

環境に優しい木材製品の利用開発

(県単課題 平成12年～平成16年)

高信 則男

目 次

要 旨	
I はじめに -----	2
II 屋外における杭丸太の耐久性能試験 -----	2
1 目的 -----	2
2 試験方法 -----	2
3 結果と考察 -----	5
III 既設森林土木工事施工地（木柵工）杭材の耐用年数評価 -----	8
1 目的 -----	8
2 試験方法 -----	8
3 結果と考察 -----	10
IV 治山ダムの型枠工法の開発 -----	13
1 目的 -----	13
2 試験方法 -----	13
3 結果と考察 -----	17
V 環境に優しい木材保存処理技術の開発 -----	21
1 目的 -----	21
2 試験方法 -----	22
3 結果と考察 -----	24
VI おわりに -----	26
VII 引用文献 -----	26

要 旨

屋外における杭丸太の耐久性能試験において、3年経過後の残存曲げ強度（MOR）は、スギ皮付き材34%、同剥皮材35%、同防腐処理材99%、カラマツ皮付き材54%、同剥皮材46%、同防腐処理材79%となり、今回の試験では、スギ材の皮付き材と剥皮材で大きな差は認められなかった。また、スギ皮付き材、剥皮材の曲げ強度の平均は、建築基準法告示に定める無等級材の基準強度22.2MPaを下回ったが、カラマツ材は、基準強度26.7MPaを上回る結果となった。

既設森林土木工事施工地（木柵工）杭材の耐用年数評価では、施工後1～9年経過後の木柵工杭材について、ピロディン、目視の2つの評価法を用いて耐用年数を推定した。耐

受理日 平成17年12月27日

用年数は加工方法・評価法で異なり、ピロディンではスギ剥皮材は3～4年、同円柱加工材は8年、カラマツ円柱加工材は8年、目視ではスギ剥皮材が2～3年、円柱加工材は6～7年、カラマツ円柱加工材は4～5年であった。また、各要因のうち劣化に対する影響が大きかったのは、経過年数と杭の加工方法であった。

森林土木用構造物の工法等の開発では、5種類の治山ダムの型枠工法を考案し、関係機関に提案・検討を行った。その結果、単木落とし込み工法について、現地施工を行うとともにコンクリート打設時に側材のたわみ量の測定を行い、性能的に問題のないことが確認された。

環境に優しい木材保存処理技術の開発では、ベンガラを主成分とした天然塗料の塗布面に、表面保護剤として乾性油（桐油）を塗布する手法を検討し、促進劣化試験を行い、色差・撥水度を測定した。その結果、市販の天然系塗料と同等の耐候性（色差・撥水度）が確保されることが分かった。

I はじめに

近年、環境に優しい材料として木材が見直されてきており、公共建築物等の大型構造物をはじめ、デッキや土木資材等の屋外用部材として、木材を活用した事例が多く見受けられる。木製構造物を適正に維持管理するためには、部材の交換時期を推定する必要があるため、木材の耐用年数を明らかにすることが求められている。

また、森林土木事業では間伐材の型枠を活用した治山ダムが施工されているが、より施工性の高い工法が求められているため課題として取り組んだ。

一方、木材は紫外線、風雨等の気象的劣化と、虫、腐朽菌等の生物的劣化により、強度が低下するという問題が残されている。これを防止するためには、生物的劣化については防腐剤、気象的劣化については、耐候性塗料が上げられるが、本課題では環境に優しいと考えられる自然系塗料を用いて性能評価を行った。

今回の研究では、これらを総合的に検討し、間伐材等の利用促進を図ることを目的とした。

II 屋外における杭丸太の耐久性能試験

1 目的

土木用資材として多く使われている杭丸太強度の経年変化を明らかにし、耐用年数の把握を目的として実施した。

2 試験方法

(1) 供試材

供試杭材の処理区分は、皮付き材・剥皮材・防腐処理材（AAC系）の3区分とし、供試材は都路村（現田村市）産のスギ（平均径14.1cm、長さ1.9m）・カラマツ（平均径15.0cm、長さ1.92m）杭丸太を用いた。供試材の重量、ピロディン打ち込み深さ（以下Pe値）、動的ヤング係数を測定（表-1）した後、各樹種40本を曲げ強度試験に供し、残り40本を福島県林業研究センター構内に杭材長の1/2の深さに埋設した。

表－1 供試材の設置本数及び諸性能

杭木樹種	処理区分	本数	平均重量 (kg)	平均比重	平均動的 ヤング係数 (kN/mm ²)	平均Pe値 (mm)
スギ	皮付き	15	19.96	0.65	7.38	23.1
	剥皮	13	18.37	0.62	6.8	24.2
	防腐処理	12	17.11	0.61	6.77	24.3
カラマツ	皮付き	15	26.04	0.69	10.97	21.3
	剥皮	13	23.06	0.73	10.63	17.3
	防腐処理	12	22.69	0.71	10.08	16.4

(2) 防腐処理

耐久性能測定用スギ・カラマツ各12本について、真空・加圧含浸装置（ヤスジマ製 SB K-500AB型）を用いて、減圧加圧処理（減圧処理0.08MPaで1時間、加圧処理0.5MPaで2時間）によりAAC系防腐剤（35倍希釈液）を含浸した。

(3) 耐久性能の測定

① 測定機器の選定

劣化度を簡易に測定でき、携帯性を有する機器について予備的な測定を行った。

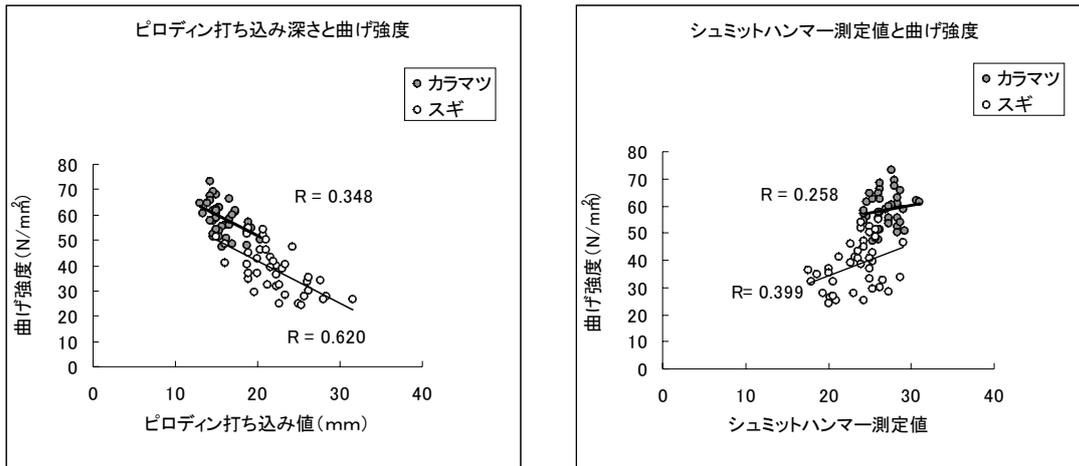
ピロディン：電柱の腐朽度判定用。ピンを一定の強さで材に打ち込みその打ち込み深さを測定する（スイスProceq社製のピロディン6J-Forest、ピン直径2.5mm、測定範囲0～40mm）（写真－1）。

シュミットハンマー：コンクリート強度検査用。一定の強さで材面を打撃し、その反発力を測定する（スイスProceq社製のシュミットテストハンマーNR型、衝撃エネルギー0.225mkg、強度測定範囲150～600kg/cm²）。

劣化測定用機器については、ピロディンとシュミットハンマーを用いて測定し、測定値と曲げ強度の相関を確認したところ、両樹種ともにPe値が相対的に高い相関となったことから、劣化測定用機器としてピロディンを選定した（図－1）。



写真－1 ピロディン



図－1 劣化測定機器と曲げ強度（MOR）の関係

② 劣化度の測定

ア 設置時（初期値）の測定

杭材の地際部の経年変化を測定するに当たり、埋設前の基準値を測定した。

イ 経年変化測定

構内に埋設した耐久性能測定用杭材について、ピロディンを用いて経年変化の測定を行った。

(4) タッピング法による動的ヤング係数の測定

供試材の木口面の一方をハンマーで打撃し材を縦振動させ、発生した音波を他方の木口面からマイクロホンで取り込み、FFTアナライザーを用いて基本振動数を求め、この結果と密度及び材長から次式により動的ヤング係数を算出した。

$$E_{fr} = 4 \times L^2 \times f^2 \times \delta$$

E_{fr} : 動的ヤング係数 (kN/mm²)
 L : 供試材の長さ (m)
 f : 基本振動数 (KHz)
 δ : 試験体の密度 (g/cm³)

