

高温セット法によって乾燥したカラマツの靱性について

(信州大学農学部森林科学科) 武田孝志

1. はじめに

近年、国産材利用については、地球温暖化などのグローバルな環境問題ならびに中国などの新興国の急速な経済発展などを追い風として期待感が高まってきている¹⁾。カラマツ材も合板用に利用されるようになってきているが、間伐材の利用方法としては、心持ち柱としての利用方法が歩留まりの点などから有利であるといえる。従来、心持ち柱の場合には背割りを施していたが、最近では、木造住宅の構法が変化してきたことなどから、背割りのない柱材が好まれるようになってきており、長野県林業総合センターで開発された蒸気式人工乾燥法の一つである高温セット法²⁾は急速に普及してきている。しかし、カラマツ材については高温セット法による強度低下を指摘する報告³⁾もみられる。

そこで、高温セット法によって乾燥したカラマツ柱材から採取した無欠点小試験体を用いて、JIS 衝撃曲げ試験および JIS 静的曲げ試験を行い、強度低下がどの程度なのかを把握し、破壊形態を観察して、さらに靱性（ねばり）について検討を行った。

2. JIS 衝撃曲げ試験⁴⁾

高温セット法によって乾燥したカラマツ材がもろくなっているかについて、ハンマーによる衝撃を加えて、そのときに吸収されるエネルギーと破壊形態から検討した。

実験には、長野県中信産カラマツ正角材（135×135×4000mm）を 6 時間の初期蒸煮後、乾球温度 120℃、湿球温度 90℃で 12 時間、24 時間、48 時間の 3 種類の高温セット法で乾燥した材を用いた（以下、“高温 12h”、“高温 24h”、“高温 48h”と表記）。対照試験体として、天然乾燥材（“天乾”）、従来型（乾球温度 90℃、湿球温度 85～60℃）の中温乾燥材（“中温”）を用いた。いずれも、約 1 年間の養生の後、120mm 角にプレーナー仕上げをし、各材から 4×4、計 16 本に切断して JIS 衝撃曲げ試験に供した（試験体数=229）。部位は、「角」、「周囲」、「中心」



写真1 衝撃曲げ試験機

に分類した。JIS 衝撃曲げ試験は、98J シャルピー式木材衝撃試験機（写真 1）を用いて衝撃曲げ吸収エネルギー（“U”）を求めた。破壊形態については、ボックスカウント法によってフラクタル次元（“D”）を測定した。併せて、色差計を用いて材色の測定を行った。

衝撃曲げ試験体の試験時含水率と材色について、3 部位の平均値を表 1 に示す。含水率については、高温セット処理時間が長いほど減少する傾向がみられ、中温は高温 24h とほぼ等しくなった。また、材色については、高温セットの時間が長いほど明るさ（L*）と赤み（a*）が減り、黄み（b*）が増加する傾向がみられた。

表 1 衝撃曲げ試験体の含水率と材色

乾燥条件	含水率 (%)	材色		
		L*	a*	b*
天乾	13.1	76.0	9.7	25.2
高温 12h	12.8	74.1	9.2	23.9
高温 24h	11.5	71.1	9.2	24.8
高温 48h	10.7	69.1	9.0	26.6
中温	11.2	71.4	9.3	25.8

図1に、衝撃曲げ試験から得られたUとDを乾燥条件別に示す。Uは、天乾が最も高く、高温セット材は処理時間が長いほど低くなった。また、中温は高温12hとほぼ同様であった。つまり、高温セット処理時間が長いほど、ねばりが小さくなる傾向がみられた。

一方、Dでは、中温が最も高く、次いで高温48h、天乾、高温24h、高温12hの順になった。一般には、Dが小さくなるほど、ねばりの小さい破壊形態であるが、高温セット材についてのみUとDの関係をみると、通常と逆の関係になっている。

乾燥条件別では、UとDの相関係数は、天乾は0.35、高温12hは0.39、高温24hは0.60、高温48hは0.52、中温は0.42といずれも正の相関関係がみられた。これらの回帰直線を図2に示す。

