

# 集成材に関する研究 (第7報)

## アカマツ集成材の製造条件と接着性能

西 原 実<sup>(1)</sup>  
菅 野 蓑 作<sup>(2)</sup>

### I 緒 言

集成材を製造するにあたり、その材料条件および工程条件を明確にしておくことは、集成材の製造基準を明らかにし、工場作業の標準工程を決めるために必要である。このような必要性から、さきに尿素樹脂を接着剤とするエゾマツ集成材の製造条件と接着性能を検討する試験を行ない、結果を報告<sup>1)</sup>したが、今回、アカマツ集成材について同様の試験を行なったのでその結果を報告する。アカマツ集成材の適合接着剤に関しては、外装用接着剤としてレゾルシノール樹脂、内装用接着剤としてカゼインを用いる場合に満足すべき性能がえられているので<sup>2)</sup>、この2種類の接着剤について、それぞれ試験することとし、工程条件として、塗付量、堆積時間、圧縮圧力および硬化条件の各因子、挽板条件として、含水率、含水率偏差、木目および木目偏差の各因子をそれぞれ検討することとした。なお、挽板の調整、レゾルシノール樹脂接着剤、接着操作ならびに使用した機械器具、接着性能試験の方法および判定基準の詳細については、すでに報告<sup>1)2)3)</sup>してあるので、本文に記載を省略した。

この試験に際しご指導いただいた小倉木材部長、中村材質改良科長、堀岡前材質改良科長、ご協力いただいた椋代、森屋両技官ならびに応用研究室の各位に感謝の意を表す。

### II 試 験 方 法

#### 1. 試験材料

##### (1) 挽板の調製

東京営林局水戸営林署管内笠原産のアカマツ丸太を製材、乾燥、加工して供試挽板を調製した。

##### (2) 試験材の調整

上記の工程を経た挽板から、節・目切れなどの欠点のないものをえらび、これを木口面の年輪角度によつて板目・柾目・追柾の3グループに分け、長さ 150 mm に切り、Table 1 に示した恒温・恒湿室の中にそれ

Table 1. 恒温・恒湿室の温度条件  
Conditions in the conditioning rooms.

| 調湿条件<br>Condition<br>室番号<br>No. of room | 温 度<br>Temperature<br>°C | 関係湿度<br>Relative<br>humidity<br>% | 平衡含水率<br>Equilibrium<br>moisture<br>content % |
|-----------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 号 室<br>Room No. 1                     | 20                       | 95                                | 24                                            |
| 2 号 室<br>Room No. 2                     | 20                       | 85                                | 18                                            |
| 3 号 室<br>Room No. 3                     | 20                       | 75                                | 14                                            |
| 4 号 室<br>Room No. 4                     | 20                       | 65                                | 12                                            |
| 5 号 室<br>Room No. 5                     | 20                       | 45                                | 8.5                                           |

(1) 木材部材質改良科接着研究室員

(2) 木材部材質改良科接着研究室長

ぞれ放置して、所要の含水率に調整した。これらのなかから、試験する各条件因子ごとに、それぞれ比重および木目の同じものをえらんで組み合わせて接着すべき試験片とした。

### (3) 接 着 剤

i) カゼイン接着剤：内海化学工業(株)製完全配合形カゼイン木材接着剤のウトムP-100に、次の割合で水を加え、30分以上攪拌して十分糊状にしてから使用した。

|             |     |
|-------------|-----|
| カゼイン接着剤(粉末) | 100 |
| 水           | 250 |

ii) レゾルシノール樹脂接着剤：日本ライヒホルド化学工業(株)製プライオーフェン #6000 および同硬化剤 #6002 を次の割合で混合し使用した。

|                |     |
|----------------|-----|
| プライオーフェン #6000 | 100 |
| " #6002        | 20  |

## 2. 試験体の調整

試験体は挽板3枚合わせの積層接着、仕上寸法は厚さ45mm、幅80mmあるいは107mm、長さ150mmとした。しかし、レゾルシノール樹脂接着剤による硬化条件別接着試験のみ2枚合わせとした。接着条件はつぎのとおりであるが、塗付量、圧縮圧力あるいは硬化条件など個々の条件をそれぞれ検討する試験では、その条件内の因子だけを変化させて、他の条件は変化させないことにした。

Table 2. カゼイン接着剤による接着時温度

Temperature at the time of  
gluing with casein.

