

518 打撃音のウェーブレット解析を用いた木材中の節の定量的評価

岡山県木材加工技術センター
岡山県立大学 (情報工)

○小玉泰義
川畑洋昭

岡山県工業技術センター 章 忠

1. はじめに

ウェーブレット解析は、木材の打撃音のような非定常信号の解析に有効であり、時間・周波数解析が行えるなどの利点を有することから、様々な分野で応用されている。前報¹⁾では、木材の強度的性質の評価にとって重要な因子の1つである節の非破壊検査を試みた。その結果、節径比が比較的大きい場合、節を含む試験体の打撃音のウェーブレット解析パターンは、節のない試験体と比較して共振周波数が低く、共振周波数を中心とする音の持続時間が短いという特徴が観察された。しかしながら、共振周波数の低下と節の大きさの関係を定量的に評価していなかった。今回の報告では、節を含む木材の共振周波数について得られた2, 3の結果について報告する。

2. 実験

2・1 試験体 試験体は前報¹⁾同様、岡山県産のスギの辺材部を用いた。寸法は辺長 2cm (半径方向ならびに接線方向)、長さ 32cm (繊維方向)とし、軸状で正二方柱木取りとした。試験体は長さ方向の中央部に節を1個含む。その節は1材面から相対する面に通っている。その試験体と繊維方向に連続した部分から節を含まない同形状、寸法の試験体を木取りし対にして実験に供した試験体数は25対とし、節を含まない試験体は16個追加し、計41個とした。

2・2 打撃音の測定 試験体の木口面をハンマーで軽く叩き、反対側の木口面から 10cm の間隔を置いて設置したマイクロフォン(RION 製サウンドレベルメーターNA-20型)で打撃音を集音した。打撃は振動を拘束しない条件で行った。打撃音の電圧出力をレコーダー(日本電気三栄製、オムニエースRT3200n型)に取り込み、テキストファイルとして保存した。サンプリング間隔を 20 μ s、解析できる最大周波数(ナイキスト周波数 f_n)が 50kHz である。また、解析用データの長さは 1024 点である。ウェーブレット解析ならびにフーリエ解析はパソコンで行った。

2・3 ウェーブレット解析 離散化された打撃音の信号は、時間軸上で表すと個々のサンプル情報は時間軸上に分解されており各時刻における周波数情報は見いだすことができない。この信号をフーリエ変換すると、時間軸の波形が周期関数に分解される。この場合、時間に関する情報が失われるため、フーリエ解析では非定常信号の解析は不可能である。一方、ウェーブレット変換は時刻と周波数で決定される窓関数の集合で表現されるため時間・周波数解析が可能である。ウェーブレット解析に用いるマザーウェーブレットは、文献2)に示されるようにそれぞれ異なる性質を持った

め解析結果に大きな影響を与える。同文献によれば、打撃音のような時間・周波数解析には複素数型がよいとされている。従って本実験では前報¹⁾に引き続き複素数型でかつコンパクトなサポートを持つ RI-Spline ウェーブレット³⁾を用いて解析を行った。

2・4 共振周波数の測定 節を含んだ木材の打撃音をフーリエ解析する場合、フーリエ解析のパワースペクトルには複数のピークが観察されることがよくある。その場合、どのピークが共振に伴うものであるかを判断することは容易ではない。一方、ウェーブレット解析パターンは時間と周波数の2つの情報を含むため前報¹⁾の結果のように音の持続時間で共振を判断できる。今回はウェーブレット解析パターンの共振周波数成分のみ含まれる時間領域を取り出して共振周波数を求めた。そして、節を含んだ試験体と、それと対をなす節を含まない試験体の共振周波数の差をとって節の定量的評価を行った。

2・5 荷重裁荷によるヤング係数の測定 JIS Z 2101¹⁹⁹⁴に準じて性的曲げ比例限度のおおむね 1/3 まで負荷を与え、静的曲げヤング係数を求めた。

3. 結果

3・1 共振周波数の確認 前項で述べたように、ウェーブレット解析パターンを用いて節を含んだ試験体においても共振周波数を明確に確認、限定することができた。

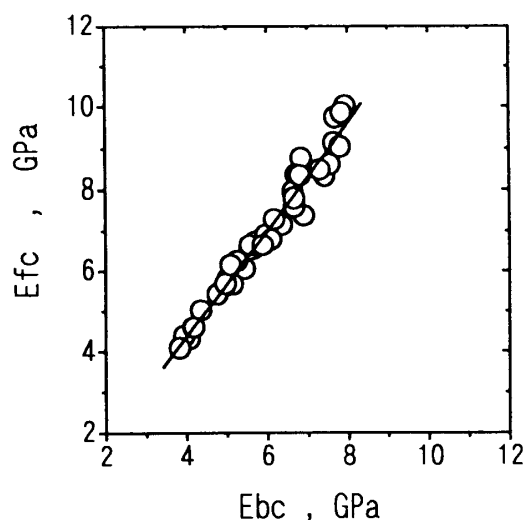


Fig.1 Relationships between Efc and Ebc (clear specimen)