同じDであった場合、Uは天乾が最も高く、高温セット材は処理時間が長いほど低下し、中温は高温12hと高温24hの中間に位置していた。

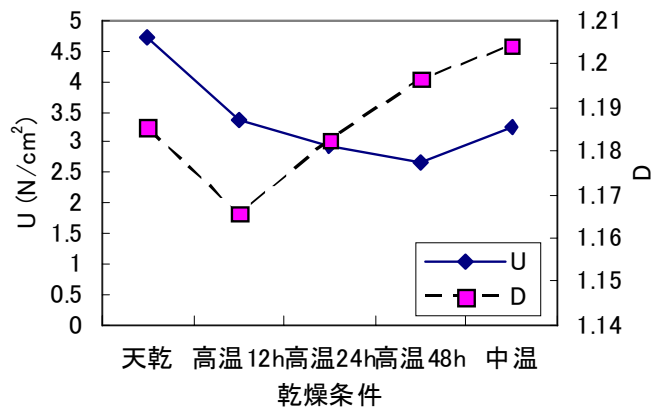


図1 衝撃曲げ試験結果：UとD

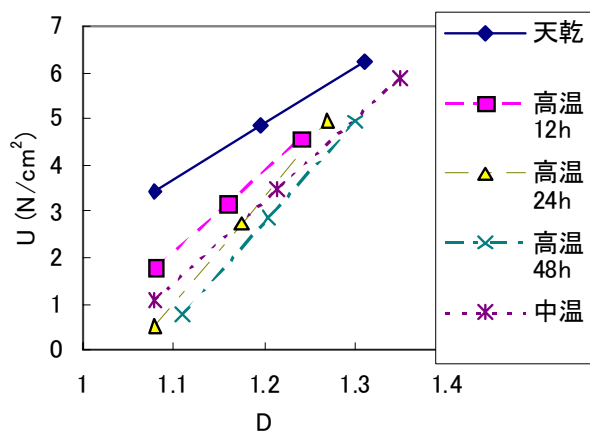


図2 DとUの関係

3. 静的曲げ試験⁵⁾

衝撃曲げ試験結果との比較を目的として、JIS 静的曲げ試験(写真2)を行った。上述の衝撃曲げ試験に用いなかったスティックから、各乾燥条件において各部位につき1体ずつ試験体を選別して静的曲げ試験に供した。ただし、一部の部位において、試験体が得られなかったため、試験体数は、222であった。静的曲げ試験は、中央集中荷重、スパン280mm、荷重速度2mm/minで行った。

JIS Z2101(木材の試験方法)に基づき、静的曲げヤング係数(E)および曲げ強さ(σ)を求めた。

曲げ破壊仕事量(W)は式(1)から求めた。

$$W = \int_0^{y_m} P dy = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{2} (Y_{i+1} - Y_i) (P_{i+1} + P_i) \quad (1)$$

ここで、ここで、Wは曲げ破壊仕事量(Nm)、Yはたわみ量(mm)、Pは荷重(kN)で、P_i、Y_iはi番目の測定値でP_nが最大荷重である。

ヤンカ比仕事量(α)は式(2)、テトマイヤー係数(η)は式(3)、ヤンカ靱性係数(Z)は式(4)から求めた。

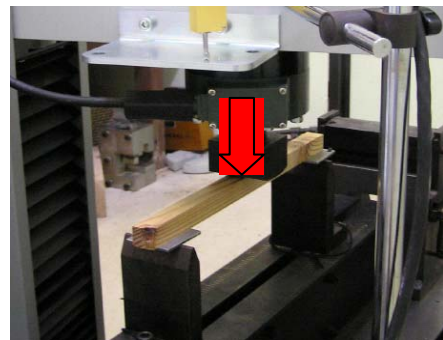


写真2 静的曲げ試験機

$$\alpha = \frac{W}{Y_m} \tag{2}$$

$$\eta = \frac{W}{Y_m \times P_m} \tag{3}$$

$$Z = \frac{(Y_m - Y_p)}{(P_m - P_p)} \tag{4}$$

ここで、 α はヤンカ比仕事量(kN)、 η はテトマイヤー係数、 Z はヤンカ靱性係数(mm/kN)、 W は曲げ破壊仕事量 (Nm)、 P_m は最大荷重 (kN)、 Y_m は最大荷重時たわみ (mm)、 Y_p は比例限度におけるたわみ量 (mm)、 P_p は比例限度における荷重 (kN) である。

