

## 合板に関する研究 第2報

### カゼイン合板接着層の性状について

Shizuo SHIGESAWA, Shinsaku NAKAGAWA: Studies on plywood. Rep. No. 2.  
A study of glue lines of plywood glued by casein glue.

農林技官 繁 澤 静 夫  
農林技官 中 川 伸 策

#### I 緒 言

接着の本性に関しては、従来幾多の論議が行われて来て居り、単に接着層を検鏡することのみによつてそれを究明し得るものではない。この報告は本性究明の一段階としての実験であつて、その目的とする所は、合板接着層の顕微鏡的研究を通じて、適当な合板接着操作を考究し、併せて接着の本性を究明する一助となる事である。

この報告に於いては主としてカゼイン合板の接着層の厚さを測定したが、従来合板接着剤として非常に多く用いられている蛋白質接着剤にあつては、その合板製造操作中、所謂、堆積時間——接着剤を塗付してから圧縮力を加えるまでの時間——がその接着力に顕著な影響をもち、その長短が接着層に何らかの差異を示すであろうと想像せられるので、堆積時間の異つた合板を調製し、接着層の厚さに及ぼす堆積時間の影響を検し、更にそれらの接着層の一般的な観察から、合板接着の性状に関する若干の考察を試みた。

#### II 資 料 の 調 製

##### 1 単 板

樹種としては水漬以外の化学的その他の過激な手段に訴えなくとも、顕微鏡切片を截取し得る樹種でなければならぬので、主としてシナ (*Tilia* sp.) を用い、一部ナラ (*Quercus* sp.) 及びカバ (*Betula* sp.) を用いたが、ナラのみ合板は切片を截取し得ないので、已むを得ず表板カバのものをを用いた。単板は林業試験場札幌支場研究室で切削したもので、厚さ 2mm. 裏割れなく、木理通直で無欠点のものを選んだ。

##### 2 合板製造条件

調製した合板は大きさ  $30 \times 30$  cm<sup>2</sup>, 構成は等厚、直交ブライ (6 mm) で圧縮力 15 kg/cm<sup>2</sup>, 圧縮時間は 24 時間、グルー塗付量は一接着層に毎平方尺 30 g である。接着剤及び単板含水率は、

|           | 合 板 A | 合 板 B | 合 板 C |
|-----------|-------|-------|-------|
| 表 板       | シ ナ   | シ ナ   | カ バ   |
| 中 板       | シ ナ   | シ ナ   | ナ ラ   |
| 接着剤配合     | 1     | 2     | 1     |
| 単板含水率 (%) | 14.0  | 7.3   | 4.4   |

である。

堆積時間は接着剤を塗付して直ちに堆積したので塗付放置時間 (open assembly time) はなく、所謂堆積時間 (Closed assembly time) のみであつて、最も短いもので2分、最も長いもので52分であつて、一般の合板工場操作として起り得る可能性の有る範囲であるが、普通の工場操作では堆積時間は大体2~40分である。

### 3 接 着 剤

接着剤としては比較的単純な配合のカゼイングルーを使用した。その配合処方は次の如くである。

|      |   |       |        |      |   |       |        |
|------|---|-------|--------|------|---|-------|--------|
| 配合 1 | { | カゼイン  | 100 gr | 配合 2 | { | カゼイン  | 100 gr |
|      |   | 水     | 250 cc |      |   | 水     | 300 cc |
|      |   | 苛性ソーダ | 11 gr  |      |   | 苛性ソーダ | 11 gr  |
|      |   | 消石灰   | 20 gr  |      |   | 消石灰   | 20 gr  |

製糊の方法は約40メツシュのカゼインを処方の半量の水に30分間膨潤せしめて置き、残余の水の一部で溶解した苛性ソーダを攪拌しながら、徐々に加え、一様に溶解した後に残余の水に混じた石灰乳を加えて5分間攪拌し、更に30分間放置して製糊完了の時とした。

### 4 検鏡試片の作製

合板の検鏡試片を作製する上に於いては種々の問題があるが、最も問題となるのは、作製したプレパレートが果して合板の乾燥時の状態を示すかどうかということであり、特にカゼイングルーの薄膜がプレパレート作製中の水又はアルコール処理によつてその大きさを変化してはいないかどうかということである。膨潤の現象は高分子物質には特有の性質であつて、乾燥したカゼイングルーの薄膜は、水漬によつて極めて短時間にその大きさを著しく増大するが、時間の経過と共に徐々に収縮することは一般に知られている現象である。この実験に於ては配合1のグルーを研磨した金属板上に塗付して、乾燥後剝離したグルーの薄膜を種々の薬剤に浸漬しその膨潤量を測定し、且つ乾燥時と殆んど等しい大きさに還元する方法を考究して、その条件に一致する条件でプレパレートを作製した。即ち、同一条件の合板の接着力の平均値に最も近い接着力を示した試験片3個を選び、これから $1.5 \times 1.5 \text{ cm}^2$ の小片を取り、水をつけながらスライディングマイクロームによつて厚さ約 $15 \mu$ の切片を得、これをヘマトキシリン水溶液に5分間浸漬して染色し、水洗後24時間水に浸漬して置くと、グルー膜の収縮によつてカゼ

