

丸竹材の曲げ加工及び接合技術に関する研究 (第2報)

寒竹慎一・中原 恵・阿部 優
別府産業工芸試験所Study on the Bending Processing and Joining Technology
of the Bamboo Culm (II)Shinichi KANTAKE, Megumi NAKAHARA, Masaru ABE
Beppu Industrial Art Research Division

要旨

昨年度の研究で、直径3cmの丸竹材を曲率半径30cmで曲げるためには、高圧蒸気0.3MPaで10分間処理を行えば曲げ加工が可能だと判明した¹⁾。本年度は、圧力条件を0.3MPaから0.4MPaに上昇させ、より小さな曲率で曲げ加工が可能か検討したが、圧力条件の違いによる差は生じなかった。また、直径2cm材の曲率半径は26cmが限界であることが分かった。マダケ材とクロチク材について曲げ比較実験を行った結果、クロチク材の方が曲げに適している材であることが分かった。高圧蒸気処理による材色変化の相関関係について検討した結果、0.2MPaで30分間処理したマダケ材と0.4MPaで10分間処理したマダケ材の色差 (ΔE^*) が同等であることが分かった。

丸竹材の接合技術に関する研究においては、生産コストを下げるため市販のプラスチック接合部品を流用した量産型丸竹製品の試作開発を行った。

1. はじめに

自然志向や環境安全性への要求が、竹材の多様な利用を促している。これまでの一般的な食器や茶花道具などインテリア小物に加えて、近年、ファッション装身具やバッグなどで、竹素材を用いた商品が増加している。住空間、福祉機器など人と接する物は、自然素材でという社会的ニーズも高まっており、部材としての利用相談もこれまで以上に増加傾向にある。これらの傾向は、竹材が人に優しい、環境に負荷を与えない自然素材であることに起因しており、竹の形状つまり美しい表皮質と節のある丸竹を利用する用途のものが多い。これらの特性を生かすためには、曲げ加工や新接合法などによるデザイン提案を求められているが、現状技術では、加工方法が確立されていないのが現状である。このような現状から本研究では、丸竹材の需要拡大を図るため、丸竹曲げ加工技術の確立と市販の接合部品を用いた量産型丸竹製品の試作開発を行ったので報告する。

2. 実験方法

2.1 圧力条件を変えた曲げ実験

2.1.1 供試竹材

供試竹材は、大分県産マダケ材(胸高直径約3cm)竹齢3~5年で、水酸化ナトリウム水溶液(0.02~0.04%)により20~30分煮沸処理を行い脱脂した気乾材を使用した。

試験片は地上高約40cm~200cmの部位で採取し、繊維方向長さ約160cm、直径約3cmとした。試験片は、各条件につき2本とした。

2.1.2 高温高圧蒸気処理

ボイラー(石川島播磨重工業製)で蒸気を発生させ、それに連結する圧力釜に蒸気を流入させる。その際、圧力弁で圧力調整を行い0.3MPaと0.4MPaの2条件とした。処理時間はいずれも10分間とした。釜の内部温度は0.3MPaで約130℃、0.4MPaで約140℃。

2.1.3 曲げ治具及び固定方法

半径26cmと30cmの2種類の木製治具を用いた。竹材に接する治具面は竹材の曲面に合わせて曲面加工を施したものを使用した。固定方法は、クランプによる圧縮で行い、固定後温風乾燥機にて80℃で1時間の乾燥固定を行った。

2.2 直径2cm材の丸竹曲げ実験

2.2.1 供試竹材

供試竹材は、圧力条件を変えた曲げ実験と同様の材料を用いた。試験片は地上高約5cm~200cmの部位で採取し、繊維方向長さ約160cm、直径約2cmとした。試験片は、各条件につき3本とした。

2.2.2 高温高圧蒸気処理

圧力条件を変えた曲げ実験と同じ装置を用いて0.4MPaで10分間の処理を行う。釜の内部温度は約140℃。

2.2.3 曲げ治具及び固定

半径 20cm・26cm・30cm の 3 種類の木製治具を用いた。竹材に接する治具面は竹材の曲面に合わせて曲面加工を施したものを使用した。固定方法は、クランプによる圧縮で行い、固定後温風乾燥機にて 80℃で 1 時間の乾燥固定を行った。

