

## 竹積層材の強度特性について

大内成司・中原 恵・阿部 優・小谷公人・坂下仁志  
別府産業工芸試験所

## Mechanical Property of Laminated Bamboo

Johji OUCHI, Megumi NAKAHARA, Masaru ABE, Kimito KOTANI, Hitoshi SAKASHITA  
Beppu Industrial Art Research Division

## 要旨

竹製車椅子のフレーム部材である竹積層材の強度性能について、曲げ試験及び木ネジ保持力試験を行った。曲げ試験において竹単板厚さの違いによる曲げ強度への影響は、積層厚さが同一であるならば竹単板厚さが薄いものを多く積層した方が高くなる傾向が見られた。油抜き処理と炭化処理(高温高圧蒸気処理の業界俗称)における処理方法の違いによる曲げ強度への影響は見られなかった。また、竹単板厚さを同一とした積層方向の違いによる曲げ強度への影響は、両面に表皮側を位置させたCtypeが最も強く、次に引張り側に表皮面が位置するBtype、圧縮側に表皮面が位置するFtypeの順となった。木ネジ保持力試験においては、板目面：2.97kN、柃目面：2.79kNと差はあまり見られなかったが、スギ材の約2.6倍の値であった。

## 1. はじめに

当所では、平成11年度から竹製車椅子の開発に取り組んでおり、今年度2号機の試作に着手した。

竹製車椅子のフレーム部材は、モウソウチクの厚さ4～5mmの単板を複数枚積層したものを使用している。竹材の強度は広葉樹のブナ材等と比べても高い値を示すが、靱皮繊維の分布密度によって左右される。靱皮繊維は、表皮側に密集しており、この部分が強度を保持しているといっても過言ではない。しかし、竹単板を作製するにあたり、表皮および内皮側を切削する必要があり、靱皮繊維が密集している部分を切削することになる。

そこで今回は、竹単板および竹積層材の製造条件の違いによる強度特性について把握を試みた。

## 2. 実験

## 2.1 竹単板の作製

供試材として油抜き処理と炭化処理(水蒸気温度150℃、圧力0.5MPa、時間20分)を施した直径130mm程度のモウソウチクを使用した。炭化処理には油抜き処理を施したものを使用し、その後、以下の工程により厚さ2, 3, 4mmの竹単板を作製した。

1) 長さ2,000mmの丸竹を幅45mmにダブルソーで繊維方向に切る。2) 円弧状の板材を三面仕上げ機により内皮面と側面を切削する。3) 自動鉋で表皮面を所定の幅の平面がでるまで切削する。その後、一旦室内で重量減少が平行になるまで自然乾燥を行う。4) 自動鉋で内皮面から切削し、所定の厚さに仕上げる。

## 2.2 竹単板厚さの違いによる竹積層材の曲げ試験

2.1の方法により作製した厚さ2, 3, 4mmの竹単板をFig. 1に示す積層方法により積層厚さが12mmになるように4mm×3ply, 3mm×4ply, 2mm×6plyで積層接着した。接着剤はユリア樹脂を使用し、圧縮圧力は15kgf/cm<sup>2</sup>とした。試験体寸法は幅12×厚さ12×長さ216mmとし、JIS Z 2101に準拠してスパン168mmの3点中央集中荷重で曲げ試験を行った。また、荷重方向は平行 $\parallel$ 、垂直 $\perp$ の2方向とし、試験体数は各5体とした。なお、竹単板は節間部を使用し、節のないものとした。Fig. 1の単板断面に色の濃淡によるグラデーションを示しているが、これは、維管束の分布密度を簡略的に示したものであり、濃い部分が密度の高い表皮側となる。

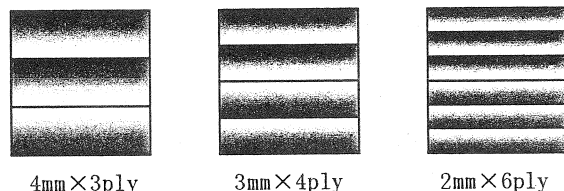


Fig.1 竹積層材の積層方法(厚さの違いによるもの)

## 2.3 竹単板積層方向の違いによる竹積層材の曲げ試験

竹材は表皮側と内皮側では靱皮繊維の分布密度による密度差が非常に大きい。そのため、曲げ試験を行った場合引張り側に表皮側、内皮側どちらが位置するかによっては、強度差が生じることが考えられる。そこで、Fig. 2に示すように厚さ5mmのものを4枚積層し、引張り側に内皮側が位置する場合(Ftype)と表皮側が位置する場合

