

ヒノキ柾目および木口材の反りについて

岡 康 寛*, 則 元 京*, 山 田 正*

Yasuhiro OKA*, Misato NORIMOTO* and Tadashi YAMADA* : On the Warp of the Radial and Cross Section of HINOKI Wood

は じ め に

木材は不均質でかつ吸湿性に富む材料であり、吸湿に伴う変形は使用目的によつては構造材料としての木材に致命的となる場合もある。木材の反りには、種々の原因にもとづくものがあるが、本報では特に試片の片面が吸水し乾燥するときの反りを、ヒノキ柾目試片および木口試片について測定した。すなわち、試片を片持梁として、自由に反らせた場合の自由端の撓みの経時的変化と、自由端の撓みを拘束した場合に生ずる応力の経時変化との測定を行なつて両者を比較検討した。

吸湿に伴う材の反りについては、最近、例えば井阪等の研究がある。一方このような反りを生ぜしめる膨潤応力について、KEYLWERTH, PERKITNY, NARAYANAMURTI, TARKOW 等によつ

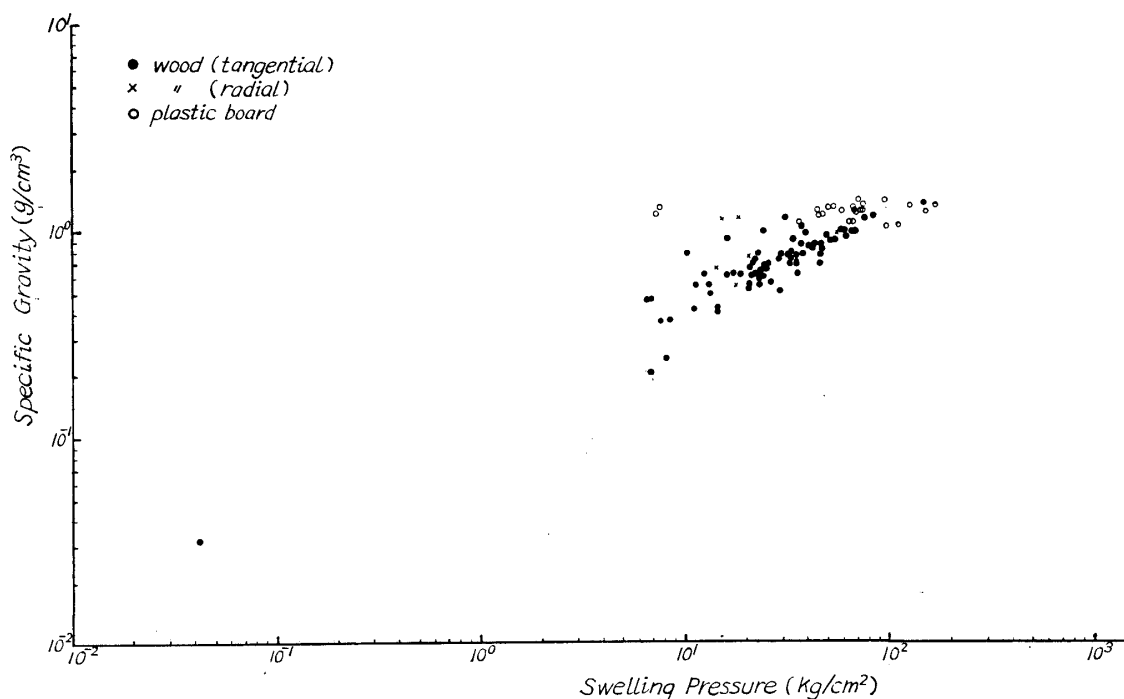


Fig. 1 Specific gravity vs. swelling pressure

* 木材物理研究部門 (Division of Wood Physics)

て研究が進められ、材の全乾状態から湿潤状態に至る間の膨潤を阻止して測定された膨潤応力と比重との関係を、これらの研究における測定値を用いて、両対数でプロットすると、Fig. 1 のようになり、比重1.5に外挿したとき木材実質では約 200kg/cm^2 程度の膨潤応力を示すこととなる。以上の数値は膨潤を阻止して測定されているが、このように膨潤を阻止した後乾燥を行なうと compression shrinkage の現象があらわれる。これらについては、PERKITNT, 小原, NARAYANAMURTI, 渡辺等の研究がある。また乾燥応力については, MCMILLEN, YOUNGS, UGOLEV, SCHNIEWIND, KUBLER, KARS 等が報告している。

本実験における反りには膨潤, 乾燥応力や加圧収縮等が寄与するものと考えられるが, その検討は近く稿を改めることとし, ここではとりあえず結果を資料として報告する。

