

# カラマツLVLの強度性能 (第2報)

- 曲げ強度性能 -

森 泉 周 真 田 康 弘  
前 田 典 昭<sup>\*1</sup> 小 倉 高 規<sup>\*2</sup>

## The Strength Properties of Japanese Larch LVL ( )

-Bending Strength Properties -

Shu MORIIZUMI Yasuhiro SANADA  
Noriaki MAEDA Takami OGURA

A series of strength tests are being performed to know allowable unit stresses for Japanese larch LVL. This paper reports on the bending properties of the LVL. Static bending tests were performed on actual-size specimens of both vertically-laminated beams (Ver.LVL) which had five different depths of 56 mm to 150 mm and horizontally-laminated ones (Hor.LVL) which had only one depth of 89 mm. The results are summarized as follows:

(1) The bending properties of the LVL depend on the mixing ratio of sapwood and heartwood veneer. A negative corelationship is recognized between the ratio of sapwood veneer and the average veneer thickness of the final products, and this makes it possible to estimate the bending properties of a product upon the basis of the average veneer thickness.

(2) According to the average veneer thickness of the products, the bending properties of the Ver.LVL are classified into three grades; under 3.7 mm for the first grade, 3.7 mm to 3.8 mm for the second, and over 3.8 mm for the thick. According to how sapwood and veneer are arranged, the bending properties of the Hor.LVL are grouped into three. In the first group, the tension side consists of the sawpwood alone; in the second, the sapwood and the heartwood are arranged in crosswise-alternating layers; in the third, the tension side is composed of the heartwood alone.

(3) The coefficient of the dimension regulation of ASTM can be applied to the relationship between the bending strength and the depth. The ratio of bending strength reduction, which depends on the butt joints of the LVL, can be calculated with the butt joints of the tension side taken for the loss section.

(4) It is possible to say that the prediction of the bending strength from an modulus of elasticity is more precise for LVL than for sawed lumber.

カラマツLVLの許容応力度を設定するために、一連の強度試験を行っている。LVLの曲げ強度性能の検討した結果についての報告である。

Ver. LVLでは5条件の梁せい（56 - 150mm）の実大サイズの試験について静的曲げ試験をまた、Hor. LVLでは1条件（89mm）について行った。

結果を要約すると以下のものである。

（1）LVLの曲げ強度性能は辺材単板と心材単板の混合比によって変わる。辺材単板率と仕上り製品の平均単板厚の間に負の相関関係が存在するため、曲げ強度性能は平均単板厚を基準にして評価できる。

（2）Ver. LVLの曲げ強度性能は製品の平均単板厚によって3つのグレードに分けられる。すなわち第1は3.7mm以下、第2は3.7 - 3.8mm、第3は3.8mm以上。Hor. LVLの曲げ強度性能は、辺材単板と心材単板の混合比によって3つのグレードに分けられる。すなわち第1は引張り側に辺材単板のみ配置、第2は辺材単板と心材単板を交互に配置、第3は引張り側に心材単板のみ配置。

（3）曲げ強さと梁せいの関係ではASTMの寸法調整係数が適用できる。LVLのバットジョイントに依存した曲げ強度低減比は引張り側のバットジョイントを欠損断面として計算できる。

（4）ヤング係数からの曲げ強さの予測はLVLの方が製材より正確に推定しうる。

## 1. はじめに

林産試験型LVLの製造システムは、高能率生産を前提に、中小径材の加工を基本的な考え方として開発されたものである。その特徴は、製品の寸法を広範囲に取ることができ、用途の多様性をねらいとしている<sup>1)</sup>。

LVLは従来の木質材料に比べて大型の断面及び長さの製品を製造することが可能であり、その特徴を生かすには、構造材の利用が最も重要であろうと思われる。そのためには許容応力度の設定が不可欠であり、その基礎データを得ることを目的として一連の試験を行っている。

未口径16～20cmのカラマツ間伐材の材質とその曲げ強度性能について前報で報告したが<sup>2)</sup>、ここでは、林産試験場で現在標準的に製造されているカラマツLVL（実大ジョイスト材）の曲げ強度性能を製造システムに関連させて検討した結果を報告する。なお、本報告の一部は日本木材学会大会（第33回、京都市、1983年4月）で発表した。

