

# 集成材に関する研究（第 11 報）

## 化粧用集成材の接着性能試験の方法

西 原 実<sup>(1)</sup>  
森 屋 和 美<sup>(2)</sup>  
菅 野 蓑 作<sup>(3)</sup>

### I 緒 言

最近におけるわが国の木材資源は年々優良大径木が減少し、建築用材としての構造材あるいは造作材などの盛んな需要にもかかわらず、従来のような優良材の供給が困難になりつつある。一方、木材の加工技術は年々向上し、とくに木材の接着加工は接着剤品質の向上とともに著しい進歩をみて、いわゆる集成工法によって短小な木材を一体とした集成材、化粧用集成材の製造を可能にし、需要面の要求を満たす態勢がしだいに整えられようとしている。しかしながら、これらの製造と利用については、わが国では歴史も浅くまだ開発途上の過渡期にあるために、一部不良品が市場にあらわれるにいたった。このようなことから、需要の急速にふえた造作用の集成材について、製造者に安定した品質を示す内部造作材を製造するための指針を与えるため、集成化粧材製造基準<sup>5)</sup>が社団法人日本木材加工技術協会によって制定された。この基準は、現状においては化粧用集成材の品質を維持するに足る基準と考えられるが、なお一層十分な研究資料を集積し、さらに検討を加えてより完全な内容にすることが望まれるところである。以上のことから、化粧用集成材の性能を判定するためにはもっとも重点となる“接着性能試験の方法”について若干試験を行なったので、ここに報告する。

なお、この試験を行なうにあたり、ご援助とご指導をいただいた上村 武木材部長、中村 章材質改良科長、山井良三郎強度研究室長、また、試験片製作のご協力をいただいた田中辰五郎技官に対し、深く感謝の意を表わす。

### II 試 験 方 法

#### 1. 初期接着性試験

“集成化粧材製造基準”において、初期接着性はブロックせん断試験によることと規定されているが、その条文をみると、「この試験は ASTM D 805 または JIS Z 2114 およびこれらに準ずるブロックせん断試験において、接着層をせん断面として行なう試験とする。」とされており、具体的に1つの試験法を規定していない。そこで、今回の試験においては、実験室的に調整された集成材を試料として ASTM D 805 (ASTM D 905)、JIS K 6804 および JIS Z 2114 のそれぞれの規定に準拠したブロックせん断試験を行ない、これら各試験法を比較検討するための資料を調整することとした。なお、この試験と平行

(1) (2) 木材部材質改良科接着研究室員

(3) 木材部材質改良科接着研究室長

して、YAVORSKY および BROWN らが提唱している割裂試験による簡易接着性試験法を参考までにあわせて試験することとした。

### (1) 試験材料

i) 供試ひき板 供試ひき板は、北海道静内営林署管内に産出したエゾマツ (*Picea jezoensis* CARR.) および秋田県生保内営林署管内に産出したブナ (*Fagus crenata* Bl.) の2樹種とし、それぞれ、製材、人工乾燥したひき板を室内に長期間放置し十分に気乾状態に平衡したものをを用いた。まず、クロスカッター、リップソーおよびプレーナーをそれぞれ用いて、厚さ 20mm、幅 60mm、長さ 400mm の無欠点短尺ひき板を調製した。被接着面の加工はプレーナー仕上げとしナイフマークの幅が約 1.5mm になるように切削加工した。つぎに、これらひき板の寸法と重量とをそれぞれ測定して、各ひき板ごとに気乾容積重を算出し、また各ひき板をそれぞれの木理によって、板目、まさ目、追いまさ目に区分し、樹種ごとに気乾容積重と木理によって仕分け分類してひき板の組合せを決めた。なお、エゾマツひき板の気乾容積重は 0.40~0.47g/cm<sup>3</sup>、ブナの気乾容積重は 0.55~0.69g/cm<sup>3</sup> であった。

ii) 接着剤 東洋高圧工業株式会社製ユリア樹脂接着剤ユーロイド#120 樹脂液を用いつぎの処方で配合した。

{	ユーロイド#120 樹脂液	100 部
	小麦粉	10 部
	水	15 部
	塩化アンモニウム 20%水溶液	5 部

### (2) 供試材の調製

供試材はひき板2枚合せの積層接着とし、厚さ 40mm、幅 60mm、長さ 400mm の寸法のを30本調製した。その接着条件と接着操作をつぎに示す。

i) 接着時のひき板含水率は、エゾマツ 12~15%、ブナ 11~13%であった。

ii) 製糊はビーカーとかくはん棒を用い、前述の処方による接着剤を配合して十分にかくはん混和した。

iii) 塗付ははけ塗り両面塗付とし、1接着層あたりの塗付量が 330g/m<sup>2</sup> となるように、ひき板接着面に均等にむらなく塗付した。

iv) 塗付を終わった材料は1クランプ分ごとにたい積し、たい積時間は 50 分以内とした。

v) 圧縮圧力はエゾマツ 8 kg/cm<sup>2</sup>、ブナ 15 kg/cm<sup>2</sup> とし、圧縮にはボルトナット形式のネジクランプを用い、圧縮圧力の調整はトルクレンチにより行なった。

