

# 超極薄木単板／和紙積層板の特性評価

山岸 暢, 可児 浩, 金野 克美, 吉田 光則, 西 良郎

## Mechanical Properties of Ultrathin Veneer/Japanese Paper Laminates

Tohru YAMAGISHI, Hiroshi KANI, Katsumi KONNO  
Mitsunori YOSHIDA, Yoshirou NISHI\*

### 抄 録

超極薄木単板と和紙から成る積層板の曲げ強さ, 曲げ弾性率およびその異方性について評価した結果, 超極薄木単板の間に和紙および超極薄木単板を挟んで積層することにより, 超極薄単板単独の場合に比べて, 異方性が緩和されるとともに, 何れの方向の曲げ強さおよび曲げ弾性率も高くなることが明らかになった。

キーワード: 超極薄木単板, 和紙, 異方性

### Abstract

In this study, the composite laminate which consists of Ultrathin veneer and Japanese paper was molded and its mechanical property was studied. Strength and modulus of product was evaluated by flexural test. The ratio of flexural modulus of longitudinal direction and radial direction was reduced from 31.1 to 8.4 by lamination of Ultrathin veneer and Japanese paper. The ratio of flexural strength was reduced from 17.9 to 5.4.

KEY-WORDS : Ultrathin veneer, Japanese Paper, Anisotropy

## 1. はじめに

超極薄木単板は, 木材を0.18~0.35mmの厚みにスライスしたものである。スライスの方向としては, 板目方向, 柾目方向, 丸太の周方向の3種類があり, それぞれの方向や樹種により得られる木目の模様が異なるため, 目的に応じて複合フローア-用表単板, 建具建材単板, ドア・家具建具・テーブル天板等の化粧合板等に幅広く利用されている。木材は, 物性の異方性の高い材料であり, 樹軸方向に比べて年輪方向の強度が非常に低いため年輪方向に裂け易く, 超極薄木単板単独での利用は困難である。超極薄木単板の用途分野をさらに

広げるには, 他の材料と複合化し異方性を緩和する必要がある。

本研究では, 超極薄木単板の間にガラス繊維等に比べて廃棄時の環境負荷の少ない和紙を芯材として挟み, 接着剤としてポリ乳酸を用いて接着したサンドイッチ構造の積層板の力学的特性について検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試材料

木単板として, 北海道産のカバ材を用いた。積層板用の超

\* 空知単板工業株式会社

\* Sorachi veneer Co.,Ltd.

事業名: 一般試験研究

課題名: 環境対応型高分子系複合材料の開発と応用に関する研究

極薄木単板は、厚み0.18mmに板目方向にスライスしたものをを用いた。和紙として、坪量150 g/m<sup>2</sup>のポリ乳酸繊維とパルプの混抄紙を用いた。ポリ乳酸繊維の混抄割合は、30、43、60wt%の3種類とした。木単板単独の特性の測定用には、年輪方向の測定値の精度を高めるため、厚み0.8mmの木単板を用いた。

## 2.2 試料作製および試験方法

木単板単独の特性を調べるため、木単板を樹軸方向（L：longitudinal direction）と年輪方向（R：radial direction）に幅30mmに切削した試験片で、JIS K7017に準拠し曲げ試験を行った。超極薄木単板と和紙の積層板は、鋼製の平板の間に、超極薄木単板と和紙を所定の積層構成で挟み、圧力2.0MPa、温度180℃で30秒間加熱加圧した後、冷却プレスで常温になるまで圧力2.0MPaで保持し作製した。特性の評価は、幅30mmに切削した試験片で、JIS K7017に準拠し曲げ試験を行った。

## 3. 結果および考察

### 3.1 木単板の曲げ特性

図1と2に木単板のスライス面の写真とL方向とR方向の曲げ弾性率と曲げ強さを示した。R方向に比べてL方向の値が高く、L/Rの比は、曲げ弾性率で31.1、曲げ強さで17.9であり、非常に異方性が高かった。



