

集成材に関する研究（第6報）

尿素樹脂を接着剤とするスギ集成材 の接着性能について

菅 野 蓑 作⁽¹⁾

西 原 実⁽²⁾

I 緒 言

尿素樹脂接着剤は高度の耐水性を有し、使用法が比較的簡単で価格も手ごろなために、わが国において、合板、木工、パーティクルボードなどの木材接着剤としてひろく大量に使用されていることは周知のところであるが、集成材用接着剤の場合にも特殊な例を除いてほとんど尿素樹脂接着剤が用いられている現状にあるので、本邦産主要針葉樹の一つであるスギを材料とし、尿素樹脂を接着剤とする集成材の接着性能について、つぎに示す諸点を検討するためにこの試験を行なうこととした。

1. 同じ接着剤を使用し、同じ接着条件を採用し、同じ木材樹種の挽板で接着した集成材でも、材料挽板の比重、寸法、木目、含水率などが異なると接着性能も変異することが考えられるので、この試験ではスギ挽板の寸法と含水率を一定にし、挽板の木目および比重が製品集成材の接着性能におよぼす影響を検討することとした。

2. 尿素樹脂接着剤は内装タイプの接着剤に属するので、その耐久接着性を検討する場合には、屋内の使用環境に適した条件下において耐久接着性を試験すべきである。しかしながら、スギのように比重が小さく接着性の良好な樹種にあつては、屋内条件をこえた過酷な環境下にあつてもかなり良好な耐久接着性を示すことが予想されるので、この試験では耐久接着性を検討する環境因子を屋内条件のみに止めず、さらに過酷な条件も採用することとし、むしろ尿素樹脂を接着剤とするスギ集成材が耐久しうる環境上の限界条件を検討することとした。

3. 集成材の使用経年月過程において、その接着性能を劣化させる原因の一つにつぎの因子がある。すなわち、集成材を構成するメンバーは吸湿または吸水によつて含水率を増すと同時に膨張し、乾燥によつて含水率を減ずると収縮する。このさい隣接するメンバーおのおのの膨張収縮量が違うことから、その間の接着層に応力を生じこの応力によつて接着層が破壊され、また集成材の膨張収縮とともに動く接着層自体の伸び縮みの繰返しも接着力の低下を促進すると考えられ、従来、この因子が集成材の耐久接着性に支配的な影響をおよぼすものとされているので、この試験においても、実験室的なばくろには乾湿繰返しのサイクル試験を採用し、同時に、屋外の天然ばくろ試験を行なつて、上述の因子について検討を加えることとした。

なお、本試験実施に際しご指導いただいた小倉木材部長、堀岡前材質改良科長、中村前接着研究室長に感謝の意を表する。

⁽¹⁾ 木材部材質改良科接着研究室長

⁽²⁾ 木材部材質改良科接着研究室員

II 試 験 方 法

1. 試 験 材 料

(1) 挽板の調製

東京営林署から購入したスギ原木を製材、乾燥、加工して供試挽板を調製した。

i) 原 木

品等……1等、寸法……末口径 30 cm 上、長さ……180 cm 上、本数……2本

ii) 製 材

林試製材研究室の 42" 送材車つき帯鋸機を使用して、厚さ 23 mm にだら挽きしてから、幅 10 cm に縦挽きした。

iii) 乾 燥

製材後の挽板を棧積みして約 6 カ月間天然乾燥し、その後約 6 カ月間室内に放置して調湿した。

iv) 表面加工

挽板は 24" 菊川製作所製機械鉋により表面加工した。加工精度はナイフマークの幅 1.5 mm とした。

(2) 接 着 剤

使用した尿素樹脂接着剤は東洋高圧工業株式会社製ユーロイド#120、硬化剤は塩化アンモン 20 %水溶液、配合割合は樹脂液 100 部に対し、硬化剤 5 部を添加することとした。なお、この接着剤の性質を Table 1 に示した。

Table 1. 尿素樹脂接着剤ユーロイド#120 の性質
Properties of urea resin adhesives for this test.