インは暗紫色，材部は淡紫色を呈し識別が極めて容易になる。これを更に 60～100% のエチルアルコールに順次 1 分間づゝ浸漬脱水し，更に 100% エチルアルコールに浸漬したまゝ 24 時間放置して後，キシロールを通してスライドガラスに貼付して永久プレパラートとして検鏡に供した。これによつてカゼイン膜の厚さは，乾燥時と差がないと云つて差支えないと思われる。

因より無水アルコール或はリグロインのみを使用して切片を得ればよいのであつて，この方法も試みたが切片を得ることが極めて困難で，大量の観測には役立たなかつた。リグロインのみによつて得られた切片を上記の方法で得たものと比較した所，測定し得る範囲内では接着層の厚さに差異はなかつた。

### Ⅲ 試験方法及び結果

#### 1 カゼイングルー薄膜の膨潤

配合 1 に従つて製糊したカゼイングルーを研磨した金属板に薄く塗付して，乾燥硬化後にこれを剝離したグルー薄膜を約  $5 \times 5 \text{ mm}^2$  に切り，種々の薬剤に浸漬して，その長さを対角線方向にコンパレーターを使用して 1/1000 mm まで測定した。第 1 表に示した数値は乾燥時の長さに対する膨潤時の長さの比で，試験片各 10 ケの平均値である。

第 1 表 カゼイングルー薄膜の膨潤量

| 時<br>間 | 水     | グリセリン | リグロイン | 無<br>アルコール | 水・無<br>アルコール | 水<br>アルコール |
|--------|-------|-------|-------|------------|--------------|------------|
| 3分     |       |       |       |            | 1.887        |            |
| 5      | 1.586 | 1.000 | 1.000 | 1.000      | 1.382        |            |
| 15     | 1.522 | 1.000 | 1.001 | 1.000      | —            |            |
| 30     | 1.422 | 0.997 | 1.002 | 1.000      | 1.371        |            |
| 1時間    | 1.363 | 0.997 | 1.000 | 0.994      | 1.363        |            |
| 2      | 1.296 | 1.009 | 1.000 | 0.996      | 1.339        |            |
| 3      | 1.283 | 1.005 | —     | 0.999      | 1.328        |            |
| 4      | 1.276 | 1.013 | 1.000 | —          | 1.328        |            |
| 5      | 1.268 | 1.423 | —     | 1.000      | 1.303        |            |
| 6      | 1.260 | 1.365 | 1.000 | 1.000      | 1.300        |            |
| —      |       |       |       |            |              |            |
| 24     | 1.260 | 1.283 | 1.000 | 1.000      | 1.208        |            |
|        | アルコール |       |       |            |              |            |
| 5分     | 1.084 |       |       |            |              |            |
| 30 "   | 1.049 |       |       |            |              |            |
| 1時間    | 1.046 |       |       |            |              |            |
| 1.5    | 1.042 |       |       |            |              |            |
| 22     | 1.015 |       |       |            |              |            |

木材を全く膨潤せしめないと云われているリグロイン並びに無水アルコールは 24 時間を経過してもカゼイングルー薄膜を膨潤せしめないが，グリセリンでは約 4 時間後より膨潤し始め，最高約 40% の膨潤量を示す。水を使用したものは約 5 時間以内に 80% 或はそれ以上の膨潤量を示すが，24 時間放置すると膨潤量約 30% 程度まで収縮し，これを更に無水アルコールに浸漬すると直ちに収縮を始め 1 時間で 5%，22 時間では 1% 或はそれ以下で略乾燥時の長に復する。又水によつて

最高の膨潤量に達したものを直に無水アルコールに浸漬して 24 時間経過せしめたものは猶

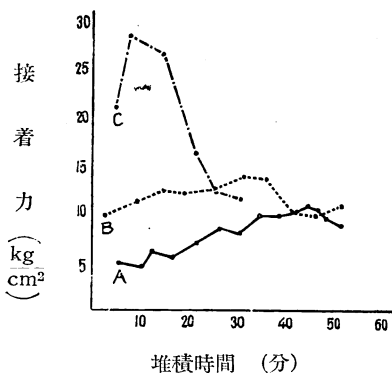
20% 程度の膨潤量を残している。

以上の実験結果から見て前記の方法で作製したプレパラートは少くともグルーラインの厚さに関しては殆ど乾燥時の状態と差異がないと考えられる。

## 2 堆積時間と接着力の関係

接着力試験片は輸出合板の標準による剪断面積  $1 \times 1 \text{ in}^2$  のもので、これを各合板から 25 個づとり、気乾状態のまゝで 500 kg アムスラー型多能材料試験機で接着力試験を行った。