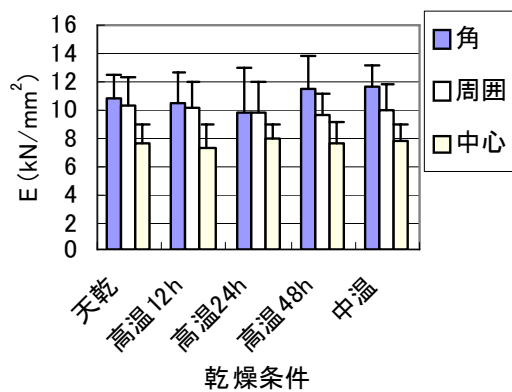


図3 ヤング係数(E)

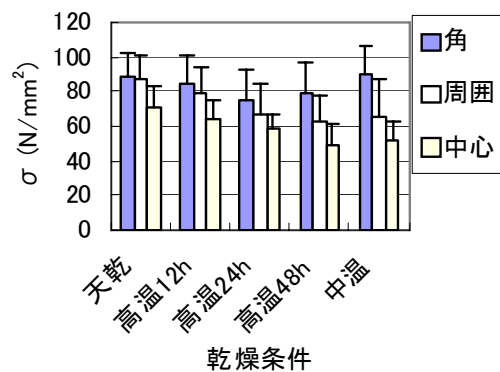


図4 曲げ強さ(σ)

ヤング係数 (E) については、図 3 に示すとおり、どの乾燥条件においても、角より中心のほうが低かったが、乾燥条件間で差異は認められなかった。曲げ強さ (σ) では、図 4 に示すとおり、天乾が最も高く、高温セット材は処理時間が長くなるに従って低下傾向がみられた。中温では、角と中心の差が大きく、高温セット材と同等程度であった。

曲げ破壊仕事量 (W) は、図 5 に示すとおり、天乾が最も高く、次いで高温 12h が高かった。そのほかの乾燥条件では、角を除くと、高温 24h、高温 48h、及び中温はほぼ同程度であり、角については、中温が最も高く、高温 48h、高温 24h の順になった。

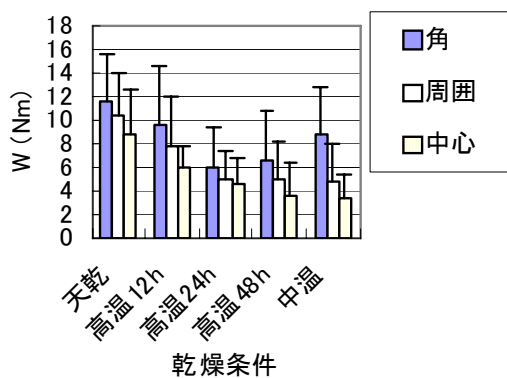


図5 曲げ破壊仕事量(W)

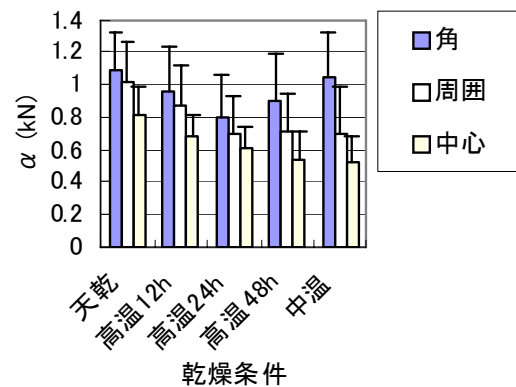


図6 ヤンカ比仕事量(α)