## 2. 供試材および試験法

一連のLVL製造試験<sup>3-5)</sup>に用いたものと同一の美瑛産造林カラマツ間伐材を使用した。

### 2.1 LVLの製造

LVL製造の概略は以下のものである<sup>3-5)</sup>。未口径16～20cmのカラマツ原木に煮沸による前処理を行った

後、長さ50cmに玉切りし、外周駆動併用型ロータリーレーズで厚さ4mmの生単板をむき心径70mmまで切削し、ローラードライヤーと熱板ドライヤーを併用して含水率5%前後まで乾燥させ、高周波プレスを用いて積層接着し、LVLを製造している。生単板の平均含水率は、辺材単板で140%前後、辺・心材混合単板で60～80%、心材単板で40～50%と大きな差があるため、3種の単板を分離して乾燥を行っている。高周波プレスによる積層接着は、接着剤としてフェノール変性レゾルシノール樹脂またはエリア樹脂を用い、18g/900cm<sup>2</sup>を片面塗布し、高周波プレス条件として圧縮圧14kg/cm<sup>2</sup>、積層厚10cmにつき陽極電流1Aで7分間加熱している。単板の裏割れ率は60～80%、裏割れ密度は3～4本/cm程度である。製品の含水率は7～9%程度である。

LVLは単位長さ45cmの単板をつなぎ、それを積層するため、一定の間隔でButt Joint（以下BJと記す）が存在する。現在林産試験場LVLの場合、隣接するBJの間隔は11.25cmで3層おきに存在している（第1図）。前報<sup>2)</sup>で明らかのようにLVLの強度性能は辺材部と心材部（未口径16～20cm前後の原木では未成熟材と一致）の構成単板により差がある。そこで、辺材単板と心材単板の混合比を変えて製造したLVLと通常のラインで製造したLVLの2種類を試験体とした。

2.2 試験体と試験法

LVLを梁として使用する場合、荷重方向が接着層と平行する垂直積層梁(Vertically laminated beam 以下Ver. LVLと記す)及び直交する水平積層梁(Horizontally laminated beam, 以下Hor. LVLと記す)の使用が考えられるのでこの両者について試験体を採取した。

試験体寸法及び形状を第1表および第1図に示す。試験体寸法は204相当材を基準とした。Ver. LVLでは梁せいを56~150mmの範囲で5条件、Hor. LVLでは1条件とした。

むき厚4mmの単板で乾燥及び熱圧工程後の厚さ減りは4~10%程度で、仕上りLVLの平均単板厚は3.60~3.85mm程度になり、梁幅の寸法は多少ばらつきがある。梁せいは、LVL粗ブロックからの切り出しの関係で枠組壁用のdimension lumberになっていないが、おおよそ203から206相当材である。

204相当材LVLの一部について、辺材費板と心材単板の混合比を意識的に変えた試験体を製造した。常法で切削した単板から、内周部(心材)より3枚、最外周部を除いた外周部より2~4枚(心材が含まれる

ものを除く)の単板を抜き取り、単板構成比を以下のような5種としてLVLを製造した。

辺材単板; 1.0, 0.7, 0.5, 0.3, 0

心材単板; 0, 0.3, 0.5, 0.3, 1.0

辺材単板のみ及び心材単板のみの試験体は各15体、辺・心材単板混合の試験体は各5本とした。

曲げ試験は、フラット・ワイズで重錘法により剛性試験を行い、その後エッジ・ワイズで3等分点4点荷重法で破壊試験を行った。各試験体条件でせん断スパン-梁せい比(a/h) = 8.9 に統一したが、一部h=150mm については、a/h= 7.3 も供試した。Ver. LVLの形状を第1図に示してあるが、積層数が10plyであるため、BJは積層面内で3, 3, 2, 2の周期で繰り返されている。Ver. LVLではBJが3層存在する部分を等モーメント区間に、Hor. LVLでは最外層のBJをスパン中央にして試験を行った。

3. 結果と考察

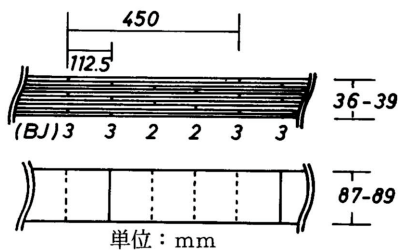
3.1 辺・心材単板混合比と曲げ強度

Ver. LVLの辺・心材単板混合比別の曲げ試験結果を第2表に示す。曲げ破壊の形態は、等モーメント区間内でBJが3層存在している所から、隣接するBJにつながる形で破壊したものが多かった。辺材単板のみのLVLでは、多少ねばりを持った通常の引張破壊に近い形態で、心材単板のみでは、ねばりの無い脆性破壊の様相を呈した。辺・心材単板混合比別の p / b の値の差異からも上記のことが裏付けられる。しかし、どちらかの試験体についても、素材と比較して非常にねばりのない材料といえる。

