

クロスラップ法による接着力試験

松 本 庸 夫⁽¹⁾

Tsuneo MATSUMOTO : Adhesion Strength by Cross-lap Tension Test

要 旨：接着剤の接着力試験において、木部破断率が100%近くになって接着剤の真の評価が困難なことがしばしばある。そこで、接着層に垂直な引張り荷重を加えるクロスラップ法と、接着層に平行なせん断荷重を加える圧縮せん断法とによって、接着剤、塗付量、塗付法をかえて接着したマカンバ試験片の接着破壊荷重と木部破断率を測定し、これらの測定値と測定法との関係を調べた。その結果、つぎのような知見を得た。

1. クロスラップ法による接着力値は、接着剤硬化物の物性に左右される度合が、圧縮せん断法よりも大きい。
2. 接着剤の研究における接着力試験では、破壊様式を異にする2種類以上の試験法を適用することによって、より適確に接着剤の性能を知ることができる。

1. ま え が き

接着剤の性能は、不揮発分・粘度・保存安定性・ゲル化時間・pH・その他の理化学的性質の測定と、被着物を接着したものの接着破壊荷重（接着強さ）とその耐久性などによって判定されている。木材（素材）を接着したものの接着強度を、破壊荷重によって求める方法として一般に採用されているものには、つぎのようなものがある。

- (1) スカーフ試験片による引張りせん断試験 (Scarf joint tension shear test)
(JIS K 6801—1953 など)
- (2) 重ね合わせ試験片による引張りせん断試験 (Lap joint tension shear test)
(ASTM D 2339—65T など)
- (3) 圧縮せん断試験（ブロックせん断試験） (Block shear test)
(JIS K 6801—1966, ASTM D 905—49 など)
- (4) クロスラップ試験片による引張り試験 (Cross-lap tension test)
(ASTM D 1344—57 など)
- (5) 割裂試験 (Glue line creavage test) (文献 11) など
- (6) 衝撃試験 (Impact test) (ASTM D 950—54 など)

これらの試験法には、いずれも長所・短所があるが、(2)および(3)は試験片の作製が比較的容易なことから最も広く採用されている。しかし、これらの方法はいずれも接着面に平行な力を加えてせん断破壊する方法で、正常に接着された試験片では、容積重の大きいマカンバ材を用いても木部破断率が非常に大きくなり、真の接着力が木材の凝集力より大きいという知見しか得られず、接着剤の研究にはこれのみでは不適当なこ

1970年6月4日受理

(1) 木 材 部

とが多い。堀岡ら²⁾は最近T字形に木材試料を接着した試験片をせん断破壊する方法で木部破断率の少ない結果を得ている。

クロスラップ法 (Cross-lap tension test) は長方形の試験材を十字形に接着した試験片について、接着層に垂直な引張り荷重を加えて接着破壊を起こさせる方法であるが、ASTM D 1344-57¹⁾ではとくにガラス用接着剤の試験法として規定されている。この方法は試験片を接着する際に、特別のクランプを用いなければならないことと、引張り試験時に特殊なつかみ具 (荷重が加わるとただちに試験片の接着層に垂直な方向が引張り方向と一致するもの) を用いても、なお試験片に曲げの力がかかるため、試験面の周辺部に応力集中を起こす、などの短所がある反面、多くの長所もあり、MARRA^{5)~8)}により推奨されている。本報は接着剤の接着性能試験法の1つとして、接着層に垂直の力を加えるこのクロスラップ法を、接着層に平行のせん断力を加える方法で、木材用接着剤の接着力試験法として、JIS K 6801-1966 (ユリア樹脂木材接着剤) などにも規定されている圧縮せん断法と対比することによって検討したものである。

この報告の実験と取りまとめにあたり、適切なご助言をたまわった柳下 正接着研究室長、岩下 陸材質改良研究室長に、また試験片を作製してくださった田中辰五郎技官に感謝いたします。

2. 実験方法

クロスラップ法を圧縮せん断法と比較する手段として、接着時の条件のうち、(1) 接着剤、(2) 接着剤塗付量、(3) 塗付法 (接着剤を被着材の片面だけに塗付するか、両面に分けて塗付するか) の3因子を変化させて試験材を接着し、これらの変化因子が接着破壊荷重 (平均値とデータのばらつき) と平均木部破断率におよぼす影響を調べた。試験材の接着に際しては変化因子を直交表にわりつけ、測定値におよぼす影響を分散分析によって求めた。

