

スギ圧密材製造技術の開発

山本幸雄・石井信義
日田産業工芸試験所Development of Manufacturing Methods for Compression Wood
of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don)Yukio YAMAMOTO・Nobuyosi ISII
Hita Industrial Art Division

要旨

大分県の森林資源、特にスギの蓄積量は全国でもトップクラスである。しかし、スギは柱や足場用板など素材のまま利用されることが多い。スギは軟質であり表面に傷がつきやすいため、家具などへ利用されることは少ない。このように軟質なスギを硬くすることができれば、今よりも用途が広がると考えられる。また、スギを硬化すると同時に表面を加飾すれば、より高い付加価値をつけることが可能である。ところで、木材を圧密することによって生じた変形は、ドラインセットで一時的に固定できることは古くから知られていたが、水および熱の作用によりその変形が回復してしまうため、表面層加飾技術には応用できないという問題点があった。最近の研究で、木材を圧密しその変形を維持したまま180°C、1MPa程の飽和水蒸気で数分間処理すると内部応力が解放され、その結果、変形を永久固定できることが明らかになっている。そこで、この技術を利用し表面層を加飾し変形を永久に固定する技術を開発することを目標に研究を進めた。

1 はじめに

大分県の森林資源について、森林面積は46万haで全国19位、うち民有林は40万ha(17位)あり、そのうちの22万ha(11位)が人工林である。また民有人工林蓄積は(民有人工林に植わっている蓄積量)は5600万m³で全国第2位、そのうちのスギ蓄積量は4700万m³で第1位である。また木材生産量は110万m³(第4位)で、うちスギは88万m³(第2位)である。¹⁾

このように、スギについてみると、大分県は蓄積量及び生産量とも全国トップクラスである。しかし、生産される多くのスギは、柱や足場用板などが多く、住宅用の床や壁、家具などに用いられることは少ない。これは、スギが軟質であるためである。スギを硬くすることができれば、住宅用の床や壁、家具などに利用することも可能である。また、スギを硬化すると同時に表面を加飾すれば、より高い付加価値をつけることが可能である。

木材の表面層加飾技術については、今日まで様々な研究が行われてきている。しかし、それら研究の多くは、樹脂を含浸させたり^{2),3)}、ドラインセットでその変形を固定しているため、含浸が不均一だったり、含浸した木材の処理が困難だったり、水および熱の作用により加飾が回復してしまうという問題があった。

ところが近年、変形させた木材を高温高压の水蒸気で短時間処理すると、その変形が永久に固定され、水や熱の作用によっても回復が生じないことが明らかにされた。⁴⁾

スギについてもこの処理方法が有効であることが確認されている。

そこで、この技術と横圧縮性に優れているスギの特徴を木材の表層加飾に応用し、変形を永久に固定した表面加飾をつくる技術を開発することを目標とした。

ところで、表面層加飾技術へこれらの技術を応用するためには、表面層のみを圧密する必要があり、そのためには、圧密する部分(表面層)と圧密しない部分(基台)との間に大きな圧縮強度のコントラストが必要である。木材の強度は含水率が高くなるほど低くなる⁴⁾ことが知られている。このことから、表面層のみに吸水させ基台を気乾状態に保つことができれば、両者の間に大きなコントラストを生じさせることができ、表面層のみを圧密することが可能となる。また、木材はセルロース、ヘミセルロース、リグニンを主成分とする高分子であるため温度が上昇しても、強度は低くなる⁵⁾ことが知られており、表面層のみを加熱することができれば表面層のみを圧密するのにより有利である。

2 実験

2.1 横圧縮試験

上述のとおり、木材の強度は、含水率や温度の上昇に伴い低下する。そこで、吸水量や温度が木材の強度に及ぼす影響を調査するため吸水量や温度を変化させて横圧縮試験を行った。

試験機は、INSTRON社製万能試験機（5568，最大容量50kN）を用いた。供試材には、寸法28(R:圧縮方向)×24(T)×50(L)mmの無節のスギを用いた。一部の試験片は気乾常温で、その他の試験片は減圧吸水処理後そのまま24時間放置し、常温で水中に浸漬したまま、または水中に浸漬したまま60℃、95℃まで加熱し、吸水量および材温を変化させたときのひずみと応力の関係を求めた。クロスヘッドの変位速度は3mm/minとした。