2.3 マダケ材とクロチク材の曲げ比較実験

2.3.1 供試竹材

供試竹材は、大分県産マダケ材竹齢 3~5 年で、水酸化ナトリウム水溶液 (0.02~0.04%) により 20~30 分煮沸処理を行い脱脂した気乾材と高知県産クロチク材竹齢 3~5 年で火抜きにより脱脂した気乾材を使用した。試験片は地上高約 5cm~200cm の部位で採取し、繊維方向長さ約 160cm, 直径約 2cm とした。試験片は、各条件につき 3 本とした。

2.3.2 高温高压蒸気処理

圧力条件を変えた曲げ実験と同じ装置を用いて 0.4MPa で 10 分間の処理を行う。釜の内部温度は約 140℃。

2.3.3 曲げ治具及び固定

直径 2cm 材の丸竹曲げ実験と同じ方法で行った。

2.4 材色変化の相関関係

2.4.1 供試竹材

供試竹材は、大分県産マダケ材 (胸高直径約 7cm) 竹齢 3~5 年で、水酸化ナトリウム水溶液 (0.02~0.04%) により 20~30 分煮沸処理を行い脱脂した気乾材を使用した。試験片は繊維方向長さ 30cm, 幅 3cm, 厚みの調整はせずに節部は除いた。試験片は全て同じ材料より採取し、1 条件につき各 5 本とした。

2.4.2 高温高压蒸気処理

圧力条件を変えた曲げ実験と同じ装置を用いて、圧力条件を 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5MPa とし、処理時間をそれぞれ 10 分, 20 分, 30 分とした。釜の内部温度は 0.1MPa で約 110℃, 0.2MPa で約 120℃, 0.3MPa で約 130℃, 0.4MPa で約 140℃, 0.5MPa で約 150℃。

2.4.3 材色変化測定

高压蒸気処理による材色変化を測定するため、色彩色差計 (ミノルタ製 CR-300) を用いて、処理前後の表皮側の CIE1976L*a*b* 表色系における色差 (ΔE^*) を求めた。

$$\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$$

3. 結果及び考察

3.1 圧力条件を変えた曲げ実験

蒸気圧力を 0.3MPa と 0.4MPa の各条件で曲げ実験を行った結果、曲率半径 30cm で曲げ加工を行った場合どちらも良好に曲げ加工を行えたが、曲率半径 26cm で曲げを行った場合、どちらの条件においても引張り側に繊維破断を生じ、曲げ加工は成功しなかった。繊維破断状態を Fig.1

に示す。このことから、圧力条件を 0.1MPa (圧力釜内部温度約 10℃) 上昇させただけでは、曲率半径を小さくすることは出来ないということが分かった。

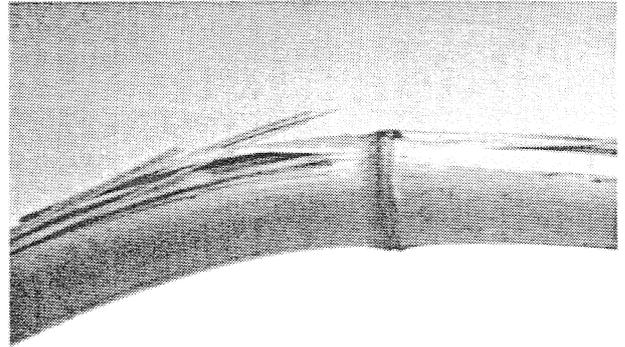


Fig.1 引張り側の繊維破断

3.2 直径 2cm 材の丸竹曲げ実験

直径 2cm 材の曲げ実験結果を Table 1 に示す。繊維破断や座屈なしで全て曲げ加工が行えたものを ○, 繊維破断したものや成功したものが混在する場合は △, 全ての試験片において繊維破断を生じた場合は × とすることとした。

Table 1 直径 2cm 材の曲げ実験結果

蒸気圧力	治具半径 20cm	治具半径 26cm	治具半径 30cm
0.4MPa	△	○	○

曲率半径 30cm, 26cm のものは全て良好に曲げ加工が行えた。曲率半径 20cm の場合は、試験片 3 本中 2 本が繊維破断を起こした。このことから、高压蒸気処理による直径 2cm 材の曲率半径は 26cm までが有効範囲であることが分かった。

3.3 マダケ材とクロチク材の曲げ比較実験

直径 2cm のマダケ材とクロチク材の曲げ比較実験結果を Table 2 に示す。Table 1 と同様に曲げ加工結果を ○, △, × の記号で示す。

Table 2 マダケ材とクロチク材の曲げ比較実験結果

材種	治具半径 20cm	治具半径 26cm	治具半径 30cm
マダケ	△	○	○
クロチク	○	○	○

マダケ材については、3.2 で述べたように曲率半径 20cm の場合は、3 本中 2 本が繊維破断を生じたが、クロチク材については、全てにおいて良好に曲げ加工を行えた。このことから、木材同様な材種の違いにより曲げやすい材、曲

