

## スギ圧密材製造技術の開発 -表面層圧密材の製造-

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) -Manufacturing Surface Layers Compression Wood-

Yukio YAMAMOTO・Nobuyosi ISII  
Hita Industrial Art Division

#### 要旨

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。近年、樹脂を含浸させその変形を永久に固定する技術<sup>1), 2)</sup>が開発されたが、環境汚染の可能性があるため実用化は困難である。また最近の研究で、木材を圧密しその変形を維持したまま180℃、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<sup>3)</sup>ことが明らかになっている。

そこで、表面層を加飾し変形を永久に固定する技術を開発するための基礎研究として、表面層のみを圧密しその変形を永久に固定することを目標とした。その結果、表面層のみを圧密し、その変形を固定した材を製造することができた。

#### 1 はじめに

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、今日まで行われてきた研究の多くは、ドラインセットでその変形を固定しているため、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。

近年、木材を圧密しその変形を永久に固定する研究が盛んに行われており、樹脂などを含浸させ変形を固定する方法や、密閉系で熱処理し変形を固定する方法などが開発されている。しかし、これらの方法では環境汚染の可能性があったり材全体を圧密し変形を固定するなど、そのままでは表面層加飾技術への応用は困難である。表面層加飾技術を現実のものとするためには、無公害型の方法で材表面層のみを圧密しその変形を永久に固定する技術が必要である。

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<sup>4)</sup>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<sup>5)</sup>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。

また、圧密によって生じた変形は、180℃、1MPa程度の飽和水蒸気で処理すると、木材にたまっている内部応力が開放され、その結果変形が永久に固定されることがわかっている。この変形固定処理の方法には外部から水蒸気を供給する方法と、木材を治具の中に入れ加熱することで木材中の水分を利用する方法の二通りがある。後者は治具をホットプレスに取り付けて使用するため圧密処理と変形固定処理を同時におこなえるというメリットがある。

そこで、上記技術を応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ための基礎研究として、表面層のみを圧密し密閉系熱処理によってその変形を永久に固定する技術の開発を試みた。

#### 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、供試材には、寸法28(R:圧縮方向)×24(T)×50(L)mmの無節のスギ(*Cryptomeria japonica* D. Don)を用

いた。一部の試験片は気乾常温で、その他は減圧吸水処理後そのまま24時間放置し、常温、60℃、95℃で試験（変位速度3mm/min）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。

## 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(Fig. 1)、減圧直後、減圧後そのままの状態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 表面層圧密材の製造

供試材は、寸法33~36(R)×120(T)×95(L)mmの無節のスギで、木口面の一部をシリコン樹脂でコーティングし、減圧吸水処理後、そのまま24時間放置し吸水させ、

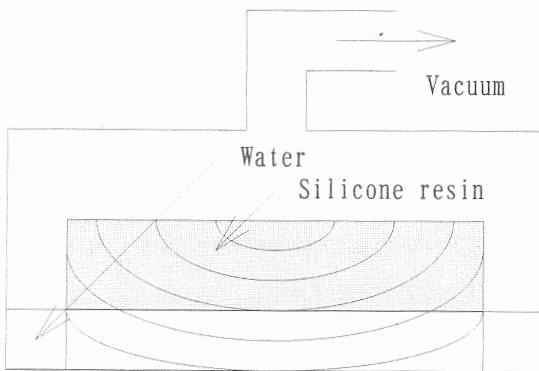


Fig. 1 Vacuum water soak method

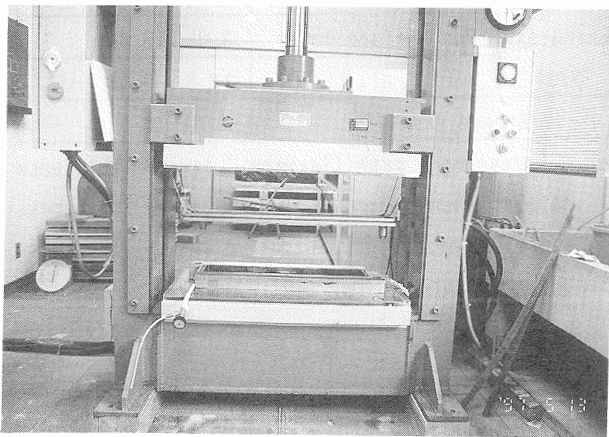


Fig. 2 Equipment for compressed wood(Closed system)