2.2 吸水試験

木材は、軸方向、半径方向、接線方向でその物理的性質が大きく異なる。特に浸透性については軸方向が最も良いが、短時間で吸水させるには限界がある。そこで、吸水性および軸方向の浸透性を調べるために吸水試験を行った。

供試材は、寸法25(R)×30(T)×300・250・200・150・100(L)mmの無節のスギで、両木口の木表から10mmを除くすべての部分をシリコン樹脂でコーティングした。その後、13.3kPaにて20分間減圧吸水処理し、減圧直後、減圧後大気圧下にてそのままの状態での0.5, 1, 2, 4, 6, 12, 24時間放置した後の重量増加量を測り、吸水性を調べた。その後、試験片を繊維方向と平行に切断し、軸方向の浸透性を調べた。

2.3 マイクロ波加熱試験

供試材は、寸法36(R)×50(T)×50(L)mmのスギで、木口の木表から10mmを除くすべての面をシリコン樹脂でコーティングした材（部分飽水材）と、コーティングしなかった材（全飽水材）を30分間減圧吸水処理し、減圧後そのままの状態での24時間放置した。その後、部分飽水材及び全飽水材と気乾材について、材厚の各1/3のところの直径5mmの穴を開け、テフロン管を埋め込み、シリコンシーラーで材とテフロン管の間を目止めした。そして、テフロン管の中に放熱用シリコン樹脂を注入後、光ファイバー式温度計（NORTECH社製 NoEMI-TS Reflex4）のセンサーをセットしマイクロ波加熱試験をおこなった。またマイクロ波の出力は、0.5, 1.0, 1.5, 2.0kWとした。温度は、材厚の各1/3のところ計3点について測定した。部分飽水材については、飽水させた部分が必ず下面になるように試験片をセットした。

また、部分飽水材については、ホットプレスの常盤を180℃に保ち、飽水させた部分が下になるように置き、各測定点の温度を測定した。

2.4 模様の幅と高さ試験

型を、スギに押し当て、スギに割れが生じたりしないかを調べた。型は、アルミニウム製で、一辺が120mm、厚さが10mmとした。溝は、長さを100mm、溝幅は、1mmから

10mmとし、ボールエンドミルで彫った。それぞれの溝の深さは、幅の半分とした。また、溝と溝の間隔は、1mmから10mmまでとした。また、材の軸方向と溝の向きが、平行及び垂直になるようにした。

3 結果

3.1 横圧縮試験

供試材の密度は0.33g/cm³、含水率は気乾常温では13.2%、飽水常温は260%、飽水60℃は235%、飽水95℃は205%であった。試験結果をFig.1に示す。気乾常温の弾性域の上限は2.9MPaで、このときのひずみは0.02、吸水常温では1.8MPaで0.40、吸水60℃では1.2MPaで0.05、吸水95℃では0.5MPaで0.07であった。この結果から、横圧縮強度は含水率（吸水量）や温度の上昇にともない低下することが確認された。

このことから、基台と表面層の横圧縮強度コントラストを大きくするためには、吸水95℃、吸水60℃、吸水常温の順で有利なことがわかった。

3.2 吸水試験

供試材の密度は0.29g/cm³であった。吸水試験の結果をFig.2に示す。長さ100mmの試験片の吸水量とほかの試験片の吸水量を比較すると、100mmの試験片の吸水量が極端に少ないことがわかる。これは、各試験片の種類ごとに異なる板から切り出したため、特に100mmの試験片の吸水性能が低かったと考えられる。また、長さ150mmの試験片の吸水量は、200mm、250mm、300mmよりも多く、そのほかの試験片では、あまり変わらないことがわかる。このように、同じスギでも個体差が激しいため、吸水性の良いものとそうでないものを、あらかじめ選別する必要がある

