

## スギおよびカラマツ圧縮セット 処理材の曲げ強度

北澤君義\*, 西村 尚\*\*, 狩集 護\*\*\*

(平成5年5月28日受理)

### **Bending Strength of Pre-Compressed Lumber from Sugi (*Cryptomenia Japonica* D. Don) and Karamatsu (*Larix Leptolepis* Gord)**

Kimiyoshi KITAZAWA, Hisashi NISHIMURA  
and Mamoru KARIATSUMARI

The paper presents the results of bending tests conducted on a compression set wood specimens. The purpose of the study was to relate improvements this bending strength with prior compression set conditions. The specimens used were prepared from pre-compressed sugi (*Cryptomenia Japonica* D. Don) and karamatsu (*Larix Leptolepis* Gord) wood blocks. The present test have shown how a prior compression set affects the bending strength. Although the tests have shown that the bending strength was dependent on the occurrence of failure and delamination, improvements in bending strength were recongnized in some condisions; in comparison with untreated wood, bending strength increased by 40 to 300 %. Furthermore, it was found that the bending strength of compressed wood is interpreted as being due to the geometrical and mechanical nature of the axial tracheid.

本論文は、圧縮セット木材の曲げ試験に関する結果を与える。本研究の目的は、曲げ強度の向上を、前処理である圧縮セット処理と関連付けることであった。本研究で用いた試験片は、スギとカラマツの予圧縮セット材から製作された。この試験結果は、前処理の圧縮セットがどのように曲げ強度に影響を及ぼすかについて明らかにした。曲げ強度は破壊と剝離の発生に依存するものの、ある条件下では、曲げ強度が未処理材に比べて40~300%向上することが明らかになった。さらに、この曲げ強度は、仮道管の空間的および機械的な性質によるものとして説明することができた。

---

\* 生産システム工学科

\*\* 東京都立大学工学部

\*\*\* 新神戸電気(株)

## 1. 緒 言

熱帯雨林等の天然木材の伐採が、深刻な地球環境問題の原因の一つとして認識されている。このため、木材の利用は、今後、植林材のような人工林材に限定される状況にある。ところで、我国では、戦後植林した木材（スギとカラマツ）が、今後、伐採の時期を迎える。従って、植林材の徹底有効利用を図る技術開発が、これからの重要な課題の一つとなる。

しかし、金属資源に比べると、木材資源の有効利用度は低い。金属資源の有効利用に効果を発揮してきた塑性加工技術は、「歩留まり向上」という本質的な特徴を有するため、木材の有効利用に対して貢献するはずである。さらに、塑性加工のもう一つの特徴である「強度の向上」に関しても、木材の材質改善への貢献が期待される。

最近、木材の塑性加工に関する研究は、脚光を浴び始めている。マイクロ波加熱による板の曲げ加工<sup>1)</sup>、板目面圧縮加工<sup>2)</sup>、さらには、蒸気噴射プレス加工<sup>3)</sup>に関する報告などが行われている。しかし、塑性加工技術の成否を左右する項目、すなわち、①形状付与の可能性ならびに②塑性加工による強度向上に関する総合的な報告は見当たらない。

本研究では、②の強度向上の観点から注目される圧縮木材の曲げ強度について実験的に検討した。実験には、信州産のスギ材とカラマツ材を用い、従来行われている板目面の圧縮のほかに、柁目面ならびに木口面を圧縮した圧縮セット材を製作し、これらの曲げ強度を調べ、曲げ強度向上に対する圧縮セット処理の影響を木材の全ての方向に関して明らかにした。そして、この実験結果をもとに、圧縮木材の曲げ強度を支配する機構について検討した。

## 2. 実 験 方 法

実験には、信州産のスギ丸太（樹齢約60年、直径約300mm）とカラマツ丸太（樹齢約60年、直径約300mm）を用いた。Fig. 1 に示すように、まず、スギ材とカラマツ材の丸太から、一辺40mmの立法体形状の試験片をその表面が板目面（ $\theta$ Z面）と柁目面（RZ面）および木口面（R $\theta$ 面）に平行になるように切り出し、湿潤100°Cの条件下で、スギ

