

- 研究 -

高周波加熱プレスによるカラマツLVLの製造

高谷 典良 野崎 兼司*1
田口 崇 小倉 高規*2

Manufacturing Japanese Larch LVL with a R . F . Heating Press

Noriyoshi TAKAYA Kenji NOZAKI
Takashi TAGUCHI Takami OGURA

LVL was manufactured of Japanese larch veneer with a R . F . heating press of a glue - line heating type . This experimental manufacture aimed to examine the influence of the assembly time and the cold - press time upon the bond - quality of LVL . Attempts were also made to find conditions suitable for the LVL manufacture with respect to glue spreading , heating time , and plate current . The results obtained are summarized as follows :

- (1) The assembly time of under 40 minutes does not have any influence upon the bond - quality of LVL , nor does the cold - press time of under 40minutes .
- (2) Single spreading of 18g / 900cm² is recommended .
- (3) The best bond - quality is available when the heating time is 7minutes and the plate current is 1A per 10 cm thickness .

高周波加熱プレスを用いてカラマツLVLの製造試験を行った。本試験では堆積時間、冷圧時間がLVLの接着性能に及ぼす影響を検討するとともに、塗布量、加熱時間、陽極電流についての適正条件を求めた。

結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 堆積時間（約40分以内）、冷圧時間（40分以内）とも本実験の範囲内では LVLの接着性能に影響はなかった。
- (2) 塗布量は18g / 900cm²（片面塗布）が望ましい。
- (3) 加熱時間については7分、陽極電流については、LVLの積層厚さ10cm 当たり1Aという条件で製造したLVLが最も接着性能に優れていた。

1. はじめに

当場ではカラマツ間伐木からLVLの製造を試み、一連の設備を導入し試験を進めてきた。この当場のLVL製造ラインの概要については、既に報告^{1), 2), 3)}しているように接着工程では高周波加熱プレスを使用する。

LVLのメリットの一つは中小径材から大断面の長尺材を製造することにある。しかし、通常のホットプレスは木材の熱伝導率が小さいので大断面の製品の加熱に適した設備ではなく、また冷圧方法も能率の面からみると問題がある。その点木材の誘電体損失を利用する高周波加熱は、内部から均一に加熱され、短時間

で接着剤の硬化を完了させることができるので、目的とする大断面のLVLの製造には適した方法と考えられる。

木材接着に高周波加熱を利用することは、特に新しい方法ではなく、以前から集成材、曲面合板製造等に利用されている。しかし、本試験で行ったように大断面を持ち、しかも接着層の数が非常に多いLVL製造に利用された例はほとんどない。また、今回使用した高周波加熱プレスは、電気容量と設備費の低減を計るため5回に分割して加熱する分割加熱方法を採用している。本試験では分割加熱方式の高周波加熱プレスを使用して、カラマツLVLを製造することの適否を検討するとともに、塗布量、加熱時間、陽極電流についての適正な製造条件を検討した。

なお、本試験の一部は第33回日本木材学会大会（昭和58年4月、京都市）で報告した。

2. 試験に使用した設備

2.1 接着剤塗布・堆積装置

試験に使用した接着剤塗布・堆積装置を写真1に示す。ここに示すように接着剤を塗布（片面塗布）した単板を自動的に順次堆積する。積層厚さの大きいLVLを製造するには多数の単板を塗布・堆積しなければならず、したがって、塗布初期の単板と塗布終了時の単板では圧縮するまでの堆積時間にかなりの差が生じ、接着性能にも影響することが考えられる。そこで、本試験ではこの影響について検討した。

2.2 高周波加熱プレス

試験に使用した高周波加熱プレスの諸元を以下に示す。

- ・使用周波数 : 13.56MHz
- ・最大出力 : 30kW
- ・高周波電圧 : 11,000V
- ・最大製品寸法 : 厚さ50 × 幅50 × 長さ370 (cm)
- ・極板寸法 : 高さ76 × 幅90 (cm)
- ・加熱方式 : 接着層選択加熱方式
- ・同調方式 : 自動追尾式