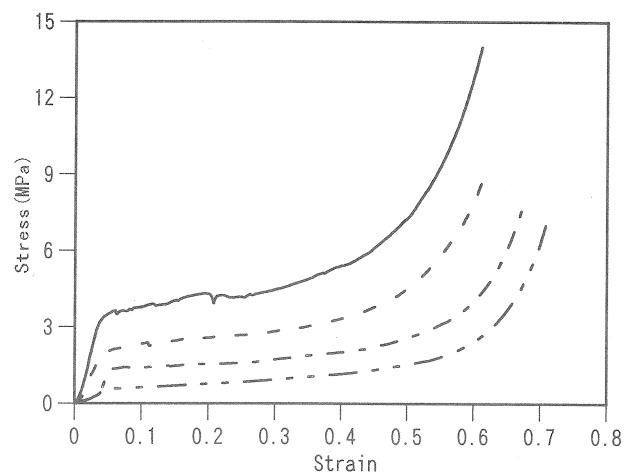


Fig.1 Stress-strain curves of specimens in compression test in radial direction

Legend: ——— : Dry at room temperature, - - - - - : Water saturated at room temperature, - · - · - : Water saturated at 60℃, · · · · · : Water saturated at 95℃

ると考えられる。

試験直後、試験片を繊維方向と平行に切り、その断面を観察したところ150mm, 200mmの試験片ではほぼ全体に水が入っていることが確認できたが、250mm, 300mmの試験片では中央付近で水が十分に入っていないものも確認された。このことから、長尺材には、吸水用の溝が200mmおきが必要であることがわかった。

その後、100mmの試験片を十分に乾燥させ、木口面の木表から10mmを除く全ての部分をコーティングし、温冷浴法(95°Cの温水中に4時間放置、そのままの状態を熱源を除去し20時間放置)にて吸水し吸水量を測定した。その結果、吸水量は0.53(g/cm³)であり、300mm, 250mm, 200mmとほぼ同じだけ吸水することができた。このことから、吸水性の悪い材には温冷浴法が有効であることが分かった。

3.3 マイクロ波加熱試験

供試材の密度は、0.37g/cm³であった。加熱試験結果をFig.3に示す。

全飽水材を加熱した場合は、各測定点ごとの温度の上昇率に差は見られなかった。また、いずれの出力条件においても140°C付近において温度の上昇が、一時停滞する

結果となった。これは材内部において、水が気化しているためだと考えられる。部分飽水材の加熱試験では、いずれの出力条件においても、140°C付近までは飽水部分の温度上昇率が他の部分よりも大きく、飽水部分のみが選

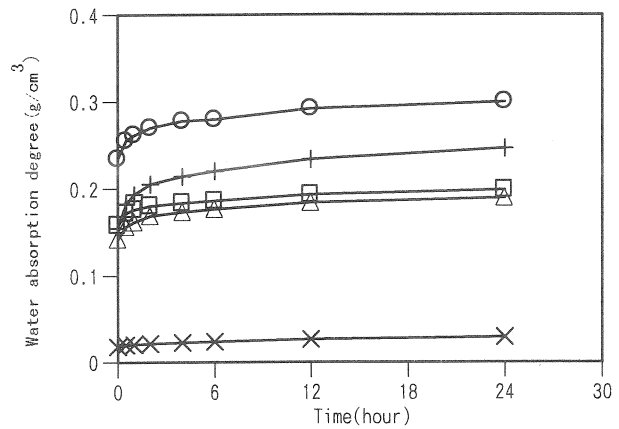


Fig.2 Relationship between time and water absorption degree

Note: Water absorption degree = (weight after test - weight before test)/volume of surface layer