(5) 実大曲げ強度試験

実大曲げ強度試験は、(財)日本住宅・木材技術センターによる「構造用木材の強度試験法」に従い、荷重容量50 tの実大強度試験機を用い、支点間距離1800mm、荷重点間距離600mmの3等分点4点荷重法により、材が破壊に至るまで加力した。曲げ強度試験の概略を図－2に示す。

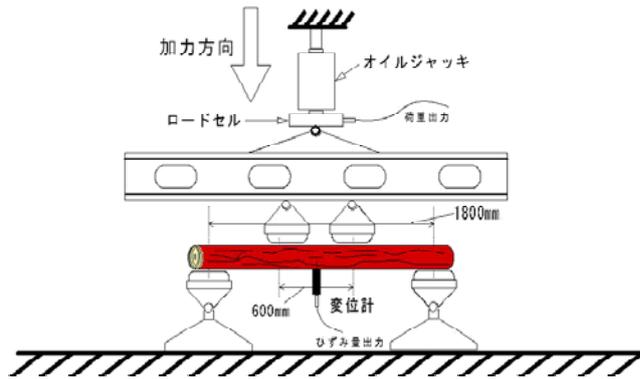


図-2 曲げ強度試験の概要

最大荷重から曲げ強度 (MOR) を、材中央部のたわみ量からせん断の影響を含んだ全スパンの曲げヤング係数 (MOE) を下記の式から求めた。

$$MOR = a \times P_{max} / (2Z) \quad a : \text{支点から荷重点間距離 (mm)}$$

P_{max} : 最大荷重 (N)

Z : 断面係数 (mm^3)

$$MOE = a(3L^2 - 4a^2) (F_1 - F_2) / \{48I(w_2 - w_1)\}$$

L : 支点間距離 (mm)

I : 断面 2 次モーメント (mm^4)

$F_2 - F_1$: 荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分

$W_2 - W_1$: $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分

3 結果と考察

(1) 防腐処理

樹種ごとの薬剤注入量 (以下注入量) の平均値及び処理時含水率と注入量の関係について、それぞれ図-3、4に示す。

スギ材については、平均値で JIS A 9002 に定める注入量 ($200\text{kg}/\text{m}^3$) をクリアしたが、カラマツ材については、JIS 基準を満たす材は皆無であった。

スギ、カラマツともに含水率の低下に伴い注入量は増加する傾向を示した。また、JIS 基準値に満たなかったものは、スギ材では含水率 76% 以上の材であった。

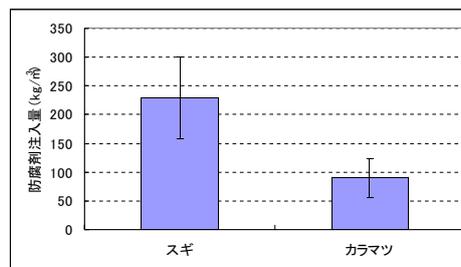
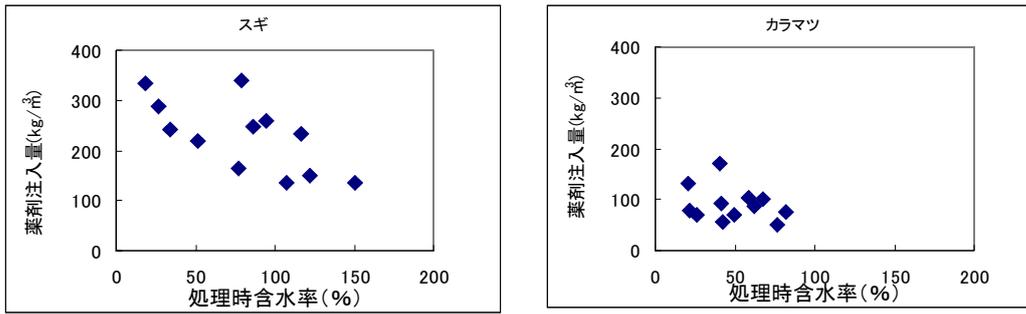


図-3 樹種ごとの防腐剤注入量



図－４ 処理時含水率と薬剤注入量の関係

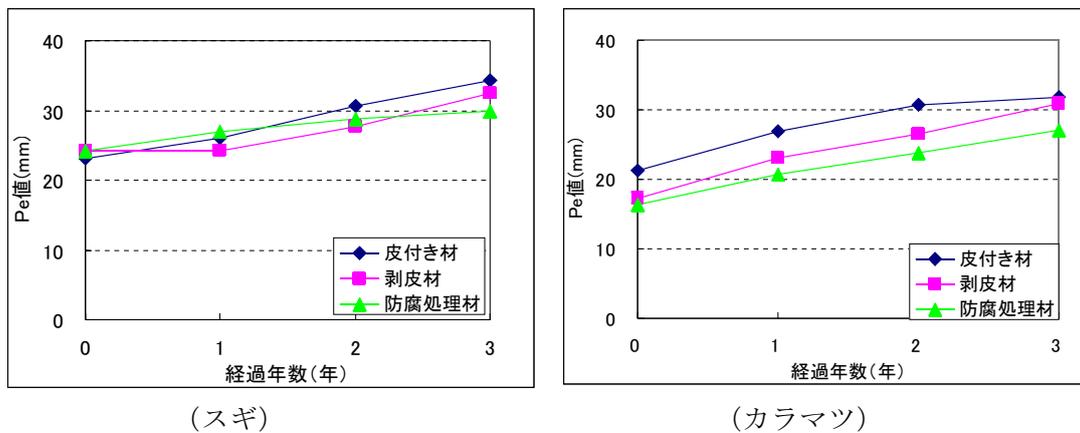
(2) 劣化度の測定

① 経年変化の推移

ア 経年劣化

Pe値の経年変化について図－５に示した。

３年経過時のPe値は平均値でスギ皮付き材が23.1mmから34.4mmと149%、同剥皮材が24.2mmから32.4mmと134%、同防腐処理材が24.3mmから29.9mmと123%、カラマツ皮付き材が21.3mmから31.8mmと149%、同剥皮材が17.3mmから30.9mmと179%、同防腐処理材が16.4mmから27.1mmと165%、いずれも増加した。



図－５ 経過年数とPe値

イ 腐朽菌及び虫食痕の出現

各樹種ごとの腐朽菌及び害虫食痕の出現状況を表－２に示す。

表－2 腐朽菌及び害虫食痕の出現状況

樹種	処理方法	腐朽菌の出現率(%)	害虫食痕の出現率(%)
スギ	皮付き	88	0
	剥皮	83	33
	防腐処理	33	17
カラマツ	皮付	100	38
	剥皮	83	0
	防腐処理	17	0

腐朽菌による被害は、スギ・カラマツともにカワラタケやヒイロタケがほとんどであり、皮付き材や剥皮材では子実体が発生し、菌が材内部に及んでいるものが多かった。しかし、防腐処理材では、材表面に白色菌糸が確認できたが、子実体を確認されたのはカラマツの2本のみであった。また、害虫食痕については、カラマツ材ではカラマツヤツバキクイムシが確認されたが、スギ材においては、害虫は確認できなかった。

② 実大曲げ強度試験及び動的ヤング係数の測定

ア 試験材（初期値）の測定

試験材（初期値）の実大曲げ強度試験及び動的ヤング係数の結果について、表－3に示す。

表－3 埋設前杭材の測定結果

樹種	密度 (kg/m ³)	試験時 含水率(%)	動的ヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	Pe値 (mm)
スギ	0.49	46.1	7.19	37.7	22.2
n=40	0.12	21.6	1.73	9.3	3.6
カラマツ	0.59	34.07	12.14	57.9	15.87
n=40	0.06	8.29	1.35	7.2	1.7

上段:平均値、下段:標準偏差

イ 3年経過した杭材の測定

埋設後3年経過した杭材の処理方法及び測定部位別のPe値について、図－6に示す。スギ・カラマツともに処理方法に関わらず地際部のPe値が最も高く、腐朽の進行が早いことが示唆された。また、スギ材の地上部と地際部では、剥皮材と皮付き材のPe値はほぼ同様な値で推移したが、地中部では剥皮材の値が大きくなった。

埋設後3年経過杭材の曲げ強度試験結果及びPe値について、図－7に示す。埋設前（初期値）と3年経過後の強度（残存強度）を比較すると、スギ初期値37.7N/mm²に対し、皮付き材で12.6N/mm²(33.4%)、剥皮材で13.4N/mm²(35.5%)、防腐処理材で37.6N/mm²(99.7%)と推移している。

また、Pe値は、剥皮材で初期値27.4mmから36.06mmで132%、皮付き材で初期値24.96mmから38.08mmで153%、防腐処理材で初期値22.78mmから26.33mmで116%それぞれ増加している。