図1 単板の曲げ弾性率



図2 単板の曲げ強さ

L方向の曲げ強さ(F)と曲げ弾性率(E)の関係として、以下の式が知られている。<sup>1)</sup>

$$F = 19.3 + 8.45 \cdot 10^{-3} E \quad (1)$$

カバ材の曲げ強さと曲げ弾性率の値を代入すると、ほぼこの式と一致し、厚みの非常に小さい単板においても(1)式の有効性が確認された。(1)式を用いると、木材を破壊させずに比例限度内で弾性率を測定することで、破壊の予測が可能である。

### 3.2 ポリ乳酸含有率の検討

図3に、超極薄木単板の間に和紙を2層挟んだ構成の積層

板のL方向の曲げ強さと和紙中のポリ乳酸含有率の関係を示した。ポリ乳酸含有率が高くなる程曲げ強さは高くなり、樹脂含有率が60 wt%の場合には、170MPa以上の高い値が得られた。

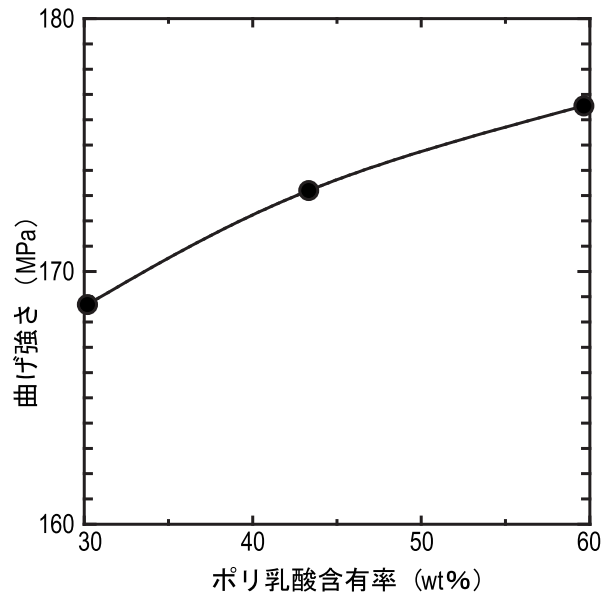


図3 曲げ強さとポリ乳酸含有率の関係

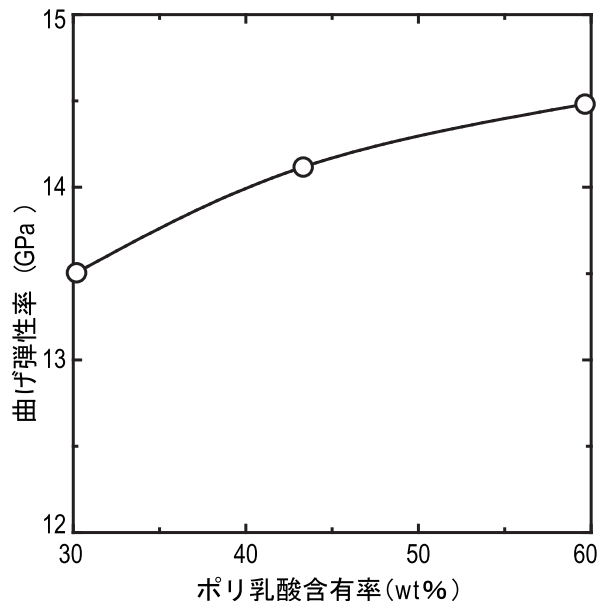


図4 曲げ弾性率とポリ乳酸含有率の関係

図4に、同様の積層板の曲げ弾性率を示した。ポリ乳酸含有率が高くなる程曲げ弾性率は高くなり、樹脂含有率が60 wt%の場合には、14GPa程度の高い値が得られた。曲げ強さ、曲げ弾性率ともにFRP並みの値が得られた。和紙層の樹脂含有率が低くなる程積層板の強度、弾性率が低下するのは、加熱加圧により接着しても樹脂不足のため和紙と単板の界面の接着が不十分であることが原因と考えられる。本研究での積層構成の検討には、入手可能な範囲で樹脂含有率の最も高い60wt%の混抄和紙を用いることとした。

