

(論 文)

## 軟質針葉樹材の表面硬化技術の開発

谷内 博規・高芝 俊雄\*・穴沢 靖\*\*

SURFACE HARDING TECHNIQUES FOR SOFTWOOD PRODUCTS FOR INTERIOR USE

Hironori TANIUCHI and Yasushi ANAZAWA and Toshio TAKASIBA

### 要 旨

アカマツは内装材としては化粧性が高いが、低比重な早材部に起因する軟質さが原因で、床やテーブルの天板には好まれない。そこで、本研究では、軟質材の表面を塗装と積層により簡易に硬化することを目的として、アカマツ単板を積層し、接着層が平行に現れる面を用いることにより、軟質な早材部の分散、接着剤による補強効果を図り、さらに塗装をすることにより広葉樹並の表面硬度を得るものである。

今回は、アカマツ単板(1~5mm)を用い、水性ビニルウレタン樹脂接着剤により積層接着(プレス圧:0.98MP, 圧縮時間:12時間)を行った後、ウレタン系樹脂(齊藤塗料製、針葉樹専用塗料下塗り剤「木堅め剤」)を下塗りに用い、鉛筆ひっかき硬度がBから4Hの塗膜硬さを持つ塗料を上塗りに供した。また硬さの評価として、ビッカース硬さ試験、ブリネル硬さ試験(JIS Z-2101)、部分圧縮強度試験(JIS Z-2101)を行った。実験により次の知見が得られた。

- 1 ビッカース硬さは、積層による影響よりも上塗り塗料の影響を強く受け、アカマツ塗装単板積層材はアカマツ素材に比べて50%以上増加した。
- 2 ブリネル硬さは、塗装に比べ積層による影響が大きく現れ、アカマツ塗装単板積層材のブリネル硬さはアカマツ素材に比べて最大で2倍に増加した。
- 3 部分圧縮強度の増加は、塗装の種類によらず、積層のみが影響した。

To improve the surface hardness of softwood products, a new technique combining softwood veneer lamination and coating with urethane-base resin was investigated. Japanese red pine (*Akamatsu, Pinus densiflora S. et Z*) has a high decorative quality, however, its soft surface due to low density earlywood restricts the interior use such as floor and tabletop. In this work, Akamatsu veneers were laminated so that glue lines appear in parallel on the product top surface, which enable the earlywood to disperse and helps surface hardening by glue lines. Also this structure would provide the coating film of the top surface with enough rigidity. Therefore, the product surface would be expected as firm as hardwood by this technique.

Akamatsu sliced veneers with thickness from 1 to 5 mm were laminated with aqueous vinyl polymer solution-isocyanate by a cold press (pressure ; 0.98MPa, time ; 12hours). The undercoat used was a urethane-base resin specially developed for softwood. The hardness of the topcoat used was varied from 4 H to B. The hardness of the material was evaluated by Vickers hardness, Brinell hardness and partial compressive strength.

The results obtained are as follows: 1) The types of coating was more effective than veneer thickness on the improvement of Vickers hardness; Vickers hardness of the product surface increased by about fifty percent compared to Akamatsu solid wood similarly coated. 2) In contrast, the veneer thicknesses was more effective than coating on the improvement of Brinell hardness; Brinell hardness of the product surface increased double compared to Akamatsu solid wood similarly coated. 3) The partial compressive strength was increased when thinner veneers were employed, though it did not depend on the types of coating.

キーワード: アカマツ, 表面硬化, 単板積層材, ビッカース硬さ, ブリネル硬さ

### 目 次

緒 言 .....	8	1. 2. 5	ブリネル硬さ試験 .....	9
1 実 験 .....	8	1. 2. 6	部分圧縮試験 .....	9
1. 1 水浴処理による表面硬度低下 .....	8	1. 2. 7	重回帰分析 .....	9
1. 1. 1 供試材 .....	8	2 結 果 .....		9
1. 1. 2 温水抽出試験 .....	8	2. 1	水浴処理による表面硬度低下 .....	9
1. 1. 3 塗装 .....	8	2. 2	製造条件によるアカマツ材表面硬度向上 .....	10
1. 1. 4 ブリネル硬さ試験 .....	8	2. 2. 1	ビッカース硬さ試験 .....	10
1. 2 製造条件によるアカマツ材表面硬度向上 .....	8	2. 2. 2	ブリネル硬さ試験 .....	10
1. 2. 1 供試材料 .....	8	2. 2. 3	部分圧縮試験 .....	12
1. 2. 2 積層接着 .....	8	2. 2. 4	各因子の押し込み強さに与える影響 .....	12
1. 2. 3 塗装 .....	9	3 結 論 .....		12
1. 2. 4 ビッカース硬さ試験 .....	9	引用文献 .....		13

