

スギ・カラマツ・アカマツ等の強度試験

(県単課題 平成 12 年～ 15 年度)

安田 茂隆

高橋 宏成

目 次

要旨	
はじめに	2
スギ正角の強度試験	2
1 試験方法	2
2 結果および考察	5
カラマツ正角の強度試験	9
1 試験方法	9
2 結果および考察	11
アカマツ平角の強度試験	16
1 試験方法	16
2 結果および考察	17
スギおよびカラマツラミナの強度性能調査	24
1 試験方法	24
2 結果および考察	25
まとめ	30
引用文献	30

要 旨

福島県の主要造林樹種であるスギ、カラマツ、アカマツについて、構造用材としての材質特性を把握するために、実大材曲げ強度試験を中心とした強度性能調査を実施した。

スギ正角の曲げ強さの平均値は、 46.1N/mm^2 、下限値は 30.7N/mm^2 であり、建設省告示に定めるスギ無等級材の曲げ基準強度 22.2N/mm^2 を大きく上回った。また、「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」に規定される目視等級区分（乙種）で 99.8%、機械等級区分では 98.5%の供試材がそれぞれ各等級ごとの曲げ基準強度を充たした。

カラマツ正角の曲げ強さの平均値は 45.1N/mm^2 、下限値は 28.7N/mm^2 であり、無等級材の曲げ基準強度 26.7N/mm^2 を上回った。また、実大横圧縮試験（端部）を行った結果、めり込み強さの平均値は 7.28N/mm^2 、下限値は 5.35N/mm^2 であり、下限値は、部分圧縮の基準材料強度を 6.2N/mm^2 を下回った。

アカマツ平角の曲げ強さの範囲は $9.7 \sim 57.6\text{N/mm}^2$ （変動係数 32.6%）とばらつきが大

受理日 平成 16 年 6 月 22 日

現経営支援領域

きく、平均値は 34.5N/mm^2 、下限値は 15.6N/mm^2 であり、下限値は無等級材の曲げ基準強度 28.2N/mm^2 を下回った。アカマツは、曲げ強さと節径比（最大節径比・集中節径比）との相関が高く、特有の輪生節が曲げ強さに影響することが示唆された。

スギラミナおよびカラマツラミナについて、動的ヤング係数を基に、各ラミナの機械等級による区分を実施した。その結果、等級外ラミナはスギラミナの 1 本だけであり、県産スギ、カラマツ原木から製材したラミナのほとんどは、構造用集成材のラミナとして利用できることが明らかとなった。

はじめに

スギ、カラマツ、アカマツは福島県でも主要な造林樹種であり、民有林の人工林面積 204 千 ha のうち、スギが 131 千 ha で約 64% を占め、これにアカマツ、カラマツを加えると 192 千 ha、約 94 % を占める。これらの人工林の多くは、戦後に造林されたものであるが、資源の成熟化が進み、その多くが利用間伐または主伐期を迎え、供給量の増加が見込まれる。しかし、昨今の経済状況において、需要側である木材・住宅関連産業は伸び悩みの傾向にあり、木材需要の大半を占める住宅資材も、住宅着工戸数の伸び悩みから需要の増加は見込めず、木材の利活用や新たな需要の開拓が重要な課題となっている。

また、業界を取り巻く環境は、建築基準法の改正による性能規定の明確化や、住宅品質確保促進法の施行などを契機に大きく変化し、住宅資材としての木材製品についても、一定の品質と性能を備えた工業製品としての性格が求められる傾向が強くなり、資材の供給側における品質管理の重要性が増している。

このような状況の中、県産材の需要拡大を推進し、市場性を高めるためには、県内に流通する木材製品の材質特性を調査し、その性能を明らかにする必要がある。本県産針葉樹材の材質特性については、スギ、アカマツについて、90mm 正角での実大強度試験は行われている¹⁾が、柱（105mm 正角以上）、梁など主要構造材についての研究は行われていない。

本研究では、県内の主要造林樹種であるスギ、アカマツ、カラマツについて、構造用材としての材質特性を把握するため、実大強度試験を中心とした強度性能試験を行ったので、その内容について報告する。

スギ正角の強度試験

1 試験方法

(1) 供試材料

県内の中通り・浜通り・会津の各地域で産出した 40 ~ 50 年生のスギ原木を供試材料とし、そこから製材された柱材適寸材（115mm 正角、長さ 3m）を、生材で県内各地域の製材工場等より購入した。購入本数は、平成 12 ~ 14 年度の 3 年間に、各年度 300 本の合計 900 本である。ここから、人工乾燥の含水率コントロール材等に利用した材を除き、平成 12 年度に 290 本、13 年度 291 本、14 年度 298 本の合計 879 本を実大曲げ強度試験の供試材とした。これらの材はいずれも心持ちで無背割材である。

(2) 乾燥方法

供試材の乾燥は、当センターの IF 型蒸気式乾燥機を用いて実施した。標準的に利用した乾燥スケジュールは、乾球温度 60 ~ 70、乾湿球温度差 4 ~ 15、合計 248 時間の中温タイムスケジュールである。乾燥スケジュールを表 - 1 に示す。乾燥後は、屋外の資

材置き場で約1ヵ月程度養生した後、モルダで105mm正角に寸法調整した。

表 - 1 スギ正角の人工乾燥スケジュール(標準)

時間 (hr)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)	備考
12	85	85	0	蒸煮
6	60	56	4	
6	62	56	6	
26	64	56	8	
69	66	56	10	
25	68	56	12	
104	70	55	15	
合計 248				

(3) タッピング法による動的ヤング係数の調査

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

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

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

なお、動的ヤング係数の調査は、生材時および寸法調整が終了した気乾時の2回行った。

(4) 供試材の外観特性調査

供試材はモルダによる寸法調整後、「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」²⁾の目視等級区分製材における材面の品質区分に準じ、材面に出現する最大の単独節径比(以下、最大節径比という)や集中節径比、丸身等の調査を行った。なお、節径比については、中央区間(荷重点間)について測定した。また、図-1に示すように、曲げ試験終了後の試験体の非破壊部より、厚さ約2cmの試験片を3枚採取し、2枚で全乾法による含水率の測定を行い、平均値を試験時の含水率とした。また、残りの1枚で平均年輪幅および標準密度の測定を行った。これらの結果をもとに、乙種構造材の基準による目視等級区分を行った。

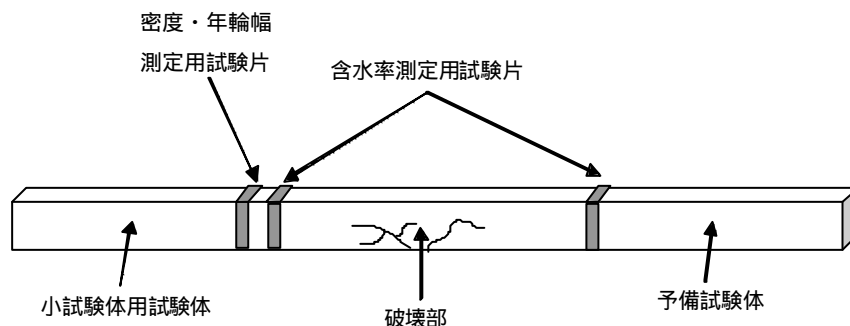


図 - 1 試験片の採取位置

(5) 実大曲げ強度試験

実大曲げ強度試験は、(財)日本住宅・木材技術センターによる「構造用木材の強度試

験法」³⁾に従い、荷重容量 50t の実大強度試験機を用い、支点間距離 1,890mm、荷重点間距離 630mm の3等分点4点荷重法により、材が破壊に至るまで加力した。曲げ強度試験の概略を図 - 2 に示す。

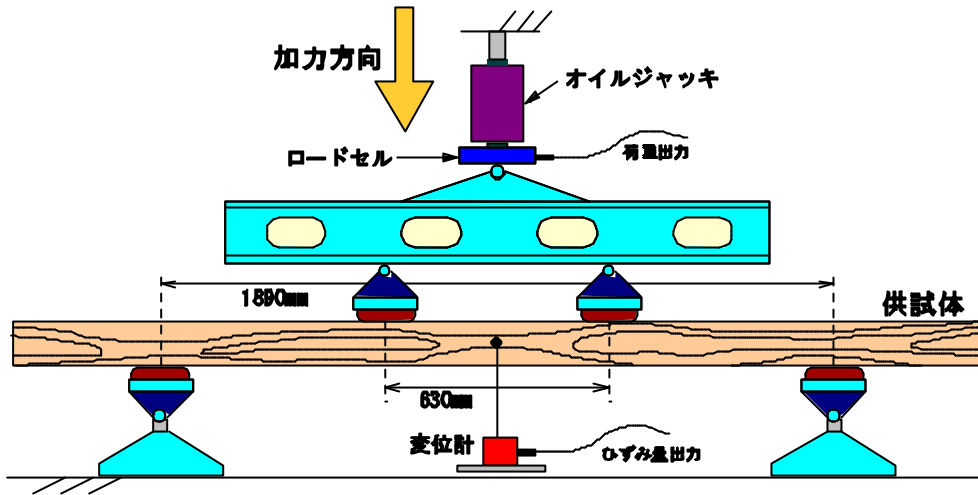


図 - 2 実大曲げ強度試験の概略図

最大荷重から曲げ強さ (MOR) を、材中央部のたわみ量からせん断の影響を含んだ全スパンの曲げヤング係数 (MOE_L)、荷重点間のたわみ量から真の曲げヤング係数 (MOE_I) をそれぞれ下記の式から求めた。

$$MOR = a \times P_{max} / (2Z)$$

a : 支点・荷重点間距離

P_{max} : 最大荷重

Z : 断面係数

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

L : 支点間距離

I : 断面二次モーメント

F₂-F₁ : 荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分。

w₂-w₁ : F₂-F₁ に対応する変形の増分

$$MOE_I = a l^2 (F_2 - F_1) / \{16I(w_2 - w_1)\}$$

l : 変位量測定区間 (ヨークスパン 250mm)

「構造用木材の強度試験法」では、供試体の含水率が 15%以下の場合(ただし、全供試体の含水率が 15 ± 2%の範囲にある場合は補正しなくてもよい)、強度性能の補正を行うこととしている。今回、スギ正角の試験時の含水率は 6.6 ~ 65.6%の範囲であった。そのため、曲げヤング係数および曲げ強さについて、ASTM D 2915 の方法により含水率 15% 時の値に換算した。換算式を下記に示す。

$$P_2 = P_1 \left\{ \frac{1 - M_2}{1 - M_1} \right\}$$

P₁ : 含水率 M₁% 時の強度性能測定値

P₂ : 含水率 M₂% 時の強度性能測定値

M₁、M₂ : 含水率

、 : 含水率補正係数

曲げヤング係数の場合 = 1.44、 = 0.0200
 曲げ強さの場合 = 1.75、 = 0.0333

(6) 無欠点小試験体による曲げ・縦圧縮試験

実大曲げ強度試験を行った供試材 (n=879) から無作為に 159 個体を選び、非破壊部から無欠点小試験体を作成し、JISZ2101 に準拠した曲げ試験および縦圧縮試験を行った。

試験体の寸法は、曲げ試験が 20mm (半径方向) × 20mm (接線方向) × 320mm (繊維方向)、縦圧縮試験が 20mm (半径方向) × 20mm (接線方向) × 40mm (繊維方向) とした。