カラマツの曲げ強度は、埋設前（初期値）58.4N/mm²に対し、皮付き材で31.7N/mm²(54.3%)、剥皮材で27.0N/mm²(46.2%)、防腐処理材で46.3N/mm²(79.3%)と推移している。

また、ピロディン打ち込み値は、剥皮材では、初期値17.0mmから33.61mmで198%、皮付

き材で初期値21.33mmから34.79mmで163%、防腐処理材で初期値14.83mmから19.83mmで134%、それぞれ増加している。

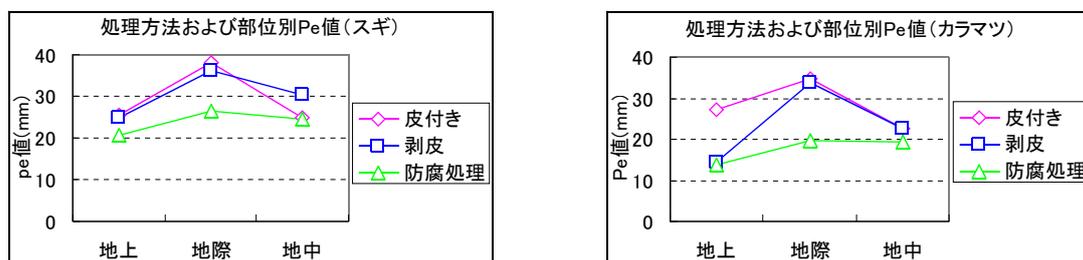


図-6 処理方法及び測定部位別Pe値

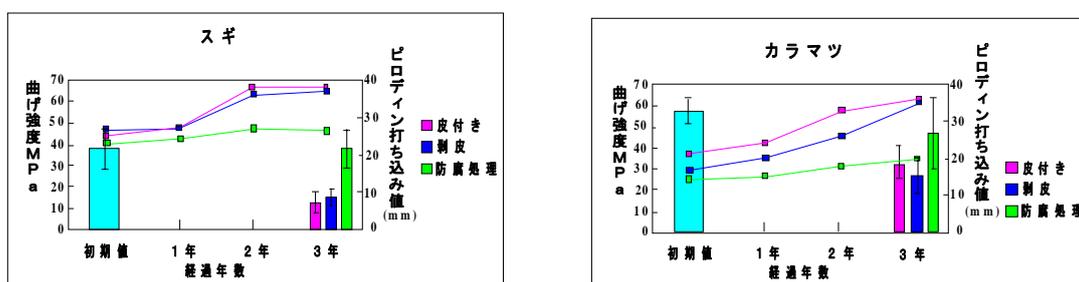


図-7 3年経過後の曲げ強度及びPe値の推移

ウ 残存曲げ強度の比較

初期強度（健全材）を100とした場合の3年後の残存曲げ強度の結果を表-4に示す。

3年経過後の残存曲げ強度（MOR）は、スギ皮付き材34%、剥皮材35%、防腐処理材で99%、カラマツ皮付き材54%、剥皮材46%、防腐処理材で79%となった。今回の試験では、スギ材については、皮付き材と剥皮材で大きな差は認められなかった。また、防腐処理材の残存強度が極めて高かったことにより、適正に防腐成分が含浸されたことが示唆された。

一方カラマツ材では、皮付き材の残存強度が剥皮材を上回る結果となった。

また、スギの皮付き材、剥皮材の曲げ強度の平均は、建築基準法告示に定める無等級材の基準強度22.2MPaを下回ったが、カラマツ材は、基準強度26.7MPaを上回る結果となった。

表-4 3年後の残存強度

樹種	スギ	カラマツ
皮付き	34	54
剥皮	35	46
防腐処理	99	79

（初期強度を100とした場合の割合）

III 既設森林土木工事施工地（木柵工）杭材の耐用年数評価

1 目的

森林土木工事で多く用いられている木製杭材の腐朽度合いと、各種要因が劣化に与える影響について検討し、木製杭材の耐用年数を推定する¹⁻⁷⁾。

2 試験方法

(1) 試験体

試験体は県中地方の55カ所の木柵工施工地の杭材を用い、1カ所につき約10本、計544本を対象とした。試験体は9～15cmの無処理材であり、経過年数は1～9年である。また、杭材は剥皮スギ材50本、丸棒加工されたものが、スギ材300本、カラマツ材194本である。

(2) 劣化度の測定

劣化度の測定には、ピロディン(6J-Forest、ピン直径2.5mm、測定範囲0～40mm)を用いた。測定部位は、土壤に接する部位である地際部と頂頭部から約10cm下部の頂部の2カ所とした(図-8)。それぞれについて、測定可能な範囲で3点を測定し、その平均値を代表値とした。

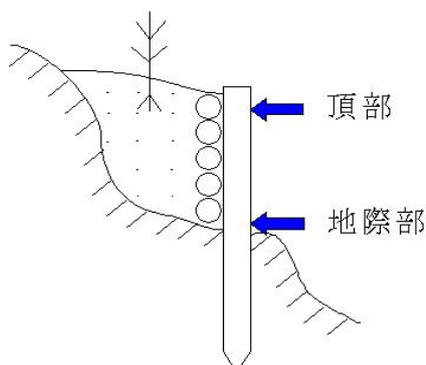


図-8 測定部位

(3) 目視被害度の測定

被害度の測定は、雨宮ら¹⁾の6段階評価法に準拠して行った(表-5)。被害度の測定には個人差が出やすいため、同一人が測定した。

表-5 被害度の評価方法

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り形が崩れる

・雨宮らの杭被害度評価分類

(4) 劣化要因の測定

試験体の劣化要因として、経過年数、加工方法を調査した。さらに、施工地の環境に起因する要因として標高、傾斜、斜面の方向、水分状況、土性を測定した。なお、数値化の困難な加工方法、斜面の方向、水分状況、土質は表-6に示すように分類し、重回帰分析を行った。

表－6 劣化の因子

測定項目					
加工方法	斜面方向	水分状況	土質		
			粘土	砂	レキ
剥皮材	北～北東・北西	乾	有	有	有
円柱加工	東・西～南	湿	無	無	無

3 結果と考察

(1) ピロディン打ち込み深さの変化

表－7に経過年数ごとのPe値平均、標準偏差を樹種・加工方法ごとに示す。両樹種剥皮材、円柱加工材ともに年数が経過するほど、Pe値平均は増加傾向となった。2、4、8年経過時のPe値の平均（±標準偏差）は、スギ円柱加工材の場合、地際部でそれぞれ21.33（±7.87）、28.63（±8.68）、37.28（±4.29）mm、頂部13.18（±3.19）、13.30（±1.36）、29.68（±9.87）mmと推移した。カラマツ円柱加工材の場合、地際部27.47（±8.18）、28.95（±5.96）、31.77（±7.40）mm、頂部17.77（±6.11）、14.68（±3.31）、15.43（±4.97）mmと推移した。

Pe値の平均は加工方法で異なり、その順番は、剥皮＞円柱加工となった。

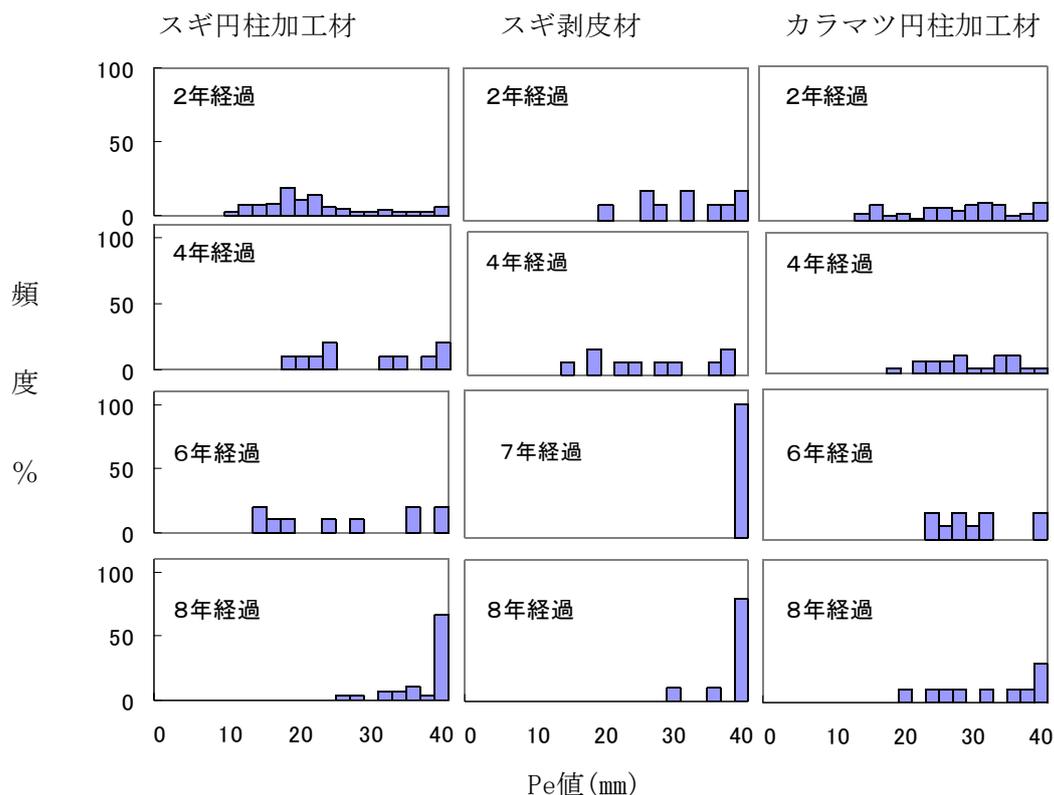
また、加工方法によらず、Pe値は地際部＞頂部の傾向を示したことから、杭材の耐用年数は地際部において決定されると考えられるため、以下の解析には地際部のPe値を用いる。