曲げ強さおよびヤング係数は、辺材単板の割合が増すにつれて大きくなる傾向が認められる。心材単板のみと辺材単板のみを比較すると、平均値で曲げ強さ1.7倍、ヤング係数1.3倍程度である。各混合比の試験体の強度値は辺材単板のみと心材単板のみのその範囲内にある。曲げ強度全体をみると、かなり広範囲の分布を示すが、各混合比の試験体における分布は、変動係数4.2~10.1%と小さく、単板の選択によって

第1表 試験体寸法

	梁幅 (mm)	梁せい (mm)	スパン (mm)	積層数 (ply)
Ver. LVL	38	56	1500	10
	38	75	2000	10
	38	89	2400	10
	38	112.5	3000	10
	38	150	3300	10
Hor. LVL	38	89	2400	24

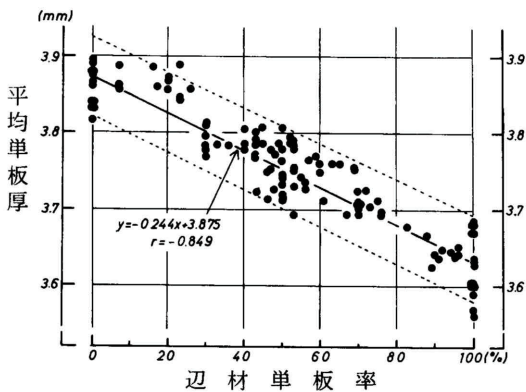


第1図 Ver. LVLの形状

第2表 辺・心材単板混合比別 Ver. LVLの曲げ試験結果

混合比 辺材:心材		平均値 X̄	標準 偏差 S	変動 係数 (%)	最大値	最小値	下限95% <sup>6)</sup> 信頼限界値
全 体	$\sigma_b^{1)}$	356	88	24.6	537	229	211
	$E_e^{2)}$	110	13.1	11.9	134	88	88
	$E_f^{3)}$	105	12.0	11.7	128	86	85
	$r^{4)}$	0.54			0.57	0.51	
1.0 : 0	$\sigma_b$	467	42	8.9	537	399	398
	$E_e$	125	5.5	4.6	134	115	116
	$E_f$	120	4.6	4.0	128	108	112
	$\sigma_p/\sigma_b^{5)}$	0.76			0.88	0.70	
	$r$	0.55			0.57	0.53	
0.7 : 0.3	$\sigma_b$	357	21	6.6	379	319	323
	$E_e$	114	2.4	2.3	117	110	110
	$E_f$	101	2.1	2.0	104	98	98
	$\sigma_p/\sigma_b$	0.81			0.85	0.77	
	$r$	0.53			0.53	0.53	
0.5 : 0.5	$\sigma_b$	334	25	8.3	363	295	303
	$E_e$	116	1.9	1.8	118	113	113
	$E_f$	113	2.3	2.3	117	111	109
	$\sigma_p/\sigma_b$	0.84			0.89	0.78	
	$r$	0.55			0.55	0.54	
0.3 : 0.7	$\sigma_b$	298	11	4.2	312	278	280
	$E_e$	101	3.6	3.9	106	96	95
	$E_f$	93	3.1	3.7	96	87	88
	$\sigma_p/\sigma_b$	0.88			0.95	0.86	
	$r$	0.52			0.52	0.51	
0 : 1.0	$\sigma_b$	272	27	10.1	326	229	228
	$E_e$	96	4.6	5.0	103	88	88
	$E_f$	95	4.8	5.2	102	89	87
	$\sigma_p/\sigma_b$	0.94			0.99	0.89	
	$r$	0.53			0.56	0.51	

注) 1): 曲げ強さ (kg/cm<sup>2</sup>) 4): 比重  
 2): ヤング係数, エッジワイズ (ton/cm<sup>2</sup>) 5): 比例限度  
 3): ヤング係数, フラットワイズ (ton/cm<sup>2</sup>) 6):  $\bar{X}-1.65S$



