

## スギ小径丸太の劣化調査

越智俊之

Deterioration Research of Sugi (*Cryptomeria japonica*) Small Logs

Toshiyuki OCHI

### 要 旨

現場における木製構造物の劣化診断方法およびスギ小径丸太の耐久性を検討するために、治山工事等で施工される土留工を対象に県内62箇所を調査した。土留工に使用された部材はすべてスギ皮付き無処理丸太であった。劣化状況の測定は、目視被害度、ピロディンによる打込抵抗法およびファコップによる応力波伝播法の3種類の方法で行った。施工後の経過年数が増加するに従って、目視被害度は増加した。目視被害度が軽微な腐朽の段階であれば、ピロディン打込深さは増加し、応力波伝播速度は低下した。ピロディン打込深さと応力波伝播速度の間には、負の相関関係が認められた。施工後の経過年数とピロディン打込深さについて検討した結果、施工後3年目までのピロディン打込深さは既往の研究における健全値（20～24mm）の範囲内であったが、それ以降打込深さが大きくなったため、スギ小径丸太の腐朽は3年目以降に進行する傾向があった。応力波伝播速度では、経過年数との関係はピロディン打込深さほど認められなかった。目視被害度3を耐用限界とした場合、スギ小径丸太の耐用年数は6年程度と推定され、ピロディン打込深さは約30mmが目安であった。

### I はじめに

近年、土木用資材や公園等の木製構造物に木材の利用が推進されている。島根県では、平成17年3月に「島根県公共土木工事木製構造物等設計指針」が作成され、公共工事において木材を積極的に利用することとした。土木・公園等の構造物に木材を使用した場合、耐久性や耐朽性が不明であるため、設計・施工上の問題となっている。また、定期的な点検や修理が必要な構造物もあるため、木製構造物の耐久性の把握や木材の劣化状況を定量的に診断する必要がある。その手法として、打込抵抗法や応力波伝播法による劣化診断方法が検討されており、他県では調査事例が報告されている<sup>1-7)</sup>。しかし、県内では具体的な測定事例はないため、島根県の気象条件における木材の耐久性に関する調査を行う必要がある。

そこで、治山工事等で法面保護や土壌流出防止のために県内に多数設置されている土留工を対象に調査し、劣化状況と劣化診断方法による測定値の関係を明らかにすることで、現場で活用できる劣化診断技術を検討した。また、土留工に使用された部材はスギ小径丸太（皮付き）であり、接地条件下で使用した場合のスギ小径丸太の耐久性として評価した。

なお、本報の一部は、日本木材学会中国・四国支部第17回研究発表会（鳥取，2005年）において発表した。

### II 試験方法

#### 1) 調査地

調査は、島根県内の1市1町（田7町1村）の62箇所の治山工事の現場で実施した（表1）。施工後の経過年数

表1 調査箇所数および調査本数

	経過年数															合計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
調査箇所	7	6	2	7	5	4	6	5	9	3	2	2	2	1	1	62
横 木	135	113	49	115	75	69	92	70	110	28	29	31	19	9	3	947
杭 木	87	81	33	90	60	45	71	59	91	24	22	21	5	0	0	689

表2 目視被害度の基準

目視被害度	観察状態
0	健全
1	部分的に軽度の虫害または腐朽
2	全面的に軽度の虫害または腐朽
3	2の状態のうえに部分的に激しい虫害または腐朽
4	全面的に激しい虫害または腐朽
5	虫害または腐朽によって形がくずれる

は1～15年であった。土留工に使用されている部材はスギ小径丸太（皮付き）であり、横木と杭木に分けて測定した。横木とは地面に対して水平に配置された土壌の流出等を抑えるための部材であり、杭木とは横木を固定するために横木に対して直角（地面に対して直角）に配置された部材である。横木の寸法は直径100～120mm、長さ3m程度、杭木は直径120mm、長さ600mm程度（地上高）である。治山台帳によれば、土留工に使用されているスギ小径丸太には、防腐処理がされておらず、無処理のまま施工されていた。