堆積時間の異つた各合板の接着力は第1図及び第2, 3, 4表に示した。



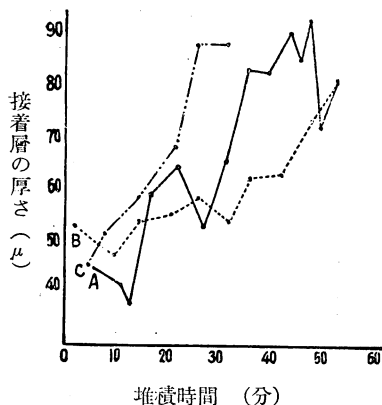
第1図 堆積時間と接着力

蛋白系接着剤を使用した合板は、堆積時間の長短によつて接着力に著るしい影響をうける。A 及び B のシナ合板に於いては大体 15~40 分のもので良好な接着を示し、C の合板では 5~15 分で接着力が高い。接着力が最高を示す堆積時間は樹種、接着前単板含水率、接着剤の種類及び配合、接着剤の塗付量、圧縮の温度及び圧縮力等の因子によつて異なる。如何なる機構に基づいて堆積時間が接着力に影響するかということは、当然接着の本性に触れる問題であつて、接着機構が解明されない

以上明確な結論を与えることは困難であるが、少くとも合板製造操作上堆積時間は一般に短かすぎても長すぎても接着力は低下することは云い得る。又その長短によつて接着層の性状に何等かの差異があるであろうと云うことも考え得る。

## 3 堆積時間と接着層の厚さの関係

検鏡切片は各合板の平均接着力に最も近い値を示した3個の接着力試験片の掴みの上部から表板の繊維方向及びこれと直角方向に採取し、前記の方法で作製した永久プレパラートについて接着層の厚さを任意に A では 240 個所、B と C では 480 個所づゝ測定してその平均



第2図 堆積時間と接着層の厚さ

を求めた。堆積時間の異つた各々の合板の接着層の厚さは第2, 3, 4表及び第2図に示した。

以上の結果によつて見ると、堆積時間の短いものは、接着層の厚さもそれに従つて漸減する傾向がある。これは主として接着剤が塗付せられてから、硬化がまだ起らない中に圧縮力を加えられる為であると考えられる。この実験に於ては塗付量は1接着層1平方尺に 30 gr. 塗付しているが、塗付量は実際使用の場合より若干多いのであつて、一般に堆積時間が短い場合塗付量の多いものは硬化が遅い為にかえつて合板外に接着剤が押出されて欠膠状態を生じ

第 2 表 合板接着層の厚さ 合板A：シナ

| 番号 | 堆積時間<br>(分) | 接着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 接 着 層 の 厚 さ          |                  |                  |
|----|-------------|------------------------------|----------------------|------------------|------------------|
|    |             |                              | 算 術 平 均<br>( $\mu$ ) | 中央値<br>( $\mu$ ) | 並 数<br>( $\mu$ ) |
| 1  | 52          | 8.9                          | 80.2 $\pm$ 3.8       | 89.3             | 93.4             |
| 2  | 49          | 9.6                          | 71.6 $\pm$ 3.4       | 69.0             | 65.0             |
| 3  | 47          | 10.4                         | 92.6 $\pm$ 3.6       | 90.5             | 86.2             |
| 4  | 45          | 10.9                         | 84.2 $\pm$ 3.4       | 81.4             | 75.8             |
| 5  | 43          | 10.3                         | 89.9 $\pm$ 3.4       | 88.9             | 86.9             |
| 6  | 39          | 9.6                          | 82.0 $\pm$ 3.4       | 79.8             | 75.4             |
| 7  | 35          | 9.6                          | 82.0 $\pm$ 3.5       | 75.8             | 66.1             |
| 8  | 31          | 8.1                          | 65.0 $\pm$ 2.9       | 61.2             | 53.8             |
| 9  | 27          | 8.4                          | 52.3 $\pm$ 2.8       | 55.0             | 61.9             |
| 10 | 22          | 7.5                          | 64.0 $\pm$ 2.7       | 60.2             | 52.6             |
| 11 | 17          | 5.5                          | 58.7 $\pm$ 3.1       | 55.7             | 49.7             |
| 12 | 13          | 6.0                          | 38.0 $\pm$ 2.8       | 36.6             | 31.7             |
| 13 | 11          | 4.6                          | 41.5 $\pm$ 2.4       | 40.5             | 38.4             |
| 14 | 6           | 5.0                          | 44.4 $\pm$ 4.0       | 43.1             | 40.0             |
| 平均 |             |                              | 73.8 $\pm$ 4.0       | 69.2             | 60.2             |