\* 岩手県宮古地方振興局林務部

\*\* 岩手県工業技術センター化学部

## 緒 言

岩手県はアカマツの生産量が2位、蓄積は1位を占めており、日本でも屈指のアカマツ材供給地となっている。また、アカマツ人工林は10～15年後に主伐期を迎え、建築用材として供給可能な資源量は着実に増大することが予想される。しかし、材価の長期低迷、需要構造の変化、代替材の進出などを原因にその需要は著しく減少している。

本研究は、アカマツ材の高付加価値による用途開拓の一方策として、内装材料の床などへの使用を目的とした表面硬化技術の開発を行うものである。

アカマツなどの針葉樹材は、軟質な早材部に起因する硬度不足のため傷が付き易く、従来、床材などの硬度を必要とする部位にはブナ、ミズナラなどの広葉樹材が用いられてきた。従って、アカマツなどの針葉樹材を用いた床材開発のためには、表面の硬さを広葉樹並みに改質する必要がある。

針葉樹材の硬さを向上させる手法として、樹脂処理<sup>4)</sup>、圧密処理と樹脂処理の併用<sup>1, 2, 3)</sup>などが挙げられるが、アカマツ材への適用に関して、圧密処理では圧縮時における輪生節部分の破壊、また樹脂処理では薬剤使用による安全性の確保、薬剤注入による材料コストの上昇などの検討事項が解決されていないため、実用化するのは難しいと考える。

今回は簡易な操作で広葉樹並の表面硬さを得るため、単板積層により、軟質早材部の分散、接着剤による強度補填を行い、併せて積層面に硬質な塗装した材料について、積層、塗装条件が表面硬さに与える影響を評価した。

## 1 実 験

### 1.1 水浴処理による表面硬度低下

木材からロータリーレース単板を調製する際、材を軟化させ切削抵抗を低減させる理由で木材の煮沸処理が行われる。この処理は木材を軟化させるだけでなく、木材の成分が溶脱される。木材成分の溶脱により塗料の浸透向上が期待できるが、木材自体の強度も損なわれるおそれがある。今回、表面硬度低下の有無について評価するため、アカマツ辺材の温水抽出を温度、時間別に行い、得られた試料に塗装を施し、JISのブリネル硬さ改良型試験（以降、ブリネル硬さと呼ぶ）を行った。

#### 1.1.1 供試材

木材の温水抽出条件による、ブリネル硬さ試験の影響を検討するため、岩手県産アカマツを用いて、寸法L×

R×T=50×50×15mmの試験体を調整し、オープンで105℃、24時間の乾燥を行った。

#### 1.1.2 温水抽出試験

温水抽出として、20, 40, 60, 80, 98℃の温度条件で、それぞれ、3, 12, 24, 72, 120時間抽出後オープンで105℃、24時間の乾燥を行った。

#### 1.1.3 塗装

下塗り塗料は、市販針葉樹専用塗料「木肌塗料」((株) 斉藤塗料製)の下塗り用とされている木堅め剤を用いた。上塗り塗料は、紫外線乾燥塗料((株) 斉藤塗料製の脂肪族ウレタンアクリレートオリゴマーを主成分とし、乾燥塗膜が鉛筆硬度で4H)を用いた。また紫外線乾燥条件は、メタルハイドランプ120W/cm<sup>2</sup>、照射距離20cm、コンベアスピード3m/minとした。

#### 1.1.4 ブリネル硬さ試験

万能試験機AG-10TD((株) 島津製作所製)を用い、JIS Z2101に準じて、試験片表面から直径10mmの鋼球を約0.32mm圧入し、その時の荷重P(N)を測定することにより、ブリネル硬さを以下の式によって求めた。

硬さ =  $P/10$  (N/mm<sup>2</sup>)

P: 圧入深さが1/πmmとなるとき荷重(N)