げ難い材が竹材においても存在し、クロチク材の方がマダケ材と比較して曲がりやすい材であることが分かった。

3.4 材色変化の相関関係

竹材は、材温度が上昇すると内部に含まれる水溶性成分の熱変性により材色が茶色に変化して行くことが知られている²⁾。圧力条件を上昇させることにより竹材の内部温度も上昇する。それに伴い材色がどのように変化するか、各条件について色彩色差計により測定した平均色差 (ΔE^*) をFig.2に示す。圧力条件と ΔE^* の間には、正の相関関係が存在しているのが良くわかる。また、処理時間と ΔE^* の間にも同様に正の相関関係が存在している。特に注目したいのが、0.2MPaで30分間処理した試験片の ΔE^* (21.66) と0.4MPaで10分間処理した試験片の ΔE^* (22.22) の数値がほぼ同等の数値を表している。また、0.3MPaで30分間処理した試験片の ΔE^* (26.54) と0.5MPaで10分間処理した試験片の ΔE^* (26.33) も同様に数値がほぼ同じ値を示している。このことから、材色変化を抑制しつつ曲げ加工を行うためには、高めの蒸気圧力で短時間の処理を行うことが有効であることが分かった。

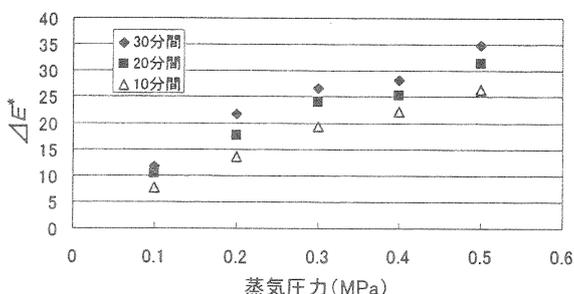


Fig.2 蒸気圧力と色差の関係

4. 量産型丸竹製品の試作開発

4.1 金物接合法の問題点改善

昨年度開発した接合金具をFig.3に示す。Fig.3の接合金具について検討した結果、①金物部品（ステンレス部品）はコスト高である。②不定形な木口を接合金具に合わせて真円加工を行うのは、困難である。③量産化が見込めない等の問題点が指摘された。

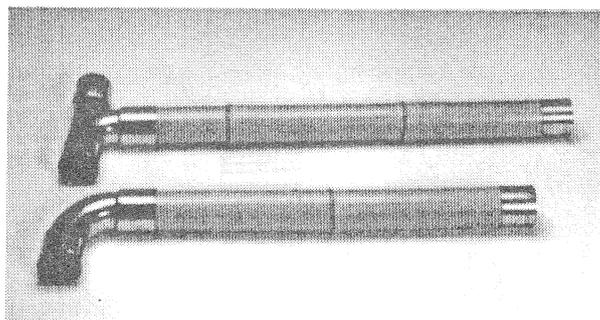


Fig.3 金物接合部品

これらの問題点を改善すべく、研究に取り組んだ。接合部品については、金物ではなく、市販のプラスチック製接合部品を流用することでコストの低減を図った。不定形な木口を切削するため、竹材用丸竹木口切削加工機を導入し、量産可能とした。木口切削加工機をFig.4に示す。この加工機は、丸竹材を三つ爪により固定し、円筒形の刃を回転させながら前後に移動させることにより木口を真円加工するものである。竹は繊維方向長さが伸びるほど途中で節が多く入る。節部で曲がりが発生し繊維方向のレベル出しが困難になる。そこで、竹の両端木口のレベル出しを行うため、右側の支柱を用い竹の端部固定する役割と切削木口面のレベル出しを行えるようにした。木口切削後の状態をFig.5に示す。

