ロールプレス時の木材の変形挙動*1

足立幸司*2, 井上雅文*3, 川井秀一*4

Deformation Behavior of Wood by Roller Pressing

Koji ADACHI*2, Masafumi INOUE*3 and Shuichi KAWAI*4

We investigated the deformation behavior of wood being pressed perpendicular to the grain and the bending properties of the wood after pressing. Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) flat-sawn timber prepared with various dimensions and moisture contents was compressed by a roller press or a platen press. The strain distribution and shear flow of the specimen surface under an applied load were measured by an image analysis method. The results showed that a large compressive strain was concentrated in the outer surface layer of the specimen by roller pressing, and shear strain occurred by roller pressing. This trend was intensified when the contact angle between the roller and the specimen was increased, and the trend was weakened in wet conditions. Forward slip was observed on the side of the specimen. The reason this phenomenon occurred only when using roller press was that the surface layer of the specimen was shear-deformed toward the tail end.

The bending properties after roller pressing decreased in inverse relation to the contact angle. On the other hand, the bending properties did not change when the contact angle was small. The specimen retained their bending properties when compressed at the contact angle that is lower than the point at the intersection of the lower limit of the 95% confidence interval for uncompressed specimens with the approximated line for all compressed specimens.

Keywords: wood, roller press, compression, deformation behavior, bending property.

画像解析を用いてロールプレス時の木材（スギ板目材）の木口面に生じる放射方向の圧縮ひずみ、幅方向の引張ひずみおよび木材側面のせん断変形を測定・観察し、それらの結果と圧縮後の木材の曲げ性能を比較した。

木口面観察の結果、木材に生じる放射方向の圧縮ひずみはロール接触面である表層部に集中した。側面観察の結果、ロール接触面付近で繊維方向への木材のせん断変形が観察され、見かけ上、木材中央部が表層部に対して先行する「先進」が確認された。ロールプレス時に木材の表層に生じる各種のひずみは、木材とロールの成す接触角が増加するほど顕著となり、一方で、気乾材より湿潤材で緩和した。

ロールプレス後の木材の比強度および比ヤング率も接触角と負の相関性を示した。一方で、圧縮変形時の接触角が、圧縮処理材の曲げ性能の近似直線と無処理材の値との交点のそれより小さい場合、ロールプレスが原因で生じる強度低下の影響は低減されたと考えられた。

*1 Received November 2, 2004; accepted January 31, 2005. 本報の一部は、第54回日本木材学会大会（2004年8月、札幌）において発表した。

*2 秋田県立大学木材高度加工研究所 Institute of Wood Technology, Akita Prefectural University, Noshiro 016-0876

*3 東京大学アジア生物資源環境研究センター Asian Natural Environmental Science Center, The University of Tokyo, Tokyo 113-8657

*4 京大大学生存圏研究所 Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Uji 611-0011

1. 緒 言

前報¹⁾では、ロールプレス時に木材に生じる損傷について検討し、ワニ口破壊、表面割れ、層間はく離といったロールプレス特有の材料損傷を確認した。また、それら損傷の発生頻度および程度は、試験片厚さ、ロール径、圧縮率を元に計算される接触角（圧入角）に比例して増大した。

木材のロールプレス加工を遂行する上で、損傷の発生や進展を制御することは不可欠であり、そのためには材料の変形挙動を明確に把握することが非常に重要となる。これまで、平板プレスを用いた単軸荷重下における木材の横圧縮大変形時の力学的応答性および木口面における細胞のハニカム構造に着目した巨視的レベルから細胞レベルに至る変形形態は、比重、繊維走向、年輪走向、含水率、温度および樹種依存性など多岐にわたる因子について検討されてきた²⁻¹⁵⁾。一方で、ロールプレスのように、部分圧縮に伴う付加的なせん断変形が生じる荷重条件で、且つ、加工面が常に回転しながら木材に接する転動条件下については、木材の変形挙動に関する系統的な報告例は認められない。また、圧縮処理材の強度特性のうち、特に繊維方向の曲げ性能に関しては、平板プレスおよびロールプレス双方で研究されているが¹⁶⁻²²⁾、ロールプレスの加工特性を考慮した検討は成されていない。