極板はLVLの長さ方向に移動し、5回に分割して

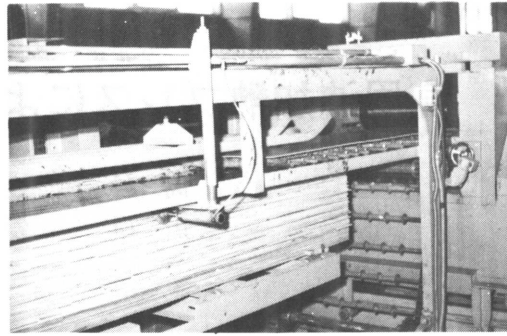


写真1 接着剤を塗布した堆積中の単板

加熱する。したがって、各加熱回数によって圧縮してから加熱するまでの、いわゆる冷圧時間にも差が生じ、これがLVLの接着性能に影響することも考えられる。したがって、本試験ではこの影響についても検討した。

3. 試験方法

第1表に示すように6条件を設定し、ユリア樹脂接着剤を用いてLVLを製造した。使用した単板は造林カラマツ間伐木（径級14～20cm）から切削した4mm厚の単板で、ローラドライヤーで約30%まで乾燥後、熱板ドライヤーで約5%まで乾燥した。製造したLVLは厚さ2cm（5プライ）×中融8cm×長さ370cm（以後これをブロックと呼ぶ）で、1条件につき15ブロック製造した。製造方法は第1図に示すように下部に10cm厚さ、上部に4cm厚さの定盤を使用し、上から1, 8, 15ブロックの1回目加熱部と5回目加熱部にサーモラベルをはさんで接着層温度を測定した。使用したサーモラベルの測定温度範囲は75～125 で、5間隔で測定できるようになっている。

接着性能を測定する浸せきは離陸試験片は各条件とも上から1（堆積時間0分）、5（同12分）、10（同24分）、15（同36分）ブロックから採取した。すなわち、第1図に示すように各加熱回数（冷圧時間の差を見るため）の極板の中央部近辺から7.5cm×7.5cmの試験片をおのおの5片採取した。浸せきは離陸試験片は単板積層材のJASに準じて行った。

堆積時間、冷圧時間の影響は各製造条件ごとに比較

第1表 LVLの製造条件

	塗布量 ^{a)} (g)	加熱時間 ^{b)} (分)	陽極電流 ^{c)} (A)	堆積時間 (分)	冷 圧 時 間 (分)
I	18	7	1	0, 12, 24, 36	0, 7, 14, 21, 28
II	14	"	"	"	"
III	18	5	"	"	0, 5, 10, 15, 20
IV	"	9	"	"	0, 9, 18, 27, 36
V	"	10	0.7	"	0, 10, 20, 30, 40
VI	"	5.4	1.3	"	0, 5.4, 10.8, 16.2, 21.6

注) a) : 900cm²当たり, 片面塗布
 b) : 1回当たりの加熱時間
 c) : LVLの積層厚さ10cm当たり
 圧縮圧力: 14kg/cm² (固定)

した。製造条件 , からは塗布量の影響を , , からは加熱時間の影響をみた。また , , からは陽極電流×加熱時間の積を一定とした時, すなわち与えるエネルギーの総計を一定とし, 陽極電流を急激に与えた時と緩やかに与えた時の影響をみた。なお, 接着性能の評価は浸せきはく離試験片の1片ごとにJASの合否を判定するとともに, 以下に示すはく離率を算出した。

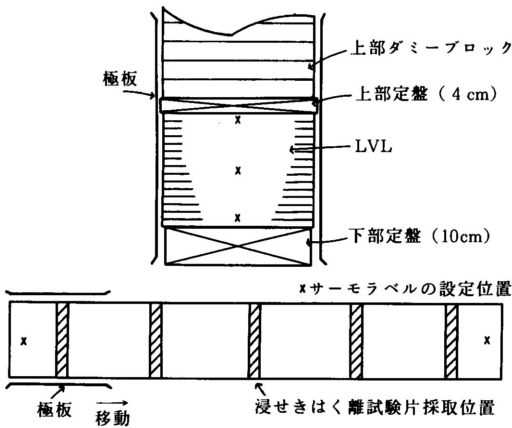
$$\text{はく離率(\%)} = \frac{\text{はく離した接着層の総計長さ}}{\text{全接着層長さ (75mm} \times 4 \text{層} \times 4 \text{辺)}} \times 100$$

