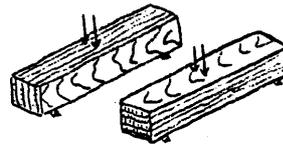


特集 単板積層材

林産試型 LVL の横 性質

森 泉 周



1. はじめに

林産試型 LVL の特徴は、短い中小径丸太から、長尺、大断面 (45cm × 45cm) の一次製品が得られることで、ひき割り許容寸法範囲が広く、板物から角物まで用途に応じた製材が可能なことです。製造された LVL がどのように利用できるか、用途の確立が必要ですが、そのためには LVL の材料としての性質を知ることが重要になります。当場のシステムで製造された LVL は、古くからある平行合板等の名称で使われてきた積層接着された材料と異なり、まったく新規な材料として考えられるものです。

材料は使用用途によって必要な性能が異なり、木質材料の場合、一般に要求される材料性能としては強度性能、水に対する性能、加工特性、表面加工性能 (主に塗装) および耐久 (耐候) 性能などがありますが、ここでは強度性能について若干の解説をします。

2. 原木と製品

現在、当場の LVL 用プラントで対象としているカラマツ原木は末口径 16 ~ 20cm の中径間伐材です。むき心径を小さくすると単板の歩留まりは高くなりますが、材固有の材質が劣る未成熟材部単板が多くなる可能性があり、また、カラマツ材の場合、心材部 (赤身)、辺材部 (白身) で色差が大きく、心材部では生材含水率が 50 ~ 60% と低く、乾燥や積層接着時の圧縮による単板のつぶれが小さく、逆に辺材部では生材含水率が 140 ~ 160% と高く、単板のつぶれも大きい¹⁾ など、その材質も異なっています。このような特徴を持つカラマ

ツ材からむかれた単板を使用して製造された LVL の性能は、単板の構成によって大きく影響される可能性があります。

そこで、未成熟材部と成熟材部および心材部と辺材部の関係を末口径 16 ~ 20cm の原木について検討してみましたが、その結果は材質指標 (曲げ強度、比重等) 値の増加からみて未成熟材部は髄から 6cm 前後、一方、心・辺材部の境界は 5.5 ~ 8.0cm の間にあることが分かりました²⁾。一般にカラマツ材の場合、未成熟材部は年輪数にして 10 ~ 15 年、または髄からの距離で 5 ~ 8cm の範囲にあるとされており、当场で対象としている末口径 16 ~ 20cm 前後のカラマツ原木を用いて LVL を製造する場合、

未成熟材部 心材部、成熟材部 辺材部

とみなしても、工業生産材料としてみた場合差し支えないものと判断されます。

中径木から比較的厚い単板 (生単板厚さで 4mm) をむき心径 7cm までむくため、単板の品質は、裏割れ率で 60 ~ 80%、裏割れ密度で 3 ~ 4 本 / cm 程度のものになります。LVL は、単位単板長さ 45cm の単板をつなぎ、積層するため一定の縦つぎ部 (バットジョイント) の存在を避けられません。LVL 全体の長さは、単位単板 8 枚と $\frac{1}{4}$ をつないだものであり、隣接する層とのバットジョイントの間隔は 11.25cm で、同一断面では 3 層おきに存在しています。

したがって、LVL の強度性能は、バットジョイントと単板の裏割れの影響が大きいことが考えられます。

3. 強度性能

強度試験では、材料の主要な強度性能である曲げ、引張り、圧縮およびせん断性能を測定、曲げについては長期荷重試験もおこなっております。各試験の試験体寸法は原則として、枠組壁工法用のツーバイフォー材(38mm×89mm)を基準にし、辺材単板のみ、心材単板のみ、両者を適当に混合したものの3種類のLVLを製造し、試験体としました。LVLと比較するためにカラマツ製材の試験をおこなったものもあります。次に各強度性能について述べます。

<曲げ強度>

曲げ試験の結果を表1に示します。LVLの場合、曲げ試験として荷重を接着層に平行(以下Ver.と書く)および垂直(以下Hor)にかけする方法があります。2つの荷重方法のいずれも辺材LVLの方が心材LVLより強度値は高く、強度値にかなりの差があります。荷重方向による強度値を比較しますと、曲げヤング係数では5~10%、曲げ強さでは5~15%程度Ver.の方がHor.より高く、荷重の載荷方向としてはVer.の方が有利であることがうかがえます。