## 2) 測定方法

劣化状況の測定は、目視被害度、打込抵抗法および応力波伝播法により行った。目視被害度は、独立行政法人森林総合研究所の評価方法に準拠し、目視によって木材

の劣化状態を6段階に区分した<sup>8)</sup>。その評価基準を表2に示す。打込抵抗法には、PROCEQ社製Pilodyn（ピロディン）6J（打込ピン直径2.5mm、ピン長40mm）を使用した。ピロディンは、木材にピンを打ち込み、その打込深さによって腐朽を診断する機器である。一本の横木または杭木の繊維（長さ）方向の3箇所を測定を行い、その平均値をその部材のピロディン打込深さとした。測定箇所を図1に示す。応力波伝播法はFAKOPP Enterprise社製FAKOPP（ファコップ）を使用し、横木のみ計測を行った。ファコップは、木材に発信センサと受信センサを取り付け、発信センサを打撃して生じる応力波を受信センサが感知するまでの時間を計測する機器である。発信センサと受信センサの距離（測定間距離）は1,000mmで測定し、測定間距離と応力波伝播時間から応力波伝播速度を算出した。

経過年数によっては辺材部が完全に腐朽したのも確認されたため部材の状態も記録した。また、部材の含水率を含水率計（DELTA-5）により測定した。

## III 結果と考察

施工後14年以上経過した土留工は、測定機器を部材に押しあてただけで崩れたため、多くの部材では計測を行うことができなかった。横木および杭木ともに目視被害度が5と判定された部材の約半数では、辺材部が完全に腐朽して心材部のみしか残っていなかった。部材の含水率は、調査地の方位や治山工事で植栽された植栽木による被陰の状況等によって、調査地ごとで20～100%以上と

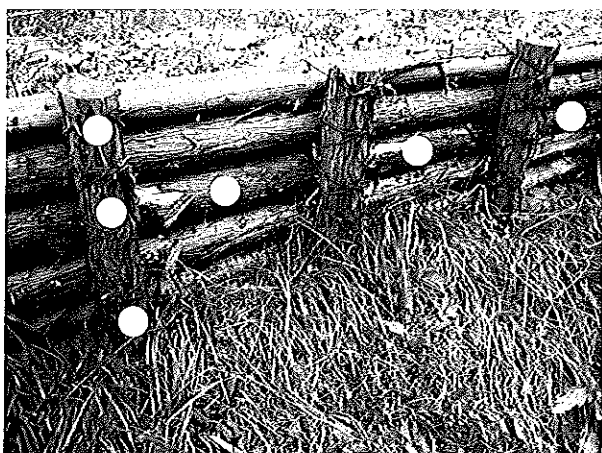


図1 ピロディンの測定位置  
(図中の○印)

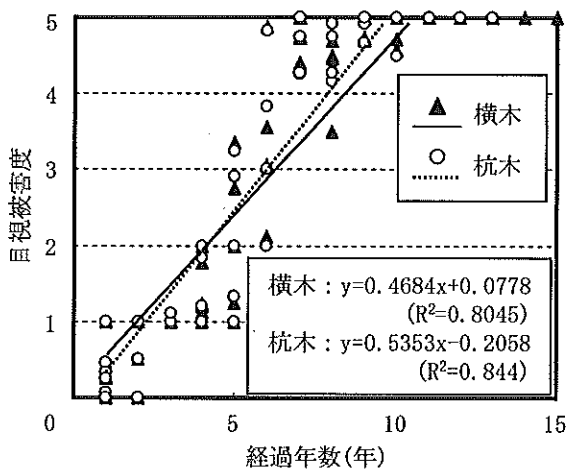


図2 経過年数と目視被害度

大きくバラツキがあったが、多くの調査地において50%以上であった。

横木および杭木ともに、経過年数の増加に伴って目視被害度が増加する傾向が認められた(図2)。横木に比べて、木口面が土に接する杭木のほうが腐朽しやすいと考えられる。しかし、図2に示すとおり、横木と杭木の腐朽の進行には明確な違いがないという結果であった。

