

木製品の価値を高める木材の高度曲げ加工の研究 ()

Study on Advanced Wood Bending for Producing More Valuable Wooden Article ()

山田順治*, 住友将洋*, 安永真也*

Nobuharu Yamada, Masahiro Sumitomo and Shinya Yasunaga

抄 録

木材の縦圧縮ができる試験装置を持つ高知県工業技術センターにおいて、試験材の縦圧縮処理を行い、作製した圧縮処理材の曲げ試験を行った。ナラ材、ブナ材は、圧縮処理が可能であったが、ウオールナット材は座屈を生じ加工ができなかった。処理材は加圧端面より圧縮が進み、加圧される側の残留圧縮率は、固定される側よりも大きく不均一な圧縮となっていた。加圧端面側の縦圧縮処理材では、比較的、含水率が低い条件で大きな曲げ変形が得られた。

実用機であるコンブウッドシステムにより加工した、実寸大の圧縮木材、ナラ材、タモ材を購入し、これらについて、プレスによる常温での曲げ木試験を行ったが、すべての条件で、損傷なく曲げ木が可能であった。

1 はじめに

高度な曲げが可能となる新しい加工法として、最近、圧縮前処理法による曲げ木が注目されている。

有効性を確かめるために、この加工法について調査研究を行った。

木材の縦圧縮ができる試験装置を持つ高知県工業技術センターにおいて、試験装置の調査を行い、試験材の縦圧縮処理を行った。作製した圧縮処理材の曲げ試験を行い、処理材の可塑性を調べ、曲げの可能性を検討した。また、調査した試験装置を参考にした治具を作製し、材料試験機を用いて試験材の圧縮処理を行い、小試験片を作製した。

実用機であるコンブウッドシステムにより加工した実寸大の圧縮木材、ナラ材、タモ材を購入し、これらについて、常温による曲げ木加工を行い、この曲げ木方法を、曲げ曲率限界により評価した。

2 試験方法

2・1 圧縮機能付前処理蒸煮装置による試験

高知県工業技術センターの圧縮機能付前処理蒸煮装置により材の加工を行った。

試験材は、断面寸法 38 mm × 38 mm、繊維方向の長さ 600 mm、気乾状態のナラ材、ブナ材、ウオールナット材を各 5 体とした。座屈を生じ加工ができな

ったウオールナット材を除いたナラ材、ブナ材の材質を表 1 に示す。

表 1 試験材の基礎材質

試験材	曲げヤング率 Eb(kN/mm ²)	曲げ強度 b(N/mm ²)	密度 r(g/cm ³)	含水率 u(%)
ナラ材	11.48	99.5	0.75	13.1
ブナ材	12.71	143.9	0.73	10.6

圧縮機能付前処理蒸煮装置内で、100℃で1時間、加熱蒸煮を行った後、装置中央の圧縮用治具にセットし、試験材長の 20%、120 mm を縦圧縮した。120 mm の圧縮に、ブナ材で平均 40 分、ナラ材で平均 60 分かかった。その後、5 分間保持し解圧した。圧縮力は平均で 34kN ~ 39kN であった。解圧により変形は 9% 程度に回復した。加工時の材の含水率は、蒸煮により、ナラ材、ブナ材ともに 16 ~ 17% になったと推定される。

圧縮処理材の可塑性を調べるために、材の曲げ試験を行った。

処理材は加工前に 100 mm 間隔に印をしており、処理後の寸法からそれぞれの部位の残留圧縮率を測定した。処理材は加圧端面より圧縮が進み、加圧される側の残留圧縮率は、固定される側よりも大きく、不均一な圧縮となっていた。このため、材圧縮前の寸法中央で、材を 2 分して加圧される側の部位を試

*生活科学課

試験材 a ,固定されている側の部位を試験材 bとして、曲げ試験を行った。試験材は厚さ 25 mmに仕上げ、スパン 220 mm、中央集中荷重で行った。

曲げ撓み()より材に生じる引張り歪み(cal)を次の式により計算で求めた。

$$cal = 6 (H / L^2) \quad (1)$$

ここで、H:材厚,L:曲げスパン

2・2 簡易治具による縦圧縮処理試験

調査した圧縮機能付前処理蒸煮装置を参考とし、圧縮用の簡易治具を作製した。治具は内寸断面寸法 30 mm× 30 mm、長さを 630 mmとし、長さ 600 mmの試験材を、20 %、120 mm圧縮できるように設計した。