2 結果および考察

(1) 供試材の外観特性

平均年輪幅、最大節径比、集中節径比等の外観特性調査の結果を表 - 2 に示す。各因子を平均値で見ると、平均年輪幅が 5.0mm、最大節径比および集中節径比は、それぞれ 20.3%、31.8% であり、曲げ試験時の含水率は 19.0%、容積密度は 431kg/m³ であった。「製材品の強度性能に関するデータベース」のデータ集 6⁴⁾ (以下、データ集 6 という) では、スギ全試験体数 (n=7,434) の平均年輪幅の平均値は 5.3mm で、今回の試験で得られた値はこれとほぼ同程度であった。最大節径比および集中節径比は、岩手県のスギ正角材の強度試験⁵⁾ の結果では、中央 1/3 区間の最大節径比、集中節径比の平均値は、それぞれ 21.7%、33.5% であり、本県の値は幾分小さいものの大差はなかった。

表 - 2 供試材の外観特性

	平均年輪幅 ARW mm	最大節径比 KD %	集中節径比 SKD %	曲げ試験時		標準試験体		
				含水率 M.C. %	容積密度 R test kg/m ³	含水率 M.C. %	標準密度 R e kg/m ³	12%補正密度 R 12 kg/m ³
				平均値	5.0	20.3	31.8	19.0
標準偏差	1.0	7.5	14.7	5.0	38.0	1.0	35.1	34.8
変動係数(%)	21.0	36.9	46.2	26.2	8.8	7.1	8.8	8.9
最小値	1.6	0.0	0.0	6.6	338	10.2	317	308
最大値	9.4	57.1	90.0	65.6	594	16.9	547	538

注) 供試材数 n=879

(2) 実大曲げ強度試験

実大曲げ強度試験の結果を表 - 3 に示す。また、曲げ強さおよび全スパンの曲げヤング係数の出現頻度の分布、累加頻度を図 - 3、4 に示す。

表 - 3 実大曲げ強度試験の結果

	最大荷重 Pmax kN	曲げ強さ MOR N/mm ²	曲げヤング係数		動的ヤング係数	
			全スパン MOE _L kN/mm ²	荷重点間 MOE _I kN/mm ²	生材時 Efr-g kN/mm ²	気乾時 Efr-d kN/mm ²
			平均値	28.0	46.1	8.25
標準偏差	5.5	9.2	1.66	1.8	1.3	1.4
変動係数(%)	19.5	19.9	20.1	21.0	17.9	17.8
最小値	11.1	18.1	4.05	3.83	3.17	3.48
最大値	47.8	76.1	14.43	15.32	9.91	10.35
下限値		30.7	5.74	5.80		

注) 供試材数 n=879 下限値 : 信頼水準 75% の 6% 下側許容限界値

曲げ強さの範囲は 18.1 ~ 76.1N/mm²、平均値は 46.1N/mm² であり、信頼水準 75% の 5%

下側許容限界値（以下、下限値という）は 30.7N/mm^2 であった。この値は、建設省告示に定めるスギを含む針葉樹類の無等級材の曲げ基準強度 22.2N/mm^2 を大きく上回った。全スパンの曲げヤング係数の範囲は $4.05 \sim 14.43\text{kN/mm}^2$ 、平均値は 8.25kN/mm^2 であった。生材時と気乾時の動的ヤング係数の平均値は、それぞれ 7.05 、 7.62kN/mm^2 で、気乾時の値は、生材時と比較して 8% 高い値となり、乾燥による動的ヤング係数の増加が認められた。曲げ強さ、曲げヤング係数の分布は、どちらの分布も概ね正規分布を呈していた。

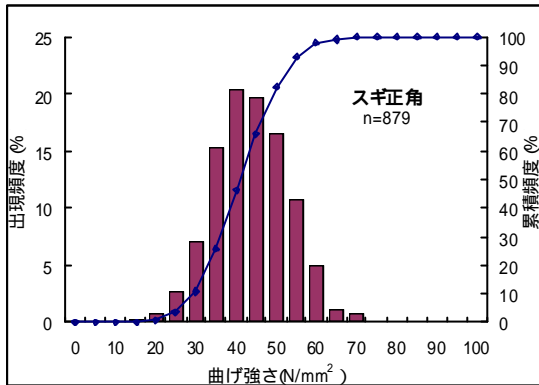


図 - 3 曲げ強さの分布

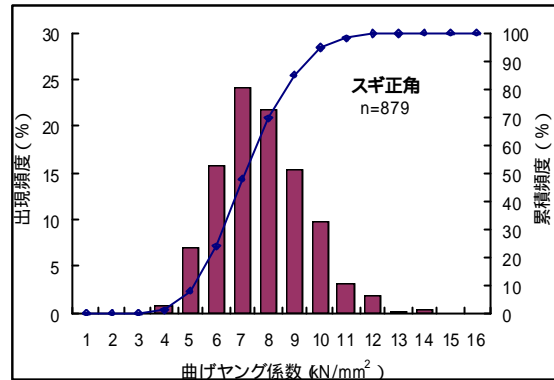


図 - 4 曲げヤング係数の分布

(3) 目視等級区分の曲げ強さ

外観特性調査で測定した節や丸身等から、目視等級区分製材の乙種構造材の基準による等級区分を行った。各等級に区分された供試材の曲げ強さを表 - 4 に示す。出現頻度は、1 級、2 級、3 級でそれぞれ 68.3、26.3、5.5% であり、1 級の出現頻度が高かった。各等級の曲げ強さの平均値は、1 級と 2 級がそれぞれ 48.2 、 42.0N/mm^2 で、3 級は 39.1N/mm^2 となり、等級が上がると曲げ強さの平均値も高くなる傾向がみられた。また、各等級ごとに定められる乙種基準強度未滿の供試材は、2 級での 2 本のみであり、99.7% の供試材は等級ごとの基準強度を充たした。なお、等級外は 3 本であった。

表 - 4 目視等級区分ごとの曲げ強さ

等級	基準強度 (N/mm^2)		出現本数 (本)	出現頻度 (%)	曲げ強さ (N/mm^2)		基準値未滿 本数 (本)
	甲種	乙種			平均値	最小値	
1級	27.0	21.6	598	68.3	48.2	24.8	0
2級	25.8	20.4	230	26.3	42.0	18.9	2
3級	22.2	18.0	48	5.5	39.1	18.7	0
計			876				2

注) 等級外 3 本

(4) 機械等級区分の曲げ強さ

縦振動法により算出した気乾時の動的ヤング係数を用い、機械等級区分を行った結果を表 - 5 に示す。出現した等級の範囲は E50 ~ E130 で、出現頻度は E70 が 47.2% と最も多く、次いで E90 が 35.9% であり、全体として E70 以上の等級に区分されたものが約 90% となった。各等級ごとに定められる基準強度未滿の供試材は E50 で 4 本、E70 で 7 本など、合計 13 本出現したが、残りの 98.5% の供試材は各等級ごとの基準強度をクリアした。なお、等級外本数は 1 本であった。

表 - 5 機械等級区分ごとの曲げ強さ

等級	基準強度 (N/mm ²)	出現本数 (本)	出現頻度 (%)	曲げ強さ(N/mm ²)		基準値未満 本数(本)
				平均値	最小値	
E50	24.0	93	10.6	34.9	18.1	4
E70	29.4	414	47.2	42.9	22.1	7
E90	34.8	315	35.9	51.4	33.2	1
E110	40.8	54	6.2	57.7	36.7	1
E130	46.2	2	0.2	69.9	63.7	0
E150	51.6	0	0.0	-	-	-
計		878				13

注)等級外 1本

(5) 強度性能因子の関係

曲げ試験で得られた曲げ強さ (MOR) と曲げヤング係数 (MOEL) および気乾時の動的ヤング係数 (Efr-d) の関係を図 - 5 ~ 7 に示す。曲げ強さと曲げヤング係数の相関係数は 0.83、曲げ強さと動的ヤング係数の相関係数は 0.71 といずれも高い相関を示した。また、曲げ試験で得られた曲げヤング係数と気乾時の動的ヤング係数の関係についても、相関係数は 0.86 と高い相関が認められることから、非破壊的に材の強度を推定する方法として、縦振動法などの方法により動的ヤング係数を測定することは、品質管理上有効な方法であると考えられた。

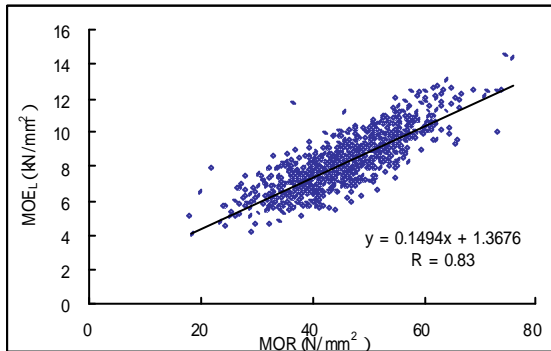


図 - 5 MOR と MOEL の関係

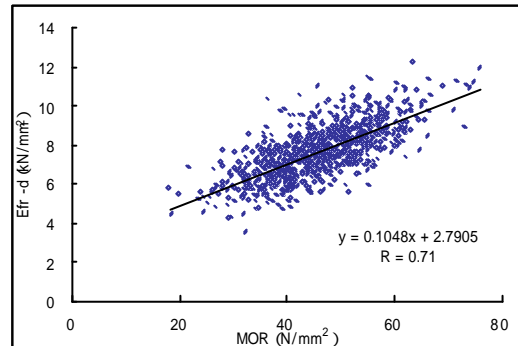


図 - 6 MOR と Efr-d の関係

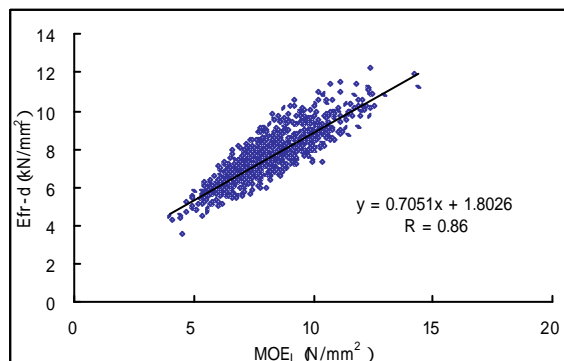


図 - 7 MOEL と Efr-d の関係

(6) 強度性能と材質因子の関係

曲げ強さおよび曲げヤング係数と、外観特性で調査した材質因子との単相関係数を表 - 6 に示す。曲げ強さ、曲げヤング係数とも、平均年輪幅と試験時密度との間には有意差(1%)のある相関がみられた。節径比については、曲げ強さと最大節径比にのみ有意差(5%)のある相関がみられた。

表 - 6 強度性能と材質因子の関係

	ARW	Rtest	KD	SKD
MOR	-0.298**	0.325**	-0.219*	-0.157
MOE _L	-0.295**	0.350**	-0.168	-0.096

注)有意水準 ** :1%, * 5%

MOR :曲げ強さ

MOE_L :全スパンの曲げヤング係数

ARW :平均年輪幅

KD

最大節径比

Rtest :試験時の密度

SKD

集中節径比

(7) 曲げ試験の結果(補正データ)

曲げ強度試験で得られた、曲げ強さと全スパンの曲げヤング係数(MOE_L)について、前述の「構造用木材の強度試験法」に準じ、含水率 15%、標準寸法(150mm)及び標準荷重条件時の値に補正した。結果を表 - 7 に示す。 表 - 7 補正後の試験結果

