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^{*1}

津島 俊治^{*2}, 栗崎 宏^{*3}, 長谷川益夫^{*3}

Deterioration agents and service lives of sugi-wood civil engineering
structures in Oita prefecture^{*1}

Shunji TSUSHIMA^{*2}, Hiroshi KURISAKI^{*3}, and Masuo HASEGAWA^{*3}

The cause of deterioration in 171 sugi-wood civil-engineering structures in Oita prefecture was investigated. Both the relation between the type of deterioration and its causal factors and a method for estimating the service lives of the wooden structures were examined.

Wooden structures for civil engineering are classified into three types : assistant structures, decorative structures and permanent structures. Small-diameter logs are used for assistant structures, lumber or preservative-treated wood for permanent structures. The biological causes of the damage were wood-decay fungi and termites. If the durable limit value of the wood is 3.4 in the 0 - 5 scale of the deterioration evaluation system, with a mean value of 33 mm for the Pilodyn driving depth, and 70% unusable proportion for the wood, the service life of untreated wood is 6 years and that of preservative-treated wood is 16 years, based on linear regression analysis between the limit values and the elapsed years. Using the multiple regression formula with a purpose variable for the average grade of damage, a formula for estimating service life is obtained for an estimated durable limit of 3.4 deterioration. The cause of deterioration in wooden protective fences was decay inside the surface cracks, and the bending strength of the damaged wood was clearly lower than that of unused one.

大分県下の171箇所の土木用木製構造物の劣化状況を調査し、部材の劣化要因と劣化指標の関係、木製構造物の耐用年数を推定する方法について検討した。

土木用木製構造物は、使用目的を基に補助的構造物、化粧的構造物および永久的構造物に区分することができ、補助的構造物には無処理の小径丸太が、永久的構造物には加工材や防腐処理材が使用されていた。木材腐朽菌およびシロアリによる被害が主であった。使用部材の耐用限界基準値を6段階評価の平均被害度3.4、ピロデイン貫入深さの平均値33mm、使用

*1 本研究の一部は日本木材保存協会第20回記念年次大会（2004年5月、東京）において発表した。

*2 大分県農林水産研究センター林業試験場 Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center, Saterabaru, Hita, Oita 877-1363 Japan

*3 富山県林業技術センター木材試験場 Toyama Forestry and Forest Products Research Center, Kurokawasim 4940, Kotsugi, Toyama 939-0311 Japan

不能材率70%と仮定したとき、それらと設置後の経過年数との直線回帰式から無処理材6年、処理材16年の耐用年数が得られた。また、6段階評価の平均被害度を目的変数とする重回帰式を導き、その耐用限界の平均被害度を3.4とし、耐用年数推定式を作成した。木製防護柵の劣化は部材上部の材面割れに沿った腐朽が原因と考えられ、劣化部材の曲げ強度性能は未使用材に比べて低かった。

1. はじめに

二酸化炭素の排出やオゾン層の破壊など地球規模の環境問題を背景に循環型社会の構築が課題となっている中、木材は循環型資源として関心を集めている。また、行政的には、林業振興のための国産材や間伐材の利用推進が急務となっており、全国各地でそれらの有効利用に向けた取り組みが行われている。

一方、公共土木事業における木材使用量は、林業分野では徐々に増加傾向にあるものの、他分野では依然として少ない現状にある。この原因として、設計者をはじめ多くの土木事業関係者が木材の耐久性や安全性に不安を感じていることが挙げられる¹⁾。また、木材あるいは木製品は、他材料の土木資材と比較すると、材料調達段階では入手方法や品質規格が明確でなく、設計段階では歩掛りやコストが曖昧である、すなわち木材を適正に使用するための基本情報が不足していることが指摘されている²⁾。

木材の耐用限界に関するこれまでの研究では、

縦圧縮強度減少率との関係から目視による6段階評価の被害度3を使用不能の目安とした報告³⁾、平均被害度2.5以上を耐用年数としスギの耐用年数を心材6.0年、辺材4.5年とした報告⁴⁾、スギおよびカラマツの治山木杭の折損率、縦圧縮強さ、容積密度の関係から耐用限界被害度を3.4としRichards回帰曲線式によりスギ木杭の耐用年数を7.4年とした報告⁵⁾、6段階評価の被害度が3でピロディン貫入深さ35mm超を使用不能材とした報告⁶⁾などがあり、木材の使用目的などによって劣化指標やその基準値が異なっている。