(Btype), 圧縮側, 引張り側, 両面に表皮側が位置する場合(Ctype)の曲げ試験を行った。接着剤はユリア樹脂を使用し, 圧縮圧力は15kgf/cm<sup>2</sup>とした。試験体寸法は幅20×厚さ20×長さ360mmとし, JIS Z 2101に準拠してスパン280mmの3点中央集中荷重とした。試験体数は各5体とした。なお, 1枚の竹単板に節が1~2個含むものを使用し, 節の位置はランダムに配置した。

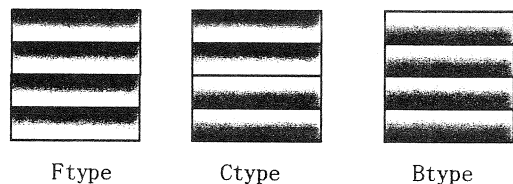


Fig. 2 竹積層材の積層方法(重ね方の違いによるもの)

### 2.4 木ネジ保持力試験

JIS A 5908の規格を参考にして試験を行った。厚さ5mmの竹単板にユリア樹脂接着剤を使用して圧縮圧力: 15kgf/cm<sup>2</sup> で8plyの試験体を作製した。試験体寸法を幅35×厚さ40×長さ120mmとした。Fig. 3に示すように板目と柾目の両面に両端から40mm, かつ幅方向の中心の位置に呼び径3.8mmの木ネジを深さ20mmまでねじ込み, 2mm/minの速度で引き抜き試験を行った。

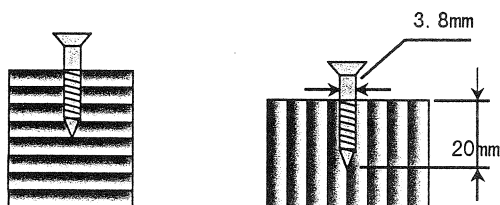


Fig. 3 木ネジ保持力試験体の断面図

## 3. 結果および考察

### 3.1 竹単板厚さの違いによる竹積層材の曲げ試験

油抜き処理材と炭化処理材の全試験体における密度とMORの関係をそれぞれFig. 4及びFig. 5に示す。同様にMOEについてもFig. 6及びFig. 7に示す。単板厚さが薄くなるに従って密度が向上することがわかり, それと相関してMOR, MOEも向上する傾向が見られた。これは, 単板を作製する際に, 内皮側を切削し厚さを調節するため, 薄くなるほど靱皮繊維の占める割合が高くなり密度が向上したためだと考えられる。このことから, 竹積層材は密度を測定することにより, ある程度の曲げ強度を予測することが可能であると思われる。

Fig. 8及びFig. 9に平均値のMORとMOEの結果を示す。荷重方向による違いを見ると, MORとMOE共に垂直方向⊥のほうが僅かではあるが平行方向∥よりも高い値を示した。