2.1 接着条件

変化因子としてとりあげた接着条件とその水準を Table 1 に示す。

2.1.1 接着剤 濃縮型ユリア樹脂接着剤 (ブライアミン P-364-B) と酢酸ビニル樹脂エマルジョン (ヨドゾール EQ-04) を使用した。これらはいずれも常温で木材を強固に接着するが、ユリア樹脂の硬化物は固い反面、もろい性質があり、酢ビはこれと反対の性質があるので、この2つを両極端として選び、このほかにその中間的なものとしてこの両者の6:4および4:6混合物をとり、計4水準 ($A_1 \sim A_4$) とした。Table 2 にこれら4種の接着剤の諸性質を示した。

2.1.2 接着剤の塗付量 塗付量は欠陥を生じない範囲で少ない方がよいとされているが、JIS K 6801-1966における圧縮せん断接着力試験片の作製の際には、1接着層について約200 g/m²と規定されている。したがって、この実験ではこの値を1つの水準 (B_2) とした。また手鉋仕上げ材の小面積では、もっと少ない量でも均一な塗付が可能なことから、約100 g/m²をもう1つの水準 (B_1) とした。

2.1.3 塗付法 被着材の片面にだけ接着剤を塗付する場合、塗付むらや他面へのうつり (transfer) 不良などの影響も考えられるので、被着材の片面にだけ塗付する場合 (C_1) と、両面に規定塗付量をぬり分ける方法 (C_2) の2水準をとった。

2.2 直交配列表へのわりつけ

2.1でのべた3因子を $L_{16}(2^{15})$ 直交配列表にわりつけた。この際、接着剤は4水準なので第1、第2、第3列を用いた4水準の1'列にあてはめ、また2因子交互作用がすべて検出できるようにした。わりつけ

Table 1. 因子と水準
Factors and levels

因子 Factor	水準 Level				
		1	2	3	4
A	接着剤 Adhesives (Urea resin/PVAc Em)	100/0	60/40	40/60	0/100
B	塗付量 Glue spread (g/m ² ・Glue line)	100	200		
C	塗付法 Side of spreading	片面 One side	両面 Both sides		

Table 2. 接着剤の混合比と性質
Mixing ratio and properties of adhesives

接着剤 Adhesive		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
混合比 Mixing ratio	ユリア樹脂* ¹ Urea resin	100	60	40	—
	酢ビ* ² PVAc	—	40	60	100
	硬化剤 Hardener (20%NH ₄ Cl)	5	3	2	—
	ゲル化時間 Gel. time at 23°C (hr)	3.0	4.0	4.0	—
	粘度 Viscosity at 23°C (P)	31 (12rpm)	—	—	170 (6rpm)
	不揮発分(蒸発残分)* ³ Non-volatile (%)	73	—	—	47

*1. プライアミン P-364-B Concentrated type urea resin.

*2. ヨドゾール EQ-04 Polyvinyl acetate emulsion.

*3. 硬化剤(20%NH₄Cl)添加前の値 105°C, 3 hr.
Heated at 105°C for 3 hours before mixing hardener.Table 3. 直交配列表 L₁₆(2¹⁵)への因子のわりつけ
Laying out factors to orthogonal table L₁₆(2¹⁵)

列 番	1' (1,2,3)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
わりつけた 要因	A	B	A × B	A × B	A × B	C	A × C	A × C	A × C	B × C	e	e	e

表を Table 3 に示す。

2.3 試験材

試験材は、マカンバ (*Betula Maximowiczii* REGEL) の心材（容積重0.7～0.75 g/cm³）で、柾目または追柾板を手鉋仕上げした。クロスラップ試験片には厚さ13mm、幅30mm、長さ50mmの材を用い、圧縮せん断試験片をとるためには厚さ10mm、幅30mm、長さ155mmの材を用いた。これらを20°C, 65%R.H. で調湿したのち、接着試験に供した。

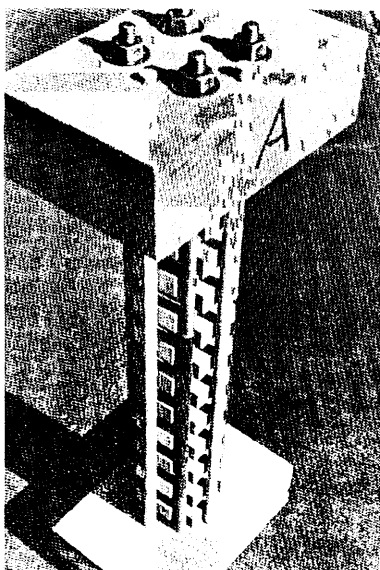


Fig. 1 クロスラップ試験片接着のクランプ

Clamp used to bond cross-lap specimens.