そこで、本報告では、土木工事における木材の耐久性についての基本情報を整備するため、大分県下に設置されている土木用木製構造物のプロフィールや劣化状況を現地調査し、木材の劣化要因と劣化指標の関係や構造物の耐用年数を推定する方法について検討した。一部の構造物については、現場から回収して劣化状況の詳細観察や曲げ強度性能の測定を行った。

表1 各工種の施工年度別の調査箇所数

Table 1 The surveyed number of the structures for each construction year (fiscal year)

用途・種類 Kind of construction	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	'00	合計 Total	防腐処理 Preservative treatment
木柵工・筋工 Wood fence	1		5	2	2	4	3	8	11	23	16	2	77	12
流路工・護岸工 Enbankment									2	2	2		6	0
防風垣工 Windbreak fence	2	3	3	2	2	2	3	1	1	1	1		21	18
土留工 Earth retaining							1	3	5	7	7		23	22
防護柵工・橋欄工 Guardrail・bridge handrail							1		3	6	2		12	12
谷止工 Valley closing								1		1	3		5	1
その他 Other	1	1					1	1	3	6	10	4	27	24
合計 Total	4	4	8	4	4	6	9	14	25	46	41	6	171	89

2. 試験方法

2.1 木製構造物の概要と劣化状況の調査

表1に示す県下全域の171カ所の木製構造物を対象として、概要と劣化状況を調査した。

概要の調査項目は、構造物の工種、施工後の経過年数、使用木材の樹種、形状・寸法、防腐処理状況、さらに施工地の環境要因として標高、海岸からの距離、傾斜、水分状況とした。施工後の経過年数は各調査箇所工事完成年月日から起算した年数とした。

劣化状況は、目視による6段階評価法とピロディン貫入試験法により調査した。ピロディンはスイス PROCEQ 社製 Pilodyn 6J(ストライカーピンの直径2.5mm、長さ40mm)を用い、調査本数は一施工地当たり20本とし、接地部材では地際部を測定した。被害形態は、目視により腐朽劣化とシロアリによる劣化の区別を行い、腐朽箇所の子実体が発生している場合は菌種を同定した。

2.2 木製防護柵の詳細観察と曲げ強度試験

現地調査で腐朽が確認された木製防護柵の中から、表2に示した直径18cm、長さ197.5cmのスギ丸棒材を現地から回収し、詳細観察と曲げ試験を行った。

詳細観察では、部材の材面を写真1に示すように現場での天地方向をもとにA、B、C、Dの4区画に分けて、材面割れ面積および腐朽発生箇所数を測定した後、断面検査を行った。材面割れ面積は、最大割れ幅に割れ長さを乗じた値の1/2とした。断面検査は、横断面の割れ深さの測定、腐朽状況および防腐剤の浸潤状況を観察した。

曲げ試験は、島津製作所製の木材実大試験機を用い、スパン1800mmの3等分点4点荷重方式で、10mm/minのストローク変位一定の荷重条件とし、全試験体ともD面を荷重面とした。曲げ強さ(MOR)および曲げヤング係数(MOE)を次式により算出した。

$$MOR = P \cdot a / 2Z$$

$$MOE = p \cdot a (3L^2 - 4a^2) / 48I \cdot y$$

ただし、 $a = 600\text{mm}$ 、 $Z = \pi d^3 / 32$ 、 $I = \pi d^4 / 64$

表2 供試材の概要
Table 2 Samples of wooden guardrails

所在地 Location	本数 Number of sample	経過年数(年) Elapsed year	樹種 Wood species	防腐処理 Preservative treatment	塗装 Coating
本匠 Honjo	8	3.2	スギ Sugi	なし No.	なし No.
直入 Naori	20	3.4	スギ Sugi	AAC 加圧注入 pressure- treated	なし No.
安心院 Ajimu	18	4.7	スギ Sugi	AAC 加圧注入 pressure- treated	含浸型 Inpregna- tion type