なお、測定方法は試験片表面に、8mmのマスを作成し、交点を測定箇所として、早晚材部に関係なく25点を試験した。

### 1.2 製造条件によるアカマツ材表面硬度向上

人間が感じる硬さは、様々な材料の機械的性質の複合値であり、硬さの定義は存在しないといわれている<sup>5)</sup>。今回、「傷の付きにくい」床材の開発を目的としており、硬さの指標を機械的性質の「押し込み硬さ」とすると、押し込む物体の面積、荷重の大きさにより硬さの評価は変動すると考え、荷重、押し込み面積の大きさ別に、微細な硬さの指標をピッカース硬さで、中程度の硬さの指標を、木材の硬さの指標として多く用いられるブリネル硬さで、大きな硬さの指標を部分圧縮強度として評価した。

#### 1.2.1 供試材料

寸法L×R×T=2000×60～80×120mmの岩手県産アカマツ辺材を本板目の木取りで12体調製し、生材のまま、温浴層で60℃、1週間軟化を行い、厚さ1～5mmの板目単板をそれぞれ100～20枚調製し、室温(25℃)で4週間風乾させた後、実験に供した。

#### 1.2.2 積層接着

寸法L×R×T=2000×100×120mmのアカマツ辺材LVLを試作するために、水性ビニルウレタン樹脂系接着剤(大鹿振興(株)ピーアイボンドNO.127)を用い

て、塗布量220~250 g/m<sup>2</sup>、圧縮圧10kg/cm<sup>2</sup>の条件で、厚さ1~5 mmのアカマツ辺材単板をそれぞれ100~20枚積層接着した。

解圧後、リップソー、二面鉋盤を用いて、積層面が試験面になるように加工し、ブリネル硬さ試験体を寸法縦100mm×横100mm×厚15mm、ビッカース硬さ試験体を寸法縦60mm×横20mm×厚20mm、部分圧縮試験体を寸法縦60mm×横20mm×厚20mmに調製した。

また比較として、アカマツ柾目試験片を上記と同様の寸法に調製して実験に供した。

### 1. 2. 3 塗装

実験には、下塗り塗料1種類、上塗り塗料5種類を供した。

下塗り塗料は、市販針葉樹専用塗料「木肌塗料」((株) 斉藤塗料製)の下塗り用とされている木堅め剤を用いた。

上塗り塗料は、市販床用塗料として乾燥塗膜の鉛筆硬度が異なる塗料の中から、紫外線乾燥塗料2種類、ポリウレタン樹脂塗料3種類を用いた。

紫外線乾燥塗料は(株) 斉藤塗料製の脂肪族ウレタンアクリレートオリゴマーを主成分とし、乾燥塗膜が鉛筆硬度で4Hと2Hのものを用いた。紫外線乾燥条件は、メタルハライドランプ120W/cm<sup>2</sup>、照射距離20cm、コンベアスピード3 m/minとした。

ポリウレタン樹脂塗料は(株) ユニオンペイント製のポリオール硬化型(2液型)、油変性型(1液型)、湿気硬化型(1液型)を用い、乾燥塗膜の鉛筆硬度がそれぞれ、B、H、Fのものを用いた。

表1に実験に供した塗料タイプ、記号、鉛筆硬度を示す。

表2に実験に供した試料の作成条件について、LVLラミナ厚、下塗り塗料、上塗り塗料の組み合わせを示す。

表1 実験に供した塗料  
Table 1. Types of topcoat and pencil hardness.

塗料タイプ Types of topcoat	鉛筆硬度 pencil-hardness
紫外線乾燥塗料 (ハードタイプ) Ultraviolet curing polymer coatings hard type	UV-H 4H
紫外線乾燥塗料 (ソフトタイプ) Ultraviolet curing polymer coatings soft type	UV-S 2H
ポリウレタン樹脂塗料 (ポリオール型) Polyurethane resin (polyol curing type)	U-P B
ポリウレタン樹脂塗料 (油変性型) Polyurethane resin (oil modified type)	U-O H
ポリウレタン樹脂塗料 (湿気硬化型) Polyurethane resin (moisture curing type)	U-M F

### 1. 2. 4 ビッカース硬さ試験

薄膜物性評価装置(日本電気株式会社製:MHA-400型)を用い、ビッカース硬さを測定した。なお測定条件は、押し込み荷重980mN、押し込み速度1.4nm/secとし、圧子は先端半径を0.1μmに加工した稜角80°のダイヤモンド製三角錘針を用いた。測定箇所は試験片表面の早材部分に限定した5箇所とした。

