

# 土木用木材の使い方 (Ver.1)



—平成24年6月—

大分県農林水産研究指導センター林業研究部

## 目 次

第1章 木材の強度	1
1. 木材の強度	
2. 大分県産スギ材の強度	
3. 計算例	
4. 強度試験結果	
第2章 土木用木材の保存処理	13
1. 木材の耐久性	
2. 規格	
3. 薬剤の種類	
4. 性能区分	
5. 吸収量と浸潤度	
6. 保存処理方法	
7. 管理の方法	
8. 検査の頻度	
9. 塗装	
10. その他	
第3章 土木用木製構造物の維持管理	30
1. 管理の概念	
2. 取り扱い区分	
3. 点検台帳	
4. 概略点検	
5. 詳細点検	
6. 木材劣化点検の実施方法（木製防護柵工の横木）	
7. 対処	
8. 使用済み横木の試験結果	
9. その他	
資料1 県内の木材保存処理業者等	45
資料2 木材点検等治具	50
その他 参考文献	53

## 第1章 木材の強度

### 1. 木材の強度

#### (1) 基準強度

木材の強度は、樹種により大まかに示されるが、自然生成物なのでばらつきがあり、樹種によってもばらつきの程度に差がある。針葉樹、特に大分県に多いスギも例外ではない。

また、木材の強度には異方性があり、使用方向によって強度が大きく異なる特徴がある。

これらから、木材の基準強度は樹種や、曲げや圧縮など利用方向で区分されている。

国土交通省では、製材の日本農林規格（以下製材 J A S）の規定に応じて木材の強度を次の様に定めている。これらの値は、相当数の試験結果から導かれた5%下限値を基準としたものである。したがって実際の強度はほとんどがこの値を上回る。

なお、それぞれの規定には外国産材等も含まれるが、本書では「基本方針」の趣旨にしたがって土木分野でよく使われるスギ、まつ及びひのきを中心に掲載した。

表1-1 製材の日本農林規格に適合する構造用製材の目視等級区分による基準強度  
(国土交通省告示1524号、平成19年11月27日)

樹種	区分	等級	基準強度（単位 1平方ミリメートルにつき ニュートン）			
			F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	F <sub>b</sub>	F <sub>s</sub>
あかまつ	甲種構造材	1級	27.0	20.4	33.6	2.4
		2級	16.8	12.6	20.4	
		3級	11.4	9.0	14.4	
	乙種構造材	1級	27.0	16.2	26.4	
		2級	16.8	10.2	16.8	
		3級	11.4	7.2	11.4	
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	
ひのき	甲種構造材	1級	30.6	22.8	38.4	2.1
		2級	27.0	20.4	34.2	
		3級	23.4	17.4	28.8	
	乙種構造材	1級	30.6	18.6	30.6	
		2級	27.0	16.2	27.0	

		3級	23.4	13.8	23.4	
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	

ただし、円柱類にあつてはすぎ、からまつ及びひのきに限る。また、Fcは圧縮強さ、Ftは引張強さ、Fbは曲げ強さ、Fsはせん断強さのことである。（以下同じ）

目視等級とは材面の節の数や形状、平均年輪幅や欠点の程度を目視いわゆる見た目で区分するもので、経験的に区分されることが多く、不良面があつた場合に実測等を行う程度である。表1-2にその一部を示す。なお、甲種構造材とは、主として高い曲げ性能を必要とする部分に使用するものをいい、構造用Ⅱとは木口の短辺が36mm以上で、かつ、木口の長辺が90mm以上のものをいう。また、ヤング係数の区分はない。

表1-2 目視等級区分の甲種構造用Ⅱの材面の品質基準

（農林水産省告示1083号、平成19年8月29日）

区 分		基 準			
		1級	2級	3級	
節（材面 における 欠け、 きず、及 び穴を 含み集 中節を 除く。以 下この 項にお いて同 じ）	狭い材面	径比が20%以下であること。	径比が40%以下であること。	径比が60%以下であること。	
	広い材面	材縁部	径比が15%以下であること。	径比が25%以下であること。	径比が35%以下であること。
		中央部	径比が30%以下であること。	径比が40%以下であること。	径比が70%以下であること。
	円柱類の材面	径比が17%以下であること。	径比が35%以下であること。	径比が53%以下であること。	
集中節 （材面 における 欠け、 きず、及 び）	狭い材面	径比が30%以下であること。	径比が60%以下であること。	径比が90%以下であること。	
	広い材面	材縁部	径比が20%以下であること。	径比が40%以下であること。	径比が50%以下であること。
		中央部	径比が45%以下であること。	径比が60%以下であること。	径比が90%以下であること。

び穴を含む。以下この項において同じ)	面		こと。	ること。	であること。
	円柱類の材面		径比が26%以下であること。	径比が53%以下であること。	径比が79%以下であること。
丸身			10%以下であること	20%以下であること	30%以下であること
貫通割れ	木口		木口の長辺の寸法以下であること。	木口の長辺の寸法の1.5倍以下であること。	木口の長辺の寸法の2.0倍以下であること。
	材面		ないこと。	材長の1/6以下であること。	材長の1/3以下であること。
目まわり			木口の短辺の寸法の1/2以下であること。	同左	—
繊維走行の傾斜比			1:12以下であること。	1:8以下であること。	1:6以下であること。
平均年輪幅(ラジアタパインを除く)			6mm以下であること。	8mm以下であること。	10mm以下であること。
髓心部又は髓(ラジアタパインに限る)	木口の長辺が240mm未満のもの		髓の中心から半径50mm以内の部分に年輪界がないこと。	同左	同左
	木口の長辺が240mm以上のもの		木口の長辺に係る材面におけるりょう線から材面の幅の1/3の距離までの範囲において髓の中心から50mm以内の部分の年輪界がないこと。	同左	同左
腐朽			ないこと。	1 程度の軽い腐れの面積が腐れの在する材面の面積の10%以下であること。 2 程度の重い腐れがないこと。 3 土台用にあっては	1 程度の軽い腐れの面積が腐れの在する材面の面積の30%以下であること。 2 程度の重い腐れが腐れの面積が

		腐れがないこと。	腐れの在する材面の面積の10%以下であること。 3 土台用にあつては腐れがないこと。
曲がり	0.2%以下であること。ただし、仕上げ材にあつては0.1%以下であること。	0.5%以下であること。ただし、仕上げ材にあつては0.2%以下であること。	同左
狂い及びその他の欠点	軽微なこと。	顕著でないこと。	利用上支障がないこと。

(注) 1 この基準の判定は、不良面(欠点の程度の大きい材面をいう。以下同じ。)について行う。

2 丸身の基準の判定は、円柱類以外のものについて行う。

出典：製材の日本の農林規格(製材JAS)

なお、ここで言う貫通割れとは、「割れが板材や平角などの表裏両面に及んでいること。」、目まわりとは年輪に沿った割れで「樹幹の年輪に沿った割れ、凍裂、胴打ちや強風によるもめに伴い発生すると言われている」のことである。「木材・樹木用語辞典」から

また、木材の強度はヤング係数と高い相関があることから、ヤング係数毎に機械的に等級区分される「機械等級区分」に対応して上記と同様に国土交通省告示では表1-3のとおり規定されている。

表1-3 製材の日本農林規格に適合する構造用製材の機械等級区分による基準強度  
(国土交通省告示1524号、平成19年11月27日)

樹種	等級	基準強度(単位 1平方ミリメートルにつきニュートン)			
		Fc	Ft	Fb	Fs
あかまつ	E50	—	—	—	表1にしたがつて、樹種ごとの基準強度とする。
	E70	9.6	7.2	12.0	
	E90	16.8	12.6	21.0	
	E110	24.6	18.6	30.6	
	E130	31.8	24.0	39.6	
	E150	39.0	29.4	48.6	
からまつ、ひのき	E50	11.4	8.4	13.8	

	E 7 0	18.0	13.2	22.2
	E 9 0	24.6	18.6	30.6
	E 1 1 0	31.2	23.4	38.4
	E 1 3 0	37.8	28.2	46.8
	E 1 5 0	44.4	33.0	55.2
すぎ	E 5 0	19.2	14.4	24.0
	E 7 0	23.4	17.4	29.4
	E 9 0	28.2	21.0	34.8
	E 1 1 0	32.4	24.6	40.8
	E 1 3 0	37.2	27.6	46.2
	E 1 5 0	41.4	31.2	51.6

機械等級区分の品質は表 1-4 のように規格されている。

表 1-4 機械等級区分の品質基準

(農林水産省告示1083号、平成19年8月29日)