試験材として気乾状態のナラ材、ブナ材を用い、断面寸法を 28 mm× 28 mm、長さを 600 mmに仕上げた。

試験材を、圧力容器内で、130 で、3 時間、加熱蒸煮を行い、次に圧縮用治具にセットし、試験材長の 20 %、120 mm縦圧縮した。また、ナラ材では、試験材長の 15 %、90 mmの縦圧縮も行った。圧縮は能力 50kN の材料試験機で、速度 30 mm / min、4 分間行い、その後 5 分保持し解圧した。圧縮力は試験材により、20kN ~ 40kN の間でばらついた。圧縮治具は、材料のセットから材圧縮作業中の保温のため、110 の乾燥機中で加熱し、使用した。加工時の材の含水率は、蒸煮によりナラ材で 20 ~ 30 %、ブナ材で 30 ~ 40 %になったと推定される。

圧縮処理材の可塑性を調べるため、座屈がなく、材の縦圧縮処理ができたと思われる材を選び、材の曲げ試験を行った。圧縮機能付前処理蒸煮装置で加工した場合と同じく、処理材は加圧端面より圧縮が進み、加圧される側の残留圧縮率は、固定される側よりも大きく不均一な圧縮となっていた。このため、加圧される側の部位を試験材 a、固定されている側の部位を試験材 bとして、圧縮機能付前処理蒸煮装置で加工した試験材と同様に曲げ試験を行った。

材料試験機による圧縮試験方法を図 1 に示す。

2・3 圧縮処理材の曲げ木加工試験

コンブウッドシステムにより製造した、実寸大の圧縮木材、ナラ材、タモ材を購入した。材は、長さ 1500 mm、断面寸法を、40 mm× 40 mm、40 mm× 80 mm、40 mm× 120 mmの 3 種類とした。

これらについて、一定の曲率を持つ型、実物大の型を用いて、常温による曲げ木加工を行い、この曲



図 1 材料試験機による圧縮試験方法

げ木方法を、曲げ曲率限界により評価した。

一定の曲率を持つ型は、加工時の内面の曲率半径を 120 mm、210 mm、300 mmとして、それぞれ基礎曲率、型とした。実物大の型は、内面の曲率半径1000mmの湾曲材の型、内面の曲率半径600mmの椅子の後脚の型である。引っ張り側に当てる帯鉄として、一定の曲率を持つ型では、長さ 500 mm、厚さ 0.9 mm、実物大の型では、長さ 1000 mm、厚さ 0.9 mmの鋼板を用いた。

試験材は、圧縮処理されており、残留圧縮率 10 % ~ 14 %であった。曲げ木を行った試験材の寸法、材質を表 2 に示す。

表 2 試験材の寸法および材質

試験型	試験材	試験材幅 (mm)	試験材厚さ (mm)	密度 $r (g / cm^3)$	含水率 $u (\%)$
基礎曲率型	ナラ材	34	30	0.65	20
	タモ材	33	30	0.75	20
湾曲型	ナラ材	83	40.6	0.84	26
	タモ材	85	41	0.75	19.2
椅子後脚型	ナラ材	110	35	0.9	28.5
	タモ材	120	35	0.78	19.4

基礎曲率型による試験では、各型でナラ材、タモ材各 2 体の常温による曲げ木を行った。湾曲材の型、椅子の後脚の型による試験では、それぞれ、ナラ材、タモ材各 1 体の常温による曲げ木を行った。

プレスによる曲げ木試験を図 2 に示す。



図2 プレスによる曲げ木試験

3 結果と考察

3・1 圧縮機能付前処理蒸煮装置による試験

用意した材のうち、ナラ材、ブナ材は、圧縮処理が可能であったが、ウォールナット材は座屈を生じ加工ができなかった。

また、ナラ材は5体とも損傷なく圧縮処理できたが、ブナ材は5体のうち、2体に蒸気のパンクによると思われる割れを生じた。

試験材各部の残留圧縮率を図3に示す。曲げ試験結果を表3に示す。

1	2	3	4	5	6	
24%	16%	12%	6%	2%	2%	ナラ材
20%	14%	11%	7%	4%	1%	ブナ材

図3 試験体の残留圧縮率

表3 圧縮処理材の曲げ試験結果

試験材	曲げ強度 b(N/mm ²)	密度 r(g/cm ³)	含水率 u(%)	圧縮率 (%)	歪み cal(%)
ナラ材 a	61	0.9	10.3	17.3	18.6
ナラ材 b	82.1	0.77	10.3	3.3	4.3
ブナ材 a	61.5	0.84	10.1	15	20
ブナ材 b	92.1	0.75	10.1	4	6.6

図3に示した1, 2, 3が試験材aに, 4, 5, 6が試験材bに対応している。

試験材の残留圧縮率は平均では9%であるが、試験材a, 試験材bで差が大きいことがわかる。曲げ試験結果においても、試験材a, 試験材bでは、材質に差が生じていることが明らかとなった。試験材

aは、縦圧縮処理材となっているが、試験材bは処理が不完全であることを示している。

圧縮機能付前処理蒸煮装置による加工は、樹種、加工条件を適正にすることで、木材の圧縮処理が可能であり、成功率も高いと考えられる。また、比較的、含水率が低い条件で加工が可能であった。

