

LVL中空柱の開発とこれによる 在来工法の改良についての提案

東京大学農学部

助教授 大 熊 幹 章

1. 外材一辺倒から国産材利用へ

公表された54年度の林業自書によれば、53年の木材供給量は、外材が7,086万 m^3 （前年比5%増）で、外材のシェアは7割に達しようとしている。木材工業、特に合板工業においては、ラワン丸太を対象にした大量生産、高能率な製造ラインが確立され、住宅生産においても、米材、北洋材、ラワン合板を多量に用いる生産システムが確立されたようである。

しかし、海外の資源戦略、円相場の下落などから安い外材の時代はもう終わったと言われている。しかも数量的にも今までのように必要量を容易に確保することは困難であろう。

このような事情から、外材一辺倒の木材工業、ひいては住宅産業は根底から見直しをせまられている。

一方、国産材生産に関しては、現在林業的端境期にあるが、資源は次第に充実の度を深めており、もう少しすれば、拡大造林木が利用できるようになると言われている。木材工業、住宅建設の原料資源の一部を国産材に求めることが可能となるわけである。いや、外材に頼れなくなれば、国産材を求めざるを得なくなると言った方がよいかもしい。外材から国産材への転換は一朝一夕で出来る問題ではないが、今からその準備をするべきであろう。育林から住宅生産に至るまでの一貫したシステムの検討に入らねばならない。

国産材の特徴としては一般に、針葉樹造林木が対象となること、したがって小径材、曲がり材、早生、若令、節等の欠点の多いものを考えねばならない。すなわち、短材、低強度、大きな材質変動、狂いの発生などを考慮した利用技術を開発し

なければならぬが、一般に製品への歩留まり低下、加工能率低下は否めないのではなからうか。特に製材品のはん中で考えると困難は大きいものがある。

2. 国産材利用を前提にした在来工法の改良、合理化

多くの調査結果によれば、国民の木造住宅（在来軸組工法住宅）への指向はなお大きく、75%にも達するという。在来工法による住宅への信頼感は実に大きなものがある。

建てかえ、増築が容易で、補修が効き、融通性があること、居住性に優れていること等の在来工法自体の特徴に加えて、我が国の林業が、軸組工法を対象とした柱生産林業であること、大工、工務店など、在来工法住宅建設に従事する個人、法人が極めて多数にのぼることを考慮すると在来工法を政策的にも伸展せしめねばならない。

一方、在来工法には種々の問題点があることは常に指摘されることである。日本住宅・木材技術センターの在来工法合理化促進事業など多くの技術的検討がなされている。

ここで軸組工法における最も重要な部材である柱について、生産、性能、利用上の問題点をあげてみる。

(1) 今、断面10×10cm、長さ3mの柱を丸太から取る場合を考えると、当然のことながら、末口15cm以下、長さ3m以下の丸太からはそのような寸法の柱は得られない。

(2) 曲がりのある丸太、完満度の悪い丸太から無理して上記の柱を取れば、歩留まりが極めて悪くなる。

(3) 乾燥してくると割れが入るもの、ねじれるもの、節などの欠点の多いものからは低品質の柱しか得られない。

(4) 在来工法においては、仕口をほぞ等の欠き込みをともなう方法で行うのが常であり、欠き込みによる断面欠損は強度上大きな問題である。またこのような仕口加工には高度な技術を要する。

以上の柱についての問題点を解決することは、在来工法の大きな改良に通ずるものである。

3. LVLを用いた構造用柱

そもそも、すべての木質材料は再構成材料である。すなわち、細分化されたエレメント (Unit) を接着剤で合体したものである。合板は単板というUnitを貼り合わせたものであり、パーティクルボードはチップというUnitを接着剤で固めたものである。この製造原理は、次の二つの目的を果たしていることで極めて有効な木材利用の形と言えよう。

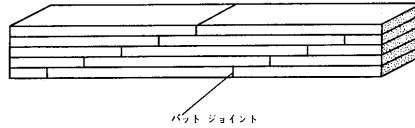
原料のUnit化 (小さくして使うこと) : 原材料の選択範囲を著しく広げた。すなわち、廃材利用を可能にした。

Unitの合体 : 製品の寸法、形状の幅を広げた。またその過程で性能の向上も得られた。さて、前節において述べた在来工法に用いる柱についての問題点(1)~(3)は、この木質材料の製造原理を適用することによってすべて解決される。すなわち、丸太を単板化し、これからLVLによる柱を造る下記のシステムである。

