

13-9 スギ間伐材と市販

製材品の材質

—製材品の品質向上をめざして—

遠矢 良太郎・山田 式典

1 目的

今日、スギ間伐材の利用開発が必要とされているが、その製材品は節や丸身、曲り、割れ、ねじれなどによって、JASによる品等は等外品のものが多く、¹⁾価格の点、非木質材の進出などから、その需要量が減少している。

そこで、構造用材としての需要を拡大するためには、少なくとも寸法のそろった、そして強度性能のよりすぐれた製品とすることが望まれる。

こうしたことから、令級別に採取したスギ間伐材と市販のスギ一般材とベイツガ製材品を用い、曲げ性能と年輪幅及び製材寸法を調査しどのような製材及び伐期を選べばよいかについて検討を行った。

2 供試材

間伐材は3~5令級の材長4m、末D径6~12cmの丸太を用い、曲げ試験の都合上、これをさらに2mに玉切り、径級に応じて4.5cm正割、9cm正角、それに2面だけおとした樹皮つきのタイコ材の断面を有する4.5cm厚と、9cm厚のタイコ材に製材した。

4m丸太の末口径と令級別の供試丸太本数を表-1に示す。

表-1 間伐材4m材の末口径別及び令級別供試本数

材種・寸法 (cm)	末口径 (cm)					令級	材種別 丸太数 (本)
	6	7	8	9	10		
正割 4.5×4.5	16	31	1	1		3 4 5	54
正角 9×9		5	2	13	4	0 10 14	24
タイコ材4.5cm厚	9	12	6	2		8 18 3	29
タイコ材 9cm厚		4	6	14	4	3 14 11	28

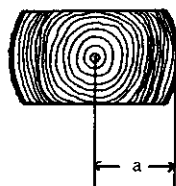
4m材の全丸太本数は135本で、3令級26本、4令級74本、5令級35本で4令級木が最も多い。

市販製材品のスギとベイツガは、4.5cm正割と9cm正角の4m材であり、これを2m材にして供試材とした。

3 試験方法

供試材は、まず材寸法と平均年輪幅を測定し後、曲げ試験に供した。タイコ材の材寸法と平均年輪幅

測定は図-1のとおりである。



aの部分について平均年輪幅を測定する

図-1 タイコ材の平均年輪幅測定法

供試材の含水率は抵抗式含水計率で測ったところ、ほとんどが繊維飽和点以上であった。

曲げ試験は2等分点中央集中荷重で、支点には鋼板をおいて、材がつぶれないよう配慮して行った。

支点間の距離は、4.5cm正割と4.5cm厚タイコ材が120cm、9cm正角と9cm厚タイコ材が140cmである。

用いた試験機は、オートグラフDSS-500と材料試験機RH-50(島津製作所製)である。

4 結果と考察

(1) 令級別にみた間伐材の材質

間伐材の平均年輪幅と曲げ試験の結果を表-2に示す。

4.5cm正割、9cm正角、4.5cm厚タイコ材、9cm厚タイコ材について、いずれも令級の違いによる曲げ性能の有意差は認められなかった。しかし、各製材品において平均値の最も大きいのは4令級に多い。

平均年輪幅についてみると、令級の大きいものほど年輪幅が、狭くなっている。これは4.5cmや9cmの正割、正角、タイコ材を採材できる径級において、令級の多い材ほど平均年輪幅が狭くなることから当然といえる。

ここで、一般木構造設計規準²⁾において、低品質のスギと区分される6mm以上の年輪幅の出現頻度を令級別にみると、9cm正角では4令級が約3割、4.5cm厚タイコ材では3令級約4割、4令級約1割、9cm厚タイコ材の場合3令級7割、4令級1.5割で、3令級における出現率が高い。

したがって、4令級にくらべて3令級と5令級は供試材が少ないという問題点を残しているが曲げ性能や平均年輪幅から、間伐材の材質を令級別に検討した場合、3令級材は平均年輪幅が広く、5令級の材は曲げ性能が4令級材より小さいことから間伐材の材質は4令級の方が3令級や5令級より、良好な傾向を有している。

4令級は20年生前後の第一次間伐期¹⁾であり、この時期に末口径6~12cmの4m材が得られるような

施業を行い、径級に応じて正割や正角それにタイコ材を採材することが望まれる。

表-2 間伐材の令級別材質

付表- (1)