そこで本研究では、画像解析法を用いて、ロールプレス時の木材木口面のひずみ分布を測定し、材料条件および加工条件の影響を検討した。そして得られた結果と圧縮処理材の曲げ性能を比較検討し、木材のロールプレス加工の特性について考察する。

2. 実験方法

2.1 供試材料

曲げ試験用として、材料形状1000および2000 mm（繊維方向、L）×90 mm（接線方向、T）×5, 10, 20, 30, 40および60 mm（放射方向、R）寸法の無欠点スギ（*Cryptomeria japonica* D. Don）材を供試した。そこから、画像解析用として、L方向寸法が240 mmの試験片を繊維方向に連続して採取した。

試験片は、全乾寸法と重量を測定した後、室内に8週間以上静置して気乾状態とした。試験片の全乾密度は0.32 g/cm³、気乾含水率は11%、平均年輪幅は2.1 mm、平均年輪曲率は 6.3×10^{-2} mm⁻¹であった。

画像解析用試験片は、木口面および側面をサンドペーパーで平滑にした後、2 mm 間隔の格子線を有するゴム印を用いて、格子模様を印字した。印字後

の試験片および曲げ試験片の一部は、減圧注水によって飽水状態とした。飽水状態の試験片含水率は243%であった。

2.2 実験装置

ロールプレス機には、木材加工用ロールプレス（山本ビニター株式会社製、RP-1）を用いた。使用した金属ロールは、ロール径200, 300および400 mm × 幅400 mm であった。

平板プレスには、油圧プレス（神藤金属工業所製、S-37.5）を用いた。本装置の定盤寸法は300 mm × 300 mm であった。

2.3 木材の圧縮変形

圧縮率は、試験片の初期厚さに対して、10%から75%の範囲で変化させた。平板プレスの試験片変形速度は5 mm/分とし、ロールプレスの試験片送り速度は0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, および10 m/分とした。平板プレスおよびロールプレスの温度は常温とした。圧縮後、材料の損傷および形態変化を目視観察した。

2.4 画像解析法

ロール最下点における試験片先端および後端木口面と試験片側面部をデジタルスチルカメラ（Fujifilm社製、FinePixS7000）を用いて撮影した。90(T) × 30 mm(R)の木口試験片の場合、画像サイズは1143 mm × 381 mm、画素換算で3240 pixel × 1080 pixelであり、1格子当たりでは25.4 mm × 25.4 mm、72 pixel × 72 pixelであった。画像解析には、画像編集ソフトウェア Photoshop（アドビシステムズ社製、バージョン7.0）を用いた。Photoshopの機能の一つであるスケールツールを用いて、以下で記す手順で撮影された画像の各格子辺の高さおよび傾きを測定した。

試験片木口面における各格子の圧縮方向（R方向）ひずみ ε_R は、Fig. 1(a)で示すように格子の初期高さ h_0 と圧縮変形時の h_1 , h_2 から、式(1)を用いて求めた。得られたひずみは濃淡化して視覚化した。

$$\varepsilon_R (\%) = \frac{(h_0 - h_1)/h_0 + (h_0 - h_2)/h_0}{2} \times 100 \quad (1)$$

また、木口面におけるR方向の圧縮ひずみ分布は、端面の影響を排除するため、T方向中央部の15格子（幅30 mmに相当）の平均として求めた。さらに、試験片のT方向寸法を測定し、圧縮前後の値の変化から幅方向ひずみ（以下、横ひずみ）を算出した。試験片側面において、Fig. 1(b)に示すようにロール最下点における格子のせん断変形角 θ_1 , θ_2 を測定し、両者の平均値をその格子のせん断変形角とした。また、Fig. 1(c)に示すように圧縮変形によって湾曲

(a) Cross section surface of a specimen

(b) An edge surface of a specimen

(c) Specimen edge surface near the minimum roller gap

Fig. 1. Schematic of the undeformed and deformed grid under pressing with the measured values (a) on a cross section surface and (b) on an edge surface, and (c) a photograph of a specimen edge surface near the minimum roller gap.

