろ苛酷な条件であろう。本試験地の気象概況については, ばくろ期間 (3 年間) の雨量, 晴雨日数の状況を Table 3 に示す。

C. 試料の取付け

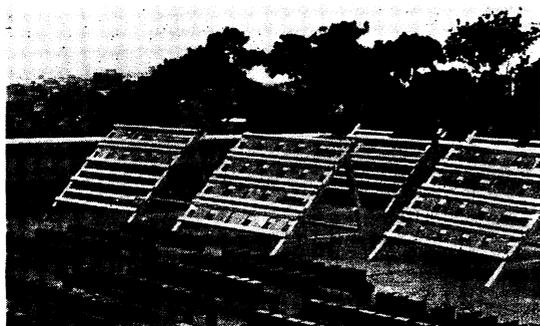


Fig. 2 合板のばくろ試験の状況  
The circumstance of weathering test of plywoods.

試料合板 (23×23 cm) を架台におき、上下を木材棧木で押さえ、この棧木を架台に木ねじで止め、合板に木ねじの影響がないようにした。また、合板は Fig. 2 にて明らかのように裏面もおおうことなく、外気にばくろされている。合板のエッジは被覆材料を用いず、鋸断されたままである。

D. 試験期間と測定日

本実験のばくろ試験は昭和 32 年 3 月 1 日から開始した。経過年月につれて架台から合

Table 3. ばくろ期間の気象  
Weather condition in the exposure period.

年 Year	月 Month	降水量 Precipitation (mm)	晴 (日) Fine (day)	曇 (日) Cloudy (day)	雨 (日) Rain (day)	雪 (日) Snow (day)	
1957	3	75.8	19	11	1		
	4	111.6	14	12	4		
	5	169.6	15	10	6		
	6	297.2	6	16	8		
	7	127.6	6	20	5		
	8	38.9	13	16	2		
	9	257.7	6	19	5		
	10	109.8	13	15	3		
	11	47.2	15	13	2		
	12	107.3	18	10	3		
	1958	1	74.7	23	5	3	
		2	66.5	16	10		2
<b>Total</b>		1483.9	164	157	42	2	
1958	3	58.6	12	18	1		
	4	43.3	8	20	2		
	5	76.7	17	10	4		
	6	60.9	13	15	2		
	7	175.0	7	20	4		
	8	88.4	8	20	3		
	9	578.6	14	10	6		
	10	268.5	9	15	7		
	11	77.5	14	15	1		
	12	96.5	23	7	1		
	1959	1	45.6	19	7	5	
		2	118.5	9	12	5	2
<b>Total</b>		1688.1	153	169	41	2	
1959	3	93.9	18	8	5		
	4	174.9	13	13	4		
	5	186.4	14	11	6		
	6	133.8	4	25	1		
	7	74.6	9	17	5		
	8	136.9	9	20	2		
	9	169.4	5	19	6		
	10	212.4	10	15	6		
	11	116.9	11	17	2		
	12	170.0	21	7	3		
	1960	1	33.2	25	5	1	
		2	9.2	18	10	1	
<b>Total</b>		1510.6	157	167	42		

(注) 1. 本表は農林省林業試験場防災部防災第 1 科気象研究室資料  
2. 降水量は各月における降水総量  
3. 晴, 曇, 雨, 雪は午前 9 時における観測資料

Table 4. 測定せる時  
The date of measurement.

測定年月日 The date of measurement	経過年月(月) Exposure period (months)
March, 1, 1957	Start
June, 1, 1957	3
September, 1, 1957	6
December, 1, 1957	9
March, 1, 1958	12
September, 1, 1958	18
March, 1, 1959	24
March, 1, 1960	36

