

速報

ピロディン打込み深さに影響を与える諸要因*1

津島 俊治*2

I. はじめに

最近、スギを使った土木用木製構造物が盛んに設置されるようになり、現場ではこれらに使用されている木材の耐久性やメンテナンスに関する問題が生じている(5)。このようなエクステリアに使用されている木材は、害虫や害菌にさらされるばかりでなく、使用場所や気象などの環境条件も変化に富んでいるため、劣化判定が難しいとされている(1, 7)。

これらの木材の劣化診断には、目視による6段階評価法や超音波伝搬速度法など専門的な知識と経験を必要とする方法もあるが(6, 8, 11)、器具の取扱いが容易で、しかも現場の土木技術者が比較的簡易に測定できる方法に、ピロディンを用いた診断法がある。

ピロディンは、電柱の軟質腐朽や立木密度の測定などに用いられる木材測定器であり、製造元であるスイス PROCEQ 社のカタログには、次のような注意点が記述されている。①ピロディンを用いる試験は、腐朽が外側から内部に向かって起きている場合に、また電柱が凍結も、極端な乾燥もしていない場合にのみ可能である。②電柱試験方法では、最もひどい腐朽は通常地表下5~10cmの深さに見られるので、そこが最良の試験部位で、同一円周のまわりで3回の測定をし、平均値をとる。③ストライカーピンの先端は、平坦面であつ鋭利でなくてはならない。そして、約5,000回の打撃を終えたら交換ししなければならない。

しかし、これまでスギ材のピロディン試験に関する研究事例は少なく(2, 3, 4)、上記の注意点を頼りに劣化診断測定を行うことは困難である。

そこで、樹種、比重・年輪構造、含水率、節、凍結などの諸要因がピロディン打込み深さに与える影響や、実際の土木用木製構造物に最も多く使用されているスギ小径丸太のピロディン打込み深さについて検討した。

II. 試験方法

試験は、スイス PROCEQ 社製 Pilodyn 6 J (ストライカーピン直径2.50mm, ピン長40mm) を使用し、クリアー試験とスギ小径丸太試験を行った。

クリアー試験は、年輪構造の異なるスギ5個体、ヒノキ、ベイマツ、ユリノキ、ケヤキ、クスギ各1個体を供試材とし、年輪が材高方向と直角になるよう板目木取りで5×5×60cmに仕上げ、40cm部分を含水率試験に、20cm部分を凍結試験に供した。

含水率試験は、気乾時に半径方向のピロディン打込み深さ Pdr と接線方向のそれ Pdt を測定した後、(株)ヤスジマ製の真空・加圧含浸装置 SBK-400AB (減圧0.08MPa-30min, 加圧0.82Mpa-60min を3回) で十分に水を吸収させ、その後40℃で熱風乾燥を行い、数日毎に Pdr を測定した。極度に乾燥した後、105℃で恒量に達するまで乾燥し、冷却後、全乾時の Pdr を測定した。測定は、ストライカーピンを材面に直角に貫入するよう打込み、3回の打込み量の平均値を Pdr, Pdt とした。なお、Pdr は全て木表側から木裏側への打込み量である。

凍結試験は、針葉樹を対象に行い、材長20cmの試料の等分した片方を飽水状態にした後、両者を冷凍室温度が-20℃の冷蔵庫に5日間入れ凍結させ Pdr を測定した。

節試験は、直径10cmの小径丸太を想定し、髓を材辺に持つスギを用い、長径2cmの節周辺の Pdr を測定した。

以上のクリアー試験の供試材は、測定終了後、ストライカーピンの貫入部を丸鋸で切削し、貫入状況の観察に供した。

次に、スギ小径丸太試験では、末口径が9~12cmで、長さ120~200cmの丸棒加工されたスギ小径木419本の Pdr, 動的ヤング係数 Efr を測定した。Pdr は、末口側、元口側及び中央部の3ヶ所の平均値とした。縦振動法による Efr は、リオン社製 FFT アナライザーを用い、1次波の振動数から求めた。

III. 結果及び考察

(1) 樹種・比重の影響

クリアー試験材の気乾比重、平均年輪幅、動的ヤング係数を表-1に示した。各供試材の気乾比重は、それぞれの樹種の一般的な値を示した(9, 10)。スギは、髓を含むCj5を除き、平均年輪幅が小さいほど気乾比重が大きい傾向にあった。