区 分		基 準																			
品 質	曲げ性能	別記の 3 の (4) の曲げ試験より曲げヤング係数を測定し、その数値が次の表の左欄掲げる等級区分に応じ、それぞれ同表右欄にある数値を満たすものであること。																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>等級</th> <th colspan="2">曲げヤング係数 (GPa 又は <math>10^3 \times N/mm^2</math>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E50</td> <td>3.9以上</td> <td>5.9未満</td> </tr> <tr> <td>F70</td> <td>5.9以上</td> <td>7.8未満</td> </tr> <tr> <td>E90</td> <td>7.8以上</td> <td>9.8未満</td> </tr> <tr> <td>E110</td> <td>9.8以上</td> <td>11.8未満</td> </tr> <tr> <td>E130</td> <td>11.8以上</td> <td>13.7未満</td> </tr> <tr> <td>E150</td> <td colspan="2">13.7以上</td> </tr> </tbody> </table>	等級	曲げヤング係数 (GPa 又は $10^3 \times N/mm^2$ )		E50	3.9以上	5.9未満	F70	5.9以上	7.8未満	E90	7.8以上	9.8未満	E110	9.8以上	11.8未満	E130	11.8以上	13.7未満	E150
等級	曲げヤング係数 (GPa 又は $10^3 \times N/mm^2$ )																				
E50	3.9以上	5.9未満																			
F70	5.9以上	7.8未満																			
E90	7.8以上	9.8未満																			
E110	9.8以上	11.8未満																			
E130	11.8以上	13.7未満																			
E150	13.7以上																				
	節(材面における欠け、きず及び穴を含み、集中節は除く。以下の項において同じ。)	径比が70%以下であること。ただし円柱類にあっては、径比が62%以下であること。																			
	集中節(材面における欠け、きず及び穴を含む。)	径比が90%以下であること。ただし円柱類にあっては、径比が79%以下であること																			

	丸身	30%以下であること。	
	貫通	木口	木口長辺の寸法の2.0倍以下であること。
	割れ	材面	材長の1/3以下であること。
	目まわり	利用上支障がないこと。	
	腐朽	程度の軽い腐れの面積が腐れの在する材面の面積の30%以下であって、かつ、程度の重い腐れの面積が腐れの在する材面の面積の10%以下であること。ただし、土台用にあつては、腐れがないこと。	
	曲がり	0.5%以下であること。	
	狂い及びその他の欠点	利用上支障のないこと。	

製材JASによって規格されない材の強度も次の様に定められている。

表1-5 無等級材（日本農林規格に定められていない木材をいう。）の基準強度  
（国土交通省告示1524号、平成19年11月27日）

樹 種		基準強度（単位 1平方ミリメートルにつき ニュートン）			
		Fc	Ft	Fb	Fs
針 葉 樹	あかまつ、くろまつ、	22.2	17.7	28.2	2.4
	からまつ、ひのき	20.7	16.2	26.7	2.1
	すぎ	17.7	13.5	22.2	1.8

その他の強度としてめり込みの基準強度が表1-5のように示されている。

表1-6 製材のめり込みの基準強度  
（国土交通省告示1024号、平成13年6月12日）

樹 種		基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )
針 葉 樹	あかまつ、くろまつ	9.0
	からまつ、ひのき	7.8
	すぎ	6.0

通常、土木資材の場合、表1-5の無等級の基準強度が用いられる。

## (2) 強度計算

これらの基準強度の単位はN/mm<sup>2</sup>であり、実際の強度は、圧縮、引張り、せん断強度は面



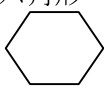

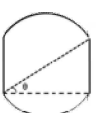



積に、曲げ強度はスパンと断面係数によって求められる。

また、木材はそれにかかる荷重によってたわむが、そのたわみ量はヤング係数に比例し、断面二次モーメントとスパンによって決まる。

材の形状による断面係数や断面二次モーメントの計算式は表 1-7 のとおりである。

表 1-7 材形状による強度計算式

NO.	形状	面積 (A)	断面係数 (Z)	断面二次モーメント (I)
1	長方形  h (高さ) b (幅)	$b h$	$b h^2 / 6$	$b h^3 / 12$
2	正方形  h (高さ) h (幅)	$h^2$	$h^3 / 6$	$h^4 / 12$
3	六角形  h (辺長)	$2.6 h^2$	$5 h^3 / 8$	$0.54 h^4$
4	円  d (直径)	$\pi d^2 / 4$	$\pi d^3 / 32$	$\pi d^4 / 64$
5	タイコ型  W (幅) d (直径)	$d^2 / 4 \times$ $(\pi - 2\theta + \sin 2\theta)$	$d^3 / 192 \times$ $(6\pi - 12\theta + 8\sin 2\theta - \sin 4\theta)$	$d^4 / 384 \times$ $(6\pi - 12\theta + 8\sin 2\theta - \sin 4\theta)$
6	タイコ型  d (直径) W (幅)	$d^2 / 4 \times$ $(\pi - 2\theta + \sin 2\theta)$	$d^4 / 16 \times$ $(\pi / 2 - \theta + 1/4 \sin 4\theta) /$ W	$d^4 / 32 \times (\pi / 2 - \theta + 1/4 \sin 4\theta)$

例えば曲げ試験の最大荷重Pは、中央集中荷重の場合次式によって求められる。

$$P = F b \times 4 Z / L \quad \dots \dots \dots \text{①式}$$

P：最大荷重、F<sub>b</sub>：曲げ強さ、Z：断面係数、L：スパン  
 圧縮や引張り試験の最大荷重Pは、次式によって求められる。

$$P = F_c (F_t) \times A \dots \dots \dots \text{②式}$$

P：最大荷重、F<sub>c</sub>：圧縮強さ、F<sub>t</sub>：引張強さ、A：面積  
 中央集荷重の場合のたわみ量（Y）は次式で求められる。

$$Y = \frac{P \times L^3}{48 \times I \times E} \dots \dots \dots \text{③式}$$

Y：たわみ量、P：荷重、L：スパン、I：断面2次モーメント、E：ヤング係数

なお、これらの計算式は荷重のかかる位置や荷重の個数などによって変わるので、条件にあった式を用いる。

### （3）許容応力度

基準強度は材料が破壊する強度のばらつきを考慮し求めた値で、常時荷重がかかる構造物の設計を行う場合に使われる強度は「許容応力度」としてこれらの基準強度を参考に決められる。

例えば平成16年5月に林野庁が通達した「森林土木木製構造物設計等指針及び森林土木木製構造物設計等指針の解説等」（以下指針等）では表1-8のように定められている。

なお、この許容応力度は常時一定の荷重がかかり、常に湿潤状態にある状況、例えば木製ダム工などの安定計算に用いられる。

表1-8 木材の許容応力度

樹 種		許容応力度（単位：N/mm <sup>2</sup> ）				
		圧縮	引張	曲げ	せん断	めり込み
針葉樹	アカマツ、クロマツ	5.7	4.5	7.2	0.6	2.3
	ヒノキ、カラマツ、ヒバ	5.3	4.2	6.9	0.5	2.0
	ツガ	4.9	3.8	6.5	0.5	1.5
	スギ、モミ、エゾマツ、トドマツ	4.5	3.5	5.7	0.5	
広葉樹	カシ類	6.9	6.2	9.9	1.1	3.1
	クリ、ブナ、ケヤキ、ナラ類	5.4	4.6	7.6	0.8	2.8

注) 建築基準法施行令第89条及び建設省告示H12第1452号、国土交通省告示H13第1024号による常時湿潤状態における長期荷重に対する許容応力度（無等級材）である。

注) 圧縮・引張・曲げ・せん断は、木材の繊維方向に応力が働く場合の値である。

注) めり込みは、木材の繊維方向に直角に加圧する場合の値である。

表1-8の値は、上記条件で使用する場合の値なので、使用条件が変われば許容応力度も変わる。例えば、建築に用いられる許容応力度は長期許容応力度、長期積雪許容応力度、短期許容応力度、積雪時許容応力度に分けられ、それぞれの基準強度に応じて表1-9右

欄に記載した計算式を用いて使用される。スギ横架材の許容応力度は次のようになる。

表 1-9 スギ横架材の許容応力度

強度区分	曲げ強さ (Fb)				せん断強さ (Fs)	計算式
	無等級	E50	E70	E90		
基準強度	22.2	24.0	29.4	34.8	1.8	
長期許容応力度	8.14	8.80	10.78	12.76	0.66	$1.1 \times F / 3$
長期積雪許容応力度	10.58	11.44	14.01	16.59	0.86	$1.1 \times 1.3 \times F / 3$
短期許容応力度	14.80	16.00	19.60	23.20	1.20	$2 \times F / 3$
積雪時許容応力度	11.84	12.80	15.68	18.56	0.96	$2 \times F / 3 \times 0.8$