写真1 林道に設置された木製防護柵
Photo 1 A wooden gurdrail constructed along a forestry road

3. 結果と考察

3.1 木製構造物の概要と構造物の区分

調査対象とした構造物は、全体の77%が平成8年度以降に施工されていた。使用木材は全てスギで、丸棒材および製材が59%、直径あるいは断面寸法が12cm以下のものが85%、防腐処理材が52%の箇所で使用されていた。

土木用木製構造物を構造物に対する要求条件によって分類すると、植栽工が安定するまでの期間その強度性能を維持すればよい補助的構造物、化粧的に木材を使用した強度性能を維持する必要がない化粧的構造物、構造物自身が可能な限り長期間にわたり高い強度性能を維持しなければならない永久的構造物に区分できた。補助的構造物には木柵工・筋工、防風垣工、流路工・護岸工、支柱工等が、化粧的構造物には谷止工や法面工の化粧型枠が、永久的構造物には防護柵工・橋欄工、階

表3 スギ木製構造物に確認された菌類とシロアリ

Table 3 Fungal and termite damages found on sugi-wooden structures

番号 Number	和名 Japanese name	学名 Scientific name	属名 Genetic name	科名 Family name	発生箇所数 Number of detected site
1	カワラタケ	<i>Coriolus versicolor</i> (L. : Fr.) Quel.	カワラタケ属	多孔菌科	42
2	アラゲカワラタケ	<i>Coriolus hirsutus</i> (Wulf. : Fr.) Quel.	カワラタケ属	多孔菌科	2
3	カイガラタケ	<i>Lenzites betulina</i> (L. : Fr.) Fr.	カイガラタケ属	多孔菌科	2
4	ミダレアミタケ	<i>Cerrena unicolor</i> (Fr.) Murr.	ミダレアミタケ属	多孔菌科	15
5	ミイロアミタケ	<i>Daedaleopsis purpurea</i> (Cke.) Imaz. et Aoshi.	チャミダレアミタケ属	多孔菌科	8
6	チャカイガラタケ	<i>Daedaleopsis tricolor</i> (Bull. : Fr.) Bond. et Sing.	チャミダレアミタケ属	多孔菌科	6
7	キカイガラタケ	<i>Gloeophyllum saepiarium</i> (Wulf. : Fr.) Karst.	キカイガラタケ属	多孔菌科	27
8	ダンアミタケ	<i>Daedalea serialis</i> (Fr.) Aoshima	ホウロクタケ属	多孔菌科	5
9	ヒイロタケ	<i>Pycnoporus coccineus</i> (Fr.) Bond. et Sing.	シュタケ属	多孔菌科	3
10	オシロイタケ	<i>Oligoporus tephroleucus</i> (Fr.) Gilbn. et Ryv.	オシロイタケ属	多孔菌科	6
11	アミスギタケ	<i>Polyporus arcularius</i> Batsch. : Fr.	タマチョレイタケ属	多孔菌科	1
12	シカタケ	<i>Datronia mollis</i> (Sommert : Fr.) Donk	シカタケ属	多孔菌科	1
13	ヒメキクラゲモドキ	<i>Tremella coalescens</i> Olive	シロキクラゲ属	シロキクラゲ科	2
14	ゴムタケ属	<i>Bulgaria</i> sp.	ゴムタケ属	ズキンタケ科	2
15	ベニチャワントケ属	<i>Sarcoscypha</i> sp.	ベニチャワントケ属	ベニチャワントケ科	3
16	ホウライタケ属	<i>Marasmius</i> sp.	ホウライタケ属	キシメジ科	14
17	コウバイタケ	<i>Marasmiellus adoasis</i> (Fr.) Sing.	シロホウライタケ属	キシメジ科	1
18	ニガクリタケ	<i>Naematoloma fasciculare</i> (Hudson : Fr.) Karst.	クリタケ属	モエギタケ科	2
19	イッボンシメジ属	<i>Rhodophyllum</i> sp.	イッボンシメジ属	イッボンシメジ科	1
20	ホコリタケ属	<i>Lycoperdon</i> sp.	ホコリタケ属	ホコリタケ科	1
21	シクイタケ	<i>Antrodiella gypsea</i>		サルノコシカケ科	1
22	その他不明菌類				2
23	変形菌	<i>Myxomycetes</i>			3
24	地衣類 (ウメノキゴケ)	<i>Parmelia tinctorum</i>	ウメノキゴケ属	ウメノキゴケ科	2
25	ヤマトシロアリ	<i>Reticulitermes speratus</i> (Kolbe, 1885)		ミゾガシラシロアリ科	(42)

