

金属—木材合板に関する研究

第2報 アルミニウム—木材合板の強さ

藤 野 清 久^{*}・廣 田 輝 次^{*}

Kiyohisa FUJINO and Teruji HIROTA : Studies on Metal-Wood Plyplate,
II. Strength of Aluminium-Wood Plyplate.

I. 実 験 目 的

金属—木材合板の一つとしてアルミニウム—木材合板について、アルミニウムの表面処理の影響と接着剤の相違に依るその機械的性質の影響を、接着力と合板の彎曲強さに依つて確めた。

II. 実 験 方 法

(1) 試験材料

木部は 5~8 mm の厚さのスギ板を使用し、出来るだけ柾目のものを選び、部分的な不均整のない様にした。スギ板を選んだ理由は入手が容易で加工も楽である事及び価格の点に依る。

アルミニウムは厚さ 0.5 mm の圧延板を使用し、それぞれ次の処理を施した。

- (A) アルコール、ベンゾール、エーテル、で表面の油脂分その他の附着物を除去したもの。
- (B) 上記の洗滌後、稀苛性ソーダ溶液（約5%）に 30 min. 浸漬して表面の一部を溶解したもの。

- (C) (A) (B) の処理後、アルミニウムを電極として蓚酸溶液又は硫酸中で電解を行つたもの。

電解條件は次の様である。

直流使用の場合は陽極に処理されるアルミニウムを用い、交流使用の場合は両極共に処理されるアルミニウムを用いる。

蓚酸溶液は約3%，硫酸は 10~70%の濃度が用いられた。電圧 30~50V，電流密度 0.5~1.5 A/dm²，温度 50~60°C，電解時間約 1 hr である。

この処理に依り、アルミニウムの表面は電解酸化されて、酸化皮膜を形成する。

木材板の両側にアルミニウム薄板を貼合せるための接着剤としては次のものを使用した。

- (a) フェノール樹脂
- (b) 尿素樹脂
- (c) ビニール樹脂
- (d) 大豆カゼイン

但、フェノール樹脂としては石炭酸フォルムアルデヒド樹脂、尿素樹脂としては「キゲタライム」（日本化工材工業製）、ビニール樹脂には「プラスダイン」（日本化工材製）、大豆カゼイ

^{*} 京大工学部繊維化学教室

ンには「豊年大豆グルー」(豊年製油製), をそれぞれ使用した。

(2) 接着条件

第 1 表

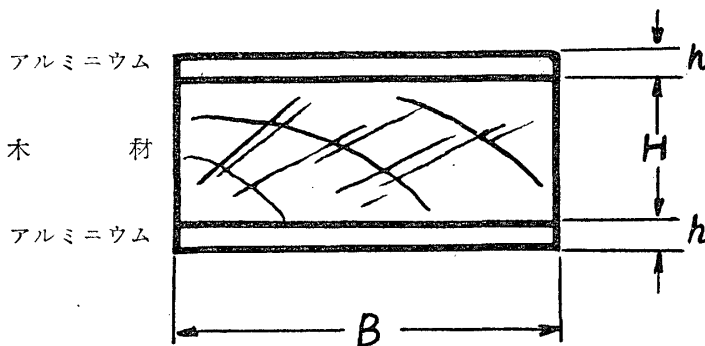
	接着剤塗布量 (g/m ²)	貼合せ圧着力 (kg/cm ²)	温 度 (C°)	時 間
フエノール樹脂	100~150	20~30	160	10 min.
尿 素 樹 脂	150~200	20~30	100	30 min.
ビ ニ ー ル 樹 脂	80~100	20~30	30~40	1 hr.
大 豆 カ ゼ イ ン	100~150	20~30	30~40	12 hr.