Pe値は40mmを最大値とする打ち切り値データであることから、平均値の比較とともに、分布の比較をする必要がある。そこで、図－9に地際部の各経過年数における樹種及び加工方法ごとのPe値の頻度分布を示す。各樹種、剥皮、円柱加工ともに年数が経過するほど最頻値が増加する傾向にあった。スギ剥皮材では7年経過時に、円柱加工材では8年経過時に、カラマツ円柱加工材でも8年経過時に最頻値が40mmに達した。

表－7 経過年数ごとのPe値の平均値、標準偏差

加工方法	n	測定部位	経過年数										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9		
スギ剥皮	50	地際部	mean	-	31.27	37.20	25.73	-	-	39.93	38.47	-	
			s.d.	-	6.88	2.96	8.72	-	-	0.14	3.26	-	
		頂部	mean	-	13.23	24.60	13.97	-	-	38.43	27.50	-	
			s.d.	-	1.79	3.17	4.73	-	-	2.73	10.38	-	
				n	0	10	10	10	0	0	10	10	0
		スギ円柱加工	300	地際部	mean	17.08	21.33	22.44	28.63	19.57	25.93	25.27	37.28
s.d.	2.93				7.87	7.33	8.68	6.18	11.05	5.27	4.29	-	
頂部	mean			16.02	13.18	12.67	13.30	12.18	22.10	13.47	29.68	-	
	s.d.			2.99	3.19	2.52	1.36	1.94	12.78	4.27	9.87	-	
				n	20	140	60	10	20	10	10	30	0
カラマツ円柱加工	194			地際部	mean	-	27.47	22.69	28.95	29.78	29.57	28.02	31.77
		s.d.	-		8.18	8.54	5.96	6.78	5.99	6.73	7.40	6.69	
		頂部	mean	-	17.77	14.09	14.68	11.63	23.83	14.24	15.43	19.40	
			s.d.	-	6.11	4.76	3.31	1.51	3.51	2.40	4.97	6.87	
				n	0	60	60	20	9	10	15	10	10

n: 試験体数、mean: 平均値、s.d: 標準偏差



図－9 地際部Pe値の頻度分布の経年変化

(2) 劣化要因の検討

目的変数を地際部のPe値、説明変数を経過年数、加工方法、標高、傾斜、水分状況、土質の8要因とした線形回帰分析を行い、各要因がPe値に及ぼす影響を比較した(表－8)。各要因のうち影響が最も大きかったのは、経過年数であり次いで杭の加工方法となった。劣化は、紫外線、風雨、虫、腐朽菌などにより生じることから、使用環境が大きな影響を及ぼすと考えられるが、今回の手法では使用環境の影響を評価することはできなかった。

表－8 Pe値と各種要因ごとの相関係数

経過 年数	加工 方法	標高	斜面 方向	水分 状況	土 質			
					粘土	砂	レキ	
Pe値	0.602	-0.579	-0.340	-0.012	0.090	-0.134	-0.329	0.239

(3) 耐用年数の推定

① ピロディン打ち込み深さによる推定

飯島²⁾は、スギ材におけるPe値と曲げ強さの関係式(曲げ強さ $= -0.59Pe + 54.3$ 、 $R^2=0.097$ 、 $13 < Pe値 < 33$ 、Pe値=30の下限值:24MPa)から、Pe値=35のときの曲げ強さの下限值を推定し、その値(22MPa)がスギ製材の材料強度(22.5MPa)を下回ることから、Pe値 ≥ 35 mmを使用不能材と定義し、治山木杭の耐用年数の目安であるとしている。さらにPe値 < 35 mmの材の残存耐力を90%と仮定した場合、使用不能材の出現率が60%のとき、材に設計時レベルの荷重が加われば5%は破壊するとしている。飯島の手法に従いPe値 ≥ 35 mmを使用不能材と定義し、使用不能材の出現率が60%のときの耐用年数を推定する。

図-10に使用不能材出現率の経年変化を樹種・加工方法ごとに示す。年数の経過に伴い同出現率は増加した。3、6、8年経過時の同出現率は、スギ剥皮材の場合は80%、データなし、90%、同円柱加工材は、10、30、73.3%、カラマツ円柱加工材は、15、20、50%であった。なお、材は使用不能材出現率の60%を使用限界とすると、耐用年数は、スギ剥皮材は3年程度、円柱加工材は8年程度であった。

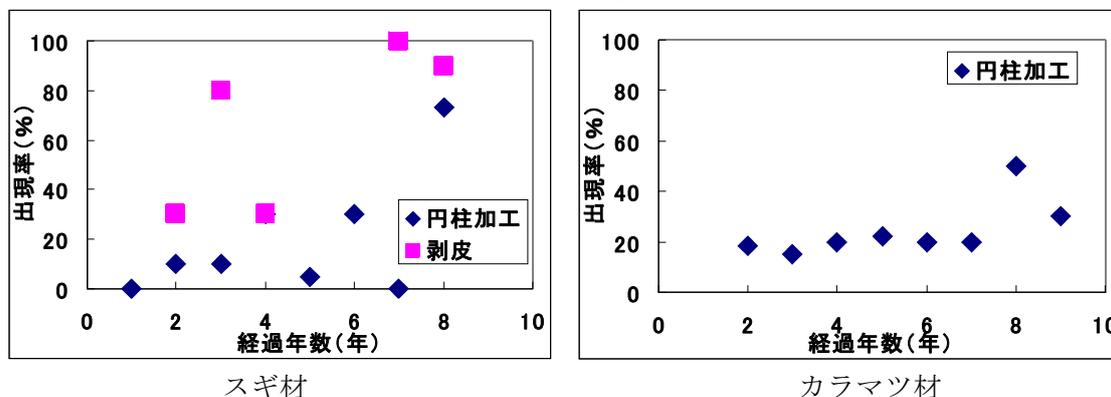


図-10 経過年数ごとの使用不能材出現率

※使用不能材：打ち込み深さ \geq 35mm

② 目視被害度による推定

雨宮ら¹⁾の被害評価法では、全面的に軽度の被害のうえに部分的に激しい被害があるものを被害度3としている。そのことから飯島は、激しい被害がある被害度3以上を腐朽材としている。²⁾図-11に腐朽材出現率の経年変化を示す。腐朽材出現率はスギ剥皮材では、2年経過から70%となり、同円柱加工材では6年経過時から50%を超え高くなった。

4年経過時の腐朽材出現率は、剥皮材、円柱加工材ともに50%となった。

カラマツ円柱加工材では、3年経過時の腐朽材出現率は23.3%であるが、5年経過時には80%を超えた。腐朽出現率60%を使用限界とすると、スギ材の耐用年数は、剥皮材は2～3年、円柱加工材は6～7年、カラマツ円柱加工材は4～5年であった。

耐用年数の推定は、加工方法、評価方法により異なり、その順番は剥皮<円柱加工となり、評価法では目視<ピロディンの傾向が認められ、目視では、より安全側に耐用年数が推定されることとなった。