註：1 接着力試験片個数 各 25 個，2 単板含水率 14.0%，  
3 合板含水率 15.4%

第 3 表 合板接着層の厚さ 合板B：シナ

| 番号 | 堆積時間<br>(分) | 接着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 接 着 層 の 厚 さ        |                  |                  |
|----|-------------|------------------------------|--------------------|------------------|------------------|
|    |             |                              | 算術平均値<br>( $\mu$ ) | 中央値<br>( $\mu$ ) | 並 数<br>( $\mu$ ) |
| 1  | 52          | 11.0                         | 79.8 $\pm$ 3.1     | 79.5             | 78.9             |
| 2  | 47          | 1.9                          | 72.0 $\pm$ 3.0     | 71.4             | 70.2             |
| 3  | 42          | 10.1                         | 62.9 $\pm$ 3.1     | 61.2             | 57.8             |
| 4  | 36          | 13.8                         | 61.8 $\pm$ 2.4     | 58.0             | 50.4             |
| 5  | 32          | 14.0                         | 53.9 $\pm$ 2.7     | 50.2             | 42.8             |
| 6  | 26          | 12.9                         | 58.0 $\pm$ 2.7     | 56.5             | 53.5             |
| 7  | 20          | 12.2                         | 54.8 $\pm$ 2.6     | 54.9             | 55.2             |
| 8  | 15          | 12.6                         | 53.5 $\pm$ 2.6     | 59.9             | 41.7             |
| 9  | 10          | 11.3                         | 47.0 $\pm$ 2.3     | 53.4             | 35.2             |
| 10 | 2           | 9.9                          | 52.7 $\pm$ 2.7     | 51.0             | 47.6             |
| 平均 |             |                              | 59.1 $\pm$ 2.7     | 55.4             | 48.0             |

註：1 接着力試験片個数 各 25 個，2 単板含水率 7.3%，  
3 合板含水率 13.5%

第 4 表 合板接着層の厚さ 合板C：カバ，ナラ

| 番号 | 堆積時間<br>(分) | 接着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 接 着 層 の 厚 さ    |               |              |
|----|-------------|------------------------------|----------------|---------------|--------------|
|    |             |                              | 算術平均 ( $\mu$ ) | 中央値 ( $\mu$ ) | 並数 ( $\mu$ ) |
| 1  | 31          | 11.4                         | 87.3 $\pm$ 3.4 | 84.9          | 80.1         |
| 2  | 26          | 12.6                         | 87.2 $\pm$ 4.0 | 84.5          | 79.1         |
| 3  | 22          | 16.4                         | 68.3 $\pm$ 3.6 | 66.4          | 62.5         |
| 4  | 15          | 26.7                         | 58.4 $\pm$ 3.8 | 61.4          | 67.3         |
| 5  | 8           | 28.4                         | 51.2 $\pm$ 3.6 | 50.0          | 47.6         |
| 6  | 5           | 21.2                         | 45.0 $\pm$ 3.9 | 42.8          | 39.7         |
| 平均 |             |                              | 63.0 $\pm$ 3.9 | 60.4          | 55.1         |

註：1 接着力試験片個数 各 25 個，2 単板含水率 カバ2.5%，ナラ4.4%，3 合板含水率 12.9%

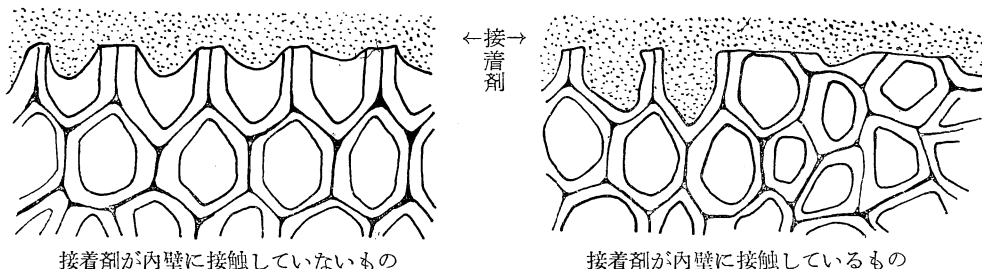
易いことが報告されている。(8)。配合1によつてカゼイングルーを標準粘度計を多小変えた指数を用いて測定した結果では製糊完了後1時間以内では粘度の変化は極めて僅かで殆んど問題にならないと考えられるけれども、木材に塗付せられて薄膜になつたものゝ粘度増加は著るしく促進される筈である。堆積時間の長すぎるものは、表面の接着剤が既に若干硬化してから圧力が加えられるので、木材と接着剤との接触が不十分な為接着力が低下する。

1 圧縮の合板全体の接着層の厚さの平均値は資料採取の割合、圧縮の条件等によつて異なり、合板 A では堆積時間の比較的長いものを多く含んでいるので稍大きな値を示しているが、大体  $60\sim 70\mu$  である。

接着力と接着層の厚さとの関係については以上の方法では著るしい関係は認められないが、一般に云われている連続した膜があれば、接着層の薄い方が接着力は高いと云う結論は恐らく正しいであろう。しかし乍ら接着層の厚さ以外の条件が全く同じという資料を得ることは極めて困難であり、この問題に関する R. A. Cockrell 及び H. D. Bruce の研究<sup>(7)</sup>に於ても、接着力と接着層の厚さの関係についての結論は堆積時間の異つたものには適用できないであろうと述べている。この実験に於いては個々の試験片で接着層の薄いものに接着力の低いものが多かつたが、それらは欠膠等の欠点を生じ易く、平均値が  $40\mu$  程度の合板では一様な連続した膜をもつていないものが多いので、単板の様な粗面のものを一様な連続した膜を残して接着するためには少くとも平均  $40\mu$  以上の接着層をもつことが必要である。