#### (4) ヤング係数

たわみ量に関するヤング係数は表 1-10 のように規定されている。

表 1-10 木材の基準ヤング係数

樹種		ヤング係数 (単位 kN/mm <sup>2</sup> )
針葉樹	ヒノキ、ヒバ	9.0
	カラマツ、クロマツ、アカマツ、ツガ	8.0
	スギ、モミ、エゾマツ、トドマツ	7.0

注) 日本建築学会 (2006) : 木質構造設計規準・同解説 P339 による。

ここに記載されたヤング係数は平均的な値で、強度と同様ヤング係数にもばらつきがある。特にたわみ等が構造物に多大な影響を与える場合は、材料が計算に用いたヤング係数を上回っていることを確認して使用する必要がある。

## 2. 大分県産スギ材の強度

大分県は主に人工的にスギが植栽され、土木資材として用いられている樹種もほとんどがスギであることからこの項では主に県産スギ材の強度性能について記述する。

県産スギ材は主に建築用に用いられているため、これまでの研究は建築に用いられる正角材や平角材について行われ、土木用資材に多く用いられる丸太や丸棒材についての試験データは少ない。ここでは、主に建築用材の強度性能について記載する。

木材の基準強度はその等級の強度の 5% 下限値を基準として定められており、県産スギ製材品の試験結果 (正角材 250 本、平角材 100 本計 350 本) をまとめると次の表 1-11 のとおりとなった。

表 1-11 大分県スギ製材品の 5%下限値と基準強度

機械特級区分	個数	相対度数 (%)	曲げ強さ 5%下限値 (N/mm <sup>2</sup> )	基準強度 機械等級区分 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
(E30)	3	0.9	—	—	3.9未満
E50	38	10.9	26.2	24.0	3.9~5.9
E70	110	31.4	28.0	29.4	5.9~7.8
E90	161	46.0	35.1	34.8	7.8~9.8
E110	33	9.4	38.9	40.8	9.8~11.8
E130	5	1.4	—	—	11.8~13.7
計	350	100.0			
平均値			42.4		7.94
全体(無等級) 5%下限値			27.1	22.2	4.81

この試験結果から、製材品の曲げ強さは機械等級区分では国土交通省の基準強度とおおむね同じ値であり、国土交通省の基準強度を使用しても問題はない。

また、等級区分しないときの5%下限値は、曲げ強さで27.1(N/mm<sup>2</sup>)となった。曲げ強さは、無等級材の基準強度である22.2(N/mm<sup>2</sup>)より大きく、目視等級甲種1級の基準強度27.0に近い値であった。

なお、曲げヤング係数の5%下限値は4.81(kN/mm<sup>2</sup>) (参考値)であった。

### 3. 計算例

#### (1) 木製防護柵工の横木の強度

土木用に用いられる木材の中で特に強度性能を必要とする工種の一つに木製防護柵(ガードレール)の横木がある。大分県でよく用いられているタイプでは横木は上下2段で設置される。B種では上木にφ200mm、下木にはφ180mmの丸棒材が用いられ、C種では上下ともφ180mmの丸棒材が用いられる。また、スパンは1800mmで設置されている。これの中央1箇所荷重がかかると考えると、最大荷重は次の式で計算される。

$$P = F_b \times 4Z / L \quad \dots \dots \dots \text{①式}$$

但しP:最大荷重、F<sub>b</sub>:曲げ強さ、Z:断面係数、L:スパン

スギを使った場合、丸棒材の基準強度値を無等級材の曲げ強さF<sub>b</sub>の基準強度22.2 N/mm<sup>2</sup>(表1-5参照)を用いて計算すると、φ200mmでは上記の式から

$$P = 22.2 \times (4 \times \pi \times 200^3 / 32) / 1800 \doteq 38,746 \text{ (N)} \doteq 38.7 \text{ (kN)} \text{ となる。}$$

同様にφ180mmの場合は28.2 kNとなる。

曲げ強さF<sub>b</sub>は5%下限値なので通常ではほとんどの横木がこの値以上の最大荷重を持つ

と考えられる。

曲げ強さFbは原木を見かけやヤング係数で区分することによって、基準強度が変わるので、必要があればこれらによって区分して使用することとなる。

例えば、目視等級甲種1級で区分した材料では、その基準強度の27.0N/mm<sup>2</sup>を用いて計算することになる。この場合、φ200mmは47.1kN、φ180mmでは34.3kNとなり、ほとんどの横木がこの値以上の最大荷重を持つことになると考えられる。

(2) 木製進入防護柵の強度等について

歩行者用自転車用防護柵の設計強度は(社)日本道路協会の規定によって表1-12のように決まっている。

表1-12 防護柵の設計強度

分類	種別	設計強度	設置目的	備考
歩行者用 自転車用 防護柵	P	垂直荷重 590N/m 以上 水平荷重 390N/m 以上	転落防止・横 断防止	荷重は、防護柵の最上部に作用するものとする。このとき種別Pにあつては部材の耐力を持って許容限度とすることが出来る。
	SP	垂直荷重 980N/m 以上 水平荷重 2500N/m 以上	転落防止	

参考

公共空間における柵の分類としては自転車道や河川周辺など転落を防止する必要のある設置箇所に向けた、地上高1100mmの転落防止柵と、歩車境界など歩行者の横断抑止を目的とした地上高800mmの横断防止柵に大別される。

歩行者などを対象とする防護柵は「歩行者用自転車用柵」と分類される。(出典：防護柵の設置基準・同解説【平成10年11月(社)日本道路協会】)歩行者用自転車用柵は以下の表に示す設計強度に応じて、種別を区分する。歩行者用自転車用柵は、原則として種別Pを適用するものとし、歩行者などの滞留が予想される区間及び橋梁、高架の区間に設置される転落防止を目的とした柵は、集団による荷重を想定し、種別SPを適用するものとする。

上記より、種別Pでは、支柱間隔2mの場合、横木の垂直荷重の設計荷重は590N/m×2m=1,180Nとなり、水平荷重は同様に780Nとなる。

設計強度が決まっている場合は、必要な寸法を求める事となる。横木の場合は支柱で固定されていると考え、中央1箇所荷重がかかり丸棒材を使用すると次式が成り立つ。

$$P = F_b \times 4Z / L, \quad Z = \pi d^3 / 32$$

但し、P：最大荷重、Fb：曲げ強さ、Z：断面係数、d：直径、L：スパン

これから、強度上必要な丸棒材の径を求める式は次のようになる。

$$d = (32 \times P \times L / (F_b \times 4 \times \pi))^{1/3}$$

曲げ強さ $F_b$ を無等級材の製材品のスギの基準強度とすると、

$$d = (32 \times 1180 \times 2000 / (22.2 \times 4 \times \pi))^{1/3} \approx 64.7 \text{ (mm)} \text{ となる。}$$

したがって、径が65mm以上の丸棒材を使用すれば良いこととなる。実際には $\phi 80$ mmの丸棒材を用いられることが多い。上記条件で $\phi 80$ mmの最大荷重は2480Nとなる。

次に支柱には横木にかかった荷重が接合点でかかると想定される。支柱は片持ち梁となるので、丸棒材を使用すると次式が成り立つ。

$$P = F_b \times Z / L$$

$P$ :最大荷重、 $F_b$ :曲げ強さ、 $Z$ :断面係数、 $L$ :スパン

地上高1100mmの転落防護柵の最上部の横木の位置に荷重がかかるとして、上記と同様に計算すると

$$d = (32 \times 1180 \times 1100 / (22.2 \times \pi))^{1/3} \approx 84.1 \text{ (mm)} \text{ となる。}$$

したがって、径は85mm以上が必要となる。

しかし、実際には横木を取り付けるために図1-1のように加工されたタイプの支柱が使用されている。

部分的に加工されているので、①地際、②地際に近い加工部でそれぞれ最大荷重を計算して小さい方がこの支柱の最大荷重と考えることが出来る。

①の最大荷重は次のとおりとなる。

$$P_{\text{①}} = 22.2 \times (\pi \times 150^3 / 32) / 1100 \approx 6,687 \text{ N}$$

次に②の最大荷重を求めるには最小断面の断面係数を求める必要がある。断面をタイコ型、切削部を長方形と考えて断面係数 $Z$ を求めると次の式となる。(説明図1-2参照)

$$Z = 2 \times (I_t - I_s) / d$$

(但し $I_t$ :タイコ型の断面2次モーメント、

$I_s$ :切削部の断面2次モーメント)