第2図 辺材単板率と平均単板厚の関係

バラツキの少ない製品を得る可能性がある。

前報<sup>2)</sup>で報告したように、無欠点小試験体を用いた積層材の曲げ強さの心・辺材別の平均強度比は1.6程

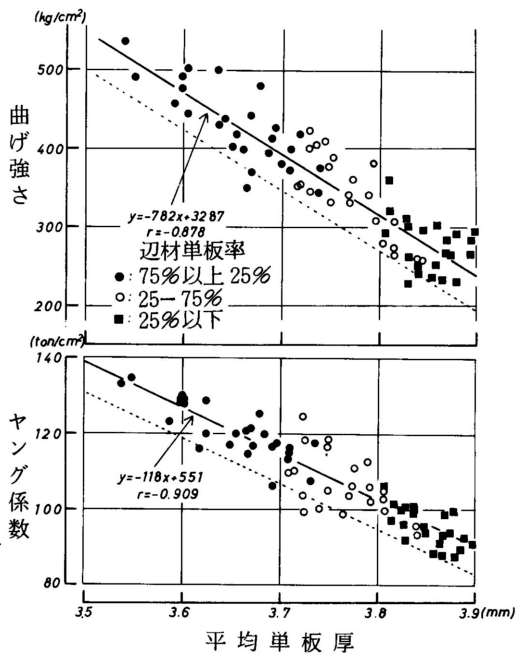
度である。辺材単板のみおよび心材単板のみの試験体による結果は、材質に近い単板を集めてLVLを製造すれば、節等の欠点の分散効果により、強度性能が安定したものになるといえる。このことは反面、LVLの強度性能が、原木の材質に支配されることを示しており針葉樹中小径木の場合、原木内で強度性能等の材質が大きく変動するため、単板の組み合わせ方によっては強度値のバラツキも大きくなると考えられる。

### 3.2 製品厚さと曲げ強度

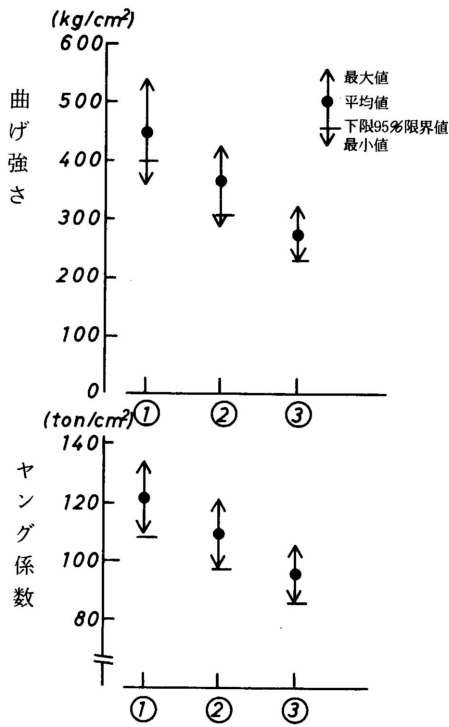
辺・心材単板の混合比によってLVLの曲げ強度性能に大きな差があることが明らかになったが、その混合比を予測する方法を検討した。単板の乾燥および圧縮による目減りの大きさが、辺材単板と心材単板で異なる点<sup>4)</sup>に注目し、生産ラインで製造されたLVLの辺材単板率と仕上り製品の平均単板厚の関係を調べた。その結果を第2図に示す。平均単板厚は8~20plyのLVLの厚さを測定し、それを一層当りの単板厚に換算している。実線は回帰直線、破線は95%信頼限度値

を示す。辺材単板率が大きくなると平均単板厚は小さくなり、よい負の相関関係が認められる。辺材単板のみで平均単板厚は3.7mm以下、心材単板のみで3.8mm以上である。

第3図に平均単板厚と Ver. LVLの強度値の関係を示す。強度値は204相当材LVLで 2.2で述べた混合比を変えたものと通常の生産ラインから採取して試験したものの両方を込みにして示してある。黒丸は辺材単板率75%以上、白丸は25~75%、黒四角は25%以下のもの、実線は回帰直線、破線は下側95%信頼限界を示す。相関係数は曲げ強さで -0.878、ヤング係数で -0.906と高い値であり、平均単板厚を知ることにより、曲げ強度値を推定することが可能であると判断される。平均単板厚と辺材単板率の関係をみ



第3図 平均単板厚と曲げ強度の関係



第4図 各平均単板厚と Ver. LVL の曲げ強度の関係  
平均単板厚 ① 3.7mm以下 ② 3.7~3.8mm  
③ 3.8mm以上

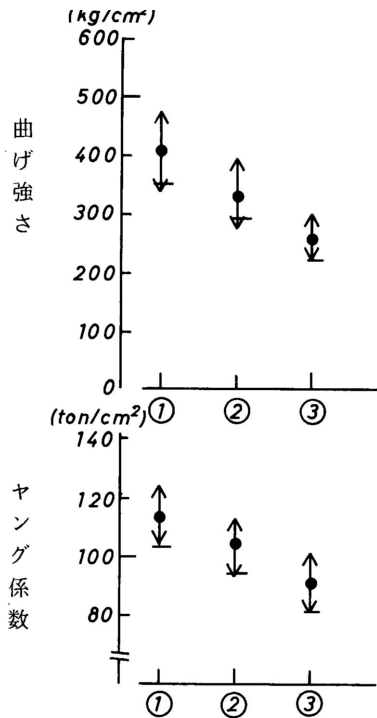
ると、辺材単板率75%以上で平均単板厚が3.7mm以上、25~75%で3.8mm以上のものが存在するが、逆に辺材単板率25%以下で平均単板厚3.8mm以下、25~75%で3.7mm以下のものは存在しない。したがって、辺材単板率よりも平均単板厚を基準にするほうがLVLの強度値を予測する場合安全側になる。