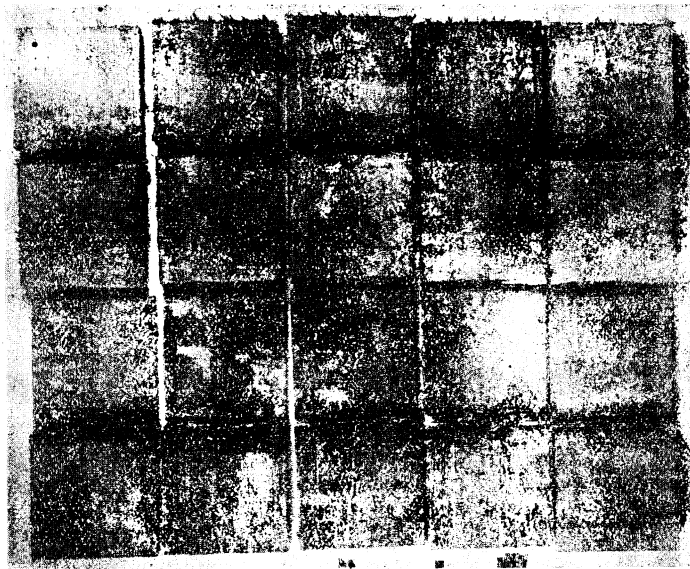
#### 4 接着層の状態

ロータリーレースで切削せられた単板表面は繊維自体が切開せられているものが殆んど全部であつて、第1次層から剝離しているものは殆んどない。これが接着された場合に堆積時間の長い片面塗付合板では細胞内壁が接着剤と完全に接触していない場合(第3図左)が特にシナに於て、接着剤と表板との接触面に顕著である。それ故堆積時間の長いものは表板と接着剤と



第3図 表板と接着剤の接触

の接触面積が小であり、従つて接着力も低く、接着力試験片の破断面を観察すると、殆んど例外なく大部分の接着剤は中板に付着している。これは圧縮以前に既にグルーが或る程度硬化して居り、圧縮によつて充分な接触が得られなかつた為である。カバ材を表板にした合板では堆積時間の最も長いもので 30 分前後であるので、この状況は顕著でなかつた。この現象がシナ



第4図 接着力試験片の破断状態 (シナ)

堆積時間の長いものであつて大部分のグルーは中板に附着している。

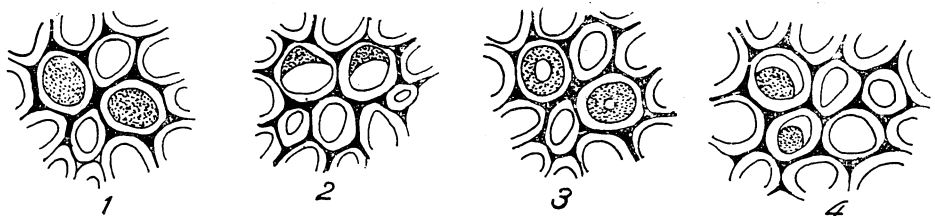
写真上側が中板側で材面が斑状に見える。

材に於いて特に顕著なものであるかどうかは明確でないが、シナ材の吸水性等から考えても、シナ材に著るしいのではないと思われる。

接着剤の木材中への侵入の深さは、繊維が接着面となす角度により異り、傾角の大なるものは深く侵入している。ナラ材の大径の導管に於ても一般に心材では充填物がある為、侵入はあまり深くない。たまたま充填物のない導管ではその厚さ全体にわたつて侵入しているものが見られる。シナ合板で堆積時間が短かく接着層の薄いものでは著るしく侵入して居り、部分的に所謂“Starved joint”を形成している。これは接着剤の粘度の低い間に圧力が加えられた為と解される。

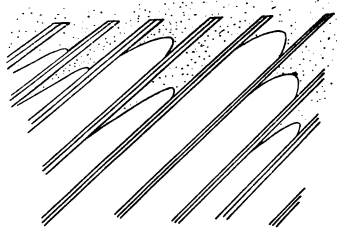
又接着剤の侵入の深さは、使用する接着剤の粘度によつて著るしく影響される。粘度の小さい接着剤は材中に多く侵入して“Starved joint”を形成し易いことは一般に知られている通りである。グルーが或る程度の粘度をもっている場合には堆積時間とグルーの侵入の深さとの間には明瞭な関係はない。

侵入した接着剤の形は概ね第5図に示した4種類であるが、1は接着層に近い細胞には一般



第5図 木材中に侵入した接着剤の形状

的に見られる。2は比較的に小径のものに3は比較的に径の大なるものに多い。これは縦断



第6図 縦断面に於ける接着剤浸入の形状

面で見ると第6図の如く浸入する状態が大径のものと小径のものと異なる場合が多い為であつて切断する部位によつて第5図1, 2, 3, となる。4は合成樹脂接着剤に於いて見られる形式である。接着層の中には屢々長楕円形の気泡が見られる。これは接着剤の種類及び状態、塗付の方法等によつてその量は異なるであろうが、実験に使用した合板は比較的気泡は少なかつた。気泡の混入は多ければ当然接着力を低下せしめるであろう。

