

音で木材の強さを測る

- 構造用製材の非破壊検査法 -

工 藤 修

はじめに

表 1に示すように、製材の多くは建築材として使用されていますが、柱、はり、けた、もやなどのように、大きな力を受ける構造用材として使用する場合には、その強さが問題になります。1991年1月31日に、「針葉樹の構造用製材の日本農林規格（JAS）」が告示され、同年7月31日から施行になりました。この規格は、これまでの製材規格が建築だけでなく、あらゆる用途を対象とした規格であったものを、構造用材として用いられるものに限定して独立した規格としたものです。

この規格には、人が目で見て等級格付けを行う目視等級区分に加えて、機械を用いて等級格付けを行う機械等級区分が導入されました。これは、木材の曲げヤング係数と曲げ強さ（曲げ破壊係数）の間に高い相関関係があることから、曲げヤング係数を測定することによって、材料を破壊せずに曲げ強さを推定しようというものです。

木材は工業製品ではなく、樹種、生育条件などにより品質、強度のバラツキをもっています。そのため、これまでは比較的安全性を高くするために、強度を低く設定してきました。それに対して、機械等級区分は、きめ細かな区分によって、

表 1 製材生産量および用途別製材品出荷量の推移

単位：千 m^3

区分 年度	生産量			出荷量							
	針葉樹	広葉樹	計	建築材	家具	梱仕組包板	床原板	その他	移出	輸出	計
50	2,081	1,001	3,082	1,945	254	186	98	278	319	55	3,135
55	1,945	929	2,874	1,604	236	160	139	255	299	43	2,736
60	1,890	698	2,588	1,260	230	152	86	245	564	16	2,553
61	1,857	636	2,493	1,284	236	134	85	209	526	12	2,486
62	1,982	607	2,589	1,458	226	124	83	205	542	6	2,644
63	2,052	606	2,658	1,460	239	126	96	195	545	4	2,665
元	2,087	569	2,656	1,419	245	127	81	183	571	6	2,632
2	2,088	514	2,602	1,378	207	136	83	185	575	5	2,569

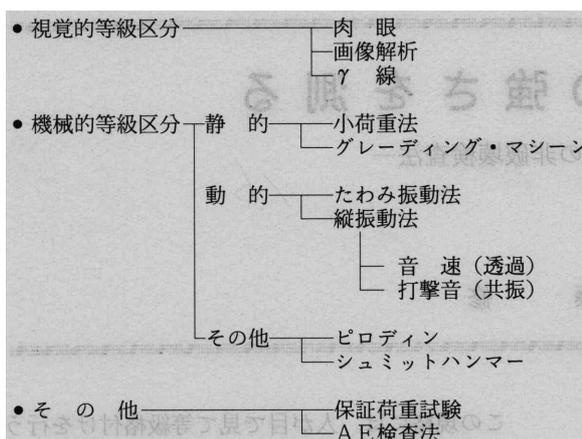


図1 木材の非破壊検査法の分類

木材をより有効に利用できるようになると考えられます。

非破壊検査の方法

木材の強さを評価する非破壊検査には種々の方法があります。その分類を図1に示します。

肉眼法

木材は自然の産物で、建築材として利用する場合には欠点となる節、繊維傾斜などがあり、これが木材の強さに大きく影響します。肉眼による等級区分は、これらの欠点を人が目で見て調べる方法で、JASの中心的な検査方法です。

画像解析法

画像解析は、人の目にかえてビデオカメラなどで材料の表面状態を写し取り、それをコンピュータによって解析し、欠点の種類、大きさなどを判断する方法です。

線

線による方法は画像解析の一種といえますが、材料内部まで透視できる特徴をもっています。

小荷重法

小荷重法は、材料におもりをのせ、それに応じた曲がり量（たわみ）を測定し、ヤング係数を計算で求め、そのヤング係数の大小によって材料の強さを決める方法です。

グレーディング・マシーン

小荷重法を機械化したのがグレーディング・マシーンで、アメリカ、カナダなどで集成材用ラミナやトラス部材の等級区分に用いられています。日本でも集成材工場の一部で利用されてきています。

たわみ振動法

たわみ振動法は、材料の両端を支持し、材中央を軽くたたいて自由振動させたときの周波数からヤング係数を求める方法です。

縦振動法

縦振動法には、材料に縦波（波が進む方向と波を伝える物質の変位方向が同一）を発生させ、材料中を伝わる時間を求める透過法と、共振周波数を求める共振法（後述）があります。

