木材の含水率とピロディン打込み深さの関係

国立研究開発法人　港湾空港技術研究所　正会員○山田昌郎
地方独立行政法人　北海道立総合研究機構　森林研究本部　林産試験場　非会員　森　満範

１．はじめに

一般に木材の含水率は，繊維飽和点（fiber saturation point，FSP）以下では強度的性質に影響するが，FSP を超えると影響しないと考えられている．ここで FSP とは，木材実質（細胞壁）は化学結合する水（結合水）で飽和しているが，細胞内腔は気体に占められ液状の水（自由水）が存在しない状態の含水率であり，樹種によらず約 28%とされる[1)]．

木材の健全性を評価するため，ピロディンと呼ばれる器具を用いて木材に一定のエネルギーでピンを打込む方法がある．ピロディンによるピンの打込み深さと含水率の関係について，津島[2)]は真空・加圧含浸装置で十分に吸水させた 6 樹種の供試体を 40℃で熱風乾燥させた場合に，ピロディン打込み深さは含水率 50%以上ではほぼ一定で，50%以下では含水率とともに減少したと報告している．一方，飯島[3)]はスギ円柱加工材 100 本（含水率 22.8～123.5%）での測定結果をもとに，含水率 1%についてピロディン打込み深さが 0.0545mm 変化する回帰式を示しており，28%を超える含水率もピロディン打込み深さに影響を及ぼすことを示唆している．

写真-1　ピロディン

現在土木学会木材工学委員会で作成中の「地中使用木材の健全性調査の手引き（案）」においてもピロディン試験を主要な評価項目に位置付けている[4)]．本研究ではこの手引き（案）作成用の参考資料を得ることを目指して，木材試験片の含水率を変化させてピロディン打込み深さを測定することにした．今回は手始めに樹種と辺材・心材の構成がともに異なる 2 種類の試験体のみを対象に実験を行った．

２．実験方法

試験体として，スギ丸太（京都産）とカラマツ円柱加工材（北海道産）を輪切りにしたものを用いた．スギ丸太は厚さ約 1mm の樹皮を含む直径が約 130mm で，直径約 70mm の心材部と幅約 30mm の辺材部から成る．カラマツ円柱加工材は直径 100mm で，心材部のみから成る．輪切りにした試験体の厚さ（繊維方向の長さ）は約 40mm である．スギ 3 個，カラマツ 4 個の輪切り試験体を用いた．気乾状態（含水率約 14%）での比重は，スギ 0.39，カラマツ 0.56 であった．

写真-2　スギ試験体

写真-3　カラマツ試験体

試験体を様々な含水状態にするため，重しを付けて水道水に約 1 か月間浸漬した後，気中で自然乾燥させたほか，一部の試験体は 105℃に設定した乾燥機で恒量になるまで乾燥した後，気中に置いた．これらの吸水・自然乾燥・吸湿過程の途上で随時，輪切り試験体の周面から芯に向かう方向にピロディンを打ち込み，5 か所での打込み深さの平均値を求めた．使用したピロディンの打込みエネルギーは 6J，ピンの直径は 2.5mm

キーワード　木材，含水率，ピロディン
連絡先　〒239-0826　神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1　港湾空港技術研究所　沿岸環境研究領域
e-mail: yamada-m89wm@pari.go.jp

である．含水率（乾量基準含水率[1]）M_d（%）は次式で求めた．

$$M_d = (W_W - W_d)/W_d \times 100$$

ここで，W_Wは測定時の質量，W_dは105℃乾燥恒量．

3．結果と考察

試験結果を図-1に示した．今回試験したスギ丸太（辺材＋心材）とカラマツ円柱加工材（心材）のいずれにおいても，含水率は一般にFSPとされる約28%を超えてもピロディン打込み深さに大きく影響していた．スギではその影響の度合いは，飯島[3]による回帰式（含水率1%についてピロディン打込み深さが0.0545mm変化）と概ね合致していた．

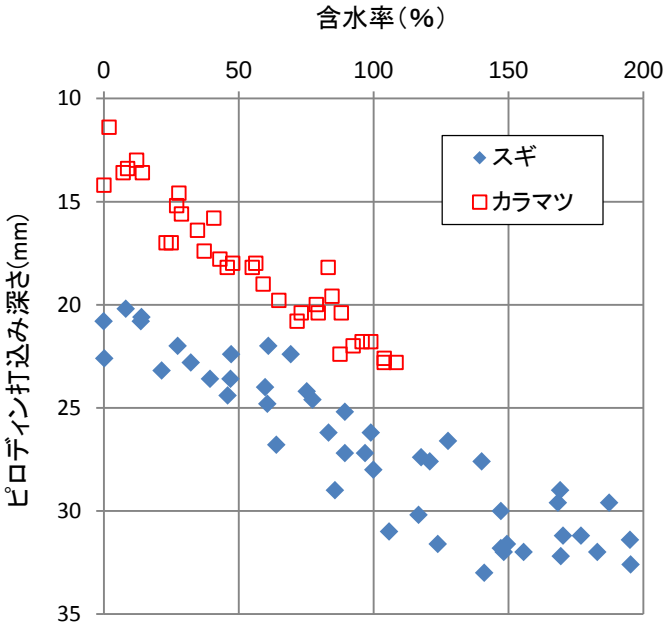

図-1　含水率とピロディン打込み深さの関係

含水率約28%ですべての細胞壁が結合水で飽和し，細胞内腔の自由水量が0であれば，それ以上含水率が増加しても自由水が増えるだけで，強度的性質は変化しないはずである．試験体を高湿な気中環境に置いて含水率が約28%に達した場合にはそのようになるとしても，今回のように気乾状態の試験体を水中に入れた場合には，細胞壁が飽和する前に細胞内腔に自由水が浸入するため，試験体の平均含水率が28%に達しても飽和していない細胞壁が存在し，含水率28%以上でも含水率の増加とともに飽和した細胞壁が増加し，ピロディンのピンが貫入する細胞壁の平均的な強度が低下し，打込み深さが増加すると考えられる．また，吸水・自然乾燥の両過程の途上での結果に明確な傾向の差が見られなかったことから，含水率と細胞壁飽和率の関係は両過程で大差ないと思われる．

ただ，気乾状態（含水率約14%）での細胞壁飽和率は約50%と考えられるので，全乾状態と気乾状態のピロディン打込み深さの差と，気乾状態と細胞壁飽和率100%時のピロディン打込み深さの差とが同程度になるはずだが，後者の方がはるかに大きくなりそうな実験結果となっている点は，上記の仮説だけでは説明できない．試験体を高湿な気中環境に置いて含水率を増加させて実験したり，6Jのエネルギーがどのように消費されるのか破壊力学を応用してモデル化したり，今回実験していない樹種と部位（辺材・心材）の組合せで実験することなどによって仮説を修正することが今後の課題である．

3．おわりに

ピロディン打込み深さは含水率が約28%を超えても容易に収束せず，高含水率では健全材でも30mmを超えることもあることから，採取した試料の健全性評価にピロディンを用いる場合には，気乾状態で測定するのがよいかもしれない．

参考文献

1) 中田了五：樹木のwetwood　現象と定義，木材学会誌Vol.60，No.2，pp.63-79，2014年3月
2) 津島俊治：ピロディン打込み深さに影響を与える諸要因，九州森林研究No.55,pp.192-195,2002年3月
3) 飯島泰男：土木用木質構造物の耐用年数評価について，木材保存Vol.25,No.5,pp.209-218,1999年10月
4) 土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会・土木学会木材工学委員会：2014年度土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会報告書，pp.84-94，2015年3月