### 1. 2. 5 ブリネル硬さ試験

1. 1. 4に準拠して行った。

なお、測定方法は試験片表面に、8mmのマスを作成し、交点を測定箇所として、早晚材部に関係なく、90点を試験した。

### 1. 2. 6 部分圧縮試験

万能試験機((株) 島津製作所製:AG-10TD)を用い、JIS Z2101に準じて、鋼板を用いて試験片を圧縮し、縮み量が辺長の5%の時の荷重を測定することにより、部分圧縮強度を以下の式によって求めた。

$$\sigma_{C15} = P_5 / A$$

$\sigma_{C15}$ : 部分圧縮強度 (MPa)

$P_5$ : 縮み量が辺長の5%の時の荷重 (N)

$A$ : 荷重面積 (cm<sup>2</sup>)

なお、試験は1条件あたり12個行った。

### 1. 2. 7 重回帰分析

上記の各硬さを目的変量とし、説明変量として、LVLを構成する単板厚さを1. 柾目板, 2. 5mm, 3. 3mm, 4. 2mm, 5. 1mm, 下塗りの有無を1. 無, 2. 有, 上塗り塗料の種類を1. U-P (鉛筆硬度B), 2. U-M (F), 3. U-O (H), 4. UV-S (2H), 5. UV-H (4H)と数量化した場合の関係について、統計処理ソフト(SPSS 8.0J, SPSS株式会社製)を用いて、有意水準5%, 変数増加法で、重回帰分析式を求め、回帰係数を標準化・比較することにより、各因子がそれぞれの硬さに与える影響を評価した。

## 2 結果

### 2. 1 水浴処理による表面硬度低下

図-1に水浴温度とブリネル硬さの関係を示す。

未塗装試料は水浴温度の増加によりブリネル硬さは減少した。しかし、塗装試料のブリネル硬さは水浴温度80℃までは減少せず、20N/m<sup>2</sup>の値を示したが、水浴温度98℃でブリネル硬さは15N/m<sup>2</sup>に減少した。このことから、アカマツ材の軟化処理を行う際、水温が80℃以上にならないければ、表面硬度の低下に及ぼす影響は少ないといえる。

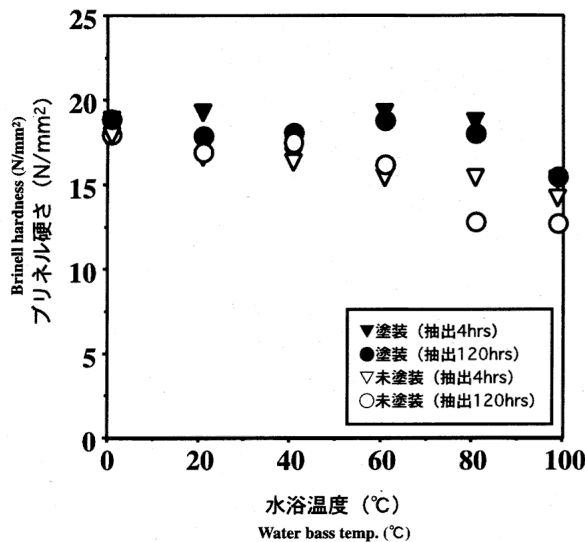


図-1 水浴温度によるブリネル硬さ低下の影響  
Fig.1. Correlation between water bath temp. and degradation of Brinell hardness.

Note: Sample; Akamatsu softwood, coating; The undercoat used was a urethane-base resin. The topcoat was a ultraviolet curing polymer.

Legend: ▼: Coated sample (extraction 4 hrs)  
●: Coated sample (extraction 120 hrs)  
▽: Uncoated sample (extraction 4 hrs)  
○: Uncoated sample (extraction 120 hrs)

2. 2 製造条件によるアカマツ材表面硬度向上

2. 2. 1 ビッカース硬さ試験

図-2に塗装がビッカース硬さに与える影響を示す。材料表面の硬さの指標であるビッカース硬さは、用いる上塗り塗料の硬度、下塗りの有無、およびLVLを構成する単板厚さの影響を大きく受け、特に硬度の高い上塗り塗料ほど、単板厚さが小さいほどその硬さは増加した。最も硬さの増加が著しかったのは下塗りを行ったUV-Hで、単板厚さが1mmのとき硬さは56.2を示し、ウレタン塗装を施したケヤキ材の硬さ(20~22.3)を大きく上回る結果となった。

以上の結果から、木材表面の硬さの指標であるビッカース硬さは、塗料、基材の構造の影響を大きく受けることがわかった。この知見からビッカース硬さを増加させるためには、木材をLVL化し、鉛筆硬度の高い塗料を用いればよいことがわかった。