その他

その他、材料にピンを打ち込み、その深さから強さを判断するピロディン法、材料をハンマーでたたき、その反発力から強さを推定するシュミットハンマー法、材料に一定の荷重を加え、破壊しないものを合格とする保証荷重試験法、材料のごく微小な破壊発生時点で生ずる音を検出するAE検査法などがありますが、これらは厳密にいうと非破壊検査法とは少し異なっています。

縦振動法の具体例

今回、我々が取り上げたものは打撃音による縦振動法（共振法）です。これは試験体の一方の木口面をハンマーで軽くたたいて試験体を縦振動させ、他方の木口面近くに設置したマイクロホンで材中を伝わる縦波を音としてとらえ、サウンドア

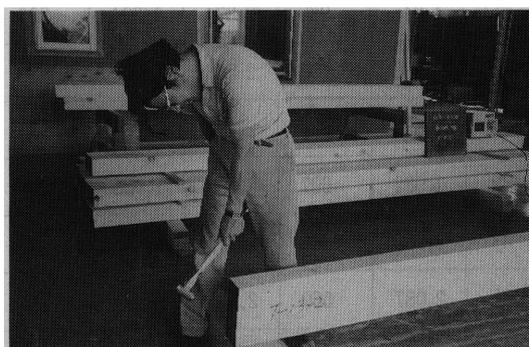


写真1 打撃音による縦振動法（打撃状態）

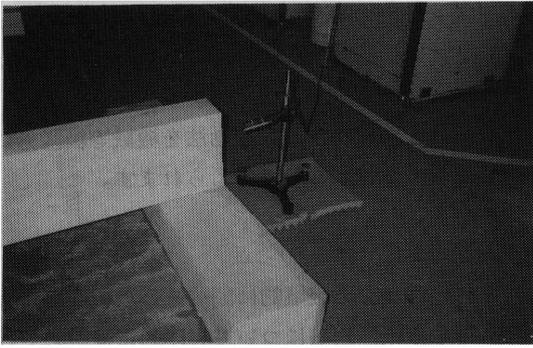


写真2 打撃音による縦振動法 (マイクロホンのセット)



写真3 打撃音による縦振動法 (サウンドアナライザー)
アナライザーによって分析し、材料の基本振動数を測定することによってヤング係数を算出する方法です (写真1~3)。計算式は次のようになります。

$$E = \frac{4lf^2}{g}$$

- ここで E: 材料のヤング係数 (gf/cm³)
 l: 材長 (cm)
 f: 材料の基本振動数 (Hz)
 ρ: 材料の密度 (g/cm³)
 g: 重力の加速度 (cm/s²)

建築のはり・けた材として使われるような、比較的断面の大きなエゾマツ、トドマツ材 (断面寸法 10.5×24.0cm, 10.5×27.0cm, 10.5×30.0cm) について、上述の縦振動法によるヤング係数を測定しました。その後、油圧式強度試験機を用い、3分点2点荷重方式により曲げ強度試験を行い (写真4)、曲げ強さを求めました。これらの動ヤング係数と曲げ強さとの相関を図2~5に示します。材せい (はりとして用いた場合の高さ方向

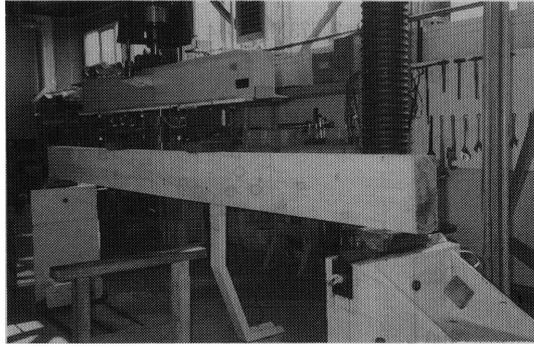
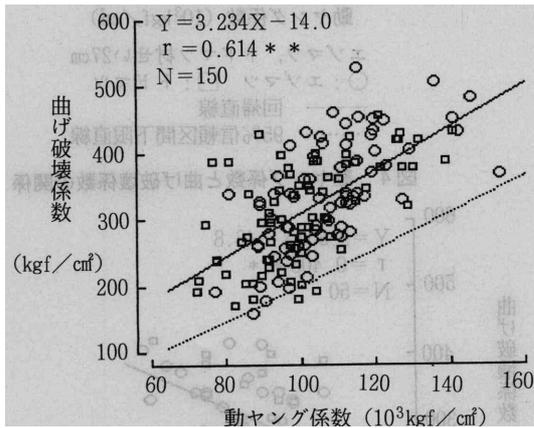
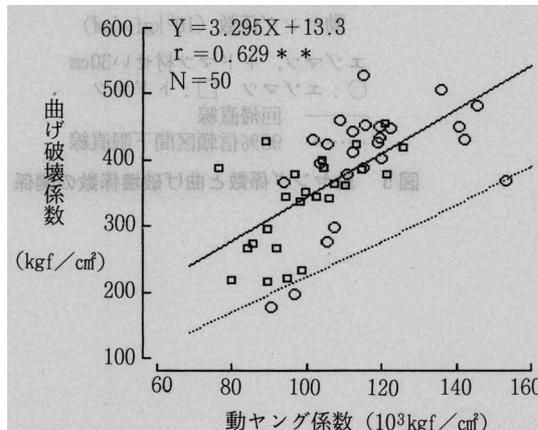