### 3.3 積層板の厚みの検討

図5に、超極薄木単板の間に挟む和紙を1, 2, 3層に変えた積層板のL方向の荷重とたわみの関係を示した。和紙層が厚くなる程、荷重-たわみ曲線の初期の傾きが大きくなるとともに、破壊荷重も高くなった。

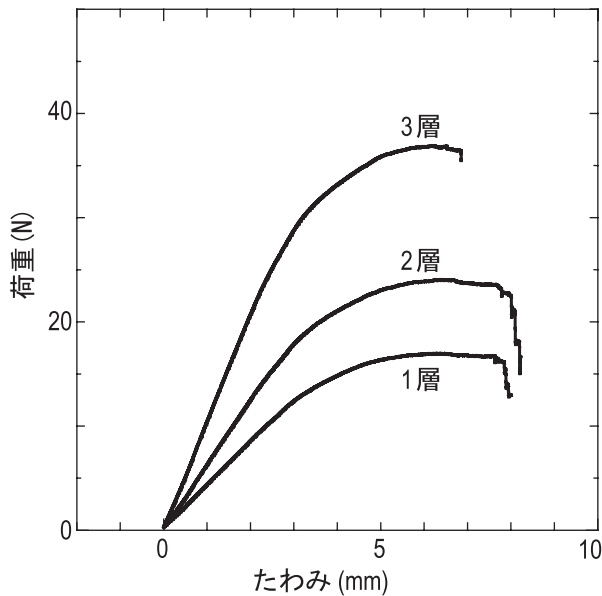


図5 和紙積層数と荷重-たわみの比較

図6, 7に、積層板の厚みと曲げ強さ, 曲げ弾性率の関係を示した。和紙層が厚くなる程、曲げ強さ, 曲げ弾性率ともに高くなり、和紙3層の場合にはマット/ロービングクロス積層構成のFRP並みの曲げ強さ約200MPa, 曲げ弾性率約15GPaの値が得られた。

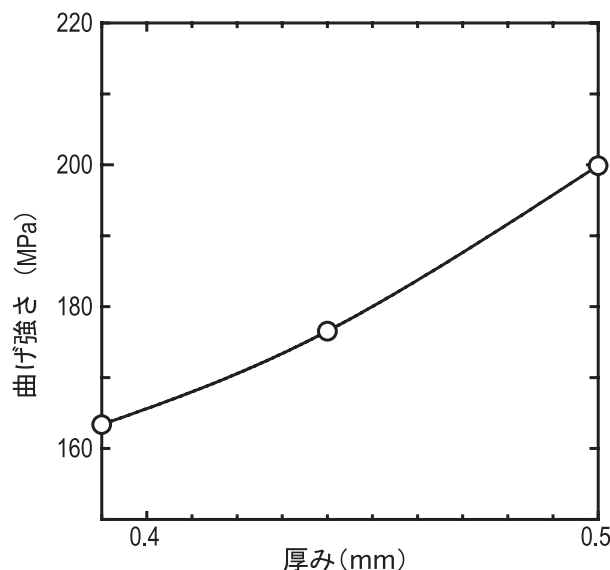


図6 積層板の厚みと曲げ強さの関係

単板に比べて樹脂含浸した和紙の方が弾性率, 強度ともに低いため、和紙層が厚くなると、積層板の弾性率も強度も低下するはずであるが、実際の値は高くなった。和紙層の厚み