丸太 単板 (Unit) 柱 (LVL)
Unit化 合体
(ロータリー切削) (圧縮接着)

LVL (単板積層材) については他の文献にゆづるが、単板を繊維方向に平行に重ねて接着し、ブロック材として利用するものである (第1図)。

この方法によれば、ムキ心を除いた丸太のほとんどすべてが柱に転換され (直径30cmの丸太のムキ心径5cmまでロータリー切削すれば、歩留まりは93%)、また完満度の悪い丸太、曲がりの



第1図 LVL (単板積層材) の模式図

ある丸太は短尺にしてカットし、LVL製造時に第1図に見るように単板をバットジョイント (Butt joint) とすれば長尺の柱に転換できる。更に、集成材と同様に、単板の集成効果が発揮され、性能の向上が期待できる。

4. LVLの問題点

上記のように、LVLには多くの利点が存在するにもかかわらず、生産、利用とも未だに伸展が見られないのが現状である。その理由として、次の2点を指摘したい。

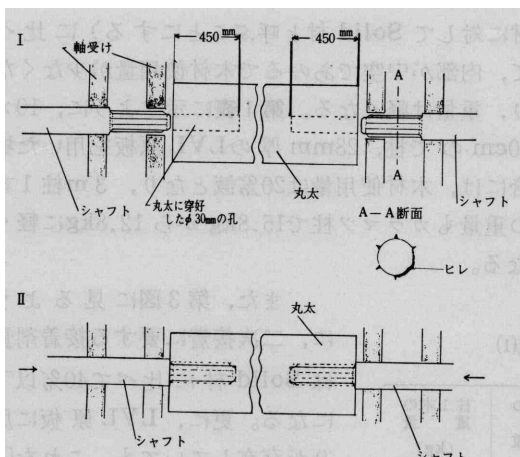
A 製造法についての問題点、技術開発が望まれる事項

単板切削法 : 小径丸太から厚単板を能率よく、歩留まり高く得る方法の開発

国産針葉樹造林木を対象にするものであるから、丸太は自ら小径のもの (10~30cm) が主になる。しかも、LVLの圧縮工程の単純化、更には強度上から一断面に単板のジョイント部が二つ以上存在することは望ましくない (第1図参照)、ロータリー単板の長さは最低90cmは必要となる。このような条件下で、比較的厚い単板を高効率、高歩留まりで切削する新しい技術の開発が必要である。現在、丸太の中心部に孔をあけ、シャフトを通して、レースの回転軸とする方法を考案し、実験中である。第2図に一つの考え方を示した。この案については別の機会に報告したい。

圧縮接着法

構造用の柱材を得るのであるから、安定した、高度な接着力を有し、しかも製品の厚さが厚く、長尺なものを能率よく、低コストで大量に生産する方法の開発を要す。これは現在の技術レベルでは極めて困難な要求であり、多段平板プレスによ



- : 装着前 (丸太にはφ30mmの孔があけられている)。
- : 丸太の孔に両側からレースのシャフナが押し込まれる。シャフナについている6枚のヒレが丸太に食い込み、丸太とシャフトは固定される。

第2図 ロータリーレースにおける新しい丸太装着法の一例

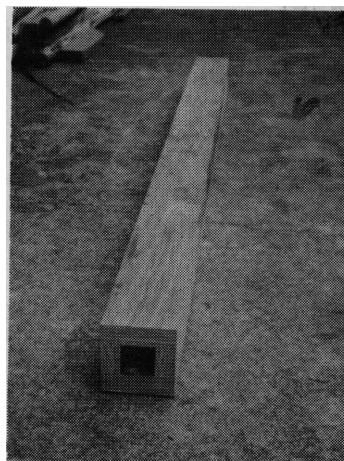


写真1 LVLによる中空柱
カラマツ単板使用

えて見る。

LVLの性能については、乾燥材であると、集成效果による寸度安定性、強度変動が小さいことによる許容応力度が大きくとれる可能性などが指摘されている。これらの特性は材料として好都合なことであるが、LVLを他の材料を差しおいて採用する決め手となるにはものたりない。特に、強度に関しては、単板裏割れの影響が認められ、せん断に対しては製材品より強度大とは言えない面がある。

