

圧密化木材の軟化条件が 材料特性におよぼす影響

産総研 ○竹内和敏 阿部史枝 金山公三
京府大 古田裕三

1 緒 言

近年、軟質の針葉樹材や低質の広葉樹材を有効利用するために、木材を圧縮し、強度、耐摩耗性、硬度などを向上させる圧密加工技術に関する研究がさかんに行われている。これまで我々は、寸法安定性に優れた圧密化木材の製造を目的として、変形を固定された圧密化木材の膨潤・収縮挙動について検討してきた。その結果、圧密化木材では、吸・放湿に伴って、圧密加工により変形を受けた細胞の細胞壁の壁厚が変化するとともに細胞形状が変化するために、無処理の木材と比較して膨潤・収縮率が大きくなることが明らかとなった。さらに、顕微鏡観察の結果から、変形を受けた細胞のコーナー部の角度変化が細胞形状の変化に大きく関与していると推察された。そのため、この角度変化を低減させるような条件で圧密加工を行えば、圧密化木材の膨潤・収縮率を低減させることができると考えられる。圧密化木材は通常、「軟化」・「変形」・「固定」・「冷却」の工程を経て製造される。このとき軟化が十分であれば木材細胞の構成成分は破壊を生じることなく変形できるが、十分に軟化していなければ、変形時に細胞壁中での微細な破壊を伴うと考えられる。そして、変形時に微細な破壊が生じれば細胞のコーナー部の角度変化が生じにくくなると考えられる。このように、軟化条件は圧密化木材の膨潤・収縮率に大きな影響を及ぼすと考えられる。そこで本研究では、圧密加工時の軟化工程において軟化温度と、変形加工時の試料の含水率を変化させて圧密化木材を作製し、作製した試料の膨潤・収縮挙動を調べ、軟化条件が変形固定後の膨潤率に及ぼす影響について検討を行った。さらに、細胞壁中に微細な破壊が導入された場合、強度性能をはじめとする材料特性を低下させる懸念があるため、上述の軟化条件を変化させた圧密化木材について曲げ試験を行い、曲げヤング率 (MOE)、破壊たわみ、最大荷重、破壊までのエネルギーを求め、軟化条件が変形固定後の圧密化木材の材料特性に及ぼす影響についても検討した。

2 実験方法

2.1 供試材料 試料にはスギ (*Cryptomeria japonica*) を用いた。試験片寸法は膨潤率測定用として 24mm(R 方向)×34mm(T 方向)×4mm(L 方向)、曲げ試験用として 24mm(R 方向)×35mm(T 方向)×200mm(L 方向)の繊維方向に連続した試験片を採取した。軟化条件として含水率一定で温度を変化させたグループと温度一定で含水率を変化させたグループを用意した。膨潤率測定用としては、含水率を飽水状態とし温度を 0,30,80,120℃としたグループおよび温度を 10℃とし含水率を 0,7,13,25%としたグループを用意した。曲げ試験用

としては、含水率を飽水状態とし温度を 10,60,120℃としたグループおよび温度を 10℃とし含水率を 0,13,21%としたグループを用意した。

2.2 圧密条件 それぞれの軟化状態にある試験片について T 方向を拘束し、R 方向に負荷して圧縮率 50%まで圧縮した。その後、変形を固定するために、水蒸気加熱式プレス (日阪製作所製、HTP-50/150) を用いて、毎分 10℃で 175℃まで昇温し、175℃で 10 分間水蒸気処理を行った。なお、冷却は自然冷却とし、十分に冷却した後、試験片を取り出した。

2.3 試験方法 膨潤率測定は上記工程で得られた圧密化木材を風乾した後、減圧乾燥し、このときの寸法および重量を膨潤率および含水率の基準とした。その後 23℃、相対湿度 97%に保たれたデシケータ中で調湿を行い、含水率の変化と膨潤率の変化を測定した。膨潤率測定用の試験片は 1 条件につき 3 個とした。曲げ試験は上記の工程で製造した圧密化木材を 23℃、相対湿度 50%の恒温恒湿室で養生した後、JIS Z 2101 に準拠して曲げ試験を行った。曲げ試験は中央集中荷重とし 3 点曲げで行った。曲げ試験用の試験片は 1 条件につき 6 個とした。曲げ試験については試験片採取位置による値の変動が大きいため、同一年輪から採取した試験片をそれぞれ sample1~6 とし、同一 sample 内で検討を行った。