#### Ⅳ 木材の接着についての考察

木材接着の機構に関しては、従来多くの研究が行われ、討論がなされて来たがこの問題に関する研究は、悉くこの分野に於ける二派の業績に言及している。その一方は McBain 及びその協力者達によつて行われたものであり、他は米国に於ける Truax, Brown 等によつてなされたものである。

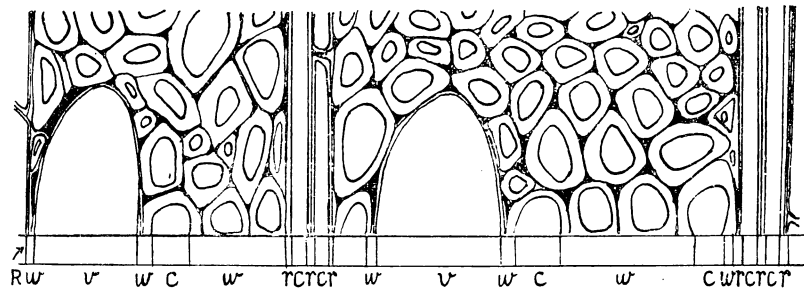
McBain 等は接着の形式を二つに分類定義した。第一は紙や木材の如き多孔質の表面を接着する場合行われる機械的接着 (Mechanical adhesion) であり、多孔質の物質の表面の間で流動性の物質が孔隙を埋め、膜を作つて固化する場合に起り、接着剤の鉤作用 (Keying-action) によつて接着するものであり、第2は硝子、金属等の多孔質でない表面が接着される場合は比粘着 (Specific adhesion) である。比粘着を行う為に主として要求されることは、接着される両表面の間から空気や油を除き、Van der Waals の分子凝集力を充分働かせる様にし、滑面が完全に接着した場合に気圧によつて固着を行わしめることである。比粘着は又その接着剤が乾燥中又はその後において接触を維持し、両面を接着しているに充分な機械的強度をもつ膜を残し得ることが必要である。又恐らくは接着される表面に接着剤との間の何等かの形式の電気化学的な内部作用も関係して来ると考えられる。

McBain 等は種々の実験によつて、木材接着に重要な役割を演ずるのは機械的接着であり、比粘着はそれに比すれば極めて僅かの貢献しかしていないと考えた。これに対して Truax は接着のこの二形式は認めているけれども顕微鏡的研究の結果、主なる役割を演ずるものは比粘着であると結論している。Brown, Brouse は接着剤の膜の強度が木材接着の場合よりも低いことが屢々あることを示して機械的接着説に挑戦している。又極性物質を非極性接着剤で接着し、或は非極性物質を極性接着剤で接着する場合には強力な接着は得られないとして比粘着を支持する極性説とも云うべきものがあるが、これに対しても Halls は可塑性の実験によつて反対している。

Alexanderは強力な接着を与える糊は眞の品質溶液に近い膠状液であるが、品質溶液自身で



はないと述べている。いづれにしても木材の接着にあたつて比粘着が行われ、Van der waals の分子力が重要な役割を果たすということは確からしい所であり、又接着に役立つ面積が出来るだけ大でなければ強い接着は得られないことも想像し得るのであつて、シナ材の堆積時間の長いものに見られた如き(第3図)接着は多少とも接着力を低下せしめているわけであつて、木材とグルーとが十分に接触し得る様にすることが必要である。然し乍ら第2表に示す如く細胞内腔が接着剤と接触していないものも、その接着に役立つ面積の割合には接着力を低下していないのであつて、こゝに鉋削された木材表面は接着に際して一様な性能をもつてゐるのではないであろうという推論が行われるわけであり、G. Kitazawa は Mack, Fowlar, Harlow 等の研究結果から判断して、木材細胞は接着に際して一様な性能を示すものではないとしている。即ち切開された細胞膜は、切開されない細胞膜とはその性能が異なるのみならず、前者の中、中間層(Middle lamella)第一次膜、第二次膜とでその性能は異り、更に第二次膜は偏光によつて観察すると三層に分たれるがその夫々に於いて性能は異り、その中層が最も強い接着を行うであろうと考えている。これは単なる推論であるが、恐らくは正しいであろうと思われる。細胞の内壁は、曾つて細胞が原形質を有していた時代の残渣で内張りせられて居り、それらの生活物質の存在が接着剤と内壁との接触を妨げている為に切開された膜の表面よりも接着条件が悪いわけであつて、実験結果から見ても内膜が接着剤と接触していない場合でも想像される程は接着力を低下しないのである。それ故内壁に於ける接着は接着力を決定する重要な因子とはならない。接着力を決定する最も重要なものは、切開せられた細胞膜に於ける接着であつて、その量と質とが問題になるのである。ロータリーレースで切削せられた単板表面は細胞相互を連結している Middle lamella から剝離していることは極めて稀である。切開せられた細胞膜の量を知る為に第7図に示す如く、木材切片を800倍に拡大して暗箱に写し切線



