

木橋





チップ舗装（ウッドファイバー舗装）



施工目的

- ・ 歩道の表面保護。
- ・ 歩行性の向上。
- ・ 自然環境・景観への配慮。

特徴

<構造>

- ・ チップ化した木材と硬化型ポリウレタン等の混合物を舗装材として用いる。
- ・ 用いる顔料の種類により色彩を調整できる。
- ・ 歩行者及び自転車の交通に適用する場合、チップ舗装厚 5cm 程度、路盤厚 10cm 程度で施工する。

<機能>

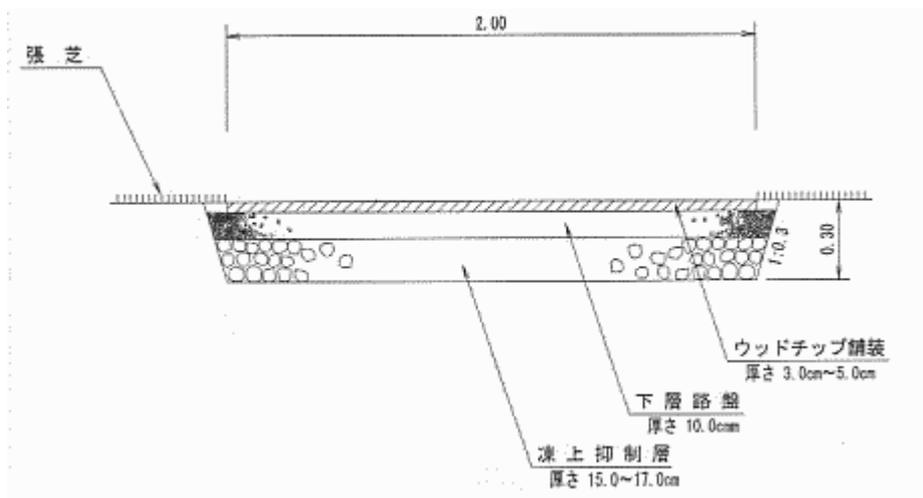
- ・ 適度な弾力があるため歩き心地がやわらかい。
- ・ 透水性に優れており、雨水等により舗装材が流出しない。
- ・ 歩道からの照りかえしが少ない。

耐久性

- ・ 木材はチップ化して用いられ、また硬化型ポリウレタン等と混合され腐朽しにくくなるため、防腐処理は行わない。

留意点

- ・ 表面は柔らかい構造となるため、遊歩道やジョギングコース等としての利用には適しているが、車両の通行には適さない。
- ・ 舗装材は十分占め固めを行い、安定するまでは養生が必要である。
- ・ 舗装止めについては、周囲の景観に配慮して張芝または縁木等を設置することが望ましい。



チップ舗装（アスウッド舗装）／特許出願公開番号特開平 8-11375

- チップ化した木材とセメント・硬化剤・アスウッド乳剤等の混合物を舗装材として用いる。



チップ舗装（ラーチップパネル）／実用新案 2000-004981 申請中

- ・ カラマツチップ材を固め「縦 450mm*横 1800mm*厚さ 50mm」のパネル化した製品である。
- ・ 現地ではパネルを敷設する作業のみで済み、現地の状況に合わせてパネルを加工することも可能である。



木レンガ



施工目的

- ・ 歩道の表面保護。
- ・ 歩行性の向上。
- ・ 自然環境・景観への配慮。

特徴

<構造>

- ・ 丸太材の切断面（木口面）が舗装表面となるよう、丸太を敷き詰める。
- ・ 現場での素材の加工が容易であり、地形状況への追随性が良い。

<機能>

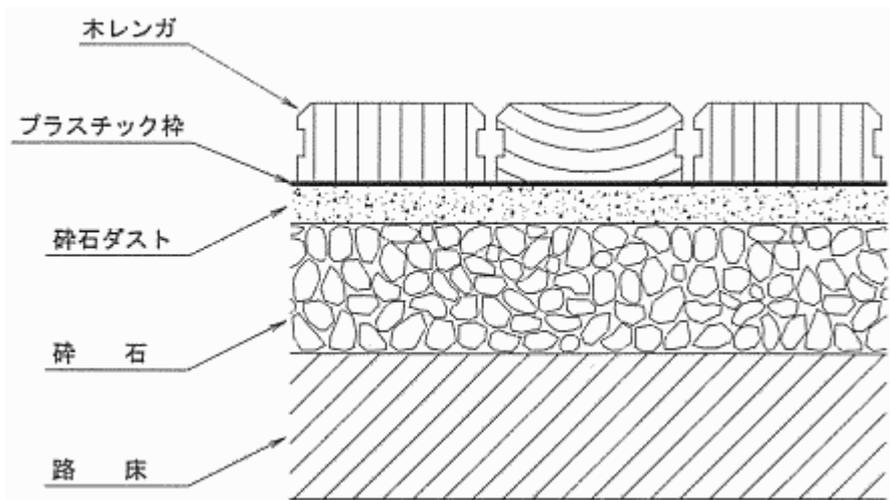
- ・ 適度な弾力があるため歩き心地がやわらかい。
- ・ 透水性に優れており、雨水等により舗装材が流出しない。
- ・ 歩道からの照り返しが少ない。

耐久性

- ・ 腐朽しやすい地際部に設置される施設であり、利用者の安全性を考慮し、高い耐久性を得るために防腐処理を行う。部材全体に対して均一な防腐処理を図るために、加圧注入処理によることが望ましい。

留意点

- ・ 施工面に凹凸が生じると転倒等の原因になるため、施工面が均一になるよう高さ・縦・横方向の管理を十分に行う。



雪崩防止柵（ウッドカバー）



施工目的

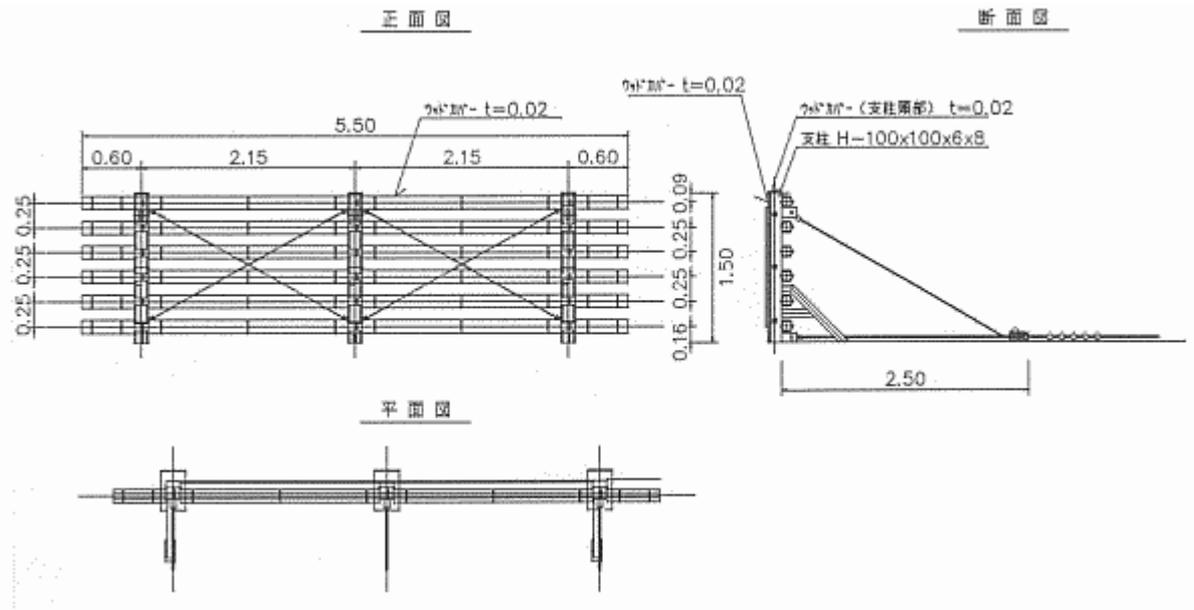
- 雪崩の発生防止。
- 自然環境・景観への配慮。

特徴

- 雪崩防止柵を構築する鋼材を木材でカバーする。
- 木材は主に板材として用いる。

耐久性

- 施設の主要な部位は鋼材から構成されており施設として高い耐久性が期待できる。





施工目的

- ・ 土砂崩壊、流砂、なだれ等植栽木に対する障害の軽減。

特徴

<構造>

- ・ 木材は主に円柱加工材として用いる。
- ・ 径 8cm 内外の丸太材を杭木、または横木として植栽木の山側、あるいは谷側に半円状に設置する。

<機能>

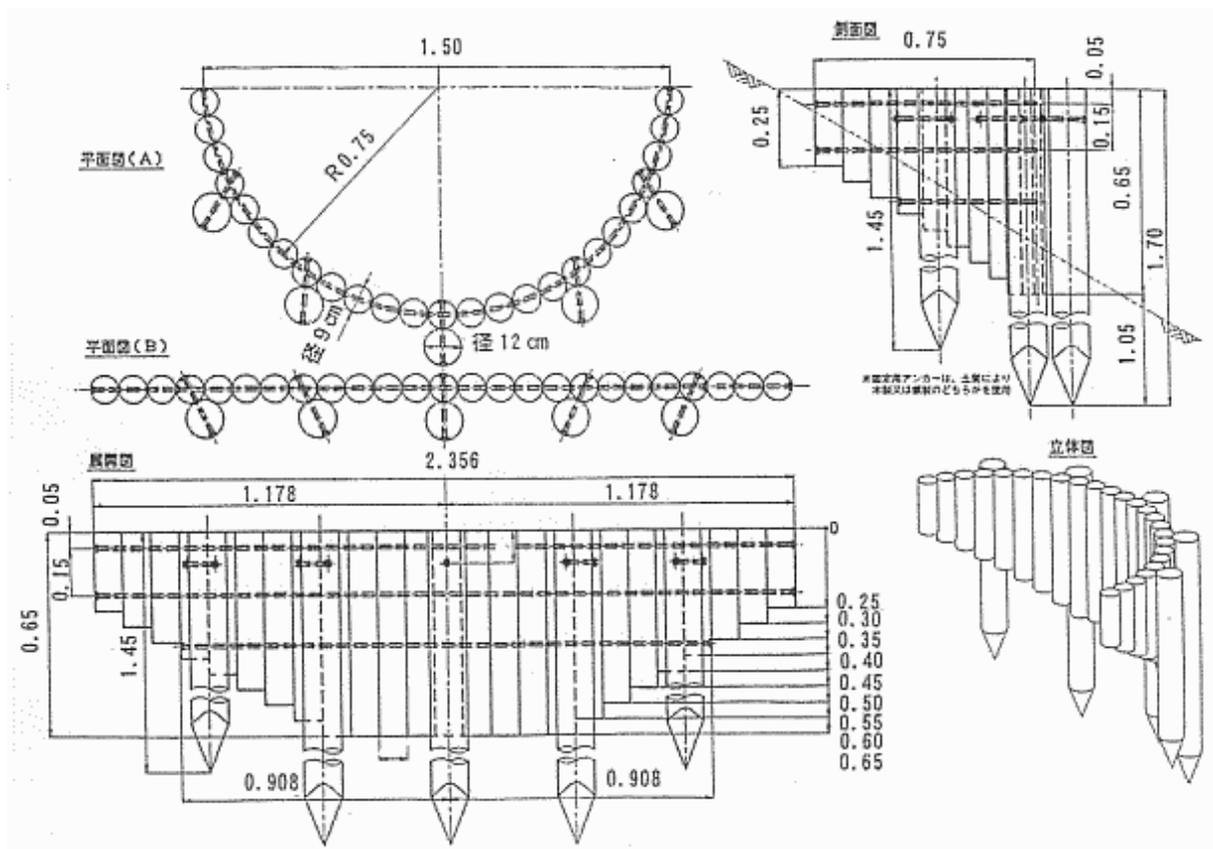
- ・ 斜面にステップを設ける構造となるため、地表水、土砂移動あるいは積雪時のクリープ等の防止効果が期待できる。
- ・ 施工が容易である。

耐久性

- ・ 植生の早期回復等による機能の補完が期待できない場合等、高い耐久性が要求される場合は、防腐処理を行う。

留意点

- ・ 木材が腐朽するまでに植生が復元できるような管理が必要である。



木製視線誘導標



施工目的

- ・ 公園区域などの景観に配慮する必要がある箇所、道路の路外への逸脱防止、走行の視線誘導。

特徴

<構造>

- ・ 視線誘導標を保持する主柱を木材でカバーする。
- ・ 主柱の内部には鋼管を通し、基礎に防錆鋼を設置している。
- ・ 木材は加工材（心抜き材）として用いる。
- ・ 木材部分が地際に接しない。

<機能>

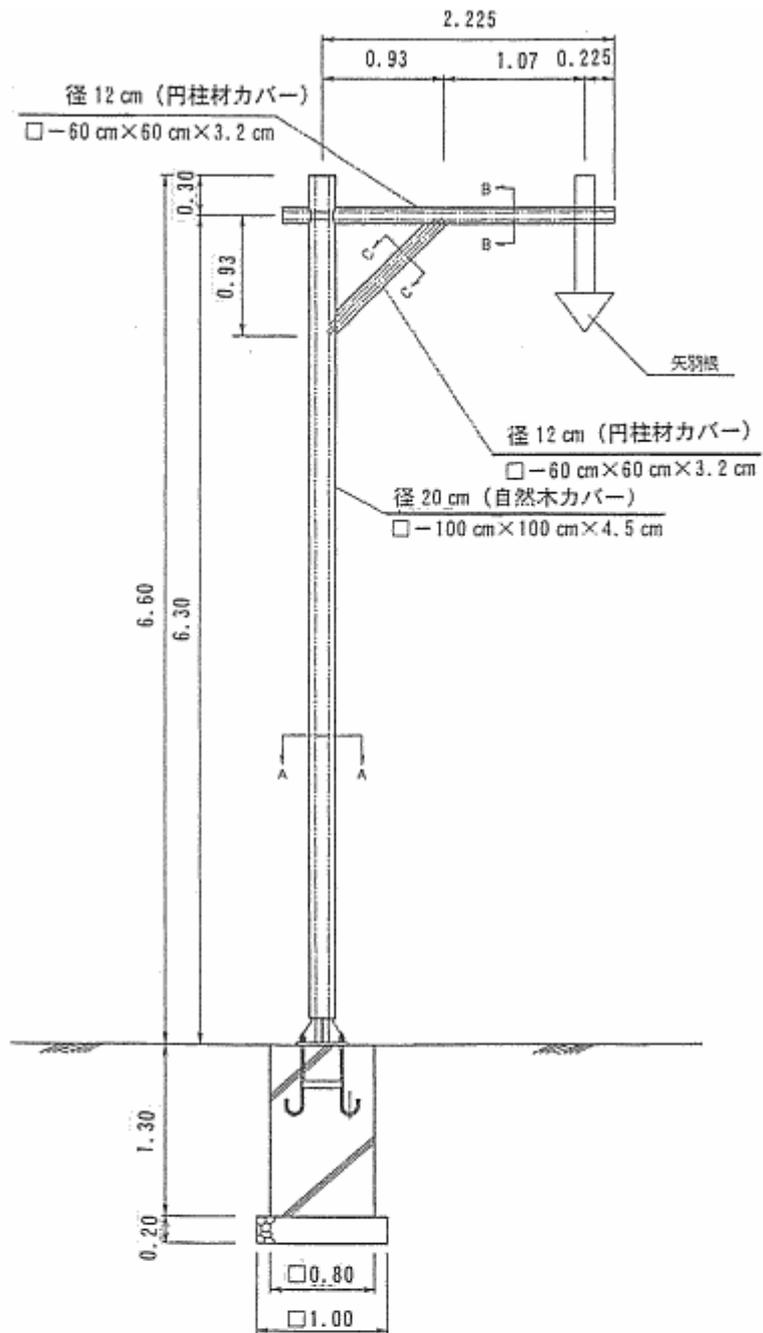
- ・ 周囲の景観になじみやすく、見た人に優しい印象を与える。

耐久性

- ・ 主要部は鋼材等から構成されるが、修景効果としても長期の耐用年数が期待されるため、防腐処理を行う。

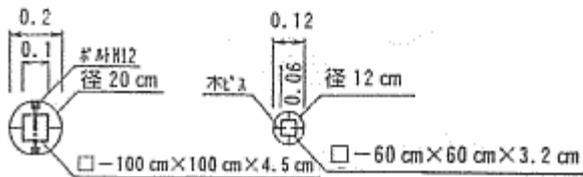
留意点

- ・ 特に景観への配慮が必要な自然公園区域内等に限定する。

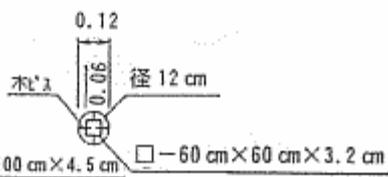


支柱断面

A-A断面



B-B断面, C-C断面



標識・看板・案内板



施工目的

- ・ 地域、施設の概要等の表示。
- ・ 景観への配慮。

特徴

- ・ 支柱と表示板を組み合わせた形状が一般的である。
- ・ 支柱には主に円柱加工材を用いる例が多い。
- ・ 大型のものでも威圧感を与えることなく、やわらかい印象を与え周囲の景観に馴染みやすい。