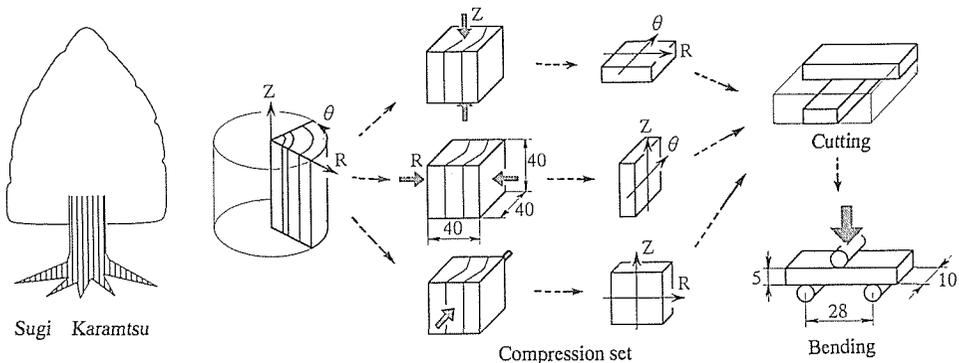


Fig. 1 Processing routes from preparation to testing.

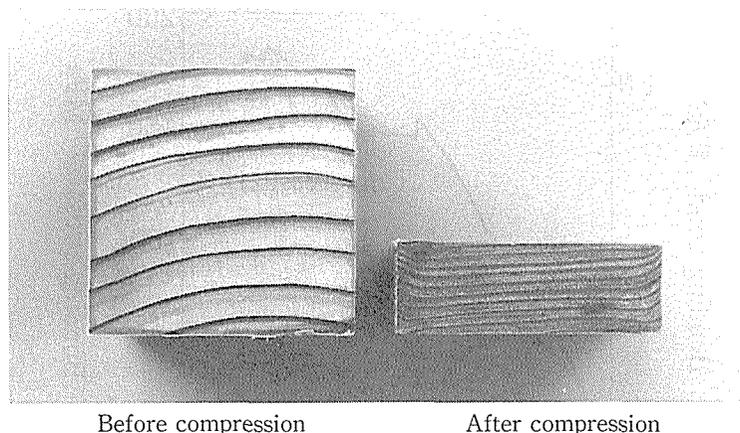


Fig. 2 Radial compression set of sugi wood specimen.

材に関しては元の高さのおよそ1/3の高さになるまで、カラマツ材に関しては元の高さのおよそ1/2の高さになるまでそれぞれ圧縮した後、ジグ拘束状態のまま雰囲気温度120°Cの乾燥炉中で3時間保持し、圧縮セット木材を作成した（圧縮セット材の外観をFig. 2に示す）。次に、Fig. 1中に示すように圧縮セット材の互いに垂直な二つの方向（たとえば、木口面（R $\theta$ 面）を軸（Z）方向に圧縮した場合には、半径（R）方向と接線（ $\theta$ ）方向）から、幅 $10 \pm 0.01$ mm、厚さ $5 \pm 0.01$ mm、長さ $40 \pm 0.1$ mmの曲げ試験片を削り出し、全乾燥状態にした後、スパン長さ28mmの静的三点曲げ実験を行い、曲げ強さを求めた。また、比較の目的で、圧縮セット材の曲げ試験片と方向・寸法が一致するように丸太から生材の試験片を切り出し、全乾燥処理後、三点曲げ試験を行った。