vi) 接着硬化は常温硬化とし、気温 21.5°C、関係湿度 67%の実験室内で、塗付圧縮作業を行ない、クランプされた供試材そのまま 24 時間放置してからクランプを解いた。

### (3) 初期接着性試験の方法

この試験では初期接着性試験の方法として、圧縮形式の各種のブロックせん断試験法を比較検討することを主として行ない、参考のために、割裂試験をあわせ行なうこととし、Fig. 1 に示す形状寸法の試験片をそれぞれ、各供試材の Fig. 2 に示す位置から採取した。

i) ブロックせん断試験 ASTM D 805 (ASTM D 905), JIS K 6804 および JIS Z 2114 の各規定に準拠して、接着層をせん断面とするブロックせん断試験を行なった。試験機は島津製作所製容量

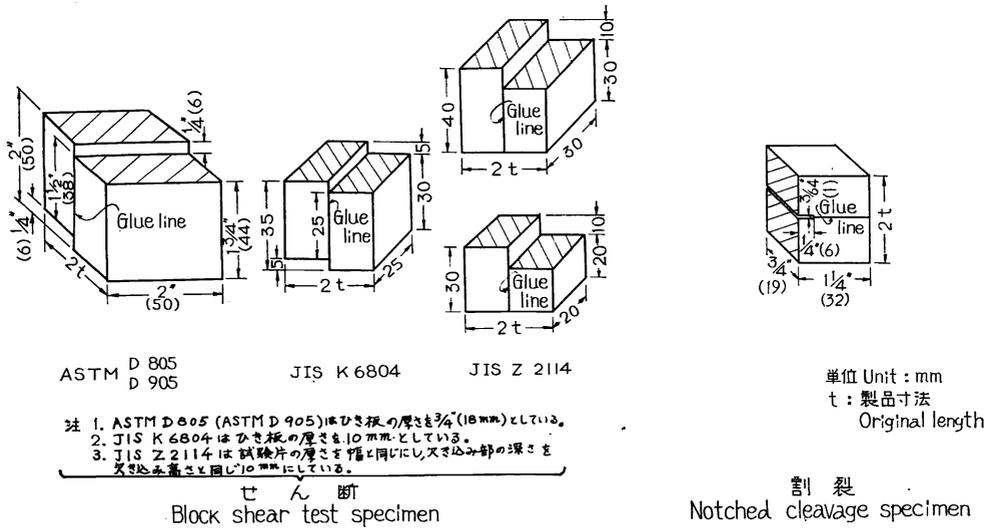
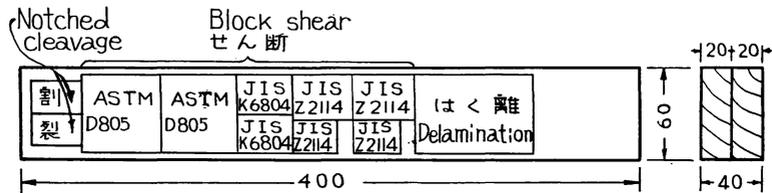


Fig. 1 初期接着性試験片の形状  
Block shear test specimen.



単位 Unit : mm

Fig. 2 試験片採取位置  
The portions of test specimens cut from the beams.

5 ton のアムスラー式縦型万能試験機にせん断アタッチメントをすえつけ、アタッチメントに試験片を固定させ、荷重速度はエゾマツの場合、毎分 60kg/cm<sup>2</sup> 以下、ブナの場合、毎分 100kg/cm<sup>2</sup> 以下で試験を行ない、せん断強さ、木部破断率、含水率を測定計算した。

ii) 割裂試験 Fig. 1 に示す試験片の切欠き部に先端角 30° の鋼製くさびを挿入して荷重を加えた。試験機は森試験機製作所製容量 1 ton のオルゼン型材料試験機を使用した。なお、くさびと木材との摩擦抵抗を小さくするために、くさびにワセリンを塗付して試験し、破断時の荷重を記録し、木部破断率、含水率を測定計算した。