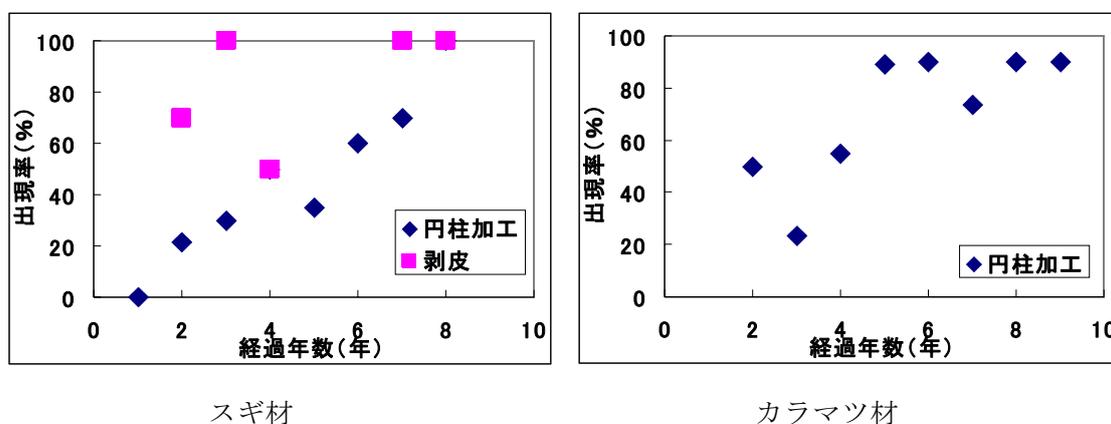


図-11 経過年数ごとの腐朽材出現率

※腐朽材：目視被害度 \geq 3

③ まとめ

森林土木工事で多用されるスギ・カラマツ杭材の耐用年数を推定するため、施工後1～9年経過した木柵工杭材について、ピロディン、目視の2つの評価法を用い¹⁻⁷⁾、地際部、頂部の劣化度の調査を行った。使用環境として、経過年数、杭材の加工方法、施工地の環境として、標高、傾斜、斜面の方向、水分状況、土質の要因について、各要因が劣化に及ぼす影響を検討した。結果を以下に示す。

- ア 劣化度は地際部>頂部の傾向を示し、年数の経過に伴いその格差は大きくなった。
- イ 推定された耐用年数は加工方法、評価法で異なり、ピロディンでは、スギ剥皮材は3～4年程度、同円柱加工材8年程度、カラマツ円柱加工材8年程度、目視では、スギ剥皮材2～3年、同円柱加工材6～7年、カラマツ円柱加工材4～5年であった。
- ウ 各要因のうち劣化に対する影響が大きかったのは、経過年数と杭の加工方法であった。施工地の環境は、劣化に大きな影響を与えられられるが、今回の手法では両者の関係を解析することはできなかった。

IV 治山ダムの型枠工法の開発

1 目的

従来の間伐材を利用したコンクリート型枠工法よりも施工性の良い工法を開発することで、間伐材利用の施工箇所が多岐に渡り、間伐材の利用促進に寄与できるものと考えられる。

2 試験方法

(1) 工法の検討

従来の間伐材丸太等を使用した残置式型枠は、型枠用材を止め金具等を用いて、縦鋼材の外側に固定していた。また、コンクリート打設時には、止め金具だけでは不安定なため、鋼材等で外側から押さえ付ける必要があり、取り付けに手間がかかっていた。

これらの問題点を解決するため試作品（模型）を作製し、県南農林事務所と施工性の検討を行い、模型の中から最も施工性の良いと判断された工法について、現地施工を行った。なお、施工時に側材のたわみ量の測定を行った。

① 単木落とし込み（H鋼型）型（写真－2）

- ア 丸太3面挽き材（幅10cm）を2mに採材し、両端（H型鋼に落とし込む部分）を耳磨りする（写真－3）。
- イ 支柱にH型鋼を使用し、L型鋼材等で地盤に固定する（支柱の連結は溶接）。
- ウ アの材をH型鋼支柱（支柱の間隔2m）の間に落とし込んで型枠材（側材）とする（写真－4）。



写真－2



写真－3



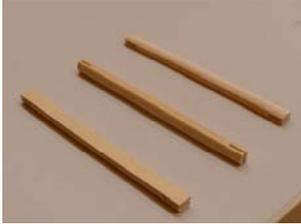
写真－4

② 単木落とし込み（スリット型）型

ア 丸太3面挽き材（幅10cm）を2mに採材し、木口面にT字鋼フランジ部の鋼材幅および厚さに応じてスリットを入れる（写真－5）。

イ 支柱としてのT字鋼を鋼線を使用し地盤に固定する。

ウ アの材をT型鋼支柱（間隔2m）間に落とし込んで型枠材とする（写真－6、7）。



写真－5



写真－6



写真－7

③ T字金具ユニット型

ア 3面挽き材（幅10cm）を2mに採材し、鋼製ネジボルトで2カ所を緊結し、高さ方向1mのユニットを作成する（写真－8）。

イ 支柱としてのT字鋼を、L型鋼材等で地盤に固定する（支柱の連結は溶接）。

ウ 作成したユニットを、T字金具を使用しT型鋼（2m間隔）のフランジ部に固定し型枠材とする（写真－9、10）。



写真－8

ユニット



写真－9

T字型金具での側材の固定



写真－10

④ 端材固定ユニット型

ア 3面挽き材（幅10cm）を、2mに採材し、表面を木材の端材を使用し連結し、高さ方向1mのユニットを作製する（写真－11）。

イ 支柱のT字鋼を、L型鋼等で地盤に固定する（支柱の連結は溶接）。

ウ 作製したユニットを、H型金具を使用しT型鋼（2m間隔）に固定し型枠材とする（写真－12、13）。



写真－11

ユニットとH型金具



写真－12

H型金具での側材の固定



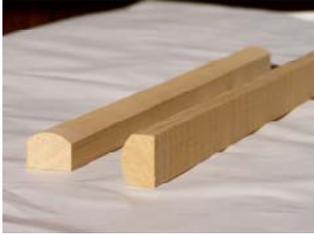
写真－13

⑤ 全木材型

ア 3面挽き材（幅10cm）を、2mに採材する（写真－14）。

イ 丸太を半割にした材を支柱にして、L型鋼材を使用し地盤に固定する（支柱の連結は、木製板を用いコーススレッドで固定）（写真－15）。

ウ 固定した支柱の裏面にアを、コーススレッドで1本ずつ固定し型枠材とする（写真－16、17）。



写真－14
3面挽き材



写真－15
支柱の連結



写真－16
側材の固定



写真－17

標記の工法について、検討の結果①工法の単木落とし込み（H鋼型）の施工性が良く、施工が容易であると判断されたため現地施工を行うこととした。

（2）施工箇所の概要

施工箇所	東白川郡矢祭町大字下石井地内		
構造物	谷止工	堤体高7.0m	堤体天端幅1.5m 前法3分 裏法2分
		コンクリート体積498.4m ³	型枠面積386.6m ²
使用木材	上流部	・スギ間伐材 4面挽き材（9×9×200cm）	1,700本
	下流部	・スギ間伐材 3面挽き材（9×9×200cm）	1,700本

（3）型枠強度の検討

単木落とし込み工法（H型工法）の現地施工に先立ち、部材の強度を検討するため、側材に掛かる圧力を想定し、材の曲げ強度試験を行った。また、現地施工時にはコンクリート打設時の側材のたわみ量の測定を行った。

ア 側材の曲げ強度試験

表－9に曲げ強度試験の結果を示す。

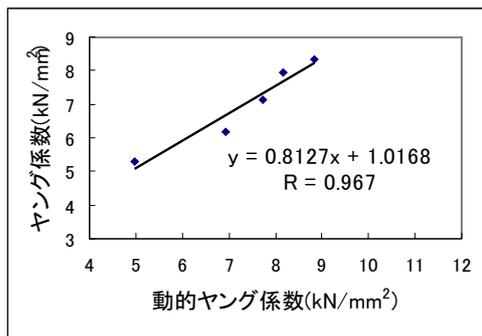
表-9 曲げ強度試験結果

4面挽き材 n=5	比重 (g/m ³)	最大荷重 (kN)	曲げ強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	最大たわみ mm	動的ヤング係数 (kN/mm ²)
平均値	0.48	15.25	37.65	6.98	61.6	7.33
最小値	0.43	14.52	35.85	5.30	42.0	4.99
最大値	0.56	16.92	41.78	8.32	96.0	8.85
標準偏差	0.05	1.05	2.60	1.25	21.13	1.49
変動係数(%)	10.9	6.9	6.9	17.9	34.30	20.3

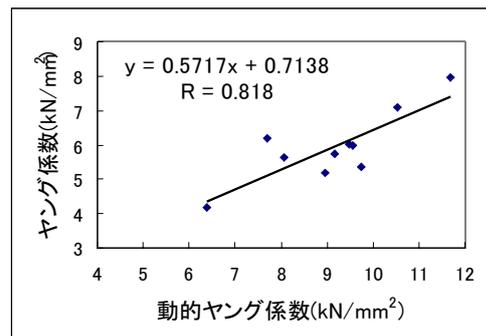
3面挽き材 n=10	比重 (g/m ³)	最大荷重 (kN)	曲げ強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	最大たわみ mm	動的ヤング係数 (kN/mm ²)
平均値	0.75	24.14	42.04	5.93	79.1	9.13
最小値	0.63	17.66	29.19	4.16	45.0	6.38
最大値	0.83	30.46	58.98	7.96	118.0	11.67
標準偏差	0.06	4.29	9.62	1.04	25.34	1.49
変動係数(%)	7.8	17.8	22.9	17.5	32.06	16.3

