

圧縮木材を用いた木製品の開発

- グランドゴルフヘッドの試作 -

福田聡史*¹ 酒井昌夫*¹ 森川豊*¹ 高須恭夫*¹

Development of Wooden Goods with Compressed Wood
- Experimental Production of Ground Golf Head -

Satoshi FUKUTA, Masao SAKAI, Yutaka MORIKAWA and Yasuo TAKASU

軟質木材の高度利用及び高強度木質材料の創生の観点から、木材の圧縮加工技術を取り入れ、安価な早生樹種を用い、硬さ、耐摩耗性に優れたグランドゴルフヘッドの試作を行った。またその作製にあたり、強度物性、接着耐久性、加工にともなう変色などについて以下の成果、知見を得た。

- 1) 圧密化による密度の向上に伴い硬さ、耐摩耗性は向上し、樹種は異なってもほぼ同じ関係曲線に乗ることが明らかとなった。
- 2) 変形固定処理のための水蒸気処理により試料は褐色化し、試作製品は良好な外観を得ることができた。しかし、高い圧縮率では材料の中央部が黒色化するなどの特異な現象が観察された。
- 3) 圧縮率が高くなるに従って圧縮木材の膨潤、収縮は大きく、変形が生じることが明らかとなった。

1. はじめに

木材の圧縮加工は圧密化により、表面の硬さ、耐摩耗性の向上など、その物理的性質の向上が期待でき¹⁾、人工的な有害物質を使用することなくその加工が可能である。そのため、軟質材の高度利用や高強度化が期待できる。

ところで、今回試作を行ったグランドゴルフヘッドは、その素材として主に木材を使用することが多く、従来製品としては国内産カエデ材が使用されてきた。しかし、さらに強度物性に優れたヘッド材料の開発を図ることや、安価な材料への代替、早生樹種の利用が求められていることなどから、圧縮木材の適用を試みた。具体的には、既製の製品を参考とし、ヘッド打面部分として厚さ5mmの圧縮木材を基材に積層接着した。

2. 実験方法

2.1 供試材

圧縮加工を行わない基材部分については、従来製品に用いられている国産カエデ材と強度的にほぼ同等の材質で比較的入手が容易なハードメープルを用いた。

圧縮加工に用いる供試材は、高強度材料の作製あるいは早生樹種で安価な材料の利用を目的とし、ハードメープル及びイエローポプラとした。また従来の研究²⁾から比較的均質で圧縮加工に適した材料から選択した。試料寸法は310mm(繊維方向)×110mmとし、厚さは圧縮後の厚さが5mmとなるように調製した。なお、イエローポプラについては、密度の比較的高いもの(0.53g/cm³)と低いもの(0.48g/cm³)が存在したため、以後それぞれ高密度材、低密度材として付記する。

2.2 圧縮加工

プレス方法は密閉プレス法とし、その概略図を図1に示す。試料は圧縮と同時に加熱されるとともに、パッキンに密閉された治具内で水蒸気処理が施される。試料の取り出しは、所定時間プレスした後、治具内の蒸気を解放すると同時に熱版の冷却を行い、供試材が

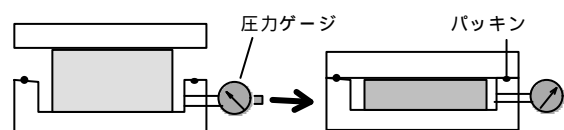


図1 密閉プレス法

*1 応用技術部

十分冷えた後に行った。プレス条件は温度 180、プレス時間は水蒸気圧力が 0.6MPa に到達してから 10min とした。水蒸気圧力は治具に取り付けた圧力ゲージにより測定した。

2.3 接着剤

圧縮材の基材への接着は市販のレゾルシノール、水性ビニルウレタン及び酢酸ビニルを使用した。水性ビニルウレタンの架橋剤は 15 部とし、それぞれ規定の接着条件に従って接着した。

2.4 評価

変色、割れ等外観の観察及び密度の測定と以下の評価を行った。

2.4.1 圧縮変形の回復率の測定

圧縮材中央部から 20mm (繊維方向) × 110mm の試料を採取し、これを絶乾にした後、試料中央の厚さを測定し、圧縮後厚さとした。次にこれに 25 の水を減圧注入した後 1 時間煮沸し、その後絶乾にした。煮沸後、絶乾後の厚さをマイクロメータを用いて測定して回復後厚さとし、次式により回復率を求め、それぞれ煮沸後回復率、絶乾後回復率とした。これら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。