## 2. 耐久接着性試験

“集成化粧材製造基準” においては耐久接着性を判定するためにはく離試験として、ひとつの乾湿くり返し促進処理法を定め、この処理過程において生起する集成材のはく離の判定基準を決めているが、これらの基盤となる試験研究資料はほとんどみあたらない現状にあるので、この試験においては後述のとおり

いくつかのはく離試験の条件設定を行なって、実験室的に調製された試料を供試材とし、化粧用集成材のはく離試験法を比較検討する資料を整えることとした。

### (1) 試験材料

i) 供試ひき板 供試ひき板は、前述の初期接着性試験用のひき板を調製するときに、同時に調製し準備したもので、初期接着性試験用ひき板と同様のものである。

ii) 接着剤 前述の初期接着性試験時に用いた接着剤と同じ東洋高圧工業株式会社製ユリア樹脂接着剤ユーロイド #120 を用いたが、各種の乾湿くり返しの促進処理法を検討する場合に、処理法の判定が可能な程度のはく離を生ずるような性能の低い接着剤を故意に準備する必要があったので、その処方と配合をつぎのとおりとした。

ユーロイド#120 樹脂液	100 部
小麦粉	30 部
水	60 部
塩化アンモニウム 20%水溶液	5 部

### (2) 供試材の調製

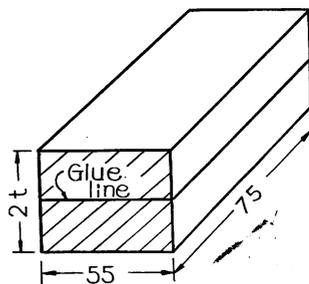
使用した接着剤の配合が異なるのみで、そのほかは前述の初期接着性試験用供試材の調製と同じなので省略する。

### (3) 耐久接着性試験の方法

i) はく離試験の条件設定 内装用集成材の耐久接着性を判定するためのはく離試験については、従来ほとんど資料がみうけられない。すなわち、U. S. A. においては内装用集成材に関してはく離試験を行わず、単に初期接着性試験の結果から、その耐久接着性を推定することにより実用上の支障はないとしており、ドイツにおいては DIN 53254 において乾湿くり返しの促進処理条件を規定しているが、この規定もはく離のためのものではない。しかしながら、“集成化粧材製造基準”の確立にさいして、はく離試験の必要性が要求されたために、現行の同基準においては、DIN 53254 に準ずる乾湿くり返しの促進処理条件を後述 (a 条件) のとおり設定してあるが、この試験法では試験に 8 日間を要する不便がある。そこで試験に要する時間を短縮し、しかも、内装用集成材の耐久接着性を的確に判定しうる試験法の確立が必要とされるので、つぎに示す 5 種類の乾湿くり返し促進処理条件をえらび、これらについて検討を加えることとした。

- a. 試験片を常温 (20~30°C) の水中に 24 時間浸せき後、水からとり出して、常温 (20~30°C)、関係湿度 60~80% の空气中に 7 日間放置する。
- b. 試験片を常温 (20~30°C) の水中に 24 時間浸せき後、水からとり出して強制換気式の恒温器に入れ、40°C の器内空气中に一定時間放置する。
- c. b と同じ水中浸せき処理後に、b と同じ恒温器に入れ、60°C の器内空气中に一定時間放置する。
- d. b と同様の水中に 6 時間浸せき後、水からとり出して、b と同じ恒温器に入れ、40°C の器内空气中に一定時間放置する。
- e. d と同じ水中浸せき処理後に、b と同じ恒温器に入れ、60°C の器内空气中に一定時間放置する。

ii) はく離試験の操作 この試験に供した試験片は 2(2) により調製された供試材から切りとって、Fig. 3 に示すように厚さ 40mm、幅 55mm、長さ 75mm の寸法とし、両木口面を平滑に仕上げたものを用いた。なお、上記 a~e に示す促進処理の試験にさいし、水中浸せきは、試験片を容器中にたがいに接触しないようにならべ、水面が試験片上面より 2 cm 以上になるようにした。浸せき後の空気中の放置は、ならべられた試験片相互の間隔が 5 cm 以上離れるようにし、空気は木口面に沿って流れるようにした。



単位 Unit : mm

Fig. 3 耐久接着性試験片の形状  
Delamination test specimen.

上記 a~e に示す処理を、それぞれ終わった試験片の両木口面におけるはく離の長さを 3 mm 以上のものについて測定し、つぎの式からはく離率を計算した。

$$\text{はく離率} = \frac{\text{両木口面におけるはく離長さの合計}}{\text{両木口面における接着層長さの合計}} \times 100 (\%)$$

### III 試験結果

#### 1. 初期接着性試験

##### (1) ブロックせん断試験

Table 1. 各種試験法によるエゾマツ集成材の常態接着性能  
Initial gluing faculties of EZOMATSU laminated wood  
at the time of testing by various test methods.

