

光センサを用いた乾燥室内用重量測定装置の開発

齋藤周逸(森林総研)

要旨：木材の人工乾燥は、含水率の低下にともない乾燥室内の温湿度条件を変化させる方法が一般的である。温湿度制御の自動化は、木材の重量変化を正確に監視することを求められている。現在、乾燥室内における重量の変化は、ロードセル等を用いて水分減少に伴う電気的な物理量の変化を基本にしている。ただし、金属や電気信号は乾燥室内の熱という外乱条件によって変化することから誤差が生じている。本研究は、熱の影響はほとんど受けない光センサや特殊合金を応用し、乾燥室内用重量測定装置の開発を試みた。この装置が実際の人工乾燥機に应用できれば、正確な含水率変化の下で温湿度条件を制御することが可能と思われた。

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

木材の人工乾燥は、一般的に含水率の低下にともない乾燥室内の温湿度条件を変化させる操作を行う。この温湿度制御の自動化のため、木材中の水分変化を正確に監視する試験研究が進められてきている。(2, 4)

現在、乾燥室内における水分変化は、ロードセル等を用いて重量減少に伴う電気的な物理量の変化を基本にしている。ただし、金属や電気信号は乾燥室内の熱という外乱条件によって変化する問題があり、その誤差を小さくする開発研究が行われている。(5)

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試みた。

II 方法

1. 測定機器 光学的測定は、FISO テクノロジー社製のFOSシステム(UMI-4)を用いた。専用の光学歪ゲージ(以下 OpSG)は、測定範囲 $\pm 1000 \mu \varepsilon$ 、 $\pm 2000 \mu \varepsilon$ 、 $\pm 2500 \mu \varepsilon$ を用いた。

重量変化による金属の歪測定は、OpSGを特殊合金インバー(熱膨張係数 $1 \sim 2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)に取り付けて行った。

2. 試験方法 重量測定装置に適切な OpSG は、荷重によって数値が直線的に変化する必要がある。このインバーに荷重をかけたときの寸法変化は、3種類の OpSG (測定範囲 $\pm 1000 \mu \varepsilon$ 、 $\pm 2000 \mu \varepsilon$ 、 $\pm 2500 \mu \varepsilon$)を用いて行った。

OpSGの無荷重状態の温度ドリフトは、恒温器内で温度範囲を、人工乾燥で使用頻度の高い $50 \sim 90^\circ\text{C}$ に設定して確認した。インバーの熱膨張は、温度範囲を $50 \sim$

90°C に設定し、OpSGを用いて確認した。

今回開発を試みた乾燥室内用重量測定装置は、梃子を応用した4本のアームによって梁に荷重を加える方法とした。荷重はインバーに曲げひずみを発生させるので、この変化を OpSG で検知した。重量感知部分の温度ドリフトは、重量測定装置を組み上げた後、感知部分のインバーに OpSG を張り付けて $50 \sim 90^\circ\text{C}$ の範囲で確認した。

開発重量測定システムの性能は、スギの平割材(寸法幅 114mm 、厚さ 50mm 、長さ 300mm 、両木口はシール)を乾燥試験することで確認した。乾燥試験は恒温器内で行い、温度 80°C 一定に設定した。 80°C はスギ建築用材の一般的な人工乾燥温度である。

III 結果と考察

重量測定装置に適切な OpSG は、図-1に見られるように、 $\pm 1000 \mu \varepsilon$ 、 $\pm 2000 \mu \varepsilon$ の2種類の数値が荷重によって直線的に変化した。この結果から、重量測定装置には、比較的直線的な変化が見られた $\pm 1000 \mu \varepsilon$ の OpSG を採用することとした。

OpSGの無荷重状態の温度ドリフトは、 $50 \sim 90^\circ\text{C}$ の範囲で、 $64 \mu \varepsilon$ であった。OpSGに使用されている石英ファイバーの熱膨張率は $0.5 \mu \varepsilon / ^\circ\text{C}$ を勘案すると、差し引き $44 \mu \varepsilon$ の変化であった。対照として測定した電気的な歪ゲージ(ゲージ長 2mm)は絶対値で $520 \mu \varepsilon$ であった。したがって、OpSGは電気的な測定方法に比べて温度ドリフトが小さいことがわかった。

インバーの熱膨張は、測定範囲 $\pm 1000 \mu \varepsilon$ の OpSG を用いて測定した。その結果、インバーは $50 \sim 90^\circ\text{C}$ の範囲で $80 \mu \varepsilon$ であった。一方、対照の一般鋼は絶対値で $525 \mu \varepsilon$ であった。したがって、インバーの熱膨張は

Shuetsu SAITO (For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687), Development of the weight measuring system in a kiln using the optical sensor