注：ヤマトシロアリの発生箇所数は食害痕が確認された箇所数である。

図1 平均被害度の頻度分布図

Fig. 1 Histogram of average grade of damage

図2 健全材と使用材のPdrの相対度数

Fig. 2 Relative frequencies on the Pilodyn driving depth of unused and used wood

段工，進入防止柵，落防クッション材，補強土壁面工，側溝蓋，案内板等が該当する。補助的構造物には無処理の小径丸太材が多いのに対し，永久的構造物には丸棒材や製材品などの加工材が多く使用され，防腐処理の割合も高い傾向にあった。

3.2 被害形態と劣化原因

木材劣化被害は，主に木材腐朽菌被害とシロアリ

被害の2種類に分類された。今回の調査で確認された菌類とシロア리를表3に示す。このほか，変形菌や地衣類が存在したが，木材劣化との関連は認められなかった。木材腐朽菌による被害は，白色腐朽菌のカワラタケ (*Coriolus versicolor* (L. : Fr.) Quel.) や褐色腐朽菌のキカイガラタケ (*Gloeophyllum saepiarium* (Wulf. : Fr.) Karst.) を主とす

る18属21種の木材腐朽菌によるもので、全体の50%の箇所、しかも県下全域で確認された。シロアリ被害は、ヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus* (Kolbe, 1885)) の食害、食痕が25%の箇所を確認された。

3.3 各種劣化指標による耐用限界の判定基準

構造物ごとに構成部材の被害度を平均した値を平均被害度とし、その頻度分布図を図1に示した。全体の80%が平均被害度2以下であり、平均値が1.36と低く、比較的健全な構造物が多かった。現地調査で得た7950本のスギ部材のピロディン貫入深さ（以下 Pdr 値とする）と健全な未使用スギ材419本のそれ^{7,8)}の相対度数を図2に示す。健全なスギ未使用材 Pdr 値の分布域は、最小値10mm、最大値30mm でピロディンの計測範囲内であった。一方、使用材の分布域は、最小値は6mmであったが、最大値は計測上限値の40mmを全体の16.4%が超した。未使用材 Pdr 値の分布パターンがほぼ正規分布であるのに対し、使用材は未使用材より右側に偏った分布を示した。

これらの測定値を解析して、以下に述べる3種類の指標値を求め、それぞれの値ごとに耐用限界値を設定して3通りの方法で耐用年数の推定を行った。

第1の指標値は構造物ごとに求めた Pdr 平均値とし、縦圧縮強さが半減する値をその耐用限界値とした。10cm 径のスギ健全材の Pdr 平均値は18mm である^{7,8)}から、実際の Pdr 値から18mm を減じた値が断面欠損深さとなる。そこで、10cm 径材の縦圧縮強さが半減する断面欠損深さに18mm を加えた値33mm を耐用限界値とし、構造物の各部材の Pdr 平均値がこの値に達した時点を耐用年数とした。

第2の指標値は使用不能材率である。個々の部材の使用不能閾値は、上記のとおり Pdr 平均値33mm と想定できる。そこで、Pdr 値33mm 以上の部材が構造物の全部材に占める本数割合を使用不能材率とし、構造物ごとの Pdr 平均値と使用不能材率の関係から、Pdr 平均値が33mm に達するときの使用不能材率を求めた。直線回帰から算出した耐用限界値は68.3%であった。耐用年数推定においては使用不能材率70%を限界値とし、これに達した時点を耐用年数とした。この限界値は、飯島の

報告⁶⁾で示された耐用限界確率10%のときの使用不能率65%と近似した。

第3の指標値は平均被害度である。平均被害度の耐用限界値は、平均被害度と Pdr 平均値の関係から、Pdr 平均値が33mm に達するときの平均被害度を求めた。直線回帰から算出した限界値は3.42であった。耐用年数推定においては平均被害度3.4を限界値とし、構造物の各部材の平均被害度がこれに達した時点を耐用年数とした。この限界値は長谷川らの報告⁵⁾で示された耐用限界被害度と近似した。以上の3種類の劣化指標値について、Pdr 平均値が33mm、使用不能材率が70%、平均被害度が3.4をその構造物の耐用限界判定基準値とした。

