

材質改良に関する研究 (第5報)

接着性能の測定法 (その1)

堀 岡 邦 典⁽¹⁾

I 緒 言¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾

真の接着力を測定する方法はきわめて困難で、従来行われている各種の接着力は見かけの接着力を測定しているにすぎない。

第3報に掲げたような分子間引力 F_v 、接着層の凝集力 F_c 、木材の凝集力 F_w のうち、最も弱い部分が F_v である場合には、真の接着力に近い値を示すものといつてさしつかえないであろう。 F_v が最も弱くて破断したと断定する方法がなかったが、著者が新たに考案した螢光体を接着剤に添加することにより、 $F_c > F_v$ なる判定を下しうることとなり、真の接着力測定の基礎を得た訳である。

しかし、実用的には F_c 、あるいは $F_w > F_v$ のときに得られる真の接着力よりも、 F_v 、 F_c 、 F_w の3者のうち最も小なるものにより示される見かけの接着力 σ が真の接着力 $[\sigma]$ よりも役だつことがある。それゆえに、ここに素材と合板の各種接着力測定法を行い、各種測定法の間に理論的な関係があるか否かを検討し、かつ標準の接着力試験法を確立せんとした。

なお、本研究を実施するにあたりご指導賜りました齋藤美鷲場長、種々示唆を与えられました中村源一技官、実験に協力してもらった森屋和美、榎本光次郎技官各位に対し深く謝意を表する次第である。

II 荷重速度および接着力測定面積と接着力との関係¹⁰⁾

接着試験時の荷重速度および測定される接着面積により接着力が変化するが、木材を供試片に使用すると材の構造が複雑であり、また、 F_w 、 F_v および F_c が相関連して明確なる関係を明らかにすることが困難であるため、供試片の凝集力 F_w がきわめて大なるジュラルミン板を用い、かつ、接着剤には F_c の大なるポリヴィニールブチラールを用いた。すなわち、 $F_w \gg F_c \gg F_v$ で常に真の接着力を測定して荷重速度と接着面積の関係を明らかにせんとした。

ジュラルミン板は非常によく磨いて鏡面に近い程度までにし、薄膜はポリヴィニールブチラールの5%アルコール溶液(精溜アルコール、B.P. 78°C)をガラス板の上に流して減圧乾燥し、剝離後デシケータにて1ヵ月くらい乾燥して揮発分を完全に去つたものを用いた。

接着操作は金属板間に一定面積の薄膜を置いて 200 g/cm² の重量物を載せ、恒温器中に一定時間一定温度に保ち、ついで取り出し一定時間冷却後引張試験を行つた。試験機のチャックは偶力がかからぬよう特殊のアタッチメントを取りつけた。

(1) 接着面積と接着力との関係

(1) 木材部材質改良科長・農学博士

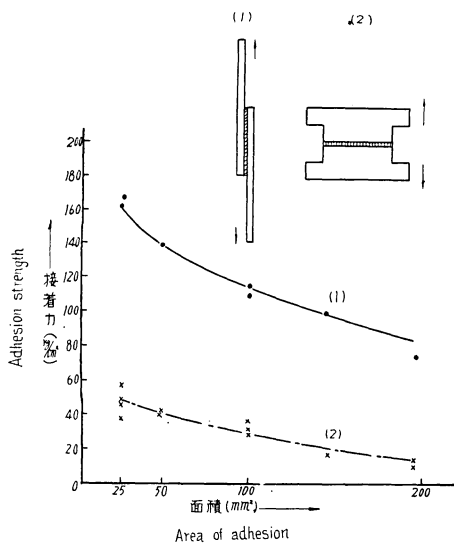


Fig. 1 接着面積と接着力の関係
The relation between the area of adhesion and the adhesion strength

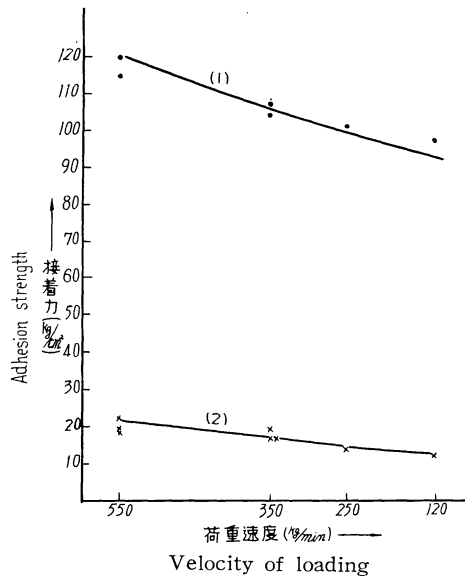


Fig. 2 荷重速度と接着力との関係
The relation between the velocity loading and the adhesion strength

Fig. 1 の曲線 (1) は lap joint (左図) の引張試験結果であり、曲線 (2) は Fig. 1 右図のごとき試験片に挟まれた膜の引張試験結果である。いずれも 130°C にて 1 時間加熱後試験したもので、接着力はそれぞれの面積の接着力を 1 cm^2 に換算したものである。

(2) 荷重速度と接着力との関係 (Fig. 2)

曲線 (1), (2) の試験片は Fig. 1 の場合と同様である。また、この場合の接着条件も前と同じで 130°C にて 1 時間加温、面積は 1 cm^2 の中間膜を用いた。

以上の結果は接着面積は特殊の場合を除き必ず一定のものを用い、また、つぎに述べる各試験法の荷重速度は試験片の形状によりそれぞれ一定して行い、F. P. L. 剪断型においてはすべて歪として $0.015\text{ in/min} \pm 25\%$ 、合板試験片では 500 kg/min 以下において行つた。

Ⅲ 素材の接着力測定法

(1) 供試材料 次章に述べるように被接着材たる素材の秋材面積率、比重、つぎに述べる各試験法の接着面と年輪とのなす角、接着時の含水率等により接着力は影響を受けるため、北海道産カバ丸太材より可及的に均一質なる部分から各種の試験片を作製した。ちなみに試験片の平均比重 0.69 、平均年輪巾 2.3 mm 、平均含水率 12.4% にしていずれも柾目材である。

接着剤は次のとおりである。

(a) 石炭酸系接着剤常温硬化性である三井化学製 Solidite No. 1 を用い、硬化剤 (β -ナフタリンズルホン酸 50% 溶液) 10% 添加した。

(b) 尿素系接着剤住友化工材工業製キゲタライム No. 104 を用い、硬化剤は NH_4Cl 20% 溶液を 5% 添加した。

(c) カゼイングルー その配合

は次のとおりである。

Casein	100 部
NaOH	11 "
Ca(OH) ₂	20 "
H ₂ O	300 "

常法に従い製糊した。

(d) 大豆グルー 配合は次のとおりである。

Soybean flour

(Benzen ext)	100 部
NaOH	8 "
Ca(OH) ₂	15 "
H ₂ O	350 "

(2) 接着条件

(a) 塗付量 片面塗付にて

20 g/尺²

(b) 圧縮力 15 kg/cm²

(c) 圧縮時間 20 時間

(d) 除圧後の措置 石炭酸系接着剤を用いたもののみ 80 °C にて 2 時間試験片の含水率が低下しないようにして熱処理、他は 3 日間約 30 °C の恒温室中に放置した。

(3) 試験片の形状および荷重方向

試験片の形状は Fig. 3 に示すとおりであつて、試験片作製、測定法等は次のとおりである。

(a) D. V. L. 引張型接着力試験片 Fig. 3 のごとき試験片を作製し接着するのであるが、スカーフに削るため一定の試験片の作成が困難であり、また接着する場合に、接着面に垂直に圧縮力を加えることが困難なためずれを生ずる傾向がある。

(b) 滑脱引張型接着力試験片 掴みの部分に図のごとく添木を接着し、接着垂直に圧縮力が加えられる

Table 1. 合成樹脂系接着剤の性質
The property of synthetic resin adhesives

項 目	Solidite No. 1	キゲタライム No. 104 Igetalime No. 104
比 重 g/cm^3	1.13	1.28
Specific gravity		
レジン率 %	71.18	60.99
Resin percentage		
粘度 Poise	20.76	17.31
Viscosity		
表面張力 dyne/cm	50.13	74.64
Surface tension		
滲潤能率	2.73	5.52
Ability of permeability		

