

## 常温域での竹材の変形の測定

北嶋俊朗

日田産業工芸試験所

## Measurement of bamboo deformation on normal temperature area

Toshirou KITAJIMA

Hita Industrial Art Division

## 1 はじめに

一般に、発砲体などのセル構造体が横圧縮大変形を受けた場合、その「応力とひずみ」の関係は、応力がひずみに比例して増加する微小変形領域から、それに続く降伏点までの領域(I)、降伏点以後広い歪み範囲にわたって続く、歪みの増加の割に応力の増加しない比較的平坦な領域(II)、ひずみの増加に対して応力が著しく増加する領域(III)の3領域で構成されている。領域Iは、おおむね弾性域とみなせる。領域IIは、セルを構成する壁のたわみや座屈などの大変形によって生じる。領域IIIでは、相対するセルが壁が接触を始め、密着し、以後はセル壁実質の圧縮変形へと移行する。木材や竹材もこのセル発砲体とみなせる。

本報告では、常温域(30~90℃)での竹材の横圧縮方向の圧縮試験を行うことによって、領域(I)及び領域(II)の状態を測定し、竹材の軟化について検討した。

## 2 方法

## 2.1 試験材

試験材は大分県日田産のモウソウチクの、地表から第一節間から第三節間部分を使った。まず、カビによる劣化を防ぐため、山から切り出した直後に竹の節を落とし、12~15mm角の棒状にしたものを50℃で乾燥した後、乾燥応力を減少させるため5分間の水蒸気処理を行った。これを10mmの立方体に切り、試験片とした。試験片の含水率は7.5%だった。平均比重は0.64、比重の標準偏差は0.031だった。この試験片に減圧吸水処理をおこなった後、試験片の3方向(放射方向・接線方向・繊維方向)の長さを測った。これは、応力(単位面積あたりの荷重)や弾性率を計算するためである。

## 2.2 試験装置

試験機は、静荷重材料試験機(INSTRON社製5568型, 50KN)を使用した。また温度と含水率を一定にするため

測定は水中で行った。この時の水の浮力は考慮しなかった。ウォーターバスは日伸理化社製NWB-240を使用した。そして、温度によるドリフトを最小限にするため、ロードセルと圧縮治具の間に水冷式の冷却装置を入れてロードセルの温度を一定に保った。

## 2.3 横(接線方向)圧縮弾性率及び降伏点応力の測定

30℃~90℃までの水中で測定した。試験片の内部までの温度を一定にするため、任意の温度の水に90秒間<sup>1)</sup>浸けたのち、測定を行った。この時の圧縮速度は25mm/min、サンプリング周波数は20point/secである。

## 2.4 応力緩和試験

30℃~90℃までの水中で測定した。試験片の内部までの温度を一定にするため、任意の温度の水に90秒間<sup>1)</sup>浸けたのち、3mm圧縮して、その時の荷重の時間による変化を測定した。この時の圧縮速度は10mm/min、サンプリング周波数は1point/sec、測定時間は1時間である。

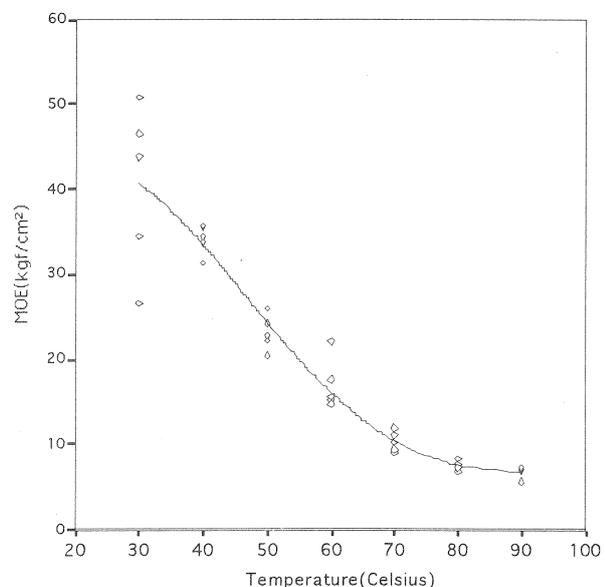


Fig.1 Relationship between Temperature and MOE

### 3.結果及び考察

#### 3.1 横（接線方向）圧縮弾性率及び降伏点応力

Fig.1に横（接線方向）圧縮弾性率試験, Fig.2に降伏点応力試験の結果を示す. 30℃~70℃まで弾性率・降伏点応力共に下がったのち, 70℃~90℃までは緩やかに下がった. 木材（スプルー材）では, 85℃付近で常温域（30~90℃）での降伏点応力の低下のピークがあり, これはリグニンのガラス点移転のピークのためだと考えられているが, 竹材においては, この温度ではそれはみられなかった. これは, 樹種によりリグニンの主な構成単位である, *p*-ヒドロキシフェニル, グアイアシル, シリンギル基を有するフェニルプロパンの割合, 及びリグニンの単位間結合様式が異なるためだと考えられる.

