

木材の圧縮成形加工による楕円断面手すりの作製

福田 聡史^{*1} 森川 豊^{*2} 高須 恭夫^{*1}

Experimental Production of Elliptic Sectional Shape Handrail by Compressed Deformation of Wood

Satoshi FUKUTA, Yutaka MORIKAWA and Yasuo TAKASU

Technical Consulting Division, AITEC^{*1}

Research and Development Division, AITEC^{*2}

木材の圧縮成形加工により手すりの作製を行った。切削加工では加工が困難な楕円の断面形状を角材からの圧縮成形加工により成形し、強度物性に優れた試作品を作製することができた。圧縮変形の形状固定のための加熱方法として、加熱金型および高周波による加熱を試み、ともに木口面のシール処理により加熱時間の短縮と変形固定効果の向上を図ることができた。

1. はじめに

木材は持続的再生産が可能な資源であり、また、触感など感覚的に優れた性質を有することから、一層の活用が望まれている。そこで、本研究では、他の多くの人工材料に代替でき、かつ環境的に優れた木質材料の開発を目的に、成形加工による高強度材料の作製を試みた。

具体的には、圧縮成形加工¹⁾により木製手すりを作製した。手すりは住宅内装における高齢者福祉用器具として、普及が期待される製品であり、様々な形状、仕様の製品開発が行われている。本報は、切削加工では加工が困難な楕円断面の手すりに対して、角材から所定形状へ成形加工することにより、資源の有効利用と強度物性の向上を図ったので報告する。

はじめに各樹種の圧縮変形挙動を調べた。次に、形状固定のための加熱方法として、加熱金型および加熱時間の短縮を目的とした高周波による加熱を試みた。さらに試作品を長尺の金型により作製し、曲げ試験により強度の評価を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材として、スギ辺材、スギ心材、ヒノキ、イエローポプラおよびハードメープルの気乾材を用いた。表1に用いた供試材の密度を示す。ただし、圧縮挙動の観察

表1 供試材の密度

供試材	密度 (g/cm ³)
スギ辺材	0.36
スギ心材	0.37
ヒノキ	0.45
イエローポプラ	0.50
ハードメープル	0.79

の結果から、加熱金型による成形、高周波加熱による成形および試作品の作製はイエローポプラのみを対象とした。

2.2 圧縮変形挙動の観察

樹種および圧縮方向に対する圧縮変形挙動²⁾を調べるため図1に示す、長さ100mm、長軸38mm、短軸20mmの楕円形状の金型で成形を行い、変形挙動を目視観察した。圧縮前の供試材形状は、繊維方向を90mmとし、柁目面圧縮用では37mm(半径方向)×40mm(接線方向)、板目面圧縮用では40mm(半径方向)×37mm(接線方向)とした。

2.3 加熱金型による成形

図1と同じ加熱金型を用いて変形固定処理を行った。

*1技術支援部応用技術室

*2基盤技術部

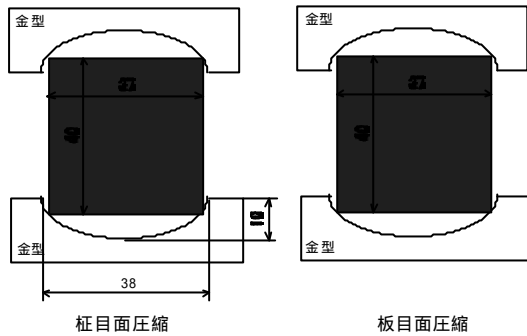


図1 金型および供試材寸法

供試材の温度測定はドリルで穴開けした中心部に熱電対を挿入し、木栓とエポキシ接着剤で封鎖して行った。金型温度は 180 とし、中心部が 180 到達後 15 分間保持して、冷却後供試材を取り出した。なお、変形固定を目的として、供試材の木口全面にエポキシ接着剤を塗布しシールした³⁾。

2.4 高周波加熱による成形

高周波加熱の概略図を図2に示す。高周波加熱を行う場合は金属金型を使用することができない。そこで、低誘電正接で耐熱性があり、圧縮強度が高く、切削加工が可能な AURUM（三井化学㈱製）を成形型に用いた。成形型の楕円形状は短軸（縦）30 mm、長軸（横）40 mm、長さは 310 mm である。供試材寸法は 43 mm（縦）× 39 mm（横）、繊維方向長さは 300 mm とした。木口のエポキシ接着剤によるシールは、上記金型加熱の場合と同様に施した。なお、成形型の加熱はプレスの熱板によっても行うが、上型は構造上加熱できない。