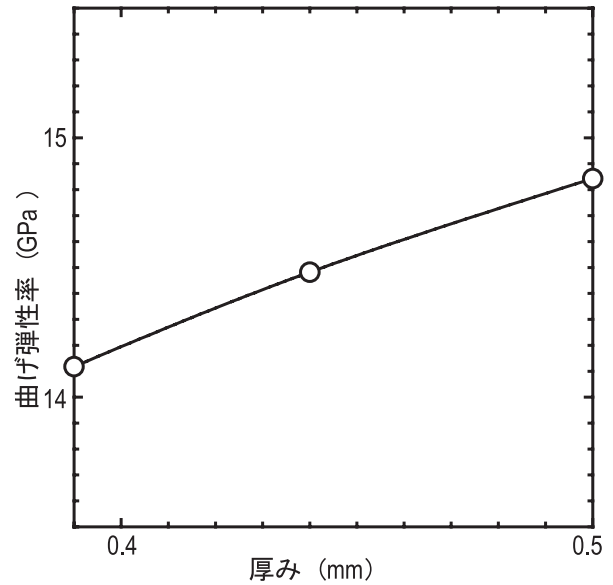


図7 積層板の厚みと曲げ弾性率の関係

は、1層の場合0.09mm, 2層の場合0.14mm, 3層の場合0.2mmであり、和紙の積層数が増える程、積層板の加熱加圧成形時に和紙層中のポリ乳酸が単板に移行し、単板に樹脂が含浸され単板の一部が複合化されたことによると考えられる。和紙の坪量は、150 g/m<sup>2</sup>が上限であり、単独の和紙でこれ以上厚くするのは困難である。さらに、和紙が3層以上の積層構成では成形時に各層間のずれが生じ易く、均一な積層板が得られにくい。機械的特性が高く、しかも安定して得られる積層板は、単板間に150 g/m<sup>2</sup>を2層挟んだ積層構成である。

### 3.4 積層板の樹軸方向と年輪方向の比較

図8に、超極薄木単板間に和紙を2層挟んだ構成の積層板のL方向とR方向の荷重とたわみの関係の比較を示した。

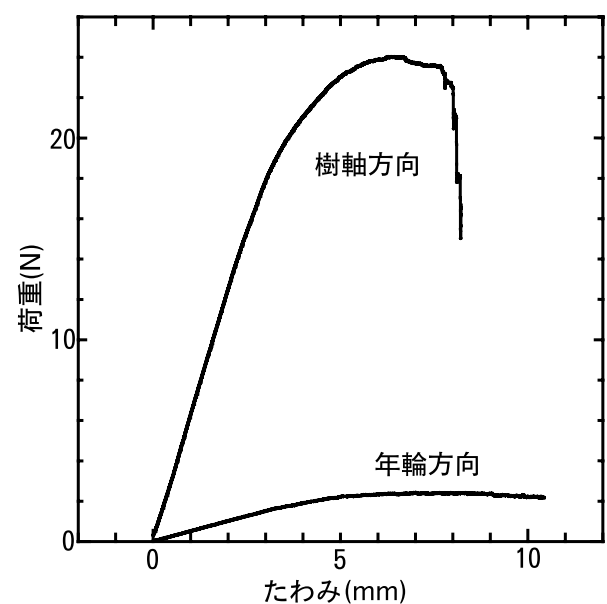


図8 樹軸方向と年輪方向の荷重-たわみの比較

L方向に比べR方向は破壊荷重が非常に低い。また、曲線の初期の傾きも小さく、剛性は非常に低い。L方向に比べR方向の強度および弾性率が非常に低いため、この積層構成の板材は、R方向に応力が負荷される用途には利用できない。用途分野を広げるには、さらにR方向の強度、弾性率を高くし、異方性を緩和する必要がある。