第 7 図

第 5 表 直線的に測定した切開された細胞壁及び空隙の量

|    | w    | r   | c    | v    | v + r | c + v |
|----|------|-----|------|------|-------|-------|
|    | (%)  | (%) | (%)  | (%)  | (%)   | (%)   |
| ナラ | 43.2 | 8.2 | 33.3 | 15.3 | 51.4  | 48.6  |
| カバ | 50.4 | 9.1 | 28.3 | 28.3 | 59.5  | 40.5  |
| シナ | 29.8 | 8.1 | 26.4 | 26.4 | 37.9  | 62.1  |

w は細胞膜, r は髄線, c は内腔, v は導管

方向の直線でこれを切り、その直線に接する細胞壁の量、空隙の量を測定した。

以上の結果から見ると接着層に接する切開された膜量はナラ、カバは 50% をこえているのに対してシナは 40% に満たない。この膜量の少いものは接着力も劣るであろうと考えられる。この切開された膜量は大体に於て、樹種によつて定まり、膜壁の厚さ、比重とに比例しているであろうと想像される。Truax は樹種別の接着力試験から、適当な条件の下にあつては木材の接着性能は大体比重に比例するという結論を得ている。これも亦接着力を決定する重要な因子は切開された膜壁であろうという推論の根據となるものである。

半井氏はシナ材の場合に、表面を或る種の方法で傷つけた場合には、接着力が向上すると報告している。これと同様の実験はアメリカに於いても行われ、切開された膜の部分が多くなり、従つて有効接着面積が増加した場合に接着力が向上するものであろうと考えられる。更に G. Kitayawa は切開された細胞膜自身も接着に対して一様な性能を有するものでないと想像している。即ち前述の如く、二次膜の中層に於いて最も高い接着力を示し、二次膜の内層外層、一次膜及び中間層は接着力は劣るであろうと想像している。これも恐らくは正しいであろう。即ちまずリグニンの存在が接着を害する事は Fowlar 等の紙に於ける実験によつて証せられて居り、リグニンの多い中間層 (Middle lamella) に於ける接着は劣るであろうと考えられ、二次膜の中では内層及び外層はそれを構成する小繊維 (Fibril) が繊維の長軸と或る角度を示しているのが殆んど平行であると言われている中層よりもその接着力は劣ると考えられ、二次膜の中層で最も高い接着を行うであろうと考えられる。二次膜の中層の厚さは偏光顕微鏡によつて測定しようと試みたが測定し得なかつた。併し乍ら、接着に於いて最も重要な役割を果たすのは二次膜の中層であると考えられ、この中層の厚いものは、膜壁も厚く、切開された細胞膜が表面に表れる量も多く、比重も高く、そして接着力も高いと考えられる。これは接着される場合の木材の性質を解剖的に推論したものであつて接着の本性にふれてはいない。これに関しては現在に於いても未だ適格な説明がない。この問題については様々な分野に於ける十分な研究を将来にまたなければならない。

## V 摘 要

堆積時間の異つた種々のカゼイン合板の接着層の状況を顕微鏡下に観察して、接着される場合の木材表面の接着性能に関して若干の推論を行つた。主な点を記すれば、

- 1 カゼイングルー薄膜の膨潤量を測定して、水及びアルコールを使用してグルージョイントの切片を得て、グルー膜が略乾燥時と同じ大さで観察する方法を得た。
- 2 合板の堆積時間はその接着力に影響し堆積時間が長すぎても、短かすぎても接着力は低下する。適当な堆積時間の長さは樹種、含水率、接着剤の状態その他の因子によつて異なる。
- 3 接着層の厚さは接着力に関係なく可成りの中に変動するが、堆積時間が短くなると接

着層の厚さは薄くなり、大体に於いて平均  $60\sim 70\mu$  である。

4 堆積時間の長過ぎるものは、圧縮以前にグルーが既に幾分硬化して居り、グルーと細胞内壁との接触が悪い、これは特にシナ材に多く観察された。こういうものは接着力試験をする  
と大部分の接着剤は中板についている。

5 接着剤浸入の深さと堆積時間との間には明瞭な関係は見られない。

6 木材接着に重要な役割を果すのは切開せられた細胞壁であると考えられ、その量はカバ  
ナラ等の如く、膜壁の厚い比重の大なるものは、これと反対のシナ材等よりも大であり、シナ  
材の 40% 以下なのに対して、ナラ・カバは 50% 以上である。

