

# 木製品の品質および性能評価に関する研究

木材工業部 福留重人, 山角達也

## Study on Quality and Performance Evaluation of Wooden Products

Shigeto FUKUDOME and Tatsuya YAMAZUMI

県産材の有効利用及び木製品の品質向上を目的とし、県産材を用いた木製品の性能試験を行い、製品性能の評価判定について検討した。

今回は、製品性能試験用治具の作成やデータ計測の自動化等を進め、県産針葉樹の単板積層材を用いた学校用家具の強度試験及び安定性試験を行った。その結果、単板積層材を用いた製品の強度及び安定性は、各種規準をほぼ満足する性能を有していることを確認し、これらの材料を用いた製品の設計用資料を得た。

### 1. はじめに

家具等の木製品には輸入木材が多くの割合で用いられているが、地球環境等の問題により、国産針葉樹への代替が求められている。本県においても、これまで県産針葉樹を用いた公共用家具の開発<sup>1)</sup>、スギ単板の利用化<sup>2)</sup>ならびに県産スギ材の接合強度<sup>3)</sup>についての報告はあるものの、製品レベルでの強度、耐久性ならびに安全性の面での評価がなされていない。

針葉樹を家具等に利用するには強度及び耐久性の面での課題が多く、今後県産針葉樹による木製品を普及させるためには、適正な設計及び加工により品質向上を図り、品質保証体制を確立させることが望まれる。

そこで、本研究では県産針葉樹の積層材を用いた製品の性能試験を行い、単板積層材の家具用材としての適正等について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 試験体

供試材としてスギ、ヒノキならびにマツを用い

た。積層材は、厚さ4mmのロータリー単板をユリア樹脂接着剤（塗付量200g/m<sup>2</sup>）を用いて積層接着した。圧縮にはホットプレスを用い、圧縮温度110℃、圧縮圧10kgf/cm<sup>2</sup>で、13分間熱圧した。

単板の構成は、繊維方向を平行に揃えて5プライ積層したもの（以下LVL：Laminated-Veneer Lumber）と外から二層目の単板を垂直に直交させたもの（以下合板）の二種類とした。

この積層材を構成部材として、学校用家具を対象にした普通教室用机・椅子（5号）を数タイプ試作した。部材の接合にはホゾ、ダボならびにノックダウン金具を用い、接着剤は酢酸ビニル樹脂を使用した。

従来の製品と比較するために、スギの素材を用いた枠組による製品も試作し、同様の試験を行った。

#### 2.2 製品性能試験

製品性能試験は、家具強度性能試験機（東京試験機製作所、AFS-02型）を用い、エアーシリンダー及びクランク装置により試験体へ負荷した。

荷重は能力200kgfのロードセル、変位は10mmストロークの変位計を用い、増幅器及びADコンバ

ータによりパソコンでデータの収集を行った。

試験項目及び試験方法はJIS-S-1021に従い転倒試験、繰返し衝撃試験、物入れの強度試験、背荷重試験ならびに甲板の反りおよび狂い（以下面外変形）の測定を行った。

### 2.3 水平荷重試験

積層材を用いた製品の接合性能を比較検討するために、ISO/DIS-8019に準じて図1に示す方法で、150N (15.3kgf) の一定荷重による5,000回繰返し疲労試験を行い、疲労試験終了後、水平荷重破壊試験を行った。

接合部（ホゾ接合）の回転角を求めるために、机の板脚前後面に10mmストローク変位計を二個固定し、摺脚部に対する板脚の引張側及び圧縮側での鉛直変位 $\delta_1$ および $\delta_2$ を測定した。また、接合部から10mmの距離の箇所にはひずみゲージを接着し、ひずみ $\epsilon$ を測定した。椅子についても同様の方法で測定を行った。

また、積層材の接合部における強度性能を把握するために、机の板脚部の試験体を作成し、製品

性能試験に準じた接合強度試験を行った。構造設計用資料を得るために普通教室用机及び椅子を二次元の骨組みとして有限要素法による構造解析<sup>4)</sup>（以下FEM解析）を行い、回転角実測値等との比較検討を行った。

## 3. 結果および考察

### 3.1 供試材の性質

供試材の性質を表1に示す。

使用したスギ素材の機械的性質は、通常知られている値<sup>5)</sup>と比較してほぼ同等であり、このことからスギ材の材質は普通のものと思われる。

スギLVL及び合板はスギ素材より比重が大きくなっているが、これは接着剤塗付及び圧縮の影響と思われる。曲げ強度性能において、スギLVLは素材とほぼ同程度であるが、合板では素材より低い値を示した。これはクロスさせた二層の単板の影響によるものと思われる。

