

P-4 道産トドマツ材の曲げ加工技術の検討

(北林産試) ○伊藤洋一

1. はじめに

曲げ加工は、昔からあった木材の加工法のひとつである。北海道では、明治11年(1878年)に札幌にあった開拓使工業局の木工所で馬そり部材としての曲木が始められている。当時の木材を軟らかくするための方法は、長い時間お湯に浸漬しておくか、または釜の中で蒸すことであった¹⁾。これに対し、電子レンジを使ったマイクロ波加熱では、加熱させる木材の寸法的制約はあるが、比較的短時間に曲げ加工が可能となる。マイクロ波加熱による曲げ加工方法の特徴は、次のとおり。

- 1) エネルギー効率がが高く、材全体を短時間に比較的均一に加熱することが可能で、変形時の応力集中を防ぐことができる。
- 2) 加熱させる木材にあらかじめラップを巻いておくことにより、材温の上昇とともに材内部の圧力が上昇し、100℃以上の高温域まで加熱することができる。
- 3) 加熱を効率的に行うためには、曲げ加工しようとする木材をあらかじめ飽水状態近くまで含水率を上昇させておく必要がある。

また、水蒸気処理による曲げ加工では、蒸気加熱に用いるオートクレーブの大きさに応じて、比較的大きな寸法の木材を加熱し、曲げ加工することができる。同時に、より高い温度の水蒸気を利用することで、短時間で比較的簡単に曲げ加工することもできるようになった。水蒸気処理による曲げ加工方法の特徴は、次のとおり。

- 1) あらかじめ飽水状態近くまで木材の含水率を上昇させておく必要がない。
- 2) 従来²⁾の熱湯浸漬やマイクロ波加熱方法に比べて、短時間(数分~数十分)で曲げ加工できるようになる。
- 3) マイクロ波加熱方法に比べて、加熱させる木材の寸法的制約が小さい。
- 4) イニシャルコストがマイクロ波加熱(電子レンジ)に比べて高い。

本研究では、最近普及してきたウォーターオーブを使い、その蒸気加熱機能を利用し、木材の曲げ加工方法の改善を試みた。ウォーターオーブを使った蒸気加熱方法の特徴は、次のとおり。

- 1) 数種の加熱機能のうち、水を与えながら蒸す機能(蒸し物加熱)を選択することにより、事前に木材の含水率を上昇させておく必要がない。
- 2) 従来²⁾の熱湯浸漬やマイクロ波加熱方法に比べて、短時間(数分~数十分)で曲げ加工できるようになる。
- 3) マイクロ波加熱方法と同様に、曲げようとする木材の寸法的制約を受ける。
- 4) イニシャルコストは、
電子レンジ(マイクロ波加熱) < ウォーターオーブ < オートクレーブ(水蒸気処理)

なお、当該研究の曲げ加工時には、可能な限り安価な市販の治具・工具(クランプ、シャコ万力、曲げ加工時に木材に圧縮応力を与えるように密着させて添える金属板、合板等を重ね合わせて製作する曲げ型枠など)を使用した。

2. 実験

トドマツ乾燥材(含水率約15%、厚10×幅10×長350mm)をウォーターオーブ(シャープ製ヘルシオ AX-2000、定格消費電力1410W)にて過熱水蒸気加熱²⁻⁴⁾した(第1図)。その条件は、次のとおり。

- 1) 加熱の種類：蒸し物加熱(蒸し物(強)モード、加熱時の材温140~160℃)
(温度測定には赤外放射温度計を使用)
- 2) 加熱時間：10~30分
(加熱時間の目安は、初期含水率15%程度の乾燥材であれば10分、
含水率50%程度の生材であれば30分)

ウォーターオーブンでの加熱後、トドマツ材にラップを巻き、材温の低下を防ぎつつ、曲げ加工を行う(第2図)。繰り返しウォーターオーブンによる加熱と曲げ加工を行うことで、木材表面に「しわ」(細胞が破壊せず、滑らかに屈曲変形している圧縮ひずみ)ができ、少しずつ曲がりやすくなる。

加熱後、曲げ加工→「しわ」(圧縮ひずみ)を作る
 を一つのサイクルとし、これを繰り返すことによって、徐々に目的の形状に変形させる。これを計3回繰り返した後、

- 1) 多角形に成形される
 - 2) 材が折れる、もしくは割れ・裂けが生じる
- などの大きな欠点が認められなかった場合の曲率を最小曲率半径とした。



第1図 ウォーターオーブんとトドマツ材



第2図 曲げ加工(曲げ型枠使用)