4. 試験結果及び考察

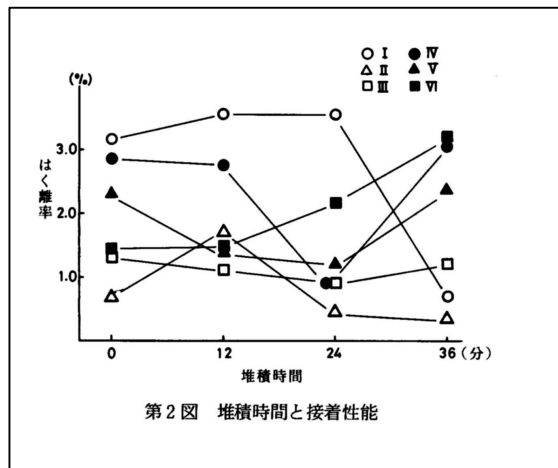
4.1 堆積時間の影響

試験結果を第2図に示す。堆積時間によってはく離

率に差が見られる製造条件もあるが, 全体として相関関係は認められない。本試験では選択加熱方式のプレスを使用している。この方式の特徴は水分の多い接着層を高周波が選択的に加熱することである。したがって, 塗布してから時間が経過した単板は, 水分が単板内に浸透するので接着層温度上昇には不利だと考えられる。また, 堆積時間が長すぎると接着剤が乾いて, いわゆる乾燥接着になることも懸念される。しかし, 今回の結果では第2表に示す接着層温度をみても上, 中, 下の位置で明確な差は認められず, 乾燥接着の点も堆積時間40分以内(但し試験時温度12~15)であれば接着性能との間に相関は認められなかった。滝¹⁾らも水性ビニルウレタン樹脂で試験した結果から, 開放堆積では低下するものの, 30分以内の開鎖堆



第1図 製造方法及びサーモラベルの設定位置と浸せきはく離試験片採取位置



第2図 堆積時間と接着性能

第2表 接着層温度

製造条件	位置 ^{a)}	温度(°C)	
		1回目	5回目
I	上	100	100
	中	100	100
	下	90	75
II	上	110	110
	中	90	80
	下	100	90
III	上	75 下 ^{b)}	75 下
	中	100	110
	下	75 下	75 下
IV	上	100	4分45秒で 発火
	中	115	
	下	90	
V	上	100	75
	中	90	90
	下	90	90
VI	上	90	75 下
	中	100	100
	下	75	75

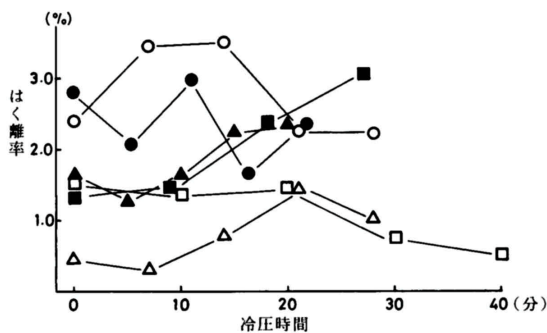
注) a) 上: 上から1ブロックの温度
 中: " 8 "
 下: " 15 "
 b) 75°Cより低い接着層温度

積では影響はなかったと報告している。

4.2 冷圧時間の影響

第3図に試験結果を示す。図に示したように冷圧時間とはく離率の間に相関関係は認められない。冷圧時間の場合も堆積時間と同様に、接着剤が塗布されてから加熱されるまでの時間に差があるので、水分の単板内への浸透の影響が考えられる。しかし、第2表の接着層温度をみても1回目と5回目ではほとんど差はなく、接着性能に影響を及ぼしていない。