した格子線の矢高を測定し、 L 方向の移動距離 $L_{\max}$ を求めた。

予備実験として圧縮前の試験片格子の辺長を1500箇所測定した結果、実寸換算で平均2.03 mm、標準偏差0.034、変動係数は0.17%であった。また、本実験の測定時において、圧縮時に付与したひずみと画像解析で測定した格子全体のひずみの間の誤差は0.24%であった。以上から、本手法における測定誤差は0.5%を超えることはなく、 R 方向ひずみでは50%以上、横ひずみでも1%以上の値の相違を議論する本報において、測定誤差が考察に影響を及ぼさないことを確認した。

2.5 圧縮後の試験片の曲げ試験

圧縮後の試験片は、飽水処理によって変形回復さ

せた後、60℃の送風乾燥機内に48時間放置後、風乾によって気乾状態（含水率9.0%）に調整した。調湿後の試験片は、側面の影響を避けるために、側面の端部から10 mmを切除した後、厚さ寸法に準拠した幅方向寸法の曲げ試験片を得た。

曲げ試験は、中央集中荷重3点曲げ試験で行い、荷重速度は5 mm/分、スパンは試験片厚さの16倍を基準とした。たわみはクロスヘッドの移動量から求め、応力-ひずみ曲線から、曲げヤング率（MOE）および曲げ強度（MOR）を算出した。また、厚さ10 mmの試験片に対して、スパンを40 mmから280 mmに変化させ、付加ひずみが0.020~0.025%の範囲で比例限度を超えないように除荷して繰り返し試験を行い、それぞれのスパンに対するMOEを算出した。試験の評価はMOEおよびMORを試験片の比重で除した比ヤング率および比強度で行った。

3. 結果および考察

3.1 圧縮時のひずみ分布

Fig. 2(a), (b)に平板プレスまたはロールプレス時の試験片木口面におけるひずみ分布を示す。平板プレスは所定の圧縮率に到達後のひずみを、ロールプレスは試験片先端がロール最下点に到達した時点でのひずみである。Fig. 2(a)は木口面上の各格子の R 方向ひずみ、Fig. 2(b)は T 方向中央部の格子15個の R 方向ひずみの平均値である。また、Fig. 2(c)には圧縮変形に伴って生じた横ひずみ分布を示す。 y 軸の上端、下端はそれぞれ試験片の木表側、木裏側に対応している。試験条件は、試験片厚さ30 mm、圧縮率30%、気乾状態である。

Fig. 2(a)では、平板プレスの場合、木表側表層部および R 方向中央付近で大きなひずみの列が T 方向に円弧状に連なって現れ、可視化されたひずみの濃淡の変化は試験片の年輪構造に類似した。これに起因すると考えられるが、木取りが異なる試験片ではひずみ分布が変化した。単軸荷重下では、 R 方向で変形し易い早材部の細胞壁が初めに座屈し⁸⁻¹¹⁾、細胞単体として生じたせん断変形が仮道管の横列に伝播する¹⁴⁾ためと考えられる。また、木表側表層部のひずみは常に木裏側よりも大きかった。一方、木裏側でほとんど圧縮ひずみは生じなかった。これは、単位幅当たりの早材率が年輪の曲率との関係によって木表側に移行するほど増加するためと考えられる。ロールプレスの場合、平板プレス同様に円弧状のひずみ分布が認められるが、ロール接触面である表層付近に圧縮ひずみが集中した。ロール圧入時に生じた試験片の噛み込みおよびその後の部分圧縮に

Fig. 2. Strain distribution of sugi on the cross section under pressing. (a) Compression strain of the whole cross section, (b) compression strain of the average of fifteen grids in the middle part, (c) lateral strain in the width direction.

Notes: 30 mm-thick specimen at the air-dried condition. Compression degree: 30%. Roller diameter: 300 mm. Feed speed: 0.5 m/min.

よって生じた付加的なせん断変形が試験片表層部に選択的に作用しているためと考えられる。また、生じるひずみは木裏側より木表側が高かった。一方で、試験片のR方向中央部では、ひずみが小さくなった。表層部の細胞壁が圧縮初期で圧潰し、変位が吸収されたためと考えられる。木取りが異なる試験片においても同様の傾向であった。また、試験片T方向端部では、ひずみのばらつきが減少した。端部は変形拘束力が小さいため、T方向に伸張し易く、木口面内でのせん断変形が生じているためと想定される。