板 1 枚ずつ取りはずし、以下の測定を行なつた。測定年月日と経過年月は Table 4 に示す。

## E. 測定項目

## (1) 合板の接着力試験

ばくろ架台から採取した試料合板を切断し、その一部から日本農林規格に準じて合板の引張剪断接着力試験片 15 個を取り、常態試験を行なつた。この結果を Table 5 に示す。表中の破断接着層とは、3 プライ合板の 2 接着層のうち破断した側の接着層を示すもので、試験後中板のタイトサイド側の接着層（表板と中板との間の接着層）で破断したものを T、ルーズサイド側の接着層（中板と裏板との間の接着層）で破断したものを L とし、両方の接着層にわたる場合を T, L とし、それらの個数を付記した。

ばくろ試験期間の経過による合板の接着力の低下割合を示すため、ばくろを行なわない合板の接着力値に対し、経年変化の低下率を各々の平均値により示したものを Fig. 3 に示す。

## (2) 合板の表面の状態

合板の接着力試験片をとつた残りの試料から合板の表面の経年変化の状態を観察した。これらの代表的なものを Fig. 4 に示す。

## IV 試験結果の考察

## A. 合板の接着力試験

## (1) 合板の接着力

Fig. 3 に示されるように、石炭酸樹脂系の接着剤 (A, W-1, W-2) では 3 年間ばくろ試験をした結果、合板製造時の接着力値の 70% 程度の低下であるのに対し、尿素樹脂系の接着剤では 9 カ月前後で 50% 程度に低下した。なお尿素樹脂接着剤 (U-1, U-2) では 2 年後には合板の形態をとどめる程度であり、3 年後には剝離が

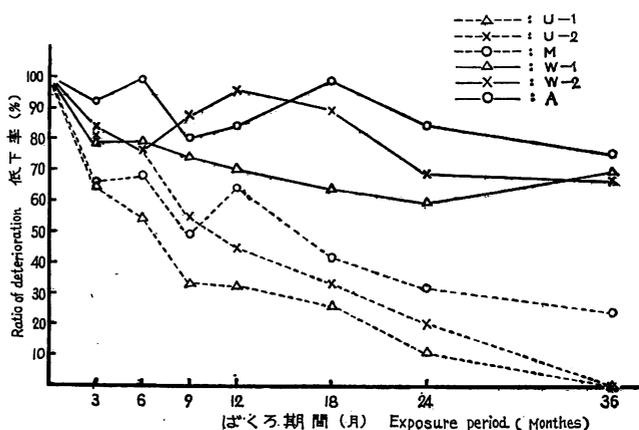


Fig. 3 合板接着力の低下の割合  
The ratio of deterioration on the adhesion strength of plywood.

Table 5. 合板の接着力試験結果  
The result of adhesion strength test of plywood.