油抜き処理と炭化処理においては顕著な差は見られなかった。

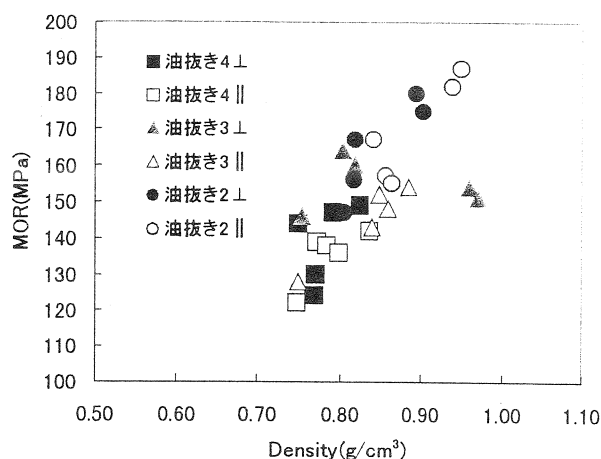


Fig. 4 油抜き処理材の密度とMORの関係

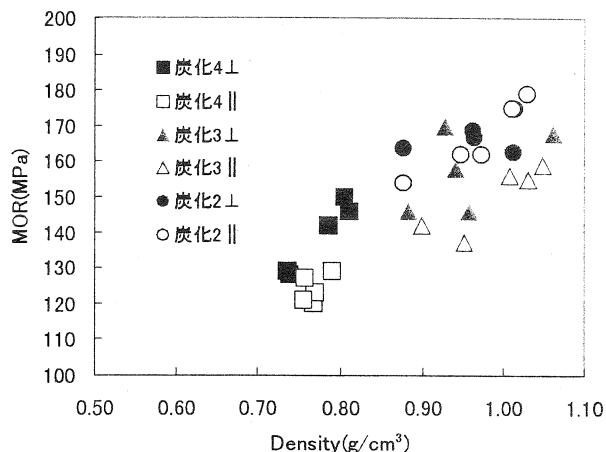


Fig. 5 炭化処理材の密度とMORの関係

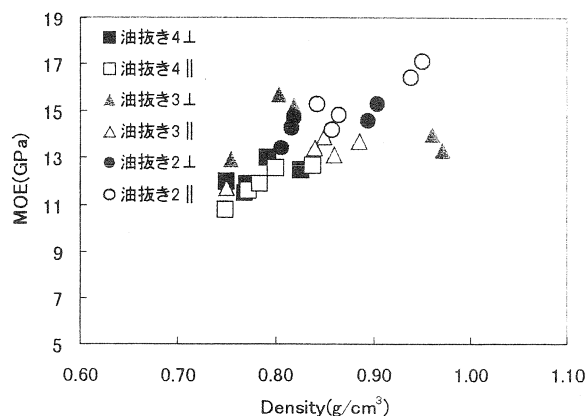


Fig. 6 油抜き処理材の密度とMOEの関係

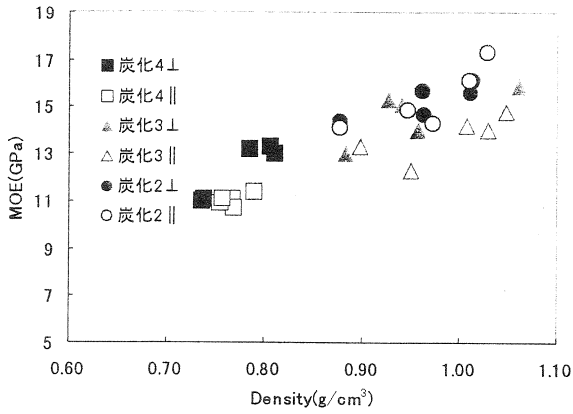


Fig. 7 炭化処理材の密度とMOEの関係

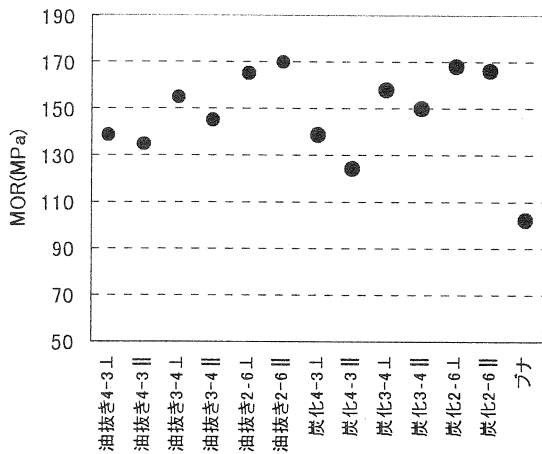


Fig. 8 竹単板厚さの違いによるMORへの

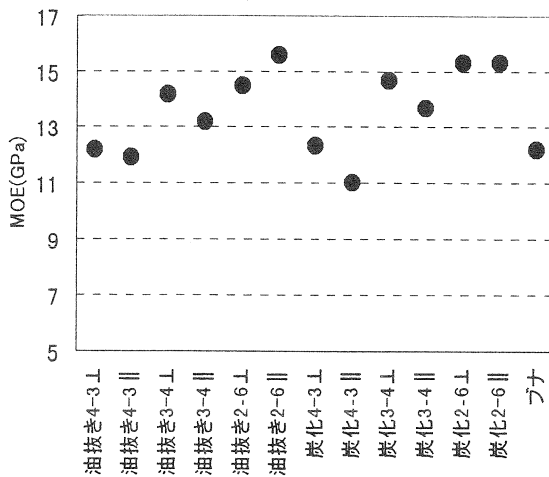


Fig. 9 竹単板厚さの違いによるMOEへの影

今回、比較対象材としてブナ材の曲げ試験を行ったが、MORに関しては全てにおいてブナ材を上回る結果となった。

### 3.2 竹単積層方向の違いによる竹積層材の曲げ試験

Fig. 10及びFig. 11に積層方向のタイプ別の曲げ試験のMORとMOEの結果を示す。FtypeとBtypeは積層方向が同一のものに荷重面を表・裏側から行ったものであるが、引張り側に表皮側が位置するBtypeの方が圧縮側に表皮側が位置するFtypeよりも高い値を示した。また、BtypeとCtypeを比較すると、圧縮側、引張り側、両面に表皮側が位置するCtypeがより高い値を示した。