7 切開せられた細胞壁の中でも二次膜の中層が最も強度の高い接着をなすであろうと考え  
られる。

### 参 考 文 献

- 1) Weinstain, A. I.: Method for cutting and differential staining of microscopic sections of hardwood glue-joints. Colloid Symposium Monograph.
- 2) Smith, L. T. and Hamilton, M.: Starch adhesives. Chem and Eng. News. Vol. 22 1944
- 3) Brown, F. L. and Truax, T. R.: The place of adhesion in the gluing of wood. Colloid Symposium Monograph. 1926
- 4) Kitazawa, G.: A study of adhesion in the glue lines of twenty-two woods of the United States. Syracuse Univ. Tech. Bull. No. 66 1946
- 5) Brown, F. L. and Brouse, D.: Nature of adhesion between glue and wood. Indus. and Eng. Chem. 1939
- 6) Chamberlain C. J.: Methods in plant histology. 1932
- 7) Cockrell, R. A. and Bruce, H. D.: Effect of thickness of glue line on strength and durability of glued wood joints. F. P. L. Rep. No. R 1616 1946
- 8) Forest Products Laboratory: Starved glue joints. Tech. Note No. 193
- 9) Brown, F. L.: Casein and its industrial application.
- 10) 谷村鉄三郎外：合板に関する研究（其の1）林誌 第31巻 1, 2号 昭24
- 11) 井本稔：合成高分子の化学 昭22
- 12) 山口文之助, 蜂屋貞秀：カゼイン膠の研究 航報 昭4
- 13) 小原亀太郎：植物細胞膜の微細構造生物学綜報 第1輯 昭22

### Résumé

The writer observed the microscopical property of glue joints of plywood glued by casein glue. The assembly time—the period from glue spread to application of pressure—of prepared plywood is 2~52min. The results are as follows:

1. By the measuring of swelling of casein glue films, the writer found out the method of permanent preparation of plywood section that has glue lines of same width as that of dry condition.

2. The assembly time of plywood has a remarkable effect to its jointing strength. When it is too long or too short, the jointing strength decreases. The optimum length of time vary with species of wood, moisture content of veneer, viscosity of glue and many other factors.

3. The thickness of external glue line may vary within rather wide ranges without affecting the jointing strength. The plywood of long assembly time has a thick glue line. The average thickness of glue line is 60~70 $\mu$ .

4. If the assembly time is too long, the contact between glue and cell wall of face veneer is get out, because glue is somewhat hardened before pressure applied. This phenomenon is observed more frequently in wood of Shina. When a visual examination is made of the surfaces that are exposed in testing the jointing strength of these samples, the most part of glue is found on the surface of core veneer.

5. Between the depth of glue penetration and assembly time can not find out a remarkable relationship.

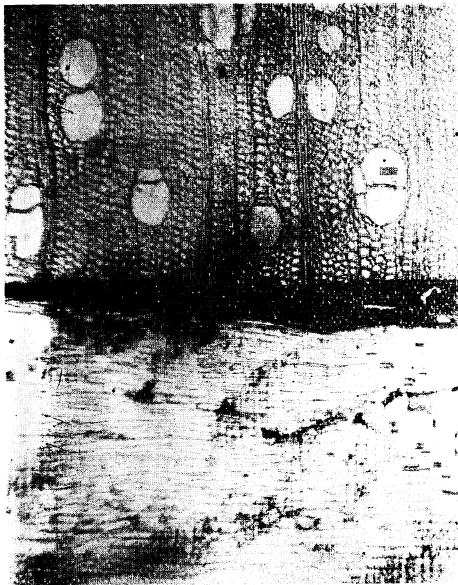
6. The excised cell walls seem to play an important part of glue joints. The percent of excised cell wall surface in linear measurement is larger in species of thick cell walls and high specific gravity such as the wood of Nara and Makaba than that of thin walls and low specific gravity such as the wood of Shina. The percentage is more than 50 percent in Nara and Makaba, but in Shina it is less than 40 percent.

7. The excised cell wall does not act as a homogeneous surface in gluing. The adhesion between glue and middle stratum of secondary wall seems to have the highest strength, because it is a recognized fact that the slope of fibrils of middle stratum is nearly parallel to the longitudinal axis of fibre, whereas those of inner and outer strata somewhat incline to the axis.

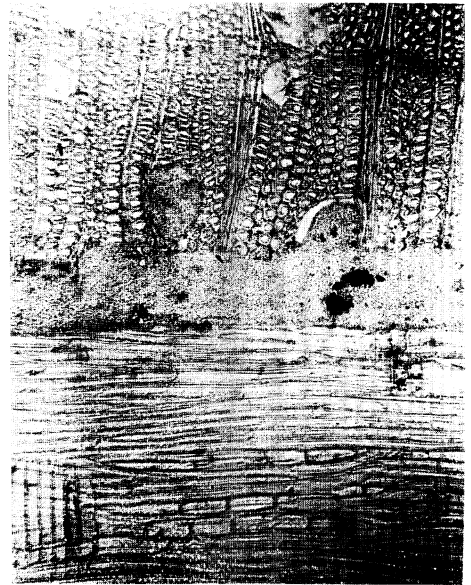
第 8 図 合 板 接 着 層



1. シナ合板接着層の厚さ中程度のもの ×80



2. ナラ, カバ合板接着層比較的薄いもの ×80  
(木口面カバ)



3. ナラ, カバ合板接着層比較的厚いもの ×80  
(木口面カバ)