表1 供試材の性質

樹種	含水率 (%)	比重	E (tonf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_b$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
スギ材	12.1	0.35	54.6	605
スギLVL	13.5	0.42	58.5	576
スギ合板	13.1	0.41	36.2	372
ヒノキ合板	13.0	0.54	72.4	609
マツLVL	11.9	0.51	99.0	742

### 3.2 製品性能試験結果

積層材による各製品は、転倒試験、繰返し衝撃試験、物入れの強度試験、背荷重試験の各試験終了後、部材及び接合部に異状がなく、JISに合格した。

ただし、転倒試験においては、ノックダウン式の製品において接合部のスリップがやや大きく、

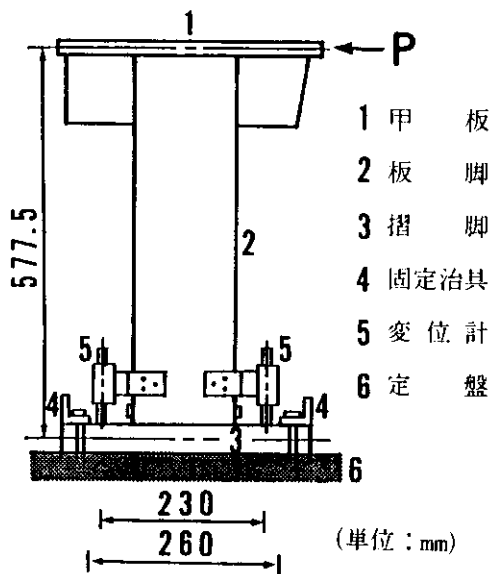


図1 水平荷重試験方法  
(普通教室用机)

荷重を取り去った後もこの変形が残っており、接合部の仕様についての検討を要する。

次に、積層材の各方向ごとの面外変形測定結果を、甲板（長さ600mm、幅400mm）について表2、板脚（長さ550mm、幅150mm）について表3にそれぞれ示す。ここでは変形量の各実測値を1m当りに換算した値を示す。

スギLVL及びマツLVLの甲板は、長さ方向での変形量は比較的少ないものの、幅方向及び対角線における変形量が大きく、面外変形に関するJISの規定（1m当り2mm以内）より大きい値を示した箇所もあった。スギ合板は、各方向ともJISの規定に合格しており、単板をクロスさせて積層した効果があった。

このことから、甲板には合板が適しており、LVLを用いるときは、面外変形を抑えるために、構造及び積層方法の面についての検討が必要である。

板脚の場合、スギLVL及びスギ合板ともJIS規準値以内であり、板脚の幅150mm程度であれば、LVLを用いることが可能であると思われる。

表2 積層材の面外変形（机・甲板）

樹種	測定箇所	幅方向 (mm/m)	長さ方向 (mm/m)	対角線 (mm/m)
スギLVL	1	-3.59	-2.03	-2.86
	2	-2.69	-0.71	-1.43
	3	-2.87	0.44	—
スギ合板	1	-0.23	-0.42	-0.17
	2	-0.77	-0.44	-0.96
	3	-1.15	-1.07	—
ヒノキ合板	1	1.46	0.68	1.87
	2	2.59	0.85	1.57
	3	1.33	0.08	—
マツLVL	1	-3.13	-1.19	-1.10
	2	-4.79	-2.05	-4.77
	3	-2.95	-0.83	—

### 3.3 水平荷重試験結果

普通教室用机及び椅子の疲労試験は、5,000回の繰返し試験終了後も接合部等に異状はなく、残留

表3 積層材の面外変形（机・板脚）

樹種	測定箇所	幅方向 (mm/m)	長さ方向 (mm/m)	対角線 (mm/m)
スギLVL	1	-0.92	-0.62	0.10
	2	0.69	-0.10	0.05
	3	-0.54	-0.44	—
スギ合板	1	-0.54	0.23	-0.08
	2	-0.23	0.15	0.54
	3	-0.38	0.10	—
マツLVL	1	-1.00	-0.64	0.21
	2	-2.23	-1.21	-2.69
	3	-1.31	-0.79	—