平板プレスまたはロールプレスによって生じるR方向および横ひずみをFig. 2(b)およびFig. 2(c)と比較すると、平板プレスでは年輪構造に応じた圧縮ひずみ分布を示し、横ひずみはR方向中央部で最も高く、全体として「樽」型の変形形態であった。表層部のひずみが小さいが、加工面に変形が拘束されるためと考えられる。一方、ロールプレスでは表層部が選択的に圧縮されたひずみ分布を示し、横ひずみも表層部で最も高く、全体として「鼓」型の変形形態であった。

3.2 ロール加工条件がひずみ分布に及ぼす影響

Fig. 3に試験片圧縮率がR方向のひずみ分布に及ぼす影響を示す。ここでは試験片厚さ30 mmの結果を示す。圧縮率15%では、試験片表層に30%から50%の圧縮ひずみが生じるが、試験片中央部ではほとんど変化しなかった。圧縮率の上昇に伴って表層部のひずみが内部に進展し、R方向ひずみのばらつきが減少した。ここでは示さないが横ひずみに関して

Fig. 3. The effect of compression degree on the strain distribution of sugi under roller pressing.

Notes: 30 mm-thick specimen at the air-dried condition. Roller diameter: 300 mm. Feed speed: 0.5 m/min. The percentages on the graph indicate the compression degree.

も同様の傾向が認められた。

Fig. 4にロールプレスのロール径がR方向およびT方向のひずみ分布に及ぼす影響を示す。ここでは試験片厚さ30 mm、圧縮率30%の結果を示す。試験片表層部に生じるR方向の圧縮ひずみおよび横ひずみは、ロール径200 mm、400 mm、平板プレスの順

Fig. 4. Effect of the roller diameter on the strain distribution of sugi under roller pressing.

Notes: 30 mm-thick specimen at the air-dried condition. Compression degree: 30%. Feed speed: 0.5 m/min.

Fig. 6. Effect of moisture content on the strain distribution of sugi under roller pressing.

Notes: 30 mm-thick specimen at the wet condition. Roller diameter: 300 mm. Feed speed: 0.5 m/min. The percentages on the graph indicate the compression degree.

Fig. 5. Effect of specimen thickness on the strain distribution of sugi under roller pressing.

Notes: Specimen at the air-dried condition. Compression degree: 30%. Roller diameter: 300 mm. Feed speed: 0.5 m/min.

で高かった。同じ圧縮量を付与する時、ロール圧入時の木材-ロール間の接触角¹⁾はロール径が減少するほど増大し、せん断変形が顕著になるためと考えられる。

Fig. 5 に試験片厚さが R 方向および T 方向のひずみ分布に及ぼす影響を示す。圧縮量 10 mm で統一し

たため、(a)厚さ 20 mm, (b) 40 mm, (c) 60 mm で圧縮率はそれぞれ 50%, 25%, 17% と異なるが、接触角は等しく 0.26 rad である。厚さ 20 mm では R 方向全体で 50% の圧縮ひずみがほぼ等しく生じた。厚さ 40 mm, 60 mm と厚さが増大した時、木表側表層部に発生するひずみはほとんど変化しなかった。木裏側の圧縮ひずみ分布にばらつきが生じたのは、試験片作製時に木表側を基準にして厚さを規定したため、木裏側の木取りが同一でないことが原因として考えられる。横ひずみでは、厚さ 20 mm の場合、試験片全体で等しい圧縮ひずみが生じたため、平板プレス同様の「樽」型の変形形態であった。試験片厚さの増大に伴い、表層のみが変形する傾向が強くなった。

Table. 1 に試験片の変形速度とひずみ分布の関係を示す。試験片木口先端および後端部における R 方向ひずみおよび横ひずみの平均値と標準偏差を示す。この結果から、試験片に生じるひずみの平均値及びばらつきは変形速度に関わらず変化しないと考えられる。従って、本報告の範囲内では加工速度がひずみ分布に影響を与えないと判断した。

Fig. 6 に飽水材の R 方向ひずみ分布を示す。Fig. 3 と同一の連続試験片である。同圧縮率で気乾材と飽水材を比較すると、飽水材では表層のひずみが減少し、中央部のひずみが増加した。例として、圧縮率

Table 1. Effect of feed speed on strain distribution of sugi under roller-pressing.