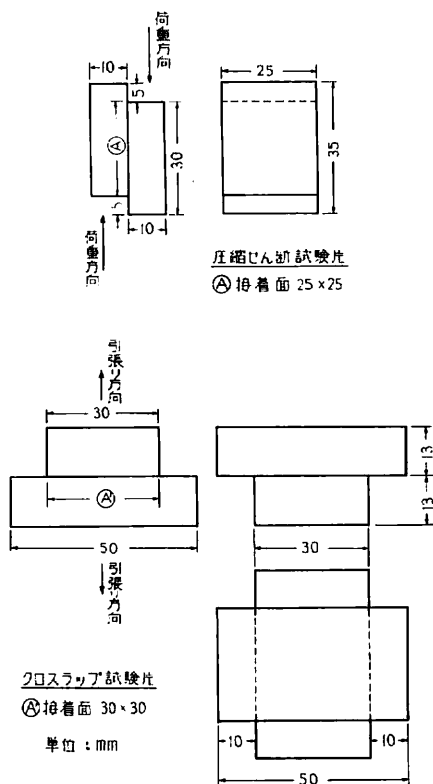


Fig. 2 試験片の形状および寸法
Test specimens.

2.4 接 着

ユリア樹脂接着剤またはこれと酢ビエマルジョン（以後酢ビと略記する）との混合物の場合は、硬化剤として 20% NH_4Cl をユリア樹脂に対して 5% 加えた。酢ビはそのまま用いた。クロスラップ試験片の場合は接着部分のみに、また圧縮せん断試験片用試料の場合には全面に、ガラス棒で接着剤を塗付した。接着剤、塗付量、塗付法はわりつけ表にしたがった。接着剤を塗付した材はただちに重ね合わせて、クランプにセットし、規定の試料数に達すればなるべく早く手動の小型プレスにより $15\text{kg}/\text{cm}^2$ で圧縮し、クランプをボルトにより緊縮した (Fig. 1 参照)。クローズドアセンブリタイムは 10 分以内であった。接着試料数は 1 組み合わせ条件についてクロスラップ試験片は 8 個、圧縮せん断試験片採取用試料は 3 個である。なお、クロスラップ試験片の場合は、接着したものがそのまま試験片となるので、はみ出した接着剤を硬化しないうちにふきとった。以上の接着作業はわりつけ番号をランダム化した順序で行なった。

2.5 接着力試験

接着試料は 20°C 、65% R.H. の条件で 24 時間放置後解圧し、クロスラップ試験片はこの条件でさらに 3 週間放

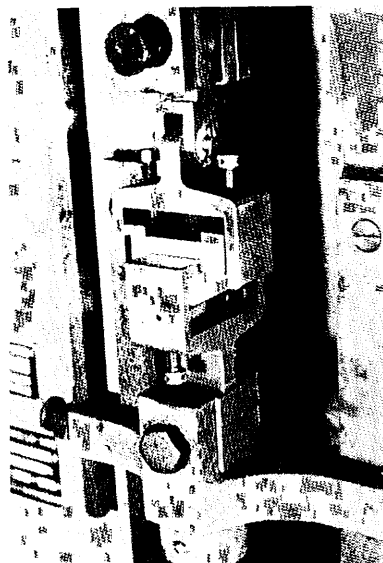


Fig. 3 クロスラップ試験の試験片つかみ具

Grips mounted in a testing machine used to test cross-lap specimens.

置したのちに、また圧縮せん断用の接着試料は上記の条件で1週間放置後、それぞれから JIS K 6801-1966 に規定される圧縮せん断接着力試験片（Fig. 2, 試験接着面積25mm×25mm）を4片ずつ作成し（1条件あたり12試験となる）、さらに2週間調湿した後に、それぞれ接着破壊荷重と木部破断率を求めた。試験機はいずれもアムスラー形試験機で、荷重速度はクロスラップ法では約700kg/(3cm)²・min., 圧縮せん断法では約800kg/(2.5cm)²・min. である。クロスラップ試験片の場合には、荷重を接着面に垂直にかけるため、前後、左右に自由に動きうるようにした本試験専用のつかみ具を用いた（Fig. 3参照）。