これを計算すると、

$$Z \approx 260, 270 \text{ となる。}$$

また、最下部の加工部のスパン $L$ は図1-1から $L = 260 \times 3 = 780$ なので、このときの最大荷重は

$$P_{\text{②}} = 22.2 \times Z / 780 \approx 7,607 \text{ (N)} \text{ となる。}$$

この結果から $P_{\text{①}} < P_{\text{②}}$ となるので、この支柱の最大荷重は

約6687Nで、設計荷重の1180Nを上回り、地際に破壊が生じると考えられる。

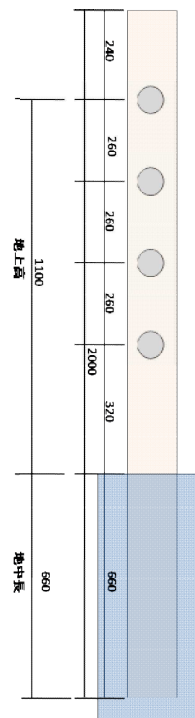


図1-1 断面図

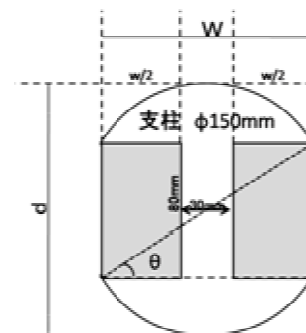


図1-2 説明図

#### 4. 強度試験結果

上記の計算事例が実際の県産丸棒材に合致するか、木製防護柵工の横木（ $\phi$  200mm及び $\phi$  180mm）と木製進入防止柵工（支柱— $\phi$  150mm、横木—80mm）の各径毎の曲げ強度試験を島津製作所製木材実大強度試験機UH-1000kNAR（写真1-1）及び島津製作所製万能強度試験機AG-100kNARを用いて行った。その結果は、次のとおりとなった。

##### （1）木製防護柵工 $\phi$ 200mm（試験本数N=54本）

最大荷重は平均78.5 kN（最大111.4 kN～最小45.0 kN以下同じ）となり、すべての横木が無等級の基準強度で計算した値38.7kNを上回り、1本を除いて甲種1級で計算した47.3 kNを上回っていた。

また、このうち20本がせん断破壊を起こした。最大荷重の出現頻度は図1-3のとおりとなった。



写真1-1 試験場状況

##### （2）木製防護柵工 $\phi$ 180（試験本数N=80本）

供試体は、現在使われている背割りを行ったもの（背割材）60本と、背割りを行わないもの（無背割材）20本とし、背割りの影響も調べた。背割り材の最大荷重は平均69.4 kN（87.3 kN～49.4 kN）、無背割材は平均74.7 kN（95.9 kN～51.7 kN）となり、すべて無等級の基準強度で計算した値28.2 kN及び甲種1級で計算した34.3 kNを上回っていた。

背割材と無背割材の最大荷重には5%で有意な差があった。

背割材60本の内の26本がせん断破壊を起こしたが、無背割材20本ではせん断破壊を起こすものはなかった。なお、最大荷重の出現頻度は図1-4のとおりとなった。

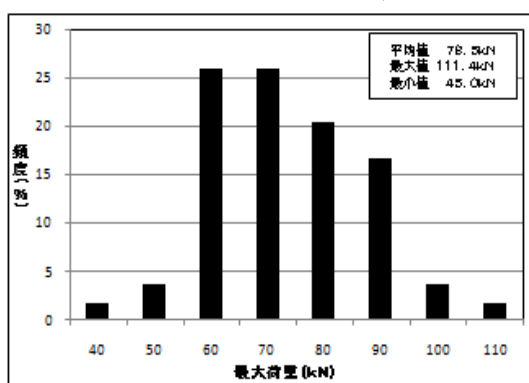


図1-3 最大荷重の頻度図 (φ200)

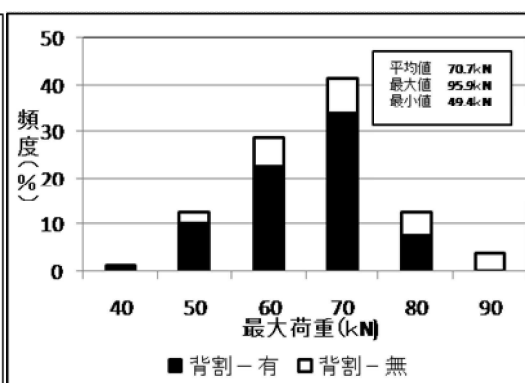


図1-4 最大荷重の頻度図 (φ180)

##### （3）木製進入防止柵工（ $\phi$ 150—支柱）（試験本数N=40本）

進入防止柵の支柱は片持ち梁なので写真1-1のように試験を行った。

柵工に対して直角方向の最大荷重は平均13.2 kN（15.9 kN～10.3 kN、試験本数30本）と

なり、すべて設計強度の1180N及び計算上の最大荷重約6,687Nを上回った。

また、出現頻度は図1-5のとおりであった。



写真1-2 試験状況

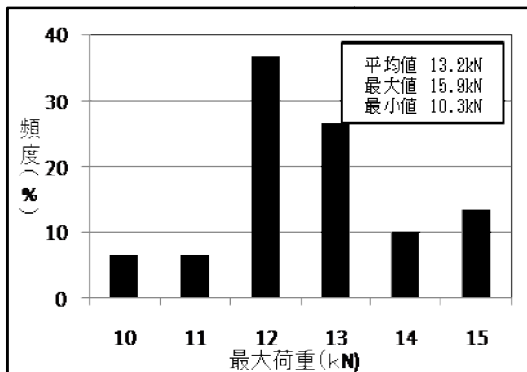


図1-5 最大荷重の頻度図 (φ150)

次に、基準にはないが柵工と平行に荷重がかかる場合の最大荷重は平均5.9kN (8.4kN～4.1kN、10本) となり、荷重方向によって大きく異なることが分かった。

また、破壊は直角方向では30本中26本が最下部の加工部で生じ前述の想定どおりにならなかった。これは、切削部が想定より大きく加工されていたことや加工部が変形の生じ易い形状であるためではないかと考えられた。

なお、平行方向ではすべて最下部の加工位置で破壊が生じた。

#### (4) 木製進入防止柵工 (φ80-横木) (試験本数N=30本)

背割りを入れた材を用いて曲げ強度試験をおこなった。背割りが荷重の鉛直下部に入った垂直方向では平均6.5kN (9.8kN～5.2kN、15本)、背割りが荷重と直角の水平方向では平均6.5kN (7.8kN～5.2kN、15本) となり、すべて設計強度の垂直1180N、水平780N及び計算上の強度2480Nを上回った。背割りの位置の差による強度には有意な差がなかった。曲げ強度毎の頻度は図1-6のとおりであった。

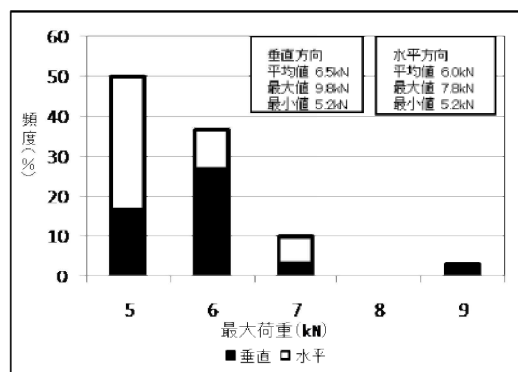


図1-6 最大荷重の頻度図 (φ80)

#### (5) まとめ

これらの結果は前項の計算例の想定におおむね合致した。このことから、大分県産スギの丸棒材は強度面では土木用材料として使用することに支障はないと考えられる。



## 第2章 土木用木材の保存処理

### 1. 木材の耐久性

木材は、適度な温度条件と水分条件下に置くと、腐朽菌やシロアリなどにより劣化をする。土木事業の現場である野外はこの条件下にある場合がほとんどなので劣化することを前提に計画する必要がある。