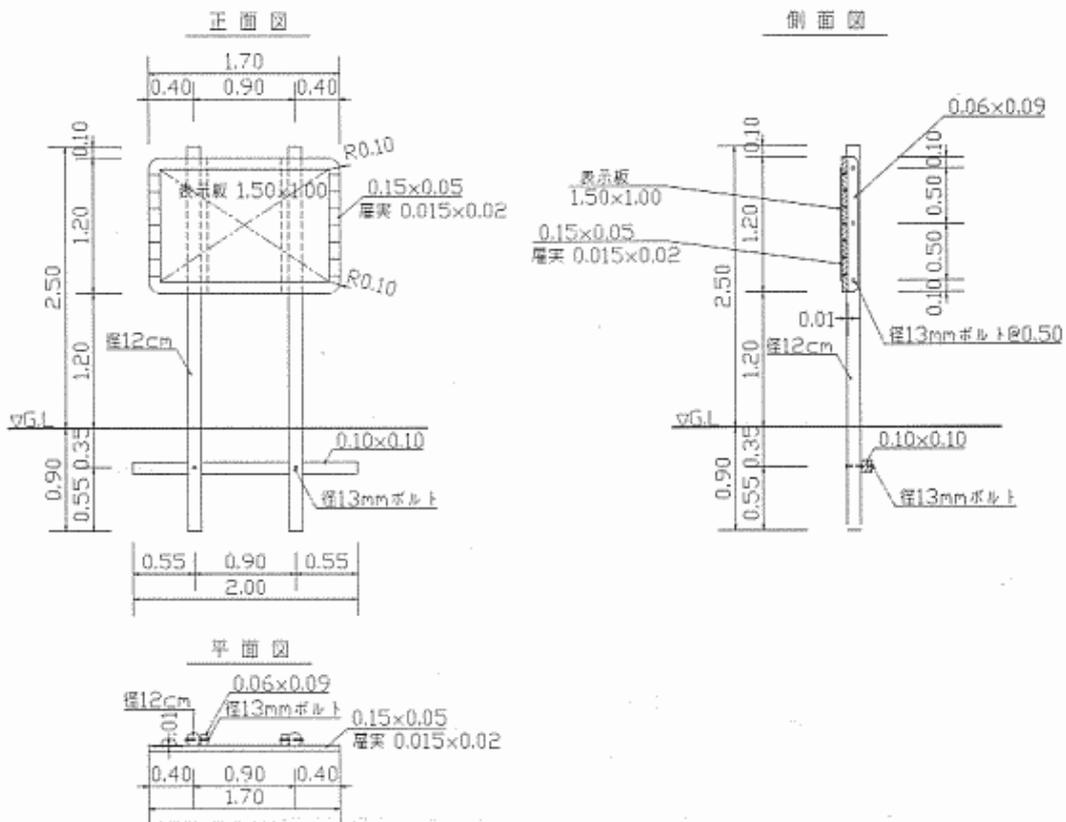
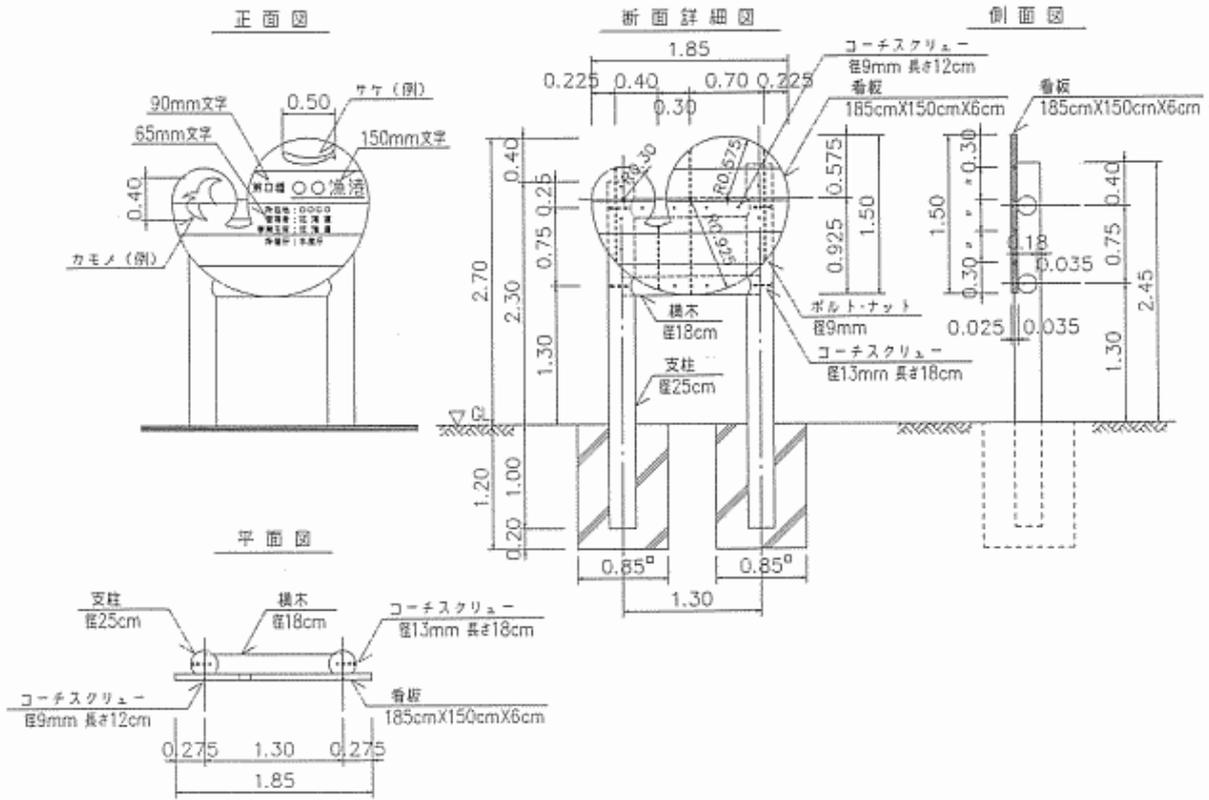
耐久性

- ・ 施設の主要部となる杭木等は腐朽しやすい地際部に設置されるものが多く、施設の目的等から長期的な効果を期待し高い耐久性を得るために防腐処理を行う。使用する部材が多い場合には、まとめて処理できる加圧注入処理によることが望ましい。

留意点

- ・ 表示板等はウェザリングの影響を受けやすく、変色・色落ち等が生じやすいため、適宜交換・補修等が可能な構造としておくことが望ましい。

木製看板 (Aタイプ) 標準図



標識・看板・案内板





木製工事標識



施工目的

- ・ 工事用の標識。
- ・ 外枠に木材を使用し、板の保護及び自然環境・景観への配慮。

留意点

- ・ 工事標識板の大きさについては、土木工事共通仕様書で規定されているので厳守のこと。



観測局舎



施工目的

- ・ 河川の情報システムで水位・雨量等を収集するための局舎。
- ・ 景観への配慮が必要な箇所で使用。

特徴

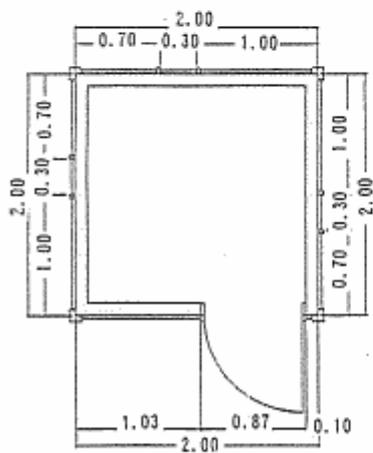
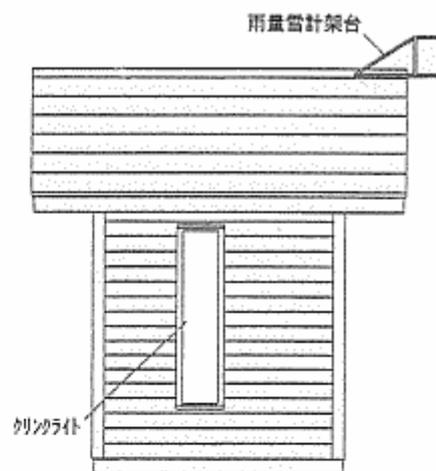
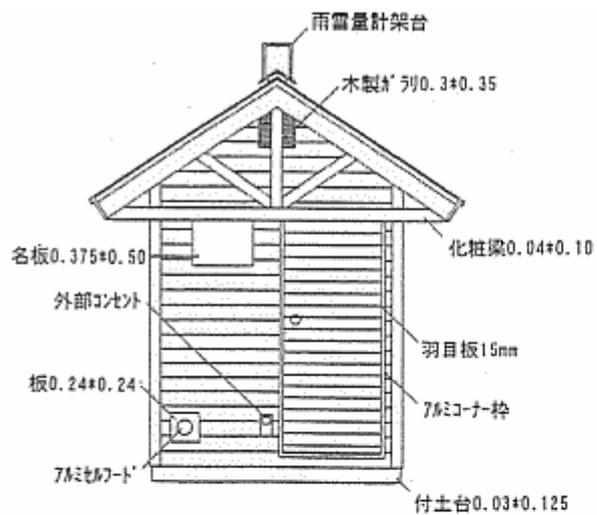
- ・ 周辺景観に馴染みやすい。

耐久性

- ・ 施設の目的等から高い耐久性を得るために防腐処理を行う。

留意点

- ・ 周辺の土地利用状況等から、特に景観に配慮する必要がある箇所に適用する。



観測局舎



施工目的

- 道路の情報システムで気象情報を収集するための局舎。
- 景観への配慮が必要な箇所で使用。

特徴

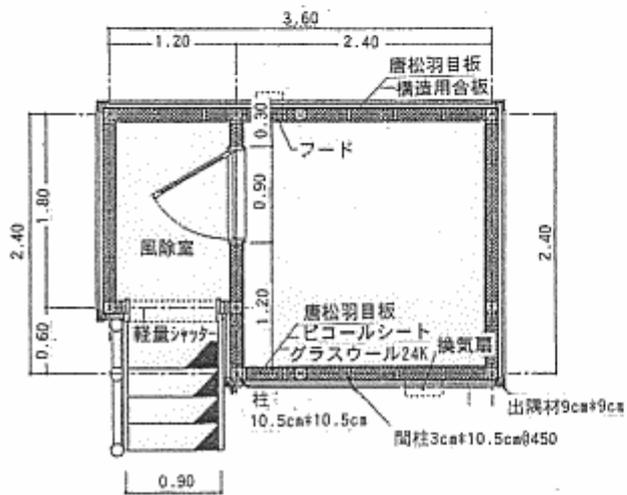
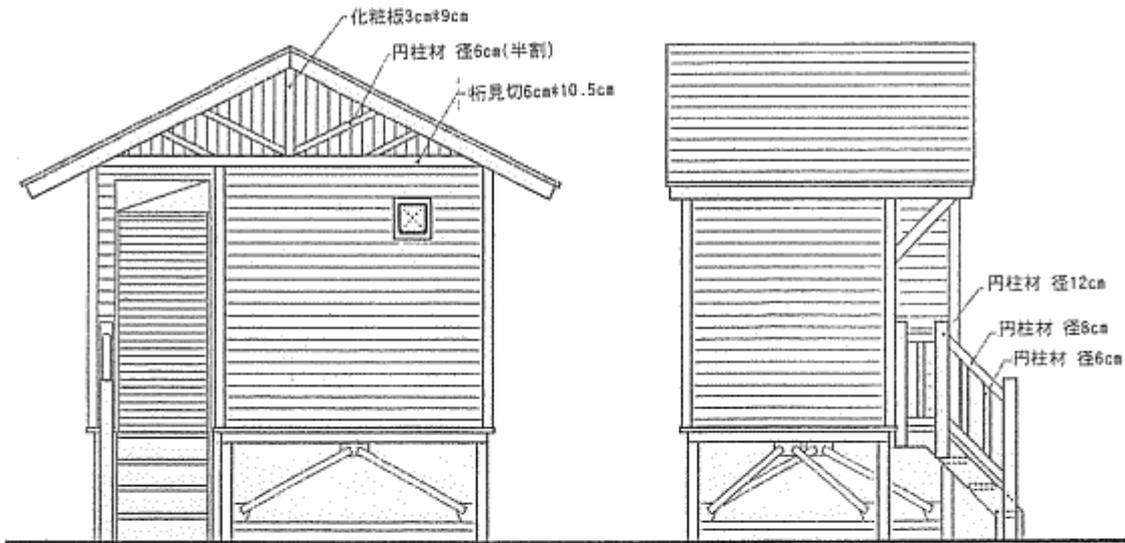
- 周辺景観に馴染みやすい。

耐久性

- 施設の目的等から高い耐久性を得るため防腐処理を行う。

留意点

- 周辺の土地利用状況等から、特に景観に配慮する必要がある箇所に適用する。



7. 歩掛表

1 歩掛の適用にあたって

本歩掛表は、土木用木材・木製品に関するものを、「森林土木事業標準歩掛表 水産林務部
制定（平成22年9月改訂版）」により整理したものである。
（使用の際には、改訂の有無について十分確認を取ること。）

2 歩掛掲載順序

本歩掛表は、表5. 1「工種・工法一覧表」により整理した。

3 目次

B	排水路工	B-1	木製トラフ	.....	p-117
		B-2	丸太水路工（横使い）	.....	p-117
C	法面保護工	C-1	丸太枠工（1）	.....	p-118
		C-2	丸太枠工（2）（木製ブロック積工）	.....	p-118
		C-3	木製軽量法枠工	.....	p-118
		C-4	丸太柵工（横使い）	.....	p-119
		C-5	丸太筋工（2本使い）	.....	p-120
		C-6	木製面壁	.....	p-120
		C-6	木製水叩き	.....	p-120
E	歩道工	E-1-(1)	丸太階段設置	.....	p-121
		E-1-(2)	木製階段設置	.....	p-121
		E-2	木道設置	.....	p-121
		E-4	路盤材（チップ）	.....	p-121
F	柵工類	F-1	防護柵設置	.....	p-122
G	樹木保護工	G-1-①	木製防風柵（主杭建込）	.....	p-122
		G-1-②	木製防風柵（主杭建込（両側主杭付き））	...	p-122
		G-1-③	木製防風柵（横板・防風板取付）	.....	p-123
		G-4	マルチング材	.....	p-123

B 排水路工
B-1 木製トラフ

(1m当たり)

名 称	規 格	単位	数量 (1本当たり長さ)	
			長さ600mm	長さ1,800mm
木製トラフ	長さ 600mm 下幅 300mm	m	1.00	
木製トラフ	長さ 1,800mm 下幅 300mm	m		1.00
普通作業員	設置	人	0.06	0.03

備考 1 本歩掛は、二次製品である木製トラフを設置する場合に適用する。

B-2 丸太水路工 (横使い)

杭間隔 0.5m 柵高 0.5m 水路幅 1.0m

(両側10m当たり)

名 称	規 格	単位	数量	摘要
杭 丸 太	末口径 8cm 長さ 1.2m 40.0本 $1.2m \times 0.08^2m \times 20本 \times 2 \times 1.05$	m ³	0.32	
横 丸 太	末口径 9cm 長さ 1.8m 55.6本 $1.8m \times 0.09^2m \times 27.8本 \times 2 \times 1.05$	m ³	0.85	
床 丸 太	末口径 8cm 長さ 1.4m 94.5本 $1.4m \times 0.08^2m \times 105本 \times 0.9 \times 1.05$	m ³	0.89	
床 丸 太	末口径 8cm 長さ 1.0m 18.0本 $1.0m \times 0.08^2m \times 20本 \times 0.9 \times 1.05$	m ³	0.12	
小 計		m ³	2.18	
粗 朶	L=50cm D=1cm以上 2mのものを4等分して使用	束	3.60	
防 水 シ ー ト		m ²	18.00	
鉄 釘	長さ 15.2cm 5段×20箇所×2×23.8kg/1000本	kg	4.76	
結 束 鉄 線	#10 1.2m/箇所×20箇所×2×63.1g/m	kg	3.03	
普 通 作 業 員	人力杭打 (根入率70%以上) 0.06人/本×40本×0.7	人	1.68	
	横丸太ねせ込み 0.06人/本×27.8本×2	人	3.34	
	床丸太ねせ込み 0.18人/10本×112.5本	人	2.03	
	粗朶立込 0.05人/束×3.6束	人	0.18	
	シート敷設 $18.00m^2 \times 0.01人/m^2$	人	0.18	
	鉄釘打込 0.07人/10箇所×5段×20箇所×2	人	1.40	
	鉄線結束 0.15人/10箇所×20箇所×2	人	0.60	
計		人	9.41	

備考 1 本表は、20m程度の現場内小運搬を含み、床掘、基礎、埋戻し等は含まない。

2 材料のロス(端材等)は、5%を標準とする。

3 杭間隔・柵高・丸太規格等が異なる場合は、別途積算する。

4 送り止め杭が必要な場合は、下記の表により別途計上する。

5 粗朶・防水シートは、必要に応じて計上する。

6 水路底面にフトン籠・ドレン籠等を用いる場合は、別途計上する。

7 笠木は、必要に応じて計上する。(笠木取付 0.01人/本)

8 横丸太・床丸太にパネルを用いる場合は、ねせ込み手間を本表の0.5掛とする。

9 立丸太については、素材を取り扱うこととし丸太の先削り、皮剥加工は別途計上するものとする。

送り止め (横使い)

(両側10箇所当たり)

名 称	規 格	単位	数量	摘要
杭 丸 太	末口径 8cm 長さ 1.2m 20箇所 $1.2m \times 0.08^2m \times 10箇所 \times 2 \times 1.05$	m ³	0.16	
鉄 釘	長さ 15.2cm 5段×10箇所×2×23.8kg/1000本	kg	2.38	
結 束 鉄 線	#10 1.2m/箇所×5箇所×10×2×63.1g/m	kg	7.57	
普 通 作 業 員	人力杭打 (根入率70%以上) 0.06人/本×10本×2×0.7	人	0.84	
	鉄釘打込 0.07人/10箇所×5段×10箇所×2	人	1.50	
	鉄線結束 0.15人/10箇所×5段×10箇所×2	人	0.70	
計		人	3.04	

備考 1 本表には、20m程度の現場内小運搬を含み、床掘、基礎、埋戻し等は含まない。

2 材料のロス(端材等)は、5%を標準とする。

3 本表は、鉄線・鉄釘を併用する場合であり、現場条件等により異なる場合は別途積算する。

4 立丸太については、素材を取り扱うこととし丸太の先削り、皮剥加工は別途計上するものとする。

C 法面保護工

C-1 丸太枠工 (1)

枠長 0.9m 奥行き 0.8m 高さ1.0m

(10m²当たり)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
杭 丸 太	末口径 8cm 長さ 0.7m 22.2本 0.7m×0.08 ² m×22.2本×1.05	m ³	0.10	
組 丸 太 (太 鼓 落 し)	末口径13cm (仕上り厚10cm) 長さ1.2m 188.9本 1.2m×0.13 ² m×188.9本×1.05	m ³	4.02	
小 計		m ³	4.12	
諸 雑 費	上記材料費計×率	%	4.00	
世 話 役		人	0.80	
普 通 作 業 員	人力杭打 (根入率80%以上) 0.06人/本×22.2本×0.7m÷1.2m	人	0.78	
	丸太穴あけ・丸鋼取付 0.01人/本×188.9本	人	1.89	
	鉄線結束 0.10人/10箇所×22.2箇所	人	0.22	
	設置・埋土	人	2.40	
計		人	5.29	

- 備考 1 本表には、20m程度の小運搬及び埋土を含む。
 2 材料のロス（端材等）は、5%を標準とする。
 3 丸太の規格、構造等が異なる場合は、別途積算する。
 4 内張りネットは、中詰材の種類に応じて、別途積算する。
 5 床掘等が必要な場合は別途積算する。
 6 諸雑費は、丸鋼（φ9mm 1.1m×4本×11箇所）、鉄線（10#、1.2m×22箇所）の費用であり、材料費の合計額に本表の率を乗じた金額を計上する。
 7 杭丸太については、素材を取り扱うこととし丸太の先削り、皮剥加工は別途計上するものとする。

C-2 丸太枠工 (2) (木製ブロック積工)

(10m²当たり)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
丸 太 枠	1ユニット (0.75m×0.3m)	m ²	10.00	
世 話 役		人	0.40	
普 通 作 業 員	設置・埋土	人	3.00	
諸 雑 費	上記労務費計×率	%	2.00	
裏 込 材	0.75×0.3×0.8×44.4	m ³	7.99	
バックハウ運転	クローラ型 山積 0.8m ³ (平積0.6m ³)	時間	0.31	
タンパ運転	37m ³ /日	日	0.22	

- 備考 1 本表には、20m程度の小運搬を含む。
 2 木製ブロックの使用個数は、天端・基礎丸太を考慮し算出する。
 3 枠段数は、現場条件等により決定するが6段を限度とする。

(1m²当たり)

段数	2段	3段	4段	5段	6段
1m当り面積	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0

- 4 裏込材は、現地発生材の使用を標準とする。
 5 本表は、背面土圧が小さい場合等に適用する。
 6 諸雑費は、スクリーボルト等の費用であり、労務費の合計額に本表の率を乗じた金額を計上する。
 7 打止め壁の設置にも本歩掛を適用する。
 8 床掘等が必要な場合は別途計上する。

C-3 木製軽量法枠工

(100m²当たり)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
木 製 法 枠	参考 (1.0m×1.0m×0.13m)	m ²	100.00	
世 話 役		人	0.44	
普 通 作 業 員		人	3.64	
諸 雑 費	上記労務費計×率	%	1.00	

- 備考 1 法枠資材費は、別途加算する。
 2 法面整形、枠内中詰は、必要に応じて別途計上すること。

- 3 上記歩掛には、20m程度の小運搬を含む。
- 4 諸雑費は、スコップ等の費用であり、労務費の合計額に本表の率を乗じた金額を計上する。
- 5 アンカーピン設置は、次表による。