辺材単板のみの95%信頼限界値より薄い平均単板厚3.7mm以下（辺材単板率約75%以上）を、心材単板のみの95%信頼限界値より厚い平均単板厚3.8mm（辺材単板率約25%以下）を、その中間の平均単板厚3.7~3.8mm（辺材単板率約25~75%）をとして強度値を3つのグレードに分けて、第4図に示す。各グレードにおける曲げ強度の平均値と統計的下限值（下限95%信頼限界）は、曲げ強さでは、それぞれで444kg/cm<sup>2</sup>、395kg/cm<sup>2</sup>、で364kg/cm<sup>2</sup>、305kg/cm<sup>2</sup>、で272kg/cm<sup>2</sup>、229kg/cm<sup>2</sup>、ヤング係数では、で122ton/cm<sup>2</sup>、111ton/cm<sup>2</sup>、で109ton/cm<sup>2</sup>、98ton/cm<sup>2</sup>、で96ton/cm<sup>2</sup>、87ton/cm<sup>2</sup>である。すなわち強度値をグレード分けすることによりバラツキを小さくすることができる。LVLの許容応力度を設定する場合きめ細かな対応が可能となる。あわせて、グレード分けの結果により、針葉樹中小径木から製造するLVLでは、避けることのできない未成熟材部（未口径16~20cm前後の原木では心材部と一致）を強度的に分離できることになる。

これらの強度分離が仕上り製品厚を測定することで可能になり、必要強度のLVLが中小径木でも製造できることは、製品管理上非常に有効な手段であると考えられる。また、このようなグレード分けはカラマツ以外の他の低質針葉樹中小径木にも適用が可能であろうと考えられる。

Hor. LVLの曲げ試験結果を第5図に示す。Hor. LVLの場合は引張側の単板品質によって強度値が支配される。そこで、24plyのLVLで引張側12plyが辺材単板のもの、辺・心材単板が交互に存在するもの、引張側12plyが心材単板のものの3種類に分けて示してある。曲げ強さおよびヤング係数の統計的下限值（下側95%信頼限界）は Ver. LVLに比





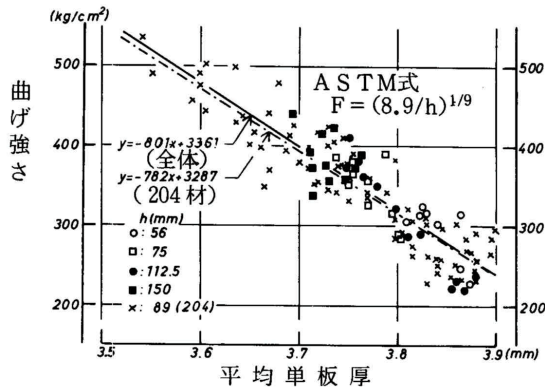
第5図 単板混合比とHor.LVLの曲げ強度の関係

- ① 引張側 12ply が辺材単板
  - ② 辺・心材単板を交互に入れたもの
  - ③ 引張側 12ply が心材単板
- 矢印の範囲は第4図参照

べて、 $\sim$ とも2~5%程度小さい値である。強度性能の良い辺材単板を有効に使用するためには、Hor.LVLの方が有利であると考えられる。しかし、一定の間隔で心材単板と辺材単板を入れなければならず、製造工程が複雑になり、実用的とはいえない。

### 3.3 梁せいとBJによる強度低減

梁せいを変えた試験体は通常の製造ラインから採取した試験体であり、仕上り製品厚(平均単板厚)がかならずしも均一でなく、3.2の結果からも明らかなようにそのまま曲げ強さを比較することは困難である。そこでASTM D-245で与えられている寸法調整係数 $F = (5/h)^{1/9}$ <sup>6)</sup>を用いて各梁せいの曲げ強さを204材相当材の値に換算し、204材相当材の曲げ強さと比較をした。ここで5は5cmの梁せい、hは各試験体の梁せい(cm)である。204材を基準とする各梁せいの曲げ強さの補正係数は、梁せい156mmで0.950、