目視被害度ごとに集計したピロディン打込深さを表3に示す。目視被害度0～3は、被害度の増加に伴ってピロディン打込深さの平均値が増加しているが、被害度4以降は逆に減少している。これは、腐朽の進行によって辺材部分が消失し、ピロディン打込深さをスギ小径丸太

の心材部のみで計測したためである。

応力波伝播速度の測定結果では、目視被害度0～2までは、被害度の増加に伴って応力波伝播速度の平均値が減少している(表4)。被害度3以降は、腐朽のひどい辺材部では応力波伝播速度が測定できず、より深くまでセンサを差し込んで測定を行った。そのため、まだ腐朽が進行していない心材部の応力波伝播速度を測定した可能性がある。現場での測定にあたっては、センサの差し込み深さの上限値を規定する、健全木に比べて著しく深い部材の測定データは別に処理する等の対応が必要である。

目視被害度3以下の調査地について、横木のピロディン打込深さと応力波伝播速度の関係を検討した(図3)。ピロディン打込深さが深くなるほど、応力波伝播速度が低下する傾向が認められた( $R^2=0.4912$ )。ピロディンはピンを打ち込んだ周辺部の腐朽を判定する局所的な診断機器であり、ファコップは取り付けたセンサ間の腐朽を判定する機器であり、機器によって腐朽を診断する箇所が異なっている。しかし、ピロディンとファコップの測定結果に相関関係が認められたことから、機器ごとに診断できる範囲は異なるが、腐朽の程度の低いスギ小径丸太であれば、どちらの機器を使用してもスギ小径丸太の腐朽を診断することが可能であるといえる。

施工後の経過年数とピロディン打込深さについて検討した(図4)。横木および杭木ともに、施工後の年数

表3 目視被害度ごとのピロディン打込深さ (mm)

目視被害度	横木						杭木					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
計測数	119	282	71	63	86	294	78	206	56	32	66	248
平均値	22.2	24.6	30.0	30.8	28.6	26.3	21.6	24.7	30.4	30.7	30.4	27.4
最大値	39.3	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	33.7	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
最小値	10.7	13.3	16.3	16.3	13.7	8.0	10.7	13.3	17.0	16.0	19.3	7.0
標準偏差	5.6	5.9	5.9	5.9	7.8	8.2	4.6	6.6	6.0	6.0	6.2	8.7
変動係数(%)	25.0	23.9	19.5	19.2	27.2	31.3	21.3	26.8	19.7	19.5	20.6	31.7

表4 横木の目視被害度ごとのVp (km/s)

目視被害度	0	1	2	3	4	5
計測数	118	281	70	60	85	298
平均値	2.60	2.49	2.16	2.30	2.20	2.09
最大値	3.63	4.16	3.09	4.08	3.58	3.58
最小値	1.60	0.20	0.72	0.60	0.26	0.36
標準偏差	0.38	0.61	0.52	0.71	0.64	0.72
変動係数(%)	14.6	24.5	24.3	30.9	29.1	34.6