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

2.4.2 プリネル硬さ試験

圧縮材を基材に接着した後、圧縮面を JIS Z 2101 木材の試験方法 13. 硬さ試験に従って測定した。

2.4.3 デュロメーター硬さ試験

圧縮材を基材に接着した後、圧縮面をデュロメーター硬さ試験器により測定した。圧子はタイプ A を用いた。

2.4.4 耐摩耗性

圧縮面について、平面摩耗試験機を用いて行い、摩耗による厚さ変化量を求めた。研磨紙は JIS A 1453 研磨紙法に使用する研磨紙およびその品質の検定方法の付属書による #180 を用い、荷重は 14.7N、往復回数は 400 回とした。

2.4.5 接着耐久性

イエローポプラの圧縮供試材を基材 (厚さ 39mm、15mm) に接着し、100mm (幅方向) × 75mm (繊維方向) に調製した試料を集成材の日本農林規格の煮沸はく離試験に準じて試験を行い、接着層のはく離及び外観を調べた。

2.4.6 耐候性評価

接着耐久性評価試料と同様の試料をサンシャインウエザーメータにより評価を行った。試験時間は 50 時間とした。

3. 試験結果及び考察

3.1 外観

図 2、図 3 にそれぞれハードメープル、イエローポプラの圧縮材を基材に接着した試料の外観を示す。圧縮率 0% とは圧縮を行わず、変形固定のための処理のみを施したものである。ハードメープルは未処理と比較して、圧縮率 0~40% では変形固定の水蒸気処理のために褐色を呈す。圧縮率による違いは見られないが、圧縮率 50% では内部が黒色化する現象が見られ、板目板の圧縮では、早材、晩材の境目で割れが生じた。また高い圧縮率では試料に横ひずみが生じた。イエローポプラも同様に水蒸気処理により褐色を呈した。また、圧縮率 65%、67% ではハードメープル同様、内部が黒色化した。また、切断した木口面は圧縮率が高くなるに従い内部が徐々に黒色化していることが観察された。横ひずみの様子もハードメープルと同様であった。