Kind of plywood	Exposure period (months)	Adhesion Strength. (kg/cm <sup>2</sup> )		Wood failure (%)		Broken glue line (piece)		
		Ave.	Max. ~Min.	Ave.	Max. ~Min.	T	L	T, L
U-1	Original	16.6	20.0~13.9	95	100~70			
	3	10.7	12.3~7.7	82	100~20	2	13	0
	6	9.0	11.1~5.5	25	90~10	2	13	0
	9	5.5	6.8~4.3	27	50~10	0	15	0
	12	5.4	8.6~1.9	34	70~10	0	15	0
	18	4.3	5.6~1.2	9	20~0	2	13	0
	24	1.9	3.7~0	0	0	1	12	2
	36	剝離						
U-2	Original	17.4	20.3~13.2	90	100~50			
	3	14.0	15.7~10.8	93	100~80	10	0	5
	6	13.3	17.3~9.9	36	50~10	8	6	1
	9	9.5	13.2~4.9	33	90~10	7	5	3
	12	7.8	11.7~4.6	32	70~10	9	5	1
	18	5.7	7.4~2.2	4	10~0	3	12	0
	24	3.5	7.1~0	0	0	0	15	0
	36	剝離						
M	Original	23.4	28.1~17.6	100	100~100			
	3	15.4	17.9~12.9	81	100~30	1	11	3
	6	15.9	17.6~13.9	60	100~20	4	7	4
	9	11.5	13.6~9.2	72	100~40	3	11	1
	12	15.0	18.5~12.6	70	100~50	5	10	0
	18	9.7	12.3~6.8	23	80~10	4	11	0
	24	7.4	9.9~5.5	12	30~0	4	7	4
	36	5.7	7.7~3.7	45	80~20	7	7	1
A	Original	16.6	19.7~13.5	7	10~0			
	3	15.3	18.5~12.6	15	40~10	4	11	0
	6	16.5	18.5~14.5	33	50~20	1	14	0
	9	13.3	16.0~10.5	33	50~20	3	11	1
	12	14.0	16.3~11.1	33	50~20	6	9	0
	18	16.4	18.2~13.6	21	40~10	5	10	0
	24	13.9	15.7~10.8	48	100~10	9	6	0
	36	12.4	13.9~10.8	91	100~30	13	2	0
W-1	Original	16.8	20.0~14.2	59	100~10			
	3	13.2	14.2~11.7	67	100~20	4	8	3
	6	13.3	14.5~12.0	43	90~10	4	11	0
	9	12.4	15.1~9.9	46	80~10	9	4	2
	12	11.8	14.5~10.2	56	100~30	2	12	1
	18	10.7	12.3~9.2	61	90~30	8	7	0
	24	9.9	11.4~8.6	16	40~10	0	15	0
	36	11.6	13.9~9.9	45	80~10	7	8	0
W-2	Original	17.8	22.8~14.2	75	100~40			
	3	14.9	16.6~12.9	53	100~20	0	10	5
	6	13.6	15.1~11.4	91	100~80	0	15	0
	9	15.6	18.2~13.9	76	100~20	0	9	6
	12	17.0	18.8~12.6	73	90~40	8	3	4
	18	15.8	16.9~13.2	17	30~10	2	7	6
	24	12.2	15.1~8.3	61	100~20	6	9	0
	36	11.8	13.9~9.9	45	80~10	7	8	0

生じていた。この剝離は試料合板の四周にエッジより深さ 20~30 mm の剝離が生じていた。増強尿素樹脂接着剤 (M) は尿素樹脂より若干良好な結果を示しているが、耐候性のある接着剤とはいえない。石炭酸樹脂系ではアルコール溶性は水溶性よりよい結果を得ている。結局本実験の範囲内では、外装用合板の接着剤として耐候性ある接着層を形成するためには石炭酸樹脂系の接着剤が必要である。