3.4 劣化要因と使用木材の耐用年数

木材劣化に影響する要因について検討するため、全調査地のデータを用い統計処理を行った。木材腐朽菌子実体の有無、シロアリ食害の有無、平均被害度、Pdr 平均値、使用不能材率の5項目の劣化指標を目的変数とし、経過年数、施工地の環境条件（標高、海岸からの距離、傾斜、水分状況）および使用木材の条件（丸棒または製材加工の有無、防腐処理の有無、断面寸法、測定部位）の9項目の劣化要因を説明変数とした。劣化指標と劣化要因との相関関係を表4に示す。経過年数は、木材腐朽菌子実体の有無を除く劣化指標との間に1%水準で有意な相関関係が認められた。標高、水分状況、測定部位は全ての劣化指標と有意な相関関係が認められた。海岸からの距離と傾斜は、シロアリ食害の有無だけに負の相関関係が認められた。5項目の劣化指標の中で、経過年数の増加に伴う劣化度の段階的な変化をもとに耐用年数を推定するには、有・無の判別である木材腐朽菌子実体の有無およびシロアリ食害の有無の2つを除く、平均被害度、Pdr 平均値、使用不能材率が適当と考えられた。

平均被害度、Pdr 平均値、使用不能材率と経過年数との関係を図3～5に示した。平均被害度は、図3に示すとおり、経過年数の増大に伴い防腐処理材および無処理材のいずれにおいても増加し、耐用年数、すなわち被害度3.4に達する年数は、回帰式から無処理材では6.3年、処理材では12.7年と推定された。同様に、Pdr 平均値については、図4に示すとおり、耐用年数、すなわち Pdr 平均値が33

図3 経過年数と平均被害度

Fig. 3 Relationship between elapsed years and the average grade of damage

○; untreated, △; treated

図4 経過年数とピロディン貫入深さ平均値

Fig. 4 Relationship between elapsed years and average Pilodyn driving depth

○; untreated, △; treated

図5 経過年数と使用不能材率

Fig. 5 Relationship between elapsed years and percentage of wood structures impossible to use

○; untreated, △; treated

mmに達する年数は、無処理材では5.5年、処理材では16.3年と推定された。なお、これらの回帰式のy軸切片は、健全な未使用材の値18mmとはほぼ一致していた^{7,8)}。使用不能材率については、図5に示したとおり、耐用年数、すなわち使用不能

材率が70%に達する年数は、無処理材では7.0年、処理材では16.1年であった。以上のように、3つの劣化指標から求めたスギ木製構造物の耐用年数は近似しており、おおむね無処理材では6年、処理材では16年と考えられた。ただし、処理材には各種の防腐処理材が混在しているため、今後、処理方法や使用薬剤ごとに検討する必要がある。

3.5 重回帰分析による耐用年数の予測

重回帰分析は、経過年数との間の相関係数が最も高かった平均被害度を目的変数Yとし、それと1%水準で有意な相関関係にあった経過年数 x_1 、設置箇所の標高 x_2 、水分条件 x_5 、使用木材の加工の有無 x_6 、防腐処理の有無 x_7 、断面寸法 x_8 、測定部位 x_9 の7つの説明変数について、変数増減法により探索した。その結果、次の回帰式が得られた。

$$Y = 0.718 + 0.327x_1 - 0.00054x_2 + 0.421x_5 - 0.933x_6 - 0.241x_7$$

F値は1%水準で有意であり、決定係数が0.686、重相関係数が0.828であった。各説明変数の中で、 x_1 のt値が特に高いことから、これが最も強く劣化に影響していると推察された。この重回帰式を利用した耐用年数の推定を試みた。平均被害度3.4を耐用限界と仮定し、耐用年数Xを求めると次式を得た。

$$X = 3.06 (2.682 + 0.00054x_2 - 0.421x_5 + 0.933x_6 + 0.241x_7)$$

この推定式に、最も劣化しやすい条件として、標高 $x_2 = 0$ m、水分状況 $x_5 = 2$ 、加工の有無 $x_6 = 0$ 、防腐処理の有無 $x_7 = 0$ を代入すると、耐用年数 $X = 5.6$ 年が得られる。逆に、最も劣化しにくい条件として、 $x_2 = 800$ m、 $x_5 = 0$ 、 $x_6 = 1$ 、 $x_7 = 1$ を代入すると、耐用年数 $X = 13.1$ 年が得られる。