次に、図-12に動的ヤング係数とヤング係数の相関を示す。

動的ヤング係数とヤング係数の間には、高い相関があり、実大曲げ試験を行っていない材のヤング係数を高い確率で推定することができる。



(4面挽き材)



(3面挽き材)

図-12 ヤング係数と動的ヤング係数の関係

次にこの結果をもとに、実際にコンクリートを打設した場合のたわみの程度を以下の式に基づき推測した。

$$\Delta y = P l^3 / (48I \times MOE)$$

Δy : たわみ量 (mm)

P : 最大荷重 (N)

l : スパン (mm)

I : 断面2次モーメント (mm⁴)

MOE : ヤング係数 (kN/mm²)

この式から、スパン2000mmの材に1tで荷重をかけた場合のスパン中央の平均たわみ量は、4面挽き材では43.69mm、3面挽き材では28.15mmと推測された。

イ たわみ量の測定

(ア) 測定方法

動的ヤング係数を測定した材を現場に搬入後、動的ヤング係数の高い順に下から設置し（表-10）、30cm間隔に5カ所（打設面から5～125cm）で測定用治具を設置して（図-13、14）、コンクリート打設（打ち込み高1回目75cm、2回目50cm、計125cm）時の材のたわみ量を5分間隔で測定した。

表-10 試験材の設置箇所一覧

スギ4面挽ぎ材			スギ3面挽ぎ材		
材番号	動的ヤング (kN/mm ²)	たわみ測定 材設置位置	材番号	動的ヤング (kN/mm ²)	たわみ測定 材設置位置
No.15	5.08	5段目	Nb.1	6.58	
No.19	6.17		Nb.17	6.60	
No.1	6.47		Nb.29	6.79	
No.6	7.05	4段目	Nb.26	6.83	5段目
No.20	7.62		Nb.3	7.23	
No.14	7.62		Nb.15	7.51	
No.9	7.90	3段目	Nb.7	7.76	4段目
No.7	7.94		Nb.2	7.81	
No.3	8.06		Nb.19	7.88	
No.17	8.18	2段目	Nb.5	7.96	3段目
No.12	8.38		Nb.4	8.17	
No.2	8.61	1段目	Nb.23	8.19	
No.11	9.21		Nb.25	8.26	2段目
No.8	9.32		Nb.18	8.35	
No.4	9.73		Nb.11	8.69	
			Nb.16	8.81	1段目
			Nb.21	9.14	
			Nb.6	9.58	
			Nb.13	10.11	
			Nb.8	10.22	

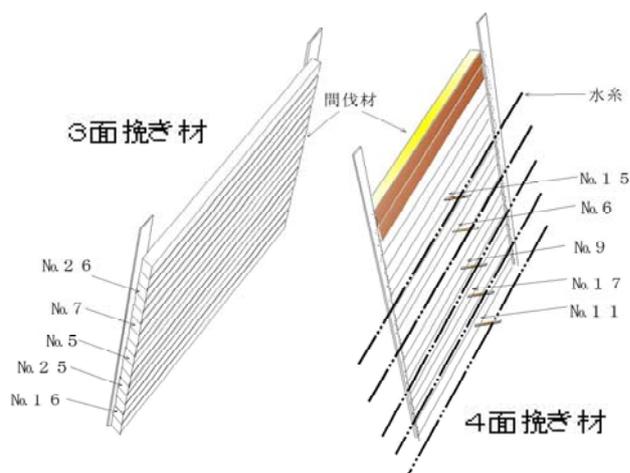


図-13 試験材の設置箇所



図-14 たわみ量測定状況

3 結果と考察

(1) たわみ量の測定結果

打設中の側材のたわみ量について、表-11に示す。

表-11 側材のたわみ量

4面挽き材 (上流側) 単位:mm																		
経過時間 時刻	打込高75cm								86分 経過	打込高50cm(75~125cm)								
	0分 9:20	5分 9:25	10分 9:30	15分 9:35	20分 9:40	25分 9:45	30分 9:50	35分 10:00		40分 10:05	0分 11:26	5分 11:31	10分 11:36	15分 11:41	20分 11:46	25分 11:51	30分 11:56	35分 12:01
5段(125cm)No.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
4段(95cm)No.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
3段(65cm)No.9	0	1	0	1	-1	-1	-1	-1	-1		0	2	5	7	7	7	7	7
2段(35cm)No.17	0	0	0	3	7	7	7	7	7		11	11	11	11	11	14	14	14
1段(5cm)No.11	0	0	0	4	6	6	6	6	6		6	6	6	9	9	9	9	9

3面挽き材 (下流側) 単位:mm																		
経過時間 時刻	打込高75cm								86分 経過	打込高50cm(75~125cm)								
	0分 9:20	5分 9:25	10分 9:30	15分 9:35	20分 9:40	25分 9:45	30分 9:50	35分 10:00		40分 10:05	0分 11:26	5分 11:31	10分 11:36	15分 11:41	20分 11:46	25分 11:51	30分 11:56	35分 12:01
5段(125cm)No.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
4段(95cm)No.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
3段(65cm)No.5	0	0	0	0	0	2	5	5	5		4	7	11	12	12	12	12	12
2段(35cm)No.25	0	0	0	0	5	0	5	6	6		6	8	10	11	11	11	11	11
1段(5cm)No.16	0	5	10	10	11	12	12	15	15		15	15	15	15	15	15	15	15

側材のたわみはコンクリートが測定材面に到達した直後と、バイブレータが材面近くで振動した時におこることが分かった。

また、1 t 荷重によるたわみ量は、3面挽き材よりも4面挽き材が大きくなると推測していたが、現地では3面挽き材のたわみが大きい結果となった。これは3面挽き材は縦鋼材との設置面が曲線（丸み）であることから、側圧により木材と鋼材間の滑りやずれが、たわみ量として測定された可能性も考えられる。

なお、施工状況について写真-18に示す。



写真-18 単木落とし込み型（H鋼型）施工状況

(2) 工事経費の比較（県南農林事務所が実施）

在来型と単木落とし込み型（H鋼型）（以下改良型）型枠について、労務費、材料費等の比較を行った。

まず、在来型と改良型の概略を図-15に示す。

改良型の模式図

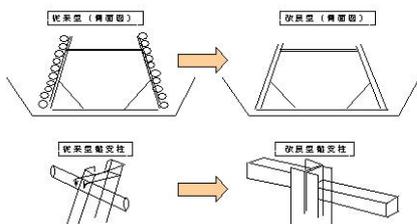


図-15 従来型と改良型（単木落とし込み型）模式図

① 労務費の比較

型枠100㎡当たりの在来型（暫定歩掛^{注1}）同（実績）及び単木落とし込み型（H鋼型）（以下改良型）の労務費算定比較を表-12に示す。

改良型の労務費は、従来型（実績）の約2.5分の1で、暫定歩掛^{注1}の約1.6倍となった。

表-12 費用算定の比較（労務費）

名称・区分		費用算定比較(間伐材型枠100m2当たり) (1) 労務費 (H15.12月末)					
		従来型(暫定歩掛)		従来型(実績)		改良型	
		数量(人)	金額(円)	数量(人)	金額(円)	数量(人)	金額(円)
労務費	世話役	2.0	40,000	11.3	226,000	3.5	70,000
	型枠工	4.0	68,000	14.0	238,000	6.5	110,500
	普通作業員	10.0	132,000	38.4	506,880	16.0	211,200
	小計	16.0	240,000	63.7	970,880	26.0	391,700
諸雑費		0.02	4,800	-	-	-	-

・従来型の実績労務費に比べて約2.5分の1の労務費
 ・暫定歩掛の労務費に比べて約1.6倍の労務費

② 材料費の比較

型枠100㎡当たりの材料費を表-13に示す。

改良型の間伐材等の材料費については、従来型（暫定歩掛^{注1}）の2.1倍となり、鋼材等については、3分の1となった。

表-13 費用算定比較（材料費）

名称・区分		費用算定比較(間伐材型枠100m2当たり) (2) 材料費 (H15.12月末)			
		従来型(暫定歩掛)		改良型	
		数量	金額(円)	数量	金額(円)
間伐材	間伐材丸太	10.8	162,000	-	-
	4面挽き材	-	-	9.4	344,980
	3面挽き材	-	-	-	-
	小計	-	162,000	-	344,980
鋼材等	間伐材丸太	100.0	270,000	-	-
	(ターボリン紙含む)	-	-	0.472	84,960
	軽溝形鋼を加工したH形鋼	-	-	105.0	3,250
	ターボリン紙	-	-	-	-
小計		-	270,000	-	88,210
ホイールクレーン賃料(16t)		0.8	29,440	-	0