2.6 試験値の処理

試験結果は、(1) 接着強さ（単位面積あたりの破壊荷重）、(2) 接着強さ測定値のバラツキを示す範囲（ $R = \text{Max.} - \text{Min.}$ ）、(3) 平均木部破断率の3項目についてそれぞれ分散分析した。有意な要因については水準ごとの母平均を推定し、信頼率99%の信頼限界と、寄与率（ ρ ）を次式により算出した。

$$\text{信頼限界} = \pm t_{0.01}(\phi_e) \cdot \sqrt{S_e/\phi_e} / \sqrt{n}$$

$$\rho = \{S - \phi \cdot S_e / \phi_e\} \times 100 / S_T$$

ここに S , S_e , S_T : それぞれ要因、誤差、全体の変動

ϕ , ϕ_e : 要因と誤差の自由度

n : 反復数

3. 実験結果および考察

3.1 実験結果

Table 4 にわりつけ番号、接着条件とともに接着強さ、木部破断率を示した。そして、Table 5 にこれらの分散分析による有意差の有無の判定結果を一括して示し、有意差のある要因をふくむ測定項目については分散分析表を Table 6, Table 7 および Table 11 に示した。

3.1.1 接着強さ Fig. 4 に有意と判定された要因について、母平均の推定値と信頼限界を示した。この結果から、クロスラップ接着強さ、圧縮せん断接着強さとも接着剤間に有意差がある。しかし圧縮せん断接着強さはユリア樹脂が最も大きく、酢ビの量が多くなるにしたがって小さくなるのに対し、クロスラップ接着強さではユリア樹脂単独のものに比し、酢ビ混合のものまたは酢ビ単独の方が大きい値を示している。一般にユリア樹脂はもろいが、これに酢ビを混和すると、その硬化物にはいる亀裂がいちじるしく少なくなることが知られている^{3) 10)}。また、金沢ら⁴⁾によれば、酢ビ混合ユリア樹脂は、接着剤層を厚くしても接着力の低下は少ないが、ユリア樹脂単独では接着剤層を厚くすると接着力（接着破壊荷重）はかなり低下し、木部破断率も小さくなる（Table 10 参照）。これらのことは、酢ビを混合することによりユリア樹脂硬化物のもろい性質が改良されることを示している。本実験のクロスラップ接着強さが、ユリア樹脂に酢ビを混合することによって大きくなったのは、これらのことと関係があるものと思われる。すなわち、クロスラップ法の接着力試験では前後・左右に自由に動きうるつかみ具を用いても、なお引張り試験時に接着面周辺部への応力集中は避けられず、もろい接着剤の場合には凝集破断によって接着強さが低く現われるものと思われる。ユリア樹脂接着剤で、接着面の中央部を80%まで除外して周辺部のみを接着したものは、全面接着したものと比較して破壊荷重に差がなかったという結果⁷⁾や、ユリア樹脂に比較して酢ビがいちじるしく高いクロスラップ接着強さを示したという結果¹³⁾も示されている。これらのことから、本試験のクロスラップ接着強さが、ユリア樹脂単独の場合よりも酢ビを混合した場合、または酢ビ単独の場合の方が高いという

Table 4. 接 着 条 件 と
Gluing conditions and results of

わりつけ 番 号	接 着 条 件 Gluing condition			ク ロ ス ラ ッ プ Cross-lap		
	接 着 剤 Adhesives (A)	塗 付 量 Glue spread (g/m ²) (B)	塗 付 法 Side of spreading (C)	接 着 強 さ Adhesion strength (kg/cm ²)		
				Ave.	Min. ~ Max.	Range
1	A ₁	100	1	17.2	14.7 ~ 18.7	4.0
2	A ₁	100	2	18.3	15.6 ~ 20.7	5.1
3	A ₁	200	1	22.2	16.4 ~ 27.1	10.7
4	A ₁	200	2	19.9	13.4 ~ 28.2	14.8
5	A ₂	100	1	35.2	28.7 ~ 42.7	14.0
6	A ₂	100	2	34.2	30.7 ~ 39.1	8.4
7	A ₂	200	1	39.0	34.1 ~ 43.8	9.7
8	A ₂	200	2	38.1	35.3 ~ 45.7	10.4
9	A ₃	100	1	31.3	28.3 ~ 34.3	6.0
10	A ₃	100	2	32.2	27.8 ~ 36.3	8.5
11	A ₃	200	1	34.6	24.6 ~ 43.7	19.1
12	A ₃	200	2	37.1	30.7 ~ 40.4	9.7
13	A ₄	100	1	30.2	24.0 ~ 36.7	12.7
14	A ₄	100	2	34.6	29.2 ~ 37.6	8.4
15	A ₄	200	1	28.0	24.8 ~ 34.4	9.6
16	A ₄	200	2	31.4	27.3 ~ 40.4	13.1

*1. 試験片の数: 8個 Number of specimen: 8 pieces.