Viscosity at 25°C	Specific gravity at 25°C	Working life	pH	Resin content
24.7 pois	1.320	80 min.	7.98	76.3 %

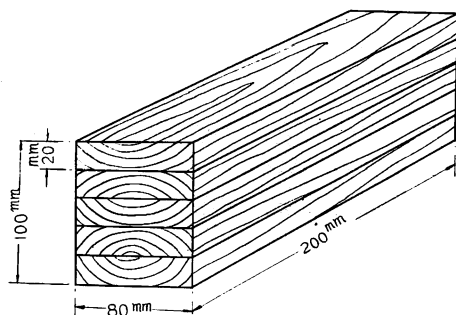


Fig. 1 供試集成材の形状寸法

Form and dimensions prepared for this test.

2. 供試集成材の調製

(1) 供試集成材の構成・寸法

供試集成材は Fig. 1 の構成で 5 枚合わせとし、各挽板は木表、木裏が交互になるように組み合わせた。

(2) 挽板の測定と分類および組合せ

前述の方法により調製された挽板を、節などの欠点を除いて、無欠点部分のみをえらんで長さ 20 cm に切断し、これら短尺挽板の重量と寸法を測定してから各挽板ごとに比重を算出し、挽板群をまず板目と追根に分け（根目は少数しかえられなかつたので

試験から除外）、それぞれを比重範囲 0.30~0.34, 0.35~0.39, 0.40~0.44 の 3 区分に分類し、同一木目、同一比重範囲の挽板をもつて個々の集成材が構成されるように挽板の組合せを行なつた。

(3) 接着条件

- i) 接着剤の塗付は刷毛塗り, 両面塗付, 塗付量は1接着層あたり $250 \sim 350 \text{ g/m}^2$ とした。
- ii) 堆積時間 5~10 分
- iii) 圧縮にはボルト, ナット形式のネジクランプを使用し, 圧縮圧力 8 kg/cm^2 としてトルクレンチを使用して圧縮圧力を調整した。
- iv) 接着硬化
接着硬化は $20 \sim 30^\circ\text{C}$ の常温にて行ない, クランプ圧縮したまま 17~24 時間放置してからクランプをはずした。

v) 養生

クランプをはずした材料は7日間以上の養生期間をおいてから, その後の加工を行なった。

3. 接着性能試験の方法

(1) 初期接着性試験

ASTM D 805-53 による常態ブロック剪断試験によることとし, 供試集成材からそれぞれ所定寸法形状の剪断試験片を切りとり, それぞれ試験を行なつて, 剪断力, 木部破断率, 含水率を測定計算した。なおこの試験の詳細は林試研究報告, No. 101, p. 137 に示してあるので省略する。

(2) 耐久接着性試験

i) 乾湿繰返し試験

A法……常温における高湿度・低湿度の繰返しサイクル試験

試験片の形状寸法は木口断面の幅 8 cm , 厚さ 10 cm , 繊維方向の長さ 7.5 cm の直方体とし, これを供試集成材からそれぞれ切りとつて試験に供した。

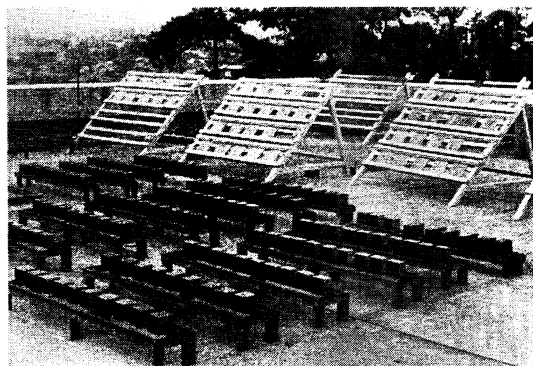
試験条件と測定法……試験片の処理には, 恒温恒湿室を使用し, まず, 温度 $18 \sim 22^\circ\text{C}$, 関係湿度 $85 \sim 95\%$ の高湿度条件下に2カ月間放置し, つぎに, 温度 $18 \sim 22^\circ\text{C}$, 関係湿度 $45 \sim 55\%$ の低湿度条件下に引きつづき, 2カ月間放置し, この高湿度——低湿度の繰返し処理を3サイクル行ない, 合計1年間のスケジュールとした。