図-1に示すように、気乾時の Pdr は、スギが18.7~28.7mmと大きく、次にベイマツが17.3mm, ユリノキが15.3mm, ヒノキが14.3mmで、気乾比重の大きいケヤキ、クスギがそれぞれ

*1 Tsushima, S.: Effect of some factors on the depth of driving with the Pilodyn

*2 大分県林業試験場 Oita Pref. Forest Exp. Stn., Hita, Oita 877-1363

10.3mm, 9.7mmと小さな値を示し、気乾比重と気乾時のPdrとの間には負の相関が認められた。このことから、樹種あるいは比重のPdrへの影響が確認された。しかし、材質の異なる5種類のスギ間では、気乾比重とPdrとの間に一定の関係は認められなかった。

(2) 年輪構造の影響

平均年輪幅が大きいスギのCj 3及びCj 4は、3回の打込み深さの差が6～7mmと大きかったのに対し、平均年輪幅の小さいCj 1及びCj 2のそれは1～3mmと小さかった。また、平均年輪幅の比較的大きい広葉樹のユリノキ、ケヤキ、クスギは、その差が0～1mmと小さかった。これらの傾向は、含水率試験でも同様であった。

ここで、いくつかの貫入状況を写真-1に示した。スギ、ヒノキ、ベイマツの21ヶ所の貫入状況を観察した結果、ストライカーピンが晩材で停止していなかったのは1ヶ所のみであり、20ヶ所が晩材の壁で停止していた。特に、早晚材の移行が急激で、密度差が大きいスギの場合、ストライカーピンが最終到達する晩材の壁で停止するため、年輪幅が大きい場合、ピロディン打込み深さのバラツキが大きくなるものと考えられた。

次に、製材品などの測定も考慮しPdrとPdtとの比較を行った。

その結果、スギのCj 3及びCj 4のPdtは、Pdrに比較し著しく大きな値を示した。これは、平均年輪幅が大きいため、直径2.50mmのストライカーピンが軽軟な早材中を貫通したためではないかと推測された。その他の供試材のPdtとPdrの差は±4mm以内と小さかったが、ストライカーピンが早晚材の何れを貫通するかによって、Pdtが大きなバラツキが生じると考えられた。このため、現場ではPdrを用いた劣化診断の方が適当であると考えられた。

(3) 含水率の影響

各供試材の含水率とPdrの関係を図-2に示した。含水率50%以上ではほぼ一定のPdrであったが、含水率50%以下では含水率の低下とともにPdrも小さくなる傾向を示した。この傾向は、全ての供試材で顕著であった。一般に、含水率は、木材の物理的性質に大きく影響し、特に繊維飽和点以下の含水率域で大きいことが知られている(12)。今回の試験では40℃で連続的に熱風乾燥を行ったため、材中に含水率傾斜が生じ、そのため、材の平均含水率で、繊維飽和点より高い50%前後の含水率域でPdrの変化が現れたものと推察された。

次に、含水率50%以上、気乾材、全乾材の各Pdrと含水率50%以上に対する気乾材及び全乾材の比を表-2に示した。ただし、気乾材のPdrは、含水率が15%前後の打ち込み深さの平均値とした。その結果、含水率50%以上のPdrに比べ、気乾材は最小0.66-平均0.82-最大0.91倍(以下同様)、全乾材は0.54-0.77-0.91倍であった。特に、スギでは、同様に0.81-0.87-0.91倍、0.77-0.83-0.91倍であった。

また、含水率が50%以下の領域で、スギのPdrは含水率1%当たり0.054-0.103-0.154mm減少しており、最小値が既報(1)とほぼ一致した。

(4) 凍結の影響

飽水にした供試材の推定含水率は、98-206-332%であり、ベイマツが最も低かった。

表-1. クリアー試験材の主な材質指標

樹種名	記号	気乾比重	平均年輪幅 (mm)	動的ヤング係数 (Gpa)
スギ	Cj1	0.371	1.3	7.50
	Cj2	0.369	3.6	9.09
	Cj3	0.320	6.1	6.75
	Cj4	0.274	22.5	6.13
	Cj5	0.423	5.7	6.06
ヒノキ	Co	0.462	2.9	13.92
ベイマツ	Pm	0.472	3.7	13.94
ユリノキ	Lt	0.452	10.0	9.04
ケヤキ	Zs	0.696	6.1	10.16
クスギ	Qa	0.879	5.7	16.03

