

誘電率による木材含水率の測定

－試料の厚さと測定精度－

木材工業部 ○山之内清竜
電子部 久保 敦

1. はじめに

近年、建築用材の乾燥に対する認識が一段と高まり、先ごろ改正されたJASにおいても針葉樹構造用材の含水率区分が規格化された。

従来、木材含水率の測定では全乾法が基準で、これに電気抵抗式の含水率計が補助的に使用されてきたが、建築用材の含水率測定には測定深度等に問題があり不向きである。

一方、日本住宅木材技術センターから針葉樹建築用材の含水率測定に用いる含水率計の性能基準が提示されており、現在これに認定されているのは高周波式の3機種である。これら3機種はいずれも測定深度が20mm程度であるため、所定の水分傾斜をもつ建築用材の含水率推定には有効であるが、材全体の平均含水率を測定することはできない。

そこで、柱角材等の平均含水測定が可能となる50mm程度の測定深度の実現を目的として、誘電率による木材含水率測定法について検討した。

2. 実験方法

木材の誘電率は全乾状態において2.0～3.0であるのに対して、水の誘電率は81.0であるから、誘電率を測定することにより木材含水率を推定できる。ここで、相対する2平面極板間に誘電体をはさんだときの静電容量と誘電率の関係は(1)式で与えられる。

$$C = \epsilon' S / d \dots (1) \text{式}$$

ただし、C：静電容量 ϵ' ：誘電率

S：極板の面積 d：極板間の距離

つまり、平行極板で木材をはさみ、そのときのCを測定すれば ϵ' が求められる。

一般に、物質の誘電的性質は周波数依存性が高いが、木材中の水分検出を目的とする場合には、緩和形分散の中でも双極子分極をおこす放送周波数帯域の周波数を使用するのが最適とされている。^{1) 2)}

木材の誘電率には木材組織に起因する異方性が認められている^{1) 2)}が、今回の実験は実用性を考慮して電界の方向が繊維に直角になる方向に統一して行った。また、木材

の誘電率は比重によって顕著な影響を受けるが¹⁾、供試材は気乾比重0.36~0.44のスギに統一した。実験には繊維方向に連続した140mm×150mm×8.2mmの大きさの供試材30枚を、恒温恒湿器および恒温水槽で気乾状態ならびに湿潤状態にして使用した。極板は100mm×25mm×3mm(極板S)、100mm×50mm×3mm(極板M)、130mm×130mm×3mm(極板B)、と面積の異なる3種類の銅板を使用した。測定は供試材を極板の間に挟み込み、極板の回りを絶縁性ゴムシートでつつみ、その上から万力で極板間に空隙ができないよう圧縮して行った。

実験は極板間にはさんだ供試材の枚数(板厚)とその組合せ(含水率、水分傾斜)に加え極板の種類を変えて、板厚別の誘電率(ϵ')、誘電正接($\tan \delta$)、インピーダンス($|Z|$)の周波数(f)特性等について測定した。なお、誘電率は測定した静電容量から(1)式で計算した。実験ではLCRメータ(HP4284A:横河・ヒューレット・パッカード社)で周波数100Hz, 1KHz, 10KHz, 100KHz, 1MHz(電圧:1V, 5V p-p)について、また1MHz~5MHzの間についてはファンクション・ジェネレータ(HP8116A:横河・ヒューレット・パッカード社)から高周波を印可し(電圧:5, 7, 9V p-p)、極板間の電圧、電流、位相差を、デジタル・オシロスコープ(2430A:ソニー・テクトロニクス社)で測定した。次に、供試材の静電容量を測定する方法として³⁾、RC直列回路(図1)中のCの位置に極板ではさんだ供試材を挿入し、高周波を印可して供試材間の電圧(整流後)測定した。RC直列回路の入力電圧を V_{in} 、出力電圧を V_{out} とすると、 V_{out} は(2)式であらわせる。

$$V_{out} = V_{in} / \sqrt{1 + (2\pi fRC)^2} \dots (2) \text{式}$$

入力電圧はカットオフ周波数($1/2\pi fRC$)

以下の5MHz・7V(p-p)を、極板はBを使用した。

なお、高周波の印可には前出のファンクション・ジェネレータを、電圧測定はデジタル・マルチメータ(TR6845:アドバンテスト社)を使用した。

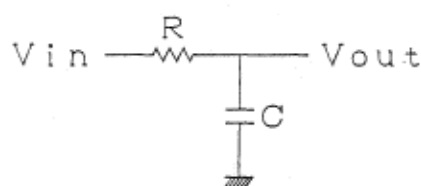


図1 RC直列回路

3. 結果及び考察

3.1 板厚別の誘電率と誘電正接

平均含水率10.0%(DRY材)と115.4%(WET材)における板厚別の誘電率(ϵ')と誘電正接($\tan \delta$)を図2に示す。板厚が8~123mmの範囲では、板厚が増すほどDRY材、WET材とも ϵ' は減少、 $\tan \delta$ は増加する傾向がみられ、 ϵ' 、 $\tan \delta$ とも

DRY材よりWET材の方が大きい。

ϵ' が板厚の増加に伴い減少するのは(1)式のとおりCが板厚に反比例するためである。また $\tan \delta$ が増加すると誘電体損失が大きくなるため、 ϵ' 測定の際の誤差が大きくなる。つまり、板厚が増すほど、また高含水率域になるほど ϵ' の測定誤差が増加することが考えられる。一般に含水率の増加にともない $\tan \delta$ は増加するが、増加の割合は全含水率域で一定でなく含水率50%付近に湾曲点がある複雑な特性がみられるため¹⁾、 $\tan \delta$ による ϵ' の補正は困難であると思われる。