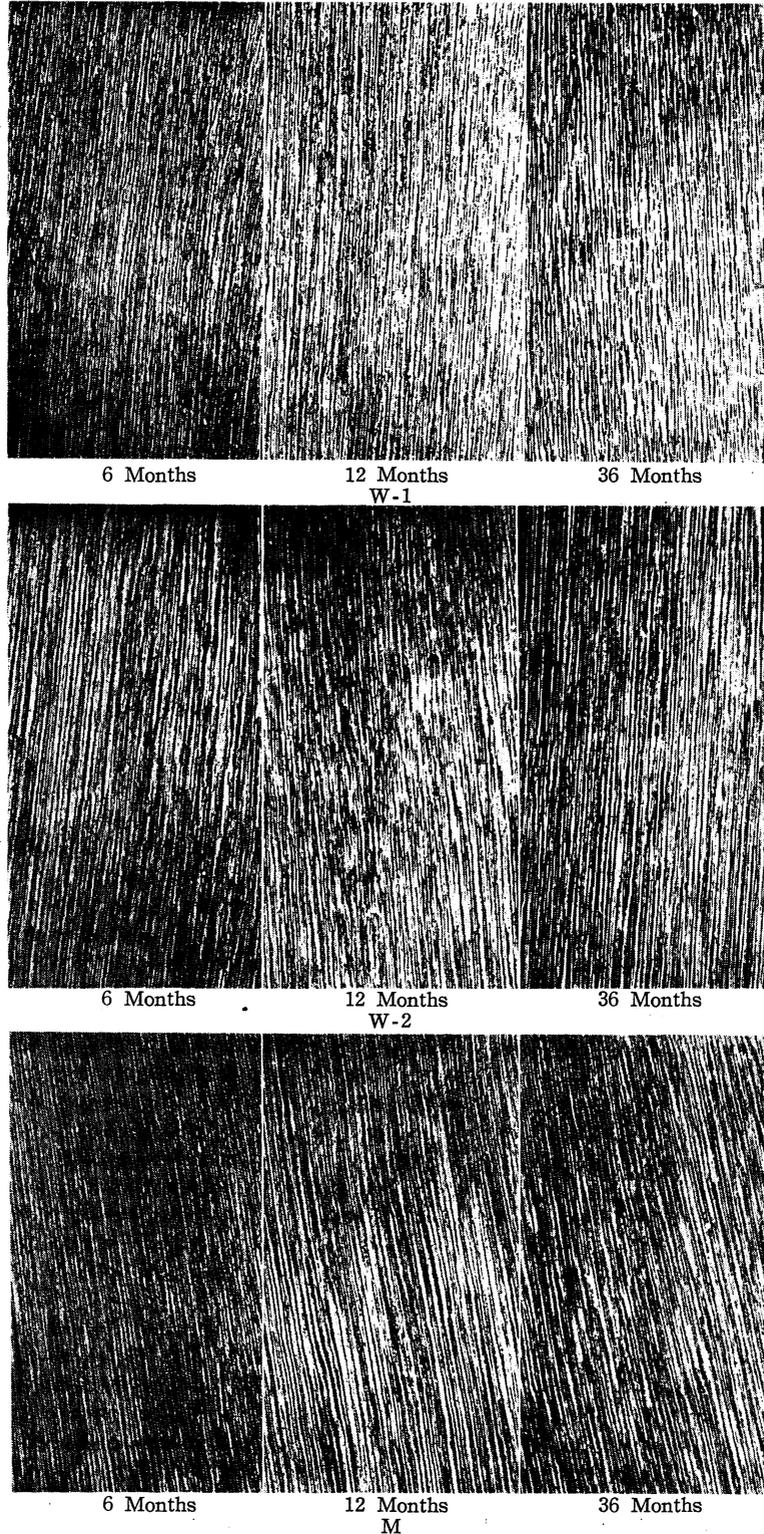


Fig. 4 合板の表面の状態  
The appearances of exposed plywood surfaces.

## (2) 合板の木部破断率

Table 3 に示すように、尿素樹脂系の接着剤では、ばくろ試験期間が長くなるにつれ、木破率が低下する傾向が明りように示されている。これに対し水溶性石炭酸樹脂では、ばくろ試験期間と木破率の間の相互関係は認められなかつた。ただアルコール溶性石炭酸樹脂では尿素樹脂系の場合の逆の傾向を示し、ばくろ試験期間が長くなるにつれ、木破率は増加する結果を得た。

## (3) 破断接着層

破断した接着層については Table 5 に示すように、明りような傾向を示す結果は得られなかつたが、全般的に中板と裏板との間の接着層 (L) で破断する傾向が多く認められた。ばくろ条件としてはむしろ表板が日光や風雨に直接さらされているので、表板と中板の間の接着層 (T) の方が強い影響をうけるものと考えられるが、本試験地が屋上であるため、コンクリートによる反射熱が強く裏面に影響したためか、また中板の裏割れ (レースチェック) によるためか、この辺の解析はできず諸種のばくろ条件によるいつそうの実験が必要と考える。

## (4) 合板の表板単板厚と接着力

同一の接着剤で合板の表板単板の厚さが 1 mm と 2 mm との場合 (U-1 と U-2 および W-1 と W-2) 接着力値に対する影響については Fig. 3 に示すように、表板単板の厚さが厚い方がいずれのばくろ期間においても接着力値は高い値を示している。これは表板単板が厚い方がばくろ試験中接着層の保護に有効であると考えられる。

## B. 合板の表面の状態

### (1) 色 調

ばくろ試験開始後 3 カ月目ではラワン材の材色に灰色が加わつた状態であるが、6 カ月以上では全面暗灰色になり色調は全く変化し、ばくろ期間が長くなるにつれてますます暗色が濃くなつている。

