

振動試験でわかる木材の性質について

利用部 マテリアルグループ 大崎久司

■ はじめに

木材の強度を知るには、曲げる、引っ張る、圧縮するなど実際に木材に力を加えて、力の変化と変形の様子を調べる試験が行われます。これらの方法の場合は試験体を壊すところまで試験が行われ、また試験機も大型にならざるを得ません。

一方、強度と関連するヤング率（弾性的性質、つまり変形しにくさを示し、その値が大きいと同じ力を加えたときに変形しにくい）は、材料を壊さなくても得ることができます。変形しにくさを表すヤング率が大きいものは、一般的には強度も大きいと予想されます。非破壊試験では強度を直接的に得ることはできませんが、同じ試験体を繰り返し使える長所があります。

木材のヤング率を求めるために通常行われる非破壊試験としては、振動試験、超音波伝搬試験、応力波伝搬試験などがありますが、今回は振動試験でわかる木材の性質について述べてみたいと思います。

■ 振動試験からわかる木材の性質

振動試験には縦振動試験、たわみ振動試験、ねじり振動試験などがあります。いずれも材料の強度や粘り強さに関連する値であるヤング率、せん断弾性係数および損失正接が得られます。

せん断弾性係数とはねじった際の元に戻ろうとするバネの性質を示し、ヤング率と同様に弾性的な性質を示します。損失正接は振動の減衰に関わる値で、小さいと振動が長く続き、試験体に与えた振動エネルギーが無駄なく音に変換されやすいことを示します。

振動試験の結果は木材の強度的性質の評価のほかには音響的性質、つまり楽器用材としての評価にも用いられます。例えば、ピアノやバイオリンなどの楽器の心臓部とされる響板や表板に用いられる木材に求められる性質は、大まかに言えば、軽い（密度が小さい）、腰が強い（ヤング率が大きい）および損失正接が小さいことであるとされています¹⁾。またマリimbaといった打楽器では出した音の余韻が長く伸びた方が好ましい²⁾といわれます。表1にいくつかの木材の振動的性質を示します^{2,3,4)}が、マリimbaに使われるローズウッド（シタン）の損失正接（ $\tan\delta$ ）が小さいことが

表1 木材のヤング率、損失正接（文献2~4より作成）

	密度 ρ [g/cm ³]	曲げ ヤング率 [GPa]	$\tan\delta$ [$\times 10^{-3}$]
エゾマツ	0.468	8.82	8.05
トドマツ	0.392	7.84	5.68
カラマツ	0.555	9.80	8.57
カツラ	0.445	8.33	7.08
ローズウッド (シタン)	1.11	11.3	4.00

わかります。

音の減衰を示す指標は対数減衰率（ λ ）、損失正接（ $\tan\delta$ 、タンデルタ）、内部摩擦 Q^{-1} 値などと呼ばれ、これらの値には $\lambda/\pi = \tan\delta = Q^{-1}$ の関係があります。

■ 振動試験方法

振動試験では試験体を振動させた時の音の高さ（周波数）や音の減衰を測定します。

縦振動試験は打音試験として丸太や製材などの木口面をハンマーで打撃し、その音の高さ（周波数）からヤング率を求めるという方法で、広く用いられています。

たわみ振動試験についてはトドマツ水食い材の乾燥に関連して後述します。ねじり振動試験からは材料をねじったときの強度や粘り強さに関連する性質を得ることができます。

音の高さと減衰は、打撃音や、信号発生器によって色々な周波数の振動を与えたときの振幅の曲線をオシロスコープ、騒音計、FFT アナライザといった分析器によって解析することで得られます。ヤング率は、ここで得られた周波数と丸太や製材の寸法と重さを用いて計算できます。

■ 振動試験による木材の材質測定の例⁵⁾

トドマツ心材には部分的に水食い材と呼ばれる高含水部位がよく見られます（写真1）。隣接する正常な部位との間に材質的な違いがあるのかどうかについて、木材乾燥中の変化に着目して、「両端たわみ自由振動試験」の手法で調べました（図1）。