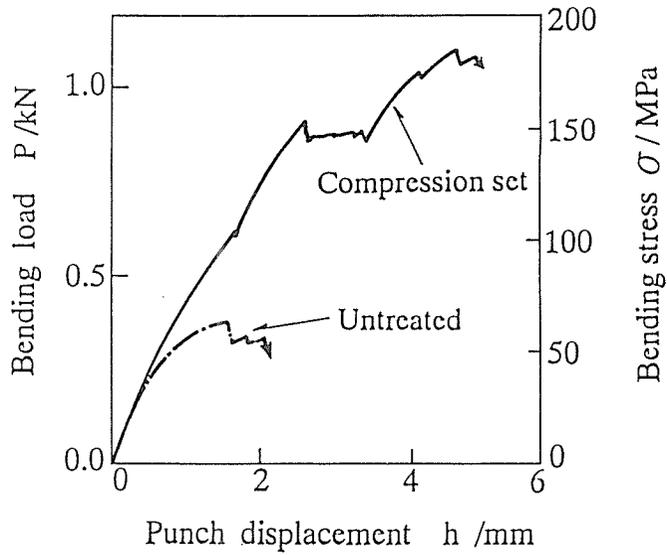
### 3. 実験結果

#### 3.1 曲げ強度を支配する不整変形モード

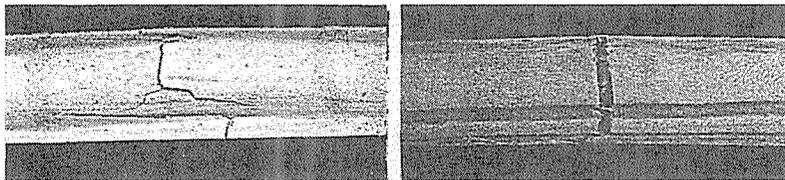
スギ心材の板目面（ $\theta Z$ 面）をおよそ1/3まで圧縮した圧縮木材から軸（Z）方向が長手方向になるように切出された試験片の曲げ荷重・ストローク線図をFig. 3(a)に示す。また、比較のため、生材から切り出された試験片の結果を同図中に示す。圧縮セット材の最大曲げ荷重の値は、生材の値のおよそ3倍に達している。試験片の曲げ破壊後の外観を同図(b)に示す。生材では、軸方向（図中の横方向）、すなわち、仮道管に沿ったクラックの伝播を伴った破壊形態となっている。一方、圧縮セット材では、仮道管にほぼ垂直にクラックが伝播した破壊形態となっている。この破壊形態の変化は、圧縮セット処理により、木材が一様化したことに起因して生じたものと推察される。なお、圧縮セット材では、Fig. 4に示す剝離を伴う場合があった（この剝離は、生材の場合では観察されなかった）。

#### 3.2 曲げ強度に対する圧縮セット処理の影響

スギ材のすべての方向について、圧縮セット材と生材の強度を測定した結果をTable 1に示す。色塗り棒印は圧縮セット材の結果を、白棒印は生材の結果をそれぞれ示す。前述



(a) Relationships between bending loads and punch displacements.



Untreated

Compression set

(b) Typical cracks in bending.

Fig. 3 Bending of compressed sugi wood specimens (Radial compression, Bending direction : Z).

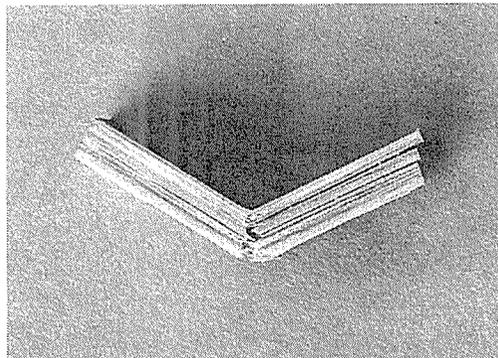
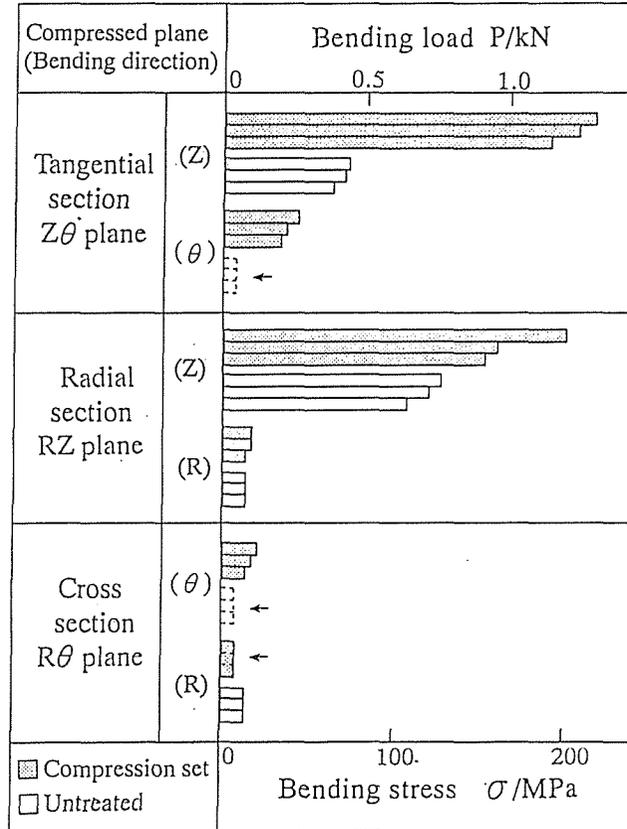


Fig. 4 Photograph of a delaminated specimen (Radial compression, Bending direction : Z).

Table 1 Effect of compression set on bending strength (Sugi).