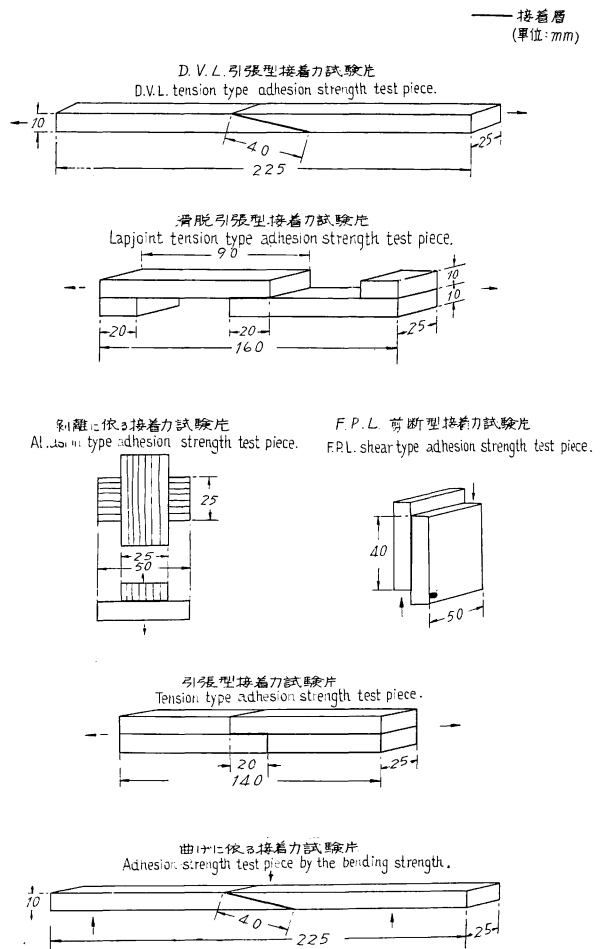


Fig. 3 接着試験片の形状

Type of the adhesion strength test piece

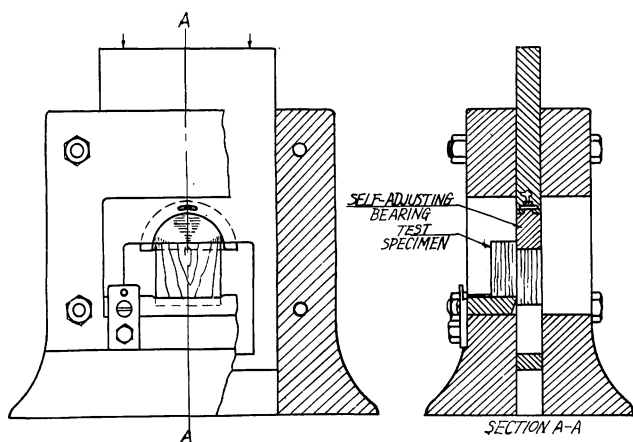


Fig. 4 F. P. L. 剪断型接着力試験片用特殊剪断装置

Special apparatus of F. P. L. shear type
adhesion strength test piece

の板材を接着し所定の寸法に両面より切込みをいれて試験片を作製する。この寸法は試験片も比較的簡単にできるし、接着も容易である。しかし、Fig. 4 のとき剪断試験装置を要する不便がある。

(e) 引張型接着力試験片 接着した板材より所定の寸法の試験片を切り取り、両面より切込みをいれるのみにて得られるため、試験片の作製は最も簡単で、接着も容易である。

(f) 曲げによる接着力試験片 (e) と同様に試験片の作製はきわめて容易であるが、測定のために 3 点荷重装置を要する不便がある。

(4) 試験結果

Table 2 に示すとおりであつて、接着力の順序にならべ、かつ F. P. L. 型を 100 とする指数の平均を示すと、

種 別	指 数
1) F. P. L. 剪断型接着力試験片	100.0
2) 引張型接着力試験片	82.2
3) D. V. L. 引張型接着力試験片	64.5
4) 滑脱引張型接着試験片	20.0

この結果から F. P. L. 剪断型接着力試験片について引張型接着力試験片の指数が最も大きく、しかも偏差の少ない点および特殊の剪断装置 (Fig. 4 参照) を用いることなく木材万能試験機にて測定し得られる利点がある。

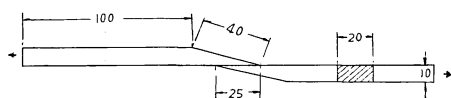


Fig. 5 De BRUYNE 引張型接着力試験片
De BRUYNE tension type adhesion
strength test piece

ようにするのであるが、接着面積が小なるため所定の圧力を加えることが困難であり、また圧縮時にずれる傾向がある。接着面以外にはみでた接着剤を除去しなければならない。

(c) 剝離による接着力試験片 相対する試験片の繊維方向を直交せしめて接着するものであるが、特殊のチャックを用いて上下に引張らなければならない。

(d) F. P. L. 剪断型試験片 巾 50 mm、長さ 30 cm くらい

なお、Fig. 5 のとき De BRUYNE 引張型試験片と滑脱引張型試験片の接着力を接着面積を変えたとき、Fig. 6 に示すごとく前者は変化がきわめて少ないのに対し、後者は顕著な変化を示す点から De BRUYNE 型の特長を明らかにした。しかし、試験片の製作、圧縮接着に難点がある。

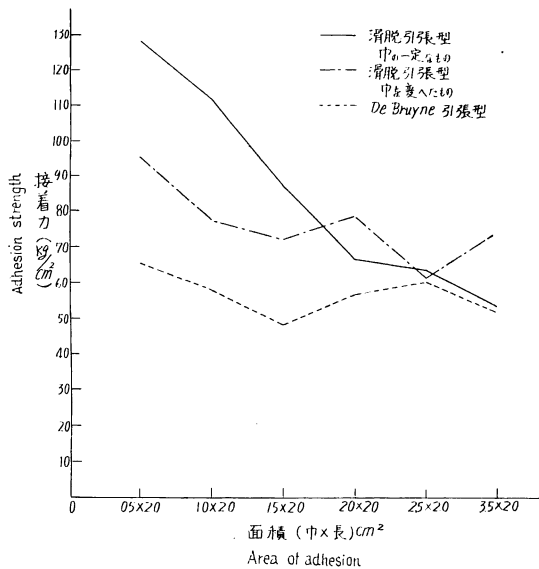


Fig. 6 滑脱引張型および De BRUYNE 引張型
 接着力試験片の接着力測定面積と
 接着力との関係

The relation between the area of adhesion
 and the adhesion strength of lapjoint
 tension type and De BRUYNE
 tension type

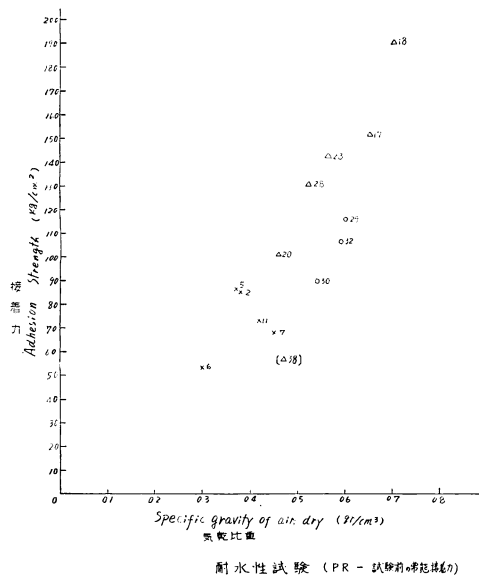


Fig. 7 耐水性試験
 (P. R.—試験前の常態接着力)
 Water proof test
 (P. R.—Normal strength before testing)

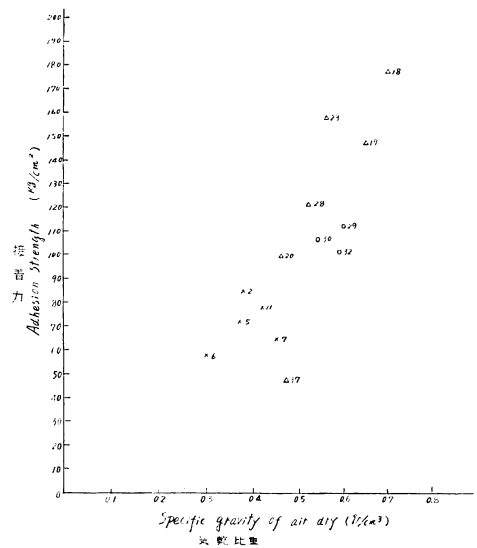


Fig. 8 耐水性試験
 (P. R.—1st cycle 後)
 Water proof test
 (P. R.—after 1st cycle)

(5) 耐水性試験

集成材のごとく屋外に置かれ、また室内でも湿潤なる環境にさらされるおそれのある場合を考え、耐水性の試験法を実施した。現にこの問題の解明方を日本木材加工技術協会に設けられた改良木材規格委員会の集成材小委員会からも要請を受けている。耐水性の試験法として、試験片中に水分を吸わせて 40～60℃ の乾燥気流中において脱水せしめ、その cycle をさらにくりかえし、その時の剝離状態を観察する方法が米国の規格においてもとられ^{11) 12) 13)} ている。著者は各段階における接着性能を主要樹種について、しかも P. R., U. R., M. R. 等について行つたが、ここではその一部として P. R. による接着性能の変化を Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 および Fig. 10 に示す。その際の耐水性試験法は次のとおり。

(a) 14 種の樹種の接着試験片を各 40 個作製して、そのうちの 10 個については耐水試

Table 2. 各種接着力測定法による
The adhesion strength and wood failure by

接着剤種 Adhesive 接着力測定法 Measuring method of adhesion strength		Phenol resin (P.R.)				Urea	
		実 験 値 Experiment		F. P. L. を 100 と した場合の値* ¹ Calculating by F. P. L. = 100		実 験 値 Experiment	
		接 着 力 Adhesion strength kg/cm ²	木破率 Wood failure %	接 着 力 Adhesion strength kg/cm ²	木破率 Wood failure %	接 着 力 Adhesion strength kg/cm ²	木破率 Wood failure %
F. P. L. 剪断型接着力試験片 F. P. L. shear type adhesion strength test piece	Max.	129.6	45	100	100	137.4	100
	Min.	67.6	5	100	100	114.9	10
	Mean	98.2	24	100	100	123.6	56.1
D. V. L. 剪断型接着力試験片 D. V. L. shear type adhesion strength test piece	Max.	120.0	100	93.0	22.2	104.0	100
	Min.	61.1	0	90.4	0	53.0	0
	Mean	92.5	12	94.2	50	78.7	51
滑脱引張型接着力試験片 Lapjoint tension type adhesion strength test piece	Max.	80.0	100	61.8	22.2	91.3	100
	Min.	44.4	0	65.7	0	55.6	0
	Mean	69.5	47.5	70.9	197.9	68.5	35
剥離による接着力試験片 Abrasion type adhesion strength test piece	Max.	26.4	20	20.4	44.4	43.2	90
	Min.	10.4	0	15.4	0	9.6	0
	Mean	19.1	5.6	19.5	2.3	24.4	20
引張型接着力試験片 Tension type adhesion strength test piece	Max.	115.6	60	89.3	133.3	113.3	100
	Min.	71.1	0	105.2	0	88.8	70
	Mean	106.4	38.8	108.4	161.7	101.4	94.0
曲げによる接着力試験片* ² Adhesion strength test piece by the bending	Max.	916.3	80			712.7	5
	Min.	509.0	0			427.6	0
	Mean	687.8	13.7			572.2	2.0