| 試験項目<br>Items of test                                                                              | 温 湿 度<br>Temp. & R. H. | 温 度<br>Temperature<br>°C | 関係湿度<br>Relative<br>humidity % |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 塗付量別接着試験<br>Gluing tests for investigating<br>method and amount of<br>spreading glue               |                        | 29.5                     | 58.0                           |
| 圧縮圧力別接着試験<br>Gluing tests for investigating<br>clamping pressure                                   |                        | 29.0                     | 72.5                           |
| 含水率別接着試験<br>Gluing tests for investigating<br>moisture content of laminae                          |                        | 20.2                     | 63.0                           |
| 含水率偏差別接着試験<br>Gluing tests for investigating<br>effects on the moisture content<br>of each laminae |                        | 20.2                     | 63.0                           |
| 木目別接着試験<br>Gluing tests for investigating<br>effects on the grain type<br>of each laminae          |                        | 29.5                     | 64.0                           |

(1) 塗 付 量……1 接着層あたり 330 g/m<sup>2</sup>、刷毛塗り、両面塗付とする。

(2) 堆積時間……50 分以内

(3) 圧縮圧力……10 kg/cm<sup>2</sup>、レゾルシノール樹脂接着剤による硬化条件別接着試験のみ 9 kg/cm<sup>2</sup>

(4) 硬化条件

カゼイン接着剤の場合……常温硬化工程をとり、気温の室で塗付圧縮したまま18~25時間放置しクランプを解く。堆積時間別接着試験のみ、林試接着研究室の接着信頼度測定装置を運転し、室内を温度25°C、関係湿度70%にして、その中で塗付圧縮し、圧縮後気温の室に放置した。接着時の気温をTable 2に示した。

レゾルシノール樹脂接着剤の場合……中間温硬化工程をとり、堆積時間別接着試験を温度25

°C、関係湿度70%の室内で塗付圧縮したほかは、気温の室で塗付圧縮し、その後の加熱硬化には接着信頼度測定装置を所定条件に運転して使用した。各試験ごとの硬化条件をTable 3に示した。

(5) 挽板含水率……11~13%

## 3. 接着性能試験の方法と結果の判定基準

(1) 初期接着性試験

Table 3. レゾルシノール樹脂接着剤による硬化条件  
Curing conditions with resorcinol resin.

| 試 験 項 目<br>Items of test                                                                        | 硬 化 条 件<br>Curing condition   |    | 加 熱 室<br>Curing chamber        |    | 加熱時間<br>(時)<br>Time in<br>curing<br>chamber<br>(hour)<br>(A) | 室温の室に<br>おける放冷<br>時間 (時)<br>Condition-<br>ing time<br>(hour)<br>(B) | 圧縮時間<br>(時)<br>Clamp-<br>ing time<br>(hour)<br>(A + B) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----|--------------------------------|----|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                                                                 | 温 度 関係湿度<br>Temperature<br>°C |    | Relative<br>humidi-<br>ty<br>% |    |                                                              |                                                                     |                                                        |
|                                                                                                 | D                             | W  |                                |    |                                                              |                                                                     |                                                        |
| 塗付量別接着試験<br>Gluing tests for investigating spreading method<br>and amount of spreading glue     | 40                            | 36 | 76                             | 4  | 17                                                           | 21                                                                  |                                                        |
| 堆積時間別接着試験<br>Gluing tests for investigating assembly time                                       | 43                            | 38 | 73                             | 17 |                                                              | 17                                                                  |                                                        |
| 圧縮圧力別接着試験<br>Gluing tests for investigating clamping pressure                                   | 40                            | 35 | 71                             | 20 |                                                              | 20                                                                  |                                                        |
| 含水率別接着試験<br>Gluing tests for investigating moisture<br>content of laminae                       | 39                            | 31 | 57                             | 6  | 64                                                           | 70                                                                  |                                                        |
|                                                                                                 | 41                            | 36 | 72                             | 3  | 64                                                           | 67                                                                  |                                                        |
|                                                                                                 | 41                            | 36 | 72                             | 3  | 14                                                           | 17                                                                  |                                                        |
| 含水率偏差別接着試験<br>Gluing tests for investigating effects on the<br>moisture content of each laminae | 41                            | 36 | 72                             | 3  | 15                                                           | 18                                                                  |                                                        |
| 木目別接着試験<br>Gluing tests for investigating effects on the<br>grain type of each laminae          | 40                            | 35 | 72                             | 6  | 16                                                           | 22                                                                  |                                                        |

