

# 建物の健全性を維持する

## 48 含水率リアルタイムモニタリングの可能性

### 1. はじめに

最近、木造住宅や木製構造物における木製部材の含水率の測定に関する研究例が報告されている(例えば、Forsén・Tarvainen<sup>1)</sup>; Brischkeら<sup>2)3)</sup>)。Brischkeら<sup>2)</sup>は、木材部に電極を埋め込み、電気抵抗を測定する方法により、含水率 50%まで推定可能であることを報告している。また、彼らは、この方法で実際の構造部材の電気抵抗が測定可能であったことから、含水率の非破壊的評価が可能であることを報告している(Brischkeら<sup>3)</sup>)。一方、電極の先端の形状は、電気抵抗に影響を与えることが報告されていることから(Forsén・Tarvainen<sup>1)</sup>)、電極ごとに含水率と電気抵抗の関係を明らかにし構造部材の含水率を評価する必要がある。本研究では、建造物において含水率測定を行うために、安価な測定用電極の開発を試み、スギ材を生材から気乾状態になるまでの電気抵抗値を測定するとともに、全乾法により測定した試験片含水率との関係も調査した。

### 2. 材料と方法

試験体(50(L)×50(R)×50(T)mm)は、宇都宮大学附属船生演習林から提供されたスギ生材より4個作製した。作製後、電極を設置するため、20mmの間隔で、直径5mm、深さ30mmで2箇所に穿孔した(図1)。電極には、耐燃性ポリエチレンで被覆された機器配線用電線を用いた。電線は、長さ70mmに切り、両端のポリエチレン被覆を電工ペンチで約1cmほど剥がした(図1)。図1に示すように、長さ60mmのストローの先端に、接着剤を充填しこれに電線とともに、スギ試験体の孔へ挿入した。生材試験体を20℃、相対湿度65%の実験施設内に放置し、この間、1日ごとに電気抵抗および試験体重量を測定した。電気抵抗は、デジタルマルチメータ(DT4282、HIOKI)を用いて、1日当たり5~7回測定した。このデジタルマルチメータは、測定時の電圧2.5V以下において、 $6.0 \times 10$  から  $6.0 \times 10^8 \Omega$  まで測定可能である。また、重量は、上皿電子天びんを用いて測定した。測定は、電気抵抗が、使用したデジタルマルチメータの測定範囲外となるまで、行った。試験体は、デジタルマルチメータの測定範囲外の電気抵抗値となった時点で、 $105 \pm 3^\circ\text{C}$ の送風定温乾燥器で恒量となるまで乾燥させ、全乾重量を測定し含水率を求めた。

### 3. 結果と考察

4つの異なるスギ試験体から得られた、電気抵抗と含水率の関係を図2に示す。生材状態から気乾状態まで試験体を乾燥させた場合、電気抵抗の値は、繊維飽和点までは緩やかに増加した。一方、繊維飽和点以下の含水率では、電気抵抗の値は、含水率の低下に伴って急激に増加する傾向が認められた。最終的に、本研究で用いた、デジタルマルチメータで電気抵抗を測定することができた含水率は、15~20%の範囲であった。また、得られた結果から近似式を算出したところ、 $y = 1E+07x^{-2.284}$ の式が得られた。なお、この式の決定係数は0.664であった。

木材における電気抵抗は、乾燥状態では非常に大きく、含水率が上昇するにつれて、繊維飽和点付近まで大きく減少しそれ以降になると緩やかに減少することが知られている。この原理に基づいて、電気抵抗を用いた木材の含水率の測定が、多くの研究者によって試みられている(例えば、猪瀬・武智<sup>4)</sup>、Brischkeら<sup>3)</sup>、Fredriksson)。

Brischke ら<sup>3)</sup>は、木材内部の含水率を推定するために、導電性接着剤を用いて、電極を木材内部に埋め込んで接着する方法を考案した。ヨーロッパアカマツ、ドイツウヒおよびベイマツを用いて、含水率 15、25 および 50% に調整した試験体の電気抵抗を測定し、それぞれの電気抵抗値は、およそ 50000~500000 k $\Omega$ 、500~10000 k $\Omega$  および 50~800 k $\Omega$  であったことを報告している。本研究では、含水率 15~160%の範囲において、電気抵抗値は 130~490000 の値が得られた(図2)。また、含水率 15、25 および 50%における電気抵抗値は、およそ 490000、2000 および 600 k $\Omega$ であり(図2)、Brischke ら<sup>3)</sup>の結果とほぼ一致した。