備 考: *¹ F. P. L. 型試験片において試験した測定値を 100 とした場合の各種接着剤別の値
試験片数は各 20 個である。

*² 曲げによる試験の結果は、曲げ破壊係数である。
試験結果はすべて常態接着力である。

Remarks: *¹ Shown the value of various adhesives, also the measuring value of F. P. L.
The number of each test pieces, 20.

*² The results of bending test shown the modulus of rupture (kg/cm²).
The results of test shown the adhesion strength of the normale state.

接着力 (kg/cm^2) および木部破断率 (%)

every measuring method of adhesion strength

resin (U.R.)		Casein glue				Soybean glue			
F. P. L. を 100 とした場合の値* ¹ Calculating by F. P. L. = 100		実 験 値 Experiment		F. P. L. を 100 とした場合の値* ¹ Calculating by F. P. L. = 100		実 験 値 Experiment		F. P. L. を 100 とした場合の値* ¹ Calculating by F. P. L. = 100	
接 着 力 Adhesion strength kg/cm^2	木破率 Wood failure %	接 着 力 Adhesion strength kg/cm^2	木破率 Wood failure %	接 着 力 Adhesion strength kg/cm^2	木破率 Wood failure %	接 着 力 Adhesion strength kg/cm^2	木破率 Wood failure %	接 着 力 Adhesion strength kg/cm^2	木破率 Wood failure %
100	100	148.6	60	100	100	98.0	20	100	100
100	100	125.6	10	100	100	57.4	0	100	100
100	100	137.2	33.9	100	100	75.8	7.0	100	100
75.7	100	120.0	5	80.8	8.3	78.0	1	79.6	5
46.5	0	55.0	0	43.8	0	34.0	0	59.2	0
63.7	90.9	87.3	1.2	63.6	3.5	46.1	0.4	60.8	5.7
66.4	100	126.7	10	85.3	16.7	71.1	5	72.6	2.5
48.4	0	44.4	0	35.4	0	40.0	0	69.7	0
55.4	62.4	80.7	1.0	58.8	2.9	55.3	1.0	73.0	14.3
31.4	90	33.6	40	22.6	66.7	22.4	0	22.9	0
8.4	0	22.4	0	17.8	0	8.0	0	13.9	0
19.7	35.7	28.1	17.0	20.5	50.2	15.5	0	20.4	0
82.5	100	111.1	100	74.8	166.7	62.2	0	63.5	0
77.3	70	80.0	0	63.7	0	40.0	0	69.7	0
82.0	94.0	93.1	62.5	67.9	184.4	53.3	0	70.3	0
		875.6				631.2	0		
		597.3				183.3	0		
		732.5				336.0	0		

である。

type is 100.

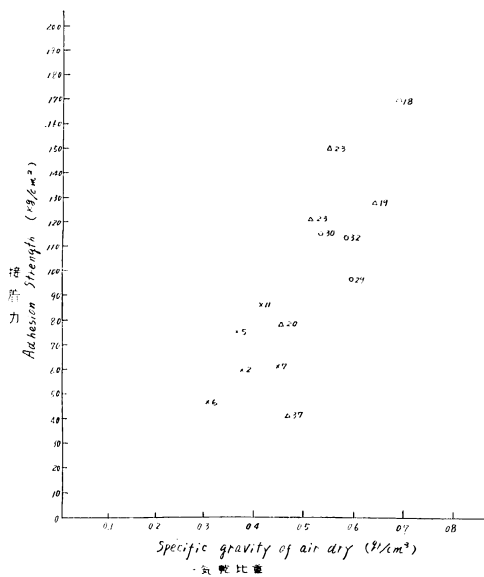


Fig. 9 耐水性試験 (P. R.—2nd cycle 後)
Water proof test (P. R.—after 2nd cycle)

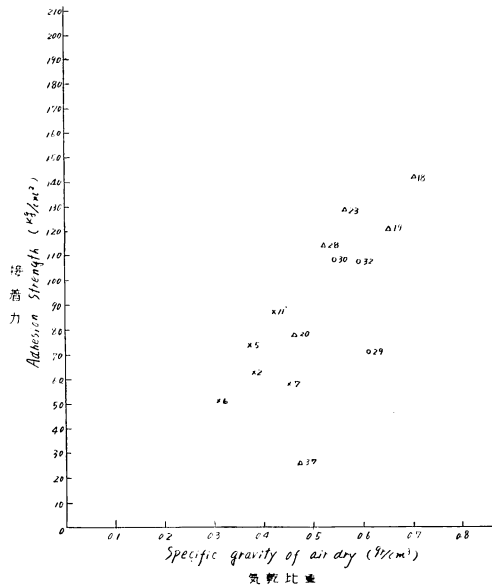


Fig. 10 耐水性試験 (P. R.—3rd cycle 後)
Water proof test (P. R.—after 3rd cycle)

験前に常態接着力および木部破断率を測定した。

(b) 残りの各樹種 30 個宛の試験片を加圧注入缶に入れ、20~25 inch にて 2 時間減圧後、75 lbs/in² (約 5 気圧) で水を 2 時間注入。

(c) さらに 20~25 inch にて 2 時間減圧後 75 lbs/in² で水を 2 時間注入。

(d) 常温水中に 16 時間浸漬。

(e) つぎに 32 時間 45°C、関係湿度 30~35% にて乾燥。

(f) 乾燥後 30 個の試験片のうち 10 個を木材試験機にて接着性能を測定し、その結果は Fig. 8 に示す。

(g) 残りの試験片 20 個をさらに (b), (c), (d), (e) の cycle を行い、うち 10 個を試験した結果は Fig. 9 に示す。

(h) 最後の 10 個は重ねて (b), (c), (d), (e) の cycle を行い、試験した結果は Fig. 10 に示す。

以上の結果から P. R. は非常に耐水性の良好なことを示すも、U. R. および M. R. は著しい低下をきたし、今後かかる試験法と天然曝露試験との比較をして完全なる試験法を確立したい。

Ⅳ 合板の接着力測定法

合板の輸出および国内規格を作製する上に解決すべき事項を平井¹⁴⁾および著者¹⁵⁾¹⁶⁾が依頼を受け、研究を行つたもののうち、主なるものを掲げれば次のとおりである。

(1) 1 類完全耐水性合板の試験法

石炭酸フォルマリン樹脂接着剤を用いて接着した 1 類完全耐水性合板の試験法は各国においてもまちまちであるので、そのうちから最も簡便に測定しうるもので、かつ耐水性能を判断しうるものでなければならぬとの観点から次の実験を行つた。

Table 3. 各種規格別接着力および木部破断率 (%)
The adhesion strength and wood failure (%) of various standard

試験法 Method of experiment		I	II	III	IV	V	VI
接着力 Adhesion strength kg/in^2	Max.	167 (100)	166 (100)	163 (100)	165 (80)	173 (40)	171 (100)
	Min.	133 (30)	126 (10)	122 (10)	125 (5)	118 (10)	132 (5)
	Mean	149.5(61.4)	138.7(34.3)	136.9(43.9)	138.4(37.9)	142.5(20.8)	150 (45.2)
接着力 Adhesion strength kg/cm^2	Max.	26.7 (100)	26.6 (100)	26.1 (100)	26.4 (80)	27.7 (40)	27.4 (100)
	Min.	21.3 (30)	20.2 (10)	19.5 (10)	20.0 (5)	18.9 (10)	21.1 (5)
	Mean	23.8(61.4)	22.2 (34.3)	21.9(43.9)	22.1(37.9)	22.8(20.9)	24.0(45.2)

カバ 1.5 mm 厚単板 3 ply, 接着剤は Solidite No. 1, 硬化剤 10% 添加, 塗付量 40 g/尺², 圧縮力 20 kg/cm², 圧縮時間 24 hrs, 除圧後 40°C にて 14 hrs 加熱し, さらに研究室内に約 10 カ月放置した合板よりそれぞれの規格の試験片を各 20 個採集した。それらを次に示す各種の合板規格により, 常態および乾湿繰返し試験を行つた結果は Table 3 に示すごとくあまり変化がなく, これはそれだけ老化性の少ないことを証するものであろう。