なお、DRY材では板厚に関係なく極板面積が広がるとCは大きくなり、 $\tan \delta$ は小さくなる傾向がみられた。WET材では極板Bを使って測定した板厚82mm以下のもので、容量リアクタンス X_c ($X_c = 1 / 2 \pi f C$) が極端に小さくなる傾向がみられた。

3. 2 板厚別インピーダンスの

周波数特性

平均含水率10.0% (DRY材) と115.4% (WET材) における、板厚別のインピーダンス ($|Z|$) の周波数特性を図3に示す。DRY材はWET材に比べ周波数の増加にともなう $|Z|$ の減少割合が大きい、これはWET材が

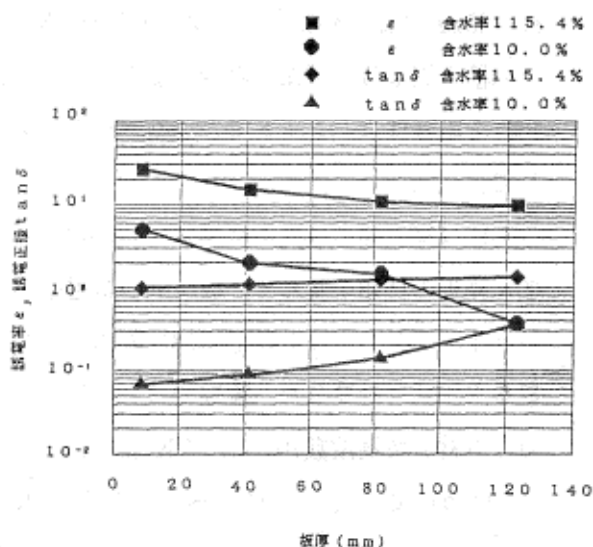


図2 板厚別の誘電率と誘電正接

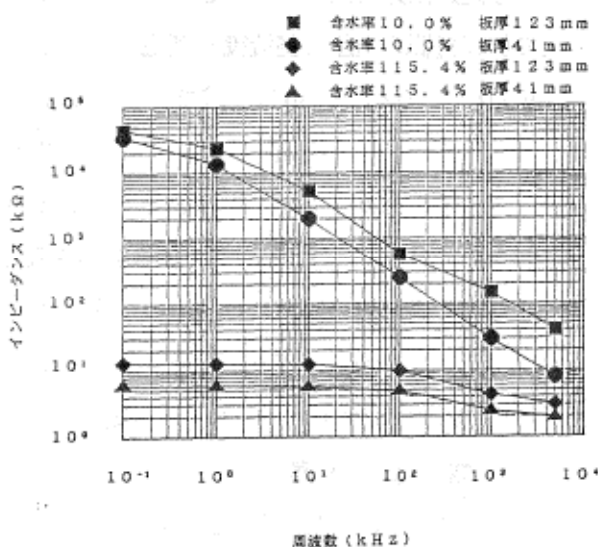


図3 板厚別インピーダンスの周波数特性

DRY材に比べCが大きいため、WET材の容量リアクタンス X_c がDRY材のそれより小さくなるからと思われる。1MHzにおける $|Z|$ をみると、DRY材で板厚123mm材が板厚41mm材の約5倍、WET材では約2倍になっており、板厚増加による $|Z|$ の増加割合はDRY材の方が大きい。なお、極板面積が広がると $|Z|$ は小さくなる傾向がみられた。

3. 3 RC直列回路による木材含水率の測定

RC直列回路中の供試材間出力電圧と全乾法による含水率の関係を図4に

示す。板厚41mm、123mmとも出力電圧と含水率の間に強い負の相関がみられた。これは(2)式のとおり、 V_{OUT} が供試材の静電容量の2乗に反比例するためである。含水率7.9%~114.7%における板厚41mmの含水率1%当りの出力電圧は約7.9mV、含水率12.1%~83.0%における板厚123mmの含水率1%当りの出力電圧は約9.8mVであった。

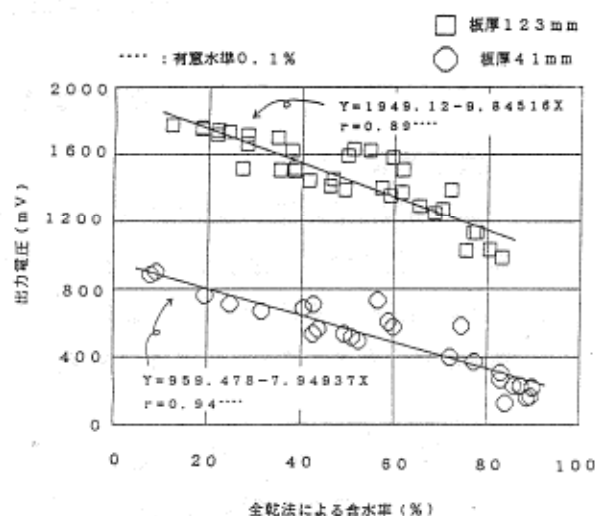


図4 出力電圧と含水率の関係

参考文献

- 1) 上村武：誘電率による木材含水率の測定に関する基礎的研究 林試報告, No.119 (1960)
- 2) 堤壽一：木材の誘電性、とくに誘電率・誘電損率の周波数、含水率および温度への依存性に関する研究 九大農演習林報告, No.42 (1967)
- 3) 浜野義昭 他：木材含水率の自動測定システムの構築 鳥取県工試研究報告, No.12 (1990)