但, 塗布量は乾燥(縮合)樹脂についての重量を以つて示す。接着合板は接着後, 1~2 日間放置してから試験片を製作する。

(3) 試験片

アルミニウムと木材の合板より長さ $L=160$ mm, 巾 $B=15\sim20$ mm の試験片を作る(第1図, 第2図参照)。

第 1 図



試料として次の各種のものを製作試験した。

- (1) 木材板のみ
- (2) 木材の両側にアルミニウム板を釘打ちしたもの。
- (3) 木材の両側にフェノール樹脂でアルミニウム板を貼合せたもの。
- (4) 木材の両側に尿素樹脂でアルミニウム板を貼合せたもの。
- (5) 木材の両側にビニール樹脂でアルミニウム板を貼合せたもの。
- (6) 木材の両側に大豆カゼインでアルミニウム板を貼合せたもの。

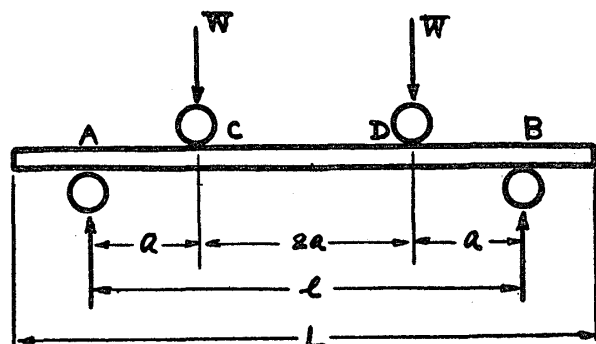
Ⅲ. 試 験 結 果

(1) 彎曲試験

試験片の曲げ試験は第2図に示す如く支点及び荷重点に於てそれぞれ直径 15 mm のローラーを置き両端を支持し, 左右対称の2点荷重の条件の下に行つた。但し, $l=10.0$ cm, $a=2.5$ cmである。

試験にはアムスラー万能試験機容量 1t.

第 2 図



のものを、負荷と共に荷重点に於ける撓みをダイヤルゲージで測定した。

この場合荷重点の撓みは、

$$\delta = \frac{Mc \cdot a(3l - 4a)}{6\sum(EI)} \quad * (1) \quad \text{但 } Mc = W \cdot a$$