材種・寸法 (cm)	令 級	供 試 丸 太 本数 (本)	供 試 材 本数 (本)	曲げヤング係数(t / cm ²) (%)		曲げ破壊係数(kg / cm ²) (%)	
				最大~平均~最小	変動係数	最大~平均~最小	変動係数
正割 4.5×4.5	3	15	30	56.3~44.9~26.0	15.4	599~410~307	14.4
	4	32	59	94.7~45.9~26.4	26.5	550~384~290	14.8
	5	7	11	64.6~43.5~31.0	24.3	435~372~290	15.0

付表- (2)

材種・寸法 (cm)	令 級	供 試 丸 太 本数 (本)	供 試 材 本数 (本)	年 輪 幅 (mm)		曲げ破壊係数(kg / cm ²) (%)	
				最大~平均~最小	標準偏差	最大~平均~最小	変動係数
正角 9×9	3	0	0				
	4	10	17	10.0~5.35~2.8	1.57	539~427~321	15.0
	5	14	26	8.3~5.03~3.5	1.07	483~411~301	30.1

付表- (3)

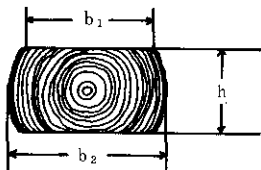
材種・寸法 (cm)	令 級	供 試 丸 太 本数 (本)	供 試 材 本数 (本)	年 輪 幅 (mm)		曲げ破壊係数(kg / cm ²) (%)	
				最大~平均~最小	標準偏差	最大~平均~最小	変動係数
タイコ材 4.5cm厚	3	8	16	8.9~5.65~4.2	1.21	602~436~338	17.2
	4	18	35	7.1~4.48~1.8	1.24	698~496~316	18.8
	5	3	6	4.2~3.40~2.5	0.52	564~461~383	14.0
タイコ材 9cm厚	3	3	6	10.7~6.86~2.6	1.70	1600~1651~980	28.4
	4	14	28	6.7~5.19~3.6	0.80	2605~1977~1280	18.8
	5	11	21	6.6~4.06~2.6	0.93	2529~1883~1352	15.3

表-3 製材品の材質

材種・寸法 (cm)	供試本数 (本)	寸法 (cm) (%)			平均年輪幅 (mm)			曲げ破壊係数(kg / cm ²) (%)		
		平均	標準偏差	歩切れ率	最大~平均~最小	標準偏差	6mm以上の出現率(%)	最大~平均~最小	変動係数	
スギ	間伐材 正割 4.5×4.5	100	4.52	0.08	40.1				599~390~290	14.7
		間伐材 正角 9×9	43	9.13	0.24	29.5	10.0~5.16~2.8	1.30	25.8	539~417~301
	市販材 正割 4.5×4.5	48	4.63	0.08	5.3	8.1~3.59~1.8	1.26	2.8	539~390~138	24.0
		市販材 正角 9×9	50	9.05	0.08	2.8	5.3~3.49~2.0	0.82	0	555~428~301
ベイツガ	市販材 正割 4.5×4.5	52	4.58	0.05	4.1	4.4~2.72~1.4	0.69	0	718~492~224	23.8
	市販材 正角 9×9	50	9.06	0.07	19.2	9.8~5.41~3.0	1.52	34.8	526~412~210	14.8

表-4 スギ間伐タイコ材の材質

材 種	供試本数 (本)	寸法 (cm) (%)			平均年輪幅 (mm)			曲げ破壊荷重 (kg) (%)		
		最大~平均~最小	標準偏差	歩切れ率	最大~平均~最小	標準偏差	6mm以上の出現率(%)	最大~平均~最小	変動係数	
4.5cm 厚材	58	h	4.96~4.58~4.12	0.15	29.8	8.9~4.69~1.8	1.35	16.6	698~476~316	14.0
		b ₁	12.56~8.21~6.00	1.64						
		b ₂	12.95~9.98~7.63	1.28						
9cm 厚材	58	h	9.39~9.11~8.80	0.22	30.9	10.7~4.94~2.6	1.30	20.6	2605~1908~980	19.3
		b ₁	12.10~8.99~4.92	1.67						
		b ₂	17.03~12.54~9.40	1.38						