耐腐朽性能や、耐シロアリ性能には樹種による違いがあり、土木事業で良く使用されるスギ、ヒノキ、マツの性能は次の様に示されている。

表2-1 各樹種の心材の耐久性、耐蟻性

樹種	耐久性	耐蟻性
スギ	中 (野外で5~6.5年)	中
ヒノキ	大 (野外で7~8.5年)	中
マツ	小 (野外で3~4.5年)	小

出典：改訂4版木材工業ハンドブック

これらの木材には心材と辺材があり、上表は心材の耐久性で、辺材の耐久性は小さく環境が整えば1年以内に腐朽菌に冒されることもある。

したがって、これ以上の耐久性が必要な場合は、なんらかの措置が必要になる。一般的には、薬剤による処理が行われる。

### 2. 規格

木材の保存処理には、いくつかの規格があり、これに従うことが望ましい。

#### ①製材の日本農林規格（通称：製材JAS）

平成19年8月29日農林水産省告示第1083号

#### ②日本工業規格（通称：JIS）

JIS K 1570 内容 木材保存剤に関すること

JIS K 1571 内容 木材保存剤の性能試験及び性能基準

JIS A 9002 内容 木質材料の加圧式保存処理方法

#### ③AQ認証基準

(財)日本住宅・木材技術センター（以下住木センター）が定める基準

AQ認証（優良木材認証）とは、新しい製品が次々に開発され「JAS」に規定されない新製品が多くなっているため、それらの品質性能を保証する制度である。

昭和63年度からは(財)日本住宅・木材技術センター（以下住木センター）が運営し

ている。なお、住木センターのHPで認定された製品や薬剤名などを調べることが出来る。

### 3. 薬剤の種類

木材の保存処理薬剤の種類については、製材JASでは「アからコまでに掲げるいずれかの種類のうち、当該アからコまでに定める薬剤（アからケまでに定める薬剤にあつては、日本工業規格（以下JISという）K 1570（2004）に規定するもの）により保存処理が行われていること。」

とあり、次の10種類が上げられている。

#### ア 第四級アンモニウム化合物系

ジデシルジメチルアンモニウムクロリド剤（AAC-1）

#### イ 第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系

N，N-ジデシル-N-メチル-ポリオキシエチル-アンモニウムプロピオネート・シラフルオフエン剤（SAAC）

#### ウ ほう素・第四級アンモニウム化合物系

ほう素・ジデシルジメチルアンモニウムクロリド剤（BAAC）

#### エ 銅・第四級アンモニウム化合物系

銅・N-アルキルベンジルジメチルアンモニウムクロリド剤（ACQ-1）

銅・ジデシルジメチルアンモニウムクロリド剤（ACQ-2）

#### オ 銅・アゾール化合物系

銅・シプロコナゾール剤（CUAZ）

#### カ アゾール・ネオニコチノイド化合物系

シプロコナゾール・イミダクロプリド剤（AZN）

#### キ 脂肪酸金属塩系

ナフテン酸銅乳剤（NCU-E）

ナフテン酸亜鉛乳剤（NZN-E）

第三級カルボン酸亜鉛・ペルメトリン乳剤（VZN-E）

#### ク ナフテン酸金属塩系

ナフテン酸銅油剤（NCU-O）

ナフテン酸亜鉛油剤（NZN-O）

#### ケ クレオソート油

クレオソート油剤（A）

#### コ ほう素化合物系

ほう砂・ほう酸混合物又は八ほう酸ナトリウム製剤（B）

J I SやA Qにもおおむね同種の薬剤が揚げられている。したがって、これらの薬剤を使用するのが望ましい。県内では、加圧法用としてA A C、A C Q、C U A Zが、浸漬法用としてクレオソート油剤（A）が用いられることが多い。

#### 4. 性能区分

保存処理は、木材の使用環境によって表 2-2 のように K 1 ~ K 5 の性能区分が規定されており、性能区分に応じて使用薬剤や吸収量が定められている。

表 2-2 性能区分と木材の使用環境

性能区分	木材の使用状態	具体的内容
K 1	屋内の乾燥した条件で腐朽・蟻害の恐れのない場所で、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。
K 2	低温で腐朽や蟻害の恐れのない条件下で高度の耐久性の期待できるもの	北海道などの寒冷地域で (1) 外気また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) 外気または湿潤環境に常時露出される場合で非接地条件で中期の耐用を期待する (3) 外気または湿潤環境にたまに露出される場合で非接地条件で長期の耐用を期待する
K 3	通常の腐朽・蟻害の恐れのある条件下で高度の耐久性の期待できるもの	(1) 外気また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) 外気または湿潤環境に常時露出される場合で非接地条件で中期の耐用を期待する (3) 外気または湿潤環境にたまに露出される場合で非接地条件で長期の耐用を期待する
K 4	通常より激しい腐朽・蟻害の恐れのある条件下で高度の耐久性の期待できるもの	(1) 外気およ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) 外気または湿潤環境に常時露出される場合で非接地条件で長期の耐用を期待する

		する (3) 外気または湿潤環境にしばしば露出される場合で接地条件で長期の耐用を期待する
K 5	極度に腐朽・蟻害の恐れのある環境下で高度の耐久性の期待できるもの	外気およ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

出典：改訂4版木材工業ハンドブック

これから当県では野外で木材を一定期間以上使用する場合は、K 3以上の性能区分で保存処理を行うこととなる。

## 5. 吸収量と浸潤度

保存処理木材の耐久性能は、木材中の薬剤の浸潤度と吸収量に大きく影響される。

このうち吸収量については製材JASに規定があり、そのうち、性能区分K 3以上については表2-3のように定められている。

表2-3 吸収量の適合基準

性能区分	使用した薬剤の種類	基	準
K 3	第四級アンモニウム化合物系	DDACとして	4. 5 kg/m <sup>3</sup> 以上
	第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系	第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物として	2. 5 kg/m <sup>3</sup> 以上
	ほう素・第四級アンモニウム化合物系	ほう素・第四級アンモニウム化合物として	3. 2 kg/m <sup>3</sup> 以上
	銅・第四級アンモニウム化合物系	銅・アルキルアンモニウム化合物として	2. 6 kg/m <sup>3</sup> 以上
	銅・アゾール化合物系	銅・シプロコナゾール化合物として	1. 0 kg/m <sup>3</sup> 以上
	アゾール・ネオニコチノイド化合物系	アゾール・ネオニコチノイド化合物として	0. 15 kg/m <sup>3</sup> 以上
	脂肪酸金属塩系	銅を主剤としたものにあつては、銅として 亜鉛を主剤としたものに	1. 0 kg/m <sup>3</sup> 以上 2. 0 kg/m <sup>3</sup> 以上

		あつては、亜鉛として		
		亜鉛及びペルメトリンを主剤としたものにあつては、これらの化合物として	2. 5 k g / m <sup>3</sup> 以上	
	ナフテン酸金属塩系	銅を主剤としたものにあつては、銅として	0. 8 k g / m <sup>3</sup> 以上	
		亜鉛を主剤としたものにあつては、亜鉛として	1. 6 k g / m <sup>3</sup> 以上	
K 4	第四級アンモニウム化合物系	DDACとして	9. 0 k g / m <sup>3</sup> 以上	
	第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系	第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物として	5. 0 k g / m <sup>3</sup> 以上	
	ほう素・第四級アンモニウム化合物系	ほう素・第四級アンモニウム化合物として	6. 4 k g / m <sup>3</sup> 以上	
	銅・第四級アンモニウム化合物系	銅・アルキルアンモニウム化合物として	5. 2 k g / m <sup>3</sup> 以上	
	銅・アゾール化合物系	銅・シプロコナゾール化合物として	2. 0 k g / m <sup>3</sup> 以上	
	アゾール・ネオニコチノイド化合物系	アゾール・ネオニコチノイド化合物として	0. 3 k g / m <sup>3</sup> 以上	
	脂肪酸金属塩系		銅を主剤としたものにあつては、銅として	1. 5 k g / m <sup>3</sup> 以上
			亜鉛を主剤としたものにあつては、亜鉛として	4. 0 k g / m <sup>3</sup> 以上
			亜鉛及びペルメトリンを主剤としたものにあつては、これらの化合物として	5. 0 k g / m <sup>3</sup> 以上
	ナフテン酸金属塩系		銅を主剤としたものにあつては、銅として	1. 2 k g / m <sup>3</sup> 以上
亜鉛を主剤としたものにあつては、亜鉛として			3. 2 k g / m <sup>3</sup> 以上	
	クレオソート油	クレオソート油として	8 0 k g / m <sup>3</sup> 以上	
K 5	銅・第四級アンモニウム化合物系	銅・アルキルアンモニウム	1 0. 5 k g / m <sup>3</sup> 以	

物系	化合物として	上
脂肪酸金属塩系	銅として	2.3 kg/m <sup>3</sup> 以上
ナフテン酸金属塩系	銅として	1.8 kg/m <sup>3</sup> 以上
クレオソート油	クレオソート油として	170 kg/m <sup>3</sup> 以上