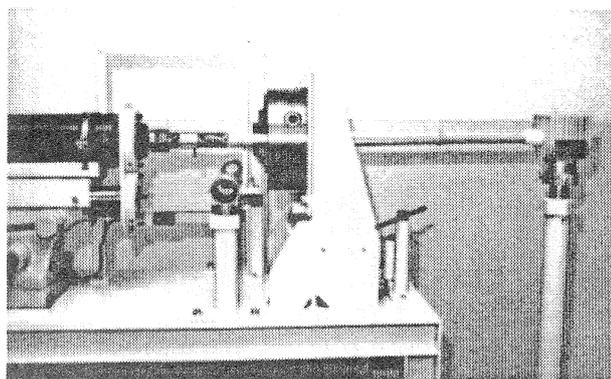


Fig.4 木口切削加工機

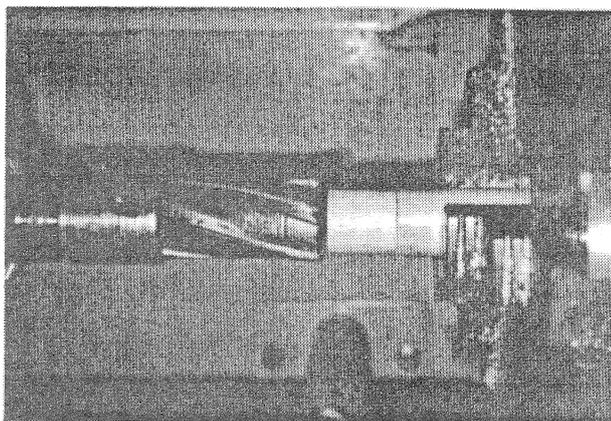


Fig.5 木口切削後の丸竹端部

4.2 試作品開発

4.1で述べた木口切削加工機と市販の接合部品を用いて丸竹パーティションを開発した。用いた接合部品をFig.6、完成した試作品をFig.7に示す。使用竹材は、大分県産マダケ直径3cm前後の竹齢3~5年で、水酸化ナトリウム水溶液 (0.02~0.04%) により20~30分煮沸処理を行い脱脂した竹材を用意し構造材料として使用した。構造材の長方形に空いた空間部分にはスリット状の御簾 (竹製) を用いた。接合部品はT型ジョイントとはめ込みタイプの物

を使用し、床に接する部分と最上部の木口部分はキャップ式にした。はめ込みタイプを使用することで、組立てが容易になることと、接合部がフレキシブルに稼動するため、部屋の空間に合わせて自在に平面構成を変更出来るのが特徴である。

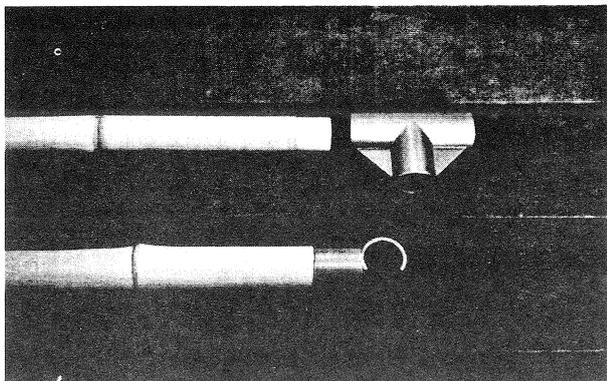


Fig.6 接合部品

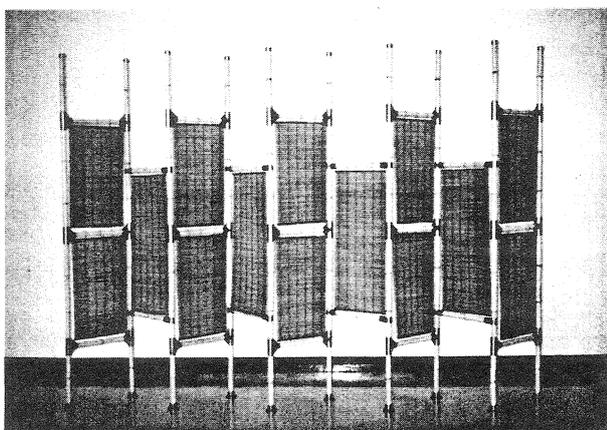


Fig.7 丸竹パーティション

5. まとめ

高圧蒸気処理による各種丸竹曲げ実験及び材色変化測定を行って得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 蒸気圧力を0.1MPa上昇させても、曲率半径を小さくすることは出来ない。
- (2) 直径2cmの丸竹マダケ材の有効曲率半径は26cmである。
- (3) マダケ材とクロチク材を比較した場合、クロチク材の方が曲がりやすい材といえる。
- (4) 蒸気処理による材色変化を抑制するには、高めの蒸気圧力で短時間の処理を行うことが有効である。

参考文献

- 1) 寒竹慎一, 小谷公人, 阿部 優:平成11年大分県産業科学技術センター研究報告,(2000), 143.
- 2) 二宮信治, 小谷公人:平成10年度大分県産業科学技術センター研究報告,(1999), 153.