粘度の高い水性ビニルウレタン樹脂では、むしろ冷圧時間を30分以上取った方が接着性能に優れるという試験結果⁴⁾もある。これは接着剤がある程度単板に浸透してから加熱硬化させた方が、いわゆる投錨効果の影響で接着性能が良くなるものと考えられる。しかし、精度の低いユリア樹脂接着剤ではその影響は見られず、40分以内では相関性は認められなかった。この結果から判断して、分割加熱方式の高周波加熱プレスをLVL製造に使用しても支障はないといえる。

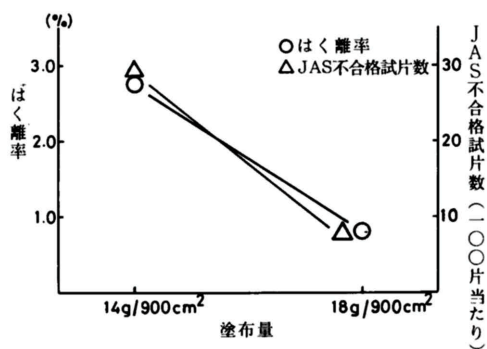


第3図 冷圧時間と接着性能

4.3 塗布量の影響

第4図に試験結果を示す。はく離率は1条件あての供試片数100片の平均値を示し、JAS不合格試片数はこの100片の中で単板積層材のJASの判定で不合格となった試片数を示す。今回の試験では、おおむねはく離率1%当たり不合格試片数が10片であるという傾向を示した。

図から明らかなように18g/900cm²の方が接着性能に優れている。高周波加熱では、塗布量の多い方が接着層温度の上昇速度が早いと言われている。しかし、今回アルコール温度計で接着層温度の上昇を測定し結果ではほとんど差はみられなかった。また、第2表にみられるように、最高到達温度と考えられるサーモラベルでの測定温度にも差はないと考えられる。一般的に14g/900cm²という塗布量は少ない値ではない。しかし、カラマツ4mm厚単板では面粗さが大きいこと、また選択加熱方式のプレスでは材温の上昇がホットプレスに比べ低いので厚さ減りが小さい(このため



第4図 塗布量と接着性能

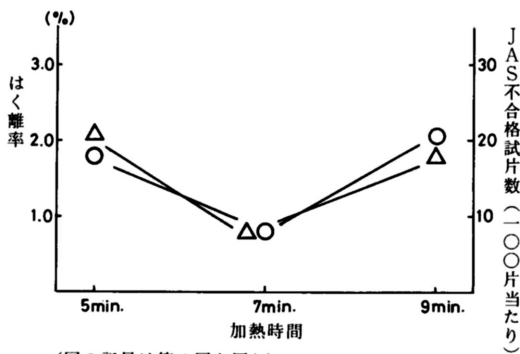
圧縮圧力を $14\text{kg}/\text{cm}^2$ と高圧に設定している。)ことなどの影響があり、このため $14\text{g}/900\text{cm}^2$ では不十分で $18\text{g}/900\text{cm}^2$ 程度は必要だと思われる。

4.4 加熱時間の影響

試験結果を第5図に示す。はく離率、JAS不合格試片数の測定法は第4図と同様だが、9分の条件でLVLを製造する際、5回目の加熱開始後4分45秒で発火したのでこの時点で加熱を中断した。したがって、この部分の温度測定はできず、浸せきはく離試験片も採取できなかったので9分の供試試片数は80片である。

結果をみると7分が最も接着性能が良好で、5分と9分は劣る。第2表の接着層温度をみるとは温度上昇が低い。今回使用したサーモラベルでは75以下の接着層の正確な温度が把握できなかったが、使用した尿素樹脂接着剤の硬化特性を考えると、5分では硬化に必要な温度と時間が得られないものと考えられる。このため5分という加熱時間は接着性能において劣るものと推定される。