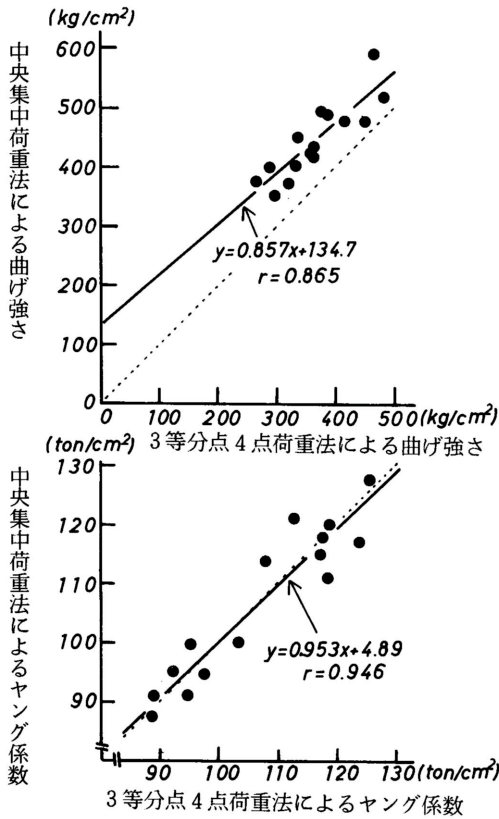


第6図 各梁せいの寸法調整補正後の曲げ強さと平均単板厚

75mmで0.981, 112.5mmで1.020, 150mmで1.060になる。その結果を第6図に示す。×印は204相当材、白丸は梁せい156mm、白四角は75mm、黒丸は112.5mm、黒四角は150mm、一点破線は204相当材のみの、実線は全試験についての回帰直線を示す。一点破線の回帰直線は第3図と同一のものである。2つの回帰直線の係数は多少異なるが、回帰直線の有効範囲すなわち平均単板厚3.5~3.9mmの範囲では、2つの回帰直線に差異が無いものと考えて差しつかえない。梁せいをASTMの寸法調整係数で捨象した結果、曲げ強さは梁せいに関係なく平均単板厚で規制される。

したがって、梁幅・梁せい比が小さく、BJの無いLVLに、ASTM式に適合するが、BJを有するもののF値はASTM式より高目になるという報告<sup>7)</sup>もあるが、ここで示された結果はBJを有するLVLでもASTM式の適用が可能であることを示している。

次に、BJおよび節等による曲げ強さの低減について検討した。前報<sup>8)</sup>で示した無欠点小試験体LVLとBJを有する実大材LVLの曲げ強さを比較した。前者は中央集中荷重法、後者は4点荷重法と試験法が異なっている。G.Schneewssは、無欠点素材の小試験体を用いて中央集中荷重法と4点荷重法による曲げ試験を行い、中央集中荷重法によるほうが、4点荷重法よりも曲げ強さが大きくなることを報告<sup>11)</sup>している。そこで、204材相当材の中央集中荷重法と4点荷重法による曲げ強度の関係を調べた。その結果を第7図に示す。各試験体はペアサンプルである。せん断スパン



第7図 3等分点4点荷重法と中央集中荷重法による曲げ強度の比較

は3等分点4点荷重法で8.9, 中央集中荷重法で10で共にBJが3層ある部分を中央部にした。中央集中荷重法のせん断スパンは無欠点小試験体と同一とした。実線は回帰直線を示す。ヤング係数は3等分点4点荷重法と中央集中荷重法とでほぼ同一である。しかし、曲げ強さの場合、試験体の強度値が小さくなるにつれて1:1からはずれ、中央集中荷重法の方の強度値がより大きくなる。曲げ強さが小さくなると相対的に中央集中荷重法の値の方がなぜ大きくなるのか、今後検討する必要がある。相関係数の高さからみて、本試験の範囲ではこの関係は意味の有るものと考えられる。

辺材単板および心材単板LVLの3等分点4点荷重法による曲げ強さの平均値と下限95%信頼限界値を中央集中荷重法の値に換算し、ASTM法の寸法調整係数を用いて梁せい15cmの強度値に補正した。無欠点小試験体LVLの値も換算した。その結果を第3表に

第3表 Clear 小試験体と実大材の曲げ強さの比較

		Clear 小試験体 (kg/cm <sup>2</sup> )	実大材 (kg/cm <sup>2</sup> )	強度比
辺材単板 LVL	平均値	726	541	0.745
	下側95% 信頼限界値	603	495	
心材単板 LVL	平均値	525	383	0.730
	下側95% 信頼限界値	420	344	

\* 寸法調整係数で梁せい5cmに補正  
実大材は第7図の回帰直線より中央集中荷重の値に換算

示す。曲げ強さの平均値の比率は、辺材単板LVLで0.745, 心材単板LVLで0.730になる。辺・心材単板LVLとも無欠点LVLに対する強度低減は同程度であり、この強度低減はBJと節等の欠点の2つの影響によるものと思われる。