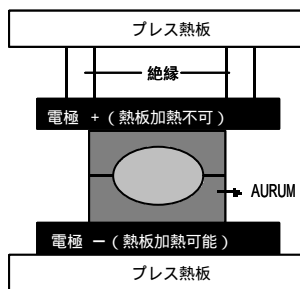


図2 高周波加熱の概略

供試材の温度測定⁴⁾は圧縮完了後、木口中心から内部 80 mm の位置まで穴開けしてファイバー温度計を挿入し、シリコンコーキング剤により挿入部を封鎖して行った。

成形は、先ず木材の軟化を目的として、圧縮前に上下成形型間において 30 秒高周波予備加熱し、その後圧縮成形を行った。次に、200 まで高周波発振し、± 10 の範囲で発振の ON、OFF により温度制御を行い、15 分間保持した。

2.5 加熱金型による試作品の作製

図3に試作品作製用金型を示す。金型の楕円断面形状および供試材断面寸法は、上記高周波加熱による成形型と同様で、長さは 1000 mm とした。加熱条件、木口シール方法は加熱金型による成形と同様である。

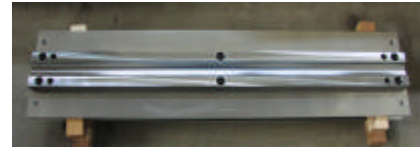


図3 試作品作製用金型

2.6 圧縮変形の回復率の測定

圧縮変形の変形固定効果を、加熱金型および高周波加熱により成形した試料について、以下の方法で評価した。

作製試料の長さ方向中心および木口から 10 mm の位置より長さ 20 mm の試料を採取した。短軸方向（圧縮方向）の長さを測定し「圧縮後厚さ」とした。これに水を減圧注入し、1 時間煮沸して、その後全乾とする変形回復操作を行った。回復後の短軸方向の長さを「回復後全乾厚さ」とし、次式により回復率を求めた。この値が小さいほど回復が小さい、すなわち変形の固定効果が大きいことを示す。

2.7 曲げ試験

$$\text{回復率 (\%)} = \frac{\text{回復後全乾厚さ (mm)} - \text{圧縮後厚さ (mm)}}{\text{加工前厚さ (mm)} - \text{圧縮後厚さ (mm)}} \times 100$$

加熱金型により作製した試作品の曲げ試験を以下の方法で行った。比較対照として、直径 31 mm、36 mm、40 mm のイエローポプラ、ハードメープルの未圧縮材および 3 層の集成材で作製された直径 35 mm のタモ丸棒を供試した。スパンは 900 mm とし、中央に集中荷重を加え、最大荷重、曲げ強さおよび曲げヤング係数を求めた。荷重方向は楕円断面の短軸方向とした。曲げ強さ、曲げヤング係数の算出は JIS Z 2101 木材の試験方法に準じた。また、財団法人ベターリビング優良住宅部品性能試験方法書（歩行・動作補助手すり）に準じて 120kgf 載荷時のたわみ量も測定した。

3 . 結果および考察

3.1 圧縮変形挙動

圧縮変形挙動を目視で観察した結果、板目面圧縮は全ての供試材で破壊することなく変形した。しかし、ハードメープルは横ひずみが大きく生じたためバリが生じた。一方、スギ辺材、心材は長軸両端部分が十分に充填されなかった。次に、縦目面圧縮した供試材の様子を

図4に示す。スギ心材およびスギ辺材は左右不均一にひずみが生じるとともに、早材と晩材の境界部に破壊が生じた。これは、早材部と晩材部の密度差が大きいため

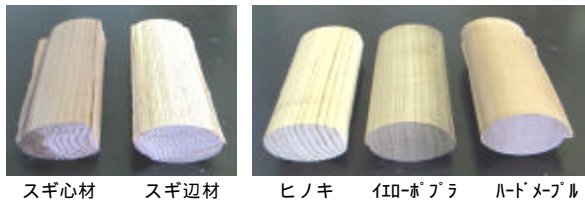


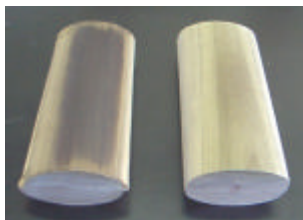
図4 柎目面を圧縮した供試材

あると考えられる。また、節を含む供試材では良好な成形ができなかった。ヒノキも若干、不均一なひずみが生じた。これに対して、イエローポプラおよびハードメープルは板目面圧縮と同様に変形させることが可能であった。