また、AQ認定基準の野外製品部材の吸収量は表2-4のとおり定められており、AQ1種は製材JASのK4の値と、AQ2種は製材JASのK3と同じ値となっている。

表2-4 防腐・防蟻処理試験の吸収量判定基準（抄）

種類	AQ表示	分析成分	吸収量 (kg/m <sup>3</sup> )	
			1種	2種
第四級アンモニウム化合物系	AAC-1	DDACとして	9.0以上	4.5以上
	AAC-2	DMPAPとして	9.0以上	4.5以上
銅・第四級アンモニウム化合物系	ACQ	酸化第二銅・BKCとして	5.2以上	2.6以上
銅・アゾール化合物系	CUAZ-1	酸化第二銅・ほう酸・テブコゾールとして	5.2以上	2.6以上
	CUAZ-2	酸化第二銅・ジプロコゾールとして	2.0以上	1.0以上
	CUAZ-3	酸化第二銅・ジプロコゾールとして	2.0以上	1.0以上

出典：優良木質建材等の品質性能評価基準

同様に浸潤度は製材JASでは表2-5のように規定されている。

表2-5 湿潤度

性能区分	樹種区分	基準
K3	すべての樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上
K4	耐久性D <sub>1</sub> の樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上
	耐久性D <sub>2</sub> の樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ15mm(木口の短辺が90mmを超える製材にあっては、20mm)までの心材部分の浸潤度が80%

		以上
K 5	すべての樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ15mm(木口の短辺が90mmを超える製材にあっては、20mm。ただし、円柱類にあっては、すべての直径において30mm。)までの心材部分の浸潤度が80%以上

(注) 1 針葉樹：耐久性D1の樹種は、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、ダフリカカラマツ及びサイプレスパインとする。

2 耐久性D2の樹種は、1に掲げる樹種以外のものとする。

(注) 2 広葉樹：耐久性D1の樹種は、ケヤキ、クリ、クヌギ、ミズナラ、カブール、セランガンバツ、アピトン、ケンパス、ボンゴシ、イペ及びジャラとする。

2 耐久性D2の樹種は、1に掲げる樹種以外のものとする。

なお、製材JASには丸太や丸棒材の基準がないので、AQで規定される浸潤度を用いる。その基準は表2-6のとおり定められている。

表2-6 防腐・防蟻薬剤の浸潤度判定基準

樹種区分	湿潤度
I 心材の耐久性が大のもの (ヒノキ)	製材品：辺材部分の80%以上とする。
	丸太：辺材部分の80%以上とする。
II 心材の耐久性が中のもの (スギ)	製材品：辺材の80%以上、及び表面から10mm以内に存在する心材の80%以上とする。
	丸太：辺材の80%以上、及び表面から10mm以内に存在する心材の80%以上とする。
III 心材の耐久性が小のもの (アカマツ、クロマツ、トドマツ、エゾマツ)	製材品：① 狭い材面が50mm以下の製材 木裏から10mmの80%以上、木表から材の厚さの1/2の80%以上とする。
	② 狭い材面が50mmを超え75mm以下の製材 木裏から15mmの80%以上、木表から材の厚さの1/2の80%以上とする。
	③ 狭い材面が75mmを超える製材 木裏から20mmの80%以上、木表から材の厚さの1/2

	の80%以上とする。
	丸太：表面から30mmの80%以上とする。

注) 1 新しい樹種については、耐久性試験の結果に基づきそれぞれ区分する。

2 丸太には丸棒を含む。

出典：農林水産省 木製防護柵・遮音壁の耐久設計と維持管理指針（案）

スギの浸潤度の測定方法を図示すると図2-1のとおりとなる。

なお、この中で辺材部の浸潤度を重視しているのは、木材は一般的に心材の耐久性が高く、辺材は耐久性が低いためであり、極端に言えば辺材の耐久性を向上させるために薬剤処理を行うとも言える。また、木材全体に薬剤が浸透するわけではない。

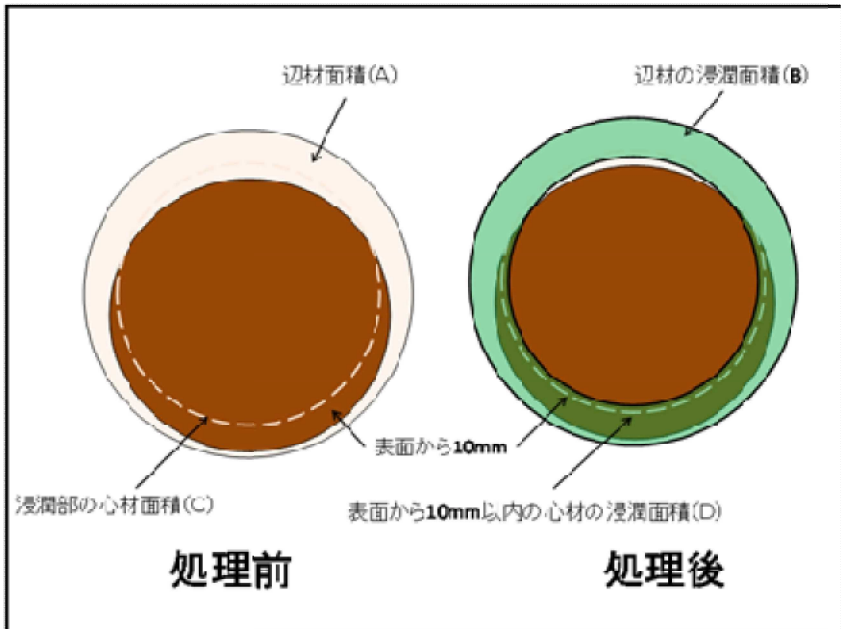


図2-1 丸太（丸棒材）の浸潤度測定例

なお、浸潤度の算出方法は次式による。

①辺材部

$$\text{辺材部分の浸潤度 (\%)} = \frac{\text{試験片の辺材部の呈色面積 (mm}^2\text{)} (B)}{\text{試験片の辺材部の面積 (mm}^2\text{)} (A)} \times 100$$

②心材部

$$\begin{aligned} &\text{製材の表面から深さ } d \text{ (mm) までの} \\ &\text{(mm) までの心材部分} \\ &\text{の浸潤度 (\%)} \end{aligned} = \frac{\text{製材の表面から深さ } d \text{ (mm) までの} \\ \text{心材部分の呈色面積 (mm}^2\text{)} (D)}{\text{製材の表面から深さ } d \text{ (mm) までの} \\ \text{心材部分の面積 (mm}^2\text{)} (C)} \times 100$$



## 6. 保存処理方法

保存処理方法は（社）日本木材保存協会発行の「木材保存入門改訂第2版」（以下保存入門）によると、主に表2-7のような方法があり、目的に応じて使い分けられるが、高い耐久性が求められる場合は加圧法が最も良く使用されており、県内には加圧法により処理が行える工場が複数ある。

また、これらの工場で使用されている薬剤は取り扱いやすい水溶性のAAC、ACQ、CUAZ等が多い。その他に、難浸透性の樹種ではインサイジング処理を行うこともある。

インサイジングとは要浸透部に細かい切り込みや細かい穴を空け浸透性を高めるために行う。これを行うと強度が低下するが、強度の低下が10%以下になるように処理することになっている。

表2-7 木材保存処理方法

処理方法	主要な設備・道具	薬 剤
塗布法	薬剤容器、刷毛	主に油性または油溶性
吹付法	噴霧器	油溶性、乳化性
浸漬法	浸漬槽	油性、油溶性、乳化性
拡散法	浸漬槽、養生シート	水溶性高濃度液、ペースト
温冷浴法	温冷浴槽、加熱装置	油性、水溶性ともに使用可 油溶性は溶剤の揮発性のために適さない
減圧法	耐減圧容器、薬剤ポンプ、真空ポンプ	水溶性、油溶性 複式減圧法は、油溶性
加圧法	注薬缶、薬液タンク、真空ポンプ、加圧ポンプ、軽量槽（流量計）	油性、水溶性、油溶性、乳化剤 JIS A 1570 で規定
溶剤回収法	注薬缶、薬液タンク、真空ポンプ、加圧ポンプ、軽量槽（流量計）コンデンサ、加熱装置	油溶性、低沸点溶剤に限定
接着剤混入法	薬剤混合機	油溶性、乳化性が多い、熱で分解しないこと。接着に影響を与えないこと

## 7. 管理の方法

現状では木材を保存処理した製品は、コンクリート2次製品のようにあらかじめ作り置

きされることはほとんどない。定まったタイプがないこと、処理後の加工が行えないこと、販売予定が立たないことなどが理由だと考えられる。

したがって、保存処理を行う工場では、受注を受けてから原木の購入、加工、処理を行うことになるので、その過程を管理させる事によって性能の確保が期待される。

### (1) 処理前の含水率

処理前の木材の含水率の高低が吸収量、浸潤度に大きく影響すると言われている。したがって、注入前には木材の含水率を管理する必要がある。処理前の含水率については、JAS等には規定がないが、「保存入門」には加圧式で処理する場合の事例として次の様に記載されている。