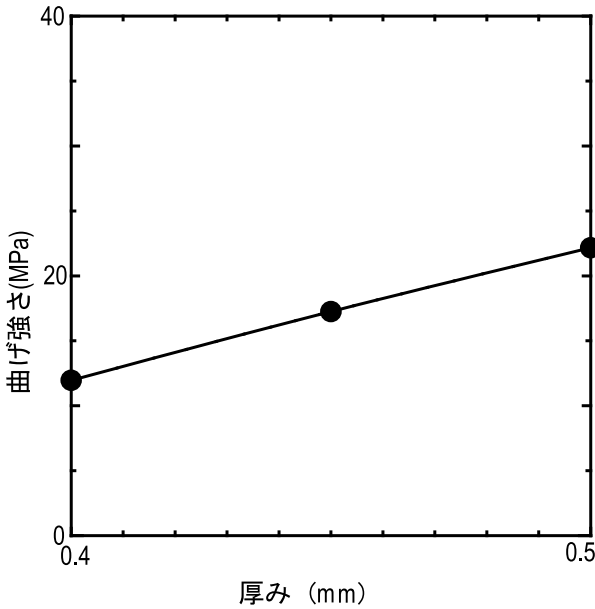


図9 積層板の厚みと曲げ強さの関係

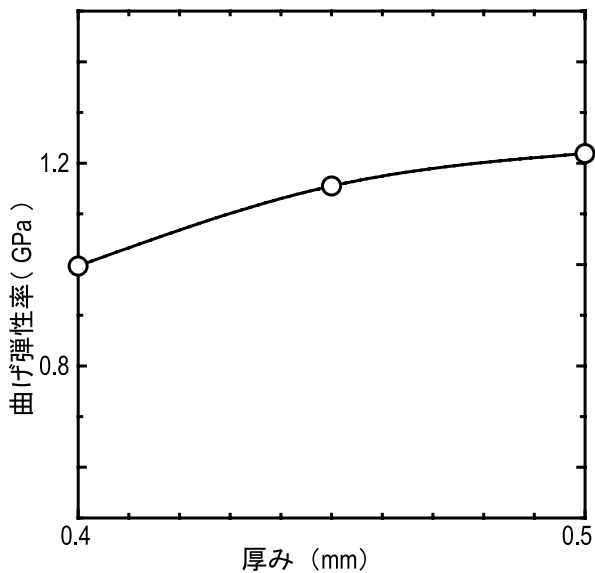


図10 積層板の厚みと曲げ弾性率の関係

図9、10に、積層板の厚みとR方向の曲げ強さ、曲げ弾性率の関係を示した。和紙層を厚くするとL方向と同様に曲げ強さ、曲げ弾性率ともに高くなるが、何れの値もL方向に比べると非常に低い。和紙層をさらに厚くすれば、R方向の曲げ強さ、曲げ弾性率ともに高くなるが、混抄和紙の坪量は、150 g/m<sup>2</sup>が上限であり、単独の和紙でこれ以上厚くするの

は困難である。さらに、成形時に各層間のずれが生じずに、安定した均一な積層板を得るには、和紙2層の積層が上限であるため、超極薄木単板間に和紙のみを挟んだ積層構成では、これ以上の異方性の緩和は期待できない。

### 3.5 積層構成の検討

R方向の機械的特性の向上による異方性の緩和を目的とし、和紙間にさらに単板を挟んだ構成の積層板について検討した。

図11に、和紙層の間に超極薄木単板を挟んだ5層の積層構成で、表層の超極薄木単板がL方向の場合の積層板の荷重とたわみの関係を示した。図中の記号は、和紙：J、樹軸方向：L、年輪方向：Rの各層の略号である。[L/J/L/J/L]は、3層の単板がすべてL方向、[L/J/R/J/L]は、中心の単板層がR方向であることを表した。単板間に和紙のみを挟んだ場合に比べて、和紙層の間に超極薄木単板を挟むことにより、破壊荷重が高くなった。

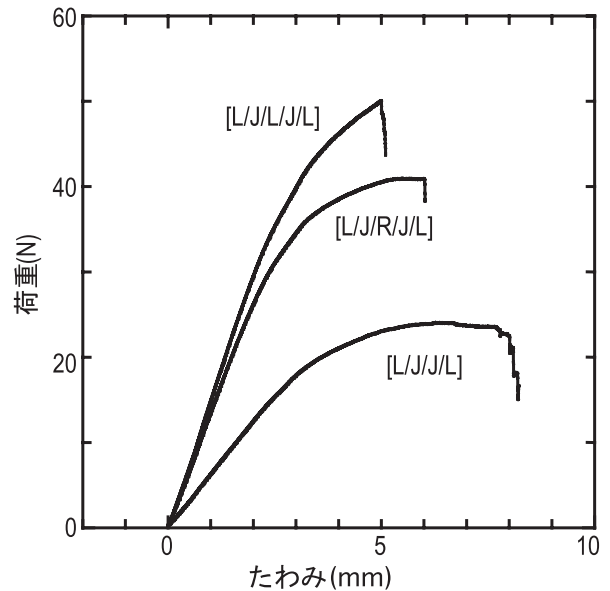


図11 積層板の荷重—たわみの比較

図12に、各積層板の曲げ強さを示した。和紙層間に挟む超極薄木単板をR方向にし、表層に対し交差させた場合の値は、芯材に和紙のみを用いた場合に比べやや高くなった。和紙間の単板をL方向にした場合は、200MPa以上の非常に高い値となった。