の Fig. 3(a) で示したように、板目面 ( $\theta Z$  面) 圧縮セット材の軸 (Z) 方向から切り出された試験片については、圧縮セット処理により、曲げ強度がおよそ 3 倍に上昇している。また、同じ板目面圧縮セット材の半径 (R) 方向の試験片についても、曲げ強度がおよそ 3 倍向上している。しかし、柁目面 (R $\theta$ ) 圧縮セット材の軸方向試験片の曲げ強度は、40% 程度の向上に止まっている。これ以外の条件下では、曲げ強度の向上は見られなかった。この結果から、圧縮セット処理は、主に板目面の曲げ強度を向上させる効果を有することが明らかになった。なお、カラマツ材についてもスギ材の場合と同様な結果が得られた。

#### 4. 考 察

木材中で最も強度が高い要素、すなわち、樹体をささえる軸方向の仮道管がすだれ状に連なった晩材 (年輪) に着目すると、生材と圧縮木材とでは、このすだれの集積度は異なるものの、その向きはかなり近い状態にある。そこで、すだれの集積度の相違点に着目したモデル (Fig. 5) を用いて、圧縮木材の曲げ強度に関する上述の実験結果を考察する。

まず、各曲げ条件に対する木材のすだれの空間配置は、Fig. 5 のように整理される。曲

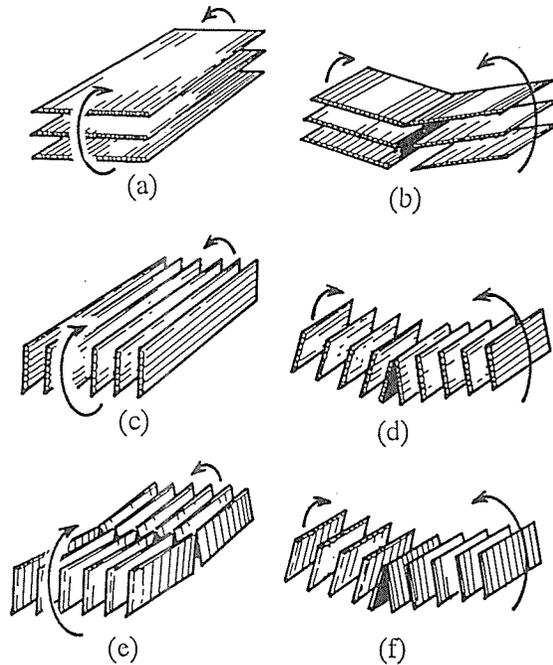


Fig. 5 Sudare model in which the bending strength is interpreted as being due to mechanical stable nature of the axial tracheid.

げ強度は、仮道管を曲げる条件となる同図 (a) と (c) の条件において高くなるはずである。すだれの軸方向に沿った剝離 (同図 (b) と (e)) と層間の剝離 (同図 (d) と (f)) が曲げ強度を支配する条件では、曲げ強度が著しく低下するはずである。これらの推論結果は、生材の結果 (Table 1) と一致する。また、圧縮セットされた場合においても、これらのモード自体は変化しないものと推察される。このため、(a) の条件では、原理的には圧縮により集積されたすだれの量に比例して曲げ強度が向上するはずである。一方、前述の実験結果 (Table 1) ではおよそ1/3に圧縮した場合、強度がおよそ3倍に向上している。従って、このモデルからの推論結果は正しい。(c) の条件では、すだれが集積する過程で折り畳みを生じるため、仮道管に沿った剝離を伴う。このため、すだれの集積により強度が上昇する一方で、剝離による強度低下が存在するため、(a) の条件ほどは、曲げ強度が向上しないはずである。これは前述の実験結果 (Table 1) と定性的に一致する。(e) と (f) の条件では、すだれがクラッシュするため、集積による強度向上は望めないはずである。また、(d) の条件についても、すだれ層間の剝離が現象を支配するため、すだれの集積効果は現れないはずである。(b) の条件については、仮道管同士の剝離が支配するため、すだれの堆積効果が存在するはずである。これらの条件の推論結果は、いずれも前述の実験結果 (Table 1) と定性的に一致する。

すなわち、このすだれモデルにより、圧縮木材の曲げ強度に関する実験結果を説明することができる。

## 5. 結 言

本研究では、信州産のスギ材とカラマツ材を用い、強度向上の観点から注目される圧縮木材の曲げ強度について実験的に検討し、以下の結果を得た。

- (1) 従来行われている板目面の圧縮のほかに、柾目面ならびに木口面を圧縮した圧縮セット材を製作し、これらの曲げ強度を明らかにした。圧縮セット処理は、おもに板目面の曲げ強度を向上させる。
- (2) 曲げ強度向上に対する圧縮セット処理の影響は、仮道管の空間配置に着目したモデルにより説明することができる。

## 参 考 文 献

- 1) 則元京：マイクロ波による木材の塑性曲げ加工，木材研究資料，No. 14(1979)，13.
- 2) 日本木材学会編：変わる木材，海青社(1991)，159.
- 3) 畑俊充，川井秀一，佐々木光：蒸気噴射プレス法によるパーティクルボードの製造，木材学会誌，39(1993)，161.