構造用集成材を梁などに使用する場合、両面のラミナは高強度のものを使用し曲げ応力に耐えるように設計されている。今回のCtypeはそれと同様な積層になっており、両面に靱皮繊維の分布密度が高い部分が位置したためだと考えられる。比較対象材としてブナ材の試験も行ったが、MORに関してはCtypeがその値を上回る結果となった。MOEに関しては、MORと同様にF・B・Ctypeの順となったが、ブナ材を上回ることは出来なかった。

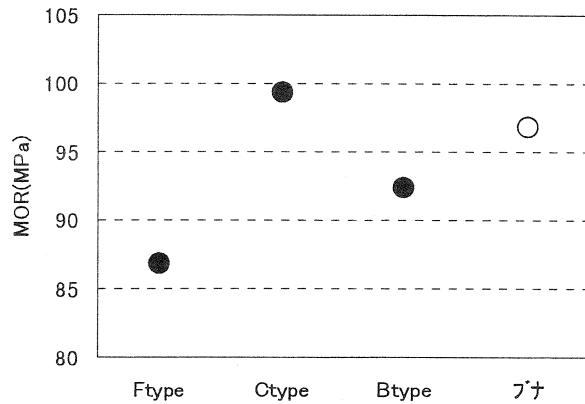


Fig. 10 積層方向の違いによるMORへの影響

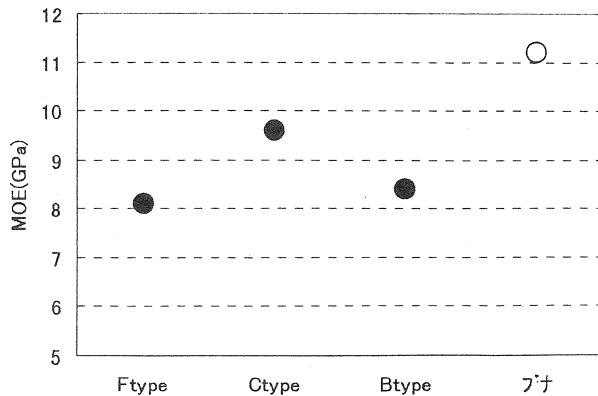


Fig. 11 積層方向の違いによるMOEへの影響

### 3.3 木ネジ保持力試験

竹積層材の木ネジ保持力をFig. 11に示す。板目面が2.97 kNで柃目面が2.79 kNでさほど差は見られなかった。比較対象材であるブナ材は3.62 kNと最も高い値を示したが、針葉樹の最もポピュラーなスギ材1.1 kNと比較すると、約2.7倍の値を示した。今回の竹単板の厚みは5mmのものを使用したが、内皮側を切削し薄くすれば、密度の向上により木ネジ保持力の高くなることが推測される。

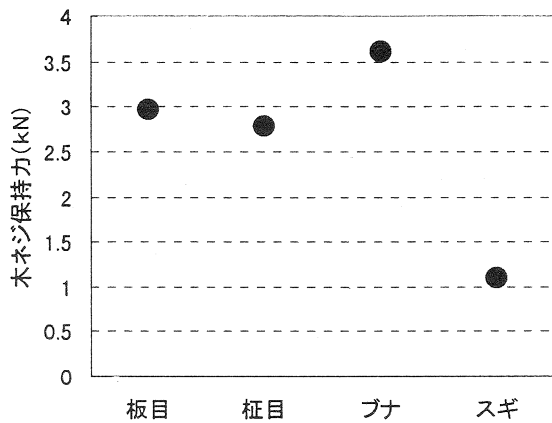


Fig. 11 竹積層材の木ネジ保持力

### 4. まとめ

竹積層材の強度特性について以下のような結果が得られた。

- 1) 竹単板の厚みの違いによる曲げ強度への影響は、表皮側からの厚みが薄いほど高くなることがわかった。
- 2) 竹積層材の曲げ強度は、密度に比例することがわかった。
- 3) 飽和水蒸気圧0.5MPa(150℃)、処理時間20分の炭化処理では、曲げ強度への影響は無いことがわかった。
- 4) 竹単板の積層方法は両面に靱皮繊維の分布密度の高い表皮側を位置させることによって、より高い曲げ強度が得られることがわかった。
- 5) ブナ材の曲げ強度を上回るには、竹単板厚さ4mm以下が望ましいが、歩留まりの関係上竹単板厚さ5mmを使用する場合は、両面に表皮側を位置する事が望ましい。