アンカーピン設置（木製軽量法枠） （10本当たり）

名 称	単 位	土砂	岩盤	摘 要
		棒鋼φ22×800~1000mm 木杭40×40×800~1000mm	棒鋼 φ22×600	
世 話 役	人		0.09	
特 殊 作 業 員	人		0.28	
普 通 作 業 員	人	0.33	0.03	
諸 雑 費	%		8	

- 備考 1 上記歩掛には、20m程度の小運搬を含む。
 2 諸雑費は、ハンマードリルの損料と発動発電機の賃料であり、労務費の合計額に上表の率を乗じた金額を計上する。

C 法面保護工

C-4 丸太柵工（横使い）

杭間隔 0.5m 柵高 0.5m （10m当たり）

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
杭 丸 太	末口径 8cm 長さ 1.2m 20.0本 1.2m×0.08 ² m×20本×1.05	m ³	0.16	
横 丸 太	末口径 9cm 長さ 1.8m 27.8本 1.8m×0.09 ² m×27.8本×1.05	m ³	0.43	
小 計		m ³	0.59	
粗 朶	L=50cm D=1cm以上 2mのものを4等分して使用する	束	1.80	
結 束 鉄 線	#10 1.2m/箇所×20箇所×63.1g/m	kg	1.51	
鉄 釘	長さ 15.2cm 4段×20本×23.8kg/1000本	kg	1.90	
普 通 作 業 員	人力杭打 (根入率70%以下) 0.06人/本×20本×0.7	人	0.84	
	横丸太ねせ込 0.06人/本×27.8本	人	1.67	
	鉄線結束 0.15人/10箇所×20箇所	人	0.30	
	鉄釘打込 0.07人/10箇所×20箇所×4段	人	0.56	
	粗朶立込 0.05人/束×1.80束	人	0.09	
計		人	3.46	

- 備考 1 本表には、20m程度の小運搬を含む。
 2 材料のロス（端材等）は、5%を標準とする。
 3 杭間隔・柵高・丸太規格等が異なる場合は、別途積算する。
 4 送り止め杭が必要な場合は、別途計上する。
 5 作業条件による歩掛の補正は、原則として次表による。
 補正 = (イ) + (ロ)

補正率	+10%	0	-10%
作業条件			
(イ) 法勾配	35° 以上	35° 未満	—
(ロ) 作業延長（箇所当り）	10m未満	10m~30m	30m以上

- 6 粗朶は、必要に応じて計上する。
- 7 横丸太にパネル丸太を用いる場合は、ねせ込み手間を本表の0.5掛とする。
- 8 立丸太については、素材を取り扱うこととし丸太の先削り、皮剥加工は別途計上するものとする。

送り止め（横使い）

（10箇所当たり）

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
杭 丸 太	末口径 8cm 長さ 1.2m 10箇所 1.2m×0.08 ² m×10箇所×1.05	m ³	0.08	
鉄 釘	長さ 15.2cm 4段×10箇所×23.8kg/1000本	kg	0.95	
結 束 鉄 線	#10 1.2m/箇所×1箇所×10本×63.1g/m	kg	0.76	
普 通 作 業 員	人力杭打 (根入率70%以下) 0.06人/本×10本×0.7	人	0.42	
	鉄釘打込 0.07人/10箇所×4箇所×10本	人	0.28	
	鉄線結束 0.15人/10箇所×1箇所×10本	人	0.15	
計		人	0.85	

- 備考 1 本表には、20m程度の小運搬を含む。
 2 材料のロス（端材等）は、5%を標準とする。
 3 本表は、鉄線・鉄釘を併用する場合であり、現場条件等により異なる場合は別途積算する。
 4 作業条件による歩掛の補正は、C-4 丸太柵工（横使い）の備考5による。
 5 立丸太については、素材を取り扱うこととし丸太の先削り、皮剥加工は別途計上するものとする。

C 法面保護工

C-5 丸太筋工 (2本使い)

杭間隔 0.7m 横丸太2本使い

(10m当たり)

名称	規格	単位	数量	摘要
横丸太	末口径 9cm 長さ 1.8m 11.1本 1.8m×0.09 ² m×(10.0m÷1.8m)×2本×1.05	m ³	0.17	
止め杭	末口径 8cm 長さ 0.7m 14.3本 0.7m×0.08 ² m×(10.0m÷0.7m)×1.05	m ³	0.07	
小計		m ³	0.24	
粗朶	L=2.0m D=1cm以上 現場条件等に応じて、必要量を計上する。	束	必要量	
結束鉄線	#10 1.2m/箇所×14.3箇所×2段×63.1g/m	kg	2.16	
普通作業員	人力杭打 (根入率70%以下) 0.03人/本×14.3本×0.7	人	0.30	
	横丸太ねせ込 0.06人/本×(10.0m÷1.8m×2本)	人	0.67	
	鉄線結束 0.15人/10箇所×(10.0m÷0.7m)×2段	人	0.43	
計		人	1.40	

- 備考 1 本表には、20m程度の材料小運搬を含む。
 2 材料のロス（端材等）は、5%を標準とする。
 3 杭間隔・丸太規格等が異なる場合は、別途積算する。
 4 送り止め杭が必要な場合は、別途計上する。
 5 作業条件による歩掛の補正は、原則として次表による。

作業条件	補正率		
	+10%	0	-10%
(イ) 法勾配	35°以上	35°未満	-
(ロ) 作業延長	-	50m未満	50m以上

補正 = (イ) + (ロ)

- 6 粗朶は、現場条件等に応じて必要量を計上する。
 7 止杭については、素材と取り扱うこととし丸太の先削り、皮剥加工は別途計上するものとする。

丸太筋工送り止め (2本使い)

(10箇所当たり)

名称	規格	単位	数量	摘要
杭丸太	末口径 8cm 長さ 0.7m 10箇所 0.7m×0.08 ² m×10箇所×1.05	m ³	0.05	
結束鉄線	#10 1.2m/箇所×10箇所×63.1g/m×2段	kg	1.51	
普通作業員	人力杭打 (根入率70%以下) 0.03人/本×10本×0.7	人	0.21	
	鉄線結束 0.15人/本×10箇所×10箇所×2段	人	0.30	
計		人	0.51	

- 備考 1 本表は、20m程度の材料小運搬を含む。
 2 材料のロス（端材等）は、5%を標準とする。
 3 作業条件による歩掛の補正は、本体に準ずる。
 4 止杭については、素材と取り扱うこととし丸太の先削り、皮剥加工は別途計上するものとする。

C-6 木製面壁

(1基当たり)

名称	規格	単位	数量	摘要
木製面壁	管径600mm用盛土タイプ又は切土タイプ	基	1.00	
普通作業員	設置	人	0.18	
トラッククレーン賃料	油圧伸縮ジブ型4.9t吊	日	0.09	

- 備考 1 本歩掛は、工場等で組立てた木製面壁を設置する場合に適用する。

C-6 木製水叩き

(1基当たり)

名称	規格	単位	数量	
			1.8m×1.8m	0.9m×1.8m
木製水叩き	1.8m×1.8m	基	1.00	
木製水叩き	0.9m×1.8m	基		1.00
普通作業員	人力杭打	人	0.11	0.09
	設置	人	0.06	0.05
計		人	0.17	0.14
トラッククレーン賃料	油圧伸縮ジブ型4.9t吊	日	0.06	0.05

- 備考 1 本歩掛は、工場等で組み立てた木製水叩きを設置する場合に適用する。

E 歩道工

E-1-(1) 丸太階段設置

階段幅1.0m 横丸太2本使い

(10段当たり)

名称	規格	単位	数量	摘要
杭 丸 太	末口径 10cm 長さ 0.6m 20.0本 0.6m×0.10 ² m×20本×1.05	m ³	0.13	
横 丸 太	末口径 12cm 長さ 1.0m 20.0本 1.0m×0.12 ² m×20本×1.05	m ³	0.30	
小 計		m ³	0.43	
普 通 ボ ル ト	長さ22mm 径13mm 40.0本	kg	17.20	
普 通 作 業 員	人力杭打 0.08人/本×20.0本×0.7×0.6m/1.2m	人	0.56	
	横丸太ねせ込 0.06人/本×20.0本×1.0m/1.8m	人	0.67	
	ボルト穴あけ・締付け 0.25人/10箇所×40箇所	人	1.00	
計		人	2.23	

- 備考 1 丸太材料の損失補正（端材等）は5%を標準とする。
 2 丸太規格、構造等が異なる場合は、別途積算する。
 3 杭打ちは人力の場合である。
 4 本歩掛には、20m程度の現場内小運搬を含む。
 5 床掘・埋戻し等は別途計上する。
 6 立丸太については、素材と取り扱うこととし丸太の先削り、皮剥加工は別途計上するものとする。

E-1-(2) 木製階段設置

(1m³当たり)

名称	規格	単位	数量	摘要
木 製 階 段	二次製品	m ³	1.00	
普 通 作 業 員	設置	人	1.96	

- 備考 1 本表は、二次製品である木製階段を設置する場合に適用し、木材の材積m³当りの歩掛である。
 2 床掘・埋戻しは別途計上する。
 3 本表には、20m程度の現場内小運搬を含む。

E-2 木道設置

(1m³当たり)

名称	規格	単位	数量	摘要
木 道	二次製品	m ³	1.00	
普 通 作 業 員	設置	人	3.97	

- 備考 1 本表は、二次製品である木道を設置する場合に適用し、木材の材積m³当りの歩掛である。
 2 床掘・埋戻しは別途計上する。
 3 本表には、20m程度の現場内小運搬を含む。

E-4 路盤材（チップ）

(1m³当たり)

名称	規格	単位	数量	摘要
木 材 チ ッ プ		空m ³	1.12	備考3
普 通 作 業 員	敷均し	人	0.12	

- 備考 1 仮置された木材チップを人力により投棄し、さらに敷均しするまでの一連作業をいう。
 2 本表は、管理歩道・マルチングに適用する。
 3 材料の損失補正は12%を標準とし、単価で割増しする。
 4 小運搬が必要な場合は別途計上する。
 5 木材チップの重量は、0.3t/空m³を標準とする。

F 柵工類
F-1 防護柵設置

(1m³当たり)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
防 護 柵	二次製品	m ³	1.00	
普 通 作 業 員	設置	人	1.93	

- 備考 1 本表は、林内の入り込み者の安全を確保すること等を目的として、防護柵を設置する場合に適用する。
- 2 本表は、二次製品である防護柵を設置する場合に適用し、木材の材積m³当りの歩掛である。
- 3 床掘・埋戻し・基礎ブロック等は別途計上する。
- 4 本表には、20m程度の現場内小運搬を含む。

G 樹木保護工
G-1-① 木製防風柵（主杭建込）

(100本当たり)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
主 杭	末口径 12cm 長さ 2.7m 100本 100×0.12 ² ×2.7	m ³	3.89	
防 腐 剤 (水 和 剤)	基礎部 1m 2回塗り 0.06kg/m ² 0.12×π×0.06×100×2回	kg	4.52	
普 通 作 業 員	主杭建込	人	7.90	
	防腐剤塗布	人	0.81	
計		人	8.71	

- 備考 1 杭建込とは、土砂切取、埋戻し（埋戻し土の締固めを含む）、杭設置をいう。
- 2 杭の埋込長は、90cmを標準とする。
- 3 防腐剤は、水和剤(0.06kg/m²)を標準とするが、湿地帯等の条件の厳しい場合は、油材(0.3kg/m²)を使用できるものとする。
- 4 本表には、20m程度の小運搬を含む。

G-1-② 木製防風柵（主杭建込（両側支杭付き））

(100本当たり)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
主 杭	末口径 12cm 長さ 2.7m 100本 100×0.12 ² ×2.7	m ³	3.89	
支 杭	末口径 10cm 長さ 2.7m 200本 200×0.10 ² ×2.7	m ³	5.40	
防 腐 剤 (水 和 剤)	基礎部 1m 2回塗り 0.06kg/m ² (0.12×100+0.1×200)×π×0.06×2回	kg	12.06	
ボ ル ト	径 13mm 長さ 30cm 支杭取付用 0.51kg/本×100本	kg	51.00	
普 通 作 業 員	主杭建込	人	7.90	
	支杭建込 7.66人/100本×200本	人	15.32	
	防腐剤塗布 0.81人/100本×300本	人	2.43	
計		人	25.65	

- 備考 1 杭建込とは、土砂切取、埋戻し（埋戻し土の締固めを含む）、杭設置をいう。
- 2 支杭建込には、ボルト締付（支杭取付・穴あけ・ナット締め）を含む。
- 3 杭の埋込長は、90cmを標準とする。
- 4 防腐剤は、水和剤(0.06kg/m²)を標準とするが、湿地帯等の条件の厳しい場合は、油材(0.3kg/m²)を使用できるものとする。
- 5 本表には、20m程度の小運搬を含む。

G 樹木保護工

G-1-③ 木製防風柵（横板・防風板取付）

（垣高 1.8m、防風板 13枚）

（100m当たり）

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
横 板	幅 8.5cm 厚さ 4.3cm 長さ 3.6m 85.8枚 100m÷3.5m×3.6×0.085×0.043×3枚	m ³	1.13	
防 風 板	幅 8.5cm 厚さ 1.3cm 長さ 1.8m 742.9枚 100m÷1.75m×1.8×0.085×0.013×13枚	m ³	1.48	
ボ ル ト	径 13mm 長さ 21cm 横板取付用 0.42kg/本 100÷3.5m×0.42×9	kg	108.00	
ア ン ブ レ ラ 釘	長さ 41mm 410本/kg 100m+1.75m×2×3×13÷410	kg	10.87	
普 通 作 業 員	横板取付（穴あけ・ボルト締付け）	人	2.48	
	防風板取付 13枚使い	人	2.49	
計		人	4.97	

備考 1 本表の 100m当たりとは、主杭の中心から中心を結んだ距離のことである。

2 本表には、20m程度の小運搬を含む。

G-4 マルチング材

（1m³当たり）

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
木 材 チ ッ プ		空m ³	1.12	備考3
普 通 作 業 員	敷均し	人	0.12	

備考 1 仮置された木材チップを人力により投棄し、さらに敷均しするまでの一連作業をいう。

2 本表は、管理歩道・マルチングに適用する。

3 材料の損失補正は12%を標準とし、単価で割増しする。

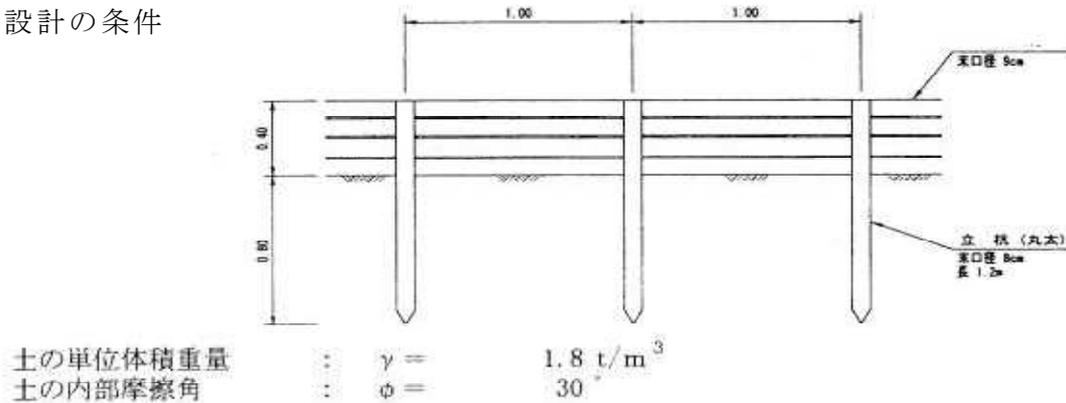
4 小運搬が必要な場合は別途計上する。

5 木材チップの重量は、0.3t/空m³を標準とする。

8. 安定計算例 (参考)

8. 1 丸太柵工

(1) 設計の条件



(2) 土圧の計算

土圧はクーロン式による。

・主働土圧

$$P_a = 1/2 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_A$$

・受働土圧

$$P_p = 1/2 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_p$$

ここに、

P_a : 地表面から h なる深さの点の主働土圧 (t/m^2)

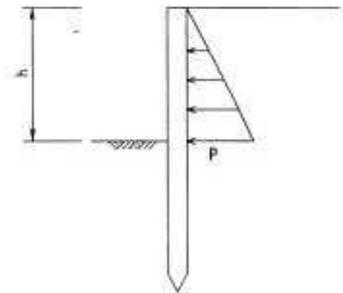
P_p : 地表面から h なる深さの点の受働土圧 (t/m^2)

K_A : クーロンの主働土圧係数

K_p : クーロンの受働土圧係数

γ : 土の単位体積重量 (t/m^3)

h : 地表面からの任意の深さ = 0.40 (m)



右図に示す P の土圧は次のようになる。

$$P = 1/2 \times 1.8 \times 0.40 \times 0.40 \times 0.297 = 0.043 \text{ t/m}^2$$

(3) 親杭の根入長

杭の根入長 (L) は、 $2.5/\beta$ によって求める。

$$\beta = (k \cdot D / 4 E I)^{1/4}$$

ここに、

β : 杭の特性値

k : 地盤反力係数 (6.0 kg/cm²) (洪積層砂質土とした場合)

E : 弾性係数 (60,000 kg/cm²)

I : 断面二次モーメント (cm⁴)

D : 杭径 (まつ丸太 8 cm)

まつ丸太として径 8 cm を使用するものとし、

$$I = \pi \cdot D^4 / 64 = 201 \text{ cm}^4$$

$$\beta = (6.0 \times 8.0 / 4 \times 60,000 \times 201)^{1/4} = 0.03158$$

$$L = 2.5 / \beta = 79 \text{ cm} = 0.79 \text{ m} \leq 0.80 \text{ m} \quad \cdots \text{OK} \cdots$$

(4) 親杭曲げモーメント及び応力度

土留め壁面に働く主働土圧と、前面の受働土圧が等しくなるような点Oの深さ (d) は次式で求められる。

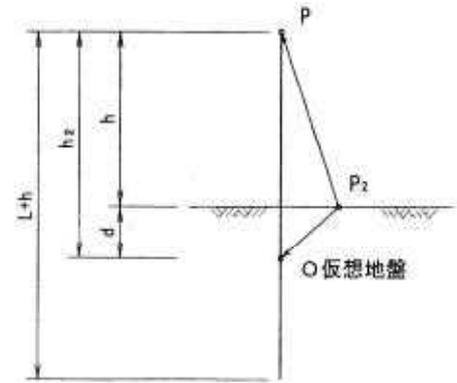
$$d = P_2 / \gamma (K_p - K_a)$$

ここに、

$$\begin{aligned} K_a \text{ (主働土圧係数)} &= 0.297 \\ K_p \text{ (受働土圧係数)} &= 6.105 \end{aligned}$$

$$d = 0.043 / 1.8 \times (6.105 - 0.297) = 0.00 \text{ m}$$

$$h_1 = 0.40 \text{ m}$$



右図において、O点に関する土圧によるモーメント (Mo) およびせん断力 (So) は、

$$\begin{aligned} M_o &= 0.043 \times 0.40^2 / 2 - 0.043 \times 0.00^2 / 6 - ((0.04 - 0.297) \times 0.40 \\ &\quad \times (2 \times 0.40 + 2 \times 0.00)) / 6 \\ &= 0.017 \text{ t} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_o &= 0.043 \times 0.40 - 0.043 \times 0.00 / 2 - (0.04 - 0.297) \times 0.40 / 2 \\ &= 0.068 \text{ t} \end{aligned}$$

したがって、杭に生ずる最大曲げモーメントは (Mmax) は、

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 1/2 \beta \{ (S_o + 2 \beta M_o)^2 + S_o^2 \}^{1/2} \cdot \exp(-\tan^{-1} S_o / S_o + 2 \beta M_o) \\ &= 0.030 \times \exp(-\tan^{-1} 0.388) \\ &= 0.02 \text{ t} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

