

高周波加熱で単板積層材を造る

—分割加熱によるカラマツLVLの製造—

高谷典良

〇はじめに

林産試験場（林産試）ではカラマツ間伐木の利用の一つとしてLVLの製造を試み、一連の設備を導入し試験を続けています。このカラマツLVL製造ラインについては、既に何度か紹介されているように接着工程では高周波加熱プレスを使用します。

木材の接着に高周波加熱を利用することは、何も特別に新しいことではありません。これまでも、例えば曲面合板、集成材、化粧単板の接着などで利用されています。ところが、これまでの利用ではいずれもその製品の断面積は小さく、また接着層もせいぜい数層のものがほとんどです。しかし、高周波加熱を大断面、多接着層の製品にも利用できれば、LVL製造には非常に好都合な設備となります。

そこで林産試は、断面寸法が約50×50cm、長さ370cm、接着層数が100層以上もあるカラマツLVL製造に高周波加熱プレスの利用を考えました。

〇何故カラマツLVL製造に高周波加熱を利用するか

LVLのメリットの一つは中小径材から断面の大きな長尺の製品を造ることにあります。断面の大きな製品を造る場合、接着剤の硬化にホットプレスを用いるのは適当ではありません。というのは木材は金属とかコンクリートに比べ熱の伝わり方が非常に遅い（熱伝導率が小さい）ので、表面

の温度は上昇しても中心部の温度はなかなか上昇しません。したがって、一般的には断面の大きな製品は冷圧で造ります。しかし、冷圧では接着剤の硬化に、普通は一昼夜ほどの時間が必要で能率が劣ります。また、冷圧といっても20程度の温度は必要なので、北海道のような寒冷地では保温室の設備が必要になります。

その点高周波加熱は、

- 1) 木材の内部から均一に加熱することができる
 - 2) 加熱速度が大きく、またコントロールすることができる
 - 3) 接着層だけを選択的に加熱することができる
- などの特徴があり、カラマツLVLを能率的に製造するには適した方法と考えられます。

なお、図1に示すように高周波加熱の方式には、接着層に対し極板を平行に配置する全体加熱(a)と、直交するように配置する接着層選択加熱(b)があります（この外特殊な例として迷走加熱がある）。上記(3)の特徴を持つのは接着層選択加熱方式です。

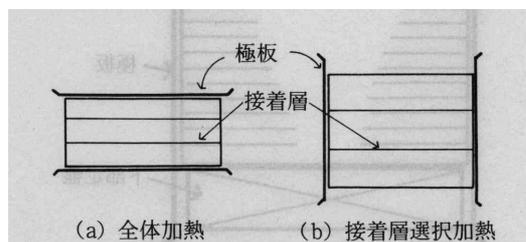


図1 高周波加熱方式

○林産試の高周波加熱プレス

林産試で使用している高周波加熱プレスの能力を次に示します。

- 最大製品寸法 : 幅50 × 高さ50 × 長さ370 (cm)
- 最大高周波出力 : 30kW
- 極板寸法 : 高さ76 × 長さ90 (cm)
- 使用周波数 : 13.56MHz
- 加熱方式 : 接着層選択加熱方式
- 最大圧縮圧 : 14kg / cm²

このプレスでLVLを製造する時は、**図2**に示すように上下に木製の定盤を入れ、上部の圧縮用ダミーブロックを動かして(上ラム式プレス)圧縮します。極板は、接着層選択加熱方式ですから、接着層と直交するように配置されています。

さて、製品寸法の良さが370cmなのに、極板長さが90cmでは妙な話ですが、このプレスは極板が、圧縮されているLVLの長さ方向に移動し、5回に分けて加熱する(一部は重複して加熱)分割加熱方式になっています。

この方式にした理由は、設備費が安くなること、電気容量が小さくても設置できることです。これを一度の加熱で終了させるには30kWの5倍の150kWに相当する電気設備と、長さ370cmの極板が必