この方法を利用して予め計画段階で構造物の耐用年数が推定できれば、構造物の目的や施工地の環境条件に応じた使用木材や植栽樹種の決定、および設置後の点検やメンテナンスの時期の予測が可能となるため、設計者が木製構造物を採用しやすくなるのではないと思われる。この実用化を進めるには、使用木材や施工地環境の種類とそれらの数値化手法を確立するとともに、さらに広い地域のデータを蓄積する必要があると考えられる。

表 4 劣化指標と要因間の相関係数
Table 4 Correlation coefficients between types of degradation and causal factors

説明変数 Explanatory variable	子実体の有無 Existence of fungal fruitbody	シロアリ害の有無 Existence of termite damage	平均被害度 Average grade of damage	ピロディン貫入深さ Average of Pilodyn driving depth	使用不能材率 Percentage of unusable proportion	
設置後の経過年数 x_1 Elapsed years	0.036	0.622**	0.687**	0.529**	0.621**	
標 高 x_2 Altitude	-0.117*	-0.416**	-0.325**	-0.215*	-0.343**	
施行地の 環境条件 Location enviroment	距 離 x_3 Distance from seaside	-0.039	-0.297**	-0.065	-0.104	
傾 斜 x_4 Slope angle	0.105	-0.130*	-0.014	0.041	0.057	
水分状況 x_5 Wet condition	0.209**	0.180**	0.297**	0.278**	0.223**	
使用木材 の状況 Used wood	形状加工 x_6 Sawmilling	-0.422**	-0.079	-0.448**	-0.443**	-0.404**
	防腐処理 x_7 Preservation	-0.435**	0.028	-0.320**	-0.409**	-0.319**
	断面寸法 x_8 Section size	-0.037	-0.295**	-0.240**	-0.070	-0.188**
	測定部位 x_9 Position	0.181**	0.267**	0.327**	0.203**	0.269**

注：**：1%有意，*：5%有意。説明変数は、経過年数（年），標高（m），距離（km），傾斜（無0，緩1，急2），水分状況（乾0，中1，湿2），形状加工（無0，有1），防腐処理（無0，有1），断面寸法（cm），測定部位（非接地0，接地1）とした。

3.6 木製防護柵の劣化原因と強度性能

木製防護柵の部材腐朽は、材面割れに沿って発生していたが、写真2に示すように、表面に比べると内部ほど広範囲に腐朽していた。腐朽菌被害は、46本中20本（43%）で発生し、A面でも最も顕著であった。各部材の材面割れ面積の合計値は、図6に示すように、平均値が134cm²で、材面ごとに比較するとA面が最も大きかった。子実体が確認された腐朽菌は、発育適温が25℃以上の好中高温菌類の多孔菌科のキカイガラタケとチャカイガラタケ（*Daedaleopsis tricolor*（Bull. : Fr.）Bond. et Sing.）であり、直射日光の当たる上部では材温上昇と干割れ周辺の雨水浸透によりこれらの腐朽菌の生育に適した環境が形成されたと推察された。

部材の強度性能は、動的ヤング率が3.17-5.54-8.63kN/mm²（最小値，平均値，最大値で以下同じ），曲げヤング係数が2.45-4.40-7.92kN/mm²，曲げ強さが12.6-31.5-48.2N/mm²で、全体の16%が無等級材のスギ基準強度22.2N/mm²を下回り，城井らの報告⁹⁾にある大分県産スギ製材品350本の平均値42.4N/mm²に比べ小さかった。これらの結果から，このような割れを端緒とした腐朽被害を回避するためには，さらに深い薬剤浸透を目指

写真2 木製防護柵の内部腐朽の状況
Photo 2 Inner decay of the wood guardrail

図6 各材面に発生した材面割れ面積
Fig. 6 The total area of surface cracks in each A, B, C and D ; see Photo 1.