- I 常態接着力試験
- II 輸出合板規格第 1 類による耐水試験: 3 時間煮沸
1 時間常温水に浸漬
- III 米国広葉樹合板規格煮沸繰返し試験: 4 時間煮沸
145(±5)°F にて 20 時間乾燥 4 時間煮沸後冷水
浸漬
- IV 米国広葉樹合板規格乾湿繰返し試験: 48 時間冷
水浸漬, 145(±5)°F にて 8 時間乾燥, 16 時間冷
水浸漬, 8 時間 145(±5)°F にて乾燥, 16 時間
冷水浸漬
- V 米第八軍合板規格試験: 4 時間煮沸後冷水浸漬
- VI 米第八軍合板規格乾湿繰返し試験: 48 時間冷水
浸漬, 145(±5)°F にて 8 時間乾燥, 16 時間冷水
浸漬, 145(±5)°F にて 8 時間乾燥, さらに 16
時間の冷水浸漬と 145(±5)°F にて 8 時間乾燥を
行い, 16 時間冷水浸漬

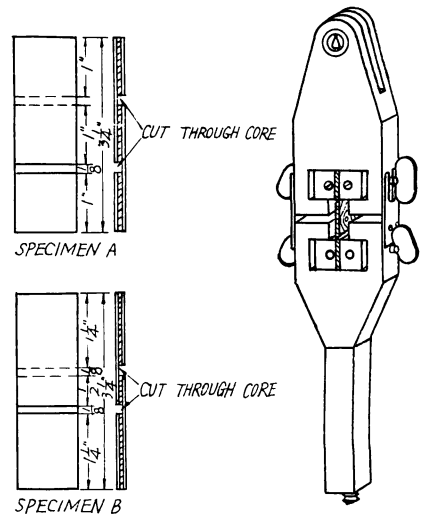


Fig. 11 輸出規格の合板接着力試験片
およびアタッチメント
Adhesion strength test piece of J. A. S.
(Japanese agriculture standard)
and its attachment

なお, 合板試験用アタッチメントおよび試験片の形状は Fig. 11 のとおりである。

以上の試験結果および著者の「合板に関する研究第 1 報」から現行の規格を決定した。乾湿繰返し試験には長時間を要するため他の方法を研究方依頼されているが, まだ発表の域に達していない。

なお, 合成樹脂接着剤として最近新たにメラミン樹脂がだんだんと使用されるようになるとともにメラミン単体を尿素樹脂接着剤に添加して 1 類合板の試験に合格せしめる著者の研究結果¹⁷⁾を広く使用されるに至つたが, その際には常態接着力試験を併用しなければ規格として不備なことが判明したので, 将来規格改訂の機会に挿入するつもりである。

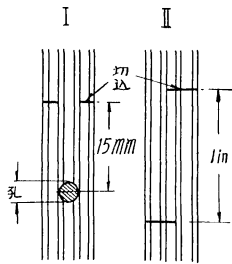


Fig. 12 厚物合板試験片

(I は D. P. L. 型)
(II は輸出規格型)
Thick ply-wood
test piece
(I—D. V. L. type.)
(II—Tested type.)

Table 4. D. V. L. 試験法と輸出規格
による方法との比較

The comparison of test by D. V. L.
and other various standard.

試験法 Method of experiment		I	II
接着力 Adhesion strength kg/in^2	Max.	188	140
	Min.	83	84
	Mean	133	118.7
接着力 Adhesion strength kg/cm^2	Max.	30.0	22.4
	Min.	13.3	13.4
	Mean	21.2	19.0

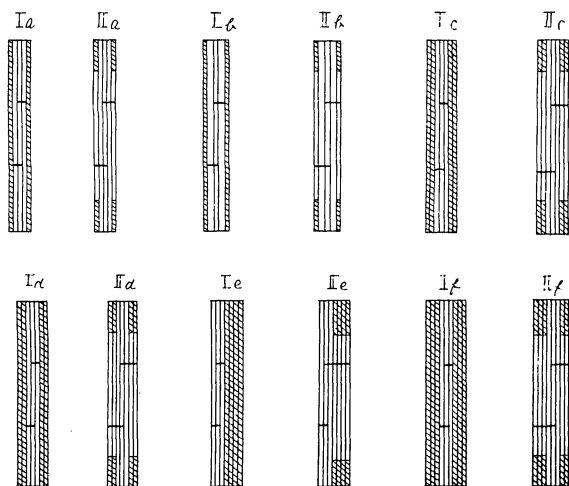


Fig. 13 厚物合板の形状を異にする試験片
Various type test pieces of thick ply-wood

(2) 厚物合板の接着力測定法

(a) D. V. L. 試験法と輸出規格による方法との比較 Fig. 12 に示す方法は中板 3 層の厚さに相当する孔をドリルを用いて開けて、孔の中心から 15 mm 離れたところに中板 3 層に達する切込みを両側から入れる方法で、剝離のモーメントが生じないため、輸出規格法に比し次表に示すごとく、高い値をうるが、中板 3 層の厚さのドリルを用意しなければならない欠点があるためこの方法を採用しなかつた。

供試材は市販のセン 7 ply ヴェイスコース混和大豆グルー合板から Fig. 12 のとき試験片を採集し 500 kg 合板試験機にて試験したものである。

(b) 試験片の形状を異にする場合の接着力比較 5 ply 以上の合板において 3 ply に剝して試験することが米国において行われているが、試験片を手鉋で 3 ply にすることはきわめて手数であり、他に適当な方法がない

かという規格委員会の要請もあつて研究を行つた。

供試材は市販の尿素ホルマリン樹脂接着剤によるラワン 5 ply 3/8" 厚、同ラワン 7 ply 1/2" 厚、同ラワン 5 ply 1/2" 厚、セン 7 ply 1/2" 厚、セン 9 ply 3/4" 厚の合板を用い、試験片の採取法として同一のパネルより輸出合板規格の試験片を採り、おのおの隣接している試験片を常態、耐水試験片に分け、パネルの部分による接着力の差異を少なからしめた。また、3 ply に剝がするものは鉋を用い、掴みの部分のみ 3 ply に剝がすにはノミを用い、切込

みの深さは規格による中板厚の全部の位置までとした。つぎに、Fig. 13 の形状の試験片を各 40 個作製し、試験法として 500 kg/cm^2 合板試験機にて常態および耐水(温冷水浸漬試験)試験を各 20 個行つた。その結果は Table 5 のとおりであつて、試験片の形状により分類すると次のごとくなる。

Ia, Ib, Ic, Id, Ie, If 中板または表、あるいは裏側 3 ply に鉋削したもの。

IIa, IIb, IIc, IId, IIe 掴みの部分を除去したもの。

IIIe 外側 3 ply の試験にて掴みの部

Table 5. 形状を異にする試験片の接着力および木部破断率（%）
The adhesion strength and wood failure of the test piece of various type

試験片の形状 Type of test piece			I a	II a	I b	II b	I c	II c
合板構成 Construction of ply-wood			ラワン 5 ply 3/8" thickness		ラワン 5 ply 1/2" thickness		ラワン 7 ply 1/2" thickness	
接着力 Adhesion strength kg/cm^2	常態 Normal test	Max.	15.0 (90)	15.2 (90)	29.4 (100)	29.3 (100)	21.6 (100)	37.4 (100)
		Min.	9.4 (40)	9.9 (30)	19.4 (50)	19.6 (60)	16.0 (30)	27.4 (40)
		Mean	11.9(65.3)	11.6(58.9)	24.1(81.3)	23.4(89.3)	19.4(70.5)	31.4(83.8)
	耐水 Water proof test	Max.	12.5 (90)	12.0 (90)	29.4 (100)	34.4 (100)	18.2 (30)	27.8 (100)
		Min.	8.5 (60)	7.4 (50)	14.6 (70)	19.5 (60)	10.9 (10)	22.9 (40)
		Mean	10.0(73.9)	9.6(73.9)	21.2(92.2)	23.4(88.1)	14.4(17.8)	25.7(89.4)

試験片の形状 Type of test piece			I d	II d	I e	II e	I f	II f
合板の構成 Construction of ply-wood			セン 7 ply 1/2" thickness		セン 7 ply 1/2" thickness		セン 9 ply 3/4" thickness	
接着力 Adhesion strength kg/cm^2	常態 Normal test	Max.	23.5 (100)	20.6 (70)	23.7 (100)	28.0 (100)		
		Min.	14.7 (100)	16.8 (40)	14.0 (80)	15.4 (100)		
		Mean	18.4 (100)	18.7 (55)	20.1 (96)	22.1 (100)		
	耐水 Water proof test	Max.	17.6 (100)	34.2 (70)	20.8 (100)	27.8 (100)	20.6 (100)	35.0 (90)
		Min.	14.6 (40)	31.7 (40)	8.5 (80)	14.2 (90)	14.6 (30)	25.4 (10)
		Mean	15.6 (70)	33.0 (55)	16.3 (96)	21.1 (98)	18.6 (70)	30.0 (52)

分のみ除去したものにて試験するもの。

この結果から常態接着力試験では I および II の間には差異がないが、温冷水浸漬試験では水分が滲透しにくい関係から、明らかに高い値を示すため、3 ply に飽削することが妥当であることが判明した。

(3) 中板厚さを異にする合板の接着力

輸出規格を定めた当初は中板厚さの表板厚さに対する比率により補正することはなかつたが、その比率が大となるにしたがつて同一接着剤を用いては接着力が低下するため、規格委員会よりその研究の要請があり現行の輸出規格のごとく比率を定める資料とした次第である。その理論的な解析を行つた報告があるが、なお不備であつて一般に認められるまでに至っていない。