間伐材等 → 従来型(暫定歩掛)に比べて約2.1倍の材料費が必要

鋼材等 → 従来型(暫定歩掛)に比べて約3分の1の材料費で足りる

③ 従来型型枠との算定比較

従来型型枠については、平成16年7月以後標準歩掛に移行したことから、各種部材を使用した場合の算定比較を行った（表-14）。

表-14 従来型型枠との算定比較（材長を1.8mとした場合）

考察①(間伐材型枠100m²当たり)

(H16.7月現在)

区分	暫定歩掛		L=1.8m (2面挽き材)		L=1.8m (3面挽き材)		L=1.8m (4面挽き材)		標準歩掛 (H16.7~)		
	数量	金額 (円)	数量	金額 (円)	数量	金額 (円)	数量	金額 (円)	数量	金額 (円)	
労務費	世話役	2.0	38,000	3.5	66,500	3.5	66,500	3.5	66,500	5.7	108,300
	型枠工	4.0	64,400	6.5	104,650	6.5	104,650	6.5	104,650	7.2	115,920
	普通作業員	10.0	126,000	16.0	201,600	16.0	201,600	16.0	201,600	18.5	233,100
	小計	16.0	228,400	26.0	372,750	26.0	372,750	26.0	372,750	31.4	457,320
諸雑費	0.02	4,568	0.02	7,455	0.02	7,455	0.02	7,455	0.03	13,720	
間伐材丸太	10.8	183,600	9.7	162,572	9.7	266,168	9.7	259,475	10.8	183,600	
間伐材支保工用鋼材	100	270,000	100	121,700	100	121,700	100	121,700	100	270,000	
ホイールクレーン賃料	0.8	28,160		0		0		0		0	
計		714,728		664,477		768,073		761,380		924,640	

間伐材型枠100m²当たり試算結果から

ア 2面挽き材（太鼓落とし）の場合は、暫定歩掛^{注1)}よりも安価となった。

イ 3面挽き材及び4面挽き材の場合は、暫定歩掛^{注1)}と比較して100m²当たり約6万円前後の金額に抑えられる。

ウ 標準歩掛^{注2)}と比較して安価となる。

ただし、試算では労務費を間伐材の長さが2.0mとした場合のものを使用しているため、実際の労務費は上昇する可能性がある。

④ 施工性等についてのアンケート調査

従来型と改良型型枠の施工性の違い等についての感想や意見を、関係建設会社に回答していただいた（表-15）。

これをみると、

(ア) 従来型と比較して、施工性が良い。

(イ) 縦材間隔が広がったことで、作業スペースが確保される。

(ウ) 縦材についても地域で加工した物を納品できる。

(エ) 径8~13cmの小径間伐材が使えなくなる。

(オ) 製材費用が別途かかる（コスト高）。

等の意見が出された。

表-15 アンケート結果について

平成15年12月19日に実施した現地検討会におけるアンケート結果について

事項	従来型	改良型	意見等
縦材加工形態	特許製品のため、特定社が納品	地域で加工し納品	・収益性を高める独自の部材の開発がベストである。 ・良い方向である 5社 ・回答なし 3社
コンクリート影響	縦材がコンクリートに埋没するタイプ	縦材の劣化による影響を減少させたタイプ	・設計断面が容易に確保できる。 ・施工性が良い3社 ・従来型が良い1社 ・回答なし3社
施工性	間伐材の押さえは、U型クランプやボルト	特に押さえは必要ない、はめ込みタイプ	・施工性が良い 8社 ・クランプ等取り付け時の落下事故等が解消される。 ・コンクリート打設高は2.0mとできないか。
鋼材設置間隔	間隔は1.0mを標準とし、間伐材の長さは2.0m以上	間隔は2.0mを標準とし、間伐は2.0m	・間隔が広く、作業の安全確保につながる。 ・手間が省ける。5社 ・回答なし3社
使用木材等	皮付き丸太間伐材	9cmを標準とする4面挽き及び3面挽き	・径8～13cmの間伐材は使えなくなる。 ・規格が一定であり取り扱い易い。 ・残材の処理方法を検討 ・製材コストがかかる。 ・3面挽きの方が見栄えする。 ・回答なし 1社

(3) まとめ

現地測定の結果たわみ量については、最大で15mm程度であり施工上問題となるほどではなく、施工性についても施工業者から従来の工法よりも施工性が良く、止め金具等を持ち歩かないため、物の落下事故が解消される等の意見があった。また、鋼材については地域で加工したものを使用することができることから、少なからず地元関係者にもメリットがあることも分かった。しかし、従来型で使用していた8～13cmの小径間伐材は使用できなくなることや製材費用が別途かかる等の問題も残った。

注1 暫定歩掛：「森林土木木製構造物暫定設計指針及び暫定施工歩掛の制定について」（平成11年4月5日付け11-8林野庁森林整備部計画課長通知）のうち森林土木木製構造物暫定指針による。（平成16年6月までの歩掛）。

注2 標準歩掛：「森林土木木製構造物設計等指針」（平成16年5月14日付け16林整計第41号林野庁森林整備部長通知）による。（平成16年7月からの歩掛）。

V 環境に優しい木材保存処理技術の開発

1 目的

近年、シックハウス等住環境問題や環境負荷が叫ばれる中、人と環境に優しい自然系塗料が注目されてきており、県内でも取り扱われるようになってきている。天然物や人体への影響が少ない人工物を主成分とする自然系塗料としてはシトラール（柑橘類の皮から抽出した油）、イソパラフィン（石油系であるが化粧品にも使われている）といった溶剤が使われている。これらは、合成樹脂塗料で使用される有機溶剤に比べ安全性が高いため、内装材や家具など、屋内において自然系塗料の需要が高くなっている。こうした自然系塗料の中には塗装工程を変えて、屋外で使用可能と記載されているものもあり、屋外においても自然系塗料の用途が増加すると考えられる。

一方、蓄積が増加している県産スギ材の用途として、屋外用部材としての利用が進みつつあるが、テーブルや椅子、遊具といった直接人体に触れるようなものについては、より安全な塗料を使用する必要性があり、選択肢の一つに自然系塗料が考えられる。しかし、

自然系塗料を屋外で使用した場合の性能については、不明な点が多くあり明らかにはされていない。

そこで、本研究では自然系塗料の屋外における性能等を明らかにすることを目的として、耐候性を調べるために促進耐候性試験、外構部材としての使用を想定して摩耗試験を行った。

2 試験方法

(1) 促進耐候性試験

JIS K5600塗料の促進暴露試験方法に準じ、キセノンウェザーメーター（スガ試験機製SL80-X75）を用い、放射照度：48w/m²、降雨サイクル：2時間間隔で18分、環境条件：BP63℃で1,100時間照射試験を行った。なお、測定は50時間経過後とその後は100時間ごとに20℃、RH65%の恒温恒湿器内に1昼夜以上静置し、色差・撥水度を測定した。

① 試験材料

ア 塗布基材

気乾状態のスギを用い、寸法は以下のとおりである。

スギ心材柱目板 厚さ10mm×幅60mm×長さ140mm

イ 供試塗料と塗布方法

供試塗料は天然系塗料（A：A社製ベンガラ（粒子径：0.2μm）、B：B社製ベンガラ（粒子径0.03μm）、C：BベンガラにC社製松煙を混合した。また、すべての塗料に粉体乾重量の3倍の会津産柿渋（3年物）を混合し蒸留水で10倍に希釈した。）に、表面保護剤として乾性油（桐油）を塗布したもの（AH、BH、CH）を用いた。

試験片は塗装仕様種類ごとに5枚作製した。塗布後の試験片は2週間以上の養生を行った。

② 塗布量

塗料の塗布量は、塗布前と塗布後（拭き取り後）に試験片重量を電子天秤で測定し、その重量差を1m²当たりの量に換算した。また、表面保護剤の塗布量については、塗料の塗布後48時間（温度20℃、湿度65%環境下）養生してから、保護剤の塗布を行い、同様に測定、換算した。

試験材料の内訳について、表-16に示す。塗料については、ほぼ均等な塗布量となったが、保護剤は、塗料を塗布していないContHで51.7g/m²と他の試験区分と比較し、多めの塗布量となった。これは、塗料を塗布していないため基材の吸い込み度合いが大きく影響したためと考えられる。