小さいことを確認できた。

重量測定装置を作製し、インバーを応用した荷重センサを組み込んだ状態における無荷重時のドリフトは、50～90℃の範囲において、39 $\mu\epsilon$ であった。このように測定装置として組み上げた場合でも温度ドリフトは小さい結果を得られた。

木材の含水率減少曲線は指数関数に合うとされている。(3) 図-2は温度80℃一定の恒温器内でスギの平割材を乾燥した時のひずみ測定値の変化曲線と指数関数をあてはめたときの近似曲線を示している。試験材は乾燥とともに軽くなるので、ひずみは小さくなりマイナスの値を示した。指数の近似式に当てはめた場合相関係数は0.99であった。したがって、開発した重量測定装置は木材の重量減少、すなわち含水率減少経過をとらえていると考えられた。

式(1)は、ひずみ測定値と重量の校正曲線である。これは開発重量測定装置を80℃の恒温装置に投入した状態で実測することで作成した。

$$y=26.9x \cdots \text{式(1)}$$

ここに x : ひずみ測定値の絶対値($\mu\epsilon$), y : 重量(g)である。相関係数は0.96であった。

式(1)から乾燥試験過程における重量値を算出し、全乾時の重量で含水率を計算したところ図-3の含水率曲線が得られた。この結果は、開発した重量測定装置による測定値を校正曲線等に重量に変換出来れば、乾燥過程における含水率を、従来よりも精度良く監視可能なことを示唆した。

IV まとめ

今回の試験結果では、乾燥室内の重量測定装置として光学センサーと特殊合金インバーを組み合わせる方法は将来的に有望と考えられた。今後は温度を変化させる試験を行い、校正曲線によって正確に含水率を追従できるような方法を考える。また、装置を大型化すれば棧積み全体の重量変化を測定することも可能と考えられた。

この研究の一部は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「ヒートポンプを応用した低環境負荷型木材加工装置の開発(H20～22)」によって行った。

引用文献

- (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, p. 112-119
- (2) 中寫厚ら(2011)蒸気式乾燥装置管理システムの開発, 北林産試場報, 540, p. 7-12

- (3) 森林総合研究所監修, (2004), 木材工業ハンドブック改訂4版”, p. 269-270, 丸善, 東京
- (4) 信田聡・奈良直哉(1988)コンピュータによる木材乾燥装置の自動化(第1報), 北林産試場報, 1, p. 1-10
- (5) 信田聡・奈良直哉(1988)コンピュータによる木材乾燥装置の自動化(第2報), 北林産試場報, 2, p. 10-20

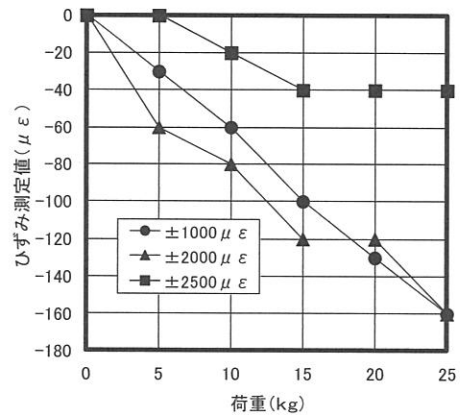


図-1. 測定範囲の異なる光学センサによる荷重とひずみ測定値の関係

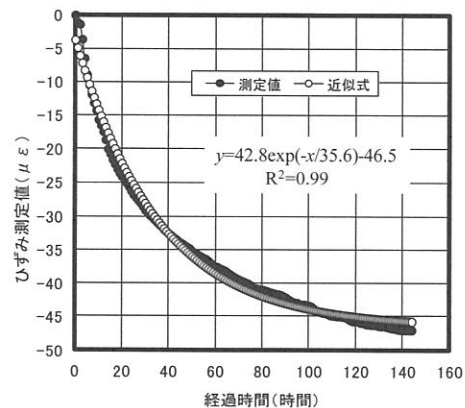


図-2. スギ平割り乾燥過程におけるひずみ測定値と指数関数による近似式

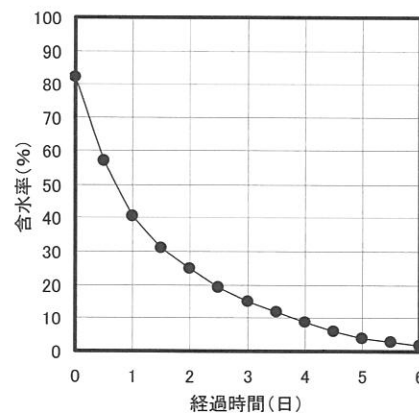


図-3. 重量校正曲線により作成された含水率減少曲線