ひずみ及び変形もわずかであった。この疲労試験後に行った机の水平荷重破壊試験における荷重Pと回転角 $\theta$ との関係を図2に示す。また、板脚接合部の水平荷重破壊試験におけるモーメントmと回転角 $\theta$ との関係を図3に示す。回転角の実測値 $\theta_{ob}$ を○印で、FEM解析による回転角の計算値 $\theta_{ca}$ を実線で表す。接合部の回転角 $\theta_{ob}$ は、摺脚部に対する板脚の鉛直変位 $\delta_1$ 及び $\delta_2$ の実測値を用いて次式により求めた。

$$\theta_{ob} = \tan^{-1} \frac{\delta_1 - \delta_2}{C}$$

ここに Cは変位計の中心間距離

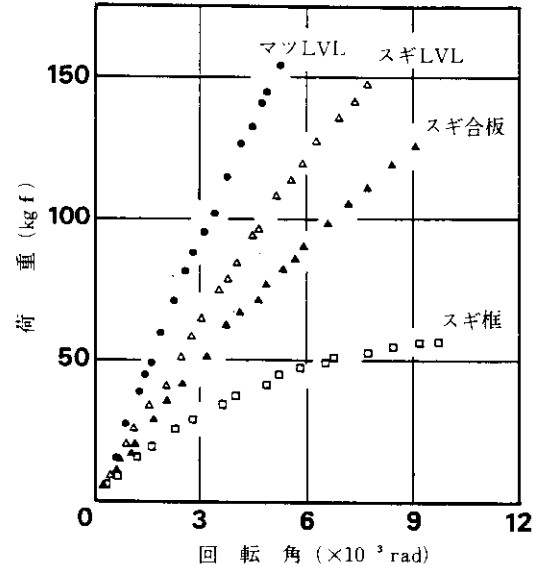


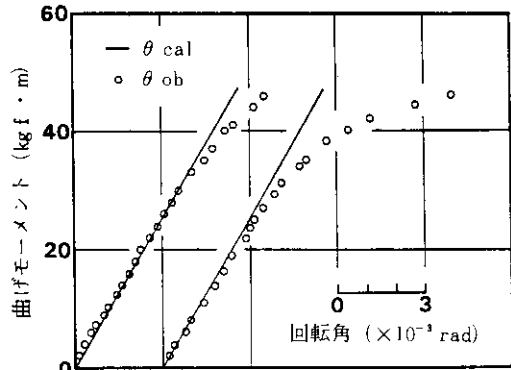
図2 荷重Pと回転角 $\theta$ との関係（普通教室用机 水平荷重試験）

この結果から、積層材板脚接合部が曲げを受ける場合、接合部における回転角  $\theta$  が曲げモーメント  $m$  に比例する直線域が存在し、且つその傾向が甲板上部の荷重-変位線図にほぼ一致することが

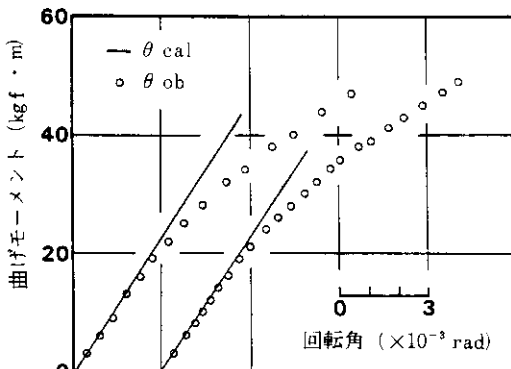
認められた。このことから、この積層材の接合部は撓み性を有し、構造体の変形はこの回転特性に強く影響されるものと考えられる。

表4に、板脚接合部の水平荷重試験結果を示す。一般的な接合条件における素材のホゾ接合では比例限度係数が約0.60と報告<sup>6)</sup>されているが、スギLVLの比例限度係数はほぼ同程度であった。スギ合板ではやや低い値を示しており、単板の繊維方向を直交させたため、比例限度モーメントが低くなったと思われる。最大曲げモーメントでは合板とLVLとの間に大きな差がなかった。これは破壊が接合部のホゾ抜けにより生じており、ホゾ面の接着強さが最大曲げモーメントに寄与しているためと考えられる。