以上の結果から、加工対象樹種としてイエローポプラを選択した。

3.2 加熱金型による成形

加熱金型による成形後の供試材の様子を図5に示す。供試材全体がやや褐色を帯びた。特に木口シール供試材は、無しと比較して褐色化が著しく、その内部は著しく黒色化していることが観察された。次に供試材中心部の温度測定結果を図6に示す。木口シール供試材は目的温度到達までの時間が短くなるのが分かる。シール無し供試材が、温度約100において温度上昇が遅くなるのは、木口からの水分の蒸発による蒸発潜熱によるものと思われる。



(左) 木口シール有り (右) 木口シール無し

図5 加熱金型による成形後の供試材の様子

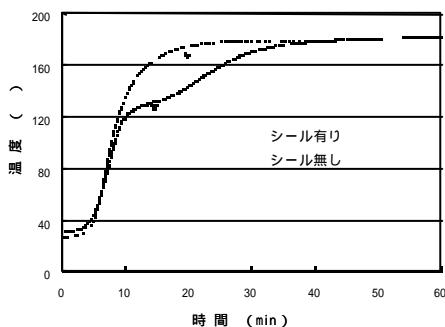


図6 金型加熱によ材中心部の温度

3.3 高周波加熱による成形

圧縮成形前の予備加熱により、中心部は約100℃まで加熱され軟化した。そのため、加熱金型による成形と比較して低い加圧力で圧縮することが可能であった。しかし、節の存在する供試材は部分的に炭化した。また、高圧縮率の部分も集中的に加熱され褐色化した。これは水分が多い部分が高周波が集中したためと考えられる。一方、型に接した表層部は中心部と比較してやや変色が少なかった。

図7に高周波加熱における供試材の温度測定結果を示す。高周波加熱では、木口シール無しの場合でも予熱時

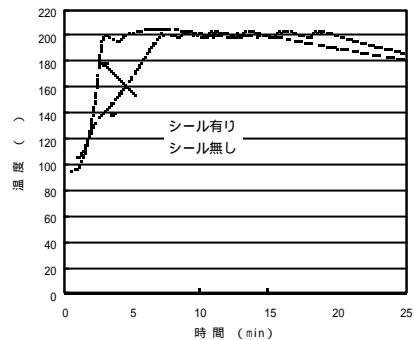


図7 高周波加熱における供試材の温度測定結果

間も含めて7分程度で200℃まで加熱することができた。木口シール無しでは120℃付近から蒸発潜熱により温度上昇が鈍くなっているが、木口シール有りでは、加熱金型の時と同様に時間を短縮することができた。

3.4 変形固定効果

図8に成形品の煮沸回復率を示す。加熱金型、高周波加熱による成形品ともに、シール処理により煮沸回復率は大きく低下した。また、シール無し供試材は、中央部と比較して端部の回復率が大きかったのに対して、シール材はその差が見られなかった。これらのことから、木材内部の水蒸気が木口シールにより十分保持され、変形固定処理が施されていることが分かった。高周波加熱は金型加熱の場合よりも加熱温度が高いにもかかわらず、その煮沸回復率は金型加熱のものと比較してやや大きか

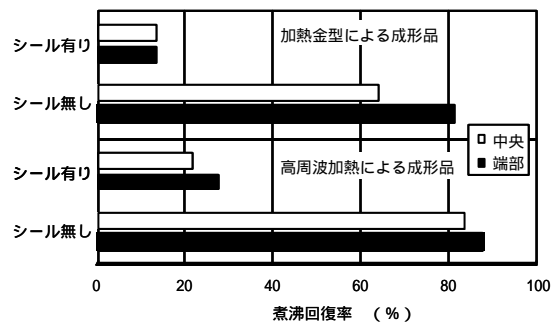


図8 成形品の煮沸回復率

った。これは、楕円の周辺部が十分に加熱されず、回復が生じたためと思われる。

3.5 試作品

図9に試作品の一例を示す。圧縮成形加工により表面は緻密になり、金型で成形を行ったため、表面は滑らかであった。試作品の密度は 0.95g/cm^3 であった。加熱による変色の様子は、木口シールを施したため中央から木口付近までほぼ均一に褐色化した。



