

光センサを応用した人工乾燥過程における重量測定

齋藤周逸(森林総研)

要旨：木材の人工乾燥操作は、木材の重量減少(乾燥度合)によって温度と湿度を変化させる。したがって、この重量変化を正確にモニタリングできれば温湿度の変化や乾燥終了のタイミング等を自動的に行えると考えられる。ここでは、乾燥温度一定および実際の乾燥操作に応用するために乾燥温度を変化させて、実際のスギ材を恒温器のなかで乾燥したときの重量変化を測定し、光センサを応用したモニタリングの可能性を検討した。その結果、ひずみ測定値の変化は測定装置の改良や校正法によって含水率減少曲線に変換可能と考えられた。

キーワード：人工乾燥、自動化、重量測定、光センサ

I はじめに

光学技術を応用したセンサによる測定値は、温度変化に影響されにくいことが知られている(1)。本研究は、この光センサと熱膨張の少ない特殊合金インバーを応用し、木材乾燥装置内で使用可能な重量変化測定装置の開発を目的としている。

前報では、低熱膨張特殊合金インバー(以下、インバー)が荷重の変化によって収縮する変化を熱影響の少ない光ひずみセンサでモニタリングした重量減少の測定値は木材の含水率減少曲線である指数曲線で表され、この方法の応用が有望であることを明らかにした(2)。

本報告ではこの方法を発展させるため、恒温器内でスギ小試験体を温度一定で乾燥処理をしたときの重量変化を同法でモニタリングを行い、その時の含水率値の誤差を検討した。また、実際の人工乾燥で行われるように乾燥温度を変化させたときの校正方法を検討した。

II 方法

1. 測定機器 光学測定は、FISOテクノロジー社製のFOS(UMI-4)を用いた。専用の光学ひずみゲージは、前回の報告で選定した測定範囲 $\pm 1000 \mu \varepsilon$ のセンサを用いた。開発した重量測定システム(以下、測定システム)は、FOSと梃子を応用した4本のアームによってインバーの小梁に荷重を加える重量検知装置を有している。この装置は、光学ひずみゲージで小梁の曲げひずみを検知することで重量変化を検知した。

2. 試験方法 乾燥試験に用いた試験材は、スギ割材(寸法：幅114mm、厚さ50mm、長さ300mm)とし、各乾燥試験はこれらを2本用いた。

乾燥経過における実際の含水率値との比較検討は、処理温度70°C一定の条件で行った。乾燥試験は、まず温度影響を小さくするため、試験前に無荷重状態の重量

検知装置を70°Cの恒温器内で放置した。次に、測定システムのひずみ測定値に変化がなくなったことを確認してから、試験材(以下、A1試験材とする)を重量検知装置に載せて乾燥試験を開始した。また、別の恒温器を用いて、A1試験材と長さ方向で連続した試験材(以下、A2試験材とする)で乾燥試験を70°Cで行った。A2試験材は適宜取り出して重量を測定した。

測定システムによるひずみ測定値と重量の関係を示す校正曲線は重量検知装置を70°Cの恒温装置に放置した状態で重量校正用の錘を載せ、その重量とひずみ測定値の関係から作成した。

乾燥処理温度が変化した時の温度校正法の検討は、実際の乾燥工場で一般的に扱われている乾燥処理温度70~80°Cに変化させる条件で行った。乾燥試験は、試験材(以下、B試験材とする)を重量検知装置に載せて、乾燥中の小梁のひずみ変化を測定した。温度による校正方法は、無荷重状態の重量検知装置を温度70~80°C下に放置し、温度変化による小梁のひずみ変化の測定値を近似式に変換した。この式によって、処理温度の変化に対応できる方法を検討した。

III 結果と考察

処理温度70°C一定の条件における、測定システムを用いたA1試験材のひずみ測定値の変化は次の通りであった。図-1はA1試験材のひずみ測定値の変化である。木材の含水率減少曲線は指数関数で表せることが報告されている(3)。ここでも測定値の変化曲線は指数関数に0.99という高い決定係数によって近似できた。したがって、測定システムによる測定値の変化は木材の含水率減少曲線を表していると考えられた。

次に、処理温度70°C一定の条件における測定システムの測定値と実測値の誤差について述べる。一定温度

Shuetsu SAITO (For. And Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687), Method of the weight monitoring system to apply an optical sensor during lumber drying in a kiln