表1 曲げ試験結果

	心材単板 L V L	心・辺材単板 混合 L V L	辺材単板 L V L
曲げヤング係数 ^{a)} (ton/cm ²) Ver. a) Hor. b)	89 ~ 96 ~ 102 82 ~ 92 ~ 102	97 ~ 110 ~ 118 94 ~ 104 ~ 113	115 ~ 125 ~ 134 104 ~ 114 ~ 124
曲げ強さ (kg/cm ²) Ver. a) Hor. b)	229 ~ 272 ~ 326 215 ~ 258 ~ 295	278 ~ 333 ~ 379 273 ~ 327 ~ 380	399 ~ 467 ~ 537 335 ~ 405 ~ 470

注) a); 曲げ荷重は接着層に平行 b); 曲げ荷重は接着層に垂直

Ver. LVLと製材³⁾の強度を比較してみました、それらの強度分布を図1に示します。

LVLについては先に示した心・辺材単板の混合比を3種に分けて示してあります。曲げ強さでは、製材の場合、高い強度のものもありますが全体にバラツキが大きく、かなり低強度のものも存在していますが、LVLの場合、強度はあまり高くありませんがその分布幅が小さく、心・辺材単板の混合比を変えたものではその分布幅がさらに小さくなります。ヤング係数では、LVLは製材より高く、強さと同様にその分布幅は製材に比べて小さくなっています。これらの点は、材料の性能で通常問題になる下限値(統計処理によって与えられる数値で、一般には下限95%信頼限界値を取る)を考える場合、製材より有利であり、さらにLVL製造時に心・辺材単板の混合比が分かれば、そのLVLの曲げ強度を推定できることが示されており、工業材料として考えることが可能な材料であることが分かります。

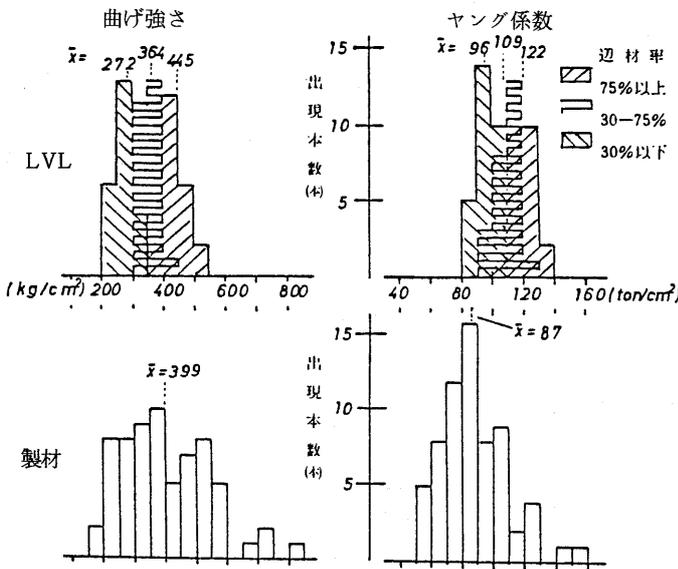


図1 LVLと製材の曲げ強度分布
(LVLは接着層に平行に荷重を加えて試験した)

<引張り強度>

引張り試験としては、縦引張りと同様に横引張りの2種類の試験をおこないましたが、横引張りでは積層面に平行(R)と垂直(T)方向の2条件があります。引張り試験の結果を表2に示します。

縦引張り強度は、曲げ強度と同様に辺材単板LVL、心・辺材単板混合、心材単板の順で低くなっており、全体の平均値は製材よりもかなり低くなっており、LVLの曲げ強度と比較してみますと縦引張りヤング係数と曲げヤング係数とはあまり差がありませんが、縦引張り強さは曲げ強さよりかなり低い値です。辺材単板LVLと心材単板LVLの縦引張り強さをみてみると、心材単板の混合割合が多くなるにつれて曲げ強さに対する強度低減割合が小さくなる傾向が認められます。曲げ強さの場合、破壊には引張側のバットジョイントのみが関与していると考えられますので、全体が関与している縦引張り強さでは、バットジョイントによる強度低下率がずっと大きくなります。したがって、強い材質(辺材単板LVL)のものと弱い材質(心材単板LVL)のものを比較すると、強い材質のものの方が強度低下に与えるバットジョイントの影響が大きくなるため、辺材単板LVLの強度値のほうが大きく低減したものとされます。