まつ丸太 D = 8.0 cm の断面係数 $Z = \pi D^3 / 32 = 50.27 \text{ cm}^3$ より、曲げ応力度 (σ) は次のとおりである。

$$\begin{aligned} \sigma &= M_{\max} / Z \\ &= 2,000 / 50.27 = 40 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 1 \text{ m あたり} \end{aligned}$$

よって杭間隔を 1.0 m とすると曲げ応力度は 40 (kg/cm²) となる。

$$40 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \leq 90 \text{ } \cdots \text{OK} \cdots$$

(5) 横木の応力度計算

横木は、まつ丸太 D = 9 cm を使用する。

(i) 曲げモーメント

$$M = 1/8 \times w \ell^2$$

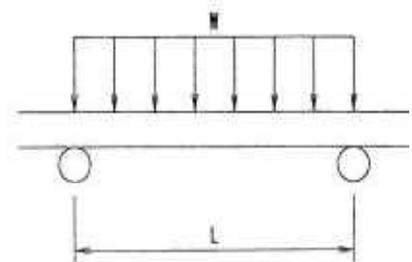
ここに、

M : 横木に作用するモーメント (t · m)

w : 土圧強度 (t/m²)

ℓ : 杭間隔 (m)

$$\begin{aligned} M &= 1/8 \times 0.04 \times 1.00^2 \\ &= 0.005 \text{ t} \cdot \text{m} \end{aligned}$$



(ii) せん断力

$$\begin{aligned} S &= 1/2 \times w \ell \\ &= 1/2 \times 0.04 \times 1.00 \\ &= 0.02 \text{ t} \end{aligned}$$

(iii) 応力計算

まつ丸太 $D = 9.0 \text{ cm}$ の断面係数 $Z = \pi D^3 / 32 = 71.57 \text{ cm}^3$ より、
曲げ応力度 (σ) は次のとおりである。

$$\begin{aligned}\sigma &= M_{\max} / Z \\ &= 500 / 71.57 \\ &= 7 \text{ kg/cm}^2 \leq 90 \quad \dots \text{OK} \dots\end{aligned}$$

$$\text{断面積 } A = \pi D^2 / 4 = 63.62 \text{ cm}^2$$

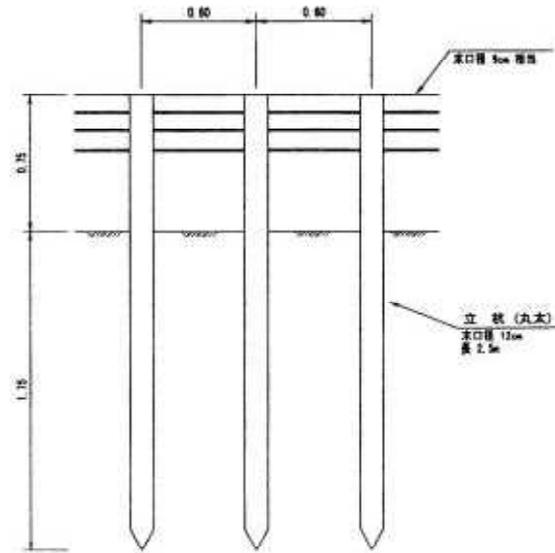
$$\begin{aligned}\tau &= (4/3) \times S / A \\ &= (4/3) \times 20 / 63.62 \\ &= 0.4 \text{ kg/cm}^2 \leq 7 \quad \dots \text{OK} \dots\end{aligned}$$

木材の許容応力度 (建設基準法施工例第89条) (単位: kg/cm^2)

区 分	あかまつ くろまつ	ひのき からまつ	すぎ	備考
引張曲げ	9.5	9.0	7.5	
せん断	8	7	6	
圧縮	7.5	7.0	6.0	

8. 2 連柴柵工

(1) 設計の条件



土の単位体積重量 : $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$
 土の内部摩擦角 : $\phi = 30^\circ$

(2) 土圧の計算

土圧はクーロン式による。

・主働土圧

$$P_a = 1/2 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_A$$

・受働土圧

$$P_p = 1/2 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_P$$

ここに、

P_a : 地表面から h なる深さの点の主働土圧 (t/m^2)

P_p : 地表面から h なる深さの点の受働土圧 (t/m^2)

K_A : クーロンの主働土圧係数

K_P : クーロンの受働土圧係数

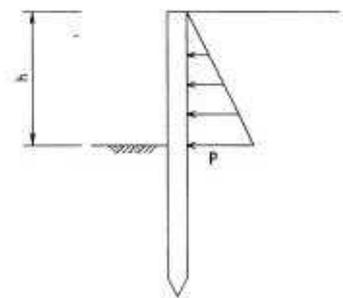
q : 地表面上の上載荷重 (t/m^2)

γ : 土の単位体積重量 (t/m^3)

h : 地表面からの任意の深さ = 0.75 (m)

ϕ : 土の内部摩擦角 ($^\circ$)

c : 土の粘着力 (t/m^2)



右図に示す P の土圧は次のようになる。

$$P_1 = 1/2 \times 0 \times 0 \times 1.8 \times 0.297$$

$$= 0.000 \text{ t/m}^2$$

$$P = 1/2 \times 0.75 \times 0.75 \times 1.8 \times 0.297$$

$$= 0.150 \text{ t/m}^2$$

(3) 親杭の根入長

杭の根入長 (L) は、 $2.5/\beta$ によって求める。

$$\beta = (k \cdot D / 4 E I)^{1/4}$$

ここに、

- β : 杭の特性値
- k : 地盤反力係数 (1.0 kg/cm³) (沖積層粘性土とした場合)
- E : 弾性係数 (60,000 kg/cm²)
- I : 断面二次モーメント (cm⁴)
- D : 杭径 (まつ丸太 12 cm)

まつ丸太として径 12 cm を使用するものとし、

$$D = 12 / 1.0 = 12 \text{ cm}$$

$$I = \pi \cdot D^4 / 64 = 1,018 \text{ cm}^4$$

$$\beta = (1.0 \times 12.0 / 4 \times 60,000 \times 1,018)^{1/4}$$

$$= 0.01489$$

$$L = 2.5 / \beta = 168 \text{ cm} = 1.68 \text{ cm} \leq 1.75 \quad \dots \text{OK} \dots$$

(4) 親杭曲げモーメント及び応力度

土留め壁面に働く主働土圧と、前面の受働土圧が等しくなるような点 O の深さ (d) は次式で求められる。

$$d = P_2 / \gamma (K_p - K_a)$$

ここに、

- K_a (主働土圧係数) = 0.297
- K_p (受働土圧係数) = 6.105

$$d = 0.150 / 1.8 \times (6.105 - 0.297) = 0.01 \text{ m}$$

$$h_1 = 0.76 \text{ m}$$

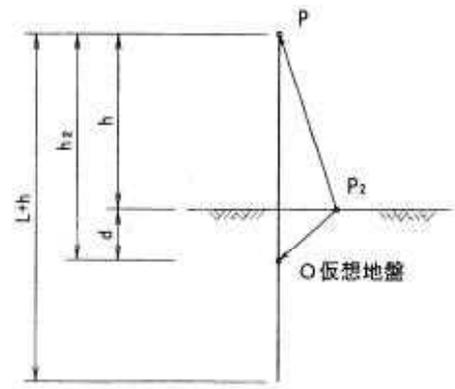


図-2において、O点に関する土圧によるモーメント(Mo)およびせん断力(So)は、

$$M_o = 0.150 \times 0.76^2 / 2 - 0.150 \times 0.01^2 / 6 - ((0.15 - 0.297) \times 0.75 \times (2 \times 0.75 + 2 \times 0.01)) / 6$$

$$= 0.071 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$S_o = 0.150 \times 0.76 - 0.150 \times 0.01 / 2 - (0.15 - 0.297) \times 0.75 / 2$$

$$= 0.169 \text{ t}$$

したがって、杭に生ずる最大曲げモーメントは (Mmax) は、

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= 1/2 \beta \{ (S_o + 2 \beta M_o)^2 + S_o^2 \}^{1/2} \cdot \exp(-\tan^{-1} S_o / S_o + 2 \beta M_o) \\
 &= 0.140 \times \exp(-A \tan 0.444) \\
 &= 0.09 \text{ t} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

まつ丸太 D = 12.0 cm の断面係数 $Z = \pi D^3 / 32 = 169.65 \text{ cm}^3$ より、
 曲げ応力度 (σ) は次のとおりである。

$$\begin{aligned}
 \sigma &= M_{\max} / Z \\
 &= 9,000 / 169.65 = 53 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 1 \text{ m あたり}
 \end{aligned}$$

よって杭間隔を 0.6 m とすると曲げ応力度は 32 (kg/cm²) となる。

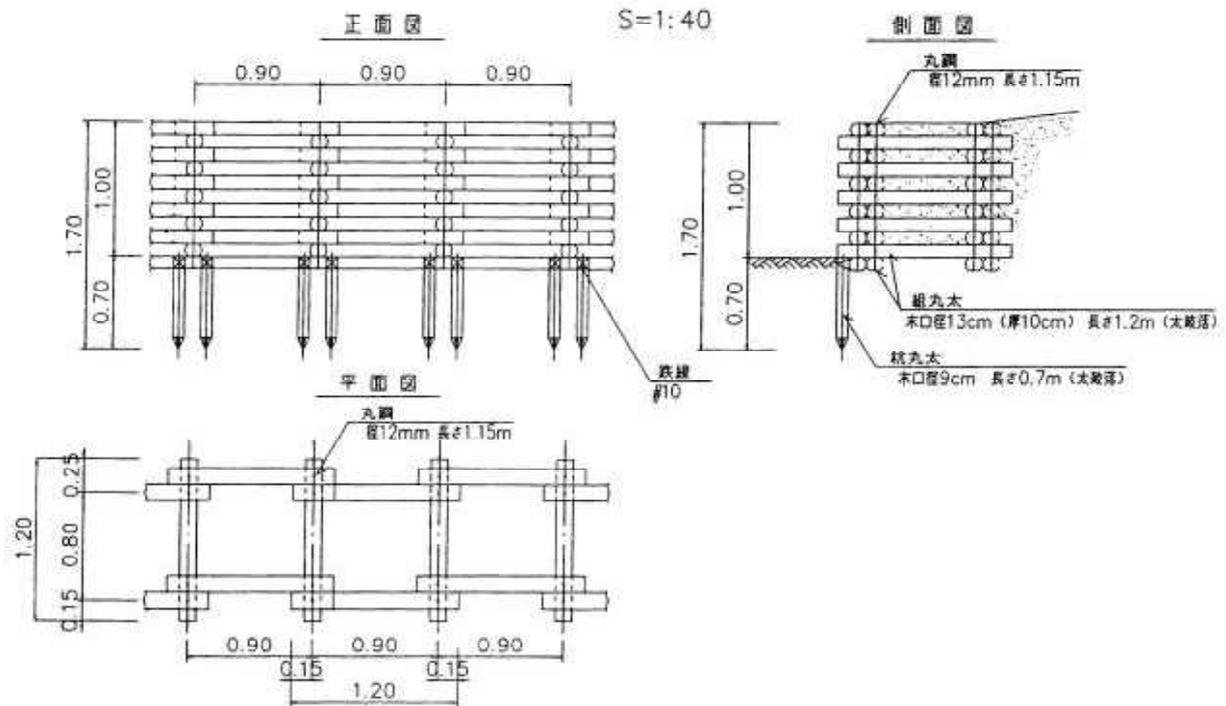
$$32 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \leq 90 \quad \dots \text{OK} \dots$$

木材の許容応力度 (建設基準法施工例第89条) (単位: kg/cm²)

区 分	あかまつ くろまつ	ひのき からまつ	すぎ	備考
引張曲げ	95	90	75	
せん断	8	7	6	
圧縮	75	70	60	

8.3 丸太枠工

(1) 設計の条件



背面土の単位体積重量	γ'	=	1.80 t/m ³	
躯体の単位体積重量	γ	=	1.60 t/m ³	*
擁壁の高さ	H	=	1.00 m	
擁壁の堤底幅	B	=	0.90 m	
擁壁の天端幅	b	=	0.90 m	
地表面とのなす角度	β	=	10.00°	
背面土の内部摩擦角	ϕ	=	30.00°	
1 スパン延長	L	=	0.90 m	

* 部材である木材の単位体積重量を考慮し、ここでは1.60 t/m³としている

(2) 荷重の計算

土圧は試孔くさびによる、
土圧の水平分力

$$1 \text{ スパン当たり} \quad PH = 0.26 \text{ t}$$

土圧の鉛直分力

$$1 \text{ スパン当たり} \quad PV = 0.10 \text{ t}$$

躯体重量

$$W1 = 0.90 \times 1.00 \times 1.60 = 1.44 \text{ t/m}$$

$$1 \text{ スパン当たり} \quad 1.44 \times 0.9 = 1.30 \text{ t}$$

$$W2 = 1/2 \times 0.00 \times 1.00 \times 1.60 = 0.00 \text{ t/m}$$

$$1 \text{ スパン当たり} \quad 0.00 \times 0.9 = 0.00 \text{ t}$$

(3) O点に関するモーメント (1スパン当たり)

区分	荷重 t/m		アーム長 (m)	モーメント t・m/m	
	水平力H	鉛直力V		転倒MH	抵抗MV
PH	0.26		$1/3 \times 1.00$	0.09	
Pv		0.10	0.90		0.09
W1		1.30	$0.00 + 0.90/2$		0.59
W2		0.00	$1/3 \times 1.00$		0.00
計	0.26	1.40		0.09	0.68

(4) 安定の検討

転倒に対する安全率

・合力の作用位置および偏心距離

・合力の作用位置: $d = (\Sigma MV - \Sigma MH) / \Sigma V = 0.42$ (m)

・偏心距離: $e = B/2 - d = 0.03$ (m) $\leq B/6 = 0.15$ (m)

..OK..

滑動に対する安全率

$$F_s = \Sigma V \cdot 0.6 / \Sigma H = 3.23$$

・安全率 $F = f \cdot \Sigma V / \Sigma H = 3.23 \geq F_a = 1.50$

..OK..

地盤反力

・ $\sigma_f = \Sigma V / B \cdot (1 \pm 6 \cdot e / B)$

$$\sigma_1 = 1.40 / 0.90 \times (1 + 6 \times 0.03 / 0.90)$$

$$= 1.87 \text{ tf/m}^2 \leq \sigma_a = 10 \text{ tf/m}^2$$

..OK..

$$\sigma_2 = 1.40 / 0.90 \times (1 - 6 \times 0.03 / 0.90)$$

$$= 1.24 \text{ tf/m}^2 \leq \sigma_a = 10 \text{ tf/m}^2$$

..OK..

8. 4 防護柵

§ 1. 設計概要

本内容は、転落防護柵、歩道用防護柵等に用いられる防護柵の設計に係る参考として、下図に示す木柵形状における設計内容についてまとめたものである。

設計の考え方は下記によるものとする。また、荷重の組合せ方は、「§ 5. 荷重条件」によるものとする。

- 横木、支柱：自重、積載、雪を作用させて応力照査をする。
雪は自重と同じ垂直方向に作用させる。
基礎：自重、雪を作用させて応力照査をする。
雪は自重と同じ垂直方向に作用させる。

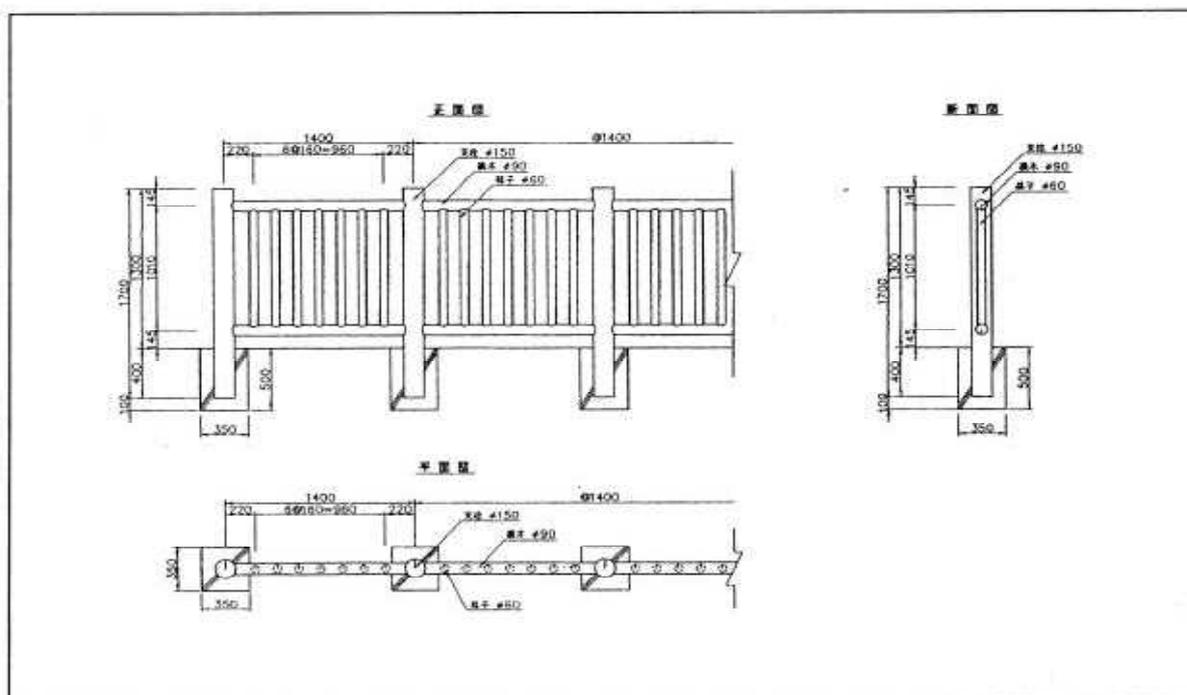
土質に関する値は一般的なものを選択して計算しているため、現地との相違がある場合は別途計算を必要とする。

単位の表示方法は「S I 単位」表示とした。これにより、参考文献での表示が従来表示のものは、必要に応じて「S I 単位」表示の換算とした。

§ 2. 参考文献

下記文献を参考とした。

- ・道路橋示方書・同解説 / (社) 日本道路協会
- ・防護柵の設置基準・同解説 / (社) 日本道路協会
- ・木構造計算基準・同解説 / (社) 日本建築学会
- ・防雪工学ハンドブック / (社) 日本建設機械協会
- ・道路標識設置基準・同解説 / (社) 日本道路協会



§ 3. 設計条件

条件

構造は下記とする。

名称	数値	数値
支柱間隔 (mm) L_{11}	1400	1.400 (m)
支柱径 (mm) d_{21}	150	
横木径 (mm) d_{11}	90	
横木高さ (mm) h_{11}	1200	1.200 (m)
基礎幅 (mm) L_{91}	350	0.350 (m)
基礎高さ (mm) L_{92}	500	0.500 (m)

結果

名称	数値	数値
横木純支間 (mm) L_{14}	1250	1.250 (m)
横木断面係数 (mm ³) Z_{11}	71569	
横木断面係数 (mm ³) Z_{12}	71569	
横木断面積 (mm ²) A_{11}	6362	
横木断面積 (mm ²) A_{12}	6362	
支柱断面積 (mm ²) A_{21}	17671	
支柱断面係数 (mm ³) Z_{21}	331340	