図13に、各積層板の曲げ弾性率を示した。曲げ弾性率は、単板単独の場合よりもやや低くなったが、何れの積層構成の場合もほぼ一定の値であった。

図14に、和紙層の間に超極薄木単板を挟んだ5層の積層構成で、表層の超極薄木単板がR方向の場合の荷重とたわみの関係を示した。[R/J/R/J/R]は、3層の単板がすべてR方向、[R/J/L/J/R]は、中心の単板層がL方向であることを表した。和紙層の間に超極薄木単板を挟むことにより破壊荷重

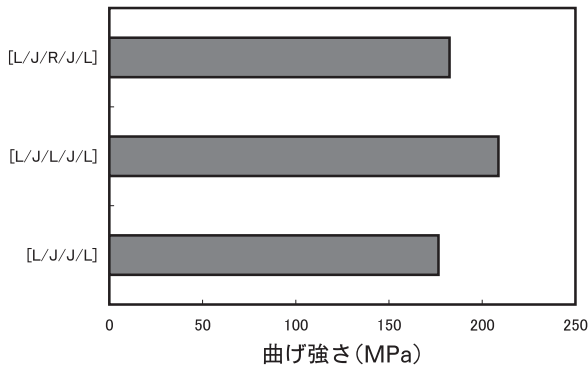


図12 積層板の曲げ強さ

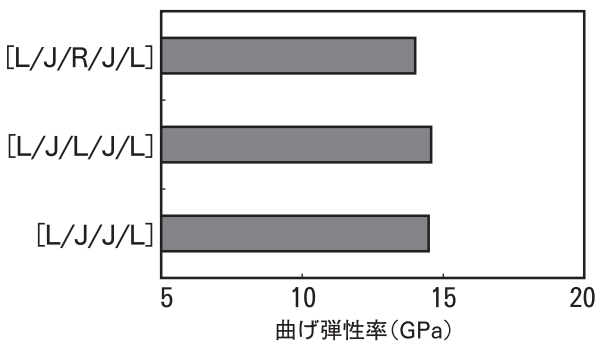


図13 積層板の曲げ弾性率

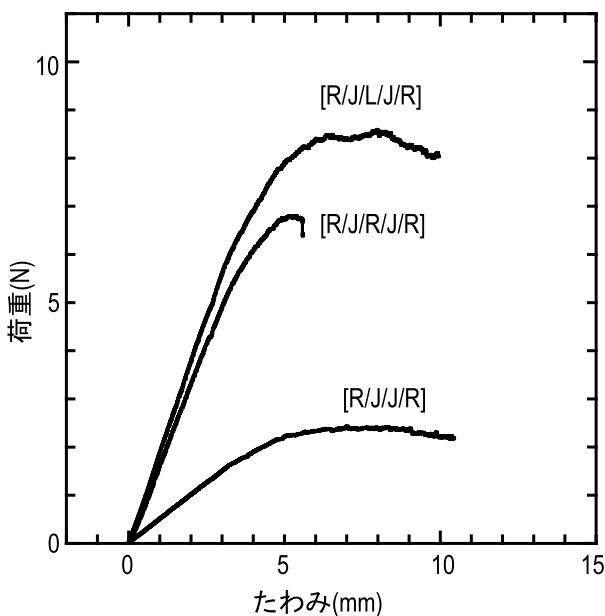


図14 積層板の荷重-たわみの比較

が高くなった。和紙間に挟む超極薄木単板をL方向にし、表層に対し交差させた方が破壊荷重が高くなった。

図15に、各積層板の曲げ強さを示した。和紙層間に超極薄木単板を挟むことにより、芯材に和紙のみを用いた場合の値よりも曲げ強さが高くなった。和紙間に挟む超極薄木単板をL方向にし、表層に対し交差させた場合には、35MPa程度まで値が向上した。