製材の場合、縦ヤング係数はLVLと同様に曲げヤング係数と大差がなく、縦引張り強さも平均値では曲げ強さと差が認められませんが、縦引張り強さが非常に小さいものがあり節の影響が大きいことをうかがわせます。

横引張りは材料を引き裂くような力のことで、幅広な板のときの割れなどに関係してきます。文献⁴⁾によりますとカラマツ材の場合、横引張り強さはR方向で50kg/cm²、T方向で約半分の25kg/cm²程度といわれています。LVLの場合、辺材単板LVLの方が多少低目の値です。R方向とT方向をみてみますとR方向の方が低い値です。製材に比べるとLVLは、裏割れの影響を受け、R方向で10%程度、T方向では35%程度の値しかなく、この性質は製材に比較して非常に劣っていることを示しております。

<圧縮強度>

圧縮も引張りと同様に力の作用する方向が2方向あり、柱などでは縦圧縮、土台などでは横圧縮強度が必要になります。圧縮試験結果を表3に示します。

LVLの縦圧縮強度で特徴的なのは辺材単板LVL、心・辺材単板混合、心材単板の3つの条件で大差がなく、製材の値よりも高くなっていることです。一般に縦圧縮強度は曲げや引張り強度より低いとされており、製材ではその傾向が認められますが、LVLではその傾向は顕著でなく、特に心材単板LVLの場合は曲げ強さより高く、また、全体の分布幅は、LVL、製材とも他の強度値より狭く、LVLではバットジョイント、製材では節などによる影響が小さいことをうかがわせます。縦圧縮ヤング係数はLVLのみしか測定していませんが、曲げや縦引張りより低目の値です。

横圧縮強度は、小試験体の場合試験体の全面に

表2 引張り試験結果

	L V L			製 材
	心材単板	心・辺材混合	辺材単板	
縦引張りヤング係数 (ton/cm ²)	86~99~113	99~112~122	105~121~148	49~87~148
強 さ (kg/cm ²)	190~219~225	224~266~298	303~335~357	144~375~650
横引張り強さ(kg/cm ²)				
積層面に平行(R)	4.5~6.2~7.5		2.8~5.1~7.4	
積層面に垂直(T)	5.7~6.7~8.1		5.4~6.3~7.2	

荷重を加える方法で得られますが、実大材の場合全面に荷重を加えることが困難であり、同時に横圧縮力が作用するのは建物における土台が柱などによって圧縮される場合や鉄道の枕木がレールによって圧縮される場合など、部分的に圧縮される

表3 圧縮試験結果

	L V L			製材
	心材単板	心・辺材混合	辺材単板	
縦圧縮 ヤング係数 (ton/cm ²) 強さ (kg/cm ²)	75~88~95 402~457~539	90~98~107 370~427~477	97~105~125 410~451~516	240~335~570
部分圧縮強さ* (kg/cm ²) Ver. a) Hor. b)	端部 78~88~101 65~79~94	中央部(心・辺材単板混合) 103~115~130 76~101~123		

注) *はりせいを5%圧縮させたときの強さ
a) 圧縮荷重は接着層に平行, b) 圧縮荷重は接着層に垂直

場合のほうが問題になりますので、部分圧縮試験をおこなっています。材の端部と中央部の2カ所に一定幅の当て板を添えて圧縮試験をおこないます。横圧縮の場合、縦圧縮などと異なり、破壊点の確認が困難なため、変形が辺長の5%を超えたときの応力をもってその性能を評価しています。これも曲げ試験と同様に荷重方向が2方向 (Ver. Hor.) あります。

端部と中央部では当然中央部の値が高く、荷重方向による差では曲げ試験結果と同様に Ver. の方が Hor. より大きな値です。製材の強度値については、試験方法や試験体寸法が異なった場合、数値の比較ができないため、引用も含めて示しておりません。