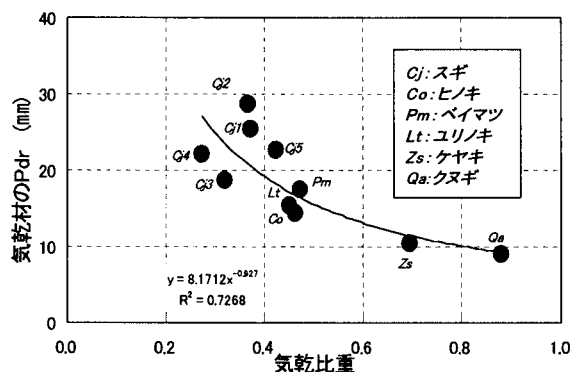


図-1. 各供試材の気乾比重とPdrの関係

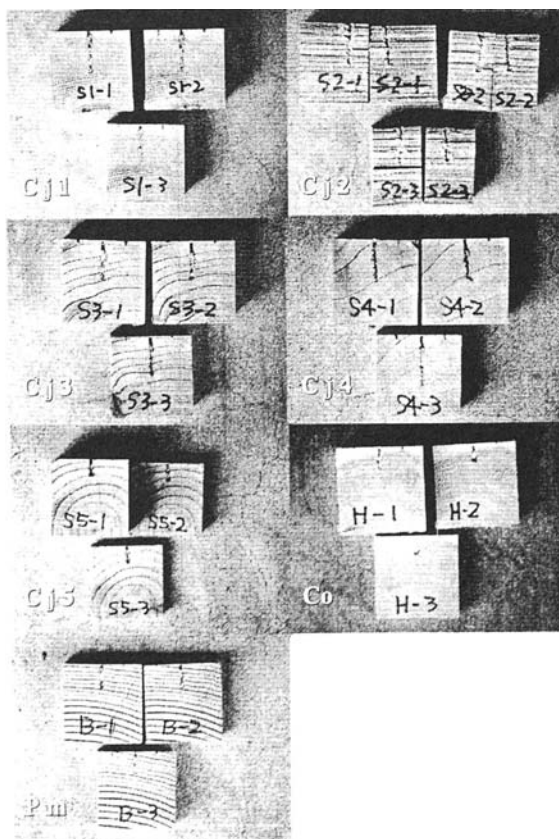


写真-1. ストライカーピンの貫入状況

表-2. 含水率50%, 15%, 0%のPdr

樹種名	記号	気乾材			全乾材	
		50%前後 Pdr50	Pdr15	比率	Pdr 0	比率
スギ	Cj1	29.7	27.1	0.91	27.0	0.91
	Cj2	34.0	29.2	0.86	26.3	0.77
	Cj3	33.7	29.2	0.87	26.7	0.79
	Cj4	34.7	28.2	0.81	29.7	0.86
	Cj5	26.1	23.7	0.91	22.0	0.84
ヒノキ	Co	18.7	15.3	0.82	14.0	0.75
ベイマツ	Pm	23.0	18.7	0.81	17.3	0.75
ユリノキ	Lt	23.7	15.7	0.66	12.7	0.54
ケヤキ	Zs	14.0	10.5	0.75	9.0	0.64
クスギ	Qa	11.3	9.5	0.84	9.7	0.86

各供試材の気乾材と飽水材の凍結後のPdrを図-3に示した。

気乾材の凍結後のPdrは、常温時に比べ0.94-0.97-1.05倍と平均で僅か3%だけ低下した。一方、飽水材のPdrは、同様に0.38-0.48-0.61倍とおよそ半分の値となった。これは、飽水材中に含まれる水が凍結し氷となり、水による打込み抵抗が増したためと推測できた。

(5) 節の影響

節及び節周辺のPdrを図-4に示した。節の中心のPdrは13mmと最も小さかったが、中心から上下3cm付近で17.5mmと最大になり、5cm付近から安定していた。また、測定終了後のストライカーピンの貫入状況の観察において、節の周辺では著しく繊維走行が乱れていることから、このことがPdrに影響する原因と推察された。スギ小径材の節周辺の状況を写真-2に示した。今回は、長径が2cmの節について試験したものであるが、節周辺の測定は避けた方がよいであろう。