*2. 試験片の数: 12個 Number of specimen: 12 pieces.

Table 5. 分散分析による判定結果
Significant factors by the analysis of variance

要 因 Source of variation	接 着 強 さ Breaking load		接 着 強 さ の 範 囲 Range (Max.-Min.) of breaking load		木 部 破 断 率 Wood failure	
	クロスラップ法 Cross-lap tension	圧縮せん断法 Block shear	クロスラップ法 Cross-lap tension	圧縮せん断法 Block shear	クロスラップ法 Cross-lap tension	圧縮せん断法 Block shear
A	**	**	—	—	—	**
B	**	*	—	—	—	—
C	—	—	—	—	—	—
A×B	**	—	—	—	—	—
A×C	*	—	—	—	—	—
B×C	—	—	—	—	—	—

** 危険率1%で有意 Significant in 1% level.

* 危険率5%で有意 Significant in 5% level.

— 有意差なし No significance.

ことは、各接着剤の木材接着力の差というよりも、むしろ接着剤硬化物の物性に大きく左右されていることを示唆しており、接着剤の寄与率(ρ_A)も大きな値を示している。

接着剤(因子記号A)間の有意差のほか、クロスラップ法では塗付量(因子記号B)、交互作用A×B、A×C(Cは塗付法の因子記号)が有意で、酢ビ単独のもの以外は塗付量は100 g/m²よりも200 g/m²にした

試験結果
breaking test

法 *1 tension method		圧縮せん断法 *2 Block shear method				
木 部 破 断 率 Wood failure (%)		接 着 強 さ Adhesion strength (kg/cm ²)			木 部 破 断 率 Wood failure (%)	
Ave.	Min. ~ Max.	Ave.	Min. ~ Max.	Range	Ave.	Min. ~ Max.
13	5 ~ 30	225	150 ~ 248	98	97	70 ~ 100
9	0 ~ 30	220	195 ~ 243	48	95	70 ~ 100
8	0 ~ 25	217	190 ~ 250	60	73	5 ~ 100
3	0 ~ 5	250	214 ~ 275	61	97	60 ~ 100
21	0 ~ 60	142	75 ~ 179	104	24	0 ~ 70
19	0 ~ 50	185	149 ~ 222	73	18	0 ~ 55
10	5 ~ 40	193	169 ~ 237	68	7	0 ~ 25
23	5 ~ 50	179	157 ~ 211	54	7	0 ~ 30
11	0 ~ 40	169	142 ~ 190	48	2	0 ~ 5
7	0 ~ 30	159	69 ~ 205	136	3	0 ~ 5
13	0 ~ 65	164	136 ~ 194	58	7	0 ~ 65
13	0 ~ 25	173	149 ~ 217	68	9	0 ~ 50
18	5 ~ 35	108	67 ~ 165	98	95	70 ~ 100
17	0 ~ 80	128	64 ~ 173	109	7	0 ~ 20
4	0 ~ 20	139	101 ~ 163	62	1	0 ~ 5
14	0 ~ 60	159	121 ~ 182	61	5	0 ~ 40

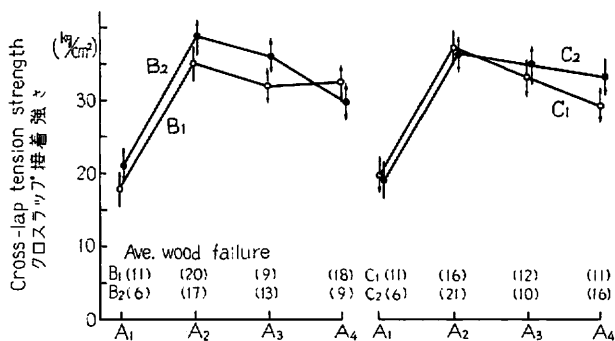
Table 6. クロスラップ接着強さの分散分析表
The results of analysis of variance of cross-lap tension strength