曲げ強さの平均値は 42.9N/mm²、下限値は 28.6N/mm² である。全スパンの曲げヤング係数の平均値は 8.23kN/mm²、下限値は 5.75kN/mm² であった。データ集 6⁴⁾では、全試験体数での曲げ強度(スギ)の数値は、曲げ強さの平均値(n=7,762)が 40.8N/mm²、全スパンの曲げヤング係数に対応するみかけの曲げヤング係数の平均値(n=7,699)が 7.14kN/mm² であり、今回の試験結果から、県産のスギ正角

	曲げ強さ	曲げヤング係数 全スパン
	MOR	MOE _L
	N/mm ²	kN/mm ²
平均値	42.9	8.23
標準偏差	8.5	1.6
変動係数(%)	19.9	19.9
最小値	16.8	4.05
最大値	70.9	14.28
下限値	28.6	5.75

注)供試本数 n=879

は、データベースと比較して十分な強度性能を有していることがわかった。

(8) 無欠点小試験体による曲げ・縦圧縮試験結果

表 - 8 に無欠点小試験体による縦圧縮試験および曲げ試験の結果を示す。

曲げ強度性能の平均値は、曲げヤング係数が 7.49kN/mm²、曲げ強さは、65.6N/mm² であった。また、縦圧縮強さの平均値は 44.3N/mm² であった。これらはいずれも既往のデータ⁶⁾と比較してほぼ同等の値であった。なお、曲げ強さの強度比(=実大材の曲げ強さ/無欠点小試験体の曲げ強さ)の平均値は 0.71 であった。

図 - 8 - 1 ~ 2 には、無欠点小試験体と実大材における曲げヤング係数、曲げ強さとの関係について示す。曲げヤング係数における相関に比較して、曲げ強度における相関は低い。これは、実大材における曲げ強さにおいては、強度性能に与える節などの影響が曲げヤング係数に比べて大きいためと考えられる。

表 - 8 無欠点小試験体による曲げ・縦圧縮試験結果

	無欠点曲げ試験体(n=159)					無欠点圧縮試験体(n=132)		
	含水率	比重	曲げヤング係数	曲げ強さ	強度比	含水率	比重	縦圧縮強さ
	M.C. %		MOE kN/mm ²	MOR N/mm ²		M.C. %		CS N/mm ²
平均値	14.3	0.39	7.49	65.6	0.71	14.1	0.39	33.4
標準偏差	1.7	0.04	1.69	11.0	0.13	1.5	0.04	6.8
変動係数(%)	11.8	9.4	22.50	16.8	18.1	10.3	10.0	20.2
最小値	10.1	0.30	3.08	42.9	0.28	9.8	0.28	17.0
最大値	17.6	0.50	11.85	105.1	1.07	16.3	0.53	51.8

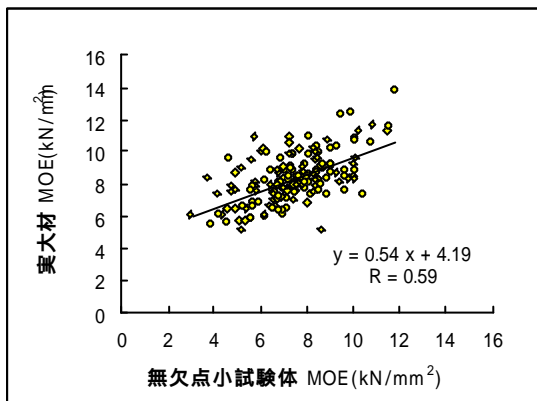


図 - 8 - 1 無欠点小試験体と実大材における曲げヤング係数の関係

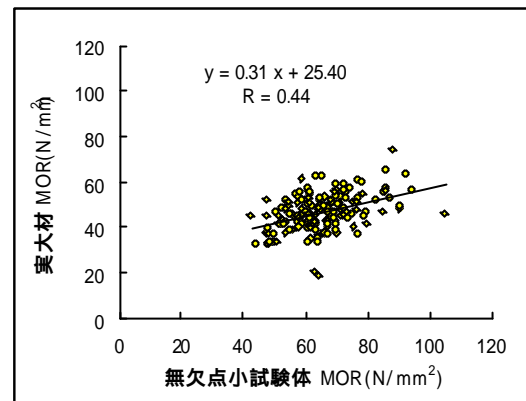


図 - 8 - 2 無欠点小試験体と実大材における曲げ強さの関係

カラマツ正角の強度試験

1 試験方法

(1) 供試材料

供試材料は、会津地域で産出した 45 ~ 50 年生のカラマツ原木 (径級 25 ~ 40 cm) である。ここから製材された正角 (130mm 角、長さ 4m) を生材で県内の製材工場より購入し供試材とした。供試本数は各地域より 50 本ずつ、合計 100 本 (H13 年度 50 本、H15 年度 50 本) である。なお、いずれも心持ちで無背割材である。

(2) 乾燥方法

供試材の乾燥は IF 型蒸気式乾燥機を用い、平成 13 年度に購入した 50 本については、85 の蒸煮を 8 時間行った後、1 年半程度資材置き場で天然乾燥 (養生) した。平成 15 年度に購入した残りの 50 本は、乾球温度 85、乾湿球温度差 5 ~ 8、合計 74 時間の中温スケジュールで人工乾燥した。なお、乾燥による材の狂いを抑制するため、棧積み上部に約 2.0t の重量を積載し、剛性の高いアルミニウム製の棧木を使用した。乾燥後は資材置き場で 3 ヶ月程度養生した。乾燥スケジュールを表 - 9 に示す。なお、いずれの乾燥方法においても、カラマツ特有のらせん木理に起因するねじれが顕著であり、モルダールによる寸法調整が困難なため、いわゆる未仕上げ材で実大曲げ強度試験に供した。

表 - 9 カラマツ正角の人工乾燥スケジュール (H15 購入材)

時間 (hr)	乾球温度 ()	湿球温度 ()	乾湿球温度差 ()	備考
8	85	85	0	蒸煮
11	85	80	5	
55	85	77	8	
合計74				

(3) タッピング法による動的ヤング係数の調査

- 1 - (3) と同様の方法で、タッピング法による動的ヤング係数の調査を行った。

(4) 供試材の外観特性調査

- 1 - (4) と同様に、外観特性についての調査を行った。ただし、調査は実大強度試験前の気乾時に行い、目視等級区分は、甲種構造用 種の基準により行った。

(5) 実大曲げ強度試験

- 1 - (5) と同様の方法により、実大曲げ強度試験を行った。ただし、支点間距離 2,250mm、荷重点間距離 750mm とした。また、曲げヤング係数は、真の曲げヤング係数 (MOE_i) についても測定したが、仕上げ加工をしておらず、材のねじれがスギと比較して大きく、測定の精度を欠くため省略した。なお、試験結果については、試験時の含水率が 13.1 ~ 15.8% の範囲であったため、含水率による強度性能の補正は行わなかった。

(6) 実大横圧縮試験 (端部圧縮)

供試材

実大曲げ強度試験に供した材の非破壊部 (図 - 1 の予備試験体部) から採取した、長さ 630mm の試験体を、モルダー加工により 105mm 正角に寸法調整を行い、横圧縮試験に供した。なお、供試本数は、曲げ試験の供試材から採取した各 1 本の合計 100 本である。

試験方法

試験は、荷重容量 10t の木材万能試験機を用い、「構造用木材の強度試験法」に準じて、材端部の横圧縮試験を行った。試験の概略図を図 - 9 に示す。荷重と変形の関係から、めり込み強さおよびめり込み降伏強さを以下の式により算出した。

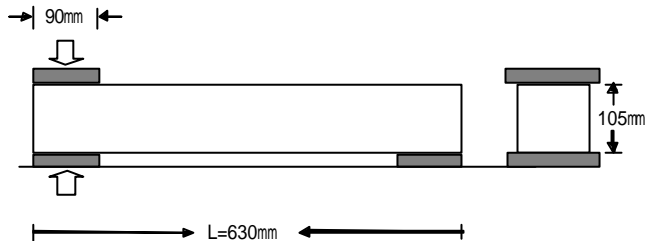


図 - 9 横圧縮試験の概略図

$$f_{c,90} = F_{ult} / (bl)$$

$$f_{c,90,y} = F_y / (bl)$$

F_{ult} : 試験体が破壊した時の荷重、あるいは試験体に 20mm の変形が生じたときの荷重のうち小さい方の荷重

F_y : 荷重変形曲線と、これの直線部分を延長し、さらに変形の増加方向に 2mm ずらした直線との交点における荷重

b : 試験体の幅

l : 加圧板の長さ (=90mm)

また、めり込み剛性は次式により算出した。

$$K_{c,90} = (F / w) / (bl)$$

F/ w : 荷重変形曲線の直線部分の荷重と変形の比

「構造用木材の強度試験法」では、「加圧部分、および加圧板の端部から長さ方向に梁せいの長さの 1/2 以内の部分にめり込み強度を増加させる節等の欠点は含まないこと」とされている。しかし、今回の供試材は、実大曲げ強度試験の非破壊部で、特に曲げ試験時に木口面であった部分を含む材が多く、木口割れがみられた。そのため、試験にあたっては、強度を増加させる節を極力含まないように材を設置したため、割れについてはその位置を考慮出来なかった。

(7) 無欠点小試験体の曲げ・縦圧縮試験

実大曲げ強度試験を行った供試材 (n=100) から無作為に 36 個体を選び、 - 1 - (6) と同様に無欠点小試験体による曲げ試験および縦圧縮試験を行った。

2 結果および考察

(1) 供試材の外観特性

外観特性調査の結果を表 - 1 0 に示す。平均値は、平均年輪幅が 5.1mm、最大節径比は、材縁部と中央部がそれぞれ 12.6、12.9%、集中節径比は、材縁部と中央部がそれぞれ 18.0、15.8%であった。試験時の含水率は 14.4%、容積密度は 511kg/m³ であった。データ集 6 では、全試験体 (n=843) の平均年輪幅の平均値は 4.2mm であり、本県の値はこれより 0.9mm 大きかった。

表 - 1 0 供試材の外観特性

	平均年輪幅 ARW mm	最大節径比		集中節径比		曲げ試験時		標準試験体		
		材縁 eKD %	中央 cKD %	材縁 eSKD %	中央 cSKD %	含水率 M.C. %	密度 R test kg/m ³	含水率 M.C. %	標準密度 R e kg/m ³	12%補正密度 R 12 kg/m ³
平均値	5.1	12.6	12.9	18.0	15.8	14.4	511	12.9	495	491
標準偏差	0.8	7.6	7.6	13.5	13.8	0.6	39.5	0.6	48.7	49.3
変動係数(%)	16.1	60.4	59.2	75.1	87.6	4.0	7.7	5.0	9.8	10.0
最小値	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	437	11.8	408	406
最大値	7.8	38.4	38.9	54.8	61.8	15.8	607	14.0	629	628