(6) スギ小径丸太試験の結果

図-5に示すように、実際の土木用木製構造物に最も多く使用されるスギ小径丸太のPdrは、10.3-17.9-31.0mmで、標準偏差が3.42mm、変動係数が19.1%であった。

次に、動的ヤング係数Efrは、図-6に示すように、3.9-8.2-15.6GPaで、標準偏差が1.7GPa、変動係数が20.2%であった。また、PdrとEfrとの間には、図-7に示すように、有意な関係は認められなかった。

IV. まとめ

土木用木製構造物に使用している木材の劣化診断を行う方法として、器具の取扱いが容易で、しかも現場の土木技術者が比較的簡易に診断可能であるという理由から、ピロディンによる診断法が最適と考え、ピロディン測定の際に考慮しなければならない樹種、比重、年輪構造、含水率、節、凍結などの要因について検討した。

その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) ピロディン打込み深さは、樹種や比重の影響を強く受けたが、スギ材では比重との関係は認められなかった。
- 2) 早晚材の密度差が大きく、かつ年輪幅が広い材では、測定データにバラツキが生じやすいと考えられた。
- 3) 土木用木製構造物で木材を設置・利用している場合は(含水率50%以上を想定)、気乾材の約1.2倍の打込み深さとなった。
- 4) 含水率の高い凍結材や節周辺は、測定しない方がよいと思