一方、木材は、含水率 20%以下では、ほとんど腐朽が生じない(日本木材保存協会<sup>5)</sup>)。本研究の結果、電気抵抗は、含水率 20%以下においても測定可能であり、含水率 20%時点での電気抵抗はおよそ 9000~300000 k $\Omega$ であった(図2)。また、図2で得られた近似式より含水率 20%における電気抵抗値を求めたところ、その値は、約 10000 k $\Omega$ であった。従って、本研究で用いたデジタルマルチメータを用いる場合、電気抵抗 10000 k $\Omega$ 付を閾値として柱材内部の含水率を測定することが可能であり、これ以下の電気抵抗を示した場合、腐朽が進行可能となる危険性を診断できると考えられる。しかしながら、本研究では、スギ試験体数は少なく、また、対象樹種にスギのみを用いた。従って、今後、さらに多くの試験体および樹種を用いて、データを蓄積することにより、さらに正確な木材の水分状態の把握ができると考えられる。また、木材の電気抵抗は、温度によって変化することが知られていることから(猪瀬・武智<sup>4)</sup>)、電気抵抗値を用いて実際の構造部材の含水率を評価するためには、温度の影響も考慮する必要があると考えられる。

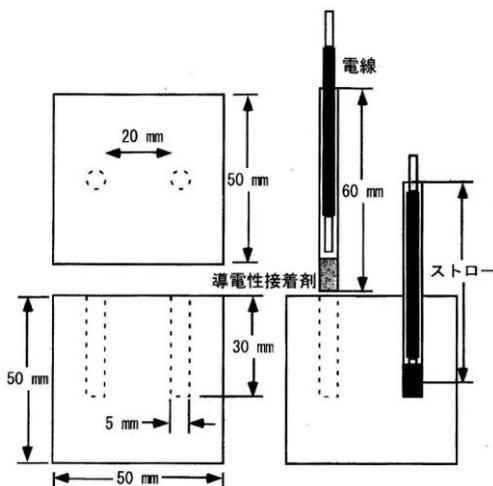


図1 試験体の作製方法

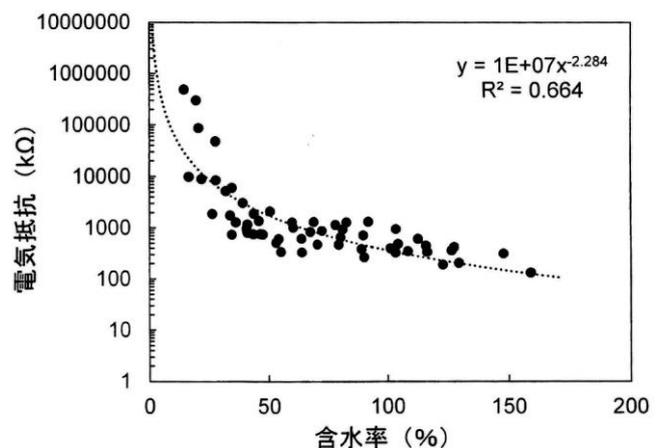


図2 スギ材における含水率と電気抵抗の関係

## 参考文献

- 1) Forsén H, Tarvainen V: Accuracy and functionality of hand held wood moisture content meters、Technical Research Centre of Finland、2000 年
- 2) Brischke C, Rapp A O, Bayerbach R: Measurement system for long-term recording of wood moisture content with internal conductively glued electrodes、Building and Environment、vol43、Iss10、pp.1566-1574、2008 年 10 月
- 3) Brischke C, Rapp A O, Bayerbach R, Morsing N, Fynholm P, Welzbacher C R: Monitoring the "material climate" of wood to predict the potential for decay : results from in situ measurements on buildings、Building and Environment、vol.43、Iss.10、pp.1575-1582、2008 年 10 月
- 4) 猪瀬理、武智修: 木材電気抵抗の基本的性質の解析(III)、日本林學會誌 37(9)、pp.402-406、1955 年 9 月
- 5) 日本木材保存協会住宅生物劣化診断部会(編): 実務者のための住宅の腐朽・虫害の診断マニュアル 現場診断・精密診断から補修・予防まで、日本木材保存協会、2004 年