3. 結果と考察

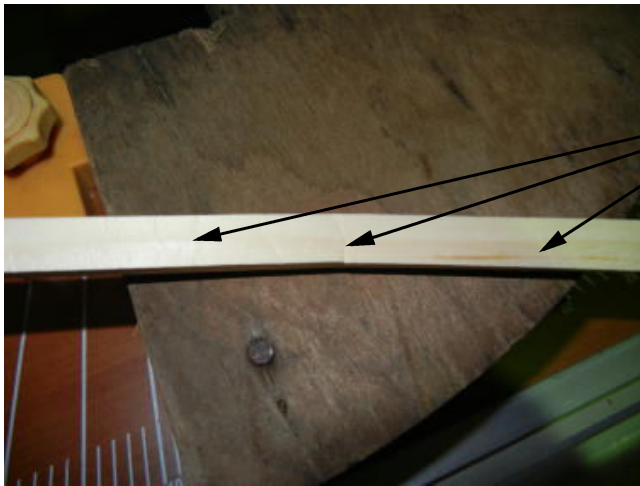
曲げやすさにおいて、トドマツは曲げにくい部類に入る樹種である(第1表)。

第1表 材厚10mmでの最小曲率半径⁵⁾

最小曲率半径(mm)				
33~41	37~45	41~49	49~57	57~65
ミズナラ ヤチダモ	ブナ ハリギリ イタヤカエデ ハルニレ	ベイヒバ シラカンバ	シトカスプルス	ウダイカンバ カラマツ トドマツ

しかし、一度の曲げ加工では難しくても、ウォーターオーブンによる加熱の場合は前述のとおり、必ずしも曲げようとする材を吸水させておく必要がない。つまり、曲げる材の内側に曲げグセを付けておき(第3図)、ウォーターオーブンによる加熱と曲げ加工を反復することで、少しずつ曲がりやすくなる。概ね2~3回の反復で曲げやすさは改善された(第2表)。

反復時の加熱を行うときには、2回目、3回目に要する加熱時間を短縮することができた。概ね1回目の加熱時間の3/4の時間で「しわ」(圧縮ひずみ)を作りだしていくことが可能であった。



曲げと加熱の反復によって
生ずる「しわ」(細胞が破壊せず、
滑らかに屈曲変形している圧縮ひずみ)

第3図 トドマツ材表面に生じた「しわ」

第2表 材厚10mmでの最小曲率半径(改善後)

曲げやすい←		→曲げにくい		
最小曲率半径(mm)				
33~41	37~45	41~49	49~57	57~65
ミズナラ ヤチダモ	ブナ ハリギリ イタヤカエデ ハルニレ	ベイヒバ シラカンバ	シトカスプルス	ウダイカンバ
			3回の反復工程による	カラマツ
			トドマツ	トドマツ

注1) 反復は、加熱後、曲げ加工→「しわ」(圧縮ひずみ)を作る工程を一つのサイクルとする。

注2) 反復時の加熱時間は、最初の加熱時間の3/4の時間に減じることができる

4. おわりに

本研究では、ウォーターオープンを使用したトドマツ材の曲げ加工方法の改善を試みた。そして、市販の加工治具等を使用することで、容易に曲げ加工することができた。なお、同様の方法でカラマツ材についても検討したが、曲げ加工時に多角形に成形されることが多く、今回は改善が見られなかった。樹種による材質の影響が認められ、今後さらに検討する必要がある。例えば、曲げ加工時に金属板に添わせると共に、何らかの方法で側面から強く押さえるか、締め付ける等の工夫ができれば、成功例が増える可能性はあると思われる。

以上の結果から、ウォーターオープンの機能を適切に利用することで、少額の設備投資で曲げ加工を取り入れた木製品の開発が期待された。

文献

- 1) 伊藤洋一：林産試だより1997年6月号，7-9（1997）
- 2) (独) 科学技術振興機構：産学官連携ジャーナル Vol. 2, No. 2, 10-13（2006）
- 3) 門間哲也，岸本卓士，田中源基，高見星司：シャープ技報，第91号，40-44（2005）
- 4) 門間哲也，安藤有司：電機，6月号，63-65（2005）
- 5) 伊藤洋一：林産試だより1999年7月号，11-12（1999）