2. 2. 2 ブリネル硬さ試験

図-3にアカマツ板目表面のブリネル硬さの分布を示す。

アカマツ板目表面のブリネル硬さの平均値は約14N/mm<sup>2</sup>を示すが、分布は7~32N/mm<sup>2</sup>を示した。文献<sup>6)</sup>によれば、ブリネル硬さの平均値で7~10N/mm<sup>2</sup>はスギなどの針葉樹の、11~20N/mm<sup>2</sup>はナラ、ブナ、クリなどの広葉樹の、20N/mm<sup>2</sup>以上はケヤキ、カシなどの硬質広葉樹の硬さと同程度であり、このことからアカマツ板目面は硬さのバラツキの大きい面であるといえる。

図-4に無塗装の単板積層材を構成する単板厚さとブ

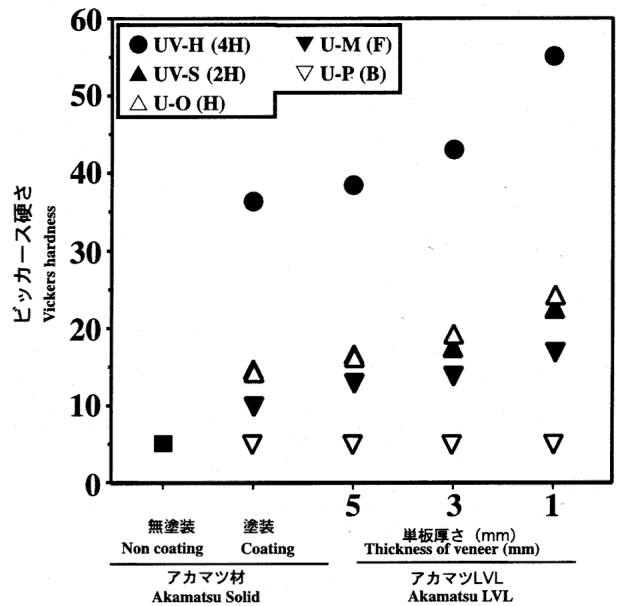


図-2 塗装がビッカース硬さに与える影響

Fig.2. Effects of coating on Vickers hardness.

Legend: Ultraviolet curing polymer.

●: Hard type(4 H)  
▲: Soft type (2 H)  
Poly urethane resin  
△: Oil modified type (H)  
▼: Moisture curing type (F)  
▽: Polyol curing type (B)

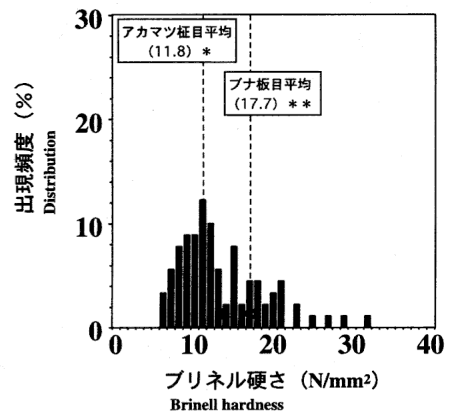


図-3 アカマツ板目表面のブリネル硬さ分布  
Fig.3. The Brinell hardness range of Akamatsu in tangential place.

Note: Test: JIS Z 2101

Sample: Flat grain of Akamatsu

Undercoat and topcoat: Non

The range of class: 1 N/mm<sup>2</sup>

\*: The Brinell hardness of Akamatsu in radial place (Ave.)

\*\* : The Brinell hardness of Japanese beech in tangential radial place (Ave.)

リネル硬さの分布を示す。

柎目板(コントロール)に比べLVL化した材料の表面は、ブリネル硬さが向上し、単板厚が5, 3, 1mmと増加するにつれて、ブリネル硬さの平均は17.3, 18.7, 21.8N/mm<sup>2</sup>と増加した。単板厚が1mmの時のブリネル硬さは平均値21.8N/mm<sup>2</sup>、下限値13.1N/mm<sup>2</sup>を示し、ブナ板目材並のブリネル硬さ(平均値17.6N/mm<sup>2</sup>、下限値N/mm<sup>2</sup>)が得られた。