	ASTM D 805	JIS K 6804	JIS Z 2114			割 裂 Notched cleavage test	
			接 着 面 積 Glued area				
			9 cm <sup>2</sup>	4 cm <sup>2</sup>			
せん断強さ Shear strength (kg/cm <sup>2</sup> )	84.5±8.9 (99.4~55.8)	82.2±11.4 (99.8~60.8)	73.7±14.9 (89.3~44.7)	64.3±9.8 (94.4~48.4)	破壊荷重 Breaking load (kg)	51.8±11.4 (77.6~40.4)	
木部破断率 Wood failure (%)	97.7 (100~75)	85.1 (100~50)	75.2 (100~30)	82.7 (100~30)	木部破断率 Wood failure (%)	94.9 (100~0)	
測定個数 Number of testing	59	60	60	60	測定個数 Number of testing	59	
含水率 Moisture content (%)	13.4±0.6 (15.2~12.2)	13.0±0.8 (15.7~11.4)	13.5±1.0 (15.5~7.8)	13.3±1.3 (19.1~10.8)	含水率 Moisture content (%)	12.9±2.5 (18.8~7.9)	
試験時の 温度 Tem- perature at the time of testing	乾 球 温 度 Dry bulb temp. (°C)	25.0	25.0	24.0	22.0	乾 球 温 度 Dry bulb temp. (°C)	26.0
	湿 球 温 度 Wet bulb temp. (°C)	23.0	24.0	23.5	21.5	湿 球 温 度 Wet bulb temp. (°C)	24.5

Table 2. 各種試験法によるブナ集成材の常態接着性能  
Initial gluing faculties of BUNA laminated wood  
at the time of testing by various test methods.

	ASTM D 805	JIS K 6804	JIS Z 2114		割 裂 Notched cleavage test		
			接 着 面 積 Glued area				
			9 cm <sup>2</sup>	4 cm <sup>2</sup>			
せん断強さ Shear strength (kg/cm <sup>2</sup> )	152.6±13.7 (176.4~110.6)	164.2±19.2 (203.8~130.1)	142.3±24.6 (181.7~71.1)	154.3±20.2 (207.5~112.5)	破壊荷重 Breaking load (kg)	108.9±36.5 (202.0~54.0)	
木部破断率 Wood failure (%)	92.0 (100~50)	94.0 (100~45)	89.0 (100~45)	90.0 (100~45)	木部破断率 Wood failure (%)	31.1 (100~0)	
測定個数 Number of testing	59	59	59	58	測定個数 Number of testing	60	
含水率 Moisture content (%)	12.5±0.6 (13.9~11.5)	12.6±0.6 (14.1~11.5)	12.8±0.7 (14.0~11.0)	12.3±0.9 (13.9~10.9)	含水率 Moisture content (%)	12.8±0.7 (13.7~10.9)	
試験時の 温度 Temperature at the time of testing	乾球温度 Dry bulb temp. (°C)	18.0	15.5	18.0	15.5	乾球温度 Dry bulb temp. (°C)	24.5
	湿球温度 Wet bulb temp. (°C)	14.5	12.0	16.5	14.5	湿球温度 Wet bulb temp. (°C)	22.0

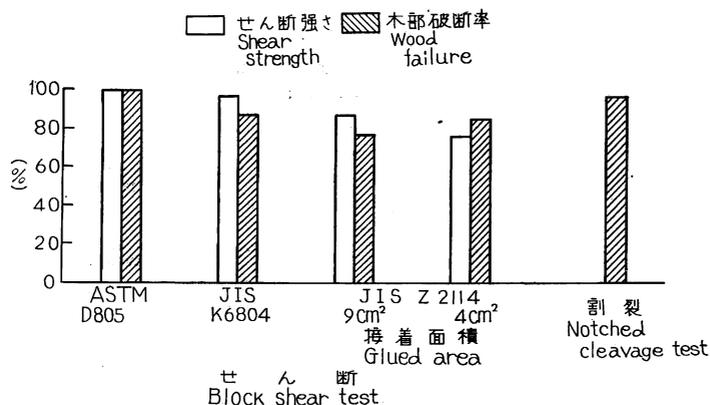


Fig. 4 各種試験法によるエゾマツ集成材の常態接着性能値の比率  
(ASTM D 805 を 100 とする)

Relative initial gluing faculties of EZOMATSU laminated wood at the time of testing by various test methods (Percentage for ASTM D 805 values).