表-16 試験材料の内訳

記号	素地調整	塗料	塗料塗布方法	塗膜調整	塗料塗布量 (g/m ²)	保護剤塗布方法	表面保護剤	保護剤塗布量 (g/m ²)
A	#240	ベンガラA+柿渋	刷毛均一	拭き取り	26.8			
AH	#240	"	刷毛均一	拭き取り	25.6	刷毛均一	桐油	38.3
B	#240	ベンガラB+柿渋	刷毛均一	拭き取り	32.1			
BH	#240	"	刷毛均一	拭き取り	35.7	刷毛均一	桐油	39.9
C	#240	B塗料+松煙	刷毛均一	拭き取り	24.6			
CH	#240	"	刷毛均一	拭き取り	28.7	刷毛均一	桐油	35.6
Cont	#240	無処理						
ContH	#240	"				刷毛均一	桐油	51.7

③ 色差

スガ試験機製測色計NSC-Pにより、L*a*b*表色系で測色し、色差を算出した。

④ 撥水度

試験片を電子天秤に載せ、塗装面中央部に約1gの蒸留水をマイクロピペットで滴下し重量を測定した。1分間放置した後、試験片上の水分をティッシュペーパーで拭き取り、再度秤量し試験片に浸透した水分量を測定し、下式により撥水度を算出した。

$$WR (\%) = (1 - W_2 / W_1) \times 100$$

WR : 撥水度 (%)

W₁ : 滴下した水分量 (g)

W₂ : 基材中に浸透した水分量 (g)

(2) 耐摩耗性試験

JIS Z 2101 木材の試験方法に準じ、TEBER社製摩耗輪CS-10を用い、60r. p. m. で500回転させ操作前後の重量を測定した。

① 試験材料

ア 塗布基材

気乾状態のスギを用い、寸法は以下のとおりである。

スギ辺材板目板 厚さ10mm×幅100mm×長さ100mm

イ 供試塗料と塗布方法

供試塗料及び塗布方法は促進耐候性試験と同様とした。

なお、試験片は塗装仕様種類ごとに3体とし、塗布後2週間以上の養生を行った。

塗布量について、表-17に示す。

表-17 塗料及び保護剤の塗布量

記号	塗料塗布量(g/m ²)	保護剤塗布量(g/m ²)
A	37.5	
AH	36.3	38.6
B	38.6	
BH	39.4	35.7
C	34.3	
CH	31.8	32.2
Con		
ConH		42.3

3 結果と考察

(1) 促進耐候性試験

① 色差

処理試験体と無処理試験体を比較した結果、図-16に示すように色差としてその違いが測定された。また、目視では数値以上の違いが確認できた(写真-19)。経時変化としては無処理試験体の場合早い段階で褐色化が進行し、その後白色化へと移行した。

その現象については、紫外線により高分子リグニンの側鎖が切断されて徐々に低分子化が進行する過程で褐色を呈し、その後、低分子化したリグニンが降雨により溶脱して、セルロースの白色が残ると推測できる。処理試験体の場合も劣化は起きているが、その進行速度が無処理材と比べてやや緩やかであるため、変色の度合いが低いと考えられる。

処理試験体では、AH、CH塗料で比較的退色が少なく、AHは800時間経過時で、CHは700時間経過時に色差6を上回り、退色が目立ってくることから、野外ではこの時点で塗料の塗り替えが必要になってくると思われる。

また、ConHは800時間経過まで、色差が低い値で推移している。これは表面保護剤のみでも一定の効果が期待できることを示唆している。しかし、900時間経過後から急激に色差の値が高くなっているのは、表面の保護剤層が紫外線により破壊され剥離したためと考えられる。

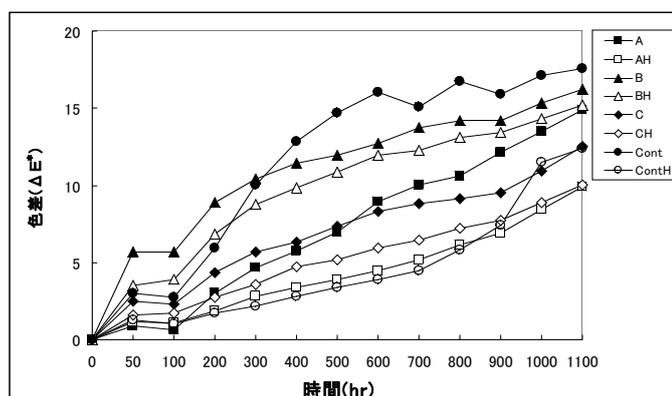


図-16 色差の変化



写真-19 促進耐候試験写真（上：試験前、下：1,100 h 経過後）

② 撥水度

撥水度の測定結果について、図-17に示す。表面保護剤塗布試験体では、1,100時間経過後も90%以上を維持している。このことから、表面保護剤は長時間にわたり効果が期待できるものと推測される。

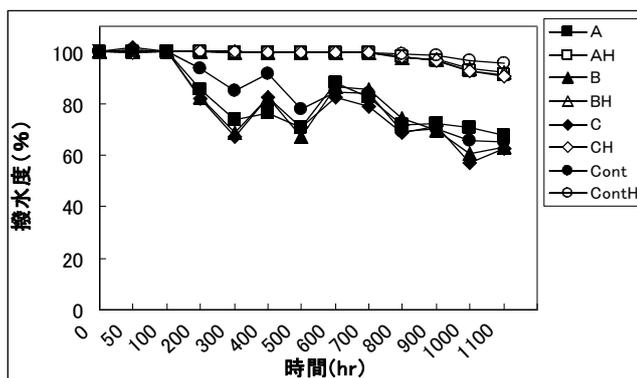


図-17 撥水度の推移

(2) 耐摩耗性試験

耐摩耗性試験の結果を図-18に、試験体の状況を写真-20に示す。

各試験体とも表面保護剤を塗布した試験体の摩耗量が、塗布しないものと比較して少ない結果となった。これは、表面保護剤が塗布面で硬化することにより、一定の表面保護効果を持つことによると考えられた。また、塗料及び表面保護剤塗布試験体と無塗装のものを比較すると、無塗装のものの摩耗量が少なかったが、これは塗料及び表面保護剤塗布試験体の塗料部分が先に摩耗したためと考えられる。

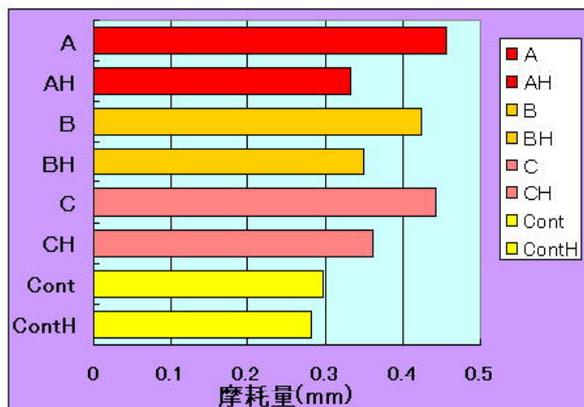


図-18 耐摩耗性試験結果



写真-20 耐摩耗性試験試験体 (左：試験前、右：試験後)

本試験に試作して供した天然系塗料は、ベンガラを主要成分とした塗料塗布面に表面保護剤として、桐油を塗布したものであるが、市販品と比較しても同等の耐候性（色差・撥水度）が確保される結果となった。

表面保護剤により一定の効果が確認されたことから、屋外での使用の可能性についても大きいと考えられ、引き続き検討する必要がある。

VI おわりに

本試験では様々な角度から、木材の利用推進の可能性について検討したが、内容が多岐にわたったため、深く掘り下げられない部分が多々あった。

そのような中で、新たな治山ダム型枠工法については、平成16年度75基（施工数の約81%）に採用されている。また、平成17年度は93基（同約78%）にこの工法が利用される予定である。

VII 引用文献

- 1) 雨宮昭二 (1963) 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. 林業試験場研究報告150:143~156
- 2) 飯島泰男 (1999) 土木用木質構造物の耐用年数評価について. 木材保存25-5:209~218
- 3) 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・上杉徳久 (1993) 富山県における治山木杭の耐久性 (第1報). 木材保存19-1:13~22
- 4) 町田初男・茂木のり恵・伊藤英敏 (2003) 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29-6:253~258

- 5) 松岡昭四郎・雨宮昭二・庄司要作・井上 衛・阿部 寛・内藤三夫(1970)浅川実験林
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. 林業試験場報告232:109～
135
- 6) 名取 潤(1995)防腐処理した小丸太の野外耐久性. 木材保存21-1:16～22
- 7) 奥村真由己・森 満範・菊池伸一・土居修一(1997)防腐剤塗布処理丸太の野外耐久
性. 北海道林産試験場報告11-1:1～6