横木純支間

$$L_{14} = L_{11} - d_{21} \\ = 1400 - 150 = 1250$$

横木断面係数

$$Z_{11} = \pi \times (d_{11})^3 / 32 \\ = \pi \times (90)^3 / 32 = 71569$$

横木断面係数

$$Z_{12} = \pi \times (d_{11})^3 / 32 \\ = \pi \times (90)^3 / 32 = 71569$$

横木断面積

$$A_{11} = \pi \times (d_{11})^2 / 4 \\ = \pi \times (90)^2 / 4 = 6362$$

横木断面積

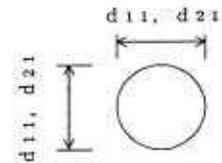
$$A_{12} = \pi \times (d_{11})^2 / 4 \\ = \pi \times (90)^2 / 4 = 6362$$

支柱断面積

$$A_{21} = \pi \times (d_{21})^2 / 4 \\ = \pi \times (150)^2 / 4 = 17671$$

支柱断面係数

$$Z_{21} = \pi \times (d_{21})^3 / 32 \\ = \pi \times (150)^3 / 32 = 331340$$



§ 4. 材料の許容応力度

木構造計算規準より抜粋とする。

木材の繊維方向の許容応力度及びヤング係数 (N/mm²)

	圧縮			曲げ			せん断			ヤング係数	
		長期	短期		長期	短期		長期	短期		
米松材	f _{c1}	7.4	14.8	f _{b1}	9.3	18.6	f _{s1}	0.8	1.6	E ₁	9800
桧材	f _{c2}	6.9	13.8	f _{b2}	8.8	17.6	f _{s2}	0.7	1.4	E ₂	8820
杉材	f _{c3}	5.9	11.8	f _{b3}	7.4	14.8	f _{s3}	0.6	1.2	E ₃	6860
米杉材	f _{c4}	5.9	11.8	f _{b4}	7.4	14.8	f _{s4}	0.6	1.2	E ₄	6860

道路標識設置基準より抜粋とする。

地盤の許容支持応力度 (kN/m ²)	f ₉	長期	短期
		4.9	9.8

許容組合わせ応力度 (無係数) i _{2.1}	1
----------------------------------	---

§ 5. 荷重条件

条件

検討荷重は下記とする。

名称	数値	備考
垂直荷重 (N/m)	W ₁₁ 590	防護柵の設置基準より 抜粋
水平荷重 (N/m)	W ₁₂ 390	
木材自重 (kN/m ³)	γ ₁₁ 8.0	8000 (kN/m ³)
雪自重 (kN/m ³)	γ ₁₂ 3.5	3500 (kN/m ³)
積雪高さ (mm)	H ₁₁ 2000	2.000 (m)
横木単位重量 (N/m)	W ₁₃ 50	
支柱間隔自重 (N)	P ₂₁ 550	
基礎自重 (kN)	P ₉₁ 1.249	

検討荷重の組み合わせは下記とする。

名称	荷重	区分	条件
横木	W ₁₁ + W ₁₂ + W ₁₃	杉材	長期
横木 (積雪)	γ ₁₂ + W ₁₃		
支柱	W ₁₁ + W ₁₂ + P ₂₁	杉材	長期
支柱 (積雪)	γ ₁₂ + P ₂₁		
基礎 (積雪)	γ ₁₂ + P ₂₁ + P ₉₁	コンクリート	長期

§ 6. 横木の検討

条件

名称	数値	数値
垂直荷重 (N/m) W_{11}	590	
水平荷重 (N/m) W_{12}	390	
積雪高さ (m) H_{11}	2.000	
横木高さ (m) h_{11}	1.200	
雪自重 (kN/m ³) γ_{12}	3.5	
横木単位重量 (N/m) W_{13}	50	
横木純支間 (m) L_{14}	1.250	
横木断面係数 (mm ³) Z_{11}	71569	
横木断面係数 (mm ³) Z_{12}	71569	
横木断面積 (mm ²) A_{11}	6362	
横木断面積 (mm ²) A_{12}	6362	
許容曲げ応力度 (N/mm ²) f_{b3}	7.4	
許容せん断応力度 (N/mm ²) f_{s3}	0.6	

結果

名称	数値	数値
雪の沈降圧 (k N/m) W_{14}	2.519	2519 (N/m)
曲げモーメント (N・m) M_{11}	125.000	125000 (N・mm)
曲げモーメント (N・m) M_{12}	76.172	76172 (N・mm)
せん断力 (N) S_{11}	400	
せん断力 (N) S_{12}	244	
曲げモーメント (積雪) (N・m) M_{14}	501.758	501758 (N・mm)
せん断力 (積雪) (N) S_{14}	1606	
曲げ応力度 (N/mm ²) σ_{b11}	2.8	< $f_{b3} = 7.4$
せん断応力度 (N/mm ²) τ_{11}	0.2	< $f_{s3} = 0.6$
曲げ応力度 (積雪) (N/mm ²) σ_{b14}	7.0	< $f_{b3} = 7.4$
せん断応力度 (積雪) (N/mm ²) τ_{14}	0.4	< $f_{s3} = 0.6$

上記の計算結果より σ_{b11} 、 τ_{11} 、 σ_{b14} 、 τ_{14} は、許容範囲内のため問題はない。
OK

雪の沈降圧 (防雪工学ハンドブックより抜粋)

$H_{11} \leq 3.5m$ のとき

$$W_{14} = 1.7 \times \{ (H_{11} - h_{11}) \times \gamma_{12} / 10 \}^{(3/2)} \times 10$$

$$= 1.7 \times \{ (2 - 1.2) \times 3.5 / 10 \}^{(3/2)} \times 10 = 2.519 \text{ せん断力 (積雪)}$$

$$M_{14} = 1/8 \times (W_{14} + W_{13}) \times (L_{14})^2$$

$$= 1/8 \times (2.519 + 50) \times (1.25)^2 = 501.758$$

曲げモーメント

$$M_{11} = 1/8 \times (W_{11} + W_{13}) \times (L_{14})^2$$

$$= 1/8 \times (590 + 50) \times (1.25)^2 = 125$$

$$S_{14} = 1/2 \times (W_{14} + W_{13}) \times L_{14}$$

$$= 1/2 \times (2.519 + 50) \times 1.25 = 1606$$

曲げモーメント

$$M_{12} = 1/8 \times W_{12} \times (L_{14})^2$$

$$= 1/8 \times 390 \times (1.25)^2 = 76.172$$

$$\sigma_{b11} = M_{11} / Z_{11} + M_{12} / Z_{12}$$

$$= 125000 / 71569 + 76172 / 71569 = 2.8$$

せん断力

$$S_{11} = 1/2 \times (W_{11} + W_{13}) \times L_{14}$$

$$= 1/2 \times (590 + 50) \times 1.25 = 400$$

$$\tau_{11} = 3/2 \times S_{11} / A_{11} + 3/2 \times S_{12} / A_{12}$$

$$= 3/2 \times 400 / 6362 + 3/2 \times 244 / 6362 = 0.2$$

せん断力

$$S_{12} = 1/2 \times W_{12} \times L_{14}$$

$$= 1/2 \times 390 \times 1.25 = 244$$

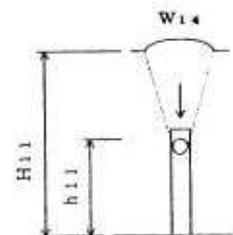
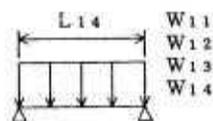
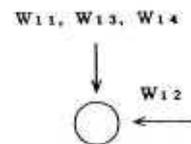
$$\sigma_{b14} = M_{14} / Z_{11}$$

$$= 501758 / 71569 = 7$$

曲げモーメント (積雪)

$$\tau_{14} = 3/2 \times S_{14} / A_{11}$$

$$= 3/2 \times 1606 / 6362 = 0.4$$



§ 7. 支柱の検討

条件

名称	数値	数値
垂直荷重 (N/m) W_{11}	590	/
水平荷重 (N/m) W_{12}	390	
雪の沈降圧 (N/m) W_{14}	2519	
支柱間隔 (m) L_{11}	1.400	
支柱間隔自重 (N) P_{12}	550	
横木高さ (m) h_{11}	1.200	
支柱断面積 (mm^3) A_{21}	17671	
支柱断面係数 (mm^3) Z_{21}	331340	
許容圧縮応力度 (N/mm^2) f_{c3}	5.9	
許容曲げ応力度 (N/mm^2) f_{b3}	7.4	
許容組合わせ応力度 (無係数) i_{21}	1	

結果

名称	数値	数値
垂直力 (N) P_{22}	1376	
曲げモーメント ($N \cdot m$) M_{22}	655.200	655200 ($N \cdot mm$)
垂直力 (積雪) (N) P_{23}	4077	
組合わせ応力度 (無係数) i_{22}	0.3	$< i_{21} = 1$
組合わせ応力度 (積雪) (無係数) i_{23}	0.0	$< i_{21} = 1$

上記の計算結果より i_{22} 、 i_{23} は、許容範囲内のため問題はない。

.....OK

垂直力

$$P_{22} = W_{11} \times L_{11} + P_{21}$$

$$= 590 \times 1.4 + 550 = 1376$$

曲げモーメント

$$M_{22} = W_{12} \times L_{11} \times h_{11}$$

$$= 390 \times 1.4 \times 1.2 = 655.2$$

垂直力 (積雪)

$$P_{23} = W_{14} \times L_{11} + P_{21}$$

$$= 2519 \times 1.4 + 550 = 4077$$

組合わせ応力度

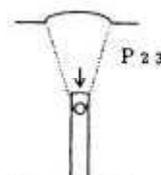
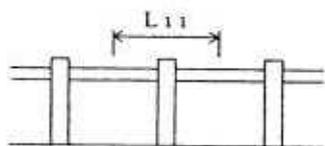
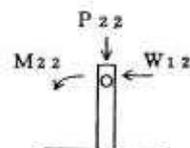
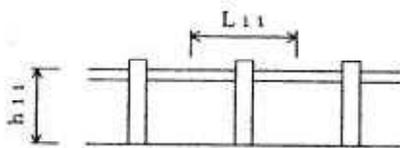
$$i_{22} = (P_{22}/A_{21}) / f_{c3} + (M_{22}/Z_{21}) / f_{b3}$$

$$= (1376/17671) / 5.9 + (655200/331340) / 7.4 = 0.3$$

組合わせ応力度 (積雪)

$$i_{23} = (P_{23}/A_{21}) / f_{c3}$$

$$= (4077/17671) / 5.9 = 0$$



§ 8. 基礎の検討

条 件

名 称		数 値	数 値
垂直力 (積雪)	(N) P ₂₃	4077	4.077 (kN)
基礎自重	(kN) P ₉₁	1.249	
基礎幅	(m) L ₉₁	0.350	
許容支持力度 (積雪)	(kN/m ²) f ₉	49	

結 果

名 称		数 値	数 値
垂直力 (積雪)	(kN) P ₉₆	5.326	< f ₉ = 49
基礎底面における(積雪+自重) 最大地盤反力度	(kN/m ²) q ₉₃	43.5	

上記の計算結果より q₉₃は、許容範囲内のため問題はない。

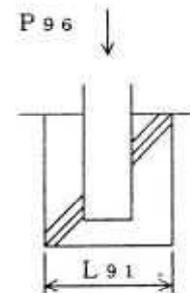
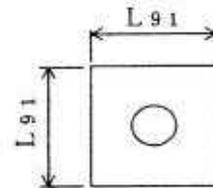
.....OK

垂直力 (積雪)

$$P_{96} = P_{23} + P_{91} = 4.077 + 1.249 = 5.326$$

基礎底面における最大地盤反力度 (積雪+自重)

$$q_{93} = P_{96} / \{(L_{91})^2\} = 5.326 / \{(0.35)^2\} = 43.5$$



§ 9. 結 論

以上の検討より構造上問題無いと考えられる。

以上

9. 木材の性質

9. 1 木材の強度

木材の強度は樹種により異なり、また、同一樹種でも部位やおかれた環境（含水状態など）によっても異なるため、工場生産材料等に比べて強度的にばらつきが大きい。

わが国の主要樹種の強度的性質として各強度の「平均値」「最小値」について示された事例より、特に北海道において間伐材として用いられる主な樹種である、カラマツ、トドマツ、スギの物理的・強度的性質について整理し、表 9.1 に示す。

なお、建築基準法施行令第 95 条では、樹種別の材料強度を表 9.2 のように示している。また、これを基に樹種別の許容応力度は表 9.3 のように示している。

表 9. 1 木材の強度的性質

	気乾比重 g/cm ³		圧縮強度 kg/cm ²		引張り強度 kg/cm ²		曲げ強度 kg/cm ²		せん断強度 kg/cm ²		衝撃曲げ吸収エネルギー kg・m/cm ²	
	最小	最大	平均	最小	平均	最小	平均	最小	平均	最小	平均	最小
カラマツ	0.40	0.60	450	300	850	550	800	550	80	55	0.45	0.30
トドマツ	0.32	0.48	330	250	1100	700	650	450	65	45	0.45	0.30
スギ	0.30	0.45	350	250	900	700	650	500	60	40	0.35	0.20

※改定 3 版木材興業ハンドブック、農林水産省林業試験場監修（1991）、pp.188-189 より

表 9. 2 木材の繊維方向の材料強度 (建築基準法施行令第 95 条、建設省告示第 1452 号より)

樹 種	区 分	等 級	基準強度 (単位 : N/mm ²)			
			圧縮	引張り	曲げ	せん断
えぞまつ とどまつ	甲種構造材	1 級	27.0	20.4	34.2	1.8
		2 級	22.8	17.4	28.2	
		3 級	13.8	10.8	17.4	
	乙種構造材	1 級	27.0	16.2	27.0	
		2 級	22.8	13.8	22.8	
		3 級	13.8	5.4	9.0	
からまつ	甲種構造材	1 級	23.4	18.0	29.4	2.1
		2 級	20.4	15.6	25.8	
		3 級	18.6	13.8	23.4	
	乙種構造材	1 級	23.4	14.4	23.4	
		2 級	20.4	12.6	20.4	
		3 級	18.6	10.8	17.4	
ひ ば	甲種構造材	1 級	28.2	21.0	34.8	2.1
		2 級	27.6	21.0	34.8	
		3 級	23.4	18.0	29.4	
	乙種構造材	1 級	28.2	16.8	28.2	
		2 級	27.6	16.8	27.6	
		3 級	23.4	12.6	20.4	
す ぎ	甲種構造材	1 級	21.6	16.2	27.0	1.8
		2 級	20.4	15.6	25.8	
		3 級	18.0	13.8	22.2	
	乙種構造材	1 級	21.6	13.2	21.6	
		2 級	20.4	12.6	20.4	
		3 級	18.0	10.8	18.0	
べいつが	甲種構造材	1 級	21.0	15.6	26.4	2.1
		2 級	21.0	15.6	26.4	
		3 級	17.4	13.2	21.6	
	乙種構造材	1 級	21.0	12.6	21.0	
		2 級	21.0	12.6	21.0	
		3 級	17.4	10.2	17.4	

注 1) 積雪時の構造計算をする場合は、0.8 を乗じる。

注 2) この表は、針葉樹の構造用製材の日本農林規格 (JAS) に適合する目視等級区分によるものの一例であるため、その他の部材等については建築基準法施工令第 95 条及び建設省令第 1452 号を参考すること。

表 9. 3 木材の繊維方向の許容応力度(建築基準法施行令第 89 条、建設省告示第 1452 号より)

樹種	区分	等級	長期許容応力度 (N/mm ²)				短期許容応力度 (N/mm ²)			
			圧縮	引張り	曲げ	せん断	圧縮	引張り	曲げ	せん断
えぞまつ とどまつ	甲種構造材	1 級	9.9	7.5	12.5	0.7	18.0	13.6	22.8	1.2
		2 級	8.4	6.4	10.3		15.2	11.6	18.8	
		3 級	5.1	4.0	6.4		9.2	7.2	11.6	
	乙種構造材	1 級	9.9	5.9	9.9		18.0	10.8	18.0	
		2 級	8.4	5.1	8.4		15.2	9.2	15.2	
		3 級	5.1	2.0	3.3		9.2	3.6	6.0	
からまつ	甲種構造材	1 級	8.6	6.6	10.8	0.8	15.6	12.0	19.6	1.4
		2 級	7.5	5.7	9.5		13.6	10.4	17.2	
		3 級	6.8	5.1	8.6		12.4	9.2	15.6	
	乙種構造材	1 級	8.6	5.3	8.6		15.6	9.6	15.6	
		2 級	7.5	4.6	7.5		13.6	8.4	13.6	
		3 級	6.8	4.0	6.4		12.4	7.2	11.6	
ひば	甲種構造材	1 級	10.3	7.7	12.8	0.8	18.8	14.0	23.2	1.4
		2 級	10.1	7.7	12.8		18.4	14.0	23.2	
		3 級	8.6	6.6	10.8		15.6	12.0	19.6	
	乙種構造材	1 級	10.3	6.2	10.3		18.8	11.2	18.8	
		2 級	10.1	6.2	10.1		18.4	11.2	18.4	
		3 級	8.6	4.6	7.5		15.6	8.4	13.6	
すぎ	甲種構造材	1 級	7.9	5.9	9.9	0.7	14.4	10.8	18.0	1.2
		2 級	7.5	5.7	9.5		13.6	10.4	17.2	
		3 級	6.6	5.1	8.1		12.0	9.2	14.8	
	乙種構造材	1 級	7.9	4.8	7.9		14.4	8.8	14.4	
		2 級	7.5	4.6	7.5		13.6	8.4	13.6	
		3 級	6.6	4.0	6.6		12.0	7.2	12.0	
べいつが	甲種構造材	1 級	7.7	5.7	9.7	0.8	14.0	10.4	17.6	1.4
		2 級	7.7	5.7	9.7		14.0	10.4	17.6	
		3 級	6.4	4.8	7.9		11.6	8.8	14.4	
	乙種構造材	1 級	7.7	4.6	7.7		14.0	8.4	14.0	
		2 級	7.7	4.6	7.7		14.0	8.4	14.0	
		3 級	6.4	3.7	6.4		11.6	6.8	11.6	

注 1) 積雪時の構造計算をする場合は、長期許容応力度については 1.3 を、短期許容応力度については 0.8 を乗じる。

注 2) この表は、針葉樹の構造用製材の日本農林規格 (JAS) に適合する目視等級区分によるものの一例であるため、その他の部材等については建築基準法施工令第 89 条及び建設省令第 1452 号を参考すること。

また、木材の強度に影響を及ぼす因子としては「比重」「含水率」などがあげられる。以下、比重、含水率と強度の関係について整理する。

(1) 比重と強度

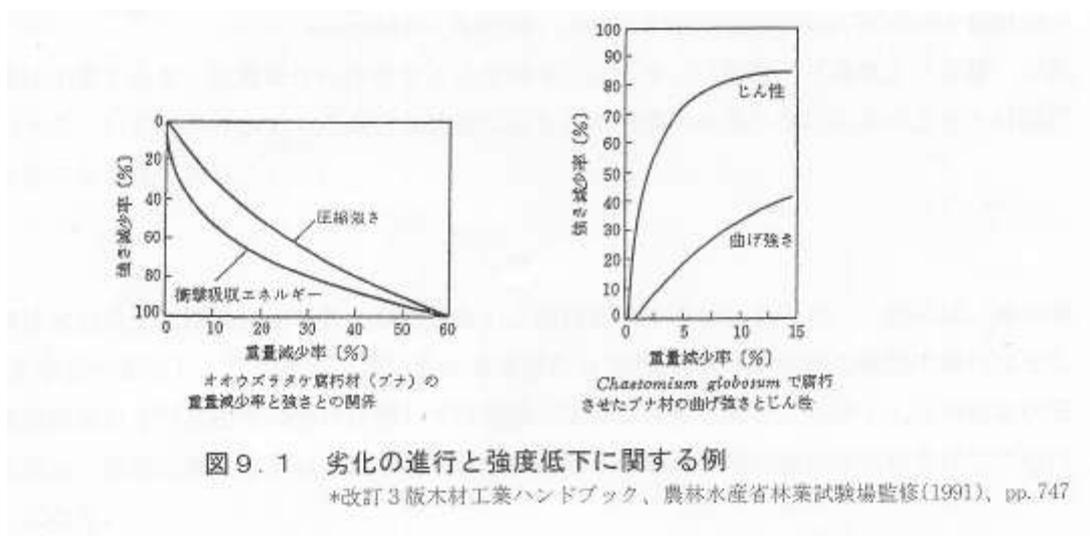
木材の場合、比重とは単位容積あたりの重量、すなわち容積量 (g/cm³) を示す。したがって、比重の低下は木材実質分の低下を示し、比重 (r) と強度 (F) または弾性率 (E) との間には次のような関係式が成り立つ。

$$F \text{ (または } E) = a \cdot r^b$$

ここで、a、b は付加方法の種類によって変化する値である。

これより、腐朽等により重量が低下した場合には比重も低下するため、強さも低下することになる。

図9. 1 に示す例は、劣化の進行とともに強度が低下している例である。



(2) 含水率と強度

木材には、細胞壁に物理的・化学的結合力で吸収されている水分（結合水）と、それ以外の間隙等に存在する水分（自由水）がある。結合水のみが存在する状態の含水率を「連続繊維飽和点（含水率 25～30%）」という。