<せん断強度>

せん断力とは引張り力や圧縮力と異なり材料を横にずらすように作用する力で、曲げ荷重を加えた場合、上側に圧縮力、下側に引張り力、中央にせん断力が作用することになり、このせん断性能を知ることは重要なことになるわけです。特に木材が構造部材として使用される時、梁せいが高く、スパンが短い場合、梁の外線部(引張り側や圧縮側)での破壊の前に、梁の中央で突然水平に破壊する場合があります。また、材料の接合部分では材料に平行および垂直にせん断力が作用しますので、構造用部材として使用するにはこのせん断強度が高いことが非常に重要な性質となります。

木材の場合、一般にせん断力に対する抵抗力が弱く、木材が構造部材として用いられる場合の弱点とされています。LVLの場合、曲げ、縦引張りでの強度値の低減の主要な因子はバットジョイントですが、せん断強さは裏割れによって低くなる可能性が考えられます。

せん断試験は、通常のプロックせん断試験とスパン - 梁せい比を小さくした曲げ試験による水平せん断試験をおこないました。

プロックせん断試験の結果を表4に示します。辺材単板LVLと、心材単板LVLではほとんど差がなく、積層面(R面)の方が接着層面(T面)より多少大きな値です。製材ではR面の方が多少弱いとされていますが、ここでは逆の結果になっています。繊維方向のせん断強さは製材と同程度と考えられます。しかし、単板面を繊維方向に直交してずらす力のローリングシアは、裏割れの影響を大きく受けており、ほかのせん断強度に比べて非常に小さく20%程度しかありません。また辺材単板LVLの方が心材単板LVLよりも小さくなっていますが、これは横引張りの値で辺材単板LVLの方が心材単板LVLよりも小さいことに関連があると思われます。

水平せん断については、その試験体の寸法やスパン - 梁せい比などによって見掛けの最大せん断強さが異なり、真のせん断強さを求めるのも困難ですが、ここでは一つの基準、すなわちスパン - 梁せい比を4として枠組壁用の部材で最も梁せい

表4 プロックせん断試験結果

	心材単板 L V L	辺材単板 L V L
積層面に平行 (R) (kg/cm ²)	70~95~120	70~94~110
積層面に垂直 (T) (kg/cm ²)	70~87~110	70~87~110
ローリングシア (kg/cm ²)	18~22~32	12~17~28

のあるツーバイツェル材 (38mm × 286mm) について推定した見掛けの最大せん断強さでみますと、LVLでは30kg/cm²程度となり、これは38kg/cm²程度といわれている製材や集成材のそれに比較しますとかなり小さな値であり、裏割れの影響が考えられます。なお、水平せん断力についての詳しい内容は文献⁹⁾を参照して下さい。

4. まとめ

主要な強度性能について製材と比較しながら述べてきましたが、曲げ(b)、縦引張り(t)、縦圧縮(c)の強度の関係は次のようになります。

	強 さ			ヤング係数	
心材単板LVL	$c >$	$b >$	$t,$	E_b	$E_t > E_c$
辺材単板LVL	$b >$	$c >$	$t,$	E_b	$E_t > E_c$
製 材	b	$t >$	$c,$	E_b	E_t

LVLの場合、バットジョイントにより縦引張り強さの低下が顕著であることが認められます。また、裏割れが強度に関与すると思われる横引張り強度、せん断強度(特に水平せん断、ローリングシア)が製材よりかなり低いことが認められます。

LVLは固有の欠点であるバットジョイント、

裏割れがあり、製材に比べて各強度値の絶対値を低下させますが、材内に集中的に存在する節や目切れなどによる影響が小さくなり、製材より強度値の分布幅を狭くすることができます。構成単板の心・辺材別、あるいはその混合比、構成の方向に十分注意して使用設計をする必要がありますが、いったん、この区別をすれば、強度値のバラツキをいっそう少なくすることができます。柱目から板目に至る多様な変化を内包する製材に比べて、LVLはねじれ、狂いが少なく性能の予測をおこないやすい材料であり、これらの点では工業用資材として好ましい性質を持つ材料といえます。

参考文献

- 1) 野崎兼司ほか5名：林産試月報，378，7 (1983)
- 2) 森泉周ほか3名：林産試月報，348，1 (1984)
- 3) 倉田久敬ほか4名：林産試研報No.67 (1978)
- 4) 北原覚一：“木材物理” 森北出版p142～143 (1966)
- 5) 森泉周ほか1名：林産試月報，390，8 (1984)

(林産試験場 合板試験科)