写真4 曲げ試験状態



エゾマツ, トドマツ全体
 : エゾマツ : トドマツ
 回帰直線
 95%信頼区間下限直線

図2 動ヤング係数と曲げ破壊係数の関係



エゾマツ, トドマツ材せい124cm
 : エゾマツ : トドマツ
 回帰直線
 95%信頼区間下限直線

図3 動ヤング係数と曲げ破壊係数の関係

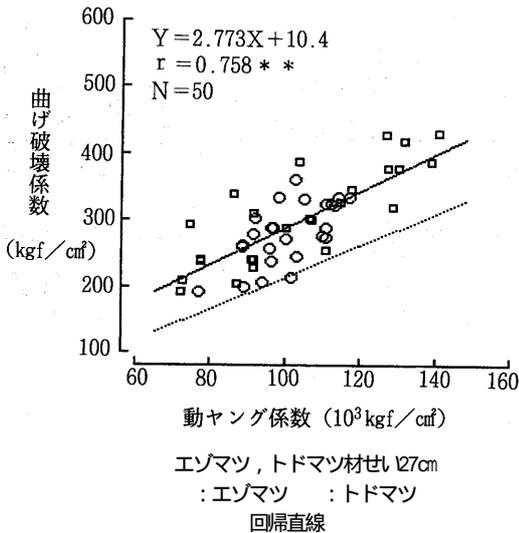


図4 動ヤング係数と曲げ破壊係数の関係

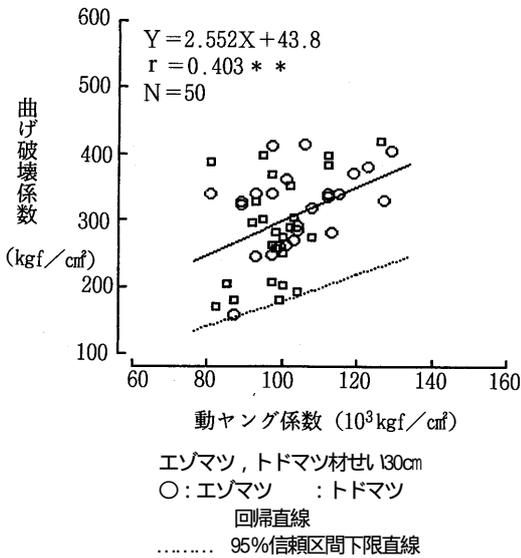


図5 動ヤング係数と曲げ破壊係数の関係

の寸法) 30cmの場合の相関係数がやや小さくなっていますが、統計処理によって、いずれも相関は危険率1%で有意となっています。

これらの結果から、縦振動法を機械等級区分に用いる可能性は大きいと考えられます。

おわりに

木材の強さを非破壊的に調べる方法のうち、打撃音による縦振動法について具体的に検討してみました。今回の実験結果、および装置が簡便で、これまでのグレーディングマシンと比較して安価であることなどから、その実用性は十分にあると考えます。

しかし、縦振動法の実用化にあたっては、寸法、重量の測定方法など検討課題も残っています。これらを含め、今後さらに、工場現場で使用可能なシステムの研究を進める予定です。

参考資料

- 1) 北海道林務部：北海道の林産業（平成3年版）p131（1992）
- 2) 飯島泰男：森林文化研究，3巻，1号，p41～50（1988）
- 3) 田中俊成：木材工業，43巻，2号，p20～25（1988）
- 4) 日本木材学会：構造用木材 - 強度データの収集と分析，p59～61（1988）
- 5) 日本木材学会：木材の科学と利用技術，1. 自動計測の基礎と応用，p44，p64，p69，p83～86（1991）

（林産試験場 材料性能科）