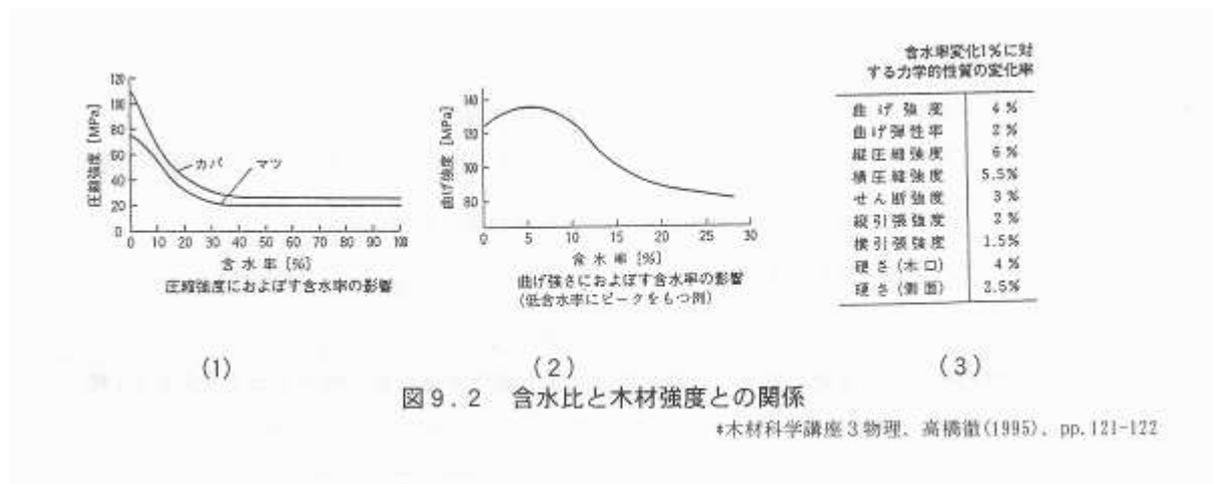
この連続繊維飽和点以下の状態では、含水率の増減は結合水にまで及び、細胞壁内の水分状態が変化することになるため、細胞壁の膨潤収縮が生じ木材実質の凝集力が変化することになる。したがって、**繊維飽和点以下では、含水率の力学的性質に及ぼす影響は非常に大きい。**

一方自由水は、細胞壁に対する上記のような作用がないため、繊維飽和点以上では含水率が増減しても力学的性質は変わらない。

強度（圧縮）と含水率の関係を、図 9.2 (1) に示す。これとほぼ同じ傾向にあるのは硬さである。

また、縦・横引張、曲げ、せん断、割裂では、図 9.2 (2) に示すように「含水率 5～8%」のときに強度が最大となり、それ以下では低下する例もある。

「繊維飽和点以下で含水率が 1%低下」したときの各種力学的性質の増減割合の例を、図 9.2 (3) に示す。



9. 2 木材の劣化

木材の劣化とは、物理的・化学的・生物学的要因等により何らかの変質を受け、使用している木材の性能が低下する現象をいう。特に屋外で使用される木材に対する主な劣化の要因としては、**腐朽**、**虫害**、**風化**があげられる。以下に、それぞれの概要と木材に与える影響等について整理する。

(1) 腐朽

腐朽とは、微生物（主として菌類）が木材の細胞壁実質を分解することにより、木材に強度低下や形態変化等が生じることである。このような腐朽を引き起こす菌類を総称し「木材腐朽菌」という。

木材腐朽菌は、木材の組織に侵入し、細胞壁の構成成分であるセルロース、ヘミセルロース、リグニン等を分解する。

木材の腐朽は、腐朽の進行により褐色に変色するものと白色に変色するものとに大別される。前者のような作用を引き起こす腐朽菌を「褐色腐朽菌」、後者のような作用を引き起こす腐朽菌を「白色腐朽菌」という。また、多湿な条件下で木材表層部に軟化現象を引き起こす菌類（ほとんどが子のう菌）を「軟腐朽菌」という。それぞれの特徴は表 9.4 に示すとおりである。

表 9. 4 主な木材腐朽菌

腐朽の種類	外見特徴	分解対象	主要菌類	備考
褐色腐朽	褐色に変色 乾燥すると収縮 し亀裂を生じる	セルロース ヘミセルロース	イチョウタケ イドタケ オウズラタケ キカイガラタケ ナミダタケ マツオオジ	主に針葉樹を侵す
白色腐朽	退色し白色化 海綿状になる	セルロース ヘミセルロース リグニン	カイガラタケ カワラタケ スエヒロタケ ヒイロタケ ホシゲタケ	主に広葉樹を侵す
軟腐朽	木材表層部が 軟化する	セルロース ヘミセルロース	子のう菌類 不完全菌類	急激な分解を生じないため軟化現象を示す 高含水率状態（橋脚材、 接地条件）で侵される

* 木材保存学入門改訂版、(社)日本木材保存協会 (1998)、pp.63-68 を参照し作成

木材腐朽菌は生物であり、生育条件に作用する主な因子には「水」「酸素」「温度」「栄養」があげられ、このうち、いずれか一つでも不適当な状態になると木材腐朽は生じない。各因子と木材腐朽菌との関係は次のとおりである。

① 水

木材腐朽菌は水分なしには生育することができない。樹種による違いはあるが、一般には、**連続繊維飽和点（含水率 25～30%）より 10%以上高い含水率状態から 150%の含水率状態の範囲で腐朽は生じる**。連続繊維飽和点以下（自由水の無い状態）では菌類の生育は困難となる。しかし、この様な状態でも菌類は生育を一時的に停止しているにすぎず、水分が与えられれば再び菌類が活動をはじめ腐朽が生じることになる。

② 酸素

木材腐朽菌類は全て「好気性微生物」に属している。したがって、酸素の無いところではこれらの菌類は生育できないため腐朽も生じない。一般に、木材中で腐朽菌が生育するためには、材の容積の20%程度の空隙があればよいとされている。水中や地中深くにおいて木材が腐朽しにくいのは、酸素が欠乏しているためである。

③ 温度

木材腐朽菌類は、生育に適した温度により「好低温菌」「好中温菌」「好高温菌」の3つのグループに区分されている。一般に、木材腐朽菌類が生育できる温度範囲は「0～50℃」とされている。

表9.5 木材腐朽菌の生育適温区分

区分	生育適温	菌名
好低温菌	24℃以下	イドタケ、ナミダタタケ、ホンダケ
好中温菌	24～32℃	イチョウダケ、オオウズラダケ、カイガラダケ、カタウロコダケ、カワラタケ、スエヒロダケ、チョークアナタケ、マツオオジ、マワタグサレタケ、ワタグサレタケ
好高温菌	32℃以上	アラゲカワラタケ、キカイガラタケ、ヒイロタケ

*木材保存学入門改訂版、(社)日本木材保存協会(1998)、pp.68-71を参照し作成

④ 栄養

木材腐朽菌が生育するためには、炭素、窒素、無機塩類が必要である。木材の主成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンであり、これらは木材細胞壁や細胞間の層を構成しており、全ての樹種に共通して存在し、その合計量は全木材成分の90%以上に達する。これらが木材腐朽菌の栄養源となる。

一方、副成分には、糖類、アミノ酸、フェノール類、タンニン、脂肪酸、精油、無機化合物等が含まれ、樹種によってその含有量は異なる。特に、フェノール類、タンニン、精油などは心材に多く含まれ、菌類にとって毒物として作用するものが多い。樹種や同一樹種における位置の違い(心材部と辺材部)による耐朽性の差は、副成分の存在量の違いによるところが大きい。

また、木材は炭素には富んでいるが、腐朽菌が生育するための窒素が少ない(一般に0.5%以下)。

このため、木材に窒素が供給されると腐朽速度は上昇する。

地際部等は腐朽が進行しやすい箇所であるが、土壤に接する部分では、土中の水可溶性窒素成分が木材に浸透し木材表面で水が蒸発する際に窒素が表面部分に濃縮されるなど、窒素が供給されやすい状況にあることがその要因の一つとなっている。

(2) 虫害

木材の被害のうち、木材を餌・住処とする昆虫・海虫などの食害に起因するものを虫害という。

生立木が伐採され加工利用されるまでの間に、乾燥・剥皮等丸太の状態は変化する。これに伴い木材に被害を及ぼす昆虫相も変化する。主な害虫の種類と特徴は表 9.6 に示すとおりである。

表 9. 6 害虫による主な被害

害虫の種類	対象	主な害虫	特徴
生丸太害虫	風倒木 未成材の伐採木	カミキリムシ類 ゾウムシ類 キクイムシ類	穿孔産卵による
乾材害虫	乾燥した木材 製材	シバンムシ科 ヒラタキクイムシ科	国内では主にヒラタキクイムシを指す
湿材害虫	水分の多い木材	シロアリ	主にシロアリ
海中	海中用材	キクイムシ フナクイムシ	海中での用材に寄生

*木材保存学入門改訂版、(社)日本木材保存協会(1998)、pp.83-106を参照し作成

このうち、乾材害虫は製材や家屋内等の乾燥した環境に適応したものが多い。したがって、屋外に設置された木製構造物に対する害虫としては、主に「生丸太害虫」「湿材害虫(シロアリ)」があげられる。

「カミキリムシ科」「キクイムシ科」等の生丸太害虫は、産卵・幼虫発育の段階で樹皮を必要としたり、樹皮下を住処としたりする種が多い。虫害による直接的被害には、穿孔による商品的価値の低下や、木材の強度低下があげられる。さらに、間接的な被害として穿孔部からの腐朽の拡大とそれに伴う強度の低下があげられる。

シロアリは木造建築物の他、立木も加害する。シロアリの被害は、世界的にみられるものであるが、現在日本において被害が大きく問題とされているのは、地下シロアリ(ヤマトシロアリ、イエシロアリ)と呼ばれるものである。日本における主なシロアリの分布状況と特性を図 9.3、表 9.7 に示す。

北海道では、南部地方がヤマトシロアリの生息域に相当するが、イエシロアリの分布域には相当しない。ヤマトシロアリは、イエシロアリのように固定巣は作らず、水を運搬する能力がないため、湿った木材を好んで食害するという特徴を有している。

(3) ウェザリング

木材のウェザリングとは、木材が屋内外に暴露されることにより劣化することを示し、一般には、紫外線、雨水、温度等の気象因子によるものを示す。木材の劣化に関わる気象因子としては、「太陽光（主に紫外線）」「気温」「降雨」「積雪」「風」等がある。これらによる直接的な劣化現象としては、「変色（退色）」「風化（摩耗による目やせ）」「凍結・融解の繰り返しによる割れ、反りの発生」等があげられるが、気象因子は、降雨・積雪等による水分の供給など、その他の劣化要因と相互的に関係しあっている場合が多く劣化のメカニズムは複雑になっている。

9. 3 木材の抵抗性

木材は、樹種や部位等によりその程度は異なるが、先に示した劣化作用に対する抵抗力も有している。一般に、腐朽に対する抵抗性を「耐朽性」、害虫に対する抵抗性を「耐虫性」、特にシロアリに対する抵抗性を「耐蟻性」と称している。

(1) 耐朽性

耐朽性は樹種により様々であり、同一樹種の場合でも心材部と辺材部では心材部の方が耐朽性が高い。一般的に、耐朽性は心材部で評価される。主な針葉樹の心材部（縦・横 3 cm、長さ 60 cm の杭を半分地中に埋め最も腐朽しやすい地際部を対象として実施）の耐朽性の評価結果を表 9.8 に示す。

表 9. 8 各樹種の耐朽性（心材、国産針葉樹）

耐朽性の区分	日本材
大（野外で 7～8.5 年）	ヒノキ、サワラ、ネズコ、アスナロ、ヒバ
中（野外で 5～6.5 年）	スギ、カラマツ、イチイ、カヤ、トガサワラ
小（野外で 3～4.5 年）	モミ、アカマツ、クロマツ
極小（野外で 2.5 年以下）	トドマツ、アオモリトドマツ、エゾマツ

* 木材保存学入門改訂版、(社) 日本木材保存協会 (1998)、pp.80

心材部の比較では、スギ、カラマツに比べトドマツの耐朽性が低い結果となっている。

また、木材の心材部と辺材部の割合は、樹種や成長段階等により異なる。一般に、同一樹種であれば直径が大きくなるほど心材部の占める割合が大きくなる。したがって、より径が大きく心材部の多い丸太を用いた方が高い耐朽性が期待できるということが出来る。ただし、防腐処理をする場合には心材部は辺材部に比べ薬剤の吸収性が良くないため注意が必要である。

表 9. 9 針葉樹丸太の辺材率

樹種 丸太直径(寸)	アカマツ (飛騨産)	スギ (吉野産)	ツガ	ヒノキ	ネズコ	ヒメコマツ	トドマツ (樺太産)
3	99.7	90.6	—	74.6	—	50.4	46.6
6	88.4	61.4	57.7	44.8	41.9	39.5	29.3
9	81.2	47.4	46.0	34.6	30.2	35.4	23.0
1 2	76.9	39.4	39.6	31.0	24.0	33.6	19.7
1 5	74.1	34.4	35.6	30.2	20.2	—	17.8

* 改訂 3 版木材工業ハンドブック、農林水産省林業試験場監修 (1991)、pp.56

(2) 耐虫性

木材の耐虫性については、ヒラタキクイムシの例が示されている。

ヒラタキクイムシの加害対象樹種は、産卵に適した道管径として「0.18 mm以上」をもつものとしてされており、これ以下のものはもちろん、あまり大きすぎる道管にも産卵はしないとされている。道管を有しない針葉樹材には産卵しないため被害も発生しないが、その反面広葉樹への加害範囲は広い。さらに、当種は食餌となるデンプン含量の高い樹種を好み、中でもデンプン含量の高い辺材部が加害される。また、産卵に適した含水率は「16%」前後といわれている。ヒラタキクイムシによる被害樹種について、表 9.10 に示す。

表 9. 10 ヒラタキクイムシの被害の有無（国産材、辺材について）

被害樹種	無被害樹種
イタヤカエデ、セン、ミズメ、ウダイカンバ、シラカンバ・シラカシ・アカガシ・イチイガシ、シイノキ、コジイ、コナ、ミズナラ、クリ、オニグルミ・サワグルミ・タブノキ・イヌエンジュ、ニセアカシア、ヤマグワ、トネリコ、ヤマトアオダモ、ヤチダモ、シオジ、ドロノキ、ヤマナラシ、バッコヤナギ、キリ、ハルニレ・ケヤキ・ホオノキ	全ての針葉樹

*木材保存学入門改訂版、(社)日本木材保存協会(1998)、pp.108

また、木材は樹種によるが長期間海中に放置された場合には、ある程度の海虫の被害を受ける。木材の耐海中性については、フナクイムシに対するものが示されている。フナクイムシに比較的食害されにくいものとしては「コウヤマキ」などがあげられる。一般に広葉樹は針葉樹より侵されやすく、針葉樹ではマツ類がよく食害される。フナクイムシに対する抵抗性について、表 9.11 に示す。

表 9. 11 フナクイムシへの樹種別抵抗性（国産材）

抵抗性	樹種
大	コウヤマキ、マキ、クリ、イチイガシ
中	スギ、ベイマツ、イチヨウ、クスノキ
小	ヒノキ、エゾマツ、ヒメコマツ、アカマツ、アスナロ、ツガ、トウヒ、モミ、ケヤキ、カツラ、サクラ類、キリ、ブナ、ミズナラ

*木材保存学入門改訂版、(社)日本木材保存協会(1998)、pp.108

(3) 耐蟻性

木材の耐朽性と耐蟻性は一致しないこともあるが、一般に、耐朽性が小さいものは耐蟻性も小さいと考えてよい。ヒバ、カヤ、コウヤマキ、イヌマキはどちらも大きいですが、カラマツなどは、耐朽性の程度に比較して耐蟻性の方がより低い傾向にある。ヒノキでは、揮発性のテルペン類が抗蟻性成分として作用しているといわれている、主な針葉樹の耐蟻性について整理し、表 9.12 に示す。

表 9. 12 耐蟻性による樹種の分類（国産針葉樹）

耐蟻性	樹種（特に指定しない場合は心材）
大	ヒバ、コウヤマキ、イヌマキ
中	ヒノキ、スギ、ツガ、カラマツ
小	モミ、シラベ、アカエゾ、エゾマツ、トドマツ、アカマツ、クロマツ

*木材保存学入門改訂版、(社)日本木材保存協会(1998)、pp.107

10. 加圧注入処理木材の規格

木材および木製構造物の耐久性を高めるために行う防腐処理のうち、加圧注入処理については、日本工業規格（JIS）、日本農林規格（JAS）等により、処理方法・種類、あるいは防腐処理の性能基準等について規定されている。このうち、日本工業規格（JIS）による規定については、「本編 4.2 薬剤の種類」にて整理した。

ここでは、日本農林規格（JAS）および AQ 認証による防腐処理の性能基準について整理する。

なお、それぞれの概要は次のようになっている。

<JAS 規格（日本農林規格：Japan Agricultural Standard）>

農林物資の取引の公正化や使用・消費の合理化のために法律により一定の規格と品質を規定したもので、「農林物質規格法（昭和 25 年法律第 175 号）」に基づき制定されたものである。木材関係の JAS 規定は、「素材」「製材」「押し角」「耳つき板」等 27 種類がある。1996 年 7 月に従来形状、寸法などを具体的に記述した仕様規定から要求する強度等を記述した性能規定に改められた。

<AQ 認証（優良木質建材等認証：Approved Quality）>

時代のニーズに即応した新技術・新製品の開発を促進するとともに、品質保証等による消費者の保護を図るために、昭和 49 年に農林省の制度（木質建材認証・勧告制度）として発足したものである。

現在は、品質性能試験を行った上で「(財)日本住宅・木材技術センター」により認証されるシステムとなっている。「木材保存処理材の品質性能判定基準」により、近年新たに開発され JAS 規定されていない薬剤の適用性について定められるなどしている。

(1) 日本農林規格（JAS）による性能基準

日本農林規格（JAS）では、「針葉樹の構造用製材」について、樹種と設置条件等を考慮した防腐処理の性能基準について示されている。

JAS 規格に示された浸潤度の適合基準は、心材の耐久性による樹種区分（D1～D2、表 10.1 参照）と、性能区分（K1～K5、表 10.2 参照）との関係から規定されている。