「処理前の含水率は、加圧処理を行う場合には最も注意しなければならない要因である。一般的には、含水率が低いほど注入性が良くなり、平均含水率が30%以下になるように調整して注入することが望ましい。含水率が50%を超える未乾燥材での処理が行われる事例が見られるが、この場合には薬剤量が表層のみに留まることが多く、早期劣化の原因となる。」

拡散法以外の処理方法でも同様に木材の薬剤浸透部の乾燥が条件となる。

木材の含水率の測定には、通常電気式の水分計が用いられている。(資料2参照)

また、木材の乾燥は外周から徐々に進行するので、薬剤浸透部(辺材)が厚ければ乾燥に要する期間が長くなる。当部の試験では、スギ丸棒材の辺材の厚さは0~4cmで、含水率の基準に達するには図2-2のとおり納品から約3週間程度を必要とした。

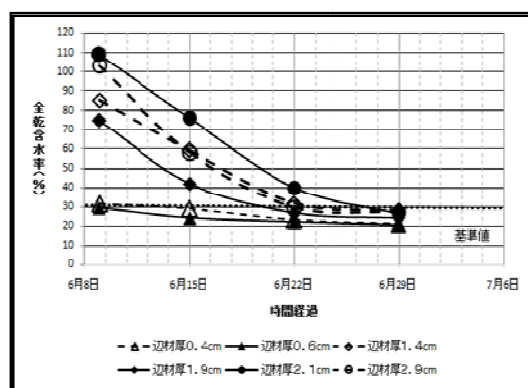


図2-2 薬剤浸透部の含水率の推移

したがって、薬剤の浸透が規定の含水率以下になるためには、すべての加工が終了した後約1ヶ月程度の乾燥期間を取ることが望ましいと考えられた。

すべての材の含水率を測定出来ない場合は、木材の重量によって管理する方法がJISで示されており、その重量基準は表2-8のとおりである。

表2-8 各樹種の素材密度の目安 (単位 ; kg/m<sup>3</sup>)

樹種	素材質量	樹種	素材質量
スギ	500 以下	ヒノキ	540 以下

アカマツ	690 以下	カラマツ	690 以下
エゾマツ	560 以下	トドマツ	550 以下

(出典：J I S A 9002 木質材料の加圧式保存処理方法解説)

しかし、スギを使用する場合、薬剤の浸潤を要しない心材部の含水率が50%~220%とばらつくため、薬剤浸透部の含水率が30%以下であっても、重量基準を上回る場合がある。したがって、部分的な水分計の管理結果と併せて判断することが望ましい。

#### (2) 注入量 (圧入量)

注入量は事前に吸収量や薬液の濃度、材積を参考に決め、それ以上になったことを確認する。梱包毎に管理する場合は処理前の重量を管理し、処理後の質量を測定することによって導かれる。ロット毎管理では圧入量の管理となる。注入量または圧入量が不足する場合は、再度乾燥させ再処理が必要となる。

管理は単木毎に行うのが望ましいが、材料をこん包して処理を行うため、実際的ではない。ロット毎、梱包毎に行い、単木では抽出で管理することとなる。

#### (3) 薬液の濃度

薬液は原液に溶剤（水、油など）で薄めて使用されるので、濃度管理は注入量を決定する上で重要な因子となる。水溶性の薬剤を使用する場合は、処理中に木材中の水分が薬液中に入り、注入前後で濃度が変わるので、注入後の濃度が重要となる。

精密な濃度の測定には化学分析が必要となり工場での管理には適さないため、標準比色法など他の簡易な方法で、ロット毎に処理後に行う事が望ましい。また、必要に応じて処理後の薬液を密閉容器に一定期間保存しておくことが望ましい。

#### (4) 吸収量

吸収量は前述のとおり管理方法としては不適であるが、検査等で必要と判断された場合に対応できるよう、成長錐や切断管理・検査等で使用した試験片を一定期間保存しておくことが望ましい。

#### (5) 浸潤度

浸潤度も木材の劣化を防ぐ上で重要な要素となる。当部の試験では設置後10年を経過した木製防護柵の浸潤度と劣化面積率を比較すると図2-3のとおりとなり、浸潤率が小さいほど劣化面積が大きくなる傾向にあった。

「保存入門」では浸潤度の管理方法について次のように記載されている。

「浸潤度は、加圧処理木材を切断またはボーリングにより試験片を採取し、指示液を噴霧して薬剤の浸潤部を呈色させて測定する。切断試験片の採取では、正確に浸潤度を測定することが出来るが、破壊検査のためサンプルの採取本数に限度がある。工場での日常的な管理は、ボーリングによる試験片採取で行われる。」

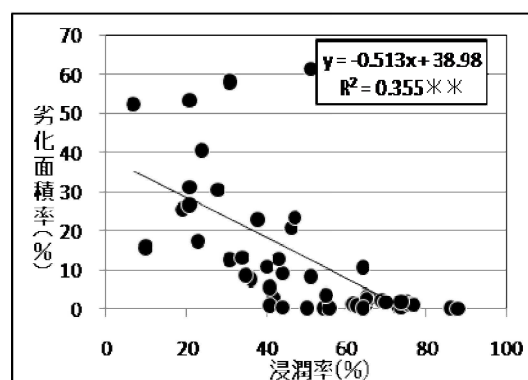


図 2-3 浸潤率と劣化面積率

また、注入直後に切断やボーリングを行うと余剰の薬液が切断面に付着する恐れがあるので養生後又は余剰薬液が無くなった状態で管理する。

ボーリングによる管理方法については製材 J A S に下記の様に記載されている。

「各試料製材の長さ及び幅の中央部付近において、インサイジング又は割れ等の欠点の影響が最も少ない部分から材面に向かって直角に内径 4.5 ± 0.03 mm の生長錐（資料 2 参照）を用いて、次の表（表 2-9）の左欄に掲げる試験片を採取する部分の区分に応じ、それぞれ同表の右欄に掲げる長さの試験片を採取するものとする。」

表 2-9 試験片の長さ

試験片を採取する部分の区分	試験片を採取する長さ
心材が製材の表面から深さ 10 mm 以内の部分に存在するもの	製材の表面から 10 mm
心材が製材の表面から深さ 10 mm を超え 15 mm 以内の部分に存在するもの	製材の表面から 15 mm
心材が製材の表面から深さ 15 mm を超え 20 mm 以内の部分に存在するもの	製材の表面から 20 mm
心材が製材の表面から深さ 20 mm を超えた部分に存在するもの	製材の表面から心材に達するまで
心材が存在しないもの	製材の表面から製材の厚さの 1/2

採取した試験片に呈色液を噴霧して呈色させて浸潤度を算出する。計算式は前述の浸潤度の算出方法の、「呈色面積 (mm<sup>2</sup>)」とあるのは「呈色長 (mm)」と、「面積 (mm<sup>2</sup>)」とあるのは「長さ (mm)」と読み替えるものとする。

切断による浸潤度の管理の方がわかりやすいが、管理に使用した材が使用不能となるので、確認出来る本数に制限があり、成長錐を用いたボーリングによる管理が望ましい。

## 8. 検査の頻度

J A S 等による検査頻度は製材 J A S や「製材についての検査方法」（全部改正：平成

19年11月22日農林水産省告示第1467号)で検査内容毎に表2-10のとおりとなっている。なお、この中で言う荷口とは下記の様に記載されている。

「品目、樹種及び製造条件が同一と認められ、かつ、同一等級に格付しようとする20日分以内の製造荷口を検査荷口とし、検査荷口から無作為に次の表の左欄に掲げる検査荷口の大きさの区分に従い、それぞれ右欄に掲げる試料を抽出する。」

表2-10 試料製材の本数又は枚数

1. 切断により試験片を採取する場合

荷口の製材の本数又は枚数	試料製材の本数又は枚数	
1,000以下	2	浸潤度試験の再試験を行う場合には、左に掲げる本数又は枚数の2倍の試料製材を抜き取るものとする。
1,001以上2,000以下	3	
2,001以上3,000以下	4	
3,001以上4,000以下	5	
4,001以上6,000以下	6	
6,001以上8,000以下	7	
8,001以上10,000以下	8	
(注) 荷口が10,000本又は10,000枚を超える場合には、1荷口がそれぞれ10,000本又は10,000枚以下となるように分割する。		

