

竹材の熱軟化挙動に関する研究

大内 成司*・中原 恵*・古田 裕三**

*材料科学部・**京都府立大学

Study on Thermal-Softening Properties of MADAKE-Bamboo

Johji OUCHI*, Megumi NAKAHARA*, Yuzo FURUTA**

*Materials Science and Technology Division, **Kyoto Prefectural University

要旨

丸竹材の整形作業において発生すると考えられる温度と応力との関係について、竹材に曲げ応力が働いている場合を想定して、水中での曲げ状態における温度上昇過程と下降過程で、応力緩和がどのように起こるのか検討した。温度上昇過程において、昇温に伴い応力は比例的に低下する傾向が認められた。温度下降過程においては、降温に伴い応力はやや低下する傾向が見られたが、温度上昇過程のそれと比較すると非常に小さく、ほぼ一定の値を示した。初期たわみ量は2.5mmであったが、実験終了後のたわみ量は1.7mmであり、68%のたわみ量を残存させることができた。

1. はじめに

大分県では、伝統的工芸品「別府竹細工」を大きな柱として製竹業、竹製品製造業、卸・販売業が集積した国内最大の竹産業を形成しており、本県を代表する地場産業のひとつとなっている。その中で、製竹業は全国一のマダケ竹材の生産量を誇っている。

丸竹材の用途は、日本建築の装飾用や造園用、垣根、遮断機等があり、これらは通直なものが好まれるが、伐採された丸竹材は節の部分で屈曲していることが多く、実際にその部分をバーナーで加熱して竹材を軟化させ、人手によりテコを利用して通直にし、水による冷却によって固定化をはかって整形しているのが現状である (Fig.1 参照)。



Fig.1 丸竹材の整形作業風景

この作業は経験と勘が必要なうえ重労働であるため、後継者がなかなか育たず、高齢化が進み作業能率も低下してきているという深刻な状態にあり、機械化や軽作業化が望まれている。

そこで、整形作業において発生すると考えられる温度と応力との関係について^{1,2,3)}、竹材に曲げ応力が働いている場

合を想定して、温度上昇過程と下降過程で、応力緩和がどのように起こるのか検討したので報告する。

2. 実験

2.1 供試材

供試材として4年生で11月に伐採したマダケ材の油抜き処理を施したものを使用した。油抜き処理は、NaOH0.05%水溶液で20分間煮沸処理を行い、表皮の油脂を拭き取ったものである。

2.2 試験片作製

マダケ材の油抜き処理を施した竹材から、幅8×厚さ4×長さ130mm (表皮を含む) の試験片を作製した。含水率は気乾状態とした。

2.3 曲げ応力緩和測定

スパン80mmの曲げ支点治具と試験片を水温20℃の水槽中にセットし、一定量 (2.5mm) のたわみを加えたままの状態を維持した。温度上昇過程における応力測定は、10℃間隔とし、水温を約1℃/minの速度で80℃まで昇温させた。温度下降過程における応力測定は、測定点の温度の水と水槽中の水を入れ替え、80℃から20℃まで急激に降温させ4点測定を行った。20℃まで降温させ応力を測定した後、残存たわみ量を測定した。

3. 結果および考察

温度上昇過程及び下降過程におけるマダケ材の応力緩和挙動をFig.2に示す。スタート時の20℃の応力値を100とし、相対値を示したものである。

今回使用した試験片形状での、4年生竹材の曲げ試験での常温時における比例限度点は約3mmであるので、たわみ

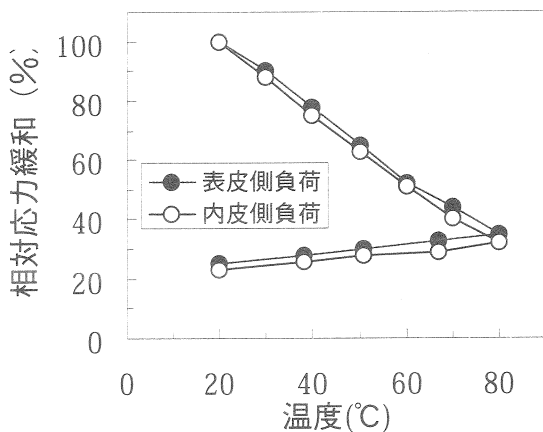


Fig.2 温度上昇・下降過程におけるマダケの
応力緩和挙動

量をその範囲内である2.5mmとした。

温度上昇過程において、昇温に伴い応力緩和が進行する傾向が見られた。その関係はほぼ比例関係にあり、80°Cの応力値は、20°Cのそれより約65%緩和される結果となった。これは、リグニンの熱軟化によってもたらされたものと考えられる。

温度下降過程における応力緩和挙動は、降温に伴いやや低下する傾向が見られたが、温度上昇過程のそれと比較すると非常に小さく、ほぼ一定の値を示した。冷却終了時の20°Cの時点で約25%の残留応力があり、負荷解放後のたわみ残存量は1.7mmであった。

これらのことにより、2.5mmのたわみ量を負荷した試験片に、20°C~80°Cの温度上昇過程と80°C~20°Cの温度下降過程を履歴させることによって、そのたわみ量が弾性領域内であっても、68%にあたる1.7mmのたわみ量を残存させることができる結果となった。

実際にFig.1に示すような丸竹材を通直に整形する場合は、屈曲している部分を加熱して熱軟化させた後、通直状態よりも、さらにより多くの曲げ変形を与え、その状態で水による冷却を行い、戻り量を見込んで通直に整形している。この戻り量が今回の実験結果における、たわみ量をセッティングできなかった量 $2.5 - 1.7 = 0.8\text{mm}$ に相当すると考えられる。

今回の実験では、水中での応力緩和測定であったため、温度上昇過程の最高温度が80°Cであったが、より高い温度域を履歴した場合、グラフの傾きからも応力緩和は進行すると推察される。木材をマイクロ波加熱した時の内部温度は、100°Cぐらいまでは比例的に上昇するが、110~120°C付近に平衡状態がある。この温度域の飽和水蒸気圧が細胞壁の耐えうる限界だと考えられ、それ以上になると細胞壁が破壊し、蒸気が抜ける現象が見られる。このことから、実際に丸竹材の整形を行う場合、飽水状態の丸竹材をバー

ナーで加熱するが、竹材の内部温度は120°Cぐらいだと推察される。リグニンの膨潤状態におけるガラス転移点は77~128°Cとされており、従来の人手による整形作業は的を得ていると判断されるが、この状態を機械的に代替するためには、さらに丸竹材の円筒形状を考慮した実験が必要であろう。

謝 辞

今回の研究に際して、客員研究員として、ご指導・ご鞭撻を頂いた京都府立大学の古田裕三助手に対し、ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 古田裕三, 矢野浩之, 梶原 熙: 木材学会誌41 (8), 718-721 (1995)
- 2) 古田裕三, 則元 京, 矢野浩之: 木材学会誌44 (2), 82-88 (1998)
- 3) 古田裕三, 小原光博, 金山公三: 木材学会誌45 (3), 193-198 (1999)