図5に下塗り・紫外線硬化塗装(4H)を行った試料の積層材を構成する単板厚さとブリネル硬さの分布を示す。

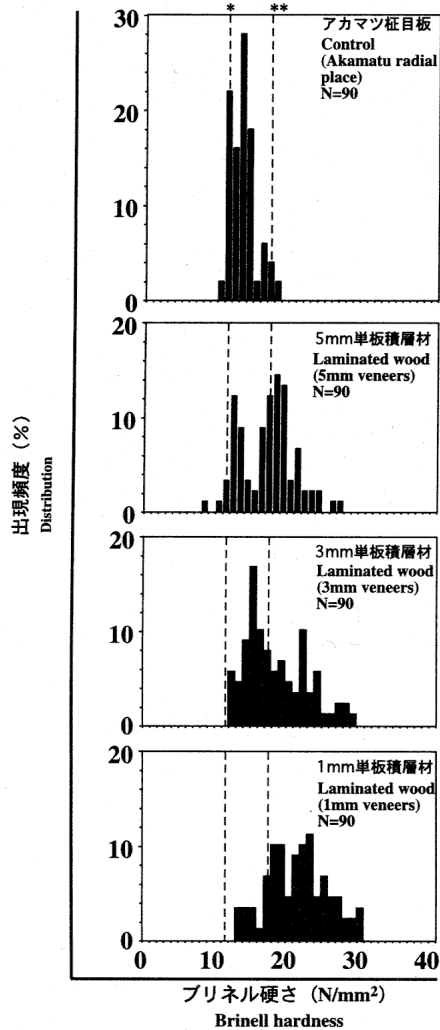


図-4 無塗装単板積層材の単板厚とブリネル硬さ分布の関係

Fig.4. Relationships between laminated conditions of veneer thickness and the range of Brinell hardness (no coating).

Note : The same as in Fig.3

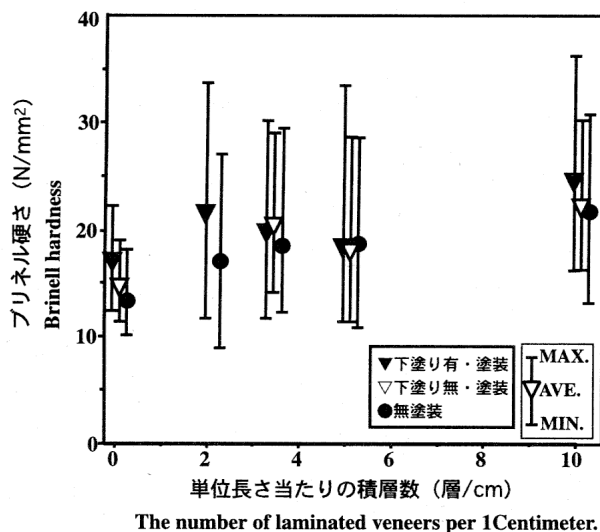


図-6 下塗りがブリネル硬さへ及ぼす影響

Fig.6. Effect of undercoat on Brinell hardness.

Note : The same as in Fig.5

Legend : ▼ : Undercoat and topcoat  
 △ : No undercoat and topcoat  
 ● : No coating

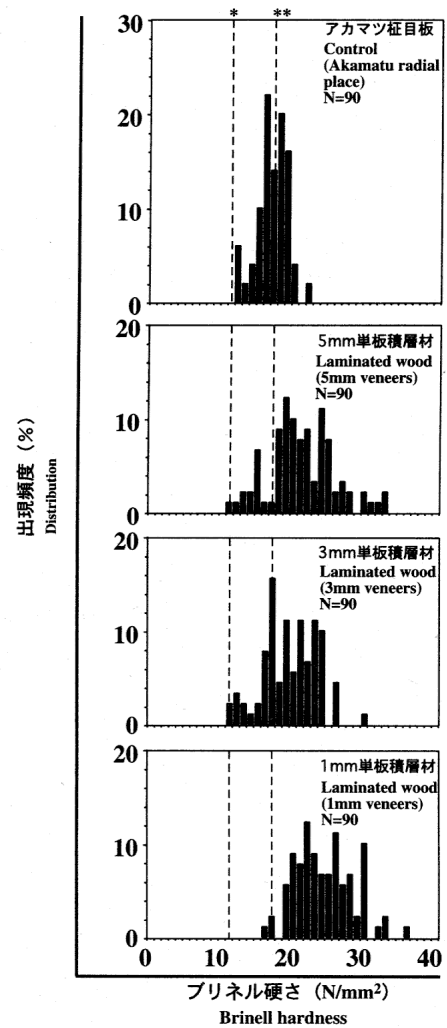


図-5 塗装単板積層材の単板厚とブリネル硬さ分布の関係

Fig.5. Relationships between laminated conditions of veneer thickness and the range of Brinell hardness coating).