次にLVLが取りうる形状について考える。

Butt jointを採用することによって長大材が得られること、成型治具を用いることによって湾曲材が容易に得られることはすでに指摘されており、LVLの大きな特徴である。長大材、湾曲材を住宅工法の中に取り込む実験的研究の伸展が望まれる。ここではもう一つの形状的な特徴、すなわち、中空材が得られることを指摘し、これの建築への適用についても考察する。試験的に製造したカラマツ中空柱を写真1に示す。

5. 何故中空柱を考えるか

中空柱を取り上げる理由を述べる。

(1) LVL製造技術からの制約

すでに述べたように、安定した、高い接着力を

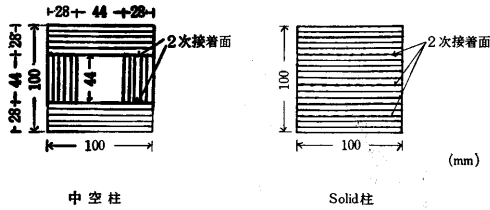
る熱圧縮法しか考えられない。しかし、この方法では厚いものの製造は不可能であり、せいぜい30mm厚が限度であろう。

B. コスト問題：製材品、集成材等との競合

LVLの製造において、上記したように比較的 low quality の丸太を使用できる点はコスト的に有利なことである。しかし、接着剤コスト、単板切削、圧縮接着に要するエネルギー費用、設備費、人件費を考慮すると製材、集成材、軽量型鋼等の他のブロック材との競合はかなり困難なものがある。

204材などの小断面材、15×40cm断面などの重木構造 (heavy timber construction) に用いられる大断面材については、前者では製造エネルギーが低い製材品に、後者では接着層がより少なくすむ集成材にとっても太刀打ちできない。在来工法に用いられる柱などの甲断面材にやや可能性が存在する程度である。

すなわち、LVLは製材品の代替では駄目なのである。LVLの特徴、利点を生かした、LVLでなければ得られない製品の開発が不可欠であり、そうでなければ構造用LVLがこの世に存在する意義はない。それでは、そのようなLVLの特徴とは何であろうか。性能と形状の二つの面から考



第3図 LVLを用いた中空柱とSolid柱の断面構成の一例

第1表 LVLを用いたSolid柱と中空柱の比較(1)
カラマツLVL使用, 柱断面10×10cm

柱の種類	2次接着面面積 (cm ²)	実質部断面積 (cm ²)	木材使用量 (m ³)	見掛けの比重	柱1本の重量 (kg)
Solid柱	3m柱で 9000 (1.00)	100	3m柱で 0.030 (1.00)	0.53	3m柱で 15.8
中空柱	3m柱で 3360 (0.37)	80.6	3m柱で 0.024 (0.81)	0.42	3m柱で 12.8

注) ()内はSolid柱に対する比

有するLVLを能率よく、低コストで大量に製造するためには、平板プレスによる熱圧縮による製造方式の採用しか考えられない。ところが、熱圧縮で厚い製品を接着するには熱圧時間が長くなり都合が悪い。厚さが30mm限度と思われる。

LVLで柱を造るには、この厚さ30mmの原板を何とか工夫してブロック材に転換する以外はないのである。そこで従来から、この原板を単板に張り足して行く方法、原板を数枚二次接着する方法が試みられてきた。

このようにどうせ二次接着が必要であるなら、写真1、第3図に示すような中空柱を考えてみたらどうだろうか。

(2) 中空であることの利点
ムク材(これを中空

材に対してSolid材と呼ぶことにする)に比べて、内部が中空であるので木材使用量が少なくなり、重量は軽くなる。第1表に示すように、10×10cmの柱、28mm厚のLVL原板を用いた場合には、木材使用量は20%減となり、3m柱1本の重量もカラマツ柱で15.8kgから12.8kgに軽くなる。

また、第3図に見るように、二次接着に要する接着剤量はSolid材に比べて40%以下になる。更に、LVL原板に反りが存在していても、これを型に接着剤で固めてしまうので柱としての反りは認められなくなる。

一方、柱材における中空部の

利用が種々考えられる。仕口接合のためのホゾ孔、ボルト孔がすでにあけられているものと考えられるし、この孔を利用した新しい接合方法の開発の可能性が存在する。コード、パイピングのためのスペース、換気孔としての利用も考えられる。

(3) 中空であっても支障がないこと
第3図に見るように、中空柱における二次接着面は板目面と柁目面接着になり、通常の圧縮によ

第2表 LVLを用いたSolid柱と中空柱の比較(2)
カラマツLVL使用, 柱断面10×10cm

柱の種類	曲げヤング係数 ¹⁾ (kg/cm ²)	断面2次モーメント (cm ⁴)	座屈荷重 ²⁾ (ton)	座屈応力 ³⁾ (kg/cm ²)	断面2次径半 (cm)	細長比
Solid柱	76300	826.7	14.1	141.3	2.88	63.7
	78300					
中空柱	78000	817.4	14.4	142.5	2.84	64.8
	74600					