試験の結果を Table 1 および Table 2 に示した。なお、ASTM D 805 (ASTM D 905) によるせん断強さおよび木部破断率の各平均値をそれぞれ基準にして、他の試験法によるものとの比較を百分率で示すと Fig. 4, Fig. 5 のとおりである。

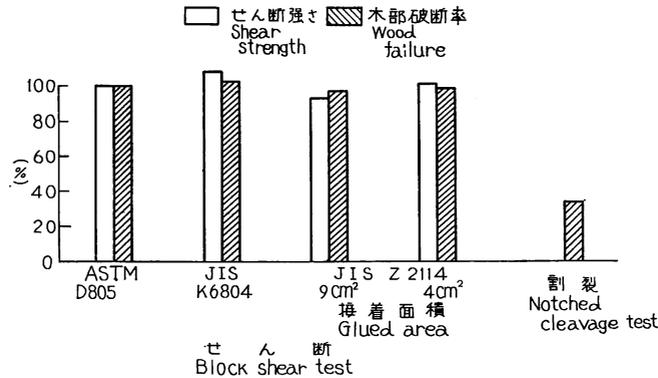


Fig. 5 各種試験法によるブナ集成材の常態接着性能値の比率 (ASTM D 805 を 100 とする)

Relative initial gluing faculties of BUNA laminated wood at the time of testing by various test methods (Percentage for ASTM D 805 values).

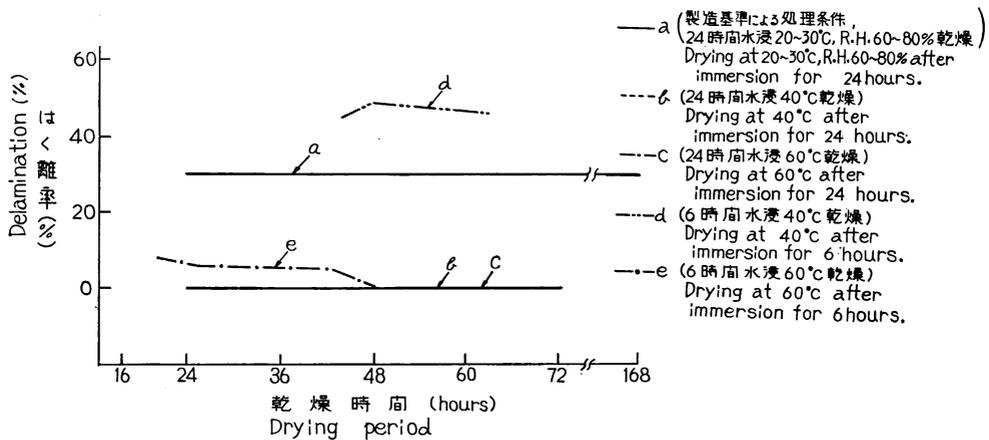


Fig. 6 各種乾湿くり返し試験の乾燥過程に生ずるエゾマツ集成材のはく離率 Relations between drying periods and delamination values at the time of testing EZOMATSU laminated wood by various accelerated delamination tests.

(2) 割裂試験

試験の結果を Table 1 および Table 2 に示した。なお、参考までにこの試験における木部破断率の平均値を、上記各種ブロックせん断試験によるものと比較して Fig. 4, Fig. 5 に示した。

2. 耐久接着性試験

前述の a~e の乾湿くり返し促進処理において、はく離は水中浸せき後、各条件の空气中に放置される乾燥過程に生ずるので、はく離の進行状況を、それぞれ Fig. 6 および Fig. 7 に示した。なお、参考のために同じ乾燥過程における試験片の重量減少経過を Fig. 8 および Fig. 9 に示した。

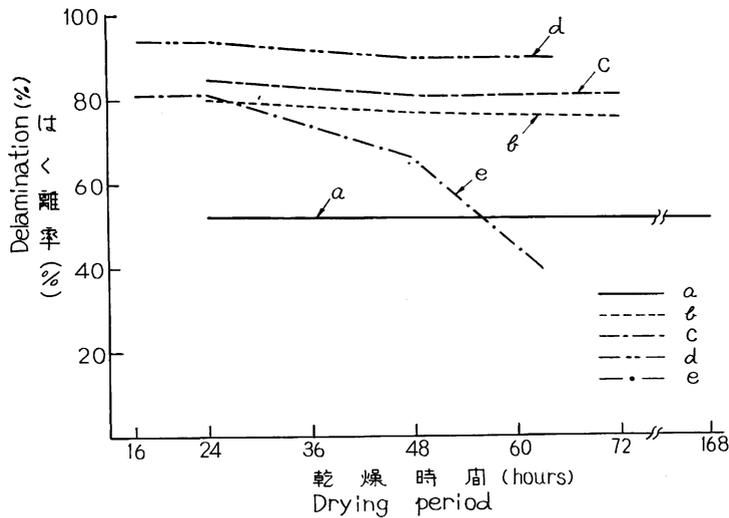


Fig. 7 各種乾湿くり返し試験の乾燥過程中に生ずるブナ集成材のはく離率  
Relations between drying periods and delamination values at the time of testing BUNA laminated wood by various accelerated delamination tests.