使用木材は大建木材工業株式会社製のグナ単板にして、表裏板厚さ 1.5 mm, 中板厚さ 0.4, 0.6, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0 mm にして含水率はいずれも 10~12% の範囲に規整した。

使用した接着剤は、

Phenol resin adhesives Solidite No. 1 硬化剤 10% 添加

Urea resin adhesives キゲタライム U. A 61102 号, 硬化剤塩化アンモン 20% 溶液 5% 添加

Casein glue	配合	Casein	100
		NaOH	11
		Ca(OH) ₂	20
		H ₂ O	300

Soybean glue	配合	Soybean floure (Benzen-ext)	100
		NaOH	8
		Ca(OH) ₂	15
		H ₂ O	350

つぎに接着条件は次のとおり。

塗付量	Phenol resin, Urea resin	40 g/(30 cm) ²
	Casein glue, Soybean glue	45 g/(30 cm) ²
圧縮力	10 kg/cm ²	圧縮時間 20 時間

Phenol resin adhesives により接着した合板のみ除圧後 80°C にて 2 時間熱処理を著者らの合板に関する研究第 1 報により行つた。

合板製作後 5 日間放置せるものより各接着剤、中板厚さ別に 40 個あて試験片を作製し、これを合板試験機によりテストした。荷重速度は毎分 500 kg/cm² 以下とした。

試験時の合板含水率は次のとおり。

Table 6. 試験時の合板含水率 (%)
The moisture content of plywood at testing

中板の厚さ Thickness of core (mm)		4.0	1.5	0.4	平均
使用接着剤 Adhesive					
石炭酸樹脂 Phenol resin		12.97	10.59	10.44	11.33
尿素樹脂 Urea resin		13.38	13.31	12.30	12.99
カゼイン・グルー Casein glue		13.15	13.76	13.89	13.60
大豆グルー Soybean glue		14.60	14.40	13.70	14.33

その測定結果は Table 7 および Fig. 14 のとおり。

Table 7. 中板厚を異にせる合板の接着力 (kg/cm²) および木部破断率 (%)
The adhesion strength and wood failure of the plywood of various thickness core

中板の厚さ Thickness of core (mm)		0.4	0.6	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
接着剤 Adhesives								
Phenol resin	常態 Normal test	46.5 (89.3)	36.8 (61.1)	33.8 (55.7)	26.6 (48.6)	20.3 (65.8)	16.5 (63.5)	12.2 (34.4)
	耐水 Water proof test	37.4 (78.5)	32.3 (86.3)	30.0 (53.3)	25.0 (64.0)	18.2 (43.2)	15.6 (43.2)	10.2 (47.1)
Urea resin	常態 Normal test	48.3 (95.6)	43.3 (86.9)	34.5 (92.2)	28.9 (85.4)	19.5 (85.0)	19.5 (85.0)	14.0 (83.5)
	耐水 Water proof test	19.1 (0)	23.2 (11)	18.1 (2.2)	17.3 (18.5)	11.2 (4.7)	11.2 (4.7)	5.9 (1.1)
Casein glue	常態 Normal test	34.4 (65.2)	31.4 (40.4)	24.7 (12.2)	25.3 (42.1)	16.8 (47.6)	16.8 (47.6)	12.2 (43.7)
Soybean glue	常態 Normal test	24.3 (18.9)	25.6 (3.3)	20.0 (2.9)	16.2 (2.5)	14.4 (2.5)	12.1 (1.8)	9.3 (3.7)

なお、Fig. 14 の結果から中板厚さ x (mm) と接着力 y (kg/in^2 または kg/cm^2) との間には $y=a-bx+cx^2$ なる関係があることが判明し、各接着剤および常態、耐水試験別に次の式を決定した。

尿素ホルマリン樹脂

常態 (kg/in^2)

$$y = 342.02 - 129.92x + 17.36x^2$$

(kg/cm^2)

$$y = 53.03 - 20.14x + 2.69x^2$$

.....(72)

尿素ホルマリン樹脂

耐水 (kg/in^2)

$$y = 166.77 - 53.95x + 5.94x^2$$

(kg/cm^2)

$$y = 25.86 - 8.36x + 0.92x^2 \dots (73)$$

石炭酸ホルマリン樹脂

常態 (kg/in^2)

$$y = 309.42 - 115.95x + 14.92x^2$$

(kg/cm^2)

$$y = 47.97 - 17.05x + 2.31x^2 \dots (74)$$

石炭酸ホルマリン樹脂

耐水 (kg/in^2) $y = 253.39 - 78.62x + 8.64x^2$

(kg/cm^2) $y = 39.29 - 12.19x + 1.34x^2$

.....(75)

カゼイングー

常態 (kg/in^2) $y = 220.40 - 63.53x + 6.50x^2$

(kg/cm^2) $y = 34.17 - 9.85x + 1.01x^2 \dots (76)$

大豆グー

常態 (kg/in^2) $y = 182.14 - 56.76x + 6.21x^2$

(kg/cm^2) $y = 28.24 - 8.80x + 0.96x^2 \dots (77)$

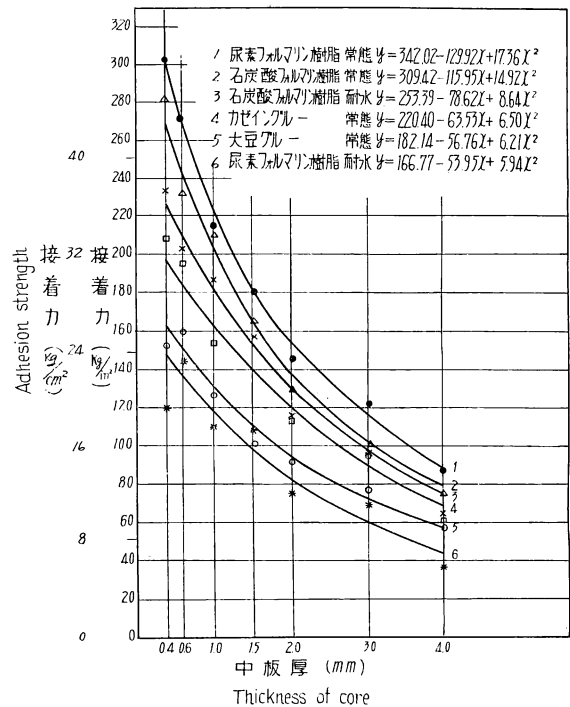


Fig. 14 中板厚を異にせる合板接着力
Adhesion strength of the ply-wood
of various thickness core

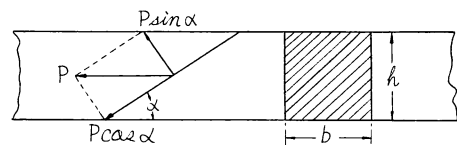
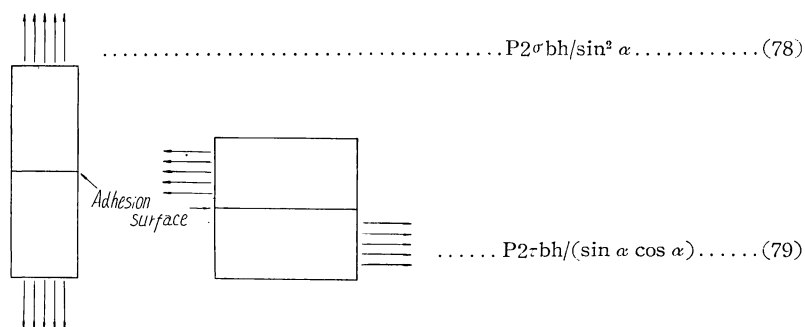


Fig. 15 Scarf joint の接着力の解析
Analyses of adhesion strength
of scarf-joint

V 素材の接着力と接着された材の引張強度

Fig. 15 のように joint の傾斜 α とし P の負荷が与えられた場合、接着面に平行および垂直方向の分力は $P \cos \alpha$ および $P \sin \alpha$ であるから、引張力に対抗する単位当り接着力を σ 、剪断力に対抗する単位当り接着力 τ とすれば、次式の条件のいずれかによつて scarf joint は破壊されることとなる。すなわち、Fig. 16 のような関係がある。

Fig. 16 木口面の接着力 σ と柁目面の接着力 τ

The tension strength σ of adhesion of cross section surface and the shear strength τ of adhesion of radial section surface

この場合 α を変数と考えれば scarf joint の場合の scarf の傾斜度 α の荷重に対する影響がわかるはずである。これを図示すると Fig. 17 のようである。

すなわち、

scarf joint の強度は傾斜度 α が 30° 以下の範囲では角度の増大とともに著しくその強度低下をきたし、 40° 以上ではさほど影響しないことが判り、また前者の場合は接着面の剪断力、後者では引張力が支配的要素となることも考えられる。

しかしながら、この場合 σ および τ は接着面における両片の繊維方向に影響しないと考えた場合であるが、scarf joint において α を変えれば σ および τ の繊維方向もおのずから変るため、scarf joint の場合はこのことをあらかじめ考慮した。