要 因	S. S.	d. f.	M. S.	F	F'	ρ (%)
A	449,850	3	149,950	178 **	133 **	71.6
B	11,156	1	11,156	13.2 *	9.91**	1.6
C	2,424	1	2,424	2.87	2.15	
A × B	19,690	3	6,536	7.77	5.83**	2.6
A × C	10,418	3	3,473	4.11	3.08*	1.1
B × C	316	1	316	0.37	0.28	
e_1 (実験誤差)	2,533	3	844	$\frac{e_1}{e_2}=0.74$		
T'	496,387	15				
e_2 (くりかえし誤差)	126,910	112	1,133			残り
$e'(e_1 + e_2)$	129,443	115	1,126			23.1
T	623,297	127				100

方が、また酢ビは両面塗付にした方が高い接着強さを示す傾向がみられたが、寄与率は接着剤に比して小さい。圧縮せん断法の場合にも塗付量に有意差があり、200 g/m²の方が高い接着力を示したが寄与率(ρ_B)は小さい。Table 8および Table 9に、塗布量を200 g/m²(B₂)、塗付法は両面に分け塗り(C₂)した条件のとき、各接着剤間で接着強さに有意差のあるものを示す。

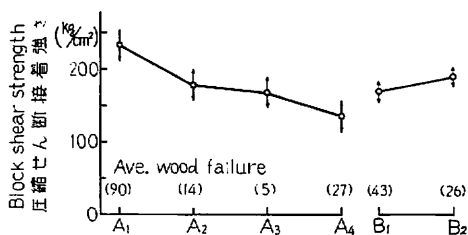
Table 7. 圧縮せん断接着強さの分散分析表
The results of variance of block shear strength

要 因	S. S.	d. f.	M. S.	F'	ρ (%)
A	186,999	3	29,000	33.7 **	58.5
B	5,677	1	5,677	6.60*	3.3
C	2,837	1	2,837	3.30	
A × B	2,011	3	670	—	
A × C	1,111	3	370	—	
B × C	3	1	3	—	
e_1 (実験誤差)	5,480	3	1,827	$e_1'/(e_2+e_3)=3.78^{**}$	
e_1'	8,605	10	860.5		
T'	104,118	15			
e_2 (くりかえし誤差)	8,496	32	265	$e_2/e_3=1.21$	
T'	112,614	47			
e_3 (測定誤差)	31,557	144	219		残り
$e_2 + e_3$	40,053	176	227.6		38.2
T	144,171	191			100



A : 接着剤 Adhesives
B : 塗付量 Glue spread
C : 塗付法 Side of spreading

Fig. 4 接着強さと有意な要因の
関係



Relations between bonding
strength (breaking load) and
significant factors.

なお、クロスラップ法の場合、実験誤差 e_1 は、くりかえし誤差 e_2 よりも小さく、くりかえしの変動が大きいことを示している。分散分析に際しては両項をプールして $e' = e_1 + e_2$ とし、 F' を算出した。圧縮せん断法では、くりかえし誤差 e_2 は測定のくりかえしによる誤差 e_3 に対し有意ではない、すなわち、3本の接着試料から4個ずつとった計12個の試験片について、接着試料間の差はないのでこれをプールすると、この誤差 ($e_2 + e_3$) は実験誤差 e_1 より小さい。このことは12個の測定値間の誤差は実験誤差に比較して小さい

Table 8. 接着剤相互間のクロスラップ接着強さの有意性

Significance of cross-lap tension strength among the adhesives

接 着 剤	A ₂	A ₃	A ₄
A ₁	* *	* *	* *
A ₂		—	* *
A ₃			*

** 危険率 1% で有意差あり (範囲による検定結果)⁹⁾

* 危険率 5% で有意差あり (")

塗付量 (B) : 200 g/m² (B₂)塗付法 (C) : 両面ぬり (C₂)

Table 9. 接着剤相互間の圧縮せん断接着強さの有意性

Significance of block shear strength among the adhesives

接 着 剤	A ₂	A ₃	A ₄
A ₁	* *	* *	* *
A ₂		—	*
A ₃			—

** 危険率 1% で有意差あり (範囲による検定結果)⁹⁾

* 危険率 5% で有意差あり (同上)

塗付量 (B) : 200 g/m² (B₂)塗付法 (C) : 両面ぬり (C₂)Table 10. 接着剤厚さと圧縮せん断接着強さの関係⁴⁾
Results of block shear strength vs. thickness of glue line⁴⁾

接 着 剤 Adhesive	薄 い 接 着 層 Thin glue line * ₂		厚 い 接 着 層 Thick glue line		
	圧縮せん断強さ Block shear strength (kg/cm ²)	W.F. (%)	圧縮せん断強さ Block shear strength (kg/cm ²)	W.F. (%)	接着層の厚さ Thickness of glue line (mm)
ユリア樹脂 * ₃ Urea resin	180.6	74	103.5	21	0.364
ユリア樹脂+酢ビ * ₄ U.+PVAc (70:30)	140.0	33	117.2	69	0.314