Feed speed (m/min.)	Compression strain in radial direction (%)		Lateral strain (%)	
	Front end Average (Standard deviation)	Tail end Average (Standard deviation)	Front end Average (Standard deviation)	Tail end Average (Standard deviation)
0.05	30 (10.4)	30 (10.4)	3.12 (2.13×10^{-3})	3.15 (3.25×10^{-3})
0.1	30 (10.4)	30 (6.8)	3.14 (2.18×10^{-3})	3.08 (3.74×10^{-3})
0.5	30 (11.4)	30 (6.9)	3.14 (2.43×10^{-3})	3.32 (4.57×10^{-3})
1	30 (11.7)	30 (6.6)	3.29 (3.03×10^{-3})	3.80 (9.11×10^{-3})
5	30 (10.7)	30 (6.9)	3.33 (2.98×10^{-3})	3.32 (4.39×10^{-3})
10	30 (10.7)	30 (6.6)	3.32 (2.34×10^{-3})	3.12 (5.85×10^{-3})

Fig. 7. Photograph of the edge surface of the specimen during rolling and the change of shear deformation angle at various points on the surface layer of the specimen.

Notes: 30 mm-thick specimen at the air-dried condition. Compression degree: 60%. Roller diameter: 300 mm. Feed speed: 0.5 m/min. The values squares indicate the shear deformation angle.

30%および60%におけるR方向のひずみ分布の変動係数は、気乾材では35.6, 16.8%に対し、湿潤材では14.7, 6.8%であり、全体的なひずみのばらつきが減少した。原因として、飽水処理に伴って生じた細胞壁の可塑性とそれに付随する均質化によって、変形能が増したことが挙げられる。ここでは示さないが、横ひずみについては、R方向中央部のひずみが増加した。

3.3 ロールプレス時の木材側面の変形挙動

Fig. 7にロール最下点における試験片側面の写真を示す。試験片は画像の右から左側に進行している。ロール圧入前A地点の格子からE地点のロール最下点まで格子の変形形態の分布が示されている。ロールプレス時の試験片表層部のせん断変形角は、時計回りの変形を+とした時、ロール圧入直前で-0.10 radであった。ロール接触後、+側に転換し、0.14

Table 2. Effect of processing variables on shear deformation of wood by roller pressing.

θ^1 (rad)	CD^2 (%)	RD^3 (mm)	T^4 (mm)	Shear deformation angle in the surface layer (rad)		Shear flow in the longitudinal direction (mm)	
				Air-dry	Wet	Air-dry	Wet
0.17	15	300	30	0.046	0.031	0.04	0.00
0.25	30	300	30	0.090	0.044	0.20	0.18
0.30	45	300	30	0.219	0.086	0.47	0.25
0.35	60	300	30	0.303	0.155	0.91	0.65
0.21	30	400	30	0.077	—	0.14	—
0.30	30	200	30	0.127	—	0.36	—
0.26	50	300	20	0.073	—	0.25	—
0.26	23	300	40	0.080	—	0.27	—
0.26	18	300	60	0.065	—	0.21	—

¹ θ = contact angle, ² CD = Compression degree, ³ RD = Roller diameter. ⁴ T = Thickness of the specimen, Feed speed: 0.5 m/minutes

rad, 0.19 rad と漸増し、最下点において0.30 rad であった。ロール圧入前に一側である理由として、ロール加工は被加工材を押し込むのではなく、被加工材がロールに咬み込まれることによって加工が進行するため、被加工材の表層はロールの引き込みに伴い引張を受けるためと考えられる。実際、該当部位において繊維直交方向への割裂が多く確認された。ロール圧入後は、ロールプレスとの接触角に応じたせん断変形が生じるため、-側から+側に変化する。Table. 2に加工条件と最下点におけるせん断変形角の関係を示す。接触角の増加に比例して、最下点のせん断変形角が増加する傾向が認められた。また、R方向の格子線は試験片の圧縮に伴って、材料進行方向に凸に湾曲変形した。これは見かけ上、ロールプレスよりも材料が先行している状態であるため「先進」と呼ばれる²³⁾。実際は、試験片表層部がせん断力によって材料後端に変形し、進行が遅延していることが原因と考えられる。Table. 2にロール最下点における先進の度合いを示す。先進の度合いは、接触角 θ に比例し、気乾材より飽水材で減少した。これは、3.2項で示したR方向表層部の圧縮ひずみと同様であった。

3.4 ロールプレスが木材の曲げ性能へ及ぼす影響

平板プレスまたはロールプレス後の気乾材試験片の比ヤング率および比強度をFig. 8に示す。ここでは、気乾材を圧縮した結果を示す。

平板プレスでは、これまでに気乾材について圧縮率の増加に伴う曲げ強度の明確な低下が確認されている¹⁶⁾。Fig. 8においても試験片厚さに関わらず、比強度が低下する傾向が認められた。また、比ヤング率について、5 mm厚の試験片ではほとんど低下

Fig. 8. Effect of compression by the platen press and the roller press on the specific modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE).