Wは荷重、 $\sum(EI)$ は合板の断面の中立軸に対する二次モーメントを表わす。

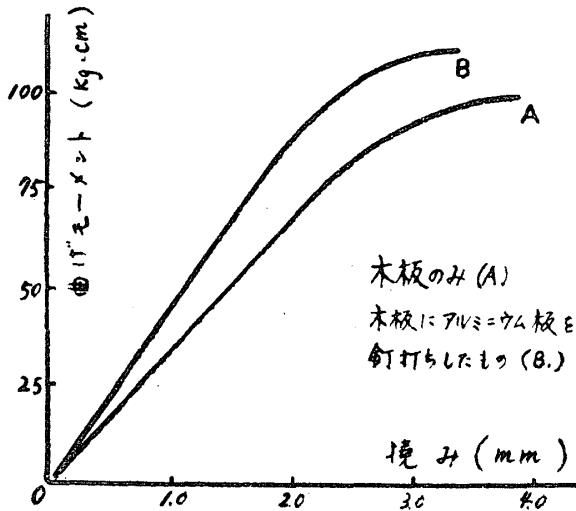
次に各種の合板についての試験結果を示す。

第2表

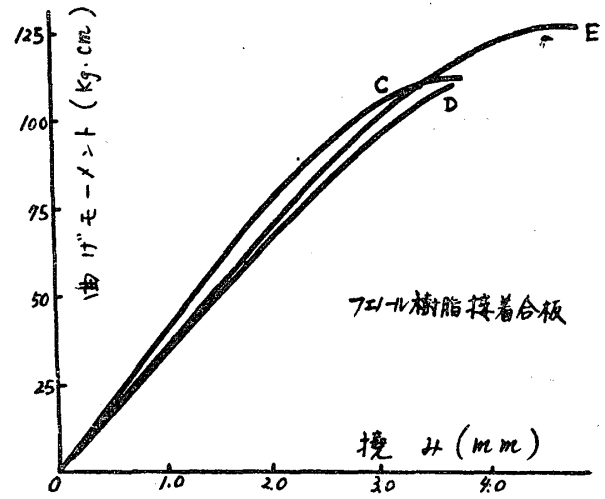
試 料			湾 曲 試 験		
合 板 材 料	接 着 剤	番号	破壊時平均 曲げモーメント kg・cm	破 壊 時 平均撓み mm	破 壊 状 態
木 材 板 の み	な し	A	95	4.03	木部破壊
木材板と未処理アルミニウム板	釘 打	B	110	2.88	〃
〃 と未処理アルミニウム板	フェノール樹脂	C	119	4.09	剥 離
〃 と苛性ソーダ処理 〃	〃	D	110	3.87	大部分のもの剥離
〃 と電解酸化処理 〃	〃	E	125	4.36	アルミニウム切断 又は木部破壊
〃 と未処理アルミニウム板	尿 素 樹 脂	一	接 着 せ ず		
〃 と苛性ソーダ処理 〃	〃	F	88	2.09	剥 離
〃 と電解酸化処理 〃	〃	G	109	3.75	アルミニウム切断 又は木部破壊 剥離するもの僅少
〃 と未処理アルミニウム板	ビニール樹脂	H	119	5.74	
〃 と苛性ソーダ処理 〃	〃	I	133	6.16	剥離又は木部破壊
〃 と電解酸化処理 〃	〃	J	113	6.30	木部破壊又は剥離
〃 と未処理アルミニウム板	大豆カゼイン	一	接 着 せ ず		
〃 と苛性ソーダ処理 〃	〃	K	129	4.08	剥 離
〃 と電解酸化処理 〃	〃	L	140	8.24	一部剥離

荷重と撓みの関係は第3～7図で表わされる。各曲線の附号は第2表に示す各試料番号と同じである。

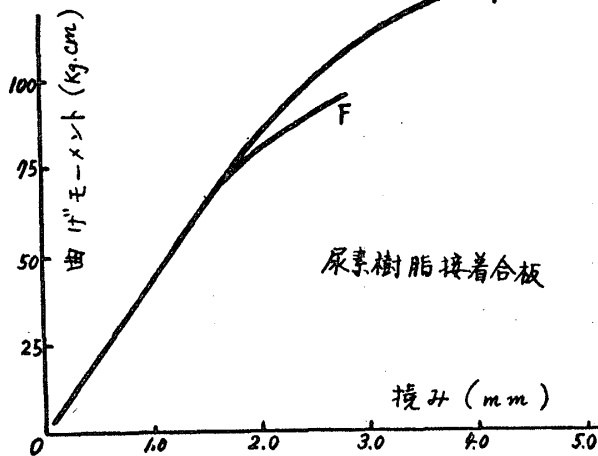
第3図



第4図



第5図



これ等の関係は弾性限度以内に於ては、支持点の曲げモーメントは撓みに比例しているが、これを越えると撓みの割合が増加して比例しなくなる。

次にこの様な貼合せ材が曲げ作用をうけたとき、外側にあるアルミニウム板に大きな応力を生じて、極めて大きい曲げ抵抗を表わす訳であるが、木部とアルミニウム部の接着面に於ける破壊を考えると、

アルミニウム板と木部の接着面に起る剪断力、 τ は

$$\tau = \frac{\sigma_a (H+h) h}{a (H+2h)} \quad \text{※ (2)}$$

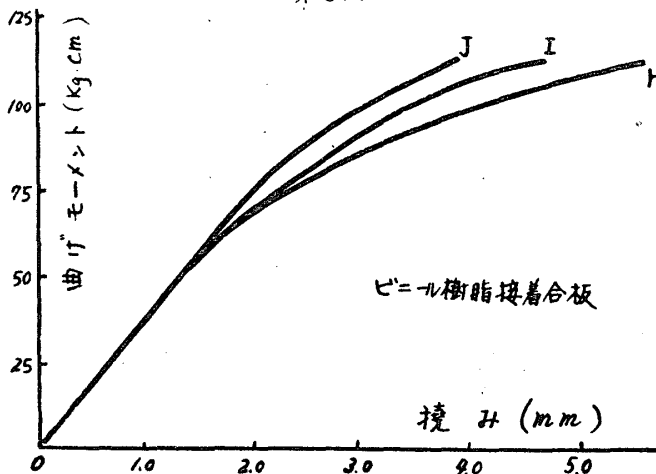
で表わされる。

但し、 τ = アルミニウム外皮の応力が σ_a に達したときの接着面に起る剪断応力
 a = 両端の支点から荷重点までの距離 (第2図中AC又はBDで示す)

