

スギ材の圧密処理による改質技術の開発研究

大内 成司
日田産業工芸試験所

Study on Compressing Treatment of Sugi Wood

Johji OUCHI
Hita Industrial Art Research Division

要旨

圧密材の製造において、圧縮変形と同時に、寸法安定化（変形の固定化）が重要な課題となる。そこで、今回は、密閉加熱法¹⁾によって、木材の変形、加熱を行った。これは、オーリングを備え付けた治具を通常のホットプレス機に装着し、密閉空間内で木材を圧縮・加熱する方法である。これによって、短時間で均一に変形を固定することが可能となる。含水率15%のスギ試験片を200℃で密閉加熱処理した場合、24時間の吸水回復に関しては、8分間の処理で、2時間の煮沸回復については、12分間の処理で、ほぼ変形を固定することができた。また、圧縮量の増加に伴い比重が増加し、それに比例して表面硬さ及び曲げ強さ等も向上することが分かった。

1. 緒言

現在、我国における森林資源総蓄積量の中で、針葉樹材の占める割合は61%に達しており、今後の木材供給においては、広葉樹材が不足し、針葉樹材が余剰する状況が予測される。

広葉樹材は、種類が豊富でその特徴も多岐にわたっており、机、椅子などの家具類や床材などの各種内装用材料として多く利用されている。その他、パルプ用材や椎茸原木などに利用されるなど、広葉樹材の利用範囲は極めて広い。一方、針葉樹材においては、建築用構造用材料としての利用が大部分を占め、現状では、その利用範囲が限られている。近年、木質環境の人間に及ぼす生理的、情緒的効用が科学的に明らかにされつつあり、家具や内装用材などの環境用材としての木材の需要は、今後ますます増加するものと予想される。従って、広葉樹材の代替として針葉樹材の利用が求められ、そのための技術開発が不可欠なものになるであろう。

一般に針葉樹材は、広葉樹材に比べて柔らかく、また、早材と晩材で比重などの物理的性質の差が大きく、家具や内装材に利用するには、特に表面物性や水分に対する寸法安定性を改善する必要がある。軟質木材の表面物性などの強度的性質を改善するには、木材を横方向に圧縮大変形させることが有効である。近年、マイクロ波加熱の応用やアルカリ処理などの化学的処理によって木材を軟化する新しい技術が開発され、木材に大変形を与えることが比較的容易になっている。しかし、与えられた変

形は、乾燥状態では、ドラインセットによってその状態を維持するが、水分と熱の作用を受けてほぼ変形前の寸法にまで回復することが知られている。従って、圧縮木材を利用するには、変形を永久に固定する技術の開発が重要な課題となる。

本研究では、物理的処理による、木材の横圧縮大変形の永久固定を試み、水分、熱による回復挙動と機械的性質について調べた。

2. 実験方法

2.1 マイクロ波加熱中の材内部温度測定²⁾

試験片はスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) 材で、160 (繊維方向・L) × 110 (接線方向・T) × 50 (放射方向・R) mmで含水率14.5%のものを使用した。測定孔は、柁目面から3cmと5cmの深さの孔を開け測定を行った。

熱電対温度センサー等をマイクロ波電界中に設置すると、センサー自体がマイクロ波の影響を受けるため、温度測定が困難であることが知られている。そこで今回は、マイクロ波加熱中の温度測定に相当とされた、蛍光式ファイバー温度センサーを測定に用いることにした。

蛍光式ファイバーセンサーを挿入するための測定孔に、片端を封じたアルミナ製の絶縁管を挿入した。つぎに、マイクロ波照射装置 (TMB 3210型、周波数: 2450MHz、東芝株式会社製) を用いて、出力1.6kwのマイクロ波を試験片に連続照射し、材内部温度を蛍光式ファイバーセンサー温度計 (立石電気株式会社、3Z4D-4A) を用いて測定

した。

2.2 圧密材の寸法安定化試験

2.2.1 木材試験片

木材試験片には、スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) 材を用いた。気乾比重は0.35であった。試験片寸法は、160 (繊維方向・L) × 110 (接線方向・T) × 50 (放射方向・R) mmとした。被処理材の含水率は、15%のものを使用した。