つぎに, 上記の処理を終わつた試験片の両木口面に生じた剝離の長さを測定し, 試験片ごとに剝離率を算出した。なお, 剝離率の測定計算方法の詳細は林試研究報告, No. 101, p. 139 に示してあるので省略する。

B法……ASTM D 1101-53 に定められた外装用集成材の耐久接着性試験法を採用した。この試験法の詳細は林試研究報告, No. 101, p. 138 に示してあるので省略する。

ii) 耐候性試験

試験片の寸法は木口断面の幅 8 cm , 厚さ 10 cm , 繊維方向の長さ 16.5 cm とし, この寸法の試験片を Phot. 1 に示すように林試新館屋上に設置した屋外ばくろ試験用の架台



Phot. 1 耐候性試験のための屋外ばくろ
Outdoor exposure for weathering test.

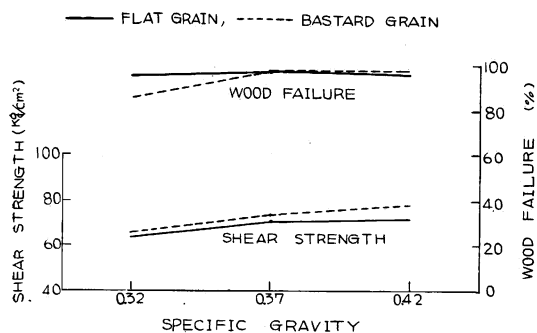


Fig. 2 挽板の木目および比重と集成材の初期接着性

Initial gluing faculty affected with grain and specific gravity of laminae.

上にならべ、木口面が正南に向くように配置し、日照、降雨、降雪などの天候条件に直接さらされるようにして放置し、同南面木口における剥離率を、経年月過程中に逐次測定計算した。

III 試験結果

1. 初期接着性

集成材を構成する挽板の木目および比重と集成材の初期接着性との関係を Fig. 2 および Table 2 に示したが、板目挽板によつて構成される集成材と追桁のそれとの間に性能

Table 2. 接着性能試験の結果
Results on gluing faculty tests.

Grain of laminations		Flat grain			Bastard grain				
		0.30 ~0.34	0.35 ~0.39	0.40 ~0.44	0.30 ~0.34	0.35 ~0.39	0.40 ~0.44		
Specific gravity of laminations									
Gluing faculty tests	Block shear test	Shear strength (kg/cm ²)	63 (53~70)	70 (61~84)	72 (46~92)	65 (62~70)	73 (61~83)	78 (65~89)	
		Wood failure (%)	95 (70~100)	97 (50~100)	96 (80~100)	85 (80~90)	97 (80~100)	97 (80~100)	
		Moisture content (%)	13.0 (11.8~14.8)	12.5 (11.6~15.2)	13.3 (11.8~16.8)	12.3 (12.0~12.8)	12.9 (11.7~15.0)	12.6 (11.9~13.5)	
		Number of testing	15	33	33	6	39	30	
	Cyclic exposure tests	A test	Percentage of delamination (%)	0 (0~0)	0 (0~0)	0 (0~0)	0 (0~0)	0 (0~0)	0 (0~1)
			Moisture content before testing (%)	15.2 (14.3~16.4)	14.4 (12.9~15.2)	14.5 (14.2~15.3)	14.5 (14.2~14.8)	14.5 (14.1~15.3)	14.5 (13.8~15.1)
			Number of testing	6	15	6	3	9	8
		B test	Percentage of delamination (%)	15 (4~28)	7 (0~20)	27 (8~49)	14 (11~17)	13 (7~19)	32 (11~45)
			Moisture content before testing (%)	14.3 (13.5~15.4)	14.3 (13.8~14.8)	14.4 (13.7~14.9)	14.8 (14.6~15.0)	14.6 (14.3~14.8)	14.4 (13.7~15.2)
			Number of testing	6	15	6	2	10	8
	Weather exposure test	Percentage of delamination after 15 months	34 (29~37)	24 (5~45)	34 (17~67)	41 (26~56)	28 (20~38)	37 (14~65)	
		Percentage of delamination after 36 months	46 (33~55)	42 (20~76)	48 (18~85)	52 (34~69)	36 (22~45)	46 (23~63)	
		Percentage of delamination after 60 months	82 (75~89)	77 (46~98)	82 (44~99)	98 (96~99)	83 (68~95)	82 (59~99)	
Number of testing		4	17	11	2	13	10		