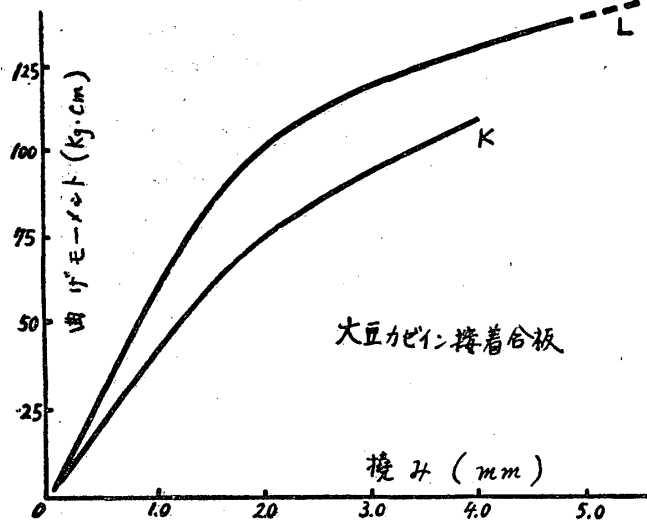
H = 木板の厚さ

h = アルミニウム厚さ

第6図



第7図



今彎曲が増加して外側のアルミニウムが、引張りのために切断する場合を考えると、この試験に於ては、 $a = 2.5 \text{ cm}$ 、 $h = 0.05 \text{ cm}$ 、として一定であり、アルミニウムの引張強度 $= 130 \text{ kg/cm}^2$ とすると上式は、

$$\tau = 26 \times \frac{H + 0.05}{H + 0.10}$$

彎曲の外側に貼られたアルミニウム板が切断し初める迄に、剪断力に依つて剥

離しないに必要の最小限度の接着力は 26 kg/cm^2 である。

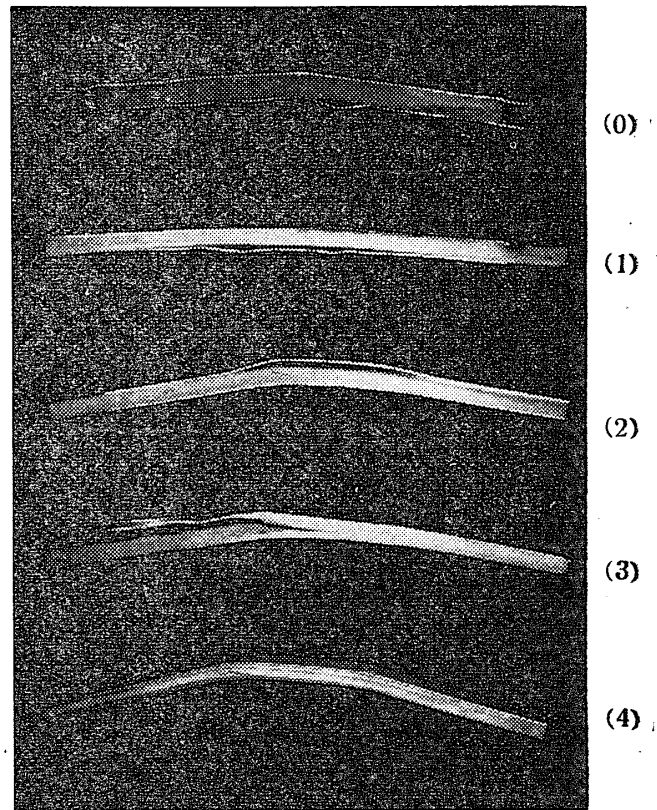
各接着剤について、合板の接着状態を見ると、アルミニウムを釘打ちしたものは、釘打ちの部分に応力が集中するために必ずこの場所より木部が破壊した。又或程度彎曲した後に荷重を除くと、木材は元に復してもアルミニウムは残留歪のために釘打ち以外の部分が波打つ様になる。フェノール樹脂は平均して最も接着がよい様に思われる。特に表面処理したものは或程度の彎曲後、荷重を除き逆方向に彎曲しても、又これを反覆しても剥離するものは皆無であつた。尿素樹脂に依る接着は、比較的低温で行い得る利点はあるが、接着は一般に悪く、未処理アルミニウムを用いた場合は全然接着しない。表面処理をした場合もその効果は少ない。特に鋸挽きその他の合板に対する加工の時に剥離し易く実用性に乏しいと思われる。ビニール樹脂に依る接着は、低温低压で行える外、接着状態も良好であつた。更に合板の加工の際に、剥離し難い特長がある。しかし表面処理に依る接着効果の向上は大して認められなかつた。大豆蛋白に依る接着はアルミニウムが未処理の場合は接着しないが、表面処理に依つてその状態をかなり改善する事が出来た。しかし一度彎曲後逆方向に彎曲するときは剥離するものが多く、鋸挽きその他の加工中にも剥離し易い。彎曲試験に依る破壊状態は、フェノール樹脂接着の場合を例にとると、大体次の4つに分類される。