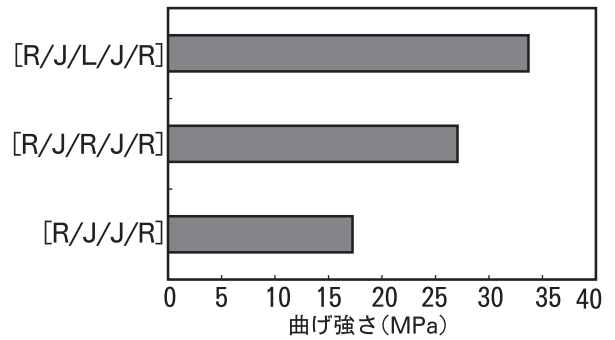


図15 積層板の曲げ強さ

図16に、各積層板の曲げ弾性率を示した。和紙層間に超極薄木単板を挟むことにより、芯材に和紙のみを用いた場合の値よりも曲げ弾性率が高くなった。

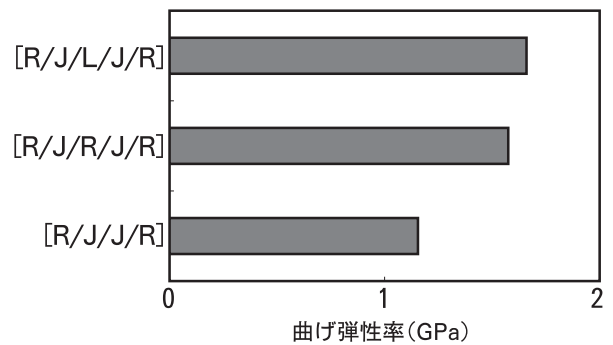


図16 積層板の曲げ弾性率

表1、2に、各積層板での表層がL方向の場合とR方向の場合の曲げ強さと曲げ弾性率の比を示した。

表1 曲げ強さの比

試料	L/R
単板	17.9
[L/J/L]	13.7
[L/J <sub>2</sub> /L]	10.2
[L/J <sub>3</sub> /L]	9.0
[L/J/L/J/L]	7.7
[L/J/R/J/L]	5.4

超極薄木単板のL方向とR方向の曲げ強さの比は17.9、曲げ弾性率の比は31.1であり、非常に異方性が高いが、超極薄木単板間に和紙を挟んだ積層板では、和紙の厚みが大きくなる程比は小さくなった。和紙の間にさらに超極薄木単板を挟んだ5層の積層板では、曲げ弾性率の比がさらに小さくなり、[L/J/R/J/L]の積層構成では曲げ強さの比は5.4、曲げ弾性率の比は8.4まで小さくなった。

表2 曲げ弾性率の比

試料	L/R
単板	31.1
[L/J/L]	14.2
[L/J <sub>2</sub> /L]	12.5
[L/J <sub>3</sub> /L]	12.2
[L/J/L/J/L]	9.3
[L/J/R/J/L]	8.4

#### 4. おわりに

超極薄木単板は、非常に異方性の高い材料であり、単独での利用は困難であるが、超極薄木単板の間に和紙および超極薄木単板を挟んで積層することにより、異方性が緩和されるとともに、いずれの方向の曲げ強さおよび曲げ弾性率も高くなることが明らかになった。

特に、単板／和紙／単板／和紙／単板の積層構成で用いると、異方性の緩和に効果的であった。

#### 引用文献

- 1) 中井 孝, 山井良三郎: 日本産主要35樹種の強度的性質, 林試報, No.319, 13-46(1982)
- 2) 山岸 暢, 可児 浩, 金野克美, 吉田光則, 西 良郎: 超極薄木単板／和紙積層板の特性評価, 第35回FRPシンポジウム講演論文集, (2006)