(2) 間伐材及び市販製材品の寸法と材質

表-3 に正割と正角材の、表-4 にタイコ材の寸法と材質を示す。

(2) - 1 製材精度と歩切れ

製材精度を標準偏差でみると、正割、正角では0.08mm付近にほとんどの材種が集まっているのに対し、9cm正角のスギ間伐材は0.24mmとバラツキが大きい。

この原因は不明であるが、標準偏差が0.08mm程度になるよう精度を高め、寸法を一定にすべきであろう。

ベイツガ正割材の標準偏差は0.05mmで、製材精度が最も高かった。これは製材技術に加えて、材質が他の材種より安定していたものと推察する。

タイコ材は曲りのある間伐材から採材されているため、その標準偏差も0.15、0.22mmと大きくなったものと考えられる。

公称寸法に対する製材品の歩切れ率を正規分布表から求めてみると、間伐材では約3～4割出現し最も歩切れが多くなっている。

ついでベイツガ正角材が約2割出現し、その他の材種は5%以内で市販材の歩切れは、ほとんどないといってよい。

以上のことから間伐材の場合とはくに、歩切れをなくし、寸法の精度を高める製材技術が必要であろう。

(2) - 2 間伐材と市販製材品の材質

スギ間伐正角材の年輪幅の平均値は5.16mmベイツガ正角材は5.41mmと他の材種にくらべ広く、6mm以上のものが前者で2.5割、後者で3.5割出現している。スギ間伐材の年輪幅が広いことは、スギ造林木における樹心から10年輪までの年輪幅が広い³⁾ことから当然といえよう。ベイツガ正角材の場合は樹心に近い材部から採材されたものと考えられ、このように年輪幅が広がったものと推察する。

タイコ材の年輪幅は樹心から樹皮までの全年輪にわたる平均値のため、正割や正角の間伐材よりいくぶん年輪幅が狭くなる。それでも6mm以上の年輪幅は4.5厚で1.5割、9cm厚で2割出現している。

したがって間伐材の平均年輪幅は5mm前後で6mm以上のものが1.5～2.5割存在するといえる。

機械的材質を曲げ破壊係数でみると、スギやベイツガの各材種間には有意差が認められなかった。しかしその平均値をみると、スギの場合正角)正割、ベイツガでは正割)正角という結果を得た。

これを考察すると、スギの場合、各正割の材部のほとんどが未成熟材部で占められるのに対し、正角材は断面が大きい材部の表面側に成熟材部が含まれる可能性があり、これによって正角材の強度が

正割材より大きくなったためと、断面が小さくなる程製材による目切れを生じやすいことも手伝って、こういう結果になったものと考えられる。ベイツガの場合、年輪幅から推察したように正角材は正割材にくらべてより樹心に近い未成熟材部を含む部分から採材されたものと考え、その強度は正割材より小さい傾向を有するといえる。

(3) タイコ材と角材の曲げ耐力

タイコ材は材厚が同じ角材にくらべ断面の幅が広くなるので、曲げ耐力が大きくなる。

そこで4.5cm厚と9cm厚タイコ材の断面における高さを間伐材の正割材と正角材とほとんど同じとみて、幅を長短2つの幅の1/2と単純に見積った場合、表-4における供試材寸法から計算すると、4.5cm厚材の幅は9.1cmで正割材幅の約2.0倍、9cm厚材は10.8cmで正角材幅の約1.2倍に相当する。

表-4から間伐タイコ材の曲げ破壊荷重は4.5cm厚材(スパン120cm)の平均値が476kg、9cm厚材(スパン140cm)が1908kgである。同じ間伐材のうち正割材や正角材の曲げ破壊荷重をタイコ材と同じ曲げ条件にして求めると、表-3から4.5cm正割材は200kg(曲げ破壊係数390kg/cm²、断面4.52×4.52cm、スパン120cm)、9cm正角材は1511kg(曲げ破壊係数417kg/cm²、断面9.13×9.13cm、スパン140cm)である。

したがって曲げ破壊荷重における角材に対するタイコ材の比は4.5cm厚材で2.38、9cm厚材で1.26であり、角材の幅に対するタイコ材幅の比率に近い。

このようにタイコ材の曲げ耐力は角材より大きいので、根太や土台それにタイコ材でもかまわない構造用部材については角材より有利となり、耐力上安全側に立った間伐材製品が得られる。