問題点として、加圧速度が遅く時間がかかること、材固定側の圧縮処理が不完全であることが挙げられる。

3・2 簡易治具による縦圧縮処理試験

圧縮用簡易治具を用いて、簡単な方法で圧縮処理材を作製することができた。

加熱膨張したときの材断面寸法が、圧縮用簡易治具の内寸、30mm×30mmよりわずかに大きく、押し込むときに抵抗があり、また、加圧時に治具内側側面に摩擦による抵抗が生じ、加圧力が30kNから40kNの時のよい結果が得られた。材断面寸法が、圧縮用簡易治具の内寸と同じか、わずかに小さい場合は、材に座屈が生じ、加圧力も低くなった。

試験材各部の残留圧縮率を図4に示す。曲げ試験結果を表4に示す。

1	2	3	4	5	6	
28%	20%	12%	6%	0%	0%	ナラ材
15%	8%	6%	5%	5%	2%	ブナ材

図4 試験体の残留圧縮率（簡易治具）

表4 圧縮処理材の曲げ試験結果（簡易治具）

試験材	曲げ強度 b(N/mm ²)	密度 r(g/cm ³)	含水率 u(%)	圧縮率 (%)	歪み cal(%)
ナラ材 a	33.3	0.93	18.8	20	20.9
ナラ材 b	68.2	0.78	18.8	2	2.7
ブナ材 a	33.7	0.8	37.3	9.7	16.2
ブナ材 b	50.1	0.72	37.3	4	7.6

図4に示した1, 2, 3が試験材aに, 4, 5, 6が試験材bに対応している。

1~6の平均残留圧縮率はナラ材で11.0%, ブナ材で6.8%であるが、試験材a, 試験材bで差が大きい結果となった。最大変位から計算した歪みの値も、a材は大きな値を示し、b材では値が小さい。これは、試験材aは、縦圧縮処理材となっているが、

試験材bは処理が不完全であることを示している。圧縮機能付前処理蒸煮装置により加工した圧縮処理材とほぼ同じ結果となった。

圧縮用簡易治具を用いて、簡単な方法で圧縮処理材を作製することができたが、加熱膨張した時の試験材寸法により、縦圧縮処理の成功、不成功が左右されるため、安定した方法ではなかった。

3・3 圧縮処理材の曲げ木加工試験

各種の型による、曲げ木加工材を図5～図7に示す。



図5 基礎曲率試験材（ナラ）



図6 実大型試験材（湾曲）



図7 実大型試験材（椅子後脚）

図に示すように、型によりコンプレウッドのプレスによる常温の曲げ木試験を行ったが、すべての条件で、損傷なく曲げ木が可能であった。引っ張り側に厚さ 0.9 mmの帯鉄を用いた。蒸煮加熱して曲げ木を行う場合よりも、かん合差を大きくしたが、帯鉄にかかる力は大きくなった。

板厚さ（H）の何倍の曲率半径（R）まで曲げられるか、すなわち（R/H）が曲げ易さの指標として用いられることがある。基礎型では、（R/H）が4であるが、この型により損傷なく曲げ木が可能であった。このことから、ナラ材、タモ材については、縦圧縮処理材が曲げ曲率限界に近い値で加工可能であることが確認された。実大の型で損傷なく曲げ木が可能であったことから、縦圧縮処理材の実用性についても確認することができた。

4 まとめ

トーネット法を超えるような新しい曲げ木加工法の調査、研究を行った。この中で、圧縮前処理法による曲げ木は、材自体を可塑化することで大きな変形が可能になり曲げ木の技術革新の有力な方法と考えられた。実際に、コンプレウッドシステムによる曲げ木加工法には、実用性が認められたが、曲げ木は装置型産業であり、このシステムは大きな曲げ木工場に対応しているため、県内企業への導入は難しいと考えられる。

一方、単純な型を用いて、材を型に押し込む処理法は、装置は簡易なものになるが、問題点もあった。

縦圧縮処理を行うためには、材に確実に側圧をかけることのできる機構を持つ治具を用い、材を左右から押し込むような機械が考えられる。加工材を比較的小さな断面のものに限れば、県内企業でも実現可能なものと考えられる。機械の開発については今後の課題としたい。

謝辞

本研究を行うにあたり、圧縮機能付前処理蒸煮装置により材の加工をして頂きました、高知県工業技術センター 主任研究員の篠原速都氏並びに鶴田望氏に深く感謝致します。