注) 供試材数 n=100

(2) 実大曲げ強度試験

実大曲げ強度試験の結果と生材時および気乾時の動的ヤング係数の測定結果を表 - 1 1 に示す。また、曲げ強さおよび全スパンの曲げヤング係数の出現頻度の分布、累加頻度を図 - 1 0、1 1 に示す。曲げ強さの範囲は 21.9 ~ 72.5N/mm²、平均値は 45.1N/mm²、下限値は 28.7N/mm² であり、建設省告示に定めるカラマツを含む針葉樹 類の無等級材の曲げ基準強度 26.7N/mm² を上回った。全スパンの曲げヤング係数の範囲は 6.42 ~ 14.73kN/mm²、平均値は 10.15kN/mm² であった。また、生材時と気乾時の動的ヤング係数の平均値は、それぞれ 9.58、10.91kN/mm² で、気乾時の値は生材時と比較して約 14% 高い値となった。

表 - 1 1 実大曲げ強度試験結果

	最大荷重 P_{max} kN	曲げ強さ MOR N/mm ²	曲げヤング係数		動的ヤング係数	
			全スパン MOE _L kN/mm ²	生材時 Efr-g kN/mm ²	気乾時 Efr-d kN/mm ²	
平均値	42.6	45.1	10.15	9.58	10.91	
標準偏差	10.3	10.9	1.6	1.2	1.4	
変動係数(%)	24.2	24.1	15.4	12.7	12.5	
最小値	20.7	21.9	6.42	6.76	8.00	
最大値	68.5	72.5	14.73	12.99	14.64	
下限値		28.7	7.40			

注) 供試材数 n=100、気乾後の動的ヤング係数は99本での値

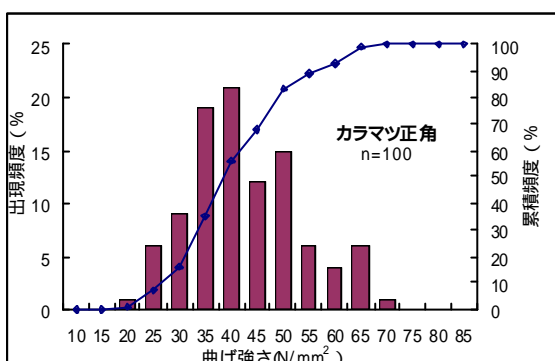


図 - 1 0 曲げ強さの分布

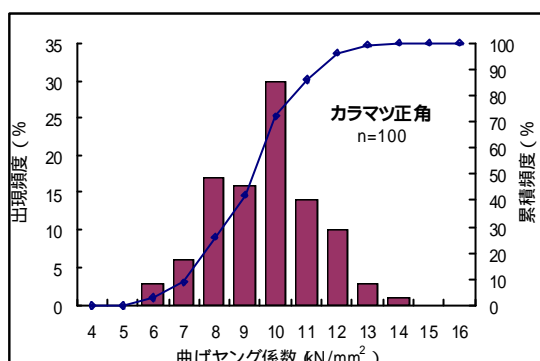


図 - 1 1 曲げヤング係数の分布

(3) 目視等級区分ごとの曲げ強さ

外観特性調査で測定した節や丸身等から、目視等級区分製材の甲種構造材の基準による等級区分を行った。各等級に区分される供試材の曲げ強さを表 - 1 2 に示す。出現頻度は1級 37.5%、2級 55.2%、3級 7.3%で、2級の出現が最も多かった。各等級の曲げ強さの平均値は、1級と2級がそれぞれ 48.7、44.2N/mm² で、3級は 36.7N/mm² であった。また、曲げ強さが各等級ごとに定める甲種基準強度未満の供試材本数は、1級で2本、2級で1本の合計3本であった。なお、等級外が3本、目視等級未測定の本が1本あった。

表 - 1 2 目視等級ごとの曲げ強さ

等級	基準強度(N/mm ²)		出現本数 (本)	出現頻度 (%)	曲げ強さ(N/mm ²)		基準値未満 本数(本)
	甲種	乙種			平均値	最小値	
1級	29.4	23.4	36	37.5	48.7	28.2	2
2級	25.8	20.4	53	55.2	44.2	21.9	1
3級	23.4	17.4	7	7.3	36.7	25.8	0
計			96				3

注) 等級外3本、未測定1本

(4) 機械等級区分ごとの曲げ強さ

タッピング法により算出した気乾時の動的ヤング係数を用い、機械等級区分を行った結果を表 - 1 3 に示す。E50、E70 の等級の出現は無く、出現頻度は、E90 が 20.2%、E110 が 56.6%、E130 が 20.2%、および E150 が 3.0% であった。各等級の曲げ強さの平均値は E90 が 34.9N/mm²、E110 が 44.5N/mm²、E130 が 54.5N/mm²、および E150 が 65.3N/mm² であり、等級が上がるとう平均値も高くなっており、機械等級区分の有効性が認められた。しかし、曲げ強さにおいて、各等級ごとに定められた基準強度未満の供試材が99本中22本出現し

た。これは、試験で得られた曲げヤング係数と比較して気乾時の動的ヤング係数が、平均値で 7%程度高い値であったため、気乾時の動的ヤング係数で区分した今回の機械等級区分では、1 等級程度上の等級に区分されたことで、曲げ強さがその等級の基準強度を満たせなかったものと考えられる。

そこで、曲げ強度試験で得られた曲げヤング係数を用いて機械等級区分を行った。表 - 1 4 に結果を示す。出現頻度は、動的ヤング係数で等級区分した場合と比較して、全体的に低い等級側へ移動したため、基準強度未満の本数は合計で 8 本と、動的ヤング係数による等級区分の場合と比較して少なくなった。

表 - 1 3 機械等級ごとの曲げ強さ（動的ヤング係数）

等級	基準強度 (N/mm ²)	出現本数 (本)	出現頻度 (%)	曲げ強さ(N/mm ²)		基準値未満 本数(本)
				平均値	最小値	
E50	13.8	0	0.0	-	-	-
E70	22.2	0	0.0	-	-	-
E90	30.6	20	20.2	34.9	21.9	6
E110	38.4	56	56.6	44.5	28.8	13
E130	46.8	20	20.2	54.5	40.3	3
E150	55.2	3	3.0	65.3	59.3	0
計		99				22

注)未測定 1本

表 - 1 4 機械等級ごとの曲げ強さ（曲げヤング係数）

等級	基準強度 (N/mm ²)	出現本数 (本)	出現頻度 (%)	曲げ強さ(N/mm ²)		基準値未満 本数(本)
				平均値	最小値	
E50	13.8	0	0.0	-	-	-
E70	22.2	7	7.0	28.8	21.9	1
E90	30.6	31	31.0	39.2	28.3	2
E110	38.4	48	48.0	46.7	34.1	5
E130	46.8	13	13.0	61.2	49.8	0
E150	55.2	1	1.0	59.3	59.3	0
計		100				8

(5) 強度性能因子の関係

曲げ強さ (MOR) と曲げヤング係数 (MOE_L) 及び動的ヤング係数 (E_{fr-d}) の関係を図 - 1 2 ~ 1 4 に示す。曲げ強さと曲げヤング係数の相関係数は 0.77、曲げ強さと動的ヤング係数の相関係数は 0.71 といずれも高い相関を示した。また、曲げ試験で得られた曲げヤング係数と気乾時の動的ヤング係数の関係についても、相関係数は 0.82 と高い相関が認められた。

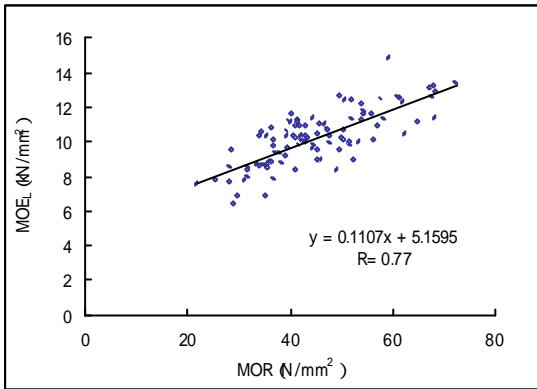


図 - 1 2 MOR と MOE_L の関係

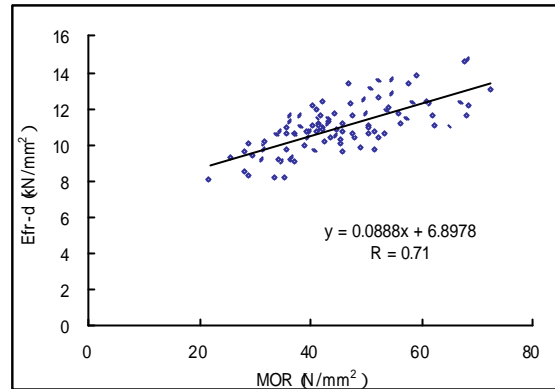


図 - 1 3 MOR と Efr-d の関係

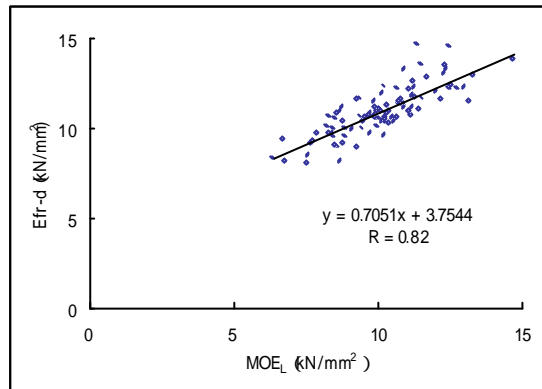


図 - 1 4 MOE_L と Efr-d の関係

(6) 強度性能と材質因子の関係

曲げ強さおよび曲げヤング係数と、外観特性で調査した材質因子との単相関係数を表 - 1 5 に示す。曲げ強さ、曲げヤング係数ともスギ正角と同様に平均年輪幅、試験時密度との間に有意差 (1%) のある相関がみられたが、節径比の間では、材縁部の集中節径比にのみ有意差 (5%) のある相関がみられただけで、相関係数の範囲は -0.235 ~ -0.057 であり、強度性能と節径比の間の相関は高くなかった。

表 - 1 5 強度性能と材質因子との関係

	ARW	Rtest	eKD	cKD	eSKD	cSKD
MOR	-0.488**	0.439**	-0.147	-0.162	-0.213*	-0.100
MOE _L	-0.592**	0.510**	-0.174	-0.170	-0.235*	-0.057

注) 有意水準 ** : 1%, * : 5%

MOR	曲げ強さ	eKD	材縁部の最大節径比
MOE _L	全スパンの曲げヤング係数	cKD	中央部の最大節径比
ARW	平均年輪幅	eSKD	材縁部の集中節径比
Rtest	試験時の密度	cSKD	中央部の集中節径比

(7) 曲げ試験(補正データ)

実大曲げ強度試験で得られた、曲げ強さと全スパンにおける曲げヤング係数について、「構造用木材の強度試験法」に準じ、含水率 15%、標準寸法(150mm)及び標準荷重条件時の値に試験結果を補正した。補正後の結果を表 - 16 に示す。

曲げ強さの平均値は、43.4N/mm²、下限値は 27.4N/mm² である。全スパンの曲げヤング係数の平均値は 10.05kN/mm²、下限値は 7.30kN/mm² であった。データ集 6 では、全試験体数での曲げ強度(カラマツ)の数値は、曲げ強さの平均値(n=1,010)が 43.3N/mm²、全スパンの曲げヤング係数に対応するみかけの曲げヤング係数の平均値(n=1,008)が 9.44kN/mm² となっており、今回の試験結果で本県産カラマツ正角は、データベースとほぼ同等の強度性能を有していると考えられた。