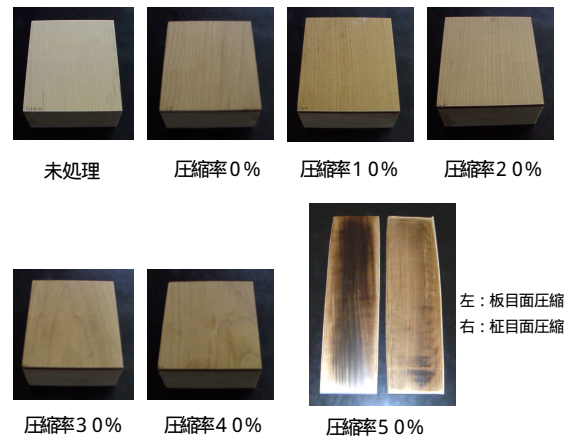


図 2 ハードメープル圧縮材接着試料

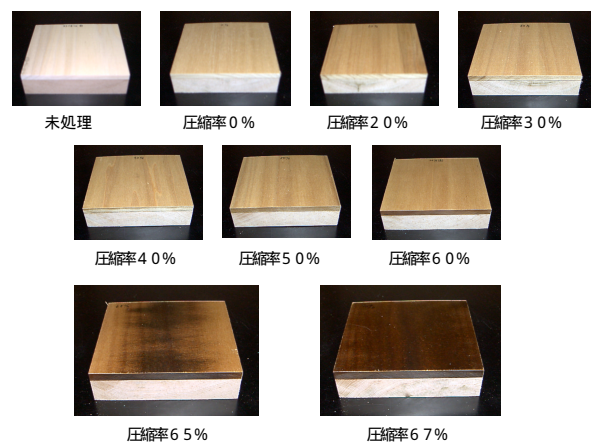


図 3 イエローポプラ圧縮材接着試料
圧縮率 0%、60~67%: 高密度材を供試
圧縮率 20~50%: 低密度材を供試

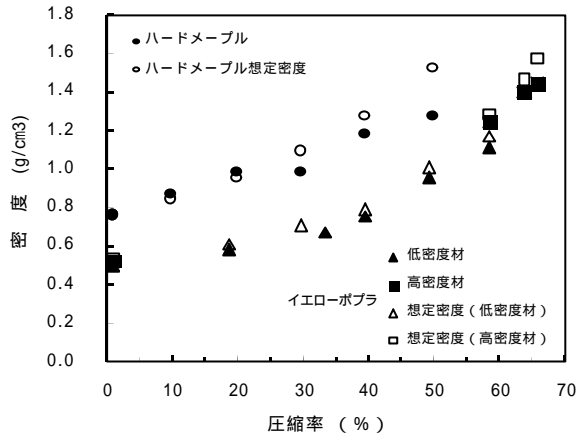


図4 圧縮率と密度の関係

3.2 密度

図4に圧縮率と密度の関係を示す。白抜き点は計算で想定される密度である。圧縮率が高くなるに従い徐々に想定密度から外れ低くなるのは、試料に横ひずみが生じるためである。およそ密度 1.0g/cm^3 を越える頃からその差が大きくなった。黒色化した試料の密度は両試料とも $1.3\sim 1.4\text{g/cm}^3$ であった。

3.3 圧縮変形の回復率

図5にイエローポプラ圧縮木材の回復率を示す。煮沸後の変形回復は大きい乾燥後収縮した。固定化処理条件が同じであれば、圧縮率に関わりなく回復率は同等3)であると予想されたが、本試験では圧縮率が高くなるに従って回復率は低くなる傾向を示し、煮沸時の膨潤も小さかった。これはハードメープルも同様の傾向を示した。

3.4 プリネル硬さ

図6に2種類の加工供試材の密度とプリネル硬さの関係を示す。樹種は異なるが密度とプリネル硬さの関係はほぼ同じ曲線上に表されることが明らかとなった。

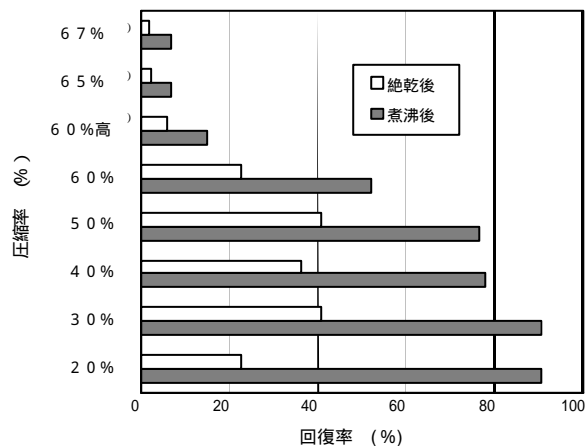


図5 イエローポプラ圧縮木材の回復率
60%高及び65%、67%は高密度材を供試した。

3.5 デュロメーター硬さ

この試験方法は、プリネル硬さとは異なった先端の鋭い圧子を用いた評価であり、特に微小な部分に集中して圧力が加わる場合を想定した評価を行った。図7にイエローポプラ圧縮木材のデュロメーター硬さ試験結果を示す。これもプリネル硬さと同様に樹種は異なるが同じ関係線上に表されることが明らかとなった。これらの結果は、今後様々な樹種の加工を試みていく上で、必要物性と加工条件を決定するための重要な知見となった。

3.6 耐摩耗性

図8に2種類の加工供試材の密度と摩耗量の関係を示す。試験前後の厚さの変化を測定したものである。これも硬さ試験結果と同様に、樹種は異なるが同じ関係曲線上に表されることが明らかとなった。