試験法：ASTM D 805—53 に準拠する常態ブロック剪断試験によることとし、剪断力、木部破断率、含水率を測定計算した。

判定基準：内装用と外装用にわけ、次のとおりとした。

カゼイン接着剤……ブロック剪断試験時の木部破断率の平均値が 50% 以上の場合を合格とする。

レゾルシノール樹脂接着剤……ブロック剪断試験時の木部破断率の平均値が 75% 以上の場合を合格とする。

## (2) 耐久接着性試験

試験法：カゼイン接着剤……〔水中浸漬〕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 1～2 cm になるようにして、25°C の水中に 4 時間浸漬する。〔乾燥〕ぬれた試験片を温度 25°C、関係湿度 57% の室内にならべ、木口面にそつて 1 m/sec 以上の風が流れるように換気して 44 時間放置する。〔繰返し〕以上の浸漬と乾燥の処理を 3 回繰り返す。

レゾルシノール樹脂接着剤……ASTM D 1101—53 に準拠する外装用集成材の乾湿繰返し試験を行なつた。

判定基準：剥離率の平均値が 10% 以下の場合を合格とする。

## (3) 試験片のとり方

(1), (2) に示す試験は、それぞれ Fig. 1 に示す位置から試験片を採取した。

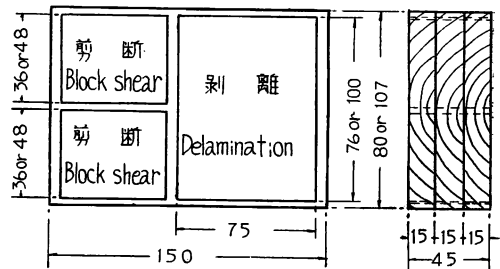


Fig. 1 試験片採取位置  
Situation of test specimens.

### III 試験結果

#### 1. 接着条件

接着工程上の条件を検討するためにつぎの試験を行なった。

##### (1) 塗付と塗付量

両面塗付と片面塗付とを比較し、また両面塗付により塗付量を1接着層あたり  $110 \sim 440 \text{ g/m}^2$  の間で変化させ、塗付量と接着性能との関係を試験し、結果を Fig. 2 に示した。この結果をみると、カゼイン接着剤およびレゾルシノール樹脂接着剤によるいずれの場合も、それぞれの判定基準に合格している。したがって、適正仕上り精度の挽板を使用する場合、少量塗付でも接着剤が均等に塗付されておれば満足すべき接着性能がえられることが明らかになった。

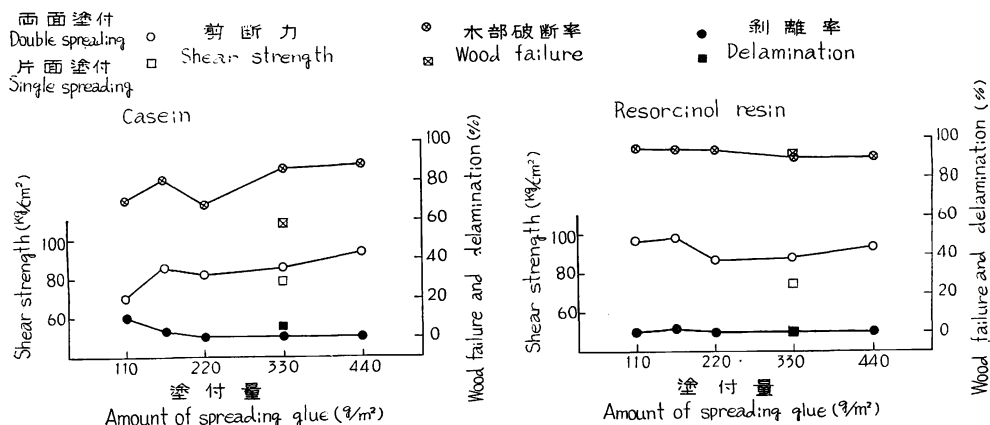


Fig. 2 塗付量による接着性

Results on gluing faculty test with amount of spreading glue.