要になります。したがって、高周波加熱で分割加熱方式が採用できるとなれば利用の範囲も拡大するものと思います。

以下に、この分割加熱方式の高周波加熱プレスを用いて、ユリア樹脂接着剤でカラマツLVLを製造することの適否、2~3の製造条件と接着性能について述べます。

○分割加熱方式はLVLの接着性能に影響しないか

分割加熱方式では圧縮してから加熱するまでの、いわゆる冷圧時間が加熱のための各分割部分で変わります。例えば、1回の加熱時間が10分の場合では、5回目に加熱する部分では40分の冷圧時間を経過した後に加熱されることとなります。これがLVLの接着性能に影響しないのかということが問題になります。もし悪い影響があれば分割加熱方式は不適だということになります。

そこで、今回は加熱時間が5分、7分、10分の条件で幅48 × 高さ30 × 長さ370(cm)のLVLを製造して接着性能を調べました。結果は、いずれも接着性能に影響はありませんでした。すなわち、冷圧時間が40分以内であれば何ら接着性能に影響はなく、分割加熱方式の高周波加熱プレスがカラマツLVL製造に利用できることが分かりました。

○堆積時間はLVLの接着性能に影響しないか

林産試の製造ラインのレイアップ装置は、長さ370cmに縦接ぎした早坂を自動的にスプレッドで

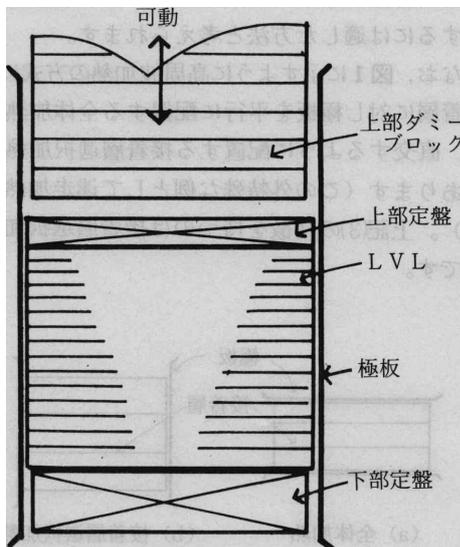
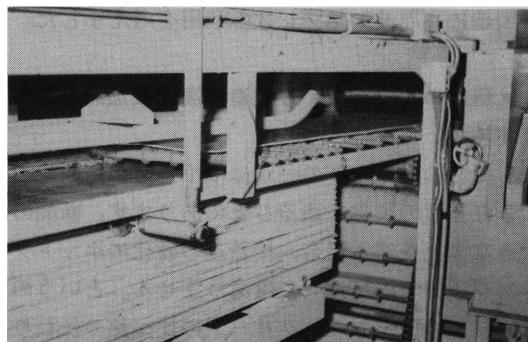


図2 カラマツLVL製造方法



接着剤塗布・堆積されている単板

接着剤を塗布し（片面塗布）、順次堆積されるようになっていきます（写真）。厚さの大きいLVLを造るにはかなり多くの単板を塗布・堆積しなければなりません。例えば、林産試で使用している4mm厚さ（剥き出し厚さ）の単板で、50cm厚さのLVLを造るとなると約130枚もの単板を塗布・堆積しなければなりません。したがって、塗布初めと終了時では、塗布してから圧縮するまでの堆積時間にかなり差ができます。

そこで、堆積時間を0分、12分、24分、36分と変え、幅48×高さ30×長さ370（cm）のLVLを製造し接着性能を調べました。その結果、実験範囲では堆積時間と接着性能の間に関係はなく、約40分以内であれば影響のないことが分かりました。しかし、この時の室温は約15℃でしたので、夏期のように温度が高い時は堆積時間が長いと、いわゆる乾燥接着の心配がありますから注意が必要です。単板含水率、使用接着剤などで多少差はありますが、できれば20分以内が望ましく、長くても30分以内が無難だと思います。