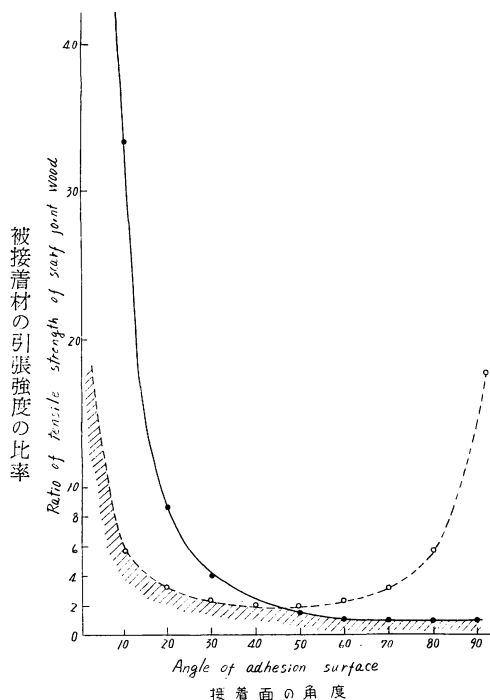


Fig. 17 Scarf joint の角度と被接着材の引張強度との間の理論的關係
The theoretical relation between the angle of scarf joint and tension strength

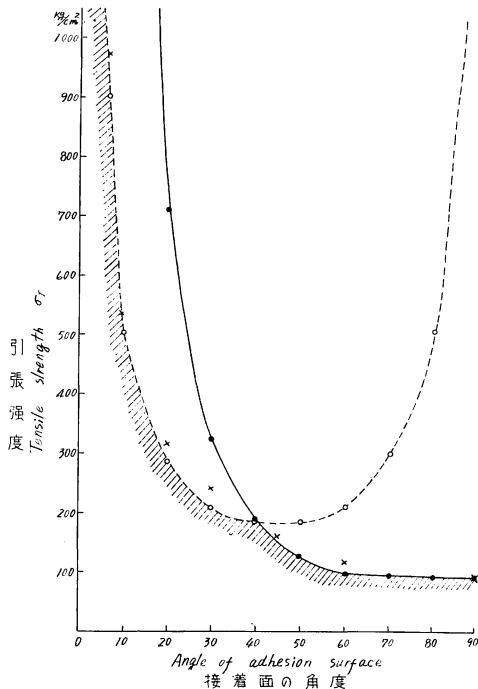


Fig. 18 Scarf joint の角度と被接着材の引張強度との間の理論的關係と実験値
The theoretical relation between the angle of scarf joint and tension strength and experiment values

カバ材から scarf の角度が 7° , 10° , 20° , 45° , 60° , および 90° とことなる D. V. L. 引張型接着力試験片を作製し, 石炭酸系接着剤にて接着し 4 ton 木材万能試験機にて 荷重速度毎分 800 kg/cm^2 以下にて測定した。

その結果は Table 8 のとおりである。

以上の関係が Fig. 17 の理論的關係と合致するかどうかを Fig. 18 に作製したところ理論値と非常に良く合致し, 今後の集成材, その他接着剤構造物に役立つ新知見を得た。

かかる関係は E. BOCK, A. G. H. DIETZ, HAWOINK などの最近の研究においてもかかる解析は全然行われていない。

Table 8. Scarf joint したカバ材の
引張強度
The tension strength of the scarf
jointed birch

接着面の scarf 角度 Angle of scarf	引張強度 $\sigma_T \text{ kg/cm}^2$ Tension strength σ_T
(1:10)	976
10°	529
20°	320
30°	242
45°	165
60°	122
90°	88

II 接着された材および合板の強度

(1) 素材の接着力および曲げ強度

森林記念館へ彎曲集成材を本邦にてはじめて指導して作製し, その接着力および曲げ強度は Table 9, Table 10 のとおりにして 素材の剪断力および曲げ強度とほとんど遜色がなく集成構造に対して推進力となり, 今後の集成材の発展に寄与し得たものと信ずる。

森林記念館の彎曲集成材製作要領は次に示す。

(a) 製品の寸法

厚 0.75 呎 巾 0.5 呎 長 26 呎

石数 0.975 石

重量 140 kg

(b) 製作方法

材料 スギ 5 分板 (プレーナー仕上 4.2 分)

含水率 10.5%

積層法 18 板平行積層 Scarf joint 厚さの 12 倍 積層板の joint 数 2~3 カ所

接着剤 日本ベークライト Co. No. 109 (尿素系樹脂)

硬化剤 塩化アンモン 10% 溶液 5% 添加

塗付量 35 g/平方尺

圧 縮 25 mm ボールト 1 尺ごとに圧縮

圧縮時間 40 時間 (平均 20°C)

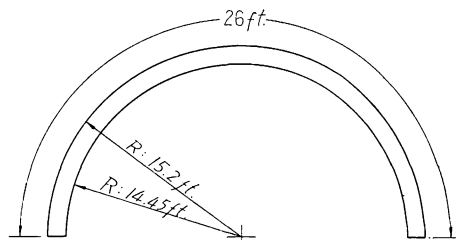


Fig. 19 彎曲集成材の寸法
Size of the arch laminated wood

joint の位置	第1層	8	12	8
	第2層	7	12	9
	第3層	6	12	10
	第4層	5	12	11
	第5層	4.5	12	12
	第6層	2.25	12	12.25
	第7層	8	12	8
		⋮	⋮	⋮

第1層は端から 8 尺, 12 尺, 8 尺の
スカーフした材料を用いて接着した
ことを示すものであつて, 第7層以
下は第1層~第6層までと同じ配列
を繰り返したものである。

その集成材の端から試験片を採取し、F. P. L. 型試験片により接着力試験、接着してない部分の剪断力試験を行つた。その結果は Table 9 に示し、また、曲げ試験の結果は Table 10 のとおりである。

Table 9. 彎曲集成材の剪断試験結果 (b 2" h 1.5")
The shear type adhesion strength of arch laminated wood

接 着 部 Part of adhesion				木 部 Part of wood	
符 号 Code	剪断力(常態) lbs/in^2 Shear strength (normal test)	木部破断率 (%) Wood failure	破 壊 型 式 Type of rupture	符 号 Code	剪断力 lbs/in^2 Shear strength
1 AB	1268.0	100	B	1 H	837.2
2 BC	667.0	60	B C	1 L	1224.1
3 CD	1070.1	60	B C A	2 E	1319.4
4 DE	1429.3	100	B	2 K	1165.4
1 EF	1231.4	100	B A	2 P	960.2
2 FG	1180.1	100	B	3 I	571.7
3 GH	835.6	80	B C	3 M	1513.6
4 HI	989.5	100	B	平均	1084.8
1 IJ	952.9	100	B		76.3 kg/cm^2
2 JK	1165.4	100	B		
3 KL	1004.2	70	B C A	剪断破壊型式 The type of shear rupture. A 春秋材境界剪断 The shear failure type of the around annual rings B 鋸歯状剪断 The shear failure type of saw teeth like C 接着層剪断 The shear failure type of adhesive layer (glue line)	
4 LM	916.2	100	B		
1 MN	879.6	70	B A		
2 NO	527.7	95	B C A		
3 OP	1143.4	95	B C		
4 PQ	1370.7	100	B		
1 QR	989.5	100	A B		
平 均	1036.5 72.9 kg/cm^2				

Table 10. 彎曲集成材の曲げ破壊試験結果
The test of bending rupture of arch laminated wood
(b: 6.4~7.1 cm, h: 3.7~3.8 cm, l: 48 cm)

符 号 Code	曲 げ 破 壊 係 数 Modulus of bending rupture kg/cm ²	曲げヤング係数 Bending young's Modulus kg/cm ² (×10 ³)	破 壊 型 式 Type of rupture		含 水 率 Moisture %
1	517	54.2	A	—	17.6
1′	471	62.3	A	B	15.0
2	400	53.0	A	B	14.1
2′	327	53.2	—	B	15.1
3	327	55.6	A B	A	16.0
3′	428	60.6	B	A	13.9
4	476	59.2	A	A	15.3
4′	447	58.9	A	A	14.6
平 均	427	57.1			15.2

(2) 合板の強度

同一産地ブナ素材とブナ単板を用いてその曲げおよび引張り試験により異方性を調査したところ Fig.

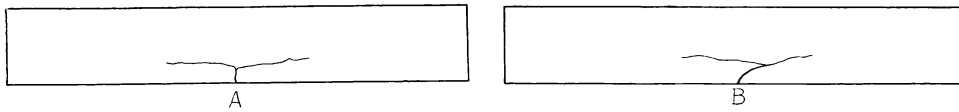


Fig. 20 曲げ破壊型式
The type of bending rupture

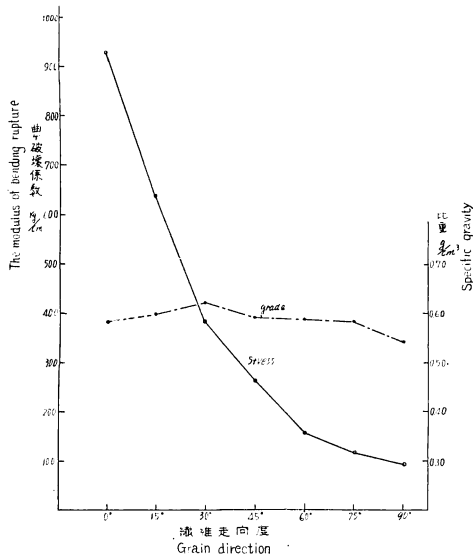


Fig. 21 グナ素材の繊維走向度と
曲げ破壊係数との関係

The relation between the grain direction
of Beech wood and the modulus
of bending rupture