しかし、9分では7分に比べ接着層温度に大差はない。選択加熱方式では木材に比べ接着層のtanが大きい(2倍以上⁵⁾)ため接着層温度が材温に先行して上昇する。その後接着剤の硬化に従いtanは小さくなり材温は徐々に接着層温度に近づくものと考えられる。したがって、加熱時間を9分に延長することによって材温の上昇はあるものの接着性能が低下する原因は考えられない。当初の考えでは加熱時間を9分にすることによって、より一層接着性能が安定することを期待



第5図 加熱時間と接着性能

したが結果は必ずしもそのとおりにはならなかった。

この原因については定かではない。

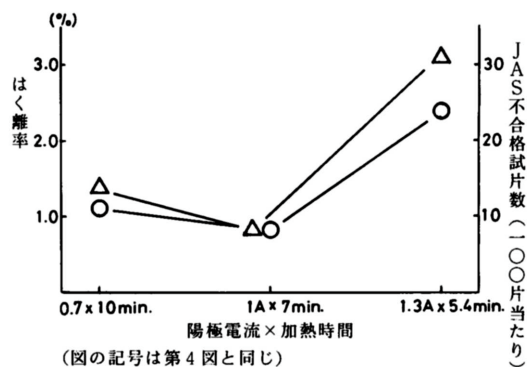
なお、発火の原因は、接着層と木材の温度上昇により水蒸気が発生するが、これが極板で結露して単板と極板の間に水滴を生じ、これにスパークしたためと推定される。したがって、加熱回数を重ねるに従って極板に付着する水滴は多くなり、発火現象が生じやすくなる。

4.5 陽極電流(A)×加熱時間(分)の影響

試験結果を第6図に示す。はく離率、JAS不合格試片数の測定法は第4図と同じである。結果をみると 1A (アンペア・以下同じ)×7分と 0.7A ×10分ではほとんど差はないが 1.3A ×5.4分では劣る。理論的には各条件とも同じ高周波エネルギーを与えているが、第2表の接着層温度を見ると 1.3A ×5.4分は明らかに低く、接着層の温度上昇に費やされるエネルギーに差があることになる。この原因は明らかではないが、陽極電流を必要以上に増加させると木材部の温度上昇にも費やされることが考えられる。

いずれにせよの接着性能が劣るのは接着層温度が低いことに起因していると思われる。また、これに加え尿素樹脂接着剤では急激な接着層温度の上昇は発泡現象を生じ接着性能の低下を招くともいわれている⁶⁾。

高周波加熱の特徴は短時間での接着剤硬化にあるが、あまり急激な上昇は接着性能の低下を招く。今回の試験ではLVLの積層厚さ10cm当たり 1A が最も接着性能に優れていた。



第6図 陽極電流×加熱時間と接着性能

5. まとめ

分割加熱方式の高周波加熱プレスを使用して、カラマツLVLの製造試験を行った。堆積時間、冷圧時間がLVLの接着性能に及ぼす影響を検討するとともに、塗布量、加熱時間、陽極電流×加熱時間について適正な製造条件を求めた。結果は以下の通りであった。

1) 堆積時間が40分程度以内であれば、はく離率との間に相関関係は認められなかった(但し室温が12~15の条件において)

2) 冷圧時間についても40分以内の範囲では、はく離率との間に相関関係は認められなかった。

3) カラマツ4mm厚単板でLVLを製造する際には、塗布量は18g/900cm²(片面塗布)程度が必要である。

4) 加熱時間については1回当たり7分が最も接着性能が良かった。

5) 陽極電流×加熱時間では、能率も考慮すると

1A×7分(LVLの積層厚さ10cm当たり)が良い。

文献

- 1) 小倉高規ほか4名：日本木材学会北海道支部講演集, 13, 44 (1981)
- 2) 小倉高規：木材工業 36, 589 (1981)
- 3) 同上 37, 1 (1982)
- 4) 滝欽二ほか1名：第21回接着研究発表会要旨 (1983)
- 5) 福田総一郎ほか1名：木材と技術 No, 22, 6 (1975)
- 6) 滝欽二ほか1名：木材工業 34, 344 (1979)

- 試験部 合板試験科 -

- *1試験部 林産機械科 -

- *2日本住宅・木材技術センター -

(原稿受理 昭58.8.18)