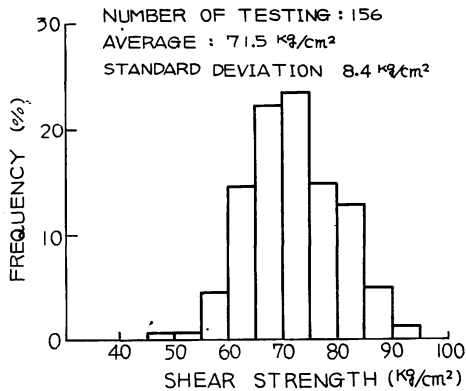


Fig. 3 剪断接着力値のばらつき
Distribution of shear strength values.

認められなかつた。そこで、挽板の木目および比重に関係なく、測定値全部について数値をとりまとめ Fig. 3~4 の結果をえた。なお、林試研究報告, No. 109, p. 19 に示す初期接着性の判定基準により、これら結果を判定すると、この場合の初期接着性は優秀で十分許容範囲内にある。

2. 耐久接着性

(1) 乾湿繰返し試験

A 法

集成材を構成する挽板の木目および比重とA法による耐久接着性との関係を Table 2 に示したが、測定試験片 47 個のうち剝離の認められた試験片はわずかに 1 個であった。なお、同試験のサイクルを引きつづき繰り返して継続する予定であったが、試験片にかびの発生がはなはだしく、試験をつづけることが不適當な状態になつたので、この試験は 3 サイクルにとどめることとした。

B 法

集成材を構成する挽板の木目および比重とB法による耐久接着性との関係を Fig. 5 および Table 2 に示した。比重 0.40~0.44 の範囲において剝離率がやや大となり、また、追沓の方が板目より剝離率が大であるが、その傾向は顕著ではない。

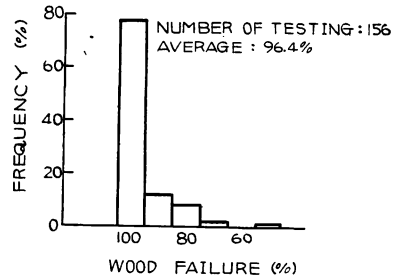


Fig. 4 木部破断率値のばらつき
Distribution of wood failure values.

上の顕著な差は認められず、また、挽板比重と初期接着性との関係もとくに明りような傾向は

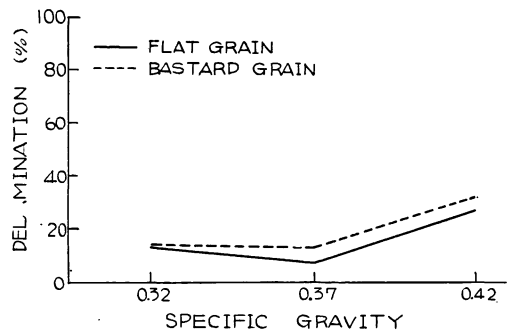


Fig. 5 挽板の木目および比重とB法による剝離率

Delamination after ASTM D 1101-53 test affected with grain and specific gravity of laminae.