3 結果と考察

3.1 膨潤率 軟化条件として温度を変化させたときの圧密化木材の含水率と放射方向膨潤率との関係を Fig.1 に示す。軟化温度が低い試験片 (0℃, 30℃) は、軟化温度が高い試験片 (80℃, 120℃) に比べて、変形固定後の膨潤率が低くなる傾向にあることがわかる。温度が高いほど、木材は軟化が進んでいると考えられるので、軟化の程度が低いほど、変形固定後の膨潤は小さくなるといえる。軟化条件として含水率を変化させたときの圧密化木材の含水率と放射方向膨潤率との関係を Fig.2 に示す。変形時の含水率が低い試料ほど、変形固定後の膨潤率も低くなる傾向が見られた。こちらも軟化の程度が低いと考えられる試料の方が固定処理後の膨潤率が小さくなるといえる。これは、軟化が不十分であると、変形時に細胞壁中で微細な破壊が生じて、その部位で水分変化に伴う細胞コーナー部の角度変化が生じにくくなり、その結果、細胞形状の変化に伴う寸法変化が小さくなるためであると考えられる。以上の結果から、軟化条件を制御することにより、変形固定後の寸法安定性に優れた圧密化木材を作製できる可能性が示された。

3.2 強度特性 Fig.3 に軟化条件が圧密化木材の曲げヤング率 (MOE) に及ぼす影響について示す。温度および含水率を

変化させたグループどちらも軟化条件による一定の傾向は見受けられなかった。これは圧縮方向がR方向であるのに対し、曲げ試験をL方向に対して行っているため、細胞壁に微小な欠陥が生じていたとしても曲げヤング率に及ぼす影響は小さかったためであると考えられる。Fig.4に軟化条件が破壊ひずみに及ぼす影響について示す。温度を変化させたグループでは、軟化条件によって破壊ひずみに一定の傾向は認められなかった。含水率を変化させたグループでは含水率 0%の sample1,2,3および含水率21%の sample1で水平せん断による破壊が生じ、他の条件に比べて破壊ひずみが低い値を示した。破壊形態が水平せん断によるものは圧縮された早材部の層に沿って破壊が発生しており、変形を受けた細胞のせん断

力に対する強度の低下が伺われた。また、破壊までの最大荷重については、軟化条件による大きな変化は認められなかった。さらに荷重-変位曲線から求めた破壊までのエネルギーについては破壊の形態が水平せん断によるものが低い値を示した。これは破壊ひずみが小さいためであると考えられる。以上のことから、せん断破壊を生じた試験片では破壊ひずみおよび破壊までのエネルギーの低下が認められたが、それ以外の試験片では軟化条件の違いによる強度特性の明らかな低下は認められなかった。このことから、圧密層でのせん断による破壊が生じないように適当な軟化条件で圧密加工をすることにより材質を保ちながら、膨潤・収縮率を抑えた圧密化木材製造の可能性が示された。

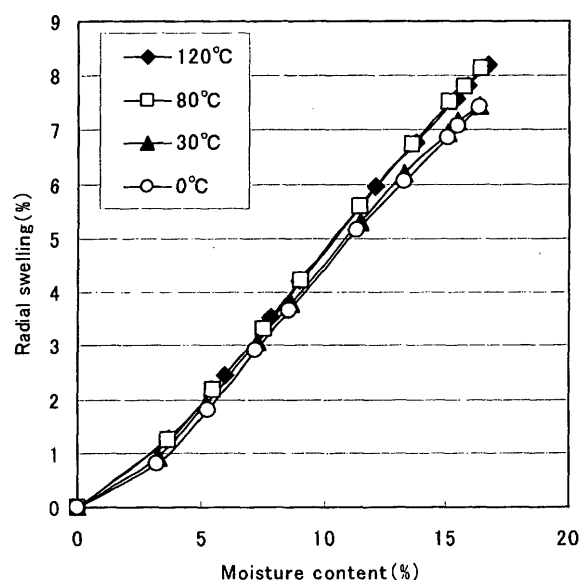


Fig.1 Relationship between radial swelling and moisture content.