3.7 接着耐久性

グランドゴルフクラブは主に屋外で使用されること、圧縮木材の接着性などが明らかになっていないことから、接着耐久性試験を試みた。

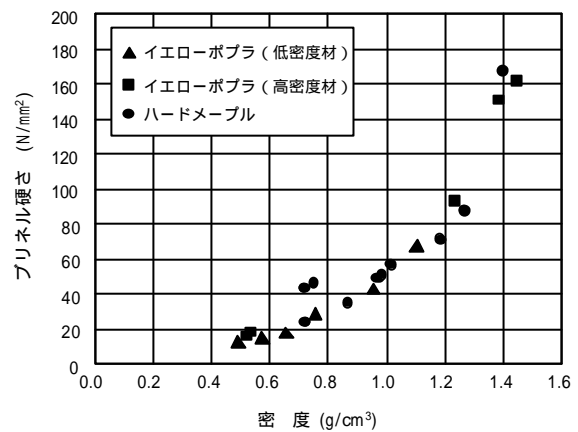


図6 密度とプリネル硬さの関係

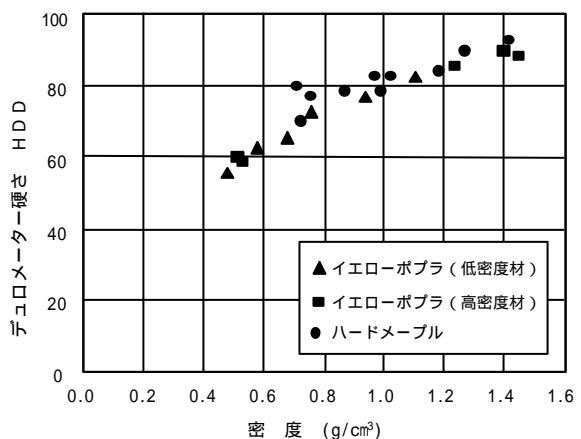


図7 密度とデュロメーター硬さの関係

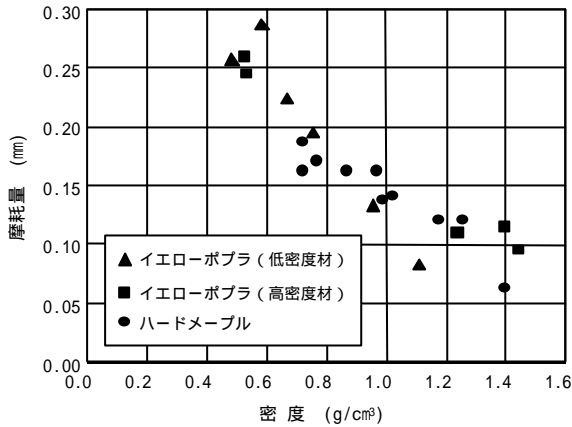


図8 密度と摩耗量の関係

はじめに、接着剤による違いを調べるため、接着試料は未圧縮材と圧縮率60%のイエローポプラとし、基材は39mm厚のハードメイプルとした。酢酸ビニルによって接着した試料は、未圧縮材、圧縮材ともに全面がはく離した。接着剤にレゾルシノール、水性ピニルウレタンを用いた試料では、未圧縮、圧縮材ともはく離は生じなかった。圧縮木材の試料について特異な点は、試験後、表面の圧縮木材が幅方向に大きく収縮しており、その結果、接着層ははく離しないが、接着層付近で試料内部がせん断破壊されているものが確認された。圧縮加工時、高い圧縮率では試料に横ひずみを生じていたため、煮沸はく離試験による変形の回復により、幅方向に大きく収縮した結果、破壊が生じたものと考えられる。そのため圧縮木材の接着にはレゾルシノール等、耐水性で接着強度の強い接着剤が要求される。

イエローポプラの各圧縮率における圧縮供試材をレゾルシノールで接着した試料の試験前後の様子を図9に示す。なお、基材の厚さは15mmとした。圧縮木材の膨潤、収縮の影響は大きく、接着した基材の厚さが薄いために試料の変形は著しい。また、圧縮率が高くなるに従って横ひずみは大きいため、高圧縮率の試料ほどその変形は大きかった。

ところで圧縮率65%、67%の試料について、水蒸気処理により生じた表面の黒い材色は、煮沸試験後退色した。従ってこの変色は焦げによる変色ではなく、木材中の物質の変色であり、煮沸により物質が溶出したために退色したのではないと思われる。

3.8 耐候性評価

煮沸はく離試験と同様、3種類の接着剤を用いて試験を行った。接着層のはく離は、煮沸はく離試験の結果よりも大きく、水性ピニルウレタンによって接着した試料でも、圧縮材の試料は一部はく離を生じた。試料の変形も煮沸はく離試験よりも大きかった。これは、試験サイクル中に定期的に水の噴霧が行われるため、