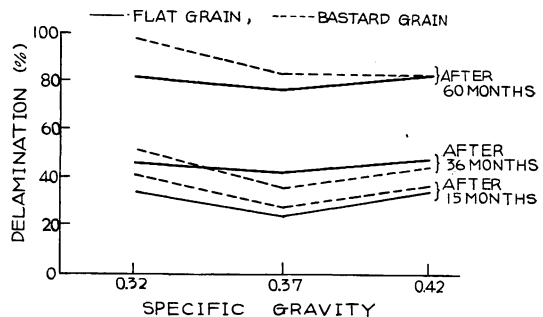


Fig. 6 挽板の木目および比重と集成材の接着耐候性

Weathering faculty affected with grain and specific gravity of laminae.

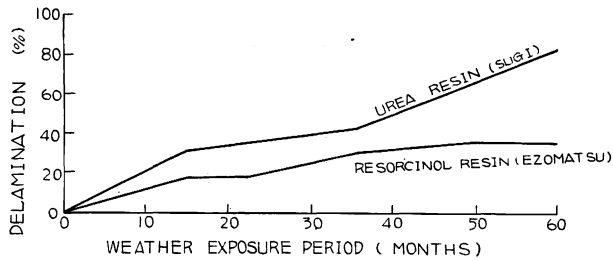


Fig. 7 屋外ばくろ期間と剝離率との関係
Relations between weather exposure period and delamination.

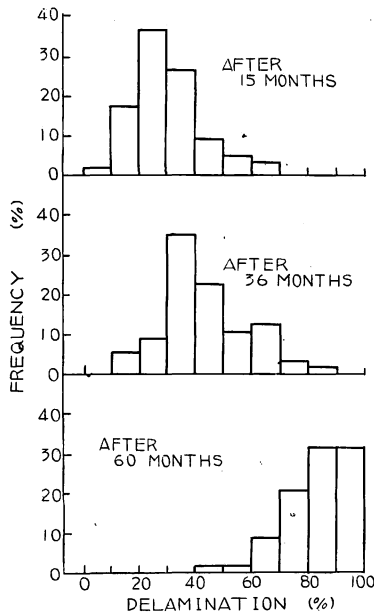


Fig. 8 屋外ばくろ期間と剝離率のばらつきとの関係
Relations between weather exposure period and distribution of delamination values.

(2) 耐候性試験

耐候性試験の経年月過程中、15ヵ月、36ヵ月および60ヵ月経過後に、それぞれ剝離率を測定計算した。

集成材を構成する挽板の木目および比重と耐候性との関係を経過月数ごとにそれぞれ Fig. 6 および Table 2 に示したが、全般的に木目および比重と耐候性との間に明りような傾向は認められなかつた。

そこで、挽板の比重および木目に関係なく試験片全部について各経過月数後の剝離率の値をそれぞれとりまとめ、屋外ばくろに際しての剝離率の経年月変化の状況を Fig. 7¹³⁾ および Fig. 8 に示した。これらの図によると、尿素樹脂によるスギ集成材の剝離は年月を経るにしたがつて逐次ほぼ比例的に増加し、60ヵ月後には顕著な剝離状況を示すことが認められた。なお、試験片の耐候状態を Phot. 2 に示したが、60ヵ月経過後の試験片は剝離のほかに挽板自身の腐朽が著しい。