### (2) 表面割れ

表板単板の表面には、表面に開口している導管と材質部に発生した割れとがあり、共に表面割れのような状態を呈している。表面に開口している導管は、6 カ月目程度までは比較的原形に近い形態を保っているが、それ以上では導管の周辺が破壊され、また内部に向かつて導管部から割れが生じている。材質部に発生した割れは 3 カ月目の試料にもすでに細いものが認められ、漸次発達して 1 年目ではこれらが連続し、表面に開口した導管のような形状になつている。

これらの表面割れ、色調の変化は合板表面の外観品質の低下とともに材質の劣化を生ずるが、合板も木材である以上これは避けられないものである。よつて合板を外装用に使つた場合にはオーバーレイ処理による材面の保護は当然必要な手段であらう。

### (3) 合板の表板単板厚さと表面割れ

合板の表板単板厚さが 1 mm と 2 mm の場合における表面割れについては、すべての場合 2 mm 厚単板の方が大きく認められた。すなわち、表面に開口した導管も大きく開き、表面割れの幅も大きい傾向にあつた。

## C. 他の試験との比較

合板の天然ばくろ試験は前述のように、試験地の気象条件、試験体の設置状態により、著しく影響されるものである。よつて種々の研究報告のうち、米国合衆国および英国の代表的のものを選び、その試験結

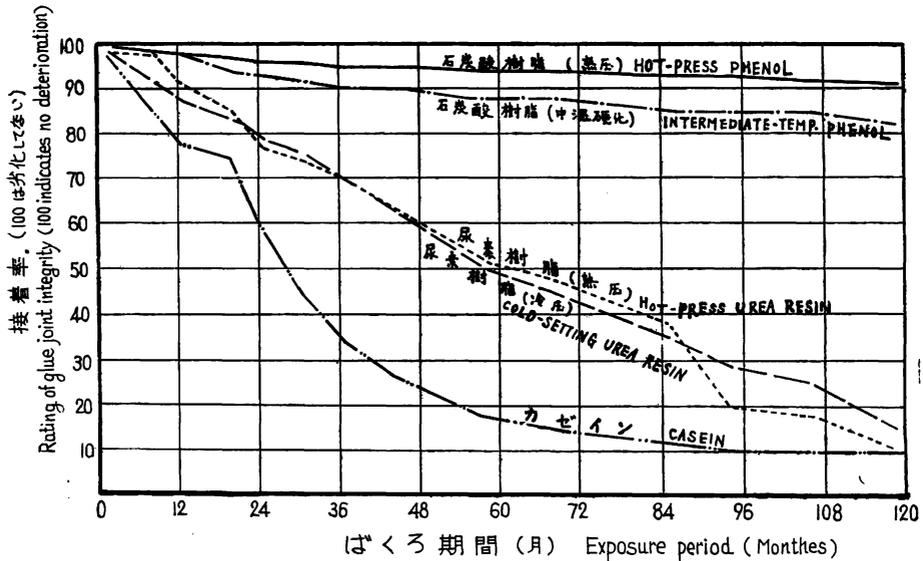


Fig. 5 合板の天然ばくろによる接着の劣化の比較 (合板のエッジは被覆されていない)  
The deterioration of glue joint integrity caused by natural exposure test.

果と対比検討した。

(1) マジソン林産試験所の報告

米国の同試験所の合板のばくろ試験は地上垂直に南面して架台上に固定されており、10年間の試験結果が報告されている<sup>4)</sup>。この結果を Fig. 5 に示す。

(2) KNIGHT の報告

英国の林産試験所の KNIGHT らのカバ合板のばくろ試験は地上垂直に南面して架台上に固定されており、5年間の試験結果が報告されている<sup>1)</sup>。