実 験

1 : 試 料

試片としてヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* ENDL.) 心材を使用した。試片の木取り, 寸法, 含水率, 平均年輪巾および曲げ弾性係数は, Fig. 2 および Table 1 に示されている。

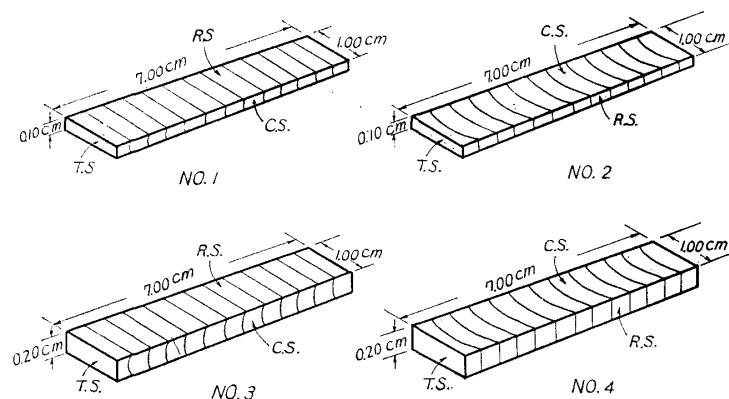


Fig. 2 Specimen

C. S. : Cross section R. S. : Radial section T. S. Tangential section

Table 1. Average values of moisture content, specific gravity, average annual ring width and modulus of elasticity of the specimen

No. of the specimen	Moisture content (%)	Specific gravity in air dry	Average annual ring width (mm)	Modulus of elasticity (kg/cm^2)
1.	10.9	0.53	1.5	10.3×10^3
2.	10.9	0.48	1.5	4.80 "
3.	10.9	0.53	1.5	9.84 "
4.	10.9	0.48	1.5	6.28 "

2 : 実験 I

20°C , 45% の湿湿度で調湿された試片を, クサリ天秤式片持梁曲げ応力緩和測定装置の試片保持具に水平に固定し, 試片表面に 20°C の蒸溜水を毛筆で塗布し, 温度 20°C 湿度45%の雰囲気中に放置したときの挙動の経時変化を実験した。塗布量は柾目試片で 4mg/cm^2 , 木口試片で

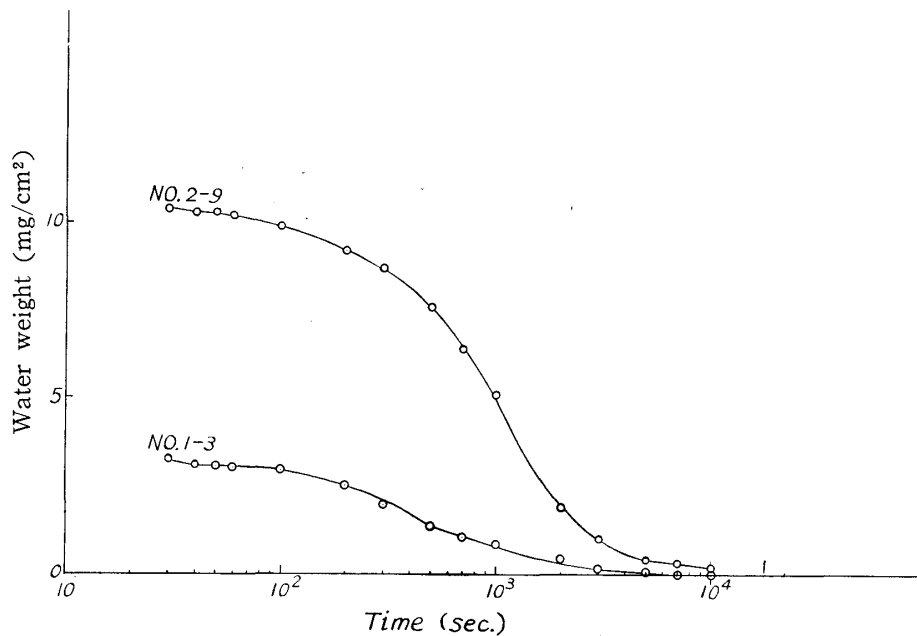


Fig. 3 Water loss during drying

15mg/cm² 程度である。水分量の経時変化は Fig. 3 のようになる。試片が水分を吸湿あるいは放湿するときに生ずる撓み変形一反りを，自由端に負荷したクサリの上下によつて荷重を調節し，自由端を常に一定の位置に保つに要する荷重 P を求め (1) 式に代入して得られた σ の値を内部応力の目安とした。なお生ずる反りの方向が上に凹のとき内部応力および反りは正，凸のときは負とした。