2.2.2 処理方法

前処理として被処理材にマイクロ波を90秒間照射したものと、照射していないものを用意し、マイクロ波照射が回復度にどのように影響するか調べることにした。

次に、ホットプレス機にFig. 1に示す治具を取り付け、試験片を圧縮、加熱した。この治具は、試験片を入れる部分の周囲を耐熱性の高いバイトン製オーリングで囲んであり、プレス時にこのオーリングによって治具内が密閉状態となるように設計されている。そのため木材中の水分による水蒸気が外部に漏れず、治具内は高温、高圧となり、結果として膨潤状態の木材を100℃以上の高温で処理することが可能となる。

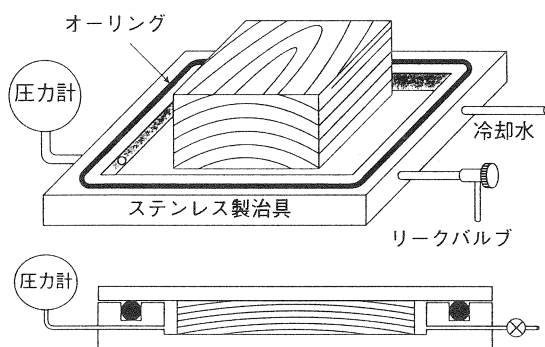


Fig. 1 Apparatus for Compressed wood

処理材の厚さ方向の仕上がり寸法が20mmになるように治具をセットした。圧縮セット量は、被処理材の厚さ方向の寸法を50mmにし、60%とした。加熱温度は、200℃とし、加熱時間 (変形終了後から冷却開始までの時間) は、8, 12, 16分間とした。加熱後、直ちに流水によって熱板を30℃付近まで強制冷却し、試験片を取り出した。強制冷却には約25分間を要した。

2.2.3 吸水・煮沸における変形の回復試験

処理材から各処理条件ごとに、15mm (繊維方向・L) × 110 (接線方向・T) × 20 (放射方向・R) の試験片を各3本ずつ採取し、吸水・煮沸における変形の回復試験を行った。まず、全乾状態にするために105℃で24時間乾燥し、厚さと重量を測定した。その後、水中に24時間浸

漬して吸水試験片を得た。吸水後の試験片は、風乾後、乾燥機中で40℃で5時間、105℃で24時間乾燥して全乾状態とした。次に、熱水中で2時間煮沸して、煮沸試験片を得た。煮沸後105℃で24時間乾燥を行い全乾状態とした。

回復度は、次式によって計算した。

$$\text{回復度} = \frac{l_R - l_C}{l_0 - l_C} \times 100 (\%)$$

ここで、 l_0 , l_C , l_R は、それぞれ処理前、圧縮処理後、回復処理後のR方向の全乾寸法を示す。

2.3 圧密材の物性試験

2.3.1 木材試験片

木材試験片には、スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) 材を用いた。気乾比重は0.35であった。試験片寸法は、200 (繊維方向・L) × 100 (接線方向・T) × 10 ~ 33 (放射方向・R) mmとした。被処理材の含水率は、14~16%のものを使用した。

2.3.2 処理方法

2.2の試験で使用した、同一のホットプレスと治具を使用して圧縮、加熱処理を行った。処理材の厚さ方向の仕上がり寸法は、10mmになるように治具をセットした。圧縮セット量は、0, 15, 30, 45, 60, 70%になるように被処理材の厚さ方向の寸法を調整した。処理温度は180℃で、処理時間 (変形終了後から冷却開始までの時間) は10分間とした。加熱終了後、直ちに、ホットプレスの熱板内に水道水を流入し、熱板を60℃付近まで強制冷却し、試験片を取り出した。強制冷却には、約15分を要した。

2.3.3 ブリネル硬さ試験

各圧縮セット量ごとに、試験片を採取し、JIS Z 2101に準拠して、板目面のブリネル硬さを測定した。

2.3.4 曲げ試験

各圧縮セット量ごとに5本ずつ試験片を採取し、曲げ試験を行い、MOE, MORを求めた。試験片の寸法は、 $h = 10\text{mm}$, $b = 10\text{mm}$, スパン=140mmとした。