(4) 間伐材と市販製材品の長期許容応力度

一般に木材の長期許容応力度(L_f)は次式^{2) 4)}で誘導される。

$$L_f = F \times 3/4 \times 2/3 \times 1/2$$

F: 欠点因子を有する試験材の平均強度

3/4: 5%の危険率を考えた統計的下限值

2/3: 比例限度

1/2: クリープ限度

ここでは、5%の危険率を考えた統計的下限值(x_L)を表-3の曲げ破壊係数の平均値(\bar{x})とそれの変動係数(C.V.)からt分布表を利用して次式

から求め、 $x_L = (1 - 1.645c.v.)\bar{x}$ 同時に長期曲げ許容応力度も算出し建築基準法及び一般木構造設計規準に定められている長期曲げ許容応力度²⁾と比較した。(表-5)

表-5 から x_L に基づいて求めた長期曲げ許容応力度は、いずれも建築基準法の長期曲げ許容応力度を満足していることが判る。

ここで曲げ破壊係数の最低値と x_L の数値のへだ

たりをみると、間伐材や市販スギの正角ではほとんど違いがなかったが、市販スギの正割やベイツガではかなりの違いがみられる。

このことは、製品の集団の中に極端に曲げ破壊係数の小さい材を含んでいることを意味し、こうした材は断面が小さい程、利用する際折損しやすく、このため製品全体の評価を損なうことにもなるので除去すべきである。

表-5 各製材品の長期曲げ許容応力度

材種・寸法 (cm)		曲げ破壊係数 (kg/cm ²) 平均 ~ 最小	x_L (kg/cm ²)	算出した長期曲げ 許容応力度 (kg/cm ²)	建築基準法及び一般木構造設計規準に 定める長期曲げ許容応力度 kg/cm ²
スギ	間伐材 正割 4.5×4.5	390 ~ 290	296	118	70
	間伐材 正角 9×9	417 ~ 301	329	132	
	市販材 正割 4.5×4.5	390 ~ 138	236	94	
	市販材 正角 9×9	428 ~ 301	321	128	
ベイツガ	市販材 正割 4.5×4.5	492 ~ 224	299	120	70
	市販材 正角 9×9	412 ~ 210	312	125	

注 x_L : 5%の危険率を考えた統計的下限值

(5) スギ間伐材の望ましい製材寸法

スギ間伐材の曲げヤング係数を表-2の4.5cm正割材全体についてまとめてみると

(t/cm²) (%)

94.7 ~ 44.9 ~ 26.0 25.6

(最大) ~ (平均) ~ (最小) (変動係数)

となる。

一般木構造設計規準で定めているスギの曲げヤング係数は70 t/cm²であり、間伐材の平均値は45 t/cm²でかなり小さい。このため、一般に間伐材は、やわらかく、曲りやすいといわれている。

したがって、こうした間伐材を横架材として利用するためには、はりの断面を大きくして剛性を高める必要がある。

そこで、曲げヤング係数70 t/cm²の4.5cm正割材及び9cm正角材に対し、45 t/cm²の間伐材が同じ曲げ剛性を得るためには、断面の寸法をいくかにすればよいかを計算すると

4.5cm → 5cm 、 9cm → 10cm となる。

このことから、間伐材やそれと同等の材質をもつスギ材の製材寸法は従来の寸法より約1割増して製材する必要がある。

5 結 論

3~5令級別に採材したスギ間伐材と市販のスギとベイツガ4.5cm正割材及び9cm正角材を用いて、

その材質と製材寸法を検討し、得られた結論は次のとおりである。

- (1) 材厚4.5cmと9cmの間伐材について、その材質を令級別にみると、4令級のものが3令級や5令級材より良好な傾向を示している(表-2)。
- (2) 製材品の寸法精度を標準偏差でみると0.08mm前後のものが多いが、なかには0.24mmとバラツキの大きい材種もあり、標準偏差値は、製材精度のめやすになる。
- (3) 製材品の公称寸法に対する歩切れの出現率をみると、5%以内で歩切れのほとんどない材種もあれば、スギ間伐材における3~4割、ベイツガ9cm正角材の2割など、歩切れの多い材種もあり、製材時の配慮が必要である。
- (4) 間伐材の年輪幅の平均値は約5mmで、6mm以上のものが多く存在する。
曲げ破壊係数についてみると、スギにおける間伐材と市販材はほとんど同じである(表-3)。
- (5) 材厚が同じ製材品の場合、タイコ材の角材に対する曲げ破壊荷重は、4.5cm厚材で2.38倍、9cm厚材で1.26倍大きい。
- (6) スギとベイツガ製材品は建築基準法に定める長期曲げ許容応力度より大きい値を示した(表-5)。
- (7) スギ間伐材の曲げヤング係数は45 t/cm²と小さく、従来の製材寸法では曲げ剛性が低いので、