そこでウェーブレット解析を用いて求めた共振周波数

から計算されたヤング係数(E_{fc})を実測値(E_{bk})と比較した結果を Fig.1 に示す。打撃音から計算したヤング係数(y)と曲げ試験による実測値(x)の間の線形回帰式は次式で表され、相関係数は $r=0.98$ であった。

$$y = -0.86 + 1.30x$$

ウェーブレット解析は時間・周波数解析が可能な反面、周波数のみの分解能はフーリエ解析と比較してやや劣るが、以上のことからわかるように、ウェーブレット解析で求めた共振周波数を用いてもフーリエ解析同様の高い精度で木材のヤング係数を推定できることがわかる。

また、打撃音から計算したヤング係数(E_{fc})と共振周波数の2乗(Fc^2)の関係を Fig.2 に示す。打撃音から計算したヤング係数(y)と共振周波数の2乗(x)の間の線形回帰による相関係数は $r=0.86$ であった。このことからヤング係数は共振周波数の影響を大きく受け、密度の影響を考慮しなくてもある程度ヤング係数の推定ができることがわかる。

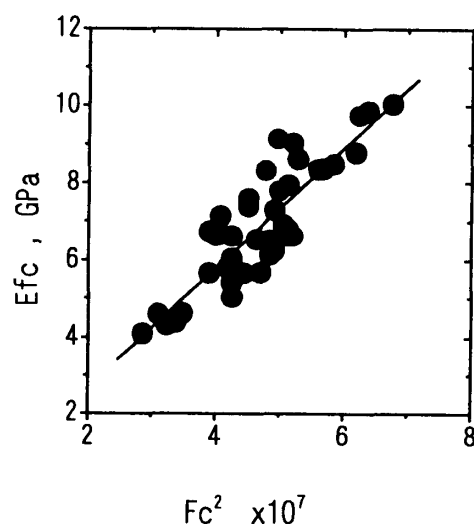


Fig.2 relationships between E_{fc} and Fc^2 (clear specimen)

3・2 節を含む試験体の共振周波数 節を含んだ試験体で測定した場合、打撃音から計算したヤング係数(E_{fk})と実測値(E_{bk})の関係を Fig.3 に示す。打撃音から計算したヤング係数(y)と曲げ試験で求めた実測値(x)の線形回帰式は次式のようになり、両者の相関係数は $r=0.87$ であった。 $y = 1.31 + 1.14x$

このことから、節を含んだ試験体においても、ウェーブレット解析で測定される共振周波数からかなりの精度でその材のヤング係数が推定できることがわかった。

3・3 節の大きさと共振周波数 節を含まない試験体と節を含んだ試験体の共振周波数の差($E_{fc}-E_{fk}$)と節径比(KAR)の関係を Fig.4 に示す。節を含まない試験体の共振周波数と節を含む試験体の共振周波数の差(y)と

節径比(x)の関係を多項式にあてはめるところ次式を得た。 $y = 459 - 17.02x + 0.535x^2$
このことから、木材中の節が大きくなるとともに共振周波数が低下することがみてとれる。また、節の定量的な評価をする場合の有効な性質であると考えられる。

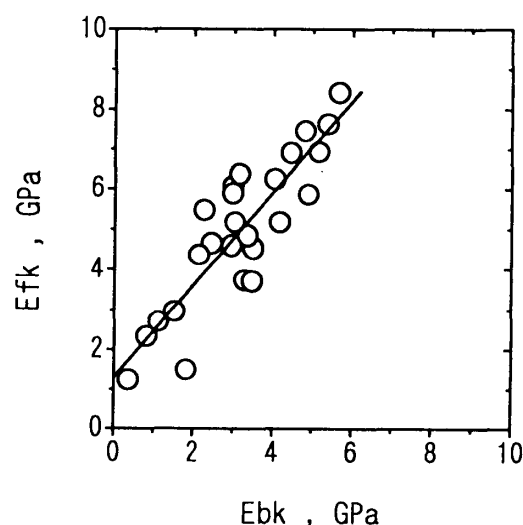


Fig.3 relationships between E_{fk} and E_{bk} (specimen include a knot)

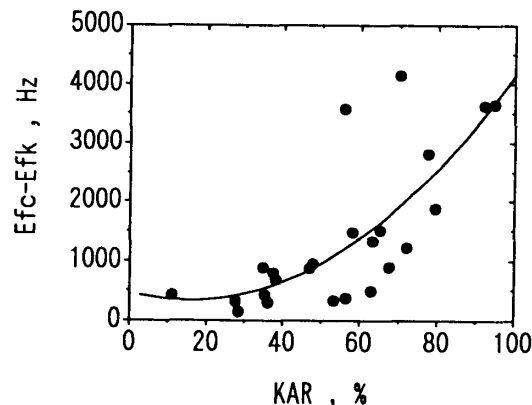


Fig.4 Relationships between $E_{fc}-E_{fk}$ and KAR

参考文献

- 1) 小玉泰義, 章 忠, 木材学会誌, 46, 3(2000). 掲載予定
- 2) 章 忠, 川畑洋昭, 計算機統計学, 10, 2, 93-101(1997).
- 3) 章 忠, 川畑洋昭, 日本機械学会論文集(C 編) 64, 625, 3509-3509(1998).