表 - 16 補正後の試験結果

	曲げ強さ MOR N/mm ²	曲げヤング係数 全スパン MOE _L kN/mm ²
平均値	43.4	10.05
標準偏差	10.6	1.6
変動係数(%)	24.4	15.6
最小値	21.0	6.33
最大値	69.9	14.70
下限値	27.4	7.30

注 1) 試験本数 n=100

(8) 無欠点小試験体による曲げ・縦圧縮試験

表 - 17 に JISZ2101 による曲げ試験および縦圧縮試験の結果を示す。

曲げ強度性能の平均値は、曲げヤング係数が 10.36kN/mm²、曲げ強さは、84.4N/mm² であり、縦圧縮強さの平均値は 44.3N/mm² であった。スギにおける結果と同様、既往のデータ⁶⁾との比較においてほぼ同等の値となった。また、曲げ強さの強度比の平均値はスギよりも低く、0.57 であった。

表 - 17 無欠点小試験体による曲げ・縦圧縮試験結果

	無欠点曲げ試験体(n=36)					無欠点圧縮試験体(n=36)		
	含水率 M.C. %	比重 S.V.	曲げヤング係数 MOE kN/mm ²	曲げ強さ MOR N/mm ²	強度比	含水率 M.C. %	比重 S.V.	縦圧縮強さ CS N/mm ²
平均値	13.2	0.51	10.36	84.4	0.57	12.8	0.50	44.3
標準偏差	0.7	0.06	2.08	18.5	0.21	1.1	0.06	6.9
変動係数(%)	5.3	12.1	20.1	21.9	36.2	8.2	12.2	15.5
最小値	12.1	0.40	5.56	47.1	0.28	10.3	0.40	27.2
最大値	14.9	0.62	15.24	130.3	1.12	14.5	0.62	55.7

図 - 15 には、無欠点小試験体と実大材における曲げヤング係数、曲げ強さとの関係について示す。スギ材と同様に曲げヤング係数における相関が高いのに対して、曲げ強度における相関はスギとの比較においても低い。これは、節の影響の他に、カラマツの場合、材面割れの影響も大きいものと考えられる。

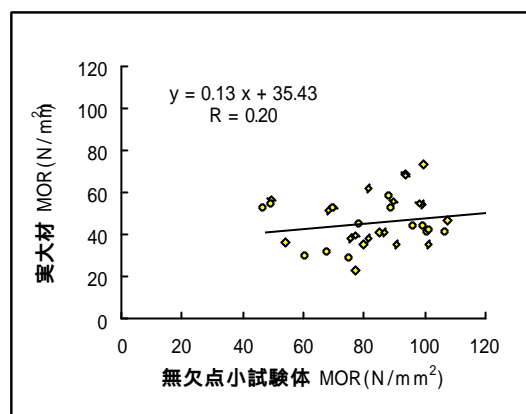
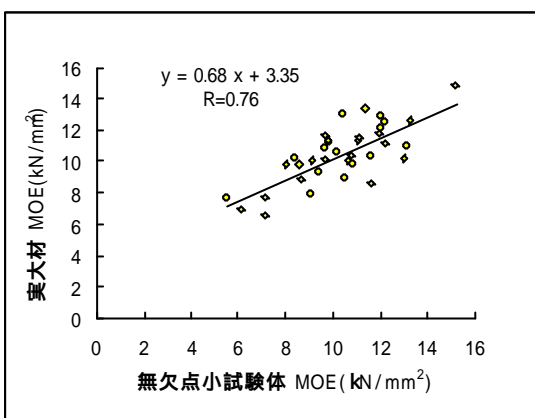


図 - 15 - 1 無欠点小試験体と実大材における曲げヤング係数の関係

図 - 15 - 2 無欠点小試験体と実大材における曲げ強さの関係

(9) 実大横圧縮試験 (端部)

表 - 18 に供試体の材端部における実大横圧縮試験の結果を示す。平均値は、めりこみ強さが 7.28N/mm²、めりこみ降伏強さが 5.40N/mm²、めりこみ剛性は 2.94N/mm³ であった。「日本建築学会木質構造設計規準・同解説」⁷⁾ では、普通構造材の繊維に直角方向の特性値として、カラマツを含めた針葉樹類の材端における部分圧縮の基準材料強度を 6.2N/mm² と定めている。今回の試験では、めり込み強さの下限值は 5.4N/mm² と基準強度を下回る結果となった。

表 - 18 横圧縮試験の結果

	めり込み強さ (N/mm ²)	めり込み降伏強さ (N/mm ²)	めり込み剛性 (N/mm ³)
平均値	7.28	5.40	2.94
標準偏差	1.3	0.9	0.5
変動係数(%)	17.6	17.2	17.0
最大値	10.64	8.28	4.27
最小値	5.23	3.89	1.83
下限値	5.35		

注) 供試材数 n=100

アカマツ平角の強度試験

1 試験方法

(1) 供試材料

供試材料は、中通り・浜通りの 2 地域で産出した、50 年生または 60 年生のアカマツ原木 (径級 32 ~ 40 cm) である。ここから製材された平角 (寸法 135 × 255mm、長さ 4m) を生材で製材工場より購入し、供試材とした。供試本数は、各地域より 48 本ずつ、合計 96 本である。なお、いずれの材も心持ちで無背割材である。

(2) 乾燥方法

供試材は生材時に重量を測定し、供試材の平均重量がほぼ等しくなるようロット分けを行い、120 または 105 の高温低湿処理を含む高温乾燥スケジュールにより、それぞれ 136 時間の人工乾燥を行った後、資材置き場等で 1 ヶ月程度養生した。なお、アカマツ平

角についてもカラマツ同様に乾燥に伴うねじれの発生が見られ、モルダーによる寸法調整が困難なため、未仕上げ材で実大曲げ試験に供した。人工乾燥のスケジュールを表 - 19 に示す。

表 - 19 アカマツ平角の人工乾燥スケジュール

人工乾燥 条件	時間 (hr)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	備考
条件1 n=48	16	95	95	0	蒸煮
	24	120	90	30	高温低湿条件
	96	90	60	0	
条件2 n=48	16	95	95	0	蒸煮
	24	105	70	35	高温低湿条件
	96	90	60	0	

(3) タッピング法による動的ヤング係数の調査

- 1 - (3) と同様の方法で、タッピング法による動的ヤング係数の調査を行った。

(4) 供試材の外観特性調査

- 1 - (4) と同様の方法で、外観特性についての調査を行った。ただし、調査は実大強度試験前の気乾時に行い、目視等級区分はカラマツ正角と同様に甲種構造用 種の基準により行った。

(5) 実大曲げ強度試験

- 1 - (5) と同様の方法により、実大曲げ強度試験を行った。ただし、支点間距離 3,700mm、荷重点間距離 1,300mm とした。真の曲げヤング係数については、カラマツ正角の試験と同様の理由により省略した。また、試験時の含水率は 12.7 ~ 23.5% の範囲であったため、試験結果はスギ正角と同様に含水率 15% 時の値に換算した。

(6) 無欠点小試験体の曲げ・縦圧縮試験

実大曲げ強度試験を行った供試材 (n=96) から、小試験体の作成が可能であった 88 個を選び、- 1 - (6) と同様に無欠点小試験体による曲げ試験および縦圧縮試験を行った。

2 結果および考察

(1) 供試材の外観特性

外観特性調査の結果を表 - 20 に示す。平均値は、平均年輪幅が 5.3mm、最大節径比は、梁せい方向にあたる広い材面の材縁部と中央部がそれぞれ 3.0%、7.4%、幅方向にあたる狭い材面は 19.7% で、広い材面と狭い材面に差がみられた。集中節径比の平均値は、広い材面の材縁部と中央部がそれぞれ 18.2%、18.6%、狭い材面は 10.4% であり、集中節については広い材面の方が高い値となった。試験時の含水率は平均値で 17.1%、容積密度は 508kg/m³ であった。

表 - 2 0 外観特性調査の結果

平均 年輪幅	最大節径比				集中節径比			曲げ試験時		標準試験体		
	狭い材面	広い材面		狭い材面	広い材面		含水率	容積密度	含水率	標準密度	12%補正密度	
		材縁部	中央部		材縁部	中央部						
ARW mm	nKD %	wKD-E %	wKD-C %	nSKD %	wSKD-E %	wSKD-C %	M.C. %	R test kg/m ³	M.C. %	R e kg/m ³	R 12 kg/m ³	
平均値	5.3	19.7	3.0	7.4	10.4	18.2	18.6	17.1	508	9.5	418	427
標準偏差	1.0	17.6	6.5	6.5	19.1	17.7	11.7	1.9	27.6	0.4	27.9	28.6
変動係数(%)	19.6	89.0	219.2	87.7	184.5	97.3	63.0	11.2	5.4	4.5	6.7	6.7
最小値	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	445	8.4	356	363
最大値	8.9	84.6	27.3	24.0	64.7	63.7	45.5	23.5	566	10.7	487	499

注) 供試材数 n=96

(2) 実大曲げ強度試験

実大曲げ強度試験の結果を表 - 2 1 に示す。曲げ強さおよび全スパンの曲げヤング係数の出現頻度の分布、累加頻度を図 - 1 6、1 7 に示す。曲げ強さの範囲は 9.7 ~ 57.6N/mm²、平均値は 34.5N/mm²、下限値は 15.6N/mm² であり、アカマツを含む針葉樹 類の無等級材の曲げ基準強度 28.2N/mm² を下回った。全スパンの曲げヤング係数の範囲は 3.60 ~ 11.74kN/mm²、平均値は 8.70kN/mm² であった。また、生材時と気乾時の動的ヤング係数の平均値は、それぞれ 8.13kN/mm²、9.25kN/mm² で、気乾時の値は生材時と比較して約 14% 高い値となった。下限値は、データのばらつきに大きく影響するが、今回の試験結果では、供試材数 96 本のうち 29 本 (30.2%) が基準強度をクリアしておらず、曲げ強さの最小値も 9.7N/mm² と極端に強度の低い材が含まれていたことで、下限値が低くなったと考えられる。アカマツなどの特徴である輪生節は強度に与える影響が大きい、今回の試験においても節径比や集中節径比の大きい材は、もろい破壊形態を示す傾向がみられた。また、その破壊部においては、材面に出現している節よりも径の太い枝が材内に存在している状態が散見された。供試材の保育履歴については把握していないが、強度性能は枝打ち材が枝打ちしていない材より高い値を示した⁸⁾との報告もあり、アカマツなどの輪生節がみられる樹種については、供試材の保育履歴を把握することも必要であろう。

表 - 2 1 実大曲げ強度試験の結果

	最大荷重 Pmax kN	曲げ強さ MOR N/mm ²	曲げヤング係数		動的ヤング係数	
			全スパン MOE _L kN/mm ²	生材時 Efr-g kN/mm ²	気乾時 Efr-d kN/mm ²	
平均値	81.3	34.5	8.70	8.13	9.25	
標準偏差	26.6	11.2	1.3	1.3	1.3	
変動係数(%)	32.8	32.4	15.4	15.6	14.3	
最小値	22.7	9.7	3.60	4.13	5.04	
最大値	141.3	57.6	11.74	11.18	12.74	
下限値		15.6	6.31			