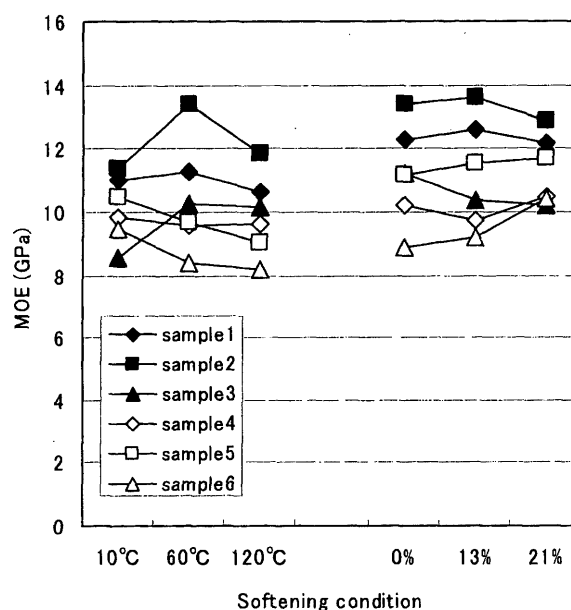


Fig.3 Effect of softening condition on MOE.

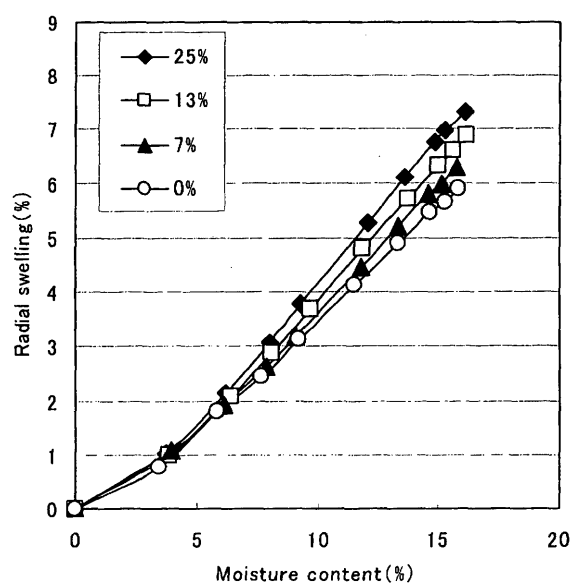


Fig.2 Relationship between radial swelling and moisture content.

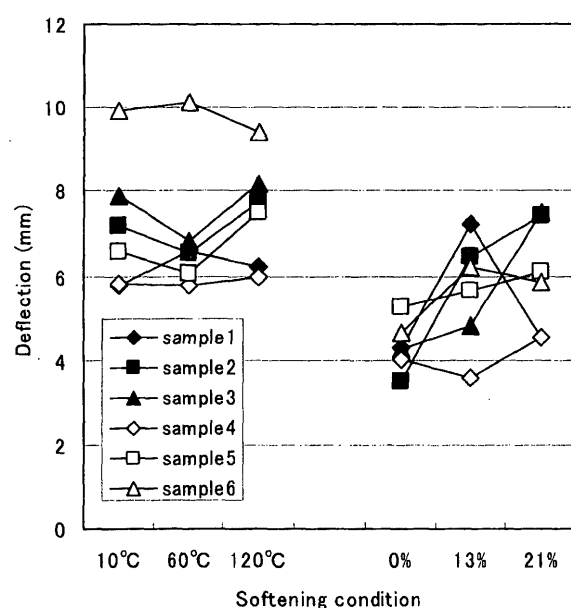


Fig.4 Effect of softening condition on fracture deflection.