表 10.1 針葉樹の構造用製材の JAS の耐久性区分

心材の耐久性区分	樹種
D1	ヒノキ、ヒバ、スギ、カラマツ、ベイヒ、ベイスギ、ベイヒバ、ベイマツ、ダフリカカラマツその他これらに類するもの
D2	アカマツ、クロマツ、トドマツ、エゾマツ、モミ、ツガ、ベイモミ、ベイツガ、ラジアタパイン、ベニマツ、スプルース、ロッジポールパイン、アガチスその他これらに類するもの

表 10. 2 針葉樹の構造用製材の JAS の浸潤度の基準

性能区分	樹種区分	浸潤度の適合基準
K1	すべての樹種	辺材部分の浸潤度が 90%以上
K2	耐久性 D1 の樹種 耐久性 D2 の樹種	辺材部分の浸潤度が 80%以上かつ材面からの深さ 10 mm までの心材部分の浸潤度が 20%以上 辺材部分の浸潤度が 80%以上かつ材面からの深さ 10 mm までの心材部分の浸潤度が 80%以上
K3	すべての樹種	辺材部分の浸潤度が 80%以上かつ材面からの深さ 10 mm までの心材部分の浸潤度が 80%以上
K4	耐久性 D1 の樹種 耐久性 D2 の樹種	辺材部分の浸潤度が 80%以上かつ材面からの深さ 10 mm までの心材部分の浸潤度が 80%以上 辺材部分の浸潤度が 80%以上かつ材面からの深さ 15 mm (厚さが 90 mm を超える製材については 20 mm) までの心材部分の浸潤度が 80%以上
K5	すべての樹種	辺材部分の浸潤度が 80%以上かつ材面からの深さ 15 mm (厚さが 90 mm を超える製材については 20 mm) までの心材部分の浸潤度が 80%以上

さらに、薬剤処理材の吸収量の適合基準は、K1～K5 の性能区分と使用する薬剤に応じて、表 10.3 のように規定されている。

防腐効果は薬剤の浸潤長によって異なるため、屋外等厳しい状況下に設置される施設では、極力木材の深部まで至る注入処理を施すことが重要である。

表 10. 3 針葉樹の構造用製材の JAS の薬剤吸収量の基準

性能区分	薬剤名	記号	吸収量の適合基準
K1	ほう素化合物	B	ほう酸として 1.2kg/m ³ 以上
K2	クロム・銅・ヒ素化合物	CCA	CCA として 1.8kg/m ³ 以上 9.0kg/m ³ 以下
	アルキルアンモニウム化合物	AAC	DDAC として 2.3kg/m ³ 以上
	銅・アルキルアンモニウム化合物	ACQ	ACQ として 1.3kg/m ³ 以上
	ナフテン酸銅	NCU	銅として油剤は 0.4kg/m ³ 以上、 乳剤は 0.5kg/m ³ 以上
	ナフテン酸亜鉛	NZN	亜鉛として油剤は 0.8kg/m ³ 以上、 乳剤は 0.5kg/m ³ 以上
K3	クロム・銅・ヒ素化合物	CCA	CCA として 3.5kg/m ³ 以上 10.5kg/m ³ 以下
	アルキルアンモニウム化合物	AAC	DDAC として 4.5kg/m ³ 以上
	銅・アルキルアンモニウム化合物	ACQ	ACQ として 2.6kg/m ³ 以上
	ナフテン酸銅	NCU	銅として油剤は 0.8kg/m ³ 以上、 乳剤は 1.0kg/m ³ 以上
	ナフテン酸亜鉛	NZN	亜鉛として油剤は 1.6kg/m ³ 以上、 乳剤は 2.0kg/m ³ 以上
K4	クレオソート油	A	クレオソート油として 80kg/m ³ 以上
	クロム・銅・ヒ素化合物	CCA	CCA として 6.0kg/m ³ 以上 18.0kg/m ³ 以下
	アルキルアンモニウム化合物	AAC	DDAC として 9.0kg/m ³ 以上
	銅・アルキルアンモニウム化合物	ACQ	ACQ として 5.2kg/m ³ 以上
	ナフテン酸銅	NCU	銅として油剤は 1.2kg/m ³ 以上、 乳剤は 1.5kg/m ³ 以上
	ナフテン酸亜鉛	NZN	亜鉛として油剤は 3.2kg/m ³ 以上、 乳剤は 4.0kg/m ³ 以上
K5	クレオソート油	A	クレオソート油として 170kg/m ³ 以上
	クロム・銅・ヒ素化合物	CCA	CCA として 7.5kg/m ³ 以上 22.5kg/m ³ 以下

表 10. 4 JAS の性能区分と使用環境の関係

性能区分	木材の使用状態	具体的内容
K1	屋内の乾燥した条件で腐朽・蟻害のおそれのない場所で、乾燥害虫に対して防虫性能のみを必要とするもの。	外気に接しない比較的乾燥した状態でヒラタキクイムシの被害を防止する。
K2	低温で腐朽や蟻害のおそれの少ない条件下で高度の耐久性の期待できるもの	北海遺など寒冷地で ① 外気又は湿潤環境に常時露出される場合で接地条件で一定の耐用を期待する ② 外気又は湿潤環境に常時露出される場合で非接地で中期の耐用を期待する ③ 外気又は湿潤環境にたまに露出される場合で非接地で長期の耐用を期待する
K3	通常腐朽・蟻害のおそれのある条件下で高度の耐久性の期待できるもの	① 外気又は湿潤環境に常時露出される場合で接地条件で一定の耐用を期待する ② 外気又は湿潤環境に常時露出される場合で非接地で中期の耐用を期待する ③ 外気又は湿潤環境にたまに露出される場合で非接地で長期の耐用を期待する
K4	通常よりはげしい腐朽・蟻害のおそれのある条件下で高度の耐久性の期待できるもの	① 外気及び湿潤環境に常時露出される場合で接地条件で一定の耐用を期待する ② 外気及び湿潤環境に常時露出される場合で非接地で中期の耐用を期待する ③ 外気及び湿潤環境にしばしば露出される場合で非接地で長期の耐用を期待する
K5	極度に腐朽・蟻害のおそれのある環境下で高度の耐久性の期待できるもの	外気及び湿潤環境に常時露出される場合で接地条件で長期の耐用を期待する

(2) AQ 認証による性能基準

上記に示した日本農林規格 (JAS) は、基本的には製材を対象として規定している。近年の木製構造物の多様化に伴い、日本農林規格 (JAS) では対応できない製品も増加している。そのため、AQ 認証が設けられ、この中の一つに「屋外製品部材」に関する規定があり、これには丸太も含まれている。AQ 認証による薬剤吸収量判定基準を、表 10.5 に示す。

表 10.5 AQ 認証による薬剤吸収量判定基準 (屋外製品部材)

薬剤名	有効成分	吸収量 (kg/m ³)	
		1 種 (接地用)	2 種 (非接地用)
ナフテン酸銅	CU	1.5 以上	1.0 以上
ナフテン酸亜鉛 (乳剤)	ZN	4.0 以上	2.0 以上
ナフテン酸亜鉛 (油剤)	ZN	3.2 以上	1.6 以上
アルキルアンモニウム化合物系	DDAC	9.0 以上	4.5 以上
銅・アルキルアンモニウム化合物系	ACQ	5.2 以上	2.6 以上
バーサチック酸亜鉛・ピレストロイド系	ZN	5.2 以上	2.6 以上
クロム・銅・ヒ素化合物系	CCA	6.0 以上 18.0 以下	3.5 以上 10.5 以下
酸・ホウ酸・アゾール系	CUBAC	5.2 以上	2.6 以上
プロペタンホス・アゾール系	AZP	0.3 以上	0.15 以上
ホウ酸・アルキルアンモニウム化合物系	BDDAC	6.4 以上	3.2 以上
クレオソート油	A	80 以上	—

上記では、日本農林規格 (JAS) とは表現方法は異なるが、AQ 認証の 1 種 (接地用)、2 種 (非接地用) は、それぞれ JAS の K4、K3 に相当する。

11. 木材の耐久性に関する既往事例

木材あるいは木製構造物が、実用的にみてどの程度の耐久性があるものかについて調査した事例、マニュアル等の資料は少ない。ここでは、北海道で比較的多く用いられる樹種であるカラマツ、トドマツ、スギを対象にして防腐処理方法と耐久性の関係について記された既往事例、ならびに土木構造物の材料として用いられた場合の耐久性について記された既往事例として、以下の事例の概要について整理しておく。

- ① 名取潤（1995）：防腐処理した小丸太の野外耐久性、木材保存 Vol.21-1、pp.16-22
- ② 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、林産試験場報告第11巻第1号
- ③ 山本幸一、桃原郁夫、西村健（1999）：燻煙乾燥木材及び焼き丸太の野外杭試験、木材保存 Vol.25-No5、pp.13-16
- ④ 山本幸一、桃原郁夫、西村健（2000）：木タール及び木酢液処理したスギ心材の野外杭試験結果、木材保存 Vol.26-No1、pp.26-29
- 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 Vol.19-1、pp.13-22より
- ⑥ 竹村次郎、鈴木茂夫（1993）：木柵工（間伐材利用）の耐用年数の実態調査（平成3年～5年）、栃木県林業センター年報 No.25、pp.35-37
- ⑦ 佐藤次夫、毛利正一（1997）：カラマツ間伐材を利用した擁壁工の腐朽度調査について、帯広営林支局業務研究発表集、Vol.1996、pp.11-16

①スギ・ヒノキ・カラマツの耐用年数に関する事例

名取潤 (1995) : 防腐処理した小丸太の野外耐久性、木材保存 Vol.21-1、pp.16-22 より

—試験方法—

- ・ スギ、ヒノキ、カラマツの防腐処理丸太を暴露試験し、その被害度の観察を地際部と地中部で行った。
- ・ 用いた丸太、および防腐処理の条件は、表 11.1 (1) のとおりである。
- ・ 被害度の判定は、森林総合研究所の評価方法による。

—主な試験結果—

- ・ 加圧注入・浸漬処理に際しての注入量では、スギで最も高く、カラマツが最も低い結果となった。(表 11.1 (2))。
- ・ クレオソート油の浸漬・加圧注入、ならびに CCA の加圧注入処理したスギ、ヒノキでは「7年以上」の耐用年数が得られた。
- ・ 注入量の低いカラマツでは、全ての条件下で耐用年数がスギ、ヒノキよりも低い値となった。
- ・ 焼丸太では、シロアリの被害が促進されるなど耐久性効果は全くみられず、無処理材よりも悪い結果となった。
- ・ 辺材部の多いスギは、一般にカラマツ、ヒノキよりも耐朽性は低いとされているが、薬剤処理した場合には、薬剤の浸透性が良いためカラマツよりも高い耐久性が得られる。
- ・ クレオソートの市販品を塗布した場合には、高い防腐効果は得られていない。
- ・ 杭における頂端部、地際部、地中部の劣化状況では、地際部が最も被害度が大きい。

表 11. 1 (1) 使用丸太と薬剤処理状況

使用丸太	スギ・ヒノキ・カラマツ剥皮小丸太 (末口径 4~8cm、長さ 1.2m : 人工乾燥) スギ・ヒノキ・カラマツ剥皮丸太 (末口径 9~12cm、長さ 3m : 天然乾燥)	
処理条件	処理方法	処理条件
	① 無処理	: ー
	② クレオソート油 (市販品) 塗布	: 2 回塗布 原液 2 回塗布
	③ クレオソート油 (JIS) 塗布	: 原液 10 分間 3 回浸漬
	④ クレオソート油 (JIS) 浸漬	: 原液 JIS A-9002-2 法
	⑤ クレオソート油加圧注入	: ー
	⑥ 焼丸太	: 濃度 0.5% JIS A-9002-1 法
	⑦ TBTB 加圧注入	: 濃度 2.1% JIS A-9002-1 法
	⑧ CCA 加圧注入	

*名取潤 (1995) : 防腐処理した小丸太の野外耐久性、木材保存 Vol.21-1 より

表 11. 1 (2) 加圧処理による注入量 (kg/m3)

材長	樹種	クレオソート油		CCA		TBTB	
		全体	樹種	全体	樹種	全体	樹種
1.2m	スギ		122		336		11.5
	ヒノキ	134	110	329	208	139	9.9
	カラマツ		21		28		4.8
3.0m	スギ		205		215		
	ヒノキ	254	163	254	142		
	カラマツ		60		98		

*名取潤 (1995) : 防腐処理した小丸太の野外耐久性、木材保存 Vol.21-1 より

表 11. 1 (3) 処理方法別・樹種別耐用年数

処理方法	耐久性					
	スギ		ヒノキ		カラマツ	
	杭	埋設	杭	埋設	杭	埋設
① 無処理	2~3年 *5年	1.5~2年	2年 *4~6年	1.5~2年	2年 *4年	1年
② クレオソート油 (市販品) 塗布	3~4年	3~4年	2~3年	3~4年	2年	1年
③ クレオソート油 (JIS) 塗布	7年以上	3~4年	7年	4~5年	3年	1.5~2年
④ クレオソート油 (JIS) 浸漬	7年以上 *7年以上	7年以上	7年以上 *7年以上	7年以上	3年 *6年	2~3年
⑤ クレオソート油加圧注入	7年以上 *7年以上	7年以上	7年以上 *7年以上	7年以上	7年 *7年以上	4~5年
⑥ 焼丸太	1年以内	1年以内	1年以内	1年以内	1年以内	1年以内
⑦ TBTB 加圧注入	6年	4年	7年以上	5年	4年	1.5年
⑧ CCA 加圧注入	7年以上 *7年以上	7年以上	7年以上 *7年以上	8~9年	5年 *7年以上	1年

注1) 「杭」とは地中部分が 40~60cm 程度となるよう埋め込んで設置したもの。被害度の判定は地際部で行っている。
 「埋設」とは覆土が供試丸太がわずかに土に覆われる程度としたもの。被害度の判定は試験体の中央部で行っている。
 注2) 上段; 使用丸太 スギ・ヒノキ・カラマツ剥皮小丸太 (末口径 4~8cm、長さ 1.2m; 人工乾燥)
 下段; 使用丸太 スギ・ヒノキ・カラマツ剥皮丸太 (末口径 9~12cm、長さ 3m; 天然乾燥)
 *名取潤 (1995): 防腐処理した小丸太の野外耐久性、木材保存 Vol.21-1 より

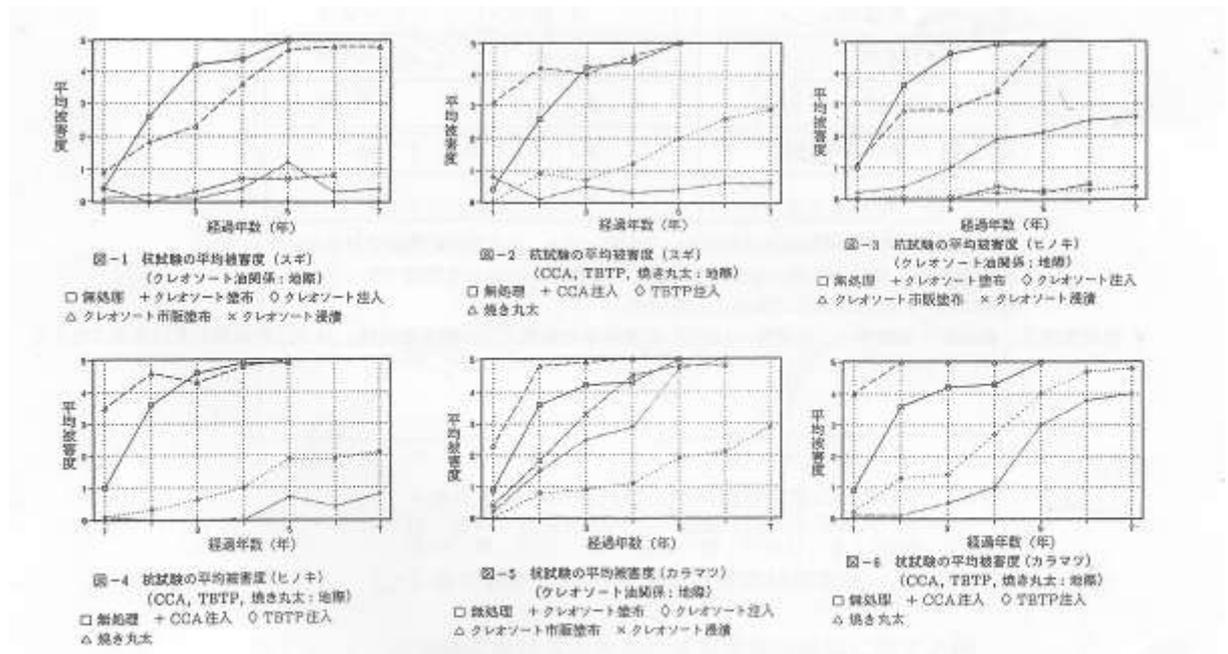


図 11.1 山梨県における小丸太の被害度観察に関する例

* 名取潤 (1995): 防腐処理した小丸太の野外耐久性、木材保存 Vol. 21-1 より

②カラマツ・トドマツの耐用年数に関する事例

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、林産試験場報告第11巻第1号より

－試験方法－

- ・ カラマツ、トドマツの防腐剤塗布処理丸太を暴露試験し、その被害度の観察を行った。
- ・ 用いた丸太は、「B;径 20～24 cm」「S;径 10～14 cm」の2種類で長さは「200 cm」である。
- ・ 用いた防腐剤は「有機化合物」「ナフテン酸銅」「クレオソート油」である。
- ・ 被害度の判定は、森林総合研究所の評価法による。

－主な試験結果－

- ・ 試験結果は、表 11.2 に示すとおりである。
- ・ 無処理材の耐用年数は、トドマツで「2～4年」、カラマツで「3年」である。
- ・ 有機化合物系防腐処理材では、防腐剤の種類、処理液濃度に関係なく、耐用年数は「5～8年」である。
- ・ ナフテン酸とクレオソート油処理材の耐用年数は「10年程度」である。
- ・ 塗布処理丸太では、トドマツの方がカラマツよりも耐用年数が「1～2年」長い。
- ・ 地際部で最も被害度が高い。

表 11.2 防腐処理丸太の耐用年数

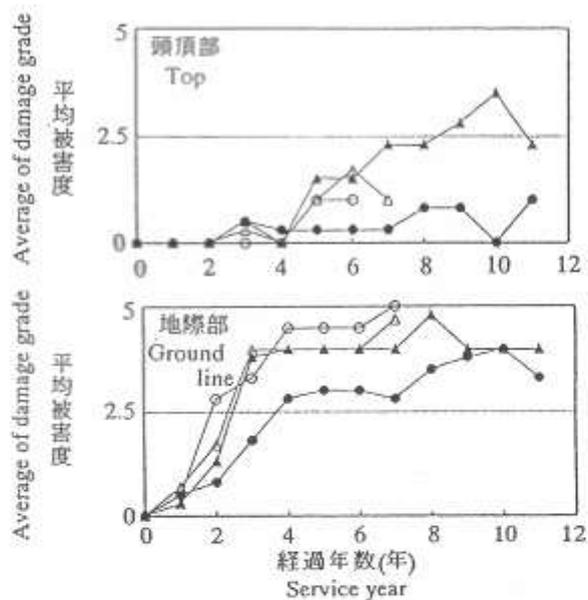
防腐剤	トドマツ	カラマツ
無処理	2～4年	3年
TBP	5～7年	4～5年
ベルサイダー	7～8年	5～8年
TBTO	8年	5～9年
OMP	5～6年	5～8年
クレオソート油	*	10年
ナフテン酸銅	*	*
CCA	*	*