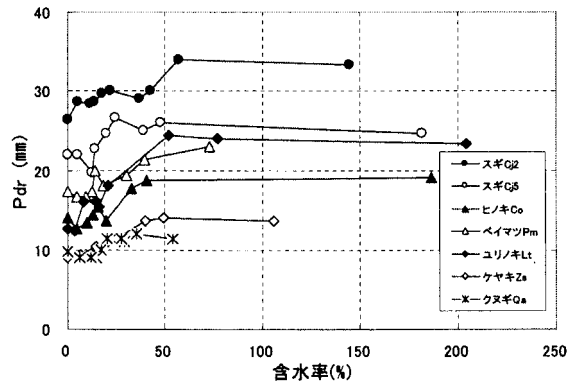


図-2. 各供試材の含水率とPdrの関係

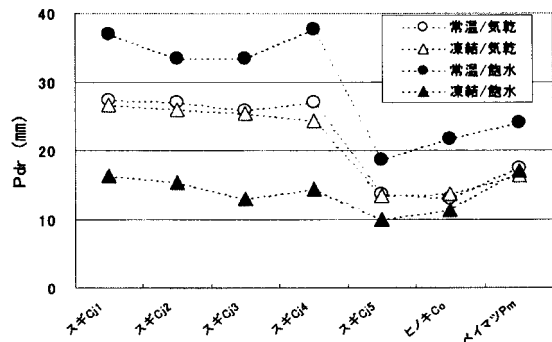


図-3. 各供試材の凍結材のPdr

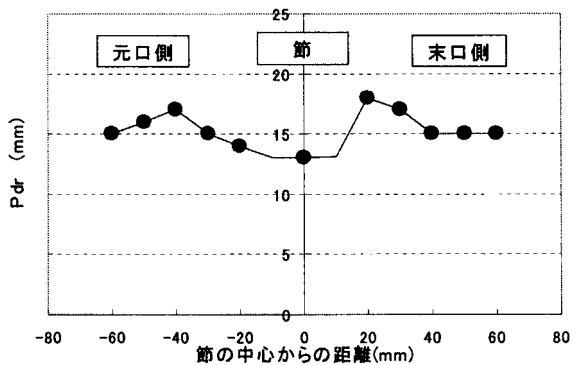


図-4. スギ小径材の節周辺のPdr

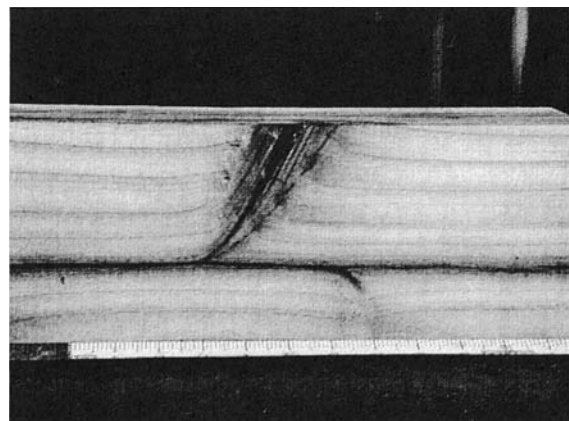


写真-2. スギ小径材の節周辺の様子

われた。

5) 実際の土木用木製構造物に最も多く使用されているスギ小径丸太のピロディン打込み深さは、約18mmであった。

引用文献

- (1) 飯島泰男 (1999) 木材保存 25 (5) : 3-12.
- (2) 飯島泰男ら (1999) 日本木材学会要旨集 49 : 100.
- (3) 岡田直紀ら (2001) 日本木材学会要旨集 51 : 532.
- (4) 田中俊成ら (1983) 日本木材学会要旨集 33 : 223.
- (5) 津島俊治 (2001) 木科学情報 8 (1) : 55-56.
- (6) 日本緑化センター (2001) 樹木医の手引き, 476-486.
- (7) 長谷川益夫ら (1993) 木材保存 19 (1) : 13-22.
- (8) 松岡昭四郎ら (1970) 林試研報 232 : 109-135.
- (9) 松村ゆかりら (2000) 日本木材学会要旨集 51 : 536.
- (10) 木材工業ハンドブック (1982) 186-194, 丸善, 東京.
- (11) 矢田茂樹 (2001) 日本木材学会要旨集 51 : 412.
- (12) 渡辺治人 (1978) 木材理学総論. 580-589, 農林出版, 東京.

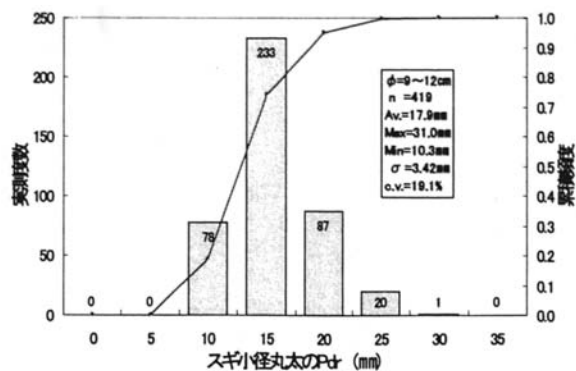


図-5. スギ小径丸太のPdrの出現頻度

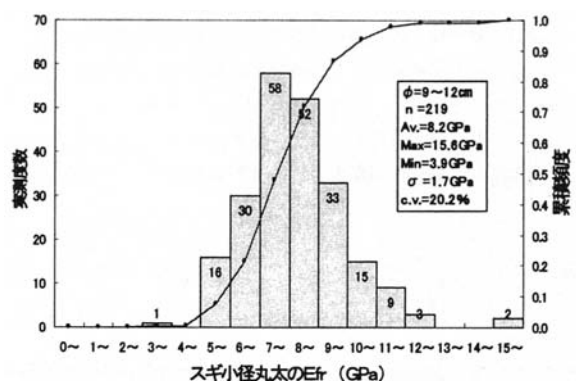


図-6. スギ小径丸太のEfrの出現頻度

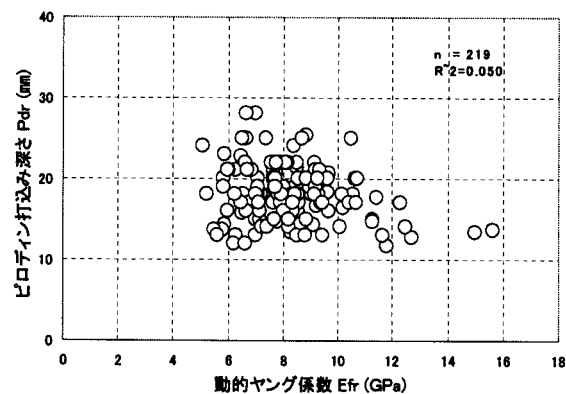


図-7. スギ小径丸太のEfrとPdrの関係

(2001年11月26日 受理)