IV 考 察

1. 前述の試験法および試験結果からみて、スギ挽板は尿素樹脂による接着が容易で、しかも優秀な接着性能を期待することができる。

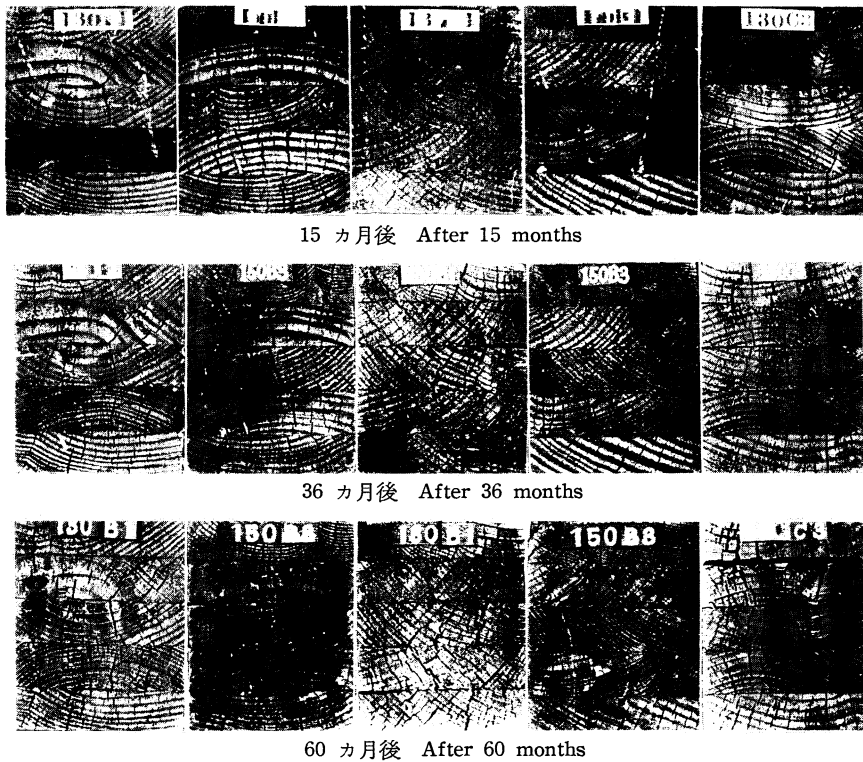
2. 挽板の木目および比重が製品集成材の接着性能におよぼす影響は、この試験ではほとんど認められなかつた。これは、スギ挽板が低比重の部類に属するために、尿素樹脂によつて形成される接着層の強さが接着層に隣接する木材の強さを大幅に上まわつていと推測されること、および、スギ挽板の比重分散の範囲が狭いために (0.30 ~ 0.44)、その範囲内で接着性能の

差を発見することが困難であることが、おもな理由と考えられる。

3. 一般建築物の屋内において生ずることが予想される条件の限界を越えるほど、過酷な環境を人為的に与えて約1年間継続した乾湿繰り返し試験 (A法) において、試験片の剝離現象はほとんど認められないので、この集成材はきわめて高度の耐湿性をもつものと判断される。

4. ほとんど飽水状態に近い水の注入と、極端な低湿度乾燥とを繰り返す試験 (B法) においても、試験片の剝離率は平均 20 %以下にとどまることが認められたので、この集成材はかなり良好な耐水性をもつものと判断される。

5. 耐候性試験の結果が示すように、屋外ばくろ 60 ヲ月後には接着層に顕著な剝離を生じ、材料とし



Phot. 2 経年月過程における耐候性試験片の外観
Delamination test specimens after 15, 36 and 60 months.

て使用に耐えぬ状態になる。このことは内装用接着剤の部類に属す尿素樹脂を屋外の試験に使用したための当然の結果と考えられるが、この結果をB法の結果と比較して、屋外ばくろ時に接着層を劣化せしめる因子をつぎのように考察する。

6. B法は ASTM D 1101-53 に規定された外装用集成材の試験法であるから、この試験の結果から外装用としての適否を判定することが可能なはずである。しかるに、今回の試験において、B法の結果と耐候性試験の結果との関係を見ると Fig. 9 のとおりとなり、B法によりえられる剝離率は屋外ばくろ時に生ずる剝離率に比して過小な値を示している。これは、B法において接着層の劣化を促進させる因子が集成材の