Fig. 2に示す密閉系治具で圧密、変形固定処理し表面層圧密材を製造した。処理温度は180℃、処理時間は20分とし、処理終了後リークバルブを開放し処理室内の圧力を開放した。

治具を十分に冷却（自然放冷）した後、材を取り出し2等分した。そして、一方は圧密した表面層と基台を切断し各々の、もう一方はそのままでブリネル硬さを、その後、表面層を熱水処理し回復度を求めた。

## 3 結果

### 3.1 横圧縮試験

供試材の密度は0.33g/cm<sup>3</sup>、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. 3に示す。気乾常温の弾性域の上限は2.0MPaで、このときの気乾常温のひずみは0.03、吸水常温は0.40、吸水60℃は0.41、吸水95℃は0.49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。しかし、Fig. 3からわかるように吸水95℃、吸水60℃、吸水常温の差はあまり大

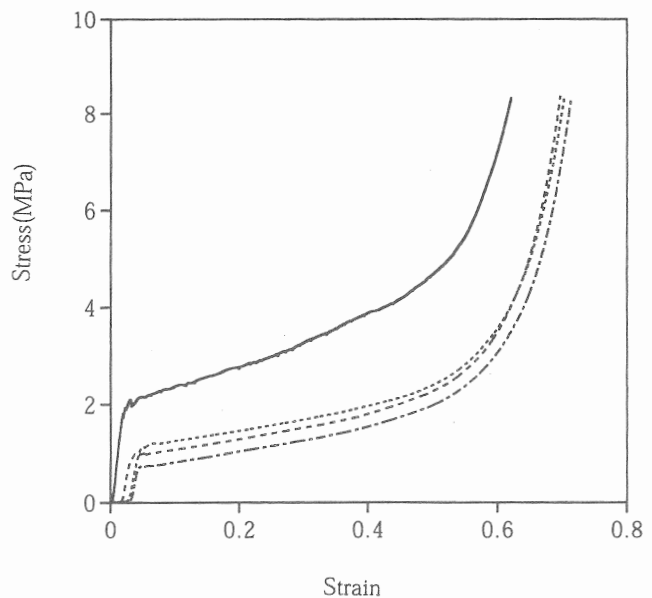


Fig. 3 Relationship between water absorption degree and compression strength (Radial direction)

Legend:

きくなく、表面層を加熱するためのエネルギーなどを考慮すると常温で吸水しただけで十分であると考えられる。そこで、表面層圧密材の製造には表面層に吸水させただけの材を用いた。

### 3.2 吸水試験

供試材の密度は $0.29\text{g/cm}^3$ であった。吸水試験の結果をFig. 4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おきに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℃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

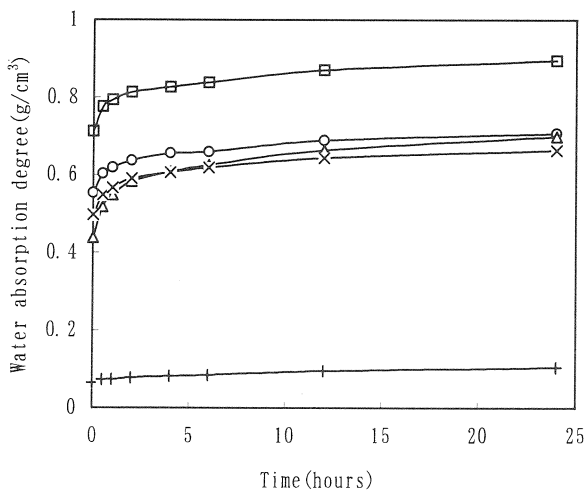


Fig. 4 Relationship between time and water absorption degree

Note: Water absorption degree =  $(\text{Weight after test} - \text{Weight before test}) / \text{Volume of surface layer}$