注) 1. スパン170cm, 中央集中荷重 全断面実質部として計算した見掛けのE
2. 両端ピン支持, 長さ約180cm
3. 見掛けの柱全断面で計算

って良好な接着力が得られる。事実、カラマツ中空柱について座屈実験を行ったが、破壊は接着層では全く生じなかった。

カラマツ6mm単板を用いて、LVLのSolid柱と中空柱を製造し、両端ピン支持による座屈試験を行った。製品は断面10×10cm、長さ180cmのもので、これを写真1に示す。

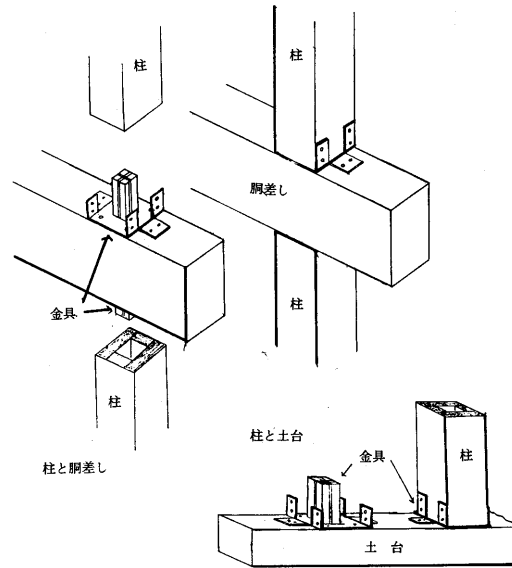
実験結果を第2表に示す。この表には曲げヤング係数の測定値も示す。表から看取されるように、曲げヤング係数、座屈荷重（見かけの座屈応力度）についてSolid柱と中空柱はほぼ同じ値を保持する。このことは両者の断面2次モーメント、断面2次半径、細長比が同程度の値を示すことから当然の結果である。

軸組工法において、柱が過大な鉛直力を受けたとき、これは長柱として働き、座屈による破壊を生ずることになる。このことは、本実験の結果を考慮すると柱は中空であっても、Solidのものと同じ性能を有し、中空であることが何ら支障にならないことを示す。すなわち、柱は中心部に5cm角程度の甲空部があってもよいことになり、これは単純に考えて20%の木材資源の節約につながり、大変意義のあることになる。ちなみに、中空柱は製材品からは得られないものであり、LVL特有の製品である。

6. 中空柱による在来軸組工法の改良

このように、資源的にも、性能的にも大きな意義のあるLVL中空柱を在来工法住宅の柱材に適用することを考えている。そして本材料を用いることによって在来工法の大きな合理化が可能になるものと思われる。

例えば、仕口接合に関して、第4図に示すようにCap型金具を用いる方法を考案している。すなわち、横架材にCap型金具を釘などによって固定し、これに中空柱の中空部をはめ込む方法である。金具の突出部（柱の中空部にはまり込む部分）は板バネになっており、柱の穴に強固に結合する。また同時に図に見るように8本の釘も打たれる。金具の横架材、柱への固定が、釘によって



第4図 Cap型金具を使用した中空柱と横架材の仕口

なされるが、いずれも板目面あるいは柱目面への平打ちとなり、木口打ち、斜め打ちとはならないので好都合である。この金具を用いれば、ホゾ結合と金属板による結合が必ず同時に行われることになり、仕口部の品質管理上も好ましい。柱の断面に欠き込み等の欠損部を生じないこと、面倒なホゾ加工をいっさい省略できることも大きなメリットである。横架材の横圧縮によるめり込みもこの金具によって防がれる。

7. あとがき

外材輸入の条件が更に厳しくなることが確実と思われる今日、我が国の木材工業及び住宅産業は重大な曲がり角にある。国産材の生産から、それを用いる木造住宅建設に至るまでの一貫したシステムを考える中で、LVLを用いた中空柱を取り上げ概説してきた。

我々はLVL中空柱の基礎実験と、これの住宅構造への適用について、実大住宅の建設に至るまで、更に大規模な実験を計画している。関係各位の御協力とアドバイスをいただければ幸いである。