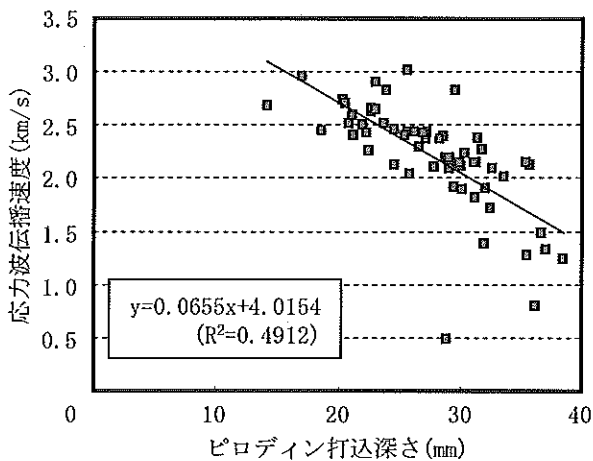


図3 ピロディン打込深さと応力波伝播速度

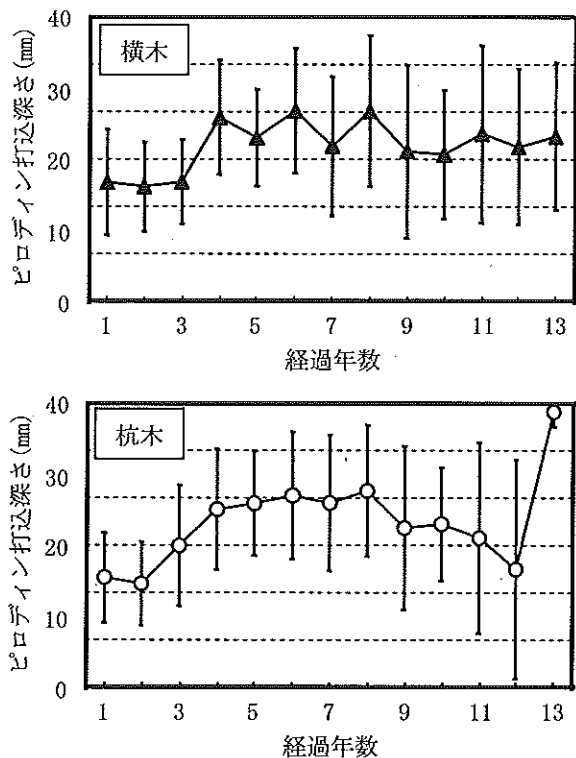


図4 経過年数とピロディン打込深さ  
(図中のエラーバーは標準偏差を示す)

が経過するに従ってピロディン打込深さは増加するが、25mmを越えるのは施工後3年目以降である。越智<sup>9)</sup>によれば、健全なスギ小径丸太のピロディン打込深さは20~24mmと報告している。このことから、スギ小径丸太の腐朽は3年目以降に進行するといえる。

施工後の経過年数と応力波伝播速度について検討した。ピロディンの測定結果に比べて、明確な傾向は認め

られなかった。これは、施工後の年数が経過し辺材部が腐朽することで、部材の表面にファコップのセンサを取り付けても測定できず、表層からより深い部分(心材部付近)までセンサを差し込んで測定したことから、応力波伝播速度は辺材に比べて比較的健全な心材部を測定した結果になったためと思われる。

目視被害度での耐用限界は、各種の報告において2.5~3.4の範囲としている<sup>6, 7, 10-12)</sup>。本報では、目視被害度3を耐用限界とした場合、横木および杭木のいずれも耐用年数は6年程度と推定される(図2)。このことから、接地条件下でスギ小径丸太を使用する場合には、5年以内に交換を行う必要があるといえる。島田ら<sup>2)</sup>も、目視被害度3以上とピロディン打込深さ31mm以上の部材の出現割合は同様の傾向を示すとしている。表1によれば、目視被害度3のときのピロディン打込深さは約30mmであり、このことから現場での測定の際にはピロディン打込深さ30mmを腐朽の判断基準の目安として使用できると思われる。

#### IV おわりに

本報では、木材の腐朽を測定機器によってある程度数値化することはできた。しかし、腐朽の程度と残存強度については検討していない。腐朽に伴う強度低下を考慮して管理する木製構造物も存在する。今後は腐朽の程度と強度の関係について検討し、木製構造物の安全な施工・管理のための情報提供を行う必要がある。

#### 謝辞

調査にあたり、土木部技術管理課、雲南県土整備事務所の治山・林道グループの方には、土留工の設置場所に関する資料の提供をいただいた。また、農林水産部林業課 中山茂生氏(旧、島根県中山間地域研究センター)には、調査の実施にあたり貴重なアドバイスをいただいた。島根県中山間地域研究センター嘱託職員 八幡優子氏には冬期の調査にもかかわらず、多大なご協力をいただいた。ここに厚くお礼申し上げます。

#### 引用文献

- 1) 飯島泰男: 土木用木製構造物の耐用年数評価について, 木材保存25, 209-218 (1999).