*₁. KANAZAWA, H. and B. NAKANISHI: Wood Industry (Jap.) 22, 65 (1967).*₂. 10kg/cm² で圧縮した普通の厚さ Normal thickness, pressed with 10kg/cm².*₃. 不揮発分 Non-volatile content : 70%*₄. 不揮発分 Non-volatile content : 45%

で、この程度の反復数があるわりつけの場合には、1条件あたり12個ものくりかえし測定が必要がないことを示している。

3.1.2 接着強さ測定値の範囲 (Range) 分散分析の結果、範囲Rには塗付量による差がいくらかみられたが、いずれの因子についてもすべて有意差はなく、この実験のかぎりでは接着剤の種類、塗付量、塗付法などによる測定値のバラツキ度合に差はなかった。

3.1.3 木部破断率 クロスラップ法ではどの要因にも有意差はなく、圧縮せん断法では接着剤の種類により木部破断率が異なっていた。一般的にいえば、クロスラップ法の木部破断率は小さく、試験時のつかみ具の構造にも注意を払って集中応力がかかるのを極力避けるようにすれば、この方法は硬化物の物性をもふくめた接着力を測定することができる方法であると思われる。一方、圧縮せん断法はユリア樹脂では特に高い木部破断率を示し、ユリア樹脂の接着力が大きいことを示している。

3.2. 接着剤の性能試験法としての両法の比較

以上の結果から特徴的なこととしてつぎの2つをあげることができる。

(1) クロスラップ試験片による接着強さ試験では木部破断率は小さい。

Table 11. 圧縮せん断木部破断率分散分析表
The results of analysis of variance of wood failure in block shear test

要 因	S. S.	d. f.	M. S.	F'	p (%)
A	17,871	3	5,957	10.96 **	65.7
B	1,139	1	1,139	2.09	
C	264	1	264	0.49	
A × B	1,512	3	504		
A' × C	1,632	3	544		
B × C	977	1	977		
e	1,318	3	439		
e'	5,439	10	544		残り 34.3
T	24,712	15			100

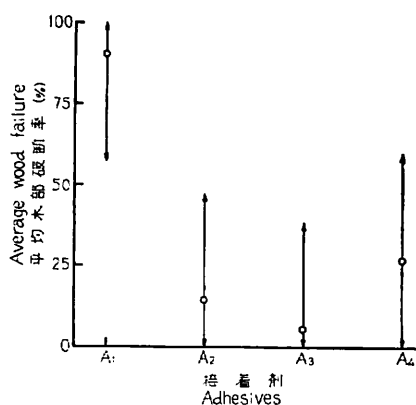


Fig. 5 圧縮せん断試験における平均木部破断率
Average wood failure in block shear test.

(2) 圧縮せん断法ではユリア樹脂に酢ビを混和すると接着強さ、木部破断率とも小さくなる。これに反しクロスラップ法ではユリア樹脂に酢ビを混和することにより接着強さは大きくなる。

これらの結果は、3.1.1でのべた趣旨からユリア樹脂は木材の接着力、すなわち接着剤と木材との分子間引力は大きい、もろい欠点があり、これに酢ビを加えることによって分子間引力はわずかに低下するが、もろさが改善されるためであると解することができる。したがって、接着剤の研究における接着力測定法としては1つの方法に限定せず、2つ以上の測定法を採用することにより、接着剤の性能をより適確に判断できるものと思われる。

4. ま と め

木材接着剤に関する研究において、接着強さを測定する場合、しばしば木部破断率が100%近くになって、接着力の面からは接着剤の真の評価ができないことがある。そこでここではクロスラップ法による試験法をとり上げ、その方法による接着力値とそのバラツキの度合、木部破断率などにおよぼす接着剤、塗付量、塗付法（片面塗付か、両面塗付か）などの影響を、圧縮せん断法と比較した。その結果、つぎのようなことが判明した。

1. クロスラップ法による接着力試験値は、接着剤硬化物の物性に左右される度合が圧縮せん断法による試験値よりも大きい。
2. 接着剤の研究における接着力試験では、破壊様式を異にする2種類以上の試験法を適用することによって、より適確に接着剤の性能を知ることができる。
3. 圧縮せん断法による接着強さの、くりかえし測定による変動は、他の実験誤差に基づく変動に比較して小さいので、本実験程度の反復数がある場合には、試験片数はこの実験より少なくてもよいものと思わ