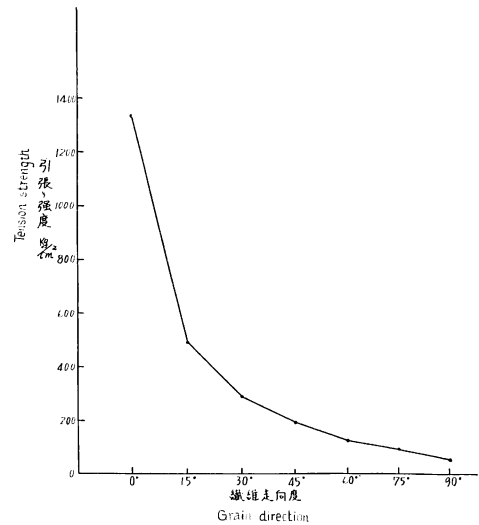


Fig. 22 グナ素材の繊維走向度と
引張強度との関係

The relation between the grain
direction of Beech wood
and tension strength

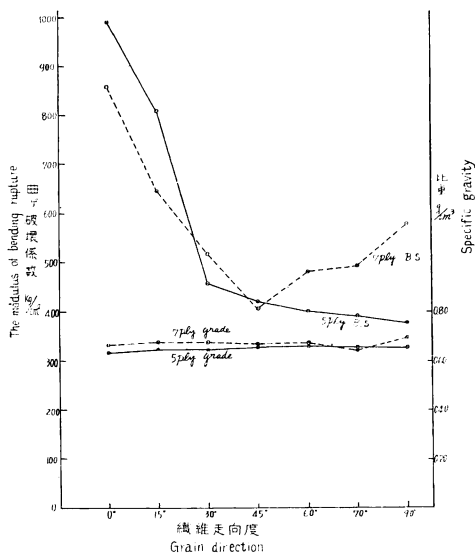


Fig. 23 グナ合板の繊維走向度と
曲げ破壊係数との関係

The relation between the grain direction
of face and the modulus of bending
rupture of Beech ply-wood

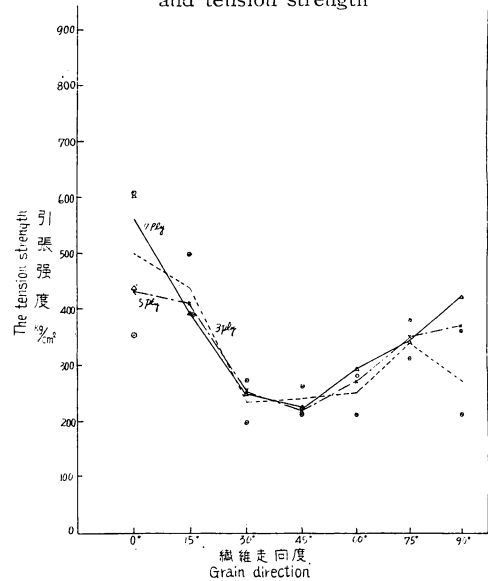


Fig. 24 グナ合板の表板の繊維走向度
と引張り強度との関係

The relation between the grain direction
of face and the tension strength
of Beech ply-wood

21. Fig. 22, Fig. 23, Fig. 24 のごとく著しく改善された。

VII 摘 要

I. 木材の接着ということにおいて、その接着力を測定して実際上の目安としている。この接着力については、見かけの接着力と真の接着力とがある。従来は見かけの接着力を測定していたが、著者が接着剤に螢光体を添加して、 F_r (分子間引力)、 F_c (接着層の凝集力)、 F_w (木材の凝集力) の 3 者の大小の判定が可能になり真の接着力測定の基礎を得たわけであるが、しかし見かけの接着力が真の接着力より役だつことがある。それゆえにここに素材と合板について各種の接着力測定法を行い、各種測定法の間に理論的な関係があるか否かを検討し、かつ標準の接着力試験法を確立せんとした。

II. 荷重速度および接着力測定面積と接着力との関係

接着試験時の荷重速度および測定される接着面積により接着力が変化する。この関係を $F_w \gg F_c \gg F_r$ で常に真の接着力を示すとき供試片、すなわちジラルミン板およびポリビニールブチラールを用いて求めた。

III. 素材の接着力測定法

(1) 供 試 材 料

試験片 北海道産、カバ桎目材

接着剤

(a) 石炭酸系接着剤 Solidite No. 1

硬化剤 β -ナフトレンスルホン酸 50% 溶液を 10% 添加

(b) 尿素系接着剤 ユグダタイム No. 104

硬化剤 NH_4Cl 20% 溶液を 5% 添加した。

(c) カゼイングルー (d) 大豆グルー

(2) 接 着 条 件

(a) 塗布量 片面塗付 50 g/尺² (b) 圧縮力 15 kg/cm² (c) 圧縮時間 20 時間

(d) 除圧後の措置 石炭系接着剤を用いたもののみ 80°C, 2 時間試験中の含水率の低下なきよう熱処理, 他は 30°C の恒温室中に 3 日間放置した。

(3) 試験片の形状および荷重方向

(a) D. V. L. 引張型接着力試験片 (b) 滑脱引張型接着力試験片 (c) 剝離による接着力試験片

(d) F. P. L. 剪断型試験片 (e) 引張型接着力試験片 (f) 曲げによる接着力試験片

(4) 試 験 結 果

F. P. L. 剪断型接着力試験片について引張型接着力試験片が良く、しかも偏差の少ない点および特殊の剪断装置を用いることなく木材万能試験機にて測定しうる利点がある。

なお、De BRUYNE (Fig. 5) 引張型試験片と滑脱引張型試験片とを比較した結果 Fig. 6 のとおりのおのおの特長を明らかにした。

(5) 耐 水 性 試 験

集成材のごとく、屋外に置かれ乾湿の繰返しにさらされる場合が考えられるために耐水性試験を行つた。試験法としては、14 樹種につき加圧注入缶に入れ、15~25 inch にて 2 時間減圧後、75 lbs/in² で水を

圧入後、さらに前法をくりかえした後、常温水に 16 時間浸漬し、つぎに 32 時間 45°C、関係湿度 30～35% で乾燥してこれの一部を接着性能試験に用い、残りを上記の操作を 2 回および 1 回行つたものの接着性能を測定して Fig. 7～10 に示した。

結果として、P. R. は良好な耐水性を示すが、U. R. および M. R. は著しい低下をきたした。

IV. 合板の接着力測定法

(1) 1 類完全耐水性合板の試験法

1 類完全耐水性合板の試験法の種々の中から最も簡便に測定し得て、かつ耐水性能を判断しうるものを選んだ。

カバ 1.5 mm 厚単板 3 ply, Solidite No. 1, 硬化剤 10%, 塗付量 40 g/ft², 圧縮力 20 kg/cm², 圧縮時間 24 hrs, 除圧後 40°C で 14 hrs 加熱し、さらに室内に約 10 カ月放置後のものを次に示す試験法により、常態、乾湿繰返し試験を行つた (Table 3)。結果は老化性の少ないことを示している。

I 常態接合

II 輸出合板規格 1 類耐水試験

III 米日潤葉樹合板規格煮沸繰返し試験

IV 米日潤葉樹合板規格乾湿繰返し試験

V 米第八軍合板規格試験

VI 米第八軍合板規格乾湿繰返し試験

以上の結果および著者の合板に関する研究第 1 報から現行の規格を決定するための参考に供した。

(2) 厚物合板の接着力測定法

(a) D. V. L. 試験法と輸出規格による方法の比較

市販のセン 7 ply, ヴェスコース混和大豆グルー合板から Fig. 12 のとき試験片を採集して 500 kg 合板試験機にて試験した。結果は Table 4 のとおりである。

(b) 試験片の形状を異にする場合の接着力比較

市販尿素ホルマリン樹脂接着剤によるラワン 5 ply 3/8" 厚, ラワン 7 ply 1/2" 厚, 同ラワン 5 ply 1/2" 厚, セン 7 ply 1/2" 厚, セン 9 ply 3/4" 厚の合板を用い、同一のパネルから輸出合板規格の試験片を取り、各隣接している試験片を常態、耐水試験片に分けた。これを Fig. 13 の形状に試験片を加工しておのおの接着力を測定した。

この結果、常態接着力試験では I および II には差異が認められないが、温冷水浸漬試験では水分が滲透しにくいので II の方が高い値を示すため、3 ply に鉋削することが妥当であることが判明した。

(3) 中板厚を異にする合板の接着力

中板厚さの表板厚さに対する比率が大となると同一接着剤を用いて接着力測定値が低下するために比率を定める資料とした。

ブナ単板を用い、表裏板厚 1.5 mm とし、中板厚を、0.4, 0.6, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0 mm にして含水率 10～12% に規整した。

接着剤は、石炭酸および尿素、ホルマリン樹脂接着剤、カゼイングルー、大豆グルー、で試験を行つた。

合板製作後 5 日間放置せるものより接着剤別、厚さ別試験片を製作し、接着力を測定した。その結果、

中板厚 x (mm), 接着力 y (kg/in^2) (kg/cm^2) との間には $y = a - bx + cx^2$ の関係があることがわかった。常態, 耐水性試験に次式をあてはめることができた。