Legend: ○ :30cm, + :25cm, △ :20cm, □ :15cm, × :10cm

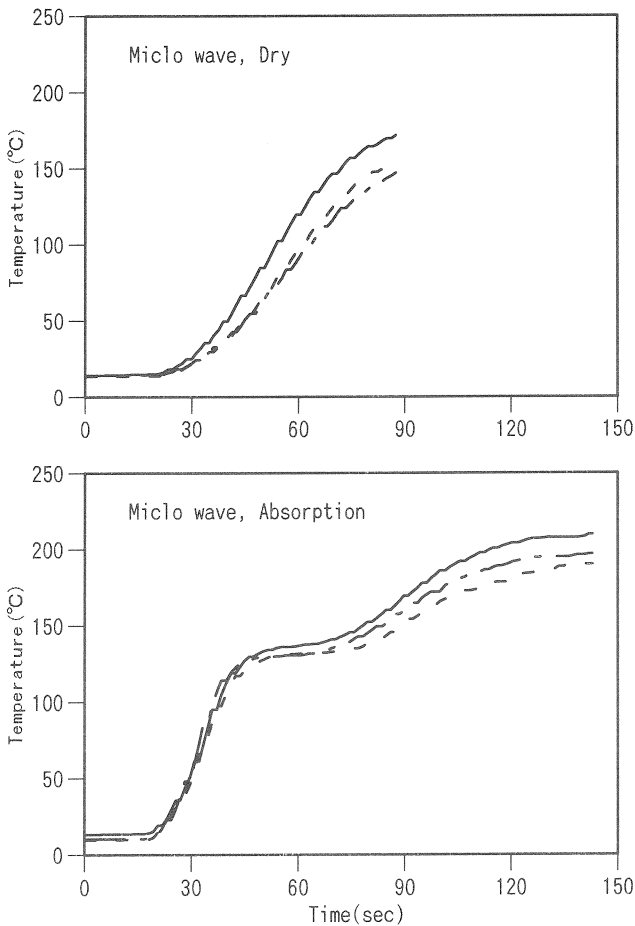


Fig.3 Typical temperature curves observed in heat testing.

Legend: - - - - :Top, :Midpoint, ——— :Bottom

択的に加熱されていることが分かった。また、特に出力1.0kWの場合では、飽水部分と他の部分で、最大で約80°Cの温度差が生じていることが分かった。気乾材を加熱試験した場合は、全飽水材を加熱した場合同様、各測定点ごとの温度の上昇率に差は見られなかった。

また、部分飽水材の飽水させた部分が下になるように180°Cの常盤上に置いた場合は、温度の上昇率はきわめて緩やかで、計測開始から30分たっても飽水部分の温度が90°Cに達しないことがわかった。

このことから、飽水部分のみを加熱・軟化させるためにはマイクロ波を照射するのが有効であることがわかった。

3.4 模様の幅と高さ試験

型の溝と木理が平行で、溝幅が4mm以下の場合、割れ、繊維の切断も生じづらく、概ね良好な結果が得られた。また、溝と溝の間隔の影響はみられなかった。溝幅が5mm以上の場合、割れ、繊維の切断などが生じやすく、また溝幅が小さく、溝と溝の間隔が近いほど割れがひどくなることが分かった。

また、型の溝と木理が垂直の場合も型の溝と木理が平行と同様に、溝幅が4mm以下の場合、割れ、繊維の切断も生じづらく、概ね良好な結果が得られた。また、溝と溝の間隔の影響はみられなかった。しかし、溝と木理が平行に比べ、模様の高さは低くなった。溝幅が5mm以上の場合、割れ、繊維の切断などが生じやすく、また溝幅が小さく、溝と溝の間隔が近いほど割れがひどくなることが分かった。また、型の溝が木理と垂直の場合は、晩材部のめり込みが生じ易いことが分かった。

4 まとめ

スギ材の表面層のみを加飾し、その加飾によって生じた変形を永久に固定する技術を開発することを目的にスギ材の横圧縮試験、吸水試験、マイクロ波加熱試験、模様の幅と高さ試験を行った。その結果、以下の結論を得た。

1. スギ材を横圧縮するためには、材に吸水させ温度をかけると、より小さい応力で圧縮できることが分かった。
2. スギ材の軸方向には、20cm程度までは均一に吸水できるが、それ以上では困難になる場合があることが分かった。
3. スギ材の表面層のみに吸水させた材をマイクロ波で加熱すると、吸水させた部分のみを選択的に加熱することができることが分かった。
4. スギ材表面層に加飾を施す場合、加飾する模様の線の幅は4mmが限度であり、特に模様の方向が木理と垂直の場合は、晩材部のめり込みが生じ易いことが分かった。

参考文献

- 1) 大分県林業統計，平成6年度版
- 2) 井上雅文，則元京，大塚康史，山田正：木材学会誌，37-3(1991)，227-233
- 3) 井上雅文，則元京，大塚康史，山田正：木材学会誌，37-3(1991)，234-240
- 4) 則元京：木材学会誌，39-8(1993)，867-874
- 5) 伏谷賢美，木方洋二，岡野健，佐道健，竹村富雄，則元京，有馬孝禮，堤壽一，平井信之：木材の物理，(1985)，111-112，文永堂出版