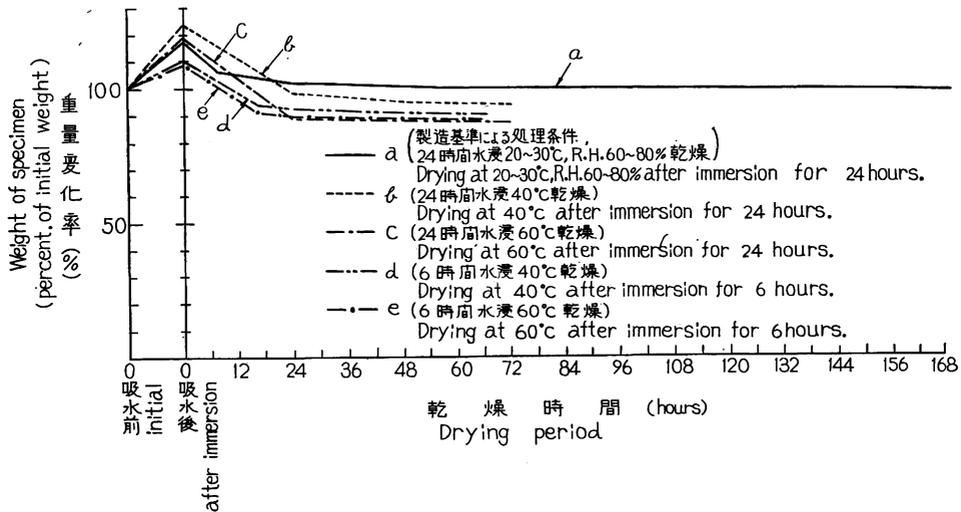


Fig. 8 各種乾湿くり返し試験におけるエゾマツ集成材の重量変化率  
Relations between drying periods and weights of specimens at the time of testing EZOMATSU laminated wood by various accelerated delamination tests (Percentage of initial weight of specimen).

#### IV 考 察

##### 1. 初期接着性試験

##### (1) ブロックせん断試験

Fig. 4 および Fig. 5 からあきらかなように、各試験法間のせん断強さの値および木部破断率値の比率は、それぞれ樹種によってかなり異なり、せん断長の増大とともにせん断強さが低下するとの報告<sup>6)7)</sup>が

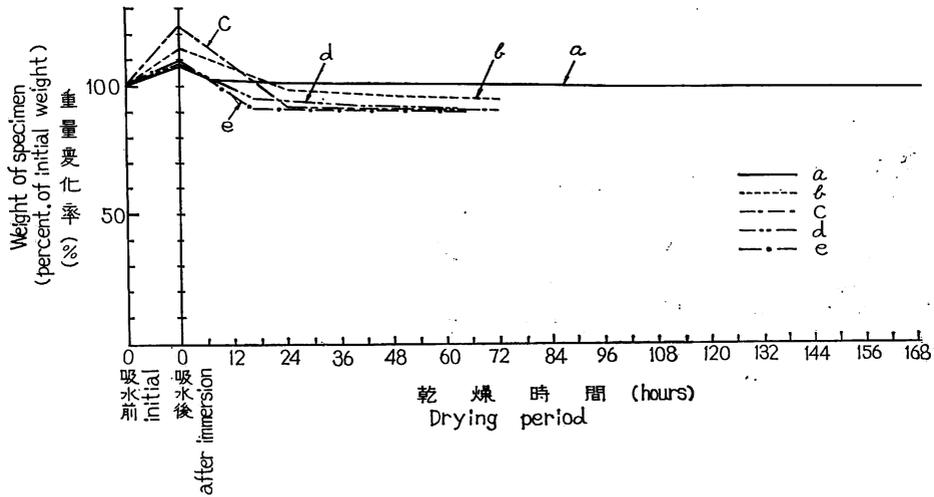


Fig. 9 各種乾湿くり返し試験におけるブナ集成材の重量変化率  
Relations between drying periods and weights of specimens at the time of testing BUNA laminated wood by various accelerated delamination tests (Percentage of initial weight of specimen).