尿素ホルマリン樹脂 常態 (kg/in^2) $y = 342.02 - 129.92x + 17.36x^2$

(kg/cm^2) $y = 53.03 - 20.14x + 2.69x^2$

耐水 (kg/in^2) $y = 166.77 - 53.95x + 5.94x^2$

(kg/cm^2) $y = 25.86 - 8.36x + 0.92x^2$

石炭酸ホルマリン樹脂 常態 (kg/in^2) $y = 309.42 - 115.95x + 14.92x^2$

(kg/cm^2) $y = 49.97 - 17.05x + 2.31x^2$

耐水 (kg/in^2) $y = 253.39 - 78.62x + 8.64x^2$

(kg/cm^2) $y = 39.29 - 12.19x + 1.34x^2$

カゼイングルー 常態 (kg/in^2) $y = 220.40 - 63.53x + 6.50x^2$

(kg/cm^2) $y = 34.17 - 9.85x + 1.01x^2$

大豆グルー 常態 (kg/in^2) $y = 182.14 - 56.76x + 6.21x^2$

(kg/cm^2) $y = 28.24 - 8.80x + 0.96x^2$

V. 素材の接着力と接着された材の引張強度

Scarf joint の強度は傾斜角 α が 30° 以下の範囲では角度の増大とともに著しく強度低下をきたし, 40° 以上ではさほど影響しないことが判明した。

カバ材を用い, Scarf の角度を 7° , 10° , 20° , 45° , 60° , 90° にした D. V. L. 引張型接着力試験片を作り, 石炭酸系接着剤にて接着し, 4 ton 木材万能試験機で荷重速度毎分 $800 kg/cm^2$ 以下で測定した (Table 8)。

この結果, 理論値と非常に良く合致したことが Fig. 18 で示した。

VI. 接着された材および合板の強度

(1) 素材の接着力および曲げ強度

森林記念館へ厚さ 0.7 呎, 巾 0.5 呎, 長さ 26 呎の彎曲集成材を指導製作しその一端から F. P. L. 型試片をとり接着力試験を行い, 接着してない部分で剪断力試験を行つた (Table 9)。また, 曲げ試験を行つた。その結果 (Table 9, 10) は素材の剪断および曲げ強度とほとんど遜色がなかつた。

(2) 合板の強度

同一産地ブナ素材とブナ単板を用いて, その曲げおよび引張強度試験を行いその異方性を調べた。その結果 Fig. 21~24 のごとく合板の異方性が著しく改善されたことを明らかにした。

文 献

- 1) DELMONTE, J.: The Technology of Adhesives (1949)
- 2) KNIGHT, R. A. G.: Adhesives for Wood (1952)
- 3) WASHBURN, E. W.: Ply. Rev. 17, (1921) p. 276
- 4) FALK, A. H.: ASTM Bulletin 141 (1946)
- 5) WEHMER, F.: Permanence test of adhesive bonds, ASTM Bul. (1946)
- 6) DIETZ, A. G. M.: Engineering laminates (1949)

- 7) 中島湿三： 膠着剤（1938）
- 8) BOCK, E.: Holz als Roh-und Werkstoff 9, 62 (1951)
- 9) RINKER, R. C., KLINE, G. M.: Modern plastic 164 (Nov. 1954)
- 10) 堀岡邦典・和田三郎： 第61回日本林学会大会講演集, (1952) p. 236
- 11) Military specification, Wood laminates, Douglas fir, Mil-L-2038A (1952)
- 12) Milit. spec., Wood, White oak, Laminated, Mil-O-15154 (1950)
- 13) Milit. spec., Decking, Teak-Douglas-fir, Laminated, Mil-T-16285A (1951)
- 14) 平井信三： 木材工業 5, (1950) p. 85
- 15) 堀岡邦典・古瀬光弘： 合板に関する研究第1報, 林業試験場研究報告, 51 (1951)
- 16) 堀岡邦典・菅野夔作・堀池 清： 合板に関する研究, 第3報, 林業試験場研究報告, No. 76 (1954)
- 17) MAXWELL, J. W.: The thickness of glue-line (1946)
- 18) MAXWELL, J. W.: Shear strength of glue joints as affected by wood surfaces and pressures, Bulletin of the New York state college of forestry at Syracuse university. Technical publication 64 (1944)
- 19) RUDKIN, A. W.: A simple method of testing glue lines in tension. Journal of the council for scientific and industrial research. 20, 4 (1947)
- 20) FALK, A. H.: Impact testing of adhesives, ASTM Bulletin 141 (1946)
- 21) KITAZAWA, G.: A study of adhesion in the glue lines of twenty-two woods of the united states, New York state college of forestry at Syracuse university, Technical publication 66 (1946)

Research for the Improvement of Wood (Rep. No. 5)
Study on the measuring method of adhesion quality (Part 1)

Kunisuke HORIOKA

(Résumé)

I Introduction

Except when there is a relation $F_W > F_C > F_V$ or $F_C > F_W > F_V$, true adhesion strength cannot be measured on synthetic resin adhesives. For example, phenol resin adhesives, urea resin adhesives and Melamin resin adhesives, the relation $F_C > F_V > F_W$ or $F_V > F_C > F_W$ measures chiefly F_W in low density wood, and the higher density wood has, the bigger strength F_W gets. Then it gets the relation $F_W > F_C > F_V$, $F_W > F_V > F_C$ or $F_C > F_W > F_V$, $F_V > F_W > F_C$, and when F_V is the weakest, it shows true adhesion strength. But there is an obvious relation $F_W, su > F_W, sp$ between cohesive power of spring wood F_W, sp and cohesive power of autumn wood F_W, su , while on high density wood, with the relation $F_W, su > F_C$ (or F_V) $> F_W, sp$, we generally measure it concluding apparent adhesion strength. Hitherto, it has been said that it is impossible to measure true adhesion strength as distinct from apparent adhesion strength. But by analysing F_W , F_C and F_V separately with fluorescent chemicals added to adhesives, I opened the way for measuring true adhesion strength. But practically, there is only need to know the low value of one of the three F_C , F_W , F_V . So I directed the point of the research to the method of measuring adhesion strength as follows:

II Relation between the loading velocity, the area of measuring adhesion, and adhesion strength.

As already mentioned, if we want to measure adhesion strength by using wood, we find it is broken at the weakest point of the three, F_W , F_C , F_V . So by using the sheet of juralmin which has bigger cohesive power than jointed wood, and polyvinyl-butylal which is markedly effective as an adhesive, and having a connection of $F_J \gg F_C \gg F_V$ and by varying the loading velocity and the area of measuring adhesion strength, were searched for the relation with adhesion strength (refer to Fig. 1, 2).

III On measuring the adhesion strength of wood.

Using six kinds of specimens to measuring of adhesion strength by phenol formaldehyde resin adhesive, urea foimaldehyde resin adhesive, casein glue and soybean glue, we sought the most suitable type of adhering. The results made it clear that F.P.L. type adhesion strength specimen is the most suitable, but it needs the shearing apparatus as depicted in Fig. 4. So the tension type specimen which is able to be measured with the Amslar type universal wood testing machine deserves praise, because in synthetic resin adhesives it has the same adhesion strength as F.P.L. type and it has less deviation (refer to Fig. 3, 5~10 and Table 2).

IV How to examine the adhesion strength of ply-wood.

- (i) The testing method of water-proof ability of Type I, high water-proof ply-wood (refer to Table 3).
- (ii) The method of measuring adhesion strength of multiply ply-wood (refer to Fig. 12, and Table 4~5).
- (iii) The relation between the thickness of core-veneer and adhesion strength (refer to

Fig. 14 and Table 7).

About these three items, which the Committee of Ply-wood Standard asked for study to be made, I was able to get new knowledge such as will contribute to the establishment of testing methods for ply-wood.

Besides, by the testing result of (iii), it was made clear experimentally that there is such relation as formulated below between the thickness of core-veneer X (mm) and adhesion strength.

urea formaldehyde resin	normal test	(kg/□")	$y = 342.02 - 129.92x + 17.36x^2$
		(kg/cm ²)	$y = 53.03 - 20.14x + 2.69x^2$
	water-proof test	(kg/□")	$y = 166.77 - 53.95x + 5.94x^2$
		(kg/cm ²)	$y = 25.86 - 8.36x + 0.94x^2$
phenol formaldehyde resin	normal test	(kg/□")	$y = 309.42 - 115.95x + 14.92x^2$
		(kg/cm ²)	$y = 47.97 - 17.05x + 2.31x^2$
	water-proof test	(kg/□")	$y = 253.39 - 78.62x + 8.6x^2$
		(kg/cm ²)	$y = 39.29 - 12.19x + 1.34x^2$
casein glue	normal test	(kg/□")	$y = 220.40 - 63.53x + 6.50x^2$
		(kg/cm ²)	$y = 34.17 - 9.85x + 1.01x^2$
soy-bean glue	normal test	(kg/□")	$y = 182.14 - 56.76x + 6.21x^2$
		(kg/cm ²)	$y = 28.24 - 8.8x + 0.96x^2$

V The relation between the adhesion strength of wood and the tensile strength of jointed wood.

By analysing this connection theoretically, a new relation as given in Fig. 17 was found between the angle of scarf joint and the tensile strength of jointed wood. The result of experiment coincides well with the Fig. 17 and it seems to me that it will contribute towards the advancement of future manufacturing of laminated wood (refer to Fig. 18 and Table 8).

VI Strength of adhered wood and ply-wood.

Upon measuring strength of arch laminated wood produced in Japan and other ply-wood, it was made clear that laminated wood has the same strength as wood, and the latter showed that improvement of anisotropic properties can be planned (refer to Fig. 19~24 and Table 9~10).