(a) 石炭酸樹脂では、外観およびナイフテストの結果少し劣化を示しているが、木材質の劣化が著しい。

(b) 増強尿素樹脂では、36 ないし 50 カ月、平均して 42 カ月 (3½年間) にて剥離している。

(c) 尿素樹脂では、12 ないし 35 カ月、平均して 22 カ月 (約2年間) にて剥離している。

(3) 著者の試験結果との比較

著者の試験結果は KNIGHT の報告の結果とほぼ一致するものと考えられるが、マジソン林産試験所の結果とはかなり大きい差異が示されている。これは合板の樹種、製造条件、ばくろの気象条件、設置場所などの諸因子に影響されることが多いためである。

## V 摘 要

ラワン合板の天然ばくろ試験を行ない、合板の耐候性能の一資料をうるための実験を実施した。合板の耐候性能は使用する接着剤による影響が最も大きいものと考え、Table 1 に示す接着剤にて合板を作り、農林省林業試験場林産 1 号館屋上にて、南面、45° 傾斜の架台に固定し、1957 年 3 月から 3 年間の天然ばくろを行ない、その結果として次のことがらを得た。

(1) 試料合板よりばくろ期間の経過につれて試験片をとり、合板の引張剪断接着力試験を行なった結果、ばくろ期間3年後では石炭酸樹脂系の接着剤は初期の接着力の70%の接着力値を示すのに対し、尿素樹脂接着剤では剝離を生じ、増強尿素樹脂接着剤でも初期の接着力値の20~25%程度であった。

木部破断率では尿素樹脂系の接着剤の場合、ばくろ期間が長くなるにつれて低下する傾向が明りように示されたのに対し、石炭酸樹脂系ではこの傾向は認められなかつた。

(2) 合板の表面の状態は、特に色調および表面割れについては天然ばくろの影響が大きく、6ヵ月後ではもはや初期の合板の表面の状態をとどめない状況であった。

(3) 合板の表板単板の厚さは本実験の範囲では、厚い単板が接着力の維持に有効である傾向にあつたが、表板割れでは逆に大きい傾向であるように観察された。

## 文 献

- 1) KNIGHT, R. A. G. L. S. DOMAN and R. J. NEWALL : Durability tests on plywood adhesives. Wood, 6, (1951).
- 2) PERKINS, N. S. : Predicting exterior plywood performances. F. P. R. S., 4, (1951).
- 3) PEARSON, W. J. : Preliminary report on a proposed new method of estimating the service life of exterior grade plywood. F. P. J., 6, (1956).
- 4) Summary of information on the durability of water resistant wood working glues. F. P. L. R., 1530, (sep. 1956).

### Studies on Plywoods Rep. No. 12.

#### Weathering tests of plywood panels.

Masashi YAGISHITA, Michitoshi SAGA and Takao OKANISHI

#### (Résumé)

Tests of plywood panels subjected to weathering have provided data on the durability of different adhesives under outdoor exposure.

The plywood test panels, 23 cm square, that were made of different thickness of Lauan veneers, had been exposed for 3 years since 1957. The combination of veneers for plywood is shown in Fig. 1, the relation of adhesives and composition of plywood in Table 1, the ratio of mixing for adhesives and the data for pressing in Table 2, and the date of measurement in Table 3. The panels were fixed on the stands towards the South, at an angle of 45° and set up on the roof of the Government Forest Experiment Station (Fig. 2).

The adhesion strength and the appearance of surface of plywood in the exposure period of 3 years were recorded as follows :

(1) The results of normal adhesion strength test of plywood according to JAS (Japanese Agricultural Standard) is shown in Table 4 and the ratio of deterioration of one in exposure periods in Fig. 3. After 3 years exposure, the adhesion strength was decreased 70% comparative to original in phenolic resin, 20~25% in fortified urea resin, and rose on the edge of plywood in urea resin.

(2) On the appearance of the plywood surface, the wood colour and the surface check of plywood was influenced by outdoor exposure, and after 6 months exposure the panels could not hold the original appearance on the surface.

(3) On the thickness of face veneer of plywood, within the limit of this experiment, the thicker one was inclined to come into force in protection of glue lines of plywood, but showed opposite results in surface checks of plywoods.