図9 手すり試作品

3.6 曲げ試験結果

図10に試作品、市販品および未圧縮の木材2樹種（イエローポプラとハードメープル）の最大荷重を示す。最大荷重は断面の形状を考慮しないため、イエローポプラおよびハードメープルでは太いほど強い値を示した。試作品の最大荷重は直径36mmのイエローポプラやハードメープルとほぼ同等の値であった。また、3層の集成材で作製された直径35mmのタモ丸棒と比較しても、十分な強度を有していた。タモ丸棒はラミナがフィンガージョイントで接合されていたため、フィンガー接合部で破壊が生じた結果、値が低くなったと考えられる。

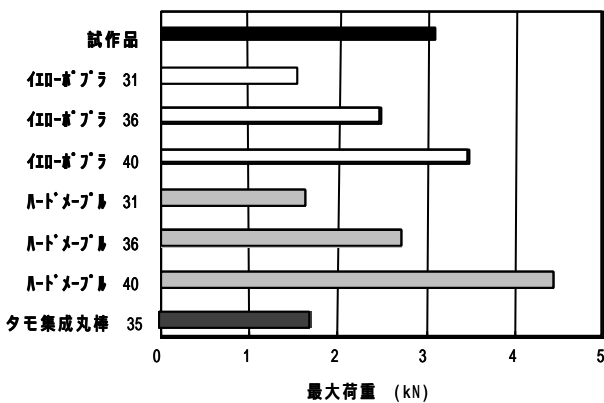


図10 試作品、市販品および未圧縮の木材の最大荷重

曲げ試験の結果、イエローポプラ、ハードメープルおよび試作品の曲げ強さはそれぞれ、約 $120, 160, 200\text{kgf/cm}^2$ であり、試料の密度に比例した性能が得られた。曲げヤング係数はそれぞれ、約 $13, 17, 24\text{kgf/cm}^2$ であり、曲げ強さと同様に試料の密度に比例した性能が得られた。

次に、試作品および未圧縮の木材の120kgf載荷時のたわみを図11に示す。試作品の載荷時におけるたわみ量は、最大荷重と同様に直径36mmのイエローポプラおよびハードメープルとほぼ同等の値であった。

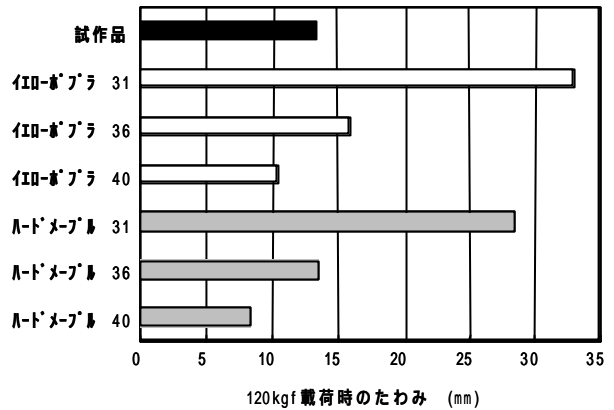


図11 試作品および未圧縮の木材の120kgf載荷時のたわみ

以上のことから、本試作品の強度性能は、従来の一般的な形状、樹種の手すりと比較して十分な強度を有することが分かった。

4. 結び

木材の圧縮成形加工により楕円断面手すりの作製を行った。気乾材の角材から楕円形状への成形加工は可能であり、圧縮方向、樹種による変形挙動の違いなどの基本的な知見を得た。形状固定のための加熱方法として、加熱金型による加熱と高周波加熱の2つを試み、それぞれの特徴と加工条件についての知見を得た。また、金型加熱、高周波加熱ともに、木口面をシールすることによる加熱時間の短縮と変形固定効果を確認できた。

高周波加熱は短時間で加熱でき有効な手段であるが、加熱むらが生じること、温度制御、治具の工夫などが問題として挙げられる。そのため、試作品は加熱金型による作製を試みた。強度試験の結果、試作品は手すりとして十分な強度を有することが分かった。

楕円断面形状は切削加工では加工が困難な形状である。したがって、角材からの圧縮成形による形状付与と同時に強度性能の向上が可能な今回の加工方法は、大変有効な方法であると考えられる。

文献

- 1) 林ほか：岐阜大学農学部研究報告，60，129(1995)
- 2) 福田聡史、高須恭夫、小川健作：愛知県工業技術センター報告，32，39(1996)
- 3) 高須恭夫、福田聡史、森川豊：愛知県工業技術センター報告，35，21(1999)
- 4) 井上ほか：木材学会誌，44(6)，410(1998)