製材寸法を1割程度大きくする必要がある。

6 謝 辞

本研究に際し、試験材提供など協力いただいた県庁林産課（現林業振興課）の方々には謝意を表す。

7 参考文献

- 1) 中野達夫、斉藤久夫：木材工業，32，4，143～148（1977）
- 2) 日本建築学会：木構造設計規準・同解説，丸善，22，120～121，124（1974）
- 3) 遠矢良太郎：日林九支研論，30，323～324（1977）
- 4) 杉山英男：木質構造の設計（建築構造計算シリーズ5），丸善，78～79（1976）
- 5) 日本建築学会：建築基準法会集，丸善，156（1977）

13—10 間伐材の表面処置と耐候性について

恵 原 要

1 目的

間伐材を利用した製品の開発が種々試みられているが、用途別にみると屋外用、屋内用、そしてその双方で用いられるものに分けられる、これら製品には、美と保護のために、表面処理が施される場合が多いが、それぞれの製品に求められる性能を想定し、これを満足する処理方法を見出すこととした。

2 試験方法

ヒノキ小丸太材（間伐材）を丸棒に削りベルトサンダーで表面を仕上げ、これに11通りの表面処理（表1）を施した後、耐候性試験（表2）を行い、試験片の劣化をみた。

劣化の判定は目視観察による。

3 結果と考察

試験片の耐候性の評価基準として、変色、光沢の低下、ひび割れの発生について観察した。評価の方法として、測定機により色差（変色の度数）、光沢度を求める方法もあるが試験の数、試験の目的等から定性試験が適当と判断し、目視による判定方法をとった。

以下、試験の結果を表面処理方法ごとに述べてみる。

表1 試験片の表面処理方法

No.	記号	処 理 方 法
1	O	無処理
2	F	塩酸稀積液塗布後一昼夜置いてガスバーナーで焼く
3	V	防虫防腐剤合浸（CCA使用）
4	C1	クレオゾート塗布 1回
5	C2	〃 2回
6	U1	ウレタン膨脹塗料（外部用）クリアー塗布 1回
7	U2	〃 2回
8	X1	X社外部用着色・防腐処理剤 （色：チーク）塗布 1回
9	X2	〃 2回
10	S1	S社外部用着色・防腐処理剤 （色：レッドウッド）塗布 1回
11	S2	〃 2回
12	Sb2	〃（色：ブルー）塗布 2回

表2 耐候性試験方法

	試 験 条 件
屋外暴露試験 JIS (Z2381)	当场2階屋上に、南向き、45°傾斜の状態でアルミ製金網に試験片を取り付け、直射日光・風・雨に晒らし、12月の初めから試験実施。4ヶ月間
促進暴露試験	ウエザーメーター（スガ試験機、社製）によりJIS L1044に準じて紫外線照射と降水（120分おきに12分）を与え表面の劣化を促進させた。20時間を1サイクルとし、各サイクルごとに観察、判定した。

1) 無処理材

促進試験においては、わずかに黄変し、自然暴露試験においては灰色に変色した。

表面処理をしていないだけに、木口のひび割れの発生は他のいづれよりも多く、また表面の荒れ（ささくれ）も認められた。

2) 焼き加工処理材

色はかなりうすくなるが、光によるものではなく、風雨によるものと推察される。変色とはいえ、ムラもなく、木理が美しく現われ、試験前よりかえって視覚効果を高めている。しかし、ひび割れの発生は多く、利用面が限定される。

3) 防虫、防腐剤合浸材（CCA使用）

色は緑味を増し変色するが、視覚効果を低めるものではないが、木口面へのひび割れの発生が多い。

4) クレオゾートによる処理材

非常に色がうすくなったばかりでなく、色ムラを生じ視覚効果が低下。色の濃度の低下と防腐効果の低下との関連については判定ができない。視覚効果を要するものには不適といえよう。