$$\sigma = \frac{4l}{bh^2} \times P \quad (1)$$

ここに l, b, h はそれぞれ試片の長さ，巾，厚さである。

3：実験Ⅱ

20°C 45% の温湿度で調湿された試片の一端を保持具にて試片が水平になるよう保持する。実験Ⅰと同様に試片表面に 20°C の蒸溜水を塗布し温度 20°C 湿度45%の雰囲気中に放置したときに生ずる反り一撓みを読取顕微鏡で $\frac{1}{100}$ mm の精度で求め，撓み δ を (2) 式に代入して係数 ϵ を求めた。

$$\epsilon = \frac{h\delta}{l^2} \quad (2)$$

なお実験Ⅰ，Ⅱにおいて σ は塗布後3時間の経時変化が， ϵ は3時間経過後再び水を塗布しさらに3時間の経時変化が求められた。

4：結 果

Fig. 4, 5 および Table 2 は σ および ϵ の経時変化を柾目試片および木口試片について求めた結果である。これから次の事が解る。

1) σ と ϵ の経時変化の傾向はほぼ同様であるが最小の応力が現われる時間にはずれが見られる。

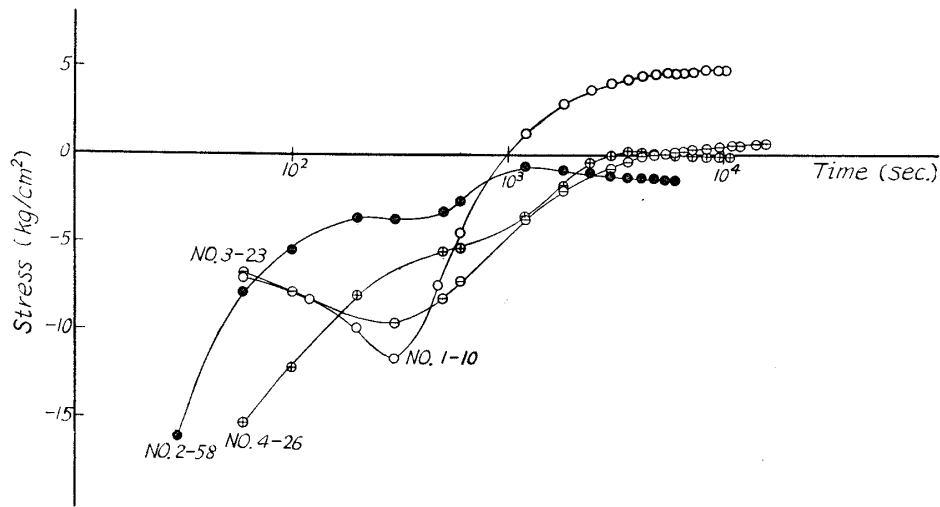


Fig. 4 Stress vs. time

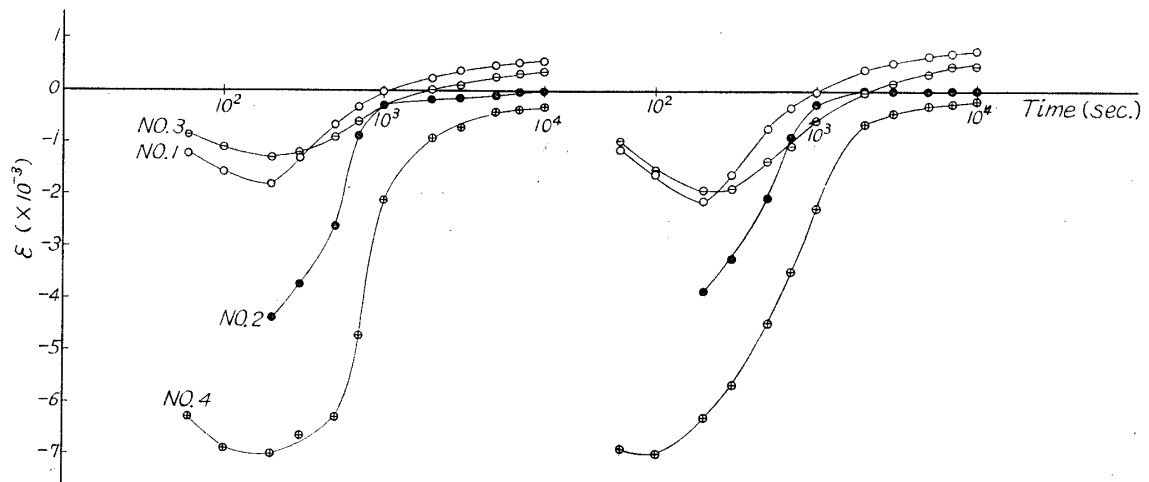


Fig. 5 ϵ vs. time

Table 2. Average values of max. stress and min. stress of the specimen

No. of the specimen	1	2	3	4
Max. stress (kg/cm ²)	+5.05	-1.90	+0.58	-0.033
Min. stress (kg/cm ²)	-11.9	-16>	-9.96	-16>