3. 結果と考察

3.1 マイクロ波加熱中の材内部温度測定

Fig. 2に、含水率14.5%のスギ材にマイクロ波を照射したときの材内部温度上昇を示す。マイクロ波を照射し始めて、温度は1気圧における水の沸点100℃付近まで直線的に上昇し、僅かではあるが一定値をとり再び上昇を始めた。70秒付近から、材内部圧力の上昇に耐えきれなくなった材が局部的に破壊し、120秒を過ぎると煙が発生し始めたので146秒でマイクロ波の照射を停止した。100℃付近で温度上昇が停滞するのは、自由水の気化に伴いマイクロ波エネルギーが消費されたためだと思われる。マイクロ波照射を停止した時点で、深さ3cmと5cmでは、約

30°Cの温度差があるのがわかった。

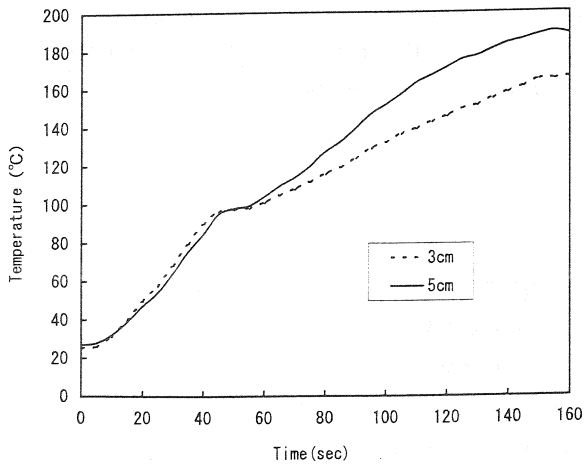


Fig. 2 Inside temperature behaviors of Sugi wood by Micro wave heating

3.2 吸水・煮沸における変形の回復試験

Fig. 3は、含水率が15%の試験片をマイクロ波加熱したものと、していないものを同一治具内に入れ、200°Cで圧縮セット量が60%になるように圧密処理をし、そのセット材を24時間吸水・2時間煮沸した場合の処理時間と回復度の関係を示す。マイクロ波加熱の有無が、回復度どのような影響を与えるか見てみると、吸水・煮沸ともにマイクロ波加熱したものの方が、低い回復度を示した。マイクロ波加熱をしたものは、圧密処理を開始する時点で、内部温度が140°C付近まで上がっており、それをしていないものとの温度差が、100°C以上ある。そのため、マイクロ波加熱したものは、100°C以上の高温で処理される時間が、非常に長くなる。このことから、変形の固定化をはかるために前処理として、マイクロ波加熱することは、有効な手段であると判断される。

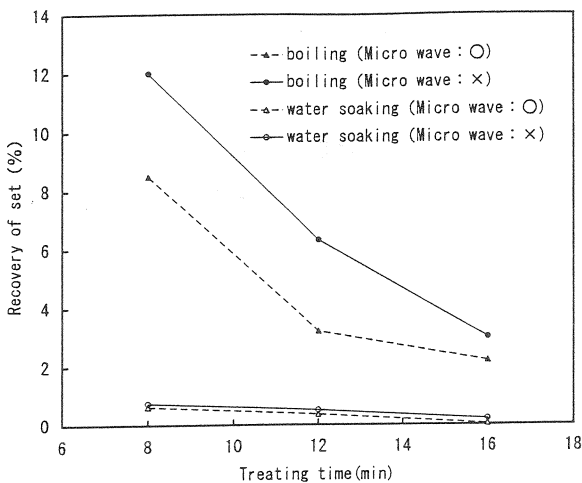


Fig. 3 The recovery of set of Compressed wood
吸水回復に関しては、マイクロ波加熱の有無にかかわらず、8分間の処理で、ほぼ変形を固定することができた。