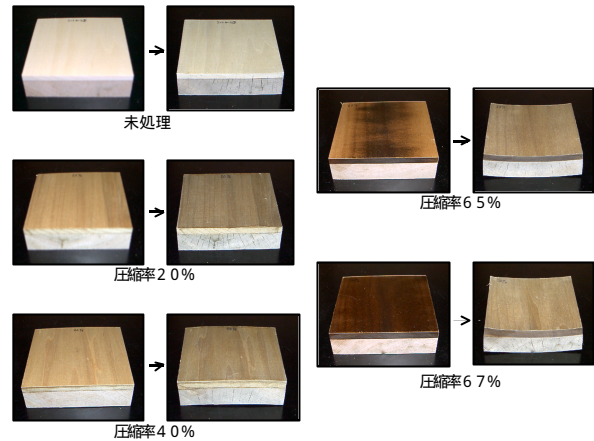


図9 煮沸はく離試験前後の様子

圧縮率65%、67%：高密度材を供試
未処理、圧縮率20%、40%：低密度材を供試

吸水による膨潤と乾燥による収縮が繰り返し行われた結果、接着層に対して大きな影響を及ぼしたためと考えられる。次に、各圧縮率の圧縮材をレゾルシノールで接着した試料の試験前後の様子を図10に示す。試料は全て全体的に白色化するが、圧縮材は水蒸気処理によって褐色化しているため変色が目立った。圧縮率65%、67%の試料も、煮沸はく離試験結果と同様に、試験前の黒い材色は試験後退色した。サンシャインウェザーメータによる比較的短い試験時間でこの着色は脱色されてしまうことが明らかとなった。変形については、図9の煮沸はく離試験の結果と同様の傾向を示した。

3.9 製品の試作

図11に試作製品を示す。試作品のヘッド部分は、39mm厚の国産カエデ材基材両面に5mm厚の国産カエデ材が積層してある既成の製品を参考に、基材にハードメイプル、両面の接着板材に圧縮木材を適用した。板材

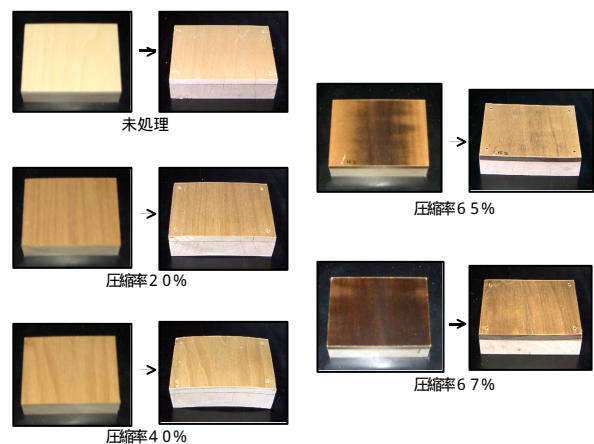


図10 サンシャインウェザーメータ試験前後の様子

圧縮率65%、67%：高密度材を供試
未処理、圧縮率20%、40%：低密度材を供試

の樹種は早生樹種を積極的に用いる観点から、イエローポプラとし、圧縮率は60%とした。加工条件は今回の試作と同条件で作製し、接着剤は今回の試験で接着に問題の無かったレゾルシノールを使用した。ヘッド形状への加工は、接着した板材から削り出しにより行った。

4. 結 び

圧縮木材の優れた特性と質感を生かしたグランドゴルフヘッドの試作を行なった。また、圧縮木材の加工条件と物性など以後の試作、開発に向けた知見を得ることができた。試作品についてはさらにデザインについての工夫を検討していく必要がある。今後は本研究で得られた知見をもとに、新たな試作、開発を試みていくとともに、効率的な加工プロセスを検討していく。



図11 グランドゴルフクラブ試作品

参考文献

- 1) 福田、高須、小川：愛知県工業技術センター報告, 34,23(1998)
- 2) 例えば福田、高須、小川：愛知県工業技術センター報告,32,39(1996)
- 3) 則本京：木材学会誌,39(12),867(1993)