注) 供試材数 n=96

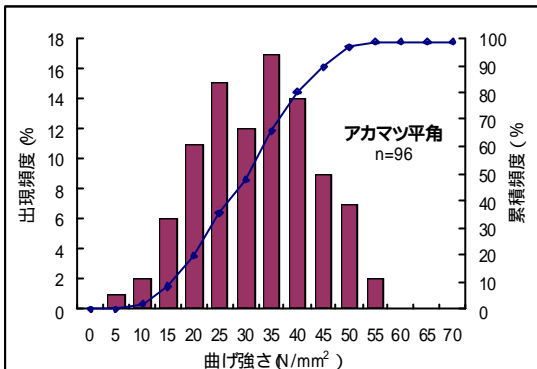


図 - 16 曲げ強さの分布

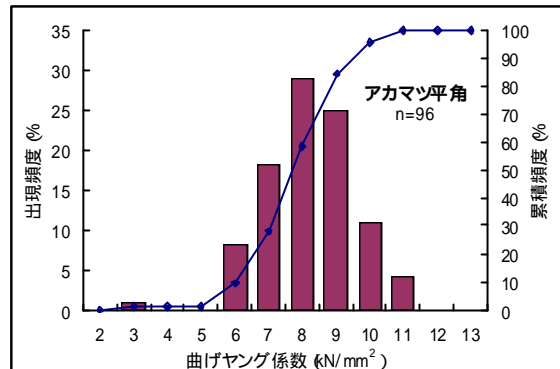


図 - 17 曲げヤング係数の分布

(3) 乾燥温度別の強度性能

今回、アカマツ平角の乾燥にあたっては、120 または 105 の高温低湿処理条件を含んだ人工乾燥スケジュールを実施した。乾燥温度別の強度性能を表 - 2 2 に示す。初期含水率の平均値は、120 条件、105 条件がそれぞれ 59.7%、63.5% で大きな差はみられない。試験時の含水率については、120 条件、105 条件がそれぞれ 16.9%、17.3% と概ね気乾状態まで乾燥していた。高温低湿条件での乾燥では、乾燥温度の上昇によって曲げ強さが低下するとの報告⁹⁾もあるが、今回の高温低湿の 2 つの処理条件の比較では、曲げ強さ、曲げヤング係数とも乾燥条件による明確な差はみられなかった。しかし、今回は、高温低湿処理条件どうしの比較であり、中温乾燥条件との比較は行っていないため、中温乾燥条件と高温低湿条件の比較では、強度性能の低下の可能性も考えられ、中温乾燥条件を含めて今後更に検討していく必要がある。

表 - 2 2 乾燥温度別の強度性能

人工乾燥 温度	初期 含水率 M.C. %	曲げ試験時		曲げ強さ MOR N/mm ²	曲げヤング係数 全スパン MOE _L kN/mm ²
		含水率 M.C. %	容積密度 R test kg/m ³		
120 n=48	平均値	59.7	511	35.0	8.81
	標準偏差	25.0	31.3	11.8	1.2
	変動係数(%)	41.9	6.1	33.6	14.0
	最小値	28.9	447	9.7	6.04
	最大値	109.3	566	57.6	11.74
105 n=48	平均値	63.5	506	34.1	8.59
	標準偏差	18.5	23.3	10.7	1.4
	変動係数(%)	29.1	4.6	31.4	16.8
	最小値	31.3	445	10.2	3.60
	最大値	120.6	541	54.4	11.36

(4) 目視等級区分ごとの曲げ強さ

外観特性調査で測定した節や丸身等から、目視等級区分製材の甲種構造材 の基準による等級区分を行った。各等級に区分される供試材の曲げ強さを表 - 2 3 に示す。出現頻度は 1 級 25.6%、2 級 55.6%、3 級 18.9% で、1 級の出現はスギやカラマツと比較して低かった。各等級の曲げ強さの平均値は、1 級と 2 級がそれぞれ 45.9、33.1N/mm² で、3 級は

28.8N/mm² であり、曲げ強さが各等級ごとに定める甲種基準強度未満の供試材数は、2級で2本、3級で1本の合計3本のみであった。なお、等級外に区分されたものは6本あった。

表 - 2 3 目視等級区分ごとの曲げ強さ

等級	基準強度(N/mm ²)		出現本数 (本)	出現頻度 (%)	曲げ強さ(N/mm ²)		基準値未満 本数(本)
	甲種	乙種			平均値	最小値	
1級	33.6	26.4	23	25.6	45.9	34.5	0
2級	20.4	16.8	50	55.6	33.1	13.1	2
3級	14.4	11.4	17	18.9	28.8	10.2	1
計			90				3

注)等級外6本

(5) 機械等級区分ごとの曲げ強さ

タッピング法により算出した気乾時の動的ヤング係数を用い、機械等級区分を行った結果を表 - 2 4 に示す。出現頻度は、E70 が 13.7%、E90 が 52.6%、E110 が 29.5%、および E130 が 4.2% であった。各等級の曲げ強さの平均値は E70 が 27.8N/mm²、E90 が 31.9N/mm²、E110 が 42.0N/mm²、および E130 が 43.6N/mm² であり、スギ、カラマツの結果同様に等級が上がるとともに平均値も増加しており、機械等級区分の有効性が認められた。しかし、曲げ強さの各等級ごとに定める基準強度未満の供試材数は、95 本中、13 本 (13.7%) 出現した。アカマツの気乾時の動的ヤング係数は、曲げ試験で得られた曲げヤング係数に比較して、約 6% 高い値となっており、この傾向はカラマツ正角と同様であった。つまり、材の乾燥状態によっては、動的ヤング係数で等級区分すると、実際の曲げヤング係数との値との相違により、各等級の基準強度を充たさない材の出現が増加することが考えられる。そこで、曲げ強度試験で得られた曲げヤング係数を用いて、機械等級区分を行った結果を表 - 2 5 に示す。動的ヤング係数で区分した場合と比較して、E130 以上の等級の出現はみられなくなったが、各等級ごとに定める基準強度未満の供試材数は 95 本中、5 本 (5.3%) にまで減少した。このことから、適切な等級区分を行うことで、部材が必要とする強度性能に応じた、構造材としての利用が十分に可能であることが示された。

表 - 2 4 機械等級ごとの曲げ強さ (動的ヤング係数)

等級	基準強度 (N/mm ²)	出現本数 (本)	出現頻度 (%)	曲げ強さ(N/mm ²)		基準値未満 本数(本)
				平均値	最小値	
E70	12.0	13	13.7	27.8	13.1	0
E90	21.0	50	52.6	31.9	9.7	8
E110	30.6	28	29.5	42.0	20.3	3
E130	39.6	4	4.2	43.6	32.5	2
E150	48.6	0	0.0	—	—	—
計		95				13

注)等級外1本

表 - 2 5 機械等級ごとの曲げ強さ (曲げヤング係数)

等級	基準強度 (N/mm ²)	試験体数 (本)	出現頻度 (%)	曲げ強さ(N/mm ²)		基準値未満 本数(本)
				平均値	最小値	
E70	12.0	23	24.2	25.7	9.7	1
E90	21.0	52	54.7	35.2	16.5	4
E110	30.6	20	21.1	44.2	32.5	0
E130	39.6	0	0.0	—	—	—
E150	48.6	0	0.0	—	—	—
計		95				5

注)等級外 1本

(6) 強度性能因子の関係

曲げ強さ (MOR) と曲げヤング係数 (MOE_L) 及び動的ヤング係数 (Efr-d) の関係を図 - 1 8 ~ 2 0 に示す。曲げ強さと曲げヤング係数の相関係数は 0.65、曲げ強さと動的ヤング係数の相関係数は 0.53 であった。また、曲げ試験で得られた曲げヤング係数と気乾時の動的ヤング係数の関係についても、相関係数は 0.88 と高い相関が認められた。

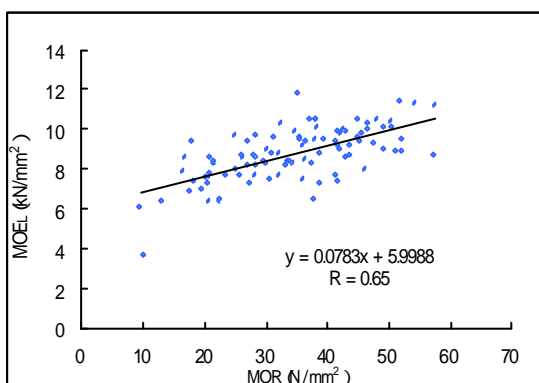


図 - 1 8 MOR との MOE_L 関係

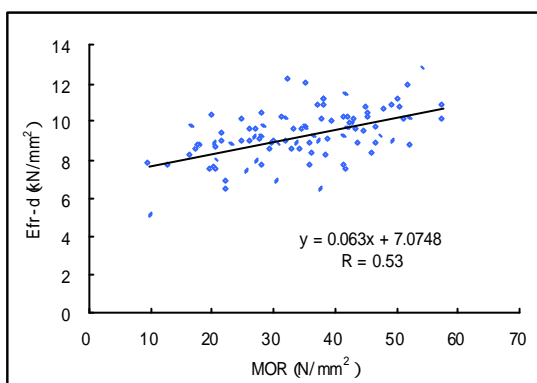


図 - 1 9 MOR と Efr-d の関係

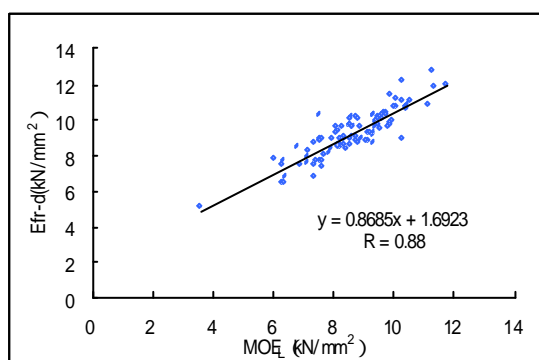


図 - 2 0 MOE_L と Efr-d の関係

(7) 強度性能と材質因子の関係

曲げ強さおよび曲げヤング係数と、外観特性で調査した材質因子との単相関係数を表 - 2 6 に示す。曲げ強さ、曲げヤング係数とも平均年輪幅の間には有意差 (1%) のある相関が見られた。節径比について、曲げ強さと有意差 (1%) のある相関が見られた因子は、狭い材面の最大節径比と、集中節径比および広い材面の材縁部の最大節径比と、材縁部の

集中節径比であり、最大節径比、集中節径比ともに、中央部の節径比より材縁部の節径比で相関が高くなる傾向がみられた。また、節径比は、スギ正角、カラマツ正角の結果と比較しても曲げ強さとの相関が高い傾向にあり、このことからアカマツなどに特有な輪生節の強度性能に与える影響が示唆される。

表 - 2 6 強度性能と材質因子の関係

	ARW	Rtest	nKD	wKD-E	wKD-C	nSKD	wSKD-E	wSKD-C
MOR	-0.404**	0.099	-0.429**	-0.363**	-0.037	-0.317**	-0.407**	-0.131
MOE _L	-0.382**	0.253*	-0.395**	-0.266*	-0.116	-0.084	-0.207*	-0.063

注)有意水準 ** .1%, * 5%

MOR	曲げ強さ	wKD-E	広い材面の材縁部の最大節径比
MOE _L	全スパンの曲げヤング係数	wKD-C	広い材面の中央部の最大節径比
ARW	平均年輪幅	nSKD	狭い材面の集中節径比
Rtest	試験時の密度	wSKD-E	広い材面の材縁部の集中節径比
nKD	狭い材面の最大節径比	wSKD-C	広い材面の中央部の集中節径比