##### (2) 堆積時間

集成材の圧縮は長大で彎曲形状のものが多く、クランプ締め作業にかなりの時間を要することが予想される。したがって、堆積時間の接着性能に及ぼす影響をしらべ、その許容限界をあらかじめ把握しておく必要を認めたので、次の試験を行なった。

堆積時間として、カゼイン接着剤は5分、30分、60分、90分、120分の5条件、レゾルシノール樹脂接着剤は5分、20分、40分、60分、80分の5条件をとり、II, 2, (4) に記した室内に挽板、接着剤およびその他の接着材料をすべて入れて  $25^{\circ}\text{C}$  に平衡せしめておき、接着作業もすべてこの室内にて行なった。なお、前記の時間は最初の挽板に接着剤を塗付してから、所定の圧縮力をかけ終わるまでの時間である<sup>4)</sup>。結果を Fig. 3 に示した。この結果より、室温  $25^{\circ}\text{C}$  においてカゼイン接着剤では5～90分、レゾルシノール樹脂接着剤では5～60分の堆積時間は安全許容限界内にあるが、カゼイン接着剤では120分、レゾルシノール樹脂接着剤では80分になると、やや性能が劣ってくることが認められる。

##### (3) 圧縮圧力

集成材の接着圧縮方式は通常ボルト・ナット形式のネジクランプを用い、トルクレンチで圧力を調整するが、一般にネジクランプはその形式や仕上り精度、さらに、その手入れ状況等によって、かなりのばらつ

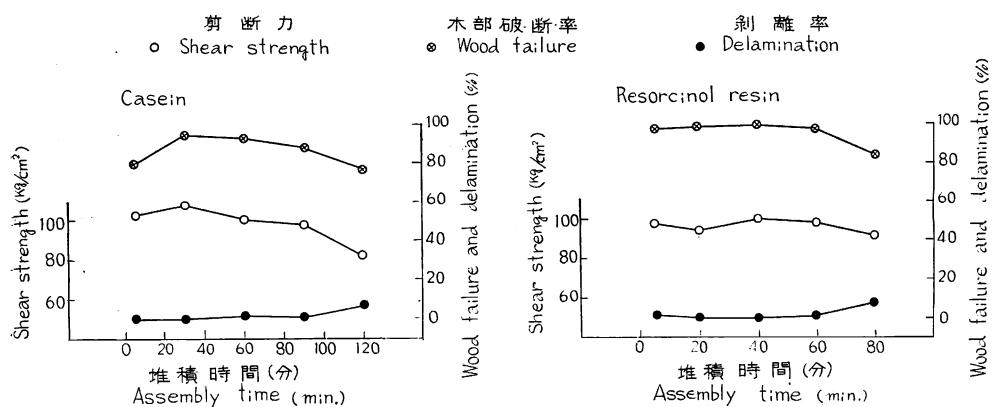


Fig. 3 堆積時間による接着性

Results on gluing faculty test with assembly time.

きがあると考えられる。したがって、この試験では十分に検定されたネジクランプを用いて、圧縮圧力を  $2.5 \sim 20 \text{ kg/cm}^2$  の間で変化させて、圧縮圧力と接着性能との関係を試験し、結果を Fig. 4 に示した。

これらの結果から小試片に均等な圧力が加わる場合には、カゼイン接着剤では  $5.0 \sim 15.0 \text{ kg/cm}^2$ 、レゾルシノール樹脂接着剤では  $2.5 \sim 20.0 \text{ kg/cm}^2$  の範囲では良好な接着を得られることが認められた。

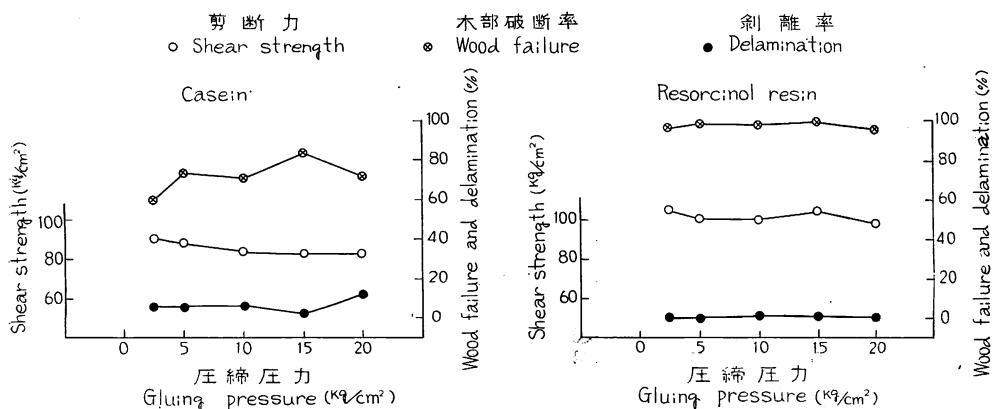


Fig. 4 圧縮圧力による接着性

Results on gluing faculty test with clamping pressure.