あるが、ブナにおいてその傾向が認められた。エゾマツでは同様の傾向が認められなかったが、これは試験片の加工精度が影響しているためと考えられる。そこで、この試験の対象とした2形式4種類のブロックせん断試験法のなかでは、木材のせん断試験方法 (JIS Z 2114) に定められた試験体の形状でなく、他の形式のうち、木材用接着剤の JIS (K 6801, K 6802, K 6803, K 6804) に採用されている JIS K 6804 の形状の試験片によって、初期接着性を判定するのが妥当なように考えられる。

(2) 割裂試験

割裂試験は集成材の初期接着性を簡易に試験する試験法のひとつとして検討した。試験片の製作が容易で測定も簡単であるが、くさびを圧入する切欠きみぞ先端部分の仕上げ状況が測定値に大きく影響する。この試験では

アサリの僅少な丸のこで切欠きみぞを入れたままの状態でも試験したが、より妥当な試験を行なうためには、みぞの先端をさらに特殊なヤスリなどで仕上げる必要があるように考えられる。この試験法は、単なるナイフテストなどに比べればすぐれた試験法と考えられるので、Fig. 10 に示した簡易装置などを整えて、それ相当の試験目的に応ずることができるように考えられる。

2. 耐久接着性試験

IIの2(3)に述べた a~e の乾湿くり返し促進処理条件について、その苛酷度、試験に要する時間、

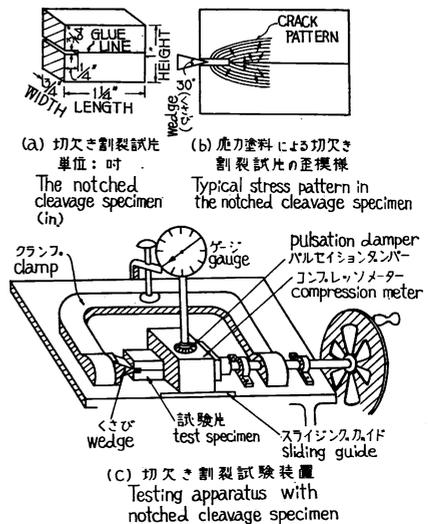


Fig. 10 切欠き割裂試験  
Notched cleavage test.

Table 3. a および f 条件による乾湿くり返し試験の結果  
Delamination test results tested under dry and wet repeating conditions (a and f conditions).

樹種 Wood species	条件 Conditions	a		個数 Number of specimens	f						
		個数 Number of specimens	はく離率 Percentage of delamination (%)		はく離率 Percentage of delamination (%)						
			平均 Ave.		最大 Max.	1 cycle		2 cycle		3 cycle	
						平均 Ave.	最大 Max.	平均 Ave.	最大 Max.	平均 Ave.	最大 Max.
エゾマツ EZOMATSU		19	0	0	5	0	0	0	0	0	0
ブナ BUNA		19	0.1	0	5	0	0	0	0	4.7	24

試験操作の難易などを検討し、これら a~e 処理条件のなかから、内装用集成材のはく離試験法としてもっとも妥当なものを選定するためにこの試験を行なったが、Fig. 6 および Fig. 7 に示す結果からあきらかなように、はく離率の値および乾燥過程におけるはく離の進行状況は、エゾマツのように気乾容積重が小さく、含水率変化時に膨張収縮の小さい樹種では、その傾向をは握することが困難であった。これに反し、ブナの場合には、はく離率の値はかなり大きい、a~e 処理条件の苛酷度についてある程度の傾向がは握できるように考えられる。よってブナについて述べるが、乾燥過程において 16~24 時間経過時に測定されたはく離はそれ以上の時間を経過しても増加せず、むしろ見かけのはく離が減少する傾向が認められた。5 条件のうち水浸時間が短く比較的高温な e 条件がまずこの傾向を示したが、これはいったん口をあけた接着層が、乾燥時間が経過し木材がしだいに収縮するためにふたたび口をとじて、見かけ上はく離として測定できないためである。ついで d 条件その他の条件においても、この傾向を示すものと推定される。そこで、b~e のどの処理法の場合にも水中浸せき後の試験片の乾燥を必要以上に長時間行なうことは、かえって妥当ではないように判断される。

つぎに、水中浸せき 6 時間と 24 時間および乾燥温度 40°C と 60°C をおり込んだ b~e 処理条件の間に、16~24 時間経過時におけるはく離においてはなほだしい差異が認められなかったので、試験時間を短縮するために水中浸せき 6 時間を選び、また、乾燥温度としては集成材実用時の温度に、より近い 40°C を選ぶことが妥当と判断される。

そこで、以上の考察にもつぎ、内装用集成材の乾湿くり返し処理条件としてつぎの条件を採用することにより、かなりの確な耐久接着性の判定が可能ないように考えられる。

すなわち、「試験片を常温 (20~30°C) の水中に 6 時間浸せき後、水からとり出して強制換気式の恒温器に入れ、40°C の器内空气中に 16 時間放置する」(この処理法を f 条件とする)。