(8) 曲げ試験 (補正データ)

曲げ強度試験で得られた、曲げ強さと全スパンにおける曲げヤング係数について、「構造用木材の強度試験法」に準じ、含水率 15%、標準寸法 (150mm) 及び標準荷重条件時の値に補正した。補正後の結果を表 - 2 7 に示す。

曲げ強さの平均値は、40.3N/mm²、下限値は 17.5N/mm² であり、全スパンの曲げヤング係数の平均値は 8.33kN/mm²、下限値は 6.05kN/mm² であった。

データ集 6⁴⁾ では、全試験体数での曲げ強度 (アカマツ) の数値は、曲げ強さの平均値 (n=853) が 44.0N/mm²、全スパンの曲げヤング係数に対応するみかけの曲げヤング係数の平均値 (n=845) が 10.10kN/mm² となっており、今回の試験結果では、曲げ強さ、曲げヤング係数ともデータベースの値を下回る結果であった。

(9) 無欠点小試験体による曲げ・縦圧縮試験

表 - 2 8 に無欠点小試験体による曲げ試験および縦圧縮試験の結果を示す。

曲げ強度性能の平均値は、曲げヤング係数が 9.63kN/mm²、曲げ強さは、85.5N/mm² であり、縦圧縮強さの平均値は 44.8N/mm² であった。これらは既往のデータ⁵⁾との比較において大きな差はなかった。また、曲げ強さの強度比の平均値は、スギ・カラマツと比較して極端に低く、0.41 であった。

表 - 2 9 に、乾燥温度別の強度について示す。実大材と同様に両者に明確な差は認められなかった。

表 - 2 7 補正後の試験結果

	曲げ強さ MOR N/mm ²	曲げヤング係数 全スパン MOE _L kN/mm ²
平均値	40.3	8.33
標準偏差	14.1	1.3
変動係数(%)	34.9	15.5
最小値	16.0	6.07
最大値	67.0	11.25
下限値	17.5	6.05

注)供試本数 n=96

表 - 2 8 無欠点小試験体による曲げ・縦圧縮試験結果

	無欠点曲げ試験体(n=88)					無欠点圧縮試験体(n=88)		
	含水率	比重	曲げヤング係数	曲げ強さ	強度比	含水率	比重	縦圧縮強さ
	M.C. %	S.V.	MOE kN/mm ²	MOR N/mm ²		M.C. %	S.V.	CS N/mm ²
平均値	11.0	0.49	9.63	85.5	0.41	10.4	0.48	44.8
標準偏差	1.2	0.04	1.72	12.6	0.15	1.2	0.04	5.3
変動係数(%)	10.9	8.4	17.8	14.8	36.18	11.5	8.3	11.8
最小値	8.9	0.38	5.88	51.3	0.11	8.0	0.39	34.2
最大値	16.8	0.62	13.53	113.9	0.81	13.8	0.61	57.4

表 - 2 9 無欠点小試験体による曲げ・縦圧縮試験結果（乾燥温度別）

人工乾燥 温度		曲げヤング係数	曲げ強さ	強度比	縦圧縮強さ
		MOE kN/mm ²	MOR N/mm ²	(曲げ強さ)	CS N/mm ²
120 (n=44)	平均値	9.73	86.6	0.41	46.0
	標準偏差	1.76	13.8	0.17	5.6
	変動係数(%)	18.1	16.0	40.0	12.1
	最小値	6.23	56.0	0.11	34.4
	最大値	13.18	113.9	0.81	57.4
105 (n=44)	平均値	9.54	84.4	0.40	43.5
	標準偏差	1.69	11.4	0.13	4.7
	変動係数(%)	17.7	13.5	32.2	10.8
	最小値	5.88	51.3	0.13	34.2
	最大値	13.53	103.8	0.61	54.6

図 - 2 1 - 1 ~ 2 に、無欠点小試験体と実大材における曲げヤング係数、曲げ強さとの関係について示す。曲げヤング係数には、スギ・カラマツと同様に高い相関が認められるものの、曲げ強さについては、ほとんど相関が認められず、節が曲げ強さに与える影響が非常に大きいものと推察された。

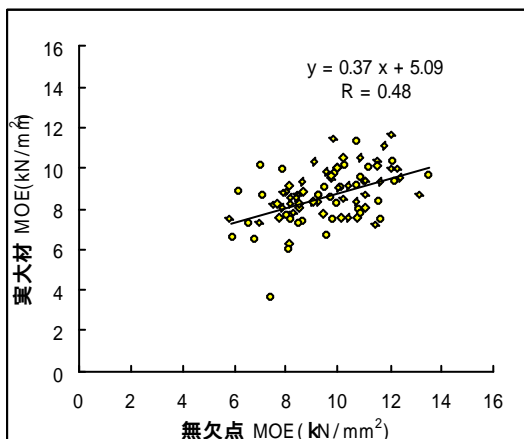


図 - 2 1 - 1 無欠点小試験体と実大材における曲げヤング係数の関係

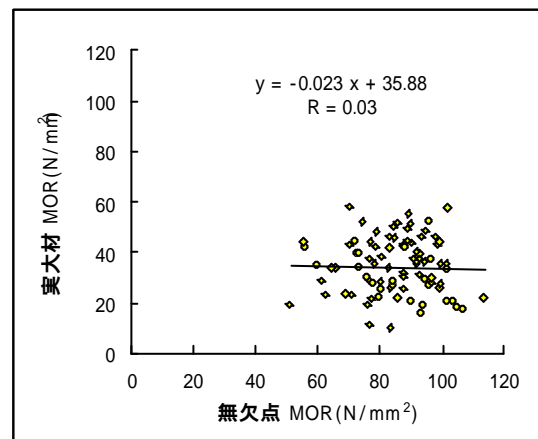


図 - 2 1 - 2 無欠点小試験体と実大材における曲げ強さの関係

また、図 - 2 2 に曲げ強さの強度比と実大材の全ての材面における節径比（集中節径比を含む）の平均値との関係について示す。両者には高い相関が認められ、アカマツ材において、節径比の強度への影響が大きいことが伺えた。アカマツ材の利用に際しては、目視等級の有用性が明らかであるとともに、最低限目視による等級区分を行うべきであると思われる。

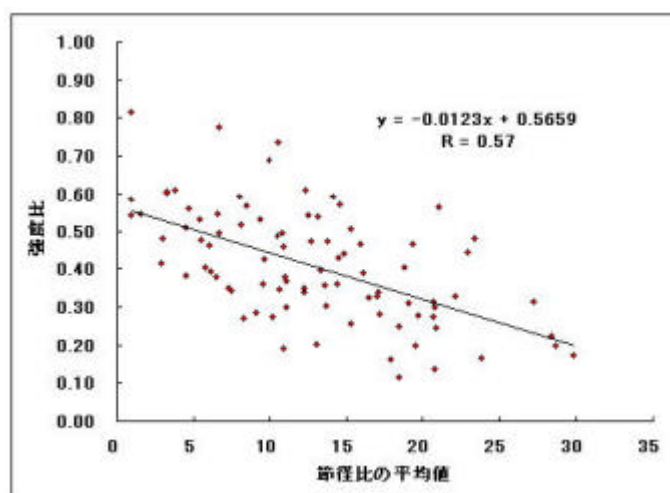


図 - 2 2 曲げ強さの強度比と節径比の平均値との関係

スギおよびカラマツラミナの強度性能調査

1 試験方法

(1) 供試材料

中通り・浜通り地域で産出したスギ原木から製材されたスギラミナ 102 枚、会津地域で産出したカラマツ原木から製材されたカラマツラミナ 96 枚である。両供試ラミナの概要を表 - 3 0 に示す。製材寸法は、スギラミナが 35 × 135 × 4,000mm、カラマツラミナは乾燥等によるねじれを考慮し、40 × 135 × 4,000mm とした。なお、原木は、スギラミナが 50 ~ 52 年生、カラマツラミナは 45 ~ 50 年生で、径級はそれぞれ 24 ~ 38cm、25 ~ 40cm であった。なお、両ラミナはいずれも節などの欠点等の除去を行っていない通しラミナである。

表 - 3 0 供試ラミナの概要

ラミナの種類	供試枚数 (枚)	産地	寸法 (mm)	年生 (年)	径級 (cm)
スギラミナ	102	中通り・浜通り地域	35 × 135 × 4,000	50 ~ 52	24 ~ 38
カラマツラミナ	96	会津地域	40 × 135 × 4,000	45 ~ 50	25 ~ 40

(2) 乾燥方法

供試ラミナの乾燥は、各ラミナとも含水率 10% 程度を目標とし、含水率コントロール用の試験材を用いた含水率スケジュールにより人工乾燥を行った。スギラミナ、カラマツラミナの乾燥スケジュールを、それぞれ表 - 3 1、3 2 に示す。なお、栈積み上部へ、スギラミナは約 1t、カラマツラミナは約 2t の荷重を積載した。乾燥後は、当センターの木材加工棟内で約 4 ヶ月程度の養生を行った後、スギラミナはモルダーにより断面寸法 30 × 120mm に、カラマツラミナはプレーナーで 30 × 135mm に、それぞれ修正挽きを行った。

表 - 3 1 スギラミナの乾燥スケジュール

含水率域 (%)	乾燥時間 (hr)	乾球温度 ()	湿球温度 ()	乾湿球温度差 ()	備考
生材 ~	6	80	80	0	蒸煮
~ 16	14.5	70	62	8	
16 ~ 12	20.5	72	62	10	
12 ~ 10	16	74	62	12	
10 ~	7.5	70	65	5	イライジング
合計	64.5				

注) 積材枚数102枚、約1tの荷重を積載した。

表 - 3 2 カラマツラミナの乾燥スケジュール

含水率域 (%)	乾燥時間 (hr)	乾球温度 ()	湿球温度 ()	乾湿球温度差 ()	備考
生材 ~	10	95	95	0	蒸煮
~ 14	11	90	85	5	
14 ~ 10	24.5	90	82	8	
10 ~	7.5	70	65	5	イライジング
合計	53				

注) 積材枚数96枚、約2tの荷重を積載した。

(3) 目視区分によるラミナの等級調査

供試ラミナは、「構造用集成材の日本農林規格」¹⁰⁾に準じ、中央 1/3 区間と全スパン間(中央 1/3 区間を含む)について、それぞれ最大の材縁の節径比と集中節径比を測定し、全スパン間の測定結果を用いて目視区分を行った。なお、スギラミナは6プライ(梁せい180mm)、カラマツラミナは7プライ(梁せい210mm)の中断面对称異等級構成集成材のラミナとして使用すると想定した。そのため、全スパンは、スギラミナが3,240mm、カラマツラミナは3,780mmである。

(4) 機械区分によるラミナの等級調査

供試ラミナは、生材時、乾燥・養生終了後(以下、養生後という)および修正挽き後の合計三回、タッピング法によりラミナの固有振動数を求め、寸法と重量の測定結果から動的ヤング係数を算出した。また、修正挽き後の動的ヤング係数を用いてラミナの機械等級区分を行った。