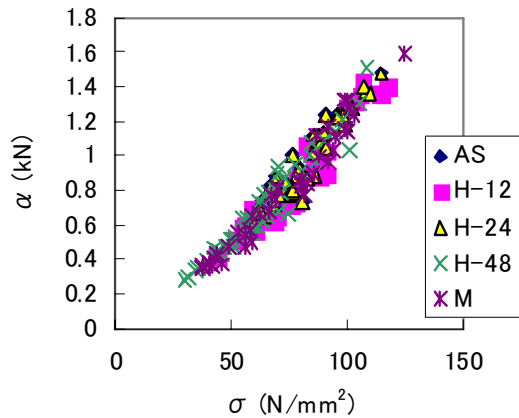


図7 σとαの関係

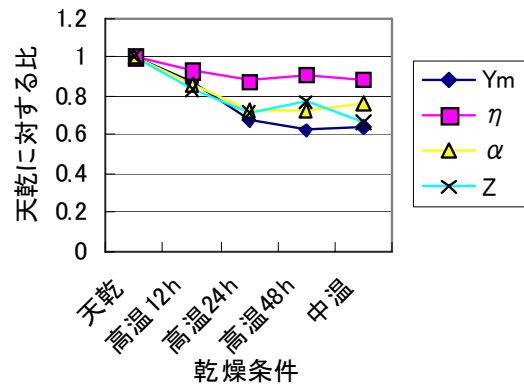


図8 ねばりの指標

ヤンカ比仕事量 (α) は、図 6 に示すとおり、 σ の場合と同様な傾向が見られたので、両者の関係を乾燥条件別にプロットした (図 7)。図に示すとおり、乾燥条件によらず、 σ と α はほぼ直線関係を示した。破壊に至るまでの荷重・変位曲線の経路は乾燥条件によって大きく異なるものではないと推測された。

ねばりの指標については、最大荷重時たわみ (Y_m)、テトマイヤー係数 (η)、およびヤンカ靱性係数 (Z) について天乾に対する比で表した (図 8)。ヤンカ比仕事量 (α) もあわせて図中に示した。 η は他の指標と比較して高い値を示し、残りの 3 つの指標は、概ね同様な傾向がみられた。天乾が最も高く、次いで高温 12h、残りの乾燥条件はほぼ同等であった。

今後の課題としては、高温セット法によってどのような形で材にダメージが加わっているのか、について、さらに検討が必要と考えられる。

4. まとめ

カラマツ材については、天然乾燥材と比較すると、高温セット材は強度と靱性が低下する傾向がみられたが、従来型の中温乾燥材も高温セット材と同様な傾向がみられた。

【謝辞】本研究に当たっては、長野県林業総合センターの橋爪丈夫木材部長、柴田直明博士、吉田孝久氏、伊東嘉文氏、吉野安里氏の皆様からご指導を賜りました。また、実験に当たっては、卒業生の松野祥子さん、濱野真衣さんに協力いただきました。ここに深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- (1) 林野庁：平成 19 年度版森林・林業白書、日本林業協会、2007、pp.52-53.
- (2) 吉田孝久、橋爪丈夫、武田孝志、徳本守彦、印出晃：スギ心持無背割り柱材の高温乾燥における高温セット法の割れ防止効果について、材料、53 (4)、364-369 (2004)
- (3) 財団法人日本住宅・木材技術センター：長期太陽住宅木材利用技術高度化事業報告書 (長野地域編)、2003、pp.29-36.
- (4) 武田孝志、松野祥子、吉野安里、吉田孝久、橋爪丈夫：高温セット法で乾燥したカラマツ材の衝撃曲げ破壊形状のフラクタル次元、第 56 回日本木材学会大会研究発表要旨集、秋田、2006、F09-1100
- (5) 武田孝志：高温セットで乾燥したカラマツ材の静的曲げ靱性、日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州)、2007、pp.25-26.