Notes: Specimens at the air-dried condition. Roller diameter: 300 mm.

しなかったが、10 mm 厚の試験片では圧縮率15%以上で低減率10%を超える変化が生じた。ロールプレ

スでは、試験片厚さおよび圧縮率の増大に伴い、比ヤング率、比強度共に低下した。その変化は比強度で明確であった。

Fig. 9にロールプレス時の試験片-ロール間の接触角と比強度、比ヤング率の関係を示す。接触角の増加に伴い、比強度、比ヤング率ともに低下する傾向を示した。最小二乗法から求めた近似直線は、同一接触角の場合、飽水材で高い値を示した。湿潤状態の試験片では、3.2項で確認されたように表層ひずみの集中が緩和されたこと、ミクロフィブリル間のマトリックスが可塑性し、破壊ひずみが増大したことが繊維方向の力学的性質が保持された主な理由として考えられる。本報告で用いた無処理試験片の比強度および比ヤング率の95%信頼区間における下限値はそれぞれ206 MPa, 20.8 GPaであった。これら無処理材の値と近似直線との交点の接触角以下では、ロールプレスが原因で生じる強度低下の影響が少ないと判断される。木材の力学的応答を考慮した場合、ここで示した傾向は樹種や木取りで変化すると想定される。

Fig. 10(a)に曲げ試験時のスパン/材厚比 (以下、 l/t) と比ヤング率の関係を示す。無処理材を見ると、 l/t の減少に伴い、比ヤング率が低下した。3点曲げにおいては、 l/t の減少によって試験片に及ぼす付加的なせん断変形が顕著になる。Fig. 8において、厚さ10 mm, 圧縮率15%および30%の条件で、ロールプレス試験片の比ヤング率が平板プレスでのそれより高くなる結果が得られ、その傾向に l/t が及ぼす影響を調べたところ、 l/t の減少に伴い、両者の

Fig. 9. Relationships between contact angle and bending properties after pressing.

Notes: Air-dry and Wet indicate the moisture condition of specimens during rolling.

Fig. 10. Relationship between span/depth ratio and (a) specific MOE of specimens after pressing; (b) strength retention of undeformed specimens.

Notes: 10 mm-thick specimen at the air-dried condition. Compression degree: 30%. Roller diameter: 300 mm.

差は減少し、 l/t が8以下でロールプレス試験片の値が平板プレスのそれを下回った。

各 l/t における無処理材、平板プレス処理材およびロールプレス処理材の比ヤング率を該当する l/t の無処理材のそれで除した結果をFig. 10(b)に示す。これは、無処理材に対する各圧縮試験片の比ヤング率保持率に相当する。平板プレス試験片では無処理材に対し80%ではほぼ一定に推移した。一方、ロールプレス試験片では l/t が10付近で急激な低下を示した。ロールプレスでは低圧縮率においても常に表層が圧密されるのに対し、平板プレスではR方向のいずれかの細胞壁が変形することになる。従って、せん断変形の関与が無視されるほど l/t が大きい時、試験片最外層が選択的に圧密化されているロールプレス試験片が平板プレス試験片より高い比ヤング率を示すと考えられる。一方で、 l/t が減少し、せん断変形が有意になると、予めせん断変形による材料損傷を生じたロールプレス試験片の値が大幅に低下すると考えられる。これらの傾向は大断面材で低圧縮率の試験片で顕著であった。