#### (4) 硬化条件

カゼイン接着剤……常温以下の温度条件でも完全に硬化するといわれているが、良好な接着性能を発揮しうる限界を見い出すため、硬化条件を検討してみた。

冬期気温が氷点下になる地方もあるが、工場内での作業を考えて、最低温度を  $3^\circ\text{C}$  とし、次の4条件について試験した。

A. 温度約  $3^\circ\text{C}$ 、関係湿度約 83% の室内にて接着し、翌日までその室内に放置してからクランプを解除する。

B. 温度約  $10^\circ\text{C}$ 、関係湿度約 91% の室内にて接着し、翌日までその室内に放置してからクランプを

解除する。

C. 温度約 15°C、関係湿度約 91% の室内にて接着し、翌日までその室内に放置してからクランプを解除する。

D. 温度約 20°C、関係湿度約 77% の室内にて接着し、翌日までその室内に放置してからクランプを解除する。

レゾルシノール樹脂接着剤……常温硬化性の形式に属するが、中間温範囲の加熱を行なつて樹脂硬化を促進した方が接着工程の回転を円滑にし、また接着性能上にもより確実な好結果を得られるので、実際の集成材製造工程において比較的簡単に加熱しうる温度と工程上の問題をあわせ考慮し、次の4条件について試験した。

A. 気温の室で圧締後ただちに、温度約 25°C、関係湿度約 65% の室内に入れ、翌日まで放置してからクランプを解除する。

B. 気温の室で圧締後ただちに、温度約 40°C、関係湿度約 70% の室内に入れ、翌日まで加熱処理を継続してからクランプを解除する。

C. 気温の室で圧締後ただちに、温度約 40°C、関係湿度約 70% の室内に入れ、約 3 時間加熱し、その後翌日まで常温で放冷してからクランプを解除する。

D. 気温の室で圧締後ただちに、温度約 40°C、関係湿度約 70% の室内に入れ、3 時間加熱した後にすぐクランプを解除する。

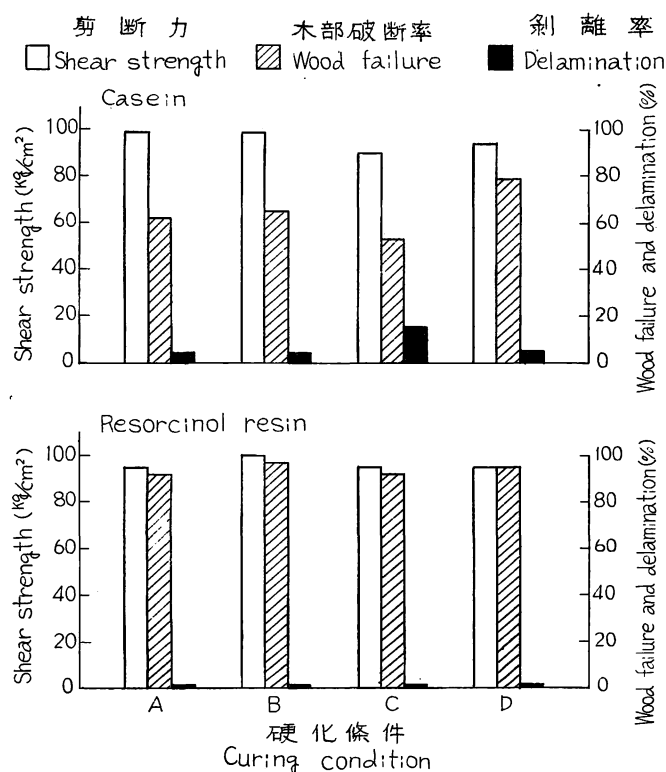


Fig. 5 硬化条件による接着性

Results on gluing faculty test with curing conditions.

以上の結果を Fig. 5 に示した。カゼイン接着剤およびレゾルシノール樹脂接着剤によるいずれの場合も、初期接着性試験のそれぞれの判定基準に合格しているが、耐久接着性試験においてカゼイン接着剤のC条件が不合格であつた。

## 2. 挽板の性状

集成材の接着性能に影響する挽板の性状に関する因子としては、含水率、含水率偏差、および挽板木目の組み合わせが考えられるので、この3つの因子についてそれぞれ検討を加えることとした。