- (1) 彎曲の内側のアルミニウムの圧縮のために一部分に小さい波形の隆起が出来て剥離し、次第にこれが拡大して全体が剥離する場合がある。これは比較的少い。
- (2) 彎曲の外側のアルミニウムが剪断力のために木材より剥離する。これは試験中には外觀してすぐに判らないが、鋭い剥離音と応力の急激な低下から知る事が出来る。この応力低下と共に木材の破壊がこれに続く場合がある。荷重を除けば当然残留歪のために、木材からアルミニウム板は直ちに離れる。この型の剥離が一番多い。
- (3) 木材が最初破壊する場合は、木材の破壊に続いて局部的の応力集中に依り、アルミニウムが剥離する事が多い。両方が殆んど同時に起る場合は、いづれが原因であるかを判定困難な時もある。彎曲試験としてはなるべくこの状態にならぬ事が望ましいが、スギ板の如く強度の低い

ものを利用したので、比較的低荷重で木
部が先に破壊するものがあつた。

- (4) 彎曲が甚しくなると、外側のアルミニ
ウムが引張りのため局部的に薄くなり、
先ずこゝから切断する。切断について
切断部分で木材の破壊が起るのが普通で
ある。この状態になるのは接着力が大なる
場合で、フェノール樹脂の場合に於て
は、電解酸化表面処理をしたものは殆ん
ど全部がこの状態で、破壊後もアルミニ
ウムは木材より離れることはなかつた。
この最終破壊状態の代表的なものを第8
図に示す。猶最上数 (0) 番のものは木
材にアルミニウム板を釘打ちしたもので
あり、以下 (1)~(4) はそれぞれ上述の
各場合に相当する。

第8図



(2) 接着力 (剪断) 試験

接着剤に依り貼合せたアルミニウム—木材間
の接着力の測定は、その剪断方法によつて行つ
た。彎曲試験の場合と同様に各種の接着剤を用
いて、約 2.5 mm 厚さのアルミニウム板を木材
の両側に貼合せて、この合板より第9図に示す
様な試験片を作り、P 方向より圧縮試験を行
い、木材と金属面とが剝離するときの荷重を求
めて剪断力とする。

この方法に依り測定される接着力 (剪断) は

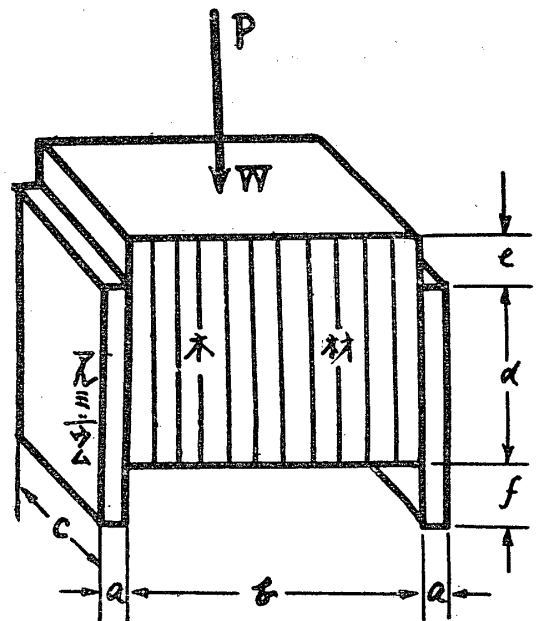
$$\tau = \frac{W}{2 \cdot dc}$$

但し、W=金属面が木材より剝離する荷重
猶、實際測定に用いた試験片の大きさは次の

様である。a = 2.5 mm, b = 10 mm, c = 13~15 mm, d = 15~16 mm, e = 2~3 mm, f = 3~4 mm.