- 2) 島田忠雄, 村上浩二, 山田直也: 間伐材柵工の耐久性 (I) — 広域期間林道「瀬川・氷ノ山線」における間伐材柵工の腐朽被害 —, 兵庫県森林技研報47, 43-51 (1999).
- 3) 島田忠雄: 間伐材柵工の耐久性 (III) 木口面の劣化被害率と目視観察による被害度の評価, 気乾密度, ピロディン打ち込み深さ, 縦圧縮強度との関係, 兵庫県森林技研報49, 8-12 (2001).
- 4) 津島俊治, 河津渉, 城井秀幸, 豆田俊治, 三ヶ田雅俊, 長谷部孝行: 土木用木製構造物の耐久性に関する研究, 大分県林試研報15, 1-65 (2003).
- 5) 町田初男, 茂木のり恵, 伊藤英敏: 落石防護柵の緩衝材に使用されている針葉樹間伐材丸太の劣化調査, 木材保存29, 253-258 (2003).
- 6) 津島俊治, 栗崎宏, 長谷川益夫: 大分県における土木用木製構造物の劣化原因と耐用年数, 木材保存31, 199-206 (2005).
- 7) 長谷川益夫: 富山県における治山木杭の耐久性 (第2報) 皮付きと皮剥ぎ—塗布防腐処理スギ小丸太の耐用年数, 富山県林技研報18, 23-29 (2005).
- 8) 雨宮昭二, 松岡昭四郎, 庄司要作, 井上衛, 阿部寛, 内藤三夫: 浅川実験林苗畑の杭試験 (2) 防腐処理杭の10年間の被害経過, 林試研報230, 105-142 (1970).
- 9) 越智俊之: ピロディン打込深さに与える要因の検討, 島根県中山間地研セ研報 4, 31-34 (2008).
- 10) 雨宮昭二: 浅川実験林苗畑の杭試験 (1) 杭の被害程度を評価する方法, 林試研報150, 143-156 (1963).
- 11) 長谷川益夫, 中谷浩, 飯島泰男, 安田洋, 嘉戸昭夫, 長谷川幹夫, 相浦英春, 石田仁, 上林徳久: 富山県における治山木杭の耐久性 (第1報) — 柵工におけるスギ及びカラマツ木杭の耐用年数について —, 木材保存 19, 13-22 (1993).
- 12) 吉野安里, 柴田直明, 前澤まゆみ, 丸山文彦: 治山丸太筋工における木製構造物の経年変化 (II) — 使用部位ごとの耐用年数 —, 第55回日本木材学会大会研究発表要旨集, 139 (2005).

## Deterioration Research of Sugi (*Cryptomeria japonica*) Small Logs

Toshiyuki OCHI

### ABSTRACT

62 fence works executed sites are investigated deterioration diagnosing in Shimane Prefecture. Both the method of the deterioration diagnosing on wood civil engineering structures and service lives of SUGI (*Cryptomeria japonica*) small logs are examined. SUGI small logs on fence works are with bark and non-preservative treated. The deterioration diagnosing judges the 0-5 scale of the deterioration evaluation system, the Pilodyn driving depth and the stress-wave propagation method with FAKOPP. The correlation is between fence works elapsed years and deterioration evaluation system. In the case durable limit value of the wood is 3 in the deterioration evaluation system, the service lives of untreated wood estimated about 6 years. Also, the Pilodyn driving depth estimated about 30mm in this case.