### (1) 挽板含水率

挽板を平衡含水率 8%, 12%, 16%, 20% にそれぞれ調湿し、同一含水率の挽板を組み合

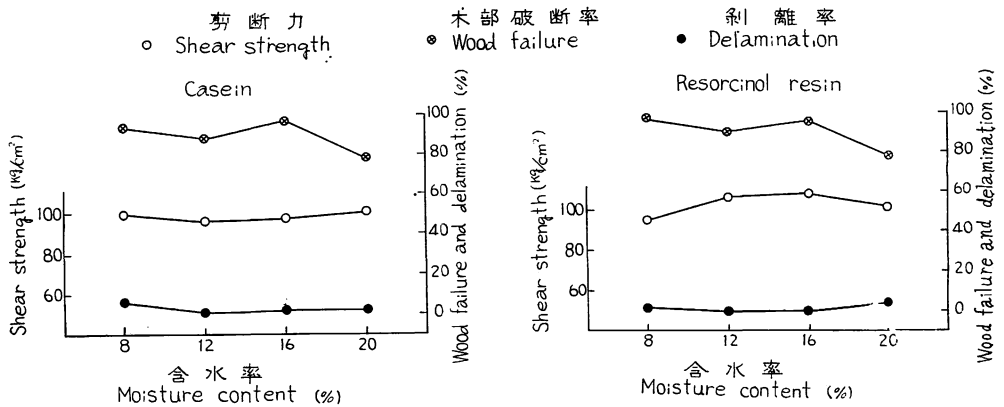


Fig. 6 挽板含水率による接着性  
Results on gluing faculty test with moisture content of laminae.

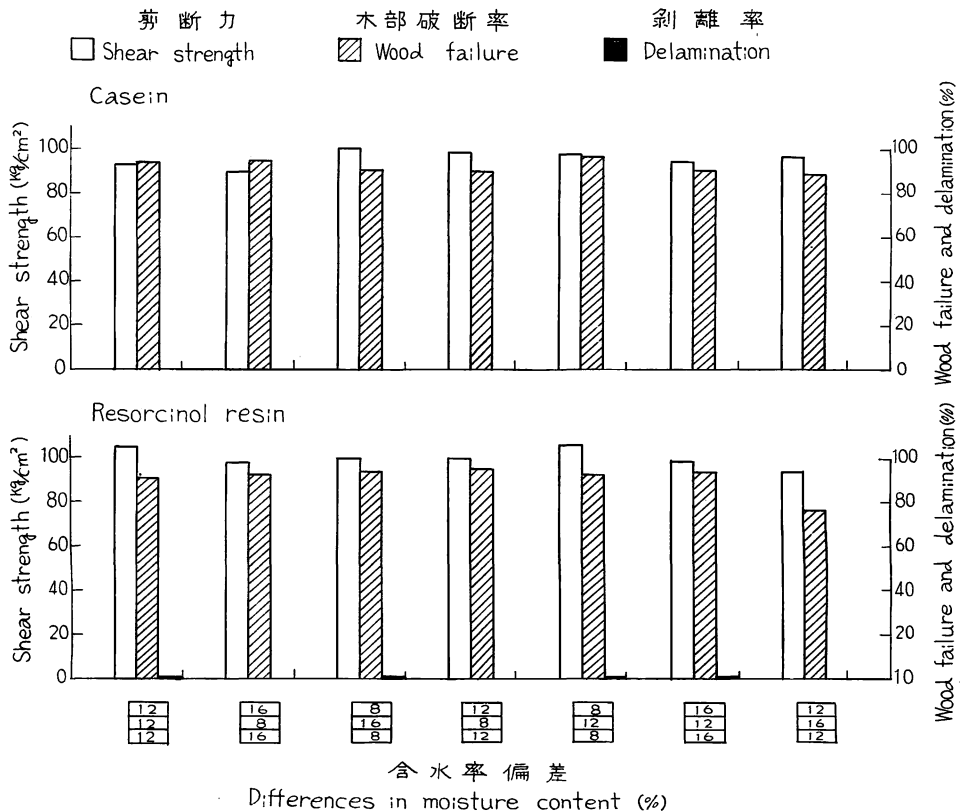


Fig. 7 含水率偏差による接着性  
Results on gluing faculty test with effects on the moisture content of each laminae.