BJによる曲げ強さの低減について、ラワン単板をいて試験をした海老原の詳細な報告がある。彼はVer. LVLについての強度比を次のように表している。

$$\frac{\sigma_r}{\sigma_0} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{I_n}{I_0}$$

n: BJを持つLVLの曲げ強さ

o: BJの無いLVLの曲げ強さ

I<sub>n</sub>: 正味断面2次モーメント (BJを持つ単板は有効に働かないと仮定し無視する)

I<sub>o</sub>: BJの無いLVLの断面についての断面2次モーメント

ここで、I<sub>n</sub>/I<sub>o</sub>に対して1/2になっているが、これは圧縮側のBJが曲げ強さに影響しないとしているためである。この式はLVLの単板厚と積層数などによって適合度に差異が認められる点も指摘されている。今回試験した林産試型LVLのBJによる強度低減比はこの式を用いると0.85になる。

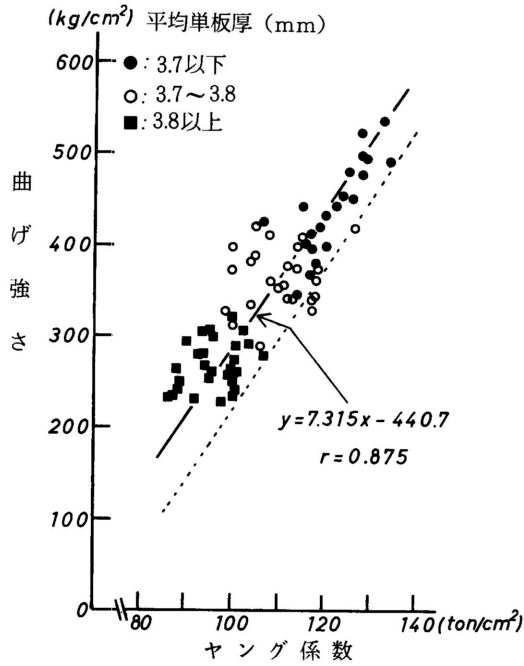
LVLの強度への節等の欠点の影響を検討するためスライス単板を用いたカラマツLVLで、無欠点LVLと無作意に単板を構成させたLVLの強度試験を行い、節等の欠点による強度低減比は0.85~0.90前

後になることを藤井は報告<sup>9)</sup>している。したがってBJがあり、節等の欠点を持つLVLの強度低減比は  $0.85 \times (0.85 \sim 0.90) = 0.723 \sim 0.765$  程度になる。この値は第3表に示した値とほぼ一致している。

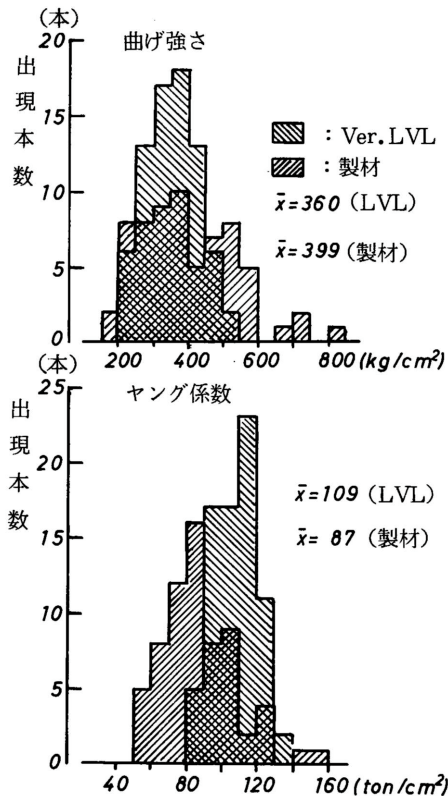
3.4 製材との比較

カラマツ 204材 (気乾) と Ver. LVLの強度分布を第8図に示す。カラマツ製材の値は倉田ら<sup>10)</sup>のデータを引用した。製材の場合、強度性能に与える節の影響が大きく、強度の分布は、無欠点材に近い強度のものも多少存在するが、それらを除いてもかなり広範囲に分布しており、曲げ強さで150~800kg/cm<sup>2</sup>、ヤング係数で50~160ton/cm<sup>2</sup>である。これに対し、LVLの場合、試験体全体をみると、曲げ強さは製材に比べて多少小さいが、製材全体のバラツキの内に入り、ヤング係数は製材に比べて大きいことが認められる。この傾向は藤井の報告<sup>9)</sup>と類似している。