Note : Brinell hardness test (JIS Z 201)

Undercoat : Urethane-bass resin

Topcoat : Ultraviolet curing polymer, Hard type (pencil hardness of 4 H)

The range of class : 1 N/mm<sup>2</sup>

\*,\*\* : The same as in Fig.3

下塗り・上塗り塗装により柾目板のブリネル硬さは13.4から17.3へ増加した。また、LVLは単板厚が5, 3, 1mmと増加するにつれて、ブリネル硬さの平均は21.8, 20.6, 24.9 N/mm<sup>2</sup>と増加傾向を示した。単板厚が1mmの時のブリネル硬さは平均値24.9N/mm<sup>2</sup>, 下限値16.3 N/mm<sup>2</sup>を示し、マカンバ板目材並のブリネル硬さ(平均値23.5N/mm<sup>2</sup>, 下限値19.6N/mm<sup>2</sup>)が得られた。

図-4, 5の分布を比較すると、基材をLVL化し塗装を併用することにより、ブリネル硬さの分布全体が増加方向にシフトすることがわかった。

また、その度合いはLVLの単位あたりの積層数が大きいほど顕著に現れていることがわかった。

図-6に下塗りがブリネル硬さへ与える影響を示す。

単位あたりの積層数の増加に比べ、下塗り塗装の有無がブリネル硬さへ与える影響小さかった。しかし、下塗り有と下塗り無の試料を比較すると、単位あたりの積層

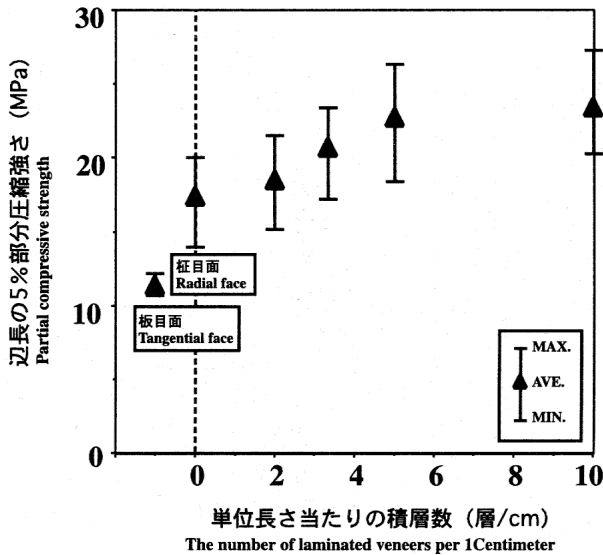


図-7 アカマツ LVL の積層数と部分圧縮強さの関係

Fig.7. Relationship between the number of laminated veneers per 1 Centimeter and Partial compressive strength.

Note : Partial compressive strength test (JIS Z 2101).  
 Undercoat : Urethane-base resin  
 Topcoat : Ultraviolet curing polymer, hard type (pencil hardness of 4 H), Ultraviolet curing polymer, soft type (pencil hardness of 2 H), Poly urethane resin of oil modified type (pencil hardness of H), Poly urethane resin of moisture curing type (pencil hardness of F), Poly urethane resin of polyol curing type (pencil hardness of B).

数が増加するとブリネル硬さの最大値が顕著に増加することがわかった。

以上の結果から、木材表層の硬さの指標であるブリネル硬さは、下塗り塗料、上塗り塗料、基材の構造の複合的影響を大きく受けることがわかった。この知見からアカマツ材を LVL 化し、下塗りを行い、鉛筆硬度の高い塗料を塗装すれば、ブリネル硬さを広葉樹材と同等もしくはそれ以上に増加させることがわかった。

2. 2. 3 部分圧縮試験

図-7 に単位長さ当たりの積層枚数と部分圧縮強さの関係を示す。

塗装の種類、下塗りに有無によらず、アカマツ LVL は積層枚数が 0, 2, 3.3, 5, 10層/cm と増加するにつれて、部分圧縮強さは 17.72, 18.79, 21.00, 23.02, 23.73MPa と増加した。

このことから、ある程度の面積を有する物体の押し込み強さは、表面、表層より、基材の強さの影響が大きいことがわかった。

2. 2. 4 各因子の押し込み強さに与える影響

図-8 に LVL を構成する単板厚さ、下塗りの有無および上塗り塗料の種類が、ビッカース硬さ、ブリネル硬さおよび部分圧縮強度へ与える影響について、重回帰分析を行った結果を示す。