2) 木口試片では長時間にわたり正の応力が発生しないかあるいは発生しても極くわずかであるのに反し, 1mm 厚さの柾目試片では 5kg/cm² におよぶ内部応力が塗布後10⁴秒に発生する。また負の内部応力は木口試片に非常に大きく現われその値は 16kg/cm² を越える。

3) 厚み別では厚みの薄いものの方が大きな内部応力の値を示す。

4) 塗布後 10⁴ 秒の ϵ の値を ϵ' とすれば吸湿—放湿を繰返すと ϵ' の値はいずれも大きくなる。

考 察

試片の表面に水分を塗布したときに生ずる反りは次のように考えることができる。

柾目試片：水分が塗布された瞬間には水の自重によつて試片は負の方向に反るが、水分の塗布量がきわめて少なくこの反りは無視できる程度のものである。(応力の値にして $0.1 \sim 0.2 \text{ kg/cm}^2$)。ついで水分は試片内に拡散を始め同時に表面蒸発を開始する。試片は水分拡散に伴ない膨潤を生ずるが、林等の研究によれば酸性フクシン 1% 水溶液のヒノキ辺材への横浸透は、表面が常にぬれた状態に保たれた場合でも、24 時間後の浸透は数細胞に過ぎず、本実験のように表面蒸発が自由な場合には、水分の浸透はそれ以下であると考えられ、膨潤する層は限られる。このため膨潤しない層が表層の膨潤を拘束し、ここに内部応力が発生し試片を負の方向に反らせる。しかしやがて表面蒸発によつて膨潤は減少する。すなわち、一旦膨潤していた表層は収縮を始め負の内部応力従つて生じていた負の反りは正方向に向う。

木口試片：瞬間的に生ずる水の自重による反りは柾目試片と同様であるが、その後の反りはやや趣を異にする。すなわち柾目試片では表層の膨潤が著しいために反りを生じたが、木口試片では内部への水分移動は急であり、仮道管を通じて水分が裏面に浸透して行く間に生ずる水分傾斜が最大の時負の内部応力を生じ負の反りも最大となると考えられる。やがて拡散が進行し水分傾斜がゆるくなると負の方向の反りは急速に回復する。一方表面からの蒸発は一層水分傾斜を均一にし負の内部応力を減少せしめる。

Fig. 4 より、柾目試片の場合には塗布後 10^4 秒には正の内部応力が生じこのため正の方向の反りが生ずるが、これは表層に compression shrinkage を生じ、この収縮に原因する応力が正の応力となつて現われるものと考えられる。なお ϵ' の値は 2 サイクル目の方が 1 サイクル目に比べ大きくなつてゐる。すなわち阻止された膨潤収縮の繰返しはサイクル数の増加に伴ない収縮量を増々増加させるためと考えられる。木口試片で長時間にわたり、正の応力が発生しないかあるいはその量がきわめて小さいことは、先に述べたように水分の移動が非常に早く compression shrinkage を生じないためと考えられる。また厚み別について述べれば 1mm の方が 2mm のものに比べて大きな値を示すが、これは compression shrinkage をおこす層とおこさない層の比が大きいためと考えられ、このことは厚みをもつと巾広く取つて研究を進めればさらに明らかになると考えられる。

柾目試片では負の応力は 10 kg/cm^2 前後の値しか示さないが、木口試片では Fig. 4 より推して少なくとも 16 kg/cm^2 以上の内部応力が発生していることがわかる。これらの値を Fig. 1 においてヒノキの比重 $0.45 \sim 0.50$ に外挿して得られた 10 kg/cm^2 前後の値と比較すると柾目試片でやや近い値を、また木口試片で高い値を示していることがわかる。

Summary

When a surface of the air dried wood is coated with water, the internal stress occurs by various causes and varies with time. The authors measured the stress by the stress relaxation apparatus used in the rheological experiment and compared it with the deformation of the specimen. The results obtained were shown in Figs. 4 and 5, and summarized as follows:

1. The positive internal stress occurred in radial section but not in cross section, when the stress which occurred in the specimen concaved to the coated side was defined as positive. The occurrence of the positive value in radial section was seemed to be attributed to compression shrinkage of the surface layer.
2. The value of the positive internal stress varied with the thickness of the specimen in radial section and was about 5.0 kg/cm² in the specimen of 1mm thickness.
3. The negative internal stress occurred by swelling and its value was more than 16 kg/cm² in cross section.
4. The values of ϵ gave a good presumption of the internal stress, where $\epsilon = \frac{h\delta}{l^2}$:
 δ , h , l are the deflection, the thickness and the length of the specimen, respectively.