条件におけるひずみ測定値と重量の関係を示す校正曲線は式(1)で表すことができた。

$$y = 0.03x \dots \text{式(1)}$$

ここに x : ひずみ測定値の絶対値, y : 重量(kg)である。決定係数 R^2 は 0.96 であった。

図-2 は実測値に基づいた含水率減少曲線と測定システムによるひずみの変化を式(1)によって重量変化に変換し、さらに含水率として計算された値に基づく含水率減少曲線である。これらの曲線は指数曲線で近似可能であり、含水率曲線として認められると考えられた。

実測値に基づく含水率曲線と測定システムによる含水率曲線を比較する次のような結果であった。乾燥速度を表す曲線の傾きを各近似式の微分係数で比較したところ、乾燥初期段階は実測値と測定システムによって求めた値の各近似式の微分係数に誤差が認められた。したがって現段階では、測定装置の設計や重量校正法に改善の必要があると考えられた。

乾燥処理温度が変化した時の温度校正法の検討結果は次の通りであった。図-3 は、乾燥処理温度 70~80°C に昇温した条件における、B 試験材ひずみ測定値の変化を表している。温度条件が一定の図-1 の曲線とは異なり、乾燥終期に進むにしたがって数値が上昇した。これは光学ひずみゲージに使用されている石英ファイバーの熱膨張率 ($0.5 \mu \epsilon / ^\circ\text{C}$) 等の外乱条件が影響したと考えられた。また、光学ひずみゲージの特殊合金インバーに取り付けられている状態も影響したとも考えられることから、同じ温度域で無荷重状態のひずみを測定し、その関係を確かめた。その結果、式(2)の近似式が得られた。

$$y = -2589 - 30.6x + 565.1x^{0.5} \dots \text{式(2)}$$

ここに x : 温度 ($^\circ\text{C}$), y : ひずみ測定値の絶対値である。決定係数 R^2 は 0.98 であった。

式(2)を用いて図-3の測定ひずみ表示値を校正すると同図の温度校正值の曲線になった。この曲線は指数曲線値となり含水率減少曲線として対応できることを示唆した。

IV まとめ

今回の試験結果では、開発した測定システムを用いた木材の乾燥試験によって測定されるひずみの値は指数曲線と高い相関を示した。これは測定値を木材の含水率減少曲線として表せることを示唆した。

含水率の値として変換した場合、乾燥速度の誤差が生じたので、測定装置や校正方法は改良を行う必要があっ

た。また、温度変化によるひずみ測定値の校正は、無荷重状態の時の温度とひずみ測定値の関係を数値化し、それらの相関を近似式にして数値変換することで可能であった。

V 参考文献

- (1) 三上隆男(2001)光ファイバを用いた構造物の変位計測システム, M&E, 13, pp. 112-119
- (2) 齋藤周逸(2012)光センサを用いた乾燥室内用重量測定装置の開発, 関東森林研究, 63, pp. 161-162
- (3) 齋藤周逸(2003)スギ柱材を対象にした人工乾燥スケジュール関数の推定, 木材学会誌, 49, pp. 68-77

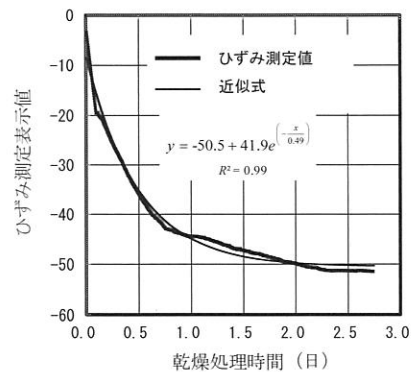


図-1. ひずみ測定値の変化と近似曲線

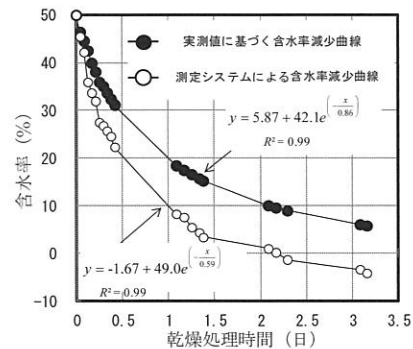


図-2. 含水率減少曲線の精度

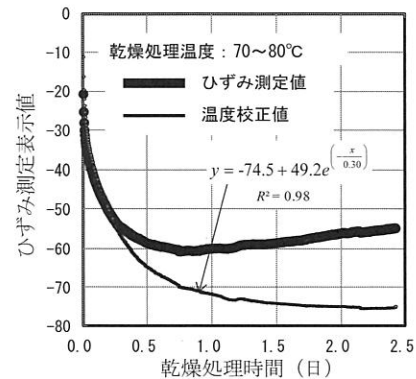


図-3. ひずみ測定値の変化と温度校正をした曲線