試験結果を第3表に示した。

第9図



第 3 表

接 着 剤	表面電解酸化処理せ るアルミニウム板	苛性ソーダ処理のみ のアルミニウム板	未処理アルミニウム 板
	接 着 力 (kg/cm ²)		
フエノール樹脂	100~130 以上	100 以上	—
尿 素 樹 脂	30~40	—	—
ビニール樹脂	20~30	20~30	15~
大豆カゼイン	40~50	40~50	

上記の測定法に依ると 50 kg/cm² 以上の接着力の場合に、最初木部に於て破壊するものが多く、アルミニウム—木材の接面の剪断力を正確に測定出来ない場合があつて、この間の決定的な関係を示す事が出来なかつた。

IV. 結 論

アルミニウム—木材接着を彎曲試験に依り確めたところ、電解酸化に依り表面処理を施したアルミニウムは未処理のものに比して、はるかに接着力は高く実用上の価値あるものと考えられる。就中フェノール樹脂は良好な結果を示した。又接着剤で貼合せたものは、アルミニウムを木材に釘打ちしたものに比較し、釘打ちの部分に応力が集中して破壊するようなことは無く、応力が比較的一様に分布する特長がある。

本合板の破壊の経過はアルミニウム板の破壊、木板の破壊、接着面の剝離の内どれか最も弱いものが最初に起り、これが発達して合板全体の破壊となる。木板については中層にあつて応力が比較的小さいため、特に弱い材料でない限りは問題とするに及ばない。アルミニウム板強度と接着面の剝離とを比較して見ると、先に述べた如くアルミニウム板外皮の破壊が誘起せられる迄には、26 kg/cm² 以上の接着力があれば剝離を防ぐに充分な訳であるから、大部分の樹脂はこの接着に用いられ彎曲に対して安全であり得る筈である。本彎曲試験に於てアルミニウムが切断する迄彎曲せしめた結果は、アルミニウムの切断が完了する迄に剝離するものが多かつた。これは前式が僅かの彎曲の場合によく適合されるものであり、本実験に於ける如く彎曲の極めて大きい場合には補正を要する事と、アルミニウム—木材接着部分の彎曲に対する安全性が、剪断方向の接着力のみで決せられるものでなくて、その他の因子例えば直角方向の接着力或は接着剤自身の機械的性質等をも併せて考えねばならぬ事は云うまでもない。実用的にアルミニウムが切断しても尚接着力が充分であるためには、両測定結果より考えて、約 100 kg/cm² を要し、このためには接着剤としてフェノール樹脂を使用し、アルミニウムには表面処理を施したものが最も適合する訳である。

接着力の剪断以外の他の因子は、彎曲以外の他の合板使用上の機械的作用 即ち 鋸挽き、釘打

ち、穿孔等の場合に於て更に重要となる事がある。これ等の諸性質の外、実用上重要な耐水、耐湿、耐火、耐熱等の実用試験については目下研究中である。

Résumé

Aluminium thin plates were electrolytically oxidized and pasted on wood beams.

As adhesive substances we used several kinds of resins ; phenol-formaldehyd, urea-formaldehyd, polyvinyle ester and casin and their adhesive strengths were measured.

Phenol resin showed the maximum strength and it's value was found to be 100~130 kg/cm².

引 用 文 献

本研究 第1報 本誌 : 49~54

木 材 研 究 第 5 号

発行所 京都大学木材研究所
京都市左京区北白川

編集兼
発行者 貴 島 恒 夫

印刷所 土 山 文 隆 堂
京都市下京区綾小路柳馬場東

印刷者 土 山 定 治 郎
京都市下京区綾小路柳馬場東