4. 結 論

本報告では、これまでの平板プレスのような単軸荷重下での木材の変形挙動に関する一連の研究では見出されないロールプレス特有の加工特性が確認された。

画像解析法による木口面および側面観察の結果、

ロールプレスでは木材-ロール接触面付近に圧縮ひずみが集中し、材料走向方向(L方向)へのせん断変形が生じた。試験片表層部へのひずみ集中ならびにせん断変形角の増加は、圧縮率および試験片厚さが大きいほど、また、ロール径が小さいほど顕著となった。一方で、湿潤状態の試験片で緩和した。横ひずみに関して、平板プレスではR方向中央部で値が最も大きくなったが、ロールプレスでは木材-ロール接触面付近で最も大きくなった。また、ロールプレスでは、表層部に圧縮ひずみおよびせん断ひずみが集中することによって平板プレスでは見られない先進が生じた。

ロールプレス後の試験片の曲げ性能と接触角の間に負の相関関係が認められた。同一試験片について、 l/t を変化させ比ヤング率を測定した結果、ロールプレス処理材では l/t の減少に伴う比ヤング率の低下が著しかった。一方で、 l/t の増加に伴い、ロールプレス処理材の比ヤング率が平板プレス処理材のそれを上回る現象を確認した。それは、ロールプレスによる木材表層部の選択的圧密の影響と考えられた。

以上のことから、スギ材に代表される針葉樹板材をロールプレス加工する場合、ロールプレス特有の材料破壊¹⁾および力学性能の低下は接触角と密接な関係があることが示された。従って、材料破壊を抑制するための大径ロールによる薄板(単板)加工、緻密化を目的とした小径ロールによる選択的な表層圧密加工など、用途に応じて加工条件を設定することが、ロールプレス加工にとって非常に重要であると判断される。

文 献

- 1) 井上雅文, 足立幸司, 大前宏輔, 小原光博, 金山公三: 木材学会誌 **51**, 104-109 (2005).
- 2) 劉 一星, 則元 京, 師岡淳郎: 木材学会誌 **39**, 1140-1145 (1993).
- 3) Youngs, R. L.: *For. Prod. J.* **7** (9), 315-324 (1957).
- 4) Schniewind, A. P.: *For. Prod. J.* **9** (9), 350-359 (1959).
- 5) Bodig, J.: *For. Prod. J.* **13** (10), 438 (1963).
- 6) Kennedy, R. W.: *For. Prod. J.* **18** (3), 36-40 (1968).
- 7) Kunesch, R. H.: *For. Prod. J.* **18** (1), 65-72 (1961).
- 8) 山井良三郎: 林業試験場報告 **77**, 103-147 (1955).
- 9) Bodig, J.: *For. Prod. J.* **15** (5), 197-202 (1965).
- 10) 王 松永: 木材学会誌 **20**, 172-176 (1974).
- 11) 飯田生穂: 平成6年度科学研究費補助金研究

- 成果報告書 (0556031), 1995.
- 12) Gibson, L. J., Ashby, M. F. : "Cellular solids ; structures and properties", Cambridge University Press, U. K., 1999, pp. 387-428.
 - 13) Easterling, K. E., Harryson, R., Gibson, L. J. : *Proc. R. Soc. Lond.* **A383**, 31-41 (1982).
 - 14) Kusera, L. J., Barisk, M. : *Wood Sci. Technol.* **16** (4), 241-259 (1982).
 - 15) Ando, K., Onda, H. : *J. Wood Sci.* **45**, 120-126 (1999).
 - 16) 飯田生穂, 今村祐嗣 : 木材学会誌 **41**, 1165-1172 (1995).
 - 17) 赤枝幸一, 金山公三, 竹内和敏, 石丸 優, 飯田生穂, 古田裕三 : 第52期学術講演会講演論文集, 東京, 2003, pp. 257-258.
 - 18) 竹内和敏, 阿部史枝, 金山公三, 古田裕三 : 第52期学術講演会講演論文集, 東京, 2003, pp. 275-276.
 - 19) Cech, M. Y. : *For. Prod. J.* **21** (2), 41-50 (1971).
 - 20) Cech, M. Y., Huffman, D. R. : *For. Prod. J.* **20** (3), 47-52 (1970).
 - 21) Kubojima, Y., Ohtani, T., Yoshihara, H. : *Wood Fiber Sci.* **36** (2), 210-215 (2004).
 - 22) Biblis, E. J. : *For. Prod. J.* **19** (6), 47-54 (1969).
 - 23) 戸澤康壽 : "板圧延", 日本塑性加工学会編, コロナ社, 東京, 1993, pp. 13-16.