○塗布量はどれくらいが適当か

それではカラマツ4mm厚単板で、ユリア樹脂接着剤を使用してLVLを造る時、塗布量はどれくらいが適当でしょうか。

今回は14、18g/900cm²（片面塗布）の二つの条件でLVLを製造して接着性能を調べました。結果は図3のようです。この図でははく離率とは、浸

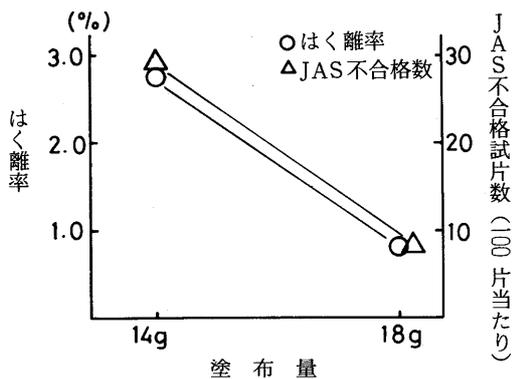


図3 塗布量と接着性能

せきはく離試験（70℃ - 2h浸せき 60℃ で含水率8%以下まで乾燥）ではく離した接着層の割合、JAS 不合格試片数とは、単板積層材のJASで不合格と判定された試片の数です。結果は明らかに18g/900cm²の方が接着性能が優れています。14g/900cm²という塗布量は合板製造では一般的な量で、特に少ない量ではありません。しかし、カラマツ4mm厚単板は面粗れが大きいこと、また、接着層選択加熱方式はホットプレスに比べ材温の上昇が少ないことなどから、一般的には多目の塗布量が必要です。同様の理由で圧縮圧も高目に設定した方が無難であり、林産試では14kg/cm²の圧縮圧をかけています。

○1回の加熱時間と与えるエネルギー量は

高周波加熱の長所は断面の大きい製品でも短時間で接着剤の硬化ができること、与えるエネルギー量が簡単に変えられることです。能率の点からいえば短時間が望ましいのは言うまでもありません。そのためには多くのエネルギーを短時間で与えれば良い訳ですが、接着性能の点からいえば必ずしもそれが良いとはいえません。急激に接着層温度を上昇させると接着剤が発泡して接着性能が低下することがあります。また、短時間で多くのエネルギーを与えるには、それだけの高周波出力を持つ発振機が必要で設備費が高くなります。したがって、その高周波加熱プレスの持つ出力と、造る製品寸法（おおよそ、その製品の全接着層面積が関係する）によって適当な時間と与えるエネルギー量を出す必要があります。

林産試の高周波加熱プレスでは、試験の結果、1回の加熱時間は7分、与えるエネルギー量はLVL10cm厚さ当たり7.5kWの高周波出力が接着性能、能率の点からみて最も良いことが分かりました。この条件で幅48×高さ45×長さ90（cm）のカラマツLVLを製造した時の接着層温度を図4に示します。LVLの幅方向の中央部が両端に比べやや低い傾向にありますが、接着剤の硬化にはほぼ十分な温度が得られ、大断面、多接着層のLVL製造が十分可能です。

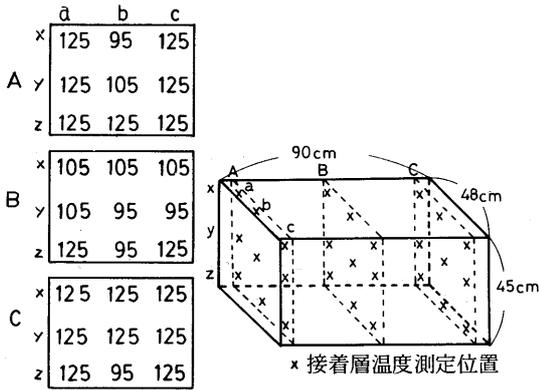


図4 接着層温度測定位置と温度()

なお、構造用、外装用 LVL の製造にはフェノール変性レゾルシノール樹脂接着剤を使用しますが、同じ条件で製造して十分な接着性能が得られることも確認しています。

○高周波加熱の問題点

長所については前述のとおりですが、問題点もいくつかあります。

まず設備費が高いということです。いくら分割加熱方式を採用しても冷圧に比べれば高くなるのは否めません。

次に維持管理が難しいということもあります。高周波加熱は、まだ完全に確立された技術ではありません。製造中に製品が発火することもあり、維持管理が難しい設備の一つです。

第三に、すべての接着剤には使用できません。一般的にはフェノール樹脂接着剤には不適とされています。

このように高周波加熱プレスにもいくつかの問題点があるので、その使用にあたっては長・短所をよく見極め、良所を生かした使い方をすることが必要です。ホットプレスには無い内部加熱という大きな特徴を持っているので、使い方によっては非常に有効な設備です。今後、木材の接着、乾燥、あるいは曲木加工などへの利用拡大が期待されます。

(林産試験場 接着科)