ヤング係数に対する曲げ強さの関係では、 $b/EI$ は



第9図 ヤング係数と曲げ強さの関係



第8図 Ver. LVLと204製材の強度分布

製材で平均値  $4.53 \times 10^{-3}$  (下限値~上限値:  $2.27 \sim 6.79 \times 10^{-3}$ ) であるが、LVLは  $3.00 \times 10^{-3}$  (下限値~上限値:  $2.56 \sim 3.44 \times 10^{-3}$ ) となっており、LVLの方が、ヤング係数と曲げ強さのバラツキが小さく、同時に相対的にヤング係数が大きいことが認められる。

第9図 LVLの曲げ強さとヤング係数の関係を示す。

3.2で行った強度値のグレード分けを用いて、黒丸は平均単板厚3.7mm以下、白丸は3.7~3.8mm、黒四角は3.8mm以上、実線は回帰直線、破線は下限95%信頼限界を示す。図示してないが、製材の場合の回帰直線と相関係数は  $y = 5.295x - 63.6$ ,  $r = 0.704$  ( $n = 66$ ) である。LVLの場合、相関係数 ( $r = 0.875$ ,  $n = 75$ ) も高く、剛性試験からの曲げ強さの予測は、製材に比べて、より精度よく推定しうると考えられる。しかし、回帰直線の勾配係数 (LVL: 7.315) は、製材より38%も大きく、ヤング係数の変化に対し曲げ強さが敏感に対応しており、ヤング係数から推定される曲げ強さの幅も大きくなるため、過剰の下限値になる可能性がある。したがって、特に平均単板厚が薄いLVLについて、平均単板厚で強度のグレード分



けを行った後、ヤング係数から曲げ強度を予測する方が、より有利になると思われる。

3.2で行った強度値のグレード分けを行うことにより、強度値のバラツキ幅を小さくでき、必要強度のLVLが製造可能である。あわせて、その強度値の予測が剛性試験から得られる点でも、LVLは工業生産材料としての評価が可能な材料であると考えられる。今後、長期荷重試験を行いLVLのクリープ特性を検討し、強度値に対する各低減係数等を決定し、林産試型LVLの長期曲げ許容応力度を誘導する予定である。

#### 4. まとめ

林産試型LVLを構造材として利用するためには、許容応力度を設定することが不可欠である。その基礎データを得ることを目的として、林産試験場で現在標準的に製造されているカラマツLVL(実大ジョイント材)の曲げ強度性能について検討した。結果をまとめると次のようになる。

(1) 辺・心材単板の混合比により Ver.LVLの曲げ強度性能は異なり、辺材単板のみでは心材単板のみに比べて、曲げ強さが1.7倍、ヤング係数で1.3倍程度になる。

(2) 製造ラインで辺・心材単板の分離を考える場合製品の平均単板厚と辺材単板率が負の相関関係を示しており、製品管理上平均単板厚を基準にして強度性能の予測が可能である。Ver.LVLの曲げ強度性能は平均単板厚を基準にして、3つのグレードに分けられる。Hor.LVLでも辺・心材単板の混合で3つのグレードに分けられるが、それらの強度値は Ver.LVLの95%程度の値である。

(3) 梁せいと曲げ強度の関係ではASTMの寸法調整係数が適用できる。Ver.LVLで、BJによる強

度低減は引張側のBJを欠損断面として計算できる。無欠点LVLに対し、実大材の強度値はBJにより0.85、節等の欠点により0.85~0.90程度になり、全体として25%程度小さくなる。

(4) 製材に比べて曲げ強度のバラツキが小さい。曲げ強さの平均値は製材より多少小さ目であるが、ヤング係数の平均値は大き目である。曲げ強さとヤング係数の関係は、製材より相関関係がよく、ヤング係数からの曲げ強さの予測は、より精度よく推定しうる。

#### 文献

- 1) 小倉高規：木材工業，36，589(1981)，37，9(1982)
- 2) 森泉周ほか3名：林産試月報，384，1(1984)
- 3) 高谷典良ほか2名：同上，367，13(1982)
- 4) 野崎兼司ほか5名：同上，378，7(1983)
- 5) 高谷典良ほか3名：同上，383，1(1983)
- 6) ASTM D-245(1981)
- 7) 高宮庄一：“合板・積層材の構造部材への利用開発に関する研究”(1982)
- 8) 海老原徹：“構造用単板積層材(LVL)の製造と機械的性質に関する研究”，東京大学学位論文(1981)
- 9) 藤井毅：木材工業，37，367，424(1982)
- 10) 倉田久敬ほか4名：林産試研報 No.67(1978)
- 11) Schneeweiss, G.: Holz R.W. 22, 418(1964)

—試験部 合板試験科—

—\*1試験部 複合材試験科—

—\*2日本住宅・木材技術センター—

(原稿受理 昭58. 12. 26)