煮沸回復に関しては、マイクロ波加熱したものは、12分間の処理で、回復度が4%をきっており、ほぼ変形を固定することができた。

3.3 圧密材の物性

Fig. 4に国産有用樹種および圧密材の物性と比重の関係を示す。通常、木材の表面硬さは、比重と高い相関関係にある。スギ圧密材においても、圧縮量の増加に従い比重が増加し、それに比例して表面硬さは向上する。約60%の圧縮で、ブリネル硬さが、32.6Mpaとなり、ほとんどの国産有用樹種よりも高い値を示した。

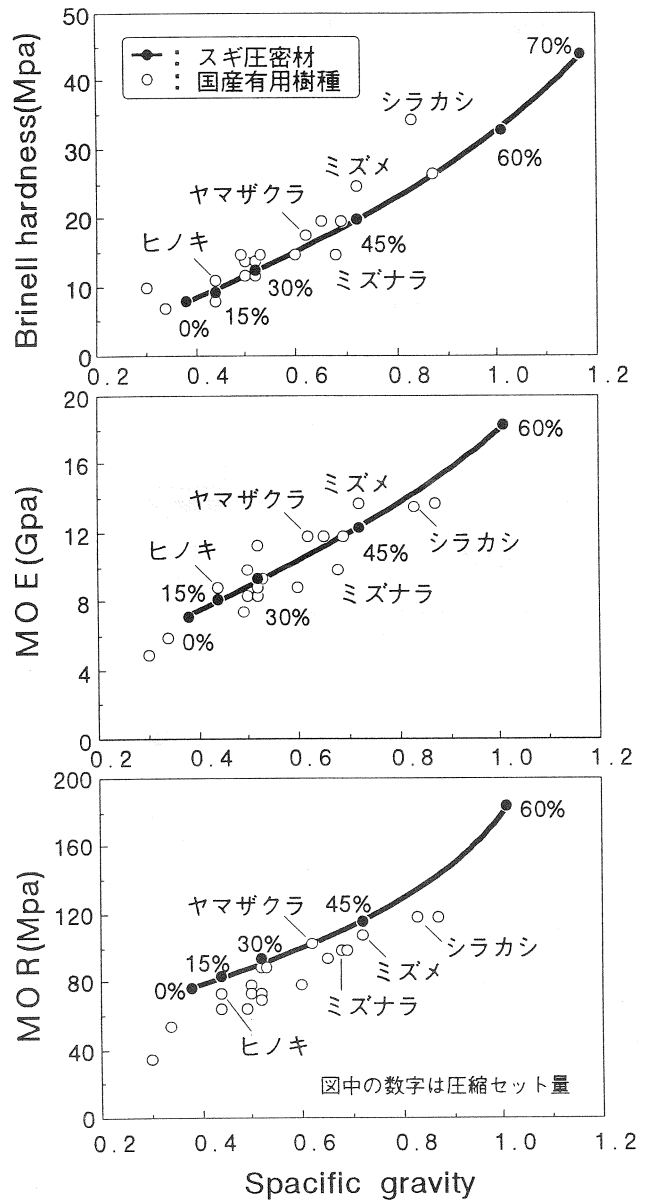


Fig. 4 The properties of Compressed wood

また、MOE、MORともに、ブリネル硬さ同様に、比重の増加に比例して向上する。圧縮セット量が45%になると、国産有用樹種とほぼ同等の曲げ強度を有し、

60%になると、全ての樹種よりも高い値を示した。このように、圧縮量の増加に従い比重が増加し、それに比例して物性も増加するので、圧縮量をコントロールすることによって、目的の強度性能を得ることができる。

4. 結言

本研究は、スギ圧密材を製造するにあたり、密閉加熱法を利用し、寸法安定化および物性について調べた。その結果、以下のことが判明した。

- 1) 吸水回復に関しては、8分間の処理で、ほぼ変形を固定することができた。
- 2) 煮沸回復に関しては、12分間の処理で、ほぼ変形を固定することができた。
- 3) 圧密材の物性は、圧縮量の増加に従い比重も増加し、それに比例して向上する。
- 4) 圧縮量をコントロールすることによって、目的の強度性能を得ることができる。

参考文献

- 1) 井上雅文, 門河倫子, 西尾治郎, 則元 京: 木材研究・資料, 29(1993)
- 2) 井上雅文: 木材の横圧縮大変形の永久固定, (1993)