Legend: Length of test species, ○300mm, △250mm, ×200mm, □150mm, +100mm

結果、吸水量は $0.53(\text{g/cm}^3)$ 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 表面層圧密材の製造

製造した表面層圧密材の写真をFig. 5に示す。この表面層圧密材の寸法は $25(\text{R}) \times 122(\text{T}) \times 90(\text{L})\text{mm}$ 、圧密後の表面層の厚さはおよそ3mmである。

製造した表面層圧密材の硬さ、回復度試験の結果をTable 1に示す。この結果から、いずれの圧縮率の場合においても、硬さは全体>表面層>基台の順になっており、全体の硬さは基台の172~380%で、十分硬化していることが分かった。また、回復率は、最大で0.87%であり、変形が固定されていることがわかった。

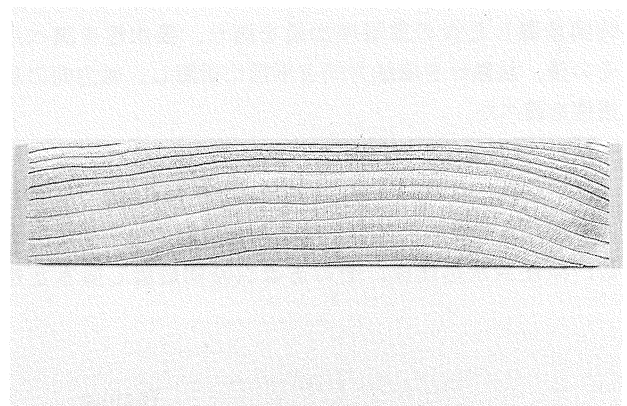


Fig. 5 Surface compression wood

Table 1 Results of hardness and recovery set

Surface layer thickness before compression (mm)		10.9	9.3	7.9
Surface layer thickness after compression (mm)		6.3	5.8	5.2
Compression set (%)		42.2	37.6	34.2
Hardness (MPa)	Surface layer	6.25	9.00	9.80
	Non Surface layer	3.05	5.64	7.21
	All	11.6	9.68	15.8
Recovery set (%)		-0.27	0.87	-

note: Compression set =  $((\text{Surface layer thickness before compression} - \text{Surface layer thickness after compression}) / \text{Surface layer thickness before compression}) \times 100 (\%)$

## 4 まとめ

1. 基台と表面層の強度の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であることが分かった。

2. 吸水性については個体差が激しく、吸水性の良いものと悪いものをあらかじめ選別する必要がある。
3. 吸水性の悪い材に吸水させるには温冷浴法が有効であった。
4. 長尺材に吸水するためには、吸水のための溝を200mmおきに切る必要がある。
5. 製造した表面層圧密材のブリネル硬さは、基台の172～380%で、十分硬化していることが分かった。
6. 製造した表面層圧密材の表面層を熱水処理し回復度を求めた結果、最大0.87%で、変形が十分固定されていることが分かった。
7. 材の表面層のみを圧密し、その変形を固定できる無公害型の技術を開発した。

#### 参考文献

- 1) 井上雅文, 則元京, 大塚康史, 山田正: 木材学会誌, 37-3(1991); 227-233
- 2) 井上雅文, 則元京, 大塚康史, 山田正: 木材学会誌, 37-3(1991), 234-240
- 3) 則元京: 木材学会誌, 39-8(1993), 867-874
- 4) 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), 109-111, 文永堂出版
- 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