わせて試験した。結果を Fig. 6 に示した。この結果から、カゼイン接着剤、レゾルシノール樹脂接着剤とも判定基準に合格するが、含水率 20% では木部破断率の値がそれ以下の含水率よりも少ないこと、および木部破断率の最小の値がカゼイン接着剤では 5%、レゾルシノール樹脂接着剤では 40% であったこ

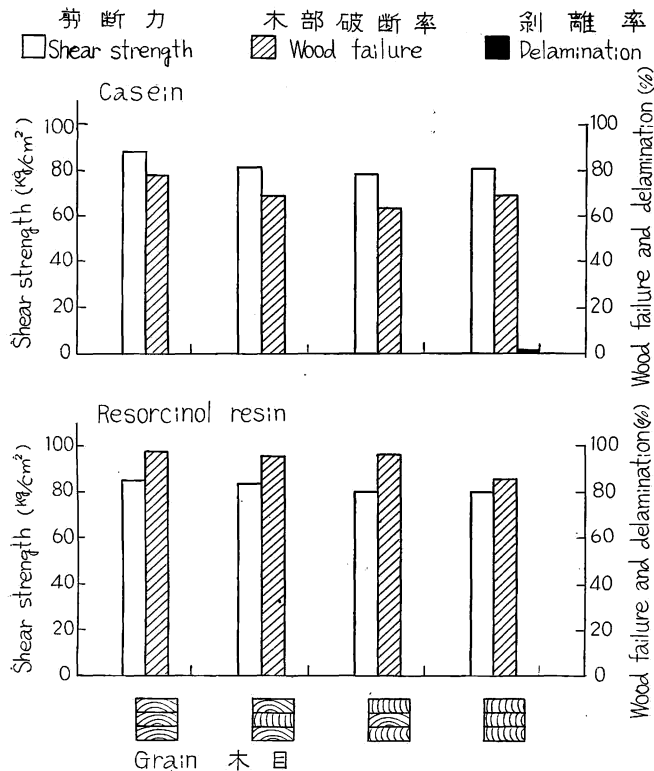


Fig. 8 挽板の木目による接着性  
Results on gluing faculty test with effects on the grain type of each laminae.

#### IV 考 察

##### 1. 接着条件について

(1) 両面塗付において、1 接着層あたりカゼイン接着剤は  $160 \sim 440 \text{ g/m}^2$ 、レゾルシノール樹脂接着剤は  $110 \sim 440 \text{ g/m}^2$  の間では接着性能上の相違はほとんど認められない。したがって、挽板の仕上げ面が良好であるならば、カゼイン接着剤で  $160 \text{ g/m}^2$ 、レゾルシノール樹脂接着剤で  $110 \text{ g/m}^2$  の少量でも十分な接着性能を得られると考えられる。

(2) 堆積時間は、作業室内温度の影響が大きいため、工程によっては、夏季に接着剤自体を冷却する等の考慮が必要である。作業中の接着剤平均温度を  $25^\circ\text{C}$  程度に保つよう考慮するならば、圧縮作業をカゼイン接着剤で 90 分、レゾルシノール樹脂接着剤では 60 分以内に終わらせるように、作業基準をきめればよいと考えられる。

(3) カゼイン接着剤で圧縮圧力  $5 \text{ kg/cm}^2$ 、レゾルシノール樹脂接着剤で圧縮圧力  $2.5 \text{ kg/cm}^2$  の低圧縮力でも、良好な接着力を得られるが、挽板面の平滑度、ネジクランプ自体の精度、クランプ間隔にも関連するので、これをそのまま工場生産における製造基準に適用することは危険である。

(4) カゼイン接着剤は、初期接着性試験の判定基準に 4 条件とも合格しているので、低温での硬化条件でも、内装用の用途に耐えうる接着性能を発揮すると考えられる。なお、C 条件の剝離率が判定基準に

とから、含水率 20% において接着性能が他の含水率に比して低下していることが認められた。

##### (2) 含水率偏差

含水率の異なる挽板を Fig. 7 に示すように組み合わせ、含水率偏差と接着性能との関係を試験した。結果を Fig. 7 に示した。いずれの組み合わせも判定基準に合格している。

##### (3) 挽板の木目とその組み合わせ

挽板の木目を板目と柾目に分け、Fig. 8 に示す組み合わせを行ない、挽板の木目および木目偏差と接着性能との関係を試験し、結果を Fig. 8 に示した。いずれの組み合わせも判定基準に合格している。

不合格であつたがC条件より悪条件と考えられるA, Bが合格していることから不合格となつた理由づけが困難である。

レゾルシノール樹脂接着剤は、試験を行なつた4条件のうち、いずれでも十分満足すべき接着性能を得られることが明らかになつた。

したがつて、これら条件のなかから工場の生産方式ならびに作業工程に適合した硬化条件を採用することが望ましい。

## 2. 材料挽板について

(1) 接着時の挽板含水率が8~20%の範囲で変化しても、また、組み合わせられた挽板間にこの程度の含水率むらがあつても、今回のように、その後の集成材の含水率を気乾状態(11~13%)に安定させてから行なつた試験においては接着性能への影響は認められない。したがつて、材料挽板が正常な人工乾燥工程を経たものであれば、これら挽板を任意に組み合わせ使用しても含水率にもとづく障害が生ずるとは考えられない。