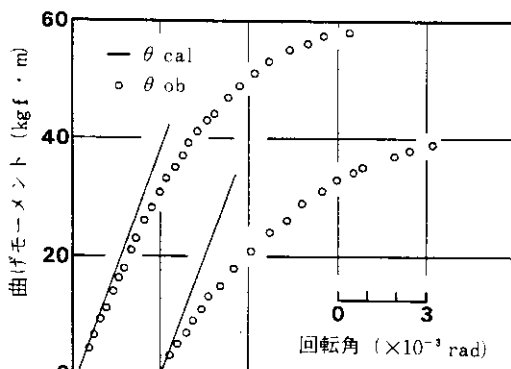
表5に、この比例限度モーメントにおける回転角実測値  $\theta_{ob}$ 、計算値  $\theta_{cal}$  ならびにその比を示す。スギLVL及びスギ合板では、比例域において実測値と計算値がほぼ一致しており、スギ積層材の場合、板脚接合部の回転角を予測するためにFE



(a) スギLVL



(b) スギ合板



(c) マツLVL

図3 モーメント  $m$  と回転角  $\theta$  との関係 (板脚接合部 水平荷重試験)

表4 水平荷重試験結果 (板脚接合部)

樹種	曲げモーメント(kgf·m)		比例限度係数 $m_p/m_{max}$	
	比例限度 $m_p$	最大 $m_{max}$		
スギLVL	1	29.5	46.5	0.63
	2	25.2	47.9	0.53
スギ合板	1	21.8	51.4	0.42
	2	18.9	42.6	0.44
マツLVL	1	28.0	60.3	0.46
	2	18.9	39.1	0.48

表5 比例限度モーメントにおける回転角

樹種	回転角 ( $\times 10^{-3}$ rad)		比 $\theta_{ob}/\theta_{cal}$	
	実測値 $\theta_{ob}$	計算値 $\theta_{cal}$		
スギLVL	1	3.57	3.37	1.06
	2	3.17	3.21	0.99
スギ合板	1	3.17	2.87	1.10
	2	2.61	2.49	1.05
マツLVL	1	2.74	2.13	1.29
	2	2.67	1.44	1.85

M解析が有効であると思われる。マツLVLでは回転角実測値が計算値より大きくなっているの、係数を用いた計算式の誘導が必要である。

モーメント $m$ —回転角 $\theta$ 線図で直線性の認められた区間で、単位モーメント当りの接合部回転角を示す回転係数 $Z_m$ を求めた。この回転係数 $Z_m$ と最大モーメント $m_{max}$ との関係を図4に示す。

最大モーメントと回転係数との間には、直線関係が認められ、比較的高い負の相関があった。このことからFEM解析及び接合部非破壊試験により、製品強度の推定が可能と思われる。

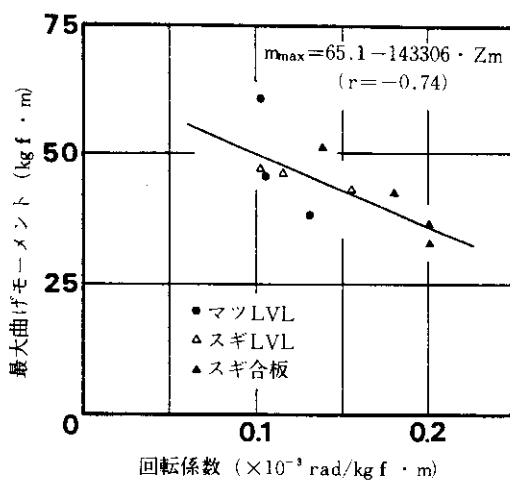


図4 モーメントと回転係数との関係

#### 4. おわりに

県産針葉樹積層材を用いた製品の性能試験を行った結果、適正な構造、加工ならびに積層方法を採用することによって、製品性能が各種規準及び規格に合格することから、この積層材が家具用材としての適性を有していることを確認した。

また、水平荷重試験の結果、スギ積層材では回転角の実測値と計算値が比例域においてほぼ一致した。このことから接合部の回転角を有限要素法による構造解析によって予測し、製品強度を推定することが可能であると思われる。

今後、材料の有効活用と高付加価値製品の開発を進めるために、本県においても製品性能評価技術確立し、各種規準・認証制度に取り組む必要がある。

#### 参考文献

- 1) 山田式典他6名：昭和60年度鹿児島県木材工業試験場業務報告書，58～60(1986)
- 2) 遠矢良太郎，山角達也：昭和63年度鹿児島県工業技術センター研究報告，2，147～153(1989)
- 3) 福留重人：昭和61年度鹿児島県木材工業試験場業務報告書，80～81(1987)
- 4) 小松幸平：木材学会誌，34，7，581～589(1988)
- 5) 農林省林業試験場：木材工業ハンドブック，丸善(1982) p.188
- 6) 古澤富志雄：職業訓練大学校紀要，第12号A，(1983)