注1) 試験には「径 20～24cm 長さ 200cm」、「径 10～14cm 長さ 200cm」の丸太材を用いている。

注2) 地中深さが 80cm 程度になるよう設置し、被害度の判定は地際部で行っている。

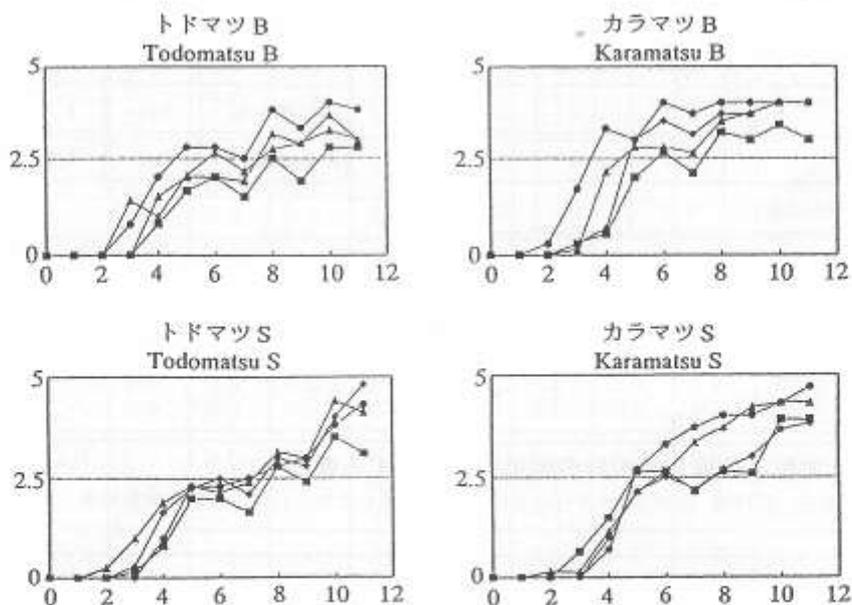
注3) 表中「*」は 12年以上であることを示す。

*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、林産試験場報告第11巻第1号より



無処理材の平均被害度の経年変化
 注：B：丸太径20～24cm S：丸太径10～14cm
 凡例：●：トドマツB ○：トドマツS
 ▲：カラマツB △：カラマツS

(1) 無処理材の平均被害度の経年変化 (杭頭頂部と地際部)



有機化合物系防腐処理材の平均被害度の経年変化
 注：横軸：経過年数(年) 縦軸：平均被害度
 凡例：●：TBP ▲：VER ■：TBTO ◆：OMP

(2) 各防腐処理材の平均被害度の経年変化

図 1.1.2 北海道における丸太杭の被害度観察結果に関する例

* 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、林産試験場報告第11巻第1号より

③ 燻煙乾燥木材、焼き丸太の耐用年数に関する事例

山本幸一、桃原郁夫、西村健（1999）：燻煙乾燥木材及び焼き丸太の野外杭試験、木材保存 Vol.25-No5、pp.13-16 より

— 調査方法 —

- ・ 燻煙処理木材と焼き丸太の耐用年数について無処理材と比較し調査した。
- ・ 燻煙乾燥木材は「木口 3 cm×3 cm 長さ 60 cm」「木口 3.6 cm×3.6 cm 長さ 60.6 cm」のものを使用した。処理期間は、温度上昇時間、主処理時間、温度降下時間を含め 15 日間で、温度 80～90℃での主処理時間は 6 日間である。
- ・ 焼き丸太は「直径 10 cm 長さ 1m」のものを使用した。石油バーナーにより表面から 2～3 mm の深さまで焦げ目を付けた。
- ・ 野外杭試験として実施し、耐用年数の評価は森林総合研究所の被害度判定による。

— 主な調査結果 —

- ・ 燻煙処理木材では、1.5 年後の被害度判定において、平均被害度は「約 4 程度」と無処理材とほとんど変わらない高い値となった。
- ・ 焼き丸太では、1 年後の被害度判定において、無処理材とほとんど変わらない結果となった。
- ・ 燻煙乾燥処理・焼付処理ともに耐用年数は無処理材とほぼ同程度という結果となった。

表 11.3 燻煙乾燥処理材・焼き丸太の被害度判定結果

(1) 燻煙乾燥処理材（設置 1.5 年後）

処理	平均被害度（試験杭 10 本）		
	地上部	地際部	地中部
無処理	0.0	4.1	3.3
燻煙乾燥材	0.0	3.8	3.3
燻煙乾燥表面切削材	0.0	4.0	3.0

(2) 焼き丸太（設置 1.0 年後）

処理	平均被害度（試験杭 10 本）		
	地上部	地際部	地中部
無処理丸太	0.0	1.3	0.3
焼き丸太	0.0	1.1	0.2

* 山本幸一、桃原郁夫、西村健（1999）：燻煙乾燥木材及び焼き丸太の野外杭試験、木材保存 Vol.25-No5 より

④ 木タール、木酢液処理した木材の耐用年数に関する事例

山本幸一、桃原郁夫、西村健（2000）：木タール及び木酢液処理したスギ心材の野外杭試験結果、木材保存 Vol.26-No1、pp.26-29 より

— 調査方法 —

- ・ 木タール処理木材と木酢液処理木材の耐用年数について無処理材と比較し調査した。
- ・ スギの人工乾燥された心持ち角材（65 mm×65 mm×100 mm）を使用した。
- ・ 木タール、木酢液ともに、2 時間の浸漬処理、あるいは前・後排気なし（臭気が強い）の加圧注入処理（10kgf/cm² 2.1 時間）を行った。
- ・ 木タール、木酢液処理後に熱処理（200～230℃で 20 時間）を行った試験体も作成した。
- ・ 野外杭試験として実施し、耐用年数の評価は森林総合研究所の被害度判定による。

—主な調査結果—

- ・ 無処理材、熱処理材はともに「4年程度」で耐用年数に達した。
- ・ 木タール処理の場合、注入量が 61kg/m³ では耐用年数が「6年程度」であるが、注入量が 146kg/m³、149kg/m³、227kg/m³ ではどれも「15年以上」の耐用年数が得られる結果となった。
- ・ 木酢液処理では、注入量により若干の違いはあるものの、耐用年数はおおよそ「5～7年程度」であった。また、地上部の耐用年数も地際部とほとんど変わらなかった。
- ・ 木酢液処理木材は、溶脱しやすいことから木タールほどの高い耐久性は得られない。したがって、木酢液に野外での防腐効果を期待する場合には、木タールと混合したり、銅・亜鉛などの金属類を添加するといった方法も考慮する必要がある。

表 11. 4 木タール・木酢液処理木材の被害度判定結果

処理方法	経過年数ごとの被害度									耐用年数	
	経過年数	2	4	5	6	7	9	11	13		15
①無処理	0.6	2.5	2.6	3.8							4
	1.3	2.6	3.4	4.4							
	1.2	2.7	3.4	3.8							
②熱処理 200～230℃で 20時間行った	0.6	2.8	3.0	3.5							4
	0.7	2.7	3.5	4.0							
	1.1	3.3	3.6	4.3							
③木酢液・浸漬 99kg/m ³	0.5	1.7	1.8	3.0							5
	0.3	1.9	2.5	2.8							
	0.1	2.1	2.3	2.6							
④木酢液・浸漬 260kg/m ³	0.0	0.5	0.8	2.4	3.6						6
	0.0	0.5	1.9	2.6	3.6						
	0.0	0.2	1.8	2.6	3.8						
⑤木酢液・加圧 480kg/m ³	0.0	0.9	1.4	1.5	2.2	2.5					7
	0.1	0.9	2.0	2.4	2.7	4.1					
	0.1	0.9	1.6	2.0	2.8	3.2					
⑥木酢液・加圧 639kg/m ³	0.0	2.1	2.1	3.1	3.5						5
	0.1	2.0	2.9	3.4	4.1						
	0.4	2.3	3.0	3.3	4.6						
⑦木タール・浸漬 61kg/m ³	0.1	1.3	1.3	2.2	2.6						6
	0.2	1.6	2.1	3.0	3.3						
	0.1	1.0	1.9	2.5	3.5						
⑧木タール・加圧 146kg/m ³	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	1.2		15
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.2	3.1		
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	2.8		
⑨木タール・加圧 149kg/m ³	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5		15
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3	1.9	2.6	
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	2.5	
⑩木タール・浸漬 227kg/m ³	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	1.4		15
	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	1.3	2.5		
	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	1.7		

* 1 各欄の上段が地上部、中段が地際部、下段が地中部の値である。

* 2 被害度は各試験杭（10本づつ）の平均被害度を示す。

* 3 耐用年数は、試験材の平均被害度が地際部、地中部のいずれかで「2.5」以上に達した時点での経過年数を示す。

* 4 ④⑤⑧⑩については、浸漬処理又は加圧処理後に 200～230℃で 20 時間の熱処理を行った。

* 山本幸一、桃原郁夫、西村健（2000）：木タール及び木酢液処理したスギ心材の野外杭試験結果、木材保存 Vol.26-No1 より

⑤柵工の耐用年数に関する事例

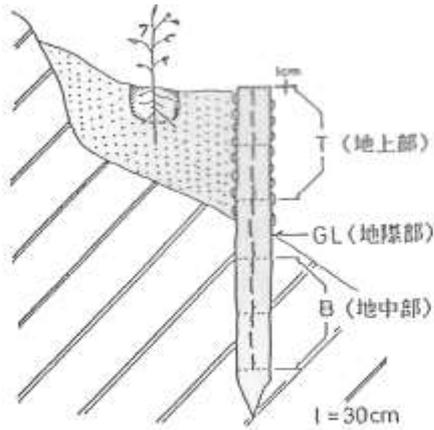
長谷川益夫、中谷浩、飯島泰男、安田洋、嘉戸昭夫、長谷川幹夫、相浦英春、石田仁、上杉徳久（1993）：富山県における治山木杭の耐久性（第1報）、木材保存 Vol.19-1、pp.13-22 より

－調査方法－

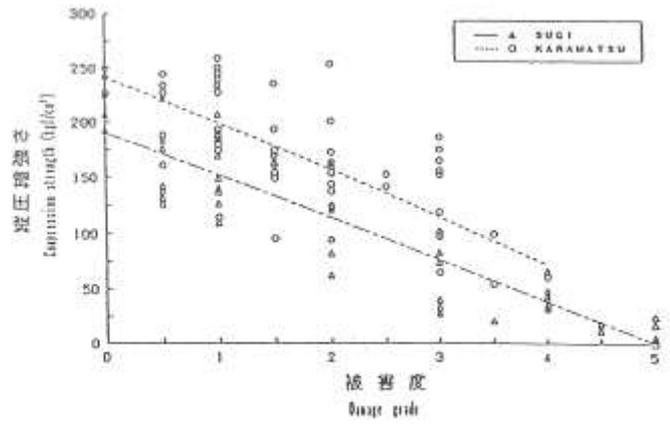
- ・ 施工済みの柵工の杭木の耐久性について調査した。
- ・ 調査対象の杭木は「直径約 11 cm、長さ約 1.2m、地上部長さ約 40 cm」で、スギ、カラマツが多く防腐処理はされていない。
- ・ 杭の寸法は、平均で頂部直径約 11 cm、長さ約 1.2m、設置地上長さ約 40 cmであった。
- ・ 被害度の判定は、森林総合研究所の評価法による。

－主な調査結果－

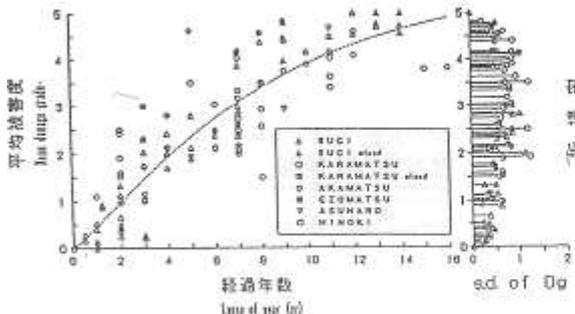
- ・ 被害度は地際部のものを用いた。
- ・ 被害度の増加とともに圧縮強さは、ほぼ直線的に低下し「被害度 5」でほとんど「ゼロ」となる。
- ・ 経過年数と被害度についてはバラツキが大きい。施工地の状況等の影響もあり樹種による違いのみでは説明できない。
- ・ 耐用年数を求めるための「機能の限界」を推測する手段として、折損率（各調査地において被害度 5 に達した木杭の本数比率）を求めた。
- ・ 「折損率 10%（10 本中 1 本が被害度 5 となる状態）」までは柵工としての機能を保ち得ると考えると、耐用限界被害度は「3.4」となる。
- ・ 上記結果より、スギ、カラマツ木杭の柵工として用いた場合の耐用年数は「スギ：7.4 年」「カラマツ：8.7 年」程度と推測される。



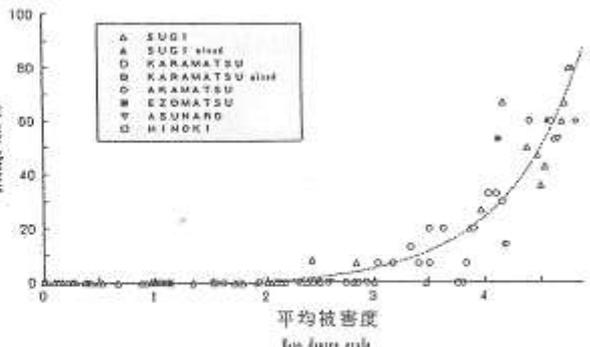
(1) 木杭からの縦圧縮強度試片の採取



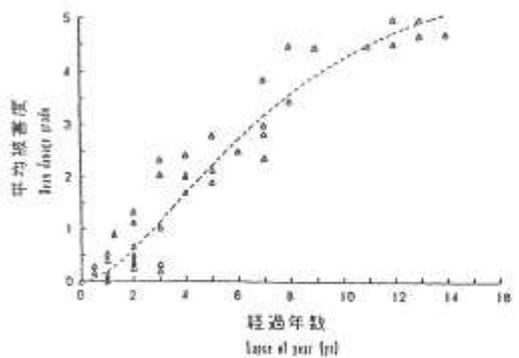
(2) 試片の被害度と湿潤状態での縦圧縮強さ



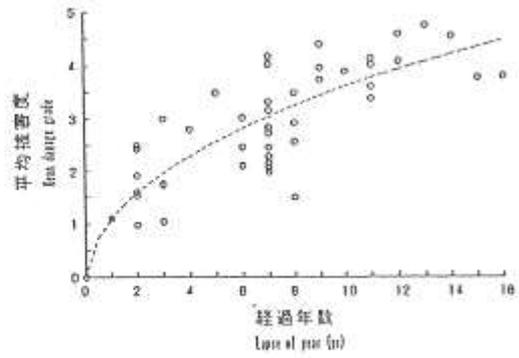
(3) 木杭の経過年数と地際部平均被害度の関係



(4) 杭列の地際部平均被害度と折損率



(5) スギ木杭の経過年数と地際部平均被害度



(6) カラマツ木杭の経過年数と地際部平均被害度

図 1.2 富山県における柵工の耐久性に関する事例

† 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Vol.19-1より

⑥柵工の耐用年数に関する事例

竹村次郎、鈴木茂夫（1993）：木柵工（間伐材利用）の耐用年数の実態調査（平成3年～5年）、栃木県林業センター年報 No.25、pp.35-37より

－調査方法－

- ・ 施工済みの柵工の耐用年数について、杭木を対象とし調査した。
- ・ 樹種はほとんどがスギで、剥皮後クレオソート油が塗布されている。
- ・ 杭木の年輪は12年～27年生で、18年～22年生が多い。
- ・ 地際部を四方から「千枚通し」を突き刺し、侵入深さを計測し、その平均値を杭木の半径で除した値を「腐朽率」として評価する。

－主な調査結果－

- ・ 結果は、表 11.5 に示すとおりである。
- ・ 経過年数 (x) と腐朽率 (y) の間には、「 $y=6.776x$ 」の関係（相関係数 0.79）が示された。
- ・ 上式の場合、おおよそ施工後「7～8年」に腐朽率が「50%」となる。
- ・ 同一現場内でも、水はけ状況等により腐朽の程度にバラツキがみられる。
- ・ 「腐朽率」算出方法は、比較的容易で定量的な把握が可能であるが、被害度との関係等については不明である。

表 11.5 間伐材杭木の形状と腐朽率

経過年数 (年)	調査箇所数 (箇所)	地上部長さ (cm)	直径 (cm)	林齢 (年)	腐朽率 (%)
1	2	38	10	22	0
		35、40	10	21、22	0
2	3	48	10	21	2
		40～55	9～11	19～25	0～5
3	4	40	10	19	7
		18～50	9.5～11	13～23	0～18
4	3	39	10	18	26
		35～42	9.5～11	16～19	0～71
5	4	42	10.5	21	27
		30～50	9～13	18～24	18～35
6	3	39	10	20	65
		35～43	10	19～21	53～78
7	4	36	11	19	57
		34～40	10～11.5	12～27	33～73
8	2	48	10	23	19
		45、50	10	20、25	10、28
9	2	40	11	15	78
		35、45	10～11	15	73～82
10	2	31	11	19	60
		30、32	10、11	18、20	55、64
11	4	49	10	20	78
		40～60	9～11	18～25	64～89

平均値（上段）

最小値～最大値（下段）

*竹村次郎、鈴木茂夫（1993）：木柵工（間伐材利用）の耐用年数の実態調査（平成3年～5年）、栃木県林業センター年報 No.25、pp.35-37より

⑦カラマツ間伐材を利用した擁壁工の耐用年数に関する事例

佐藤次夫、毛利正一(1997):カラマツ間伐材を利用した擁壁工の腐朽度調査について、帯広営林支局業務研究発表集、Vol.1996、pp.11-16 より

－調査方法－

- ・ カラマツ間伐材を利用した擁壁工の腐朽度調査を行った。
- ・ 対象とした擁壁工は昭和 63 年～平成 2 年に施工されたもので施工後 6～8 年が経過している。
- ・ 腐朽度の判定は、森林総合研究所の評価法による。

－主な調査結果－

- ・ 調査結果は表 11.6 に示すとおりである。
- ・ 表面処理を行った施設は施工後 6～8 年で、ある程度の腐朽が進行しほぼ耐用年数に達している。
- ・ 防腐剤無処理の施設と表面処理を行った施設は、特に地際部や割れ等が生じた箇所などで腐朽が著しい。
- ・ 加圧注入処理の施設では、施工後 8 年の時点でも顕著な腐朽は確認されなかった。
- ・ 表面処理では、加圧注入処理ほどに薬剤の内部への浸透が期待しにくく、中途での薬剤の溶脱等もあり、加圧注入処理の場合ほどの耐用年数は期待しにくい。
- ・ 構造物全体としては特に異常がないように見える場合でも、部材はすでに「耐用年数に達している」場合がある。

表 11.6 カラマツ間伐材施設腐朽度調査結果

施設	設置年度	年数 ^{*1}	防腐処理	腐朽度 ^{*2}	判定内容
SK 丸太柵工	平成元年	7 年	未処理	2～3	そろそろ耐用年数にきている
丸太積工	平成 2 年	6 年	表面処理	2～3	そろそろ耐用年数にきている
方格木枠工	昭和 63 年	8 年	表面処理	3	耐用年数に達している
ウッドブロック工	昭和 63 年	8 年	注入処理	0～1	ほぼ健全に近い
丸太積工	昭和 63 年	8 年	表面処理	3	耐用年数に達している

*1 年数は、目安として当文献発表年と設置年度との差から算出したもの（原文中に表示は無い）

*2 腐朽度「2.5」を耐用年数としている。

*佐藤次夫、毛利正一(1997):カラマツ間伐材を利用した擁護工の腐朽度調査について、帯広営林支局業務研究発表集、Vol.1996 より