(2) 挽板木目の組み合わせは、正板目板と正証目板とが相隣接して接着されるような極端な組み合わせでも、判定基準に合格しているので、挽板木目の組み合わせを任意に行なつても、そのために接着性能上の障害を生ずるとは考えられない。

## V 摘 要

アカマツ挽板を、カゼイン接着剤、レゾルシノール樹脂接着剤を使用して、集成材を調製し、その接着性能について試験を行なつた。

### 1. 供試集成材の調製

(1) 試験に使用したアカマツ挽板は、水戸営林署管内に産出した原木を製材、乾燥、加工して調製した。

(2) カゼイン接着剤は、内海化学工業(株)製ウトムP-100を使用した。

レゾルシノール樹脂接着剤は、日本ライヒホルド化学工業(株)製ブライオーフェン #6000を使用した。

(3) 供試集成材は、レゾルシノール樹脂接着剤による硬化条件別接着試験を2枚合わせで行なつたほかは、挽板3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、堆積時間……50分以内、圧縮圧力……レゾルシノール樹脂接着剤の硬化条件別接着試験のみ  $9 \text{ kg/cm}^2$  にしたが、他の接着試験は  $10 \text{ kg/cm}^2$ 、硬化条件……カゼイン接着剤は常温硬化、レゾルシノール樹脂接着剤は中間温硬化とした。

### 2. 接着性能の試験方法

(1) 初期接着性……ASTM D 805-53 に準拠する常態ブロック剪断試験を行なつた。

(2) 耐久接着性

カゼイン接着剤……水中浸漬—乾燥の乾湿繰返し試験を行なつた。

レゾルシノール樹脂接着剤……ASTM D 1101-53 に準拠する外装用集成材の乾湿繰返し試験を行なつた。

### 3. 試験結果と考察

接着性能の試験結果を Fig. 2～8 に示したが、これらの結果からみて、アカマツ挽板はレゾルシノール樹脂接着剤によれば、きわめて良好な接着性能が得られ、カゼイン接着剤でも、内装用の用途に適する接着性能を期待することができると考えられる。

## 文 献

- 1) 菅野義作：集成材に関する研究（第3報）林業試験場研究報告，130，（1961）p. 115～124.
- 2) 集成材研究班：集成材に関する研究（第2報）林業試験場研究報告，109，（1958）.
- 3) 集成材研究班：集成材に関する研究（第1報）林業試験場研究報告，101，（1957）p. 101～176.
- 4) 林業試験場編：木材工業ハンドブック，丸善，（昭. 34，1959）p. 516.

### Studies on Laminated Wood (VII).

#### Gluing conditions of AKAMATSU (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.) laminated wood.

Minoru NISHIHARA and Minosaku SUGANO

#### (Résumé)

Gluing faculty tests on AKAMATSU laminated wood glued with casein and resorcinol resin were carried out. And gluing conditions were investigated.

#### 1. Preparation of laminated wood.

- (1) Akamatsu lumber used for this test were sawn, dried, cut and surfaced from timber produced in Ibaragi Prefecture.
- (2) Casein glue used for this test was manufactured by Utsumi Chemicals, Inc.
- (3) Resorcinol resin adhesive used for this test was manufactured by Japan Reichhold Chemicals, Inc.
- (4) Laminated wood prepared for this test was generally built up with 3 ply laminae.
- (5) Standard gluing conditions were determined as follows.

The amount of spreading glue.....330 g/m<sup>2</sup>

Assembling time.....<50 minutes

Clamping pressure.....9~10 kg/cm<sup>2</sup>

Curing condition.....Room-temperature-setting process for casein glue, Intermediate-temperature-setting for resorcinol resin adhesive.

#### 2. Methods of gluing faculty tests.

- (1) Initial gluing faculty was tested by the method of ASTM D 805—53.
- (2) Durability was tested by the method of ASTM D 1101—53.

#### 3. Results

Results are shown in Fig. 2～8. Gluing faculty of AKAMATSU laminated wood glued with resorcinol resin was excellent, and gluing bond of casein was also satisfactory for interior use.