近年耐熱性のセンサが開発されたため、試験体のヤング率と損失正接は、含水率が大きく変化する高温条件下でも知ることができます。



写真1 トドマツ水食い材

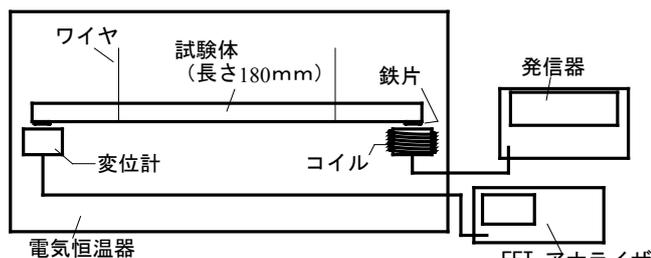


図1 振動試験の模式図

この手法により水食い材と隣接する正常材を比較検討した結果を図2に示します。左側縦軸は比ヤング率（ヤング率と密度の比で、弾性的性質を示す）の室温・全乾時との比（●）で、右側縦軸は損失正接の室温・全乾時との比（○）です。横軸はそれぞれ時間の経過を表しています。

乾燥中の比ヤング率の減少と損失正接の増大は、乾燥中に木材が熱と水分によって軟化するためと考えられます。

水食い材と正常材を比較すると、正常材より水食い材の方が同様な変化が生じるまでの経過時間が長いこと、水食い材は正常材よりも比ヤング率が減少し損失正接が増大したことが挙げられます。

これらの相違点は、比較のために行った水食い材由来および正常材由来の試験体を飽水させた試験体で同じ試験を行った際には見られなかったため、水食い材に霜割れなどの欠点がなければ、主として生材時の初

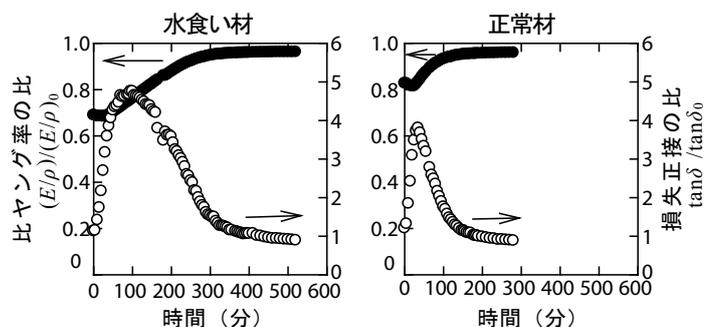


図2 乾燥に伴う比ヤング率, 損失正接の経時変化

期含水率の違いによるものと考えられました。つまり、トドマツ水食い材は重量選別などで適正な仕上がりが含水率まで乾燥すれば、正常材と材質的な違いはなく、種々の有効利用への可能性あると考えられます。

■ 木材乾燥への応用にむけて

木材乾燥における適正条件の解明のためには、乾燥中に木材が高温になって水分が失われる際に木材がどのような状態になっているかを知っておく必要があります。

この目的のための試験方法として、乾燥室内のような高温条件下でも乾燥経過を追いながらデータを測定できる振動試験の手法は非常に有効です。

振動試験によりヤング率および損失正接が得られると、木材の強度の変化を時々刻々と把握でき、乾燥による損傷原因が何にあったのかを考察するのにも有効であることから、乾燥スケジュールの開発に向けた検討にも役立ちます。

■ 最後に

トドマツはカラマツに次ぐ人工林資源として、平成24年3月31日現在、面積207,282 ha、蓄積774,056 m³にまで育ってきました⁶⁾。現在造材される丸太は中小径材が主体で、端柄材が主な用途となっています。

林産試験場では、今後太くなった材を建築用構造材として使っていく際に、トドマツ特有の水食い材についても同様に使えるのか、その乾燥特性などについて研究を始めています。

水食い材を含んでいる場合の乾燥スケジュールを設定する際に、この手法で得られる情報が重要な役割を果たす可能性があることなどから、更に技術的な検討をしていきたいと思えます

文献

- 1) 久保島吉貴：森林総合研究所所報, No. 137 (2002-2)
- 2) 太田正光, 岡野健：建築士と実務 昭和 59 年 10月号, 90-94 (1984)
- 3) 日本木材加工協会：日本の木材 (1989)
- 4) 須藤彰司：南洋材, 地球社 (1970)
- 5) Ohsaki, H., Kubojima, Y., Tonosaki, M., Ohta, M.: J. Wood Sci., 53(2), 134-138 (2007)
- 6) 北海道水産林務部：平成 23 年度 北海道林業統計 (2013)