なお、上記処理法を確認するために、初期接着性試験のために調整した供試材の予備部分 (Fig. 2 参照) から、はく離試験片を切りとり、a 条件と対比して行なった試験の結果を Table 3 に示した。この試験では、上記の乾湿処理を 3 サイクルまでくり返して行なったが、ユリア樹脂接着剤の配合が高性能の処方であったために、ブナの 3 サイクル目にわずかなはく離が認められたにすぎなかった。

### V 摘 要

エゾマツひき板およびブナひき板を材料とし、ユリア樹脂接着剤を使用してそれぞれ集成材を調製し、

初期接着性, 耐久接着性について試験片の形状, 寸法あるいは試験条件をかえて試験し, これらの試験結果から化粧用集成材の接着性能を試験する方法について検討を加えた。

### 1. 供試集成材の調製

(1) 試験に使用したエゾマツ, ブナのひき板は, 室内に長期間放置し十分気乾状態に平衡したものをを用いて調製した。

(2) ユリア樹脂接着剤は, 東洋高圧工業株式会社製ユリア樹脂接着剤ユーロイド#120 を使用した。

(3) 供試集成材はひき板 2 枚合わせの構成とした。

(4) 接着条件としては, 塗付量……1 接着層あたり  $330\text{g/m}^2$  で両面塗付, たい積時間……50 分以内, 圧縮圧力……エゾマツ  $8\text{kg/cm}^2$ , ブナ  $15\text{kg/cm}^2$ , 硬化条件……常温硬化とした。

### 2. 接着性能試験の方法

#### (1) 初期接着性

i) ブロックせん断試験 ASTM D 805 (ASTM D 905), JIS K 6804 および JIS Z 2114 の各規定に準拠して, 接着層をせん断面とするブロックせん断試験を行なった。

ii) 割裂試験 試験片の切欠き部に先端角  $30^\circ$  の鋼製くさびを挿入して試験を行なった。

#### (2) 耐久接着性

水中浸せき——乾燥の乾湿くり返し試験を処理条件をかえて行なった。

### 3. 試験結果の考察

接着性能の試験結果を Table 1, Table 2 および Fig. 4~Fig. 7 に示したが, これらの結果からみて,

初期接着性試験について JIS K 6804 によるブロックせん断試験が妥当なように考えられる。割裂試験も適当な装置を整えてそれ相当の試験目的に応ずることができるように思われる。

耐久接着性試験については, 処理条件をかえて a~e の試験を行なったが, その結果より, d 条件の乾燥時間を 16 時間に限定した f 条件が妥当なように考えられる。

## 文 献

- 1) YAVORSKY, J. M. and J. H. BROWN: A Notched Cleavage Specimen for Evaluating Strength of Glue Joints. F. P. J., 9, 4, (1959)
- 2) ASTM D 805, (ASTM D 905), (1952)
- 3) JIS K 6804, (1964)
- 4) JIS Z 2114, (1963)
- 5) 社団法人日本木材加工技術協会: 集成化粧材製造基準, (1964)
- 6) 竹山謙三郎: 木構造, 丸善, pp. 42~43, (昭 27, 1952)
- 7) 森 徹: 今泉勝吉: 接着層を有する材の剪断強度について (予報), 木材学会誌, 1, 2, pp. 76~79, (1955)

**Studies on Laminated Wood. (XI)**

**Test methods of gluing faculties of laminated decorative wood.**

Minoru NISHIHARA, Kazumi MORIYA and Minosaku SUGANO

(Résumé)

In order to investigate the testing methods on initial gluing faculties and durabilities of laminated decorative wood, laminated beams were prepared in our laboratory. They were glued with extended urea resin adhesives and built up with EZOMATSU sawn boards and also BUNA. Some kinds of block shear tests specified with the specifications, a notched cleavage test and several delamination tests were carried out. The results were summarized as follows:

1. Four kinds of block shear test methods specified with ASTM D 805, JIS K 6804, and JIS Z 2114, etc. were tested, and the results were shown in Table 1, Table 2, Fig. 4 and Fig. 5. It was found that JIS K 6804 method was better than the other methods.

A notched cleavage test was studied to investigate a simple test method. As it was practicable and easy to test with such a simple apparatus as shown in Fig. 10, it was concluded that the method should be adapted to practical requirements and checking tests, etc.

2. Five kinds of delamination test methods were studied in order to investigate the severities and test processes, etc. Delaminations after accelerated cyclic tests repeating immersion in water and drying at low relative humidity were measured and calculated. The results were shown in Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 and Table 3.