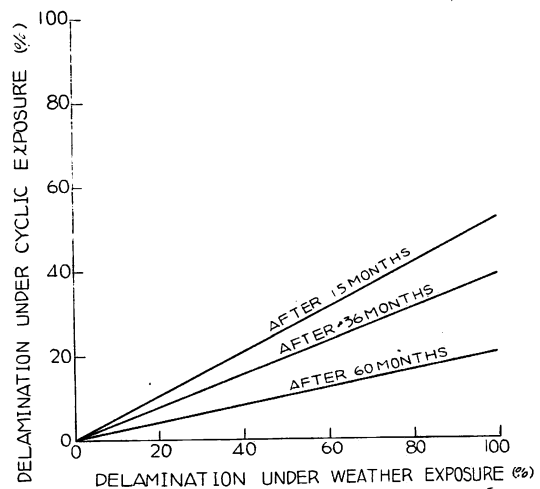


Fig. 9 ASTM D 1101-53 試験の結果と耐候性試験結果との比較

Comparison of delamination values obtained with ASTM D 1101-53 test and exposure to weather.

含水率変化に基づくラミナの収縮膨張のみに限られているのに反し、屋外ばくろに際しては、この因子以外の因子、とくに夏季高温高湿度条件などの影響で尿素樹脂の欠点である老化現象が漸進的に進行するためと考えられる。これは、レゾルシノール系樹脂接着剤など老化性の少ない接着剤の場合と比較すると考察の根拠が一層明りようになるように考えられる。たとえば、Fig. 7 において、レゾルシノール樹脂接着剤によるエゾマツ集成材の剝離率は最初の約 30 カ月の間進行するが、その後 60 カ月までの間ほとんど進行していない¹³⁾。

7. 耐候性試験において 60 カ月経過後の試験片には腐朽現象が顕著である (Phot. 2)。したがって、集成材の耐用年数を決定する因子としては接着層の剝離のほかには木材自身の腐朽を考慮することが必要である。したがって、腐朽しやすい環境条件下に集成材を使用する場合には、接着に対する耐久性と、腐朽に対する耐久性とを同じ重要度をもつて考慮し技術的な対策をたてることが必要と考えられる。

V 摘 要

尿素樹脂接着剤は高度の耐水性を有し、使用法が比較的簡単で価格も手ごろなために、わが国において、集成材用接着剤としてひろく使用される傾向にある。そこで、本邦産主要樹種の一つであるスギを材料とし、尿素樹脂を接着剤とする集成材の接着性能について試験を行なった。

1. 供試集成材の調製

- (1) 試験に使用したスギ挽板は、東京営林署から購入した原木を製材、乾燥、加工して調製した。
- (2) 尿素樹脂接着剤は、東洋高圧工業株式会社製ユーロイド #120 を使用した (Table 1)。
- (3) 供試集成材は挽板 5 枚合わせの構成とし、挽板を木目と比重により分類仕分けして組み合わせた (Fig. 1)。
- (4) 接着条件としては塗付量……1 接着層あたり $250 \sim 350 \text{ g/m}^2$ で両面塗付、堆積時間……5~10 分、圧縮圧力…… 8 kg/cm^2 、常温硬化とした。

2. 接着性能の試験方法

- (1) 初期接着性……ASTM D 805-53 による常態ブロック剪断試験を行なった。

(2) 耐久接着性

(i) 乾湿繰り返し試験

A 法……常温における高湿度低湿度の繰り返し試験

B 法……ASTM D 1101-53 による外装用集成材の乾湿繰り返し試験

(ii) 耐候性試験

屋外における完全ばくろ試験を 60 カ月継続して行なった。

3. 試験結果と考察

- (1) 初期接着性の試験結果を Fig. 2~4 および Table 2 に示し、また耐久接着性の試験結果を Fig. 5~8 および Table 2 に示したが、これらの結果からみて、スギ挽板は尿素樹脂による接着が容易で、しかも尿素樹脂本来の接着性能を十分期待することができる。