れる。

4. 試験片接着時の条件が、試験値におよぼす影響については、この実験の範囲内では塗付量 (B)、塗付法 (C) とともにクロスラップ、圧縮せん断、いずれの接着強さ値のばらつき度合にも影響せず、接着強さに対してはクロスラップ法では B , $A \times B$, $A \times C$ (A : 接着剤) が、圧縮せん断法では B に有意差があった。しかしこれらはいずれも寄与率が小さいので、さらにくわしい実験を行なわなければその有意性について断定することはできない。

5. ユリア樹脂のもろい性質が、酢ビの添加によって改良されることはすでに知られているところであるが、その効果は本実験ではクロスラップ接着強さの差として現われている。この両者の混合と、物性変化の関係については、さらに混合比を広い範囲に変えて (とくにユリア樹脂に少量の酢ビを添加したとき) 試験する必要がある。また、これと関連して、接着強度試験としてではなく、接着剤の物性測定を目的とする接着破壊の応力解析に関する研究が必要であると思われる。

文 献

- 1) Ame. Soc. Testing and Materials: ASTM D 1344-57, Cross-lap specimens for tensile properties of adhesives.
- 2) 堀岡邦典・石原俊夫: 木材用ユリア樹脂接着剤の熱劣化, 第6回接着研究発表会要旨集, 日本接着協会, 31~33, (1968)
- 3) 金沢 宏: 木製品工業における尿素樹脂接着剤の老化性とその防止に関する研究 (I), 木材工業, 17, 366~371, (1962)
- 4) 金沢 宏・中西文昭: 同 (II), 木材工業, 22, 65~69, (1967)
- 5) MARRA, A. A.: A new method for testing wood adhesives (I). The specimen. F. P. J., 5, 301~306, (1955)
- 6) ————: ———— (II), Test apparatus. F. P. J., 5, 385~388, (1955)
- 7) ————: ———— (III), Response of the cross-lap specimen to joint defects. F. P. J., 6, 142~148, (1956)
- 8) ————: Geometry as an independent variable in adhesive joint studies. F. P. J., 12, 81~90, (1962)
- 9) 増山元三郎: 工場技術者のための実験計画法の話, 日本規格協会, 115~116, (1952)
- 10) 野口美保子: ユリア樹脂接着剤のきれつ防止について, 林試研報, 167, 43~57, (1964)
- 11) NORTHCOTT, P. L.: The development of glueline-cleavage test. J. For. Prod. Res. Soc., 2, 5, 216~224, (1952)
- 12) 佐々木 光: 「接着力」に關与する力学的因子, 接着, 13, 699~707, (1969)
- 13) STANGER A. G. and R. F. BLOMQUIST: Block shear, cross-lap tension, and glueline-cleavage methods of testing glued joint. F. P. J., 15, 468~474, (1965)

Adhesion Strength by Cross-lap Tension Test

Tsuneo MATSUMOTO⁽¹⁾

Summary

In the adhesion strength test in adhesive studies, it is often difficult to evaluate the real adhesive property by reason of the high percentages of wood failure. In this study, the cross-lap tension test as a method to evaluate the bonding property of adhesives was compared with the block shear test.

Birch (*Betula Maximowiczii* REGEL) blocks were bonded with a urea resin adhesive (A₁), a polyvinyl acetate emulsion (A₄), and mixtures of both (A₂ and A₃) into cross-lap specimens and block shear specimens shown in Fig. 2. Variable factors at gluing shown in Table 1 (A : Adhesives, B : Glue spread, C : One side or both sides spreading) were laid out into the orthogonal table L₁₆ (2¹⁵).

Cross-lap tension strength, block shear strength, range of strength and wood failure percentage of the specimens were given in Table 4. Variances of the values were analyzed statistically. Results of the analysis of variance were those in Table 5 to Table 9.

The remarkable results and findings are described below.

The urea resin showed the lowest cross-lap tension strength; on the other hand the highest block shear strength, within the adhesives tested here. From the results and references on the properties of urea resin or urea resin and polyvinyl acetate emulsion mixtures, the cross-lap tension strength seems to be intensively affected by the physical and mechanical properties of the cured adhesives. The results mentioned above may depend on the brittleness of the cured urea resin and the high adhesion strength of the urea resin adhesive.

At studies on properties of adhesives, it is preferable to test the adhesion strength by two or more methods different in type of loading.