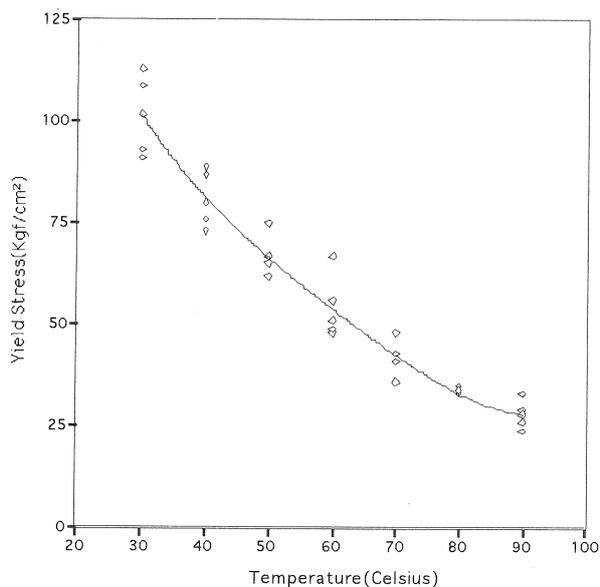


Fig.2 Relationship between Temperature and Yield Stress

#### 3.2 応力緩和試験

一般に応力緩和の現象は, マックスウェル要素の力学モデルで説明できる.

$$\delta(t) = \delta_0 \exp(-t/\tau) \quad (1)$$

$$\tau = \eta / E \quad (2)$$

ここで,  $\delta_0$ は初期応力,  $\tau$ は緩和時間,  $\eta$ は粘性,  $E$ は弾性である.  $\tau$ は物質の, 任意の温度状態での定数とみなせるので, 応力は(1)式のように指数関数的に減少する. そこで応力の対数をとれば, 直線的に減少することになる. ここで粘性が下がれば, (2)式より $\tau$ が小さくなり, (1)式より応力緩和が速く起こることになる. つまり短い時間で材料が塑性変形したことになる.

Fig.3 に応力緩和試験の結果を示す. この図は, X 軸に時間を, Y 軸に応力を対数表示したものである. 但し

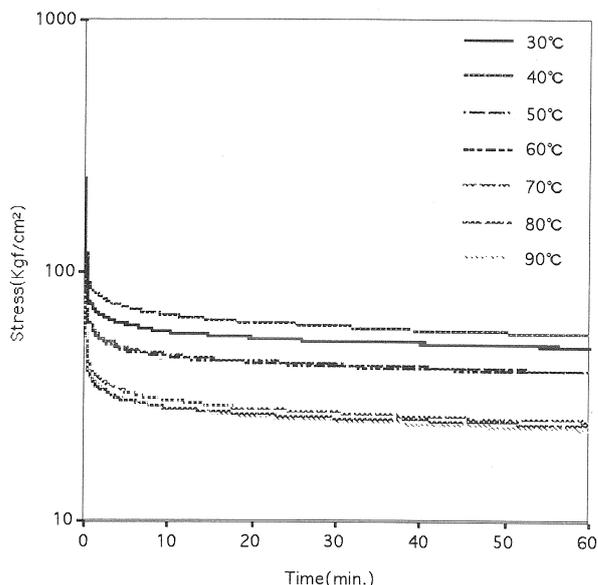


Fig.3 Relationship between Time and Stress

応力が直線的に減少していないのは, 木材の場合では時間とともに弾性率: $E$ が低下する<sup>2)</sup>ためと考えられる. つまり(2)式の $\tau$ が一定でないためである. 竹材の場合もこれと同様のことが起きているためと考えられる. また材を圧縮することにより, 材がつぶれ圧縮面の面積が大きくなり, 単位面積あたりの荷重が下がったためと考えられる.

また Fig.3 からわかるように, それぞれの温度で相似して応力は低下している. そこで応力緩和の割合を見るために, 弾性率: $E$ の低下が無視できるほどに小さくなっている<sup>2)</sup>, 30分から60分までのグラフの傾きの割合を Table.1 に示す. この表から, 常温域(30~90℃)では温度と $\tau$ は, ほとんど関係が無く $\tau$ は一定であることが分かる. Fig.1 より弾性率は温度と共に低下しているのに,  $\tau$ が一定なので, 粘度も(1)式より同様に低下していることが分かる.

Table.1 Relationship between temperature and slant rate

Temperature(Celsius)	slant rate
30	-7
40	-9
50	-8
60	-7
70	-11
80	-9
90	-13

しかしこの温度域では $\tau$ は一定のため, 温度が上がれば弾性率や粘度が低下して, 竹材は変形しやすくなるが, 温度の違いによる応力緩和の割合は変わらず, Fig.1 から分かるとおり, 短時間では応力はなくなる. 我々

がよく行う、湯に浸けた状態で竹材に変形を与え、その変形を拘束して乾燥したときには、大きな残留変形が残るが、この変形は水熱処理によってほとんど回復する。よってこの温度域では、竹材の真の塑性変形を短時間で行うことが出来ないことがわかった。

#### 4.まとめ

今回の試験は大気中での開放系で行ったが、マイクロ波や鉄の治具を使った加熱方法では、細胞内で水の蒸発が押さえられ、材の内部温度が100℃以上に上がるものと考えられる。このため今後は、閉鎖系で90℃からリグニンが分解を始める200℃までの測定を行って、竹材の軟化条件を測定する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 則元京, 師岡敏郎, 川井秀一: 高温高圧水蒸気処理過程における木材のレオロジーに関する研究, (1994)
- 2) 伏谷賢美, 岡野健編集責任: 木材の物理, (1985), 文教堂出版