した防腐処理が有効と考えられるが、環境やコスト面を考慮した方法として深い干割れが発生しにくい背割材への防腐処理も効果が期待できるのではなからうか¹⁰⁾。

4. 結論

大分県下の171箇所の土木用木製構造物の劣化状況を調査し、木材の劣化要因と劣化指標の関係や木製構造物の耐用年数を推定する方法について検討した。主な結果は以下のとおりであった。

- (1) 土木用木製構造物は、植栽工が安定するまでの期間その性能を維持すればよい補助的構造物、化粧的に木材を使用した化粧的構造物、構造物自身が将来にわたって高い強度性能を維持しなければならない永久的構造物に区分できた。使用木材は全てスギで、補助的構造物には無処理材の小径丸太が、永久的構造物には加工材や防腐処理材が使用される傾向にあった。
- (2) 使用部材の劣化被害は、木材腐朽菌被害およびシロアリ被害が主であった。腐朽性が低い変形菌や地衣類の発生も確認された。
- (3) 被害度やピロディン貫入深さと強度の関係を検討し、部材の強度が半減する値を求めた。その結果に基づき耐用年数推定のための耐用限界値を、平均被害度では3.4、ピロディン貫入深さの平均値では33mm、使用不能材率では70%に設定した。
- (4) 平均被害度、ピロディン貫入深さの平均値、ならびに使用不能材率の各劣化指標値と経過年数との間の直線回帰式に上記の耐用限界値を代入して求めた耐用年数は、無処理材では6年、処理材では16年であった。
- (5) $Y = 0.718 + 0.327x_1 - 0.00054x_2 + 0.421x_5 - 0.933x_6 - 0.241x_7$ (Y: 平均被害度, x_1 : 経過年数, x_2 : 設置箇所の標高, x_5 : 水分条件, x_6 : 使用木材の加工の有無, x_7 : 防腐処理の有無) の重回帰式が得られ、平均被害度3.4を耐用限界としたとき、耐用年数 X は、 $X = 3.06 (2.682 + 0.00054x_2 - 0.421x_5 + 0.933x_6 + 0.241x_7)$ で示された。この式から、予め計画段階での耐用年数が推定可能となった。
- (6) 木製防護柵部材を詳細に観察した結果、材面割れ面積の大きい上部面では腐朽菌被害が著し

かった。材面割れに沿った好中高温菌の多孔菌科による腐朽菌被害が木製防護柵部材の劣化原因と思われた。劣化部材の曲げ強度性能は低かった。

文献

- 1) 河津渉, 津島俊治, 城井秀幸: 木材使用に関する土木事業担当者の意識調査, 九州森林研究 **56**, 153-156 (2003).
- 2) 岩崎克己: 森林土木用材の適正な保存処理を選択する手引き, フォレストコンサル **87**, 12-19 (2001).
- 3) 雨宮昭二: 浅川実験苗畑の杭試験(1)杭の被害程度を評価する方法, 林業試験場研究報告 **150**, 143-156 (1963).
- 4) 松岡昭四郎, 雨宮昭二, 庄司要作, 井上衛, 阿部寛, 内藤三夫: 浅川実験苗畑の杭試験(3)各樹種の野外試験による耐朽性調査結果, 林業試験場研究報告 **232**, 109-135 (1970).
- 5) 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** (1), 13-22 (1993).
- 6) 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 **25** (5), 3-12 (1999).
- 7) 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 **55**, 192-195 (2002).
- 8) 津島俊治, 河津渉, 城井秀幸, 豆田俊治, 三ヶ田雅敏, 長谷部孝行: 土木用木製構造物の耐久性に関する研究, 大分県林業試験場研究報告 **15**, 1-65 (2003).
- 9) 城井秀幸, 藤本登留, 村瀬安英, 河野貴可, 芦原義伸, 井上正文: 大分県産スギ材の強度特性 (第2報) 製材品の曲げ強度性能, 九州大学農学芸誌 **59** (2), 137-151 (2004).
- 10) 栗崎宏, 中谷浩, 橋本彰, 水本克夫: スギ丸棒に発生する干割れの形状とその抑制技術について, 第53回日本木材学会大会要旨集, 413 (2003).

(2005. 6. 17受付)

(2005. 8. 17受理)