ビッカース硬さについては回帰式の重相関係数 R=0.862 となり高い相関が得られ、上塗りの影響が最も大きく、次いで単板厚さ、下塗りの有無となった。

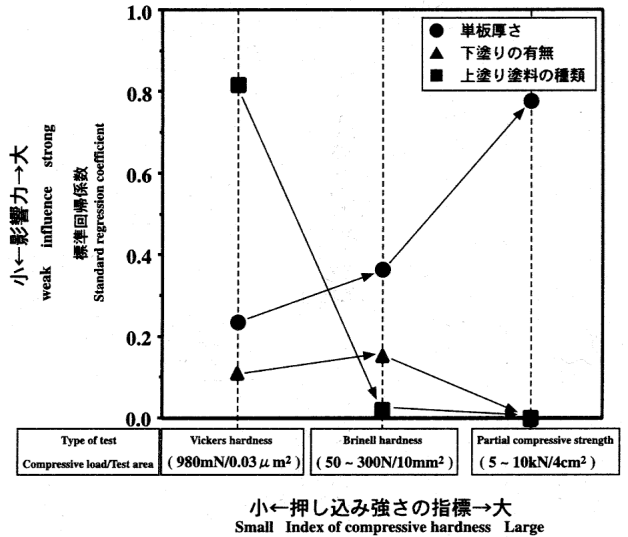


図-8 各因子の押し込み強さに与える影響

Fig.8. Effect of treated conditions on compressive hardness.

Note : Recursion formula : Vickers hardness=2.2 X<sub>1</sub>+3.3 X<sub>2</sub>+7.7 X<sub>3</sub>-10.1 (N=375)  
 : Brinell hardness=1.2 X<sub>1</sub>+1.5 X<sub>2</sub>+16.3 (N=4420)  
 : Partial compressive strength=1.6 X<sub>1</sub>+17.6(N=94)  
 X<sub>1</sub>:Thickness of veneer, X<sub>2</sub>:Treated undercoat or no, X<sub>3</sub>:Type of topcoat

Legend : ● : Thickness of veneer  
 ▲ : Treated undercoat or no  
 ■ : Type of topcoat

またビッカース硬さに比べて荷重、面積が大きいブリネル硬さについては回帰式の重相関係数は R=0.391 となり、単板厚さの影響が大きく、ついで下塗りの有無となり、上塗り塗料の種類は有意な値ではなく、影響が小さかった。

荷重の大きい部分圧縮強度では回帰式の重相関係数は R=0.777 となり、上塗りの種類、下塗りの有無の影響は見られず、単板の厚さのみが影響していることがわかった。

3 結 論

以上の実験結果から、床やテーブルなどの材料の硬さ(衝撃硬さを含まない)において、ビッカース硬さのような小さい荷重の場合はごく表面の硬さに左右され、高い硬度の塗料を用いることにより表面硬度を増加させることが確認された。ブリネル硬さは表面と基材の硬さが複合しており、高い硬度の塗料と積層を併用することにより広葉樹並の硬度を得ることが認められた。また部分圧縮強度のような大きな荷重は、基材の硬さに影響することが確認された。

この知見から、軟質針葉樹の表面硬化を行う際は、軟質部である早材部を分散させ、接着層による比重の補填を行い、さらに下塗り・上塗り塗装による材表層の比重を高めることにより広葉樹並の表面硬さが得られ、テーブル天板などへの硬さの付与は、主に塗装などの表面硬

さの付与を中心に行い、床などへの硬さの付与は表面と基材の両方に、ある程度の硬さを付与すればよいと考える。

## 引用文献

- 1) 井上雅文, 則元 京, 大塚康史, 山田 正 (1991) 軟質針葉樹材の表面層圧密化処理 (第2報) フェノール樹脂初期縮合物による圧縮木材の固定. 木材学会誌37: 227-233.
- 2) 伊藤貴文, 石原茂久 (1997) 熱ロールプレスを用いた木材の圧密とグリオキザール樹脂による変形の固定. 木材学会誌43: 52-60.
- 3) 高芝俊雄, 大越 誠 (1997) 圧密処理アカマツ材のグリオキザール樹脂による変形回復の固定. 第47回日本木材学会大会発表要旨集: p569.
- 4) 種田健造 (1972) 重合開始剤による木質物へのグラフト共重合に関する研究. 北海道林産試験場研究報告59.
- 5) 寺澤正男 (1981) 硬さのおはなし. 29-51. 財団法人日本規格協会.
- 6) 林業試験場監修 (1982) 木材工業ハンドブック. 188-189. 丸善株式会社