- (2) 乾湿繰り返し処理による A 法の結果から、尿素樹脂によるスギ集成材はきわめて高度の耐湿性を有するものと判断され、また B 法の結果から同集成材はかなり良好な耐水性を有するものと考えられるが、一方、耐候性試験の結果によると、同集成材は外装用材料として長期の耐用年数を期待することは

きないことが明らかにされた。

(3) 屋外ばくろの経年月過程において、集成材の接着性能を劣化せしめる因子としては、降雨、日照などの繰り返されるばくろに際して、材料の含水率変化に基づいて生じる集成材ラミナの収縮膨張が影響していることは、乾湿繰り返しのB法において確認されるところであるが、そのほかに、尿素樹脂によって形成された接着層自身の老化性が、同様に重要な因子になつていように推測される。

(4) 耐候性試験に際して、集成材の腐朽が顕著に認められたので、腐朽しやすい条件下に集成材を使用する場合には、接着に対する耐久性と、腐朽に対する耐久性とを同じ重要度をもつて考慮する必要がある。

文 献

- 1)~12) 林試研究報告, No. 109, (1958) p. 73 に示すものと同じ。
- 13) 菅野・西原: 未発表 (北海道産主要樹種集成材の耐候性)

Studies on Laminated Wood (VI). Gluing faculty tests on Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) laminated wood glued with urea resin.

Minosaku SUGANO and Minoru NISHIHARA

(Résumé)

Urea resin adhesive shows high water resistance and can be used easily at gluing operation. It is also cheap in price. Therefore, it has been used extensively for gluing laminated wood in our county.

Gluing faculty tests on Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) laminated wood glued with urea resin were carried out.

1. Preparation of laminated wood for this test.

- (1) Laminating stocks were sawn, kiln-dried, cut and surfaced.
- (2) Urea resin adhesive for this test is shown in Table 1.
- (3) Specific gravity and grain of each lamina were measured. These laminae were selected, graded and dry-assembled (Fig. 1).

(4) Gluing operation.

(i) Glue was double spread with brushes. The amount of glue spread was 250~350 g/m² per 1 glue line.

(ii) Assembling period was 5~10 minutes.

(iii) Gluing pressure (8 kg/cm²) was applied with screw clamps.

(iv) Clamped stocks were cured at room-temperature for 17~24 hours.

2. Methods of gluing faculty tests.

(1) Initial gluing faculty was tested by the method of ASTM D 805-53.

(2) Durability test.

(i) Cycle tests.

A-test.....high and low relative humidity cycle.

In this test, a period of 2 months at 18~22°C and 85~95 % relative humidity alternates

with 2 months period at 18~22°C and 45~55 % relative humidity in a repeating cycle. This test consisted of 3 cycles.

B-test.....This test was done by the method of ASTM D 1101-53.

(ii) Weathering test.

Laminated test beams were exposed to the weather (Phot. 1). Each beam was inspected at regular intervals, and each delamination was recorded.

3. Results on gluing faculty tests.

(1) Initial gluing faculty.

Initial gluing faculty affected with grain and specific gravity of laminae is shown in Fig. 2 and Table 2. And results on arrangement of all measured values are shown in Fig. 3 and Fig. 4.

(2) Durability test.

(i) Cycle test.

Delamination at A-test or B-test affected with grain and specific gravity of laminae is shown in Table 1 and Fig. 5.

(ii) Weathering test.

Delamination after 15, 36 and 60 months was inspected, calculated and recorded. The results are shown in Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8 and Phot. 2.

4. Conclusion

(1) Urea resin adhesive shows good initial gluing bond and great resistance to moisture and water in the case of gluing Sugi laminae.

(2) Affects of grain and specific gravity upon gluing faculty of laminated wood were hardly found in this test.

(3) Delamination after weathering exposure was remarkable, in spite of good results on initial gluing faculty test and cycle tests. It is considered that delamination is caused by not only the inner stress of laminated wood but also the aging of urea resin itself.