2. 生長錐により試験片を採取する場合

荷口の製材の本数又は枚数	試料製材の本数又は枚数	
1,000以下	8	浸潤度試験の再試験を行う場合には、左に掲げる本数又は枚数の2倍の試料を抜き取るものとする。
1,001以上2,000以下	12	
2,001以上3,000以下	16	
3,001以上4,000以下	20	
4,001以上6,000以下	24	
6,001以上8,000以下	28	
8,001以上10,000以下	32	
(注) 荷口が10,000本又は10,000枚を超える場合には、1荷口がそれぞれ10,000本又は10,000枚以下となるように分割する。		

3. 外面検査

検査荷口の大きさ試料の数		
	500枚(本)以下	50枚(本)
501枚(本)以上	1,200枚(本)以下	80枚(本)

1, 201枚(本)以上	3, 200枚(本)以下	125枚(本)
3, 201枚(本)以上		200枚(本)

また、製材JASには試験結果の判定として次の様に記載されている。

「含水率試験、浸潤度試験及び曲げ試験にあつては、製材の1荷口から抜き取られた試験製材又は試験製材のうち、当該試験に係る基準に適合するものの数とその総数の90%以上であるときは、その荷口の製材が当該試験に合格したものとし、70%未満であるときは、不合格とする。当該試験に係る基準に適合するものの数とその総数の70%以上90%未満であるときは、その荷口の製材について改めて当該試験に要する試験製材又は試験製材を採取して再試験を行い、その結果、当該試験に係る基準に適合するものの数とその総数の90%以上であるときは、当該試験に合格したものとし、90%未満であるときは、不合格とする。」

この基準はJASによる工場の認定のための基準であり、通常の工事管理は処理量(本数)がこれより少ない場合が多いと思われるのでこれを参考に別に定めた方がよい。

加圧法について工程毎に管理及び検査をまとめると表2-11のようになると考えられる。加工については機械の精度が高いので、省略してもよい。

表2-11 保存処理工程と管理項目(例)

順序	作業工程	管理項目	管理(検査)頻度	検査
①	原木			
②	材長加工	寸法(材長)	外面検査	
③	丸棒加工	寸法(径)	外面検査	
④	加工(背割り、穿孔)	寸法(穴径)	外面検査	
⑤	乾燥			
⑥	注入前管理	含水率又は重量	外面検査	○
⑦	薬液注入	圧力、時間、圧入量	ロット毎	
⑧	注入後管理	重量(注入量)	外面検査	
⑨	養生	浸潤度(成長錐等)	理化学検査	
⑩	現場搬入	本数	納入日毎	
⑪	検査	浸潤度(必要に応じて吸収量)	破壊検査	○

なお、上記の表は工事発注後に処理を行う場合の例で、保存処理された材料を使用する場合は、浸潤度を確認して使用することになる。

## 9. 塗装

保存処理を行った木材でも日光等により退色することは避けられない。したがって景観上必要な場合は塗装を行う場合もある。塗装を行っても退色は進行するので、3年程度毎に塗り替えを行う必要がある。

塗料は、造膜型、半造膜型、含浸型の3つに大きく分けられ、耐候性は造膜型>半造膜型>含浸型の順で高い。また塗装色では濃い色>半透明>透明の順で耐候性が高い。

塗装を行う場合の含水率は気乾含水率が望ましく、含水率が高いと塗装不良を起こす場合もある。

また、造膜型は膜の剥がれ等が発生すると景観を損ねること、塗り替えを行う場合に塗膜をはぎ取る必要があること、耐久性は含浸型の方が高いことから、土木用の木材等の外構材では含浸型の塗料が使用されることが多い。

塗料の中には木材保護成分が入ったものもあるが、含浸型でもほとんど木材中には浸透しないので、耐久性は加圧法による保存処理には及ばないと考えられる。

表 2-1-2 木材保護塗料の特徴

分類型	保護塗料種類	特徴	塗装性	耐候性	防腐・防虫性	メンテナンス性	価格
成分による分類	油性系塗料	アルキド樹脂、亜麻仁油系、有機溶剤可溶、木材への高浸透性	仕上がり感良、高VOC	高い	有効成分含有	塗膜形成性による	中程度
	水性系塗料	合成樹脂エマルジョン、アクリル樹脂系、水溶性、速乾性	表面にてかり感、毛羽立ち、低VOC	高い	有効成分含有	塗膜形成性による	中程度
	天然物系塗料	天然系成分、油性系多い	乾燥時間長い、塗膜性が低い	低い	天然物系成分	塗膜形成性による	高い
塗膜形成による分類	造膜型塗料	塗膜形成、吸放湿性低い、防腐・防虫性無い	技術要、下地処理重要	高い	一般に有効成分含まず低い	残存塗膜除去要、煩雑、コスト高	高い
	半造膜型塗料	薄塗膜形成、防腐・防虫性有り、ハイソリッドタイプ多い	重ね塗り可能、1回塗りタイプ多い	中程度	有効成分含有	塗膜残存性による	中程度

	含浸型塗料	塗膜形成せず低光沢、吸放湿性保持、防腐・防虫性付与	重ね塗り可能、塗装しやすい	中程度	有効成分含有	再塗装しやすい	比較的低い
色調による分類	着色系塗料	木理隠す、木材に紫外線抵抗性付与、耐候性高い	塗装しやすい	高い	成分による	塗膜形成性による	成分による
	半透明系塗料	着色するが木目見える、保護塗料として一般的	塗装しやすいが塗装の継ぎ目目立つ	中程度	成分による	塗膜形成性による	成分による
	透明系塗料	木材の自然な色調や木目を保持するが光劣化防止できない	塗装しやすい	低い	有効成分が光により劣化しやすい	塗膜形成性による	成分による

出典：農林水産省 木製防護柵・遮音壁の耐久設計と維持管理指針（案）

## 9. その他

### (1) 材料の乾燥

木材保存処理木材の耐久性能は、保存剤の吸収量及び浸潤度を確保出来るかで大きく左右される。乾燥は一般的に天然乾燥で行われることが多く、十分な乾燥期間が必要となる。

これはどの処理方法についても言え、県内で処理事例の多い浸漬法や塗布法でも乾燥が必要である。

### (2) 材料の加工

保存処理を行った木材は薬剤が表面付近にしか浸透していないため、保存処理後に加工を行うと薬剤浸透部より深い位置に外気に触れる箇所が出来る。そうするとそこから腐朽等の劣化が発生する。したがって、保存処理は必要な加工をすべて行った後に行わなければならない。

写真2-1は、保存剤を加圧法で注入した丸棒材(φ80mm)である。外周部の白いところ(辺材部)が変色し、薬剤が浸透したことが確認できる。また、背割加工を行っているが、背割の内部にも薬剤の浸透が確認できる。



写真2-1 切断面

### (3) 乾燥割れ

加工を行わなくても木材は徐々に乾燥し、材面に乾燥収縮による割れが生じる。

割れ深さが薬剤の浸潤した範囲を超えると、割れの内部が外気に触れ腐朽などの劣化が



生じる場合がある。これを防ぐために背割りを行うと図2-4のように深い割れ生じにくくなるため、割れ内部の劣化の危険性が減少すると考えられる。

#### (4) 辺材厚さ

加圧法の場合、必要な浸潤範囲は辺材の厚さが10mmを超えると厚いほど広がる。スギ丸棒材の辺材の厚さは今回の試材では次の表2-8に示すようになった。

この結果から、スギ丸棒材の場合は、辺材厚さが4cmあると考えると注入等の処理を行えばよいと考えられる。

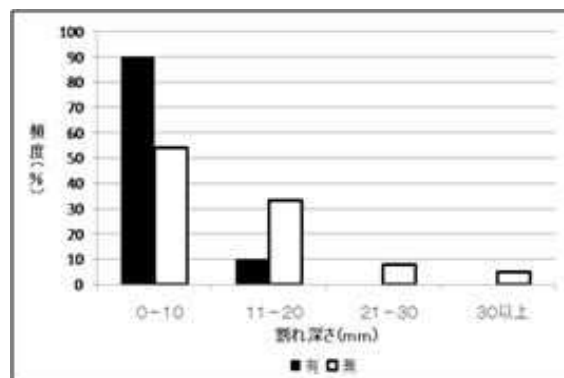


図2-4 背割りの有無による割れ深さ

表2-13 スギ丸棒材の各径級の辺材厚さ

径 (mm)	調査本数	平均値 (mm)	最大値 (mm)	最小値 (mm)	標準偏差 (mm)
80	30	12.5	32.1	0.0	8.0
150	40	17.2	32.4	3.4	7.2
180	80	15.4	28.8	0.9	6.4
200	60	21.8	37.4	5.5	7.7