2 結果および考察

(1) ラミナの材質

スギラミナおよびカラマツラミナについて、気乾時の容積密度、材縁部節径比、集中節径比および生材時、養生後、修正挽き後の各段階における動的ヤング係数の測定結果を表-33、34に示す。スギラミナの容積密度の範囲は269~449kg/m³、平均値は351kg/m³であった。スギの気乾密度は380kg/m³程度であることから¹¹⁾今回の結果は幾分低い値を示した。材縁部節径比は、平均値で中央1/3区間と全スパン間がそれぞれ9.0%、13.5%であり、集中節径比は中央1/3区間と全スパン間がそれぞれ15.0%、19.0%であった。動的ヤング係数は、平均値でみると、生材時が7.31kN/mm²、養生後が8.20kN/mm²、修正挽き後が7.80kN/mm²であり、養生後の値が修正挽き後より高かった。ただし、変動係数は修正挽き後が最も小さい値となり、動的ヤング係数のばらつきは小さくなる傾向にあった。

表 - 3 3 スギラミナの材質

	容積密度 (kg/m ³)	材縁部節径比		集中節径比		動的ヤング係数		
		中央1/3区間 (%)	全スパン間 (%)	中央1/3区間 (%)	全スパン間 (%)	生材時 (kN/mm ²)	養生後 (kN/mm ²)	修正挽き後 (kN/mm ²)
平均値	351	9.0	13.5	15.0	19.0	7.31	8.20	7.80
標準偏差	0.0	8.5	7.8	16.6	18.1	2.0	2.1	1.9
変動係数(%)	13.5	94.0	57.4	110.8	95.2	26.8	25.6	24.0
最小値	269	0.0	0.0	0.0	0.0	4.10	4.64	4.43
最大値	449	41.7	41.7	66.7	66.7	12.91	13.27	12.67

注) 烘試ラミナ数 n=102

カラマツラミナの容積密度の範囲は、405 ~ 643kg/m³、平均値は 501kg/m³ であった。カラマツの気乾密度は 500kg/m³ 程度であることから^{1) 1)} 今回の結果はほぼ同等の値を示した。材縁部節径比は、平均値で中央 1/3 区間と全スパン間がそれぞれ 12.6%、18.8% であり、集中節径比は中央 1/3 区間と全スパン間がそれぞれ 28.2%、32.5% であった。動的ヤング係数は、平均値で見ると生材時が 9.70kN/mm²、養生後が 11.28kN/mm²、修正挽き後が 11.40kN/mm² と順に値が高くなっており、スギラミナとは異なった傾向を示した。

表 - 3 4 カラマツラミナの材質

	容積密度 (kg/m ³)	材縁部節径比		集中節径比		動的ヤング係数		
		中央1/3区間 (%)	全スパン間 (%)	中央1/3区間 (%)	全スパン間 (%)	生材時 (kN/mm ²)	養生後 (kN/mm ²)	修正挽き後 (kN/mm ²)
平均値	501	12.6	18.8	28.2	32.5	9.70	11.28	11.40
標準偏差	0.0	7.1	5.0	11.8	10.6	2.0	2.3	2.3
変動係数(%)	9.7	56.0	26.8	41.7	32.6	20.8	20.5	20.3
最小値	405	0.0	3.8	0.0	0.0	6.84	7.23	8.35
最大値	643	26.5	30.3	70.4	70.4	16.09	18.03	17.60

注) 烘試ラミナ数 n=96

(2) 木取り別のラミナの材質

スギラミナおよびカラマツラミナを心持ちと心去りの木取り別に区分し、木取り別の材質をそれぞれ表 - 3 5、3 6 に、各段階における動的ヤング係数の平均値を図 - 2 3、2 4 に示した。スギラミナは、心持ちラミナが 10 枚、心去りラミナが 92 枚と心去りラミナが多数を占めていた。節径比については、材縁部節径比、集中節径比とも心持ちラミナの平均値は、心去りラミナの値と比較して高い傾向にあった。また、動的ヤング係数は、心持ちラミナ、心去りラミナとも生材時の値が最も小さく、養生後の値は修正挽き後の値より高かった。

表 - 3 5 スギラミナの木取り別の材質

木取り 区分	容積密度 (kg/m ³)	材縁部節径比		集中節径比		
		中央1/3区間 (%)	全スパン間 (%)	中央1/3区間 (%)	全スパン間 (%)	
心持ち ラミナ n=10	平均値	384	21.4	23.2	31.5	35.7
	標準偏差	0.0	8.2	7.2	7.7	11.5
	変動係数(%)	12.7	38.3	31.2	24.4	32.4
	最小値	317	14.2	15.0	20.8	20.8
	最大値	449	41.7	41.7	41.7	62.5
心去り ラミナ n=92	平均値	348	7.6	12.5	13.2	17.2
	標準偏差	0.0	7.3	7.1	16.4	17.8
	変動係数(%)	13.3	96.1	56.9	123.9	103.5
	最小値	269	0.0	0.0	0.0	0.0
	最大値	443	29.2	29.2	66.7	66.7

カラマツラミナは、心持ちラミナが 31 枚、心去りラミナが 69 枚である。節径比については、材縁部節径比、集中節径比ともスギラミナほど木取りによる差はみられなかった。動的ヤング係数は、心持ちラミナで、養生後の値よりも修正挽き後が高く、心去りラミナでは、スギラミナと同様に養生後の値が修正挽き後の値より高くなった。また、両ラミナについて各段階の動的ヤング係数の値は、いずれも心去りラミナの値が心持ちラミナと比較して高く、その差はカラマツラミナよりスギラミナの方が顕著であった。

表 - 3 6 カラマツラミナの木取り別の材質

木取り 区分	容積密度 (kg/m ³)	材縁部節径比		集中節径比		
		中央1/3区間 (%)	全スパン間 (%)	中央1/3区間 (%)	全スパン間 (%)	
心持ち ラミナ n=31	平均値	477	14.7	18.8	31.1	35.7
	標準偏差	0.0	6.0	4.3	13.8	12.7
	変動係数(%)	8.9	40.7	22.8	44.3	35.6
	最小値	405	0.0	11.1	15.0	18.8
	最大値	579	22.7	30.1	70.4	70.4
心去り ラミナ n=63	平均値	511	11.8	18.8	27.0	31.2
	標準偏差	0.0	7.3	5.4	10.7	9.4
	変動係数(%)	9.3	62.4	28.5	39.6	30.1
	最小値	415	0.0	3.8	0.0	0.0
	最大値	643	26.5	30.3	48.9	49.4

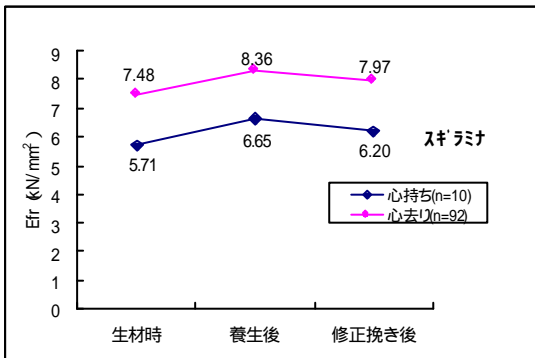


図 - 2 3 スギラミナの木取り別の動的ヤング係数 (平均値)

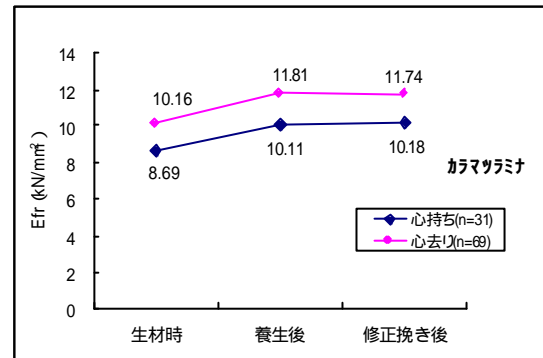


図 - 2 4 カラマツラミナの木取り別の動的ヤング係数 (平均値)

(3) ラミナの目視等級区分

図 - 2 5、2 6 に各ラミナの目視等級区分ごとの出現分布を、表 - 3 7、3 8 に各等級ごとの材縁部節径比と集中節径比および生材時、養生後、修正挽き後の各段階における動的ヤング係数を示す。スギラミナの出現頻度は、1 級が 43.1%、2 級が 31.4%、3 級が 13.7%、4 級が 6.9%であり、等級外は 4.9%と等級が上がるにつれて出現頻度も高くなった。カラマツラミナの出現頻度は、1 級が 5.2%、2 級が 40.6%、3 級が 34.4%、4 級が 16.7%であり、1 級の出現が低く、2 級と 3 級で出現頻度の 75%を占めた。また、等級外も 3.1%出

現した。等級別の材縁部節径比と集中節径比は、等級が下がるにつれて節の割合が大きくなる傾向が明らかであった。

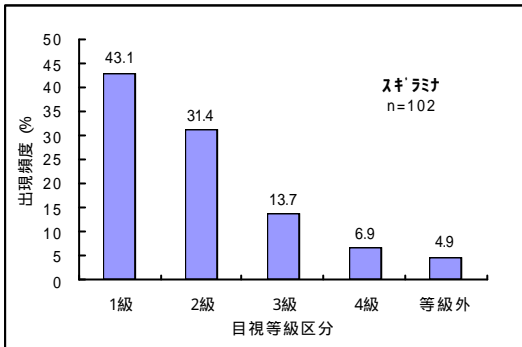


図 - 2 5 スギラミナの出現分布

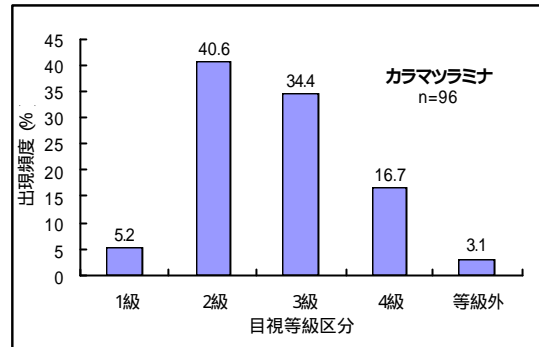


図 - 2 6 カラマツラミナの出現分布

表 - 3 7 スギラミナの目視等級区分

等級	枚数 (枚)	材縁部節径比 平均値 (%)		集中節径比 平均値 (%)		動的ヤング係数 平均値 (N/mm ²)		
		中央1/3区間	全スパン間	中央1/3区間	全スパン間	生材時	養生後	修正挽き後
1級	44	3.9	7.0	1.5	2.6	7.54	8.26	7.93
2級	32	11.6	17.2	18.7	23.2	7.52	8.60	8.11
3級	14	13.0	18.4	23.8	33.1	7.12	8.08	7.69
4級	7	16.1	24.4	40.8	45.8	6.43	7.36	6.97
等級外	5	16.3	18.3	50.2	59.0	5.66	6.57	6.15
計	102							

表 - 3 8 カラマツラミナの目視等級区分

等級	枚数 (枚)	材縁部節径比 平均値 (%)		集中節径比 平均値 (%)		動的ヤング係数 平均値 (N/mm ²)		
		中央1/3区間	全スパン間	中央1/3区間	全スパン間	乾燥前	養生後	修正挽き後
1級	5	7.5	13.3	10.8	13.1	11.01	12.67	12.80
2級	39	11.9	17.8	22.8	25.3	10.24	11.96	11.93
3級	33	12.5	20.1	29.4	35.6	9.72	11.33	11.29
4級	16	16.0	20.7	37.8	44.2	8.63	10.13	10.20
等級外	3	13.5	17.2	62.8	62.8	8.63	10.09	9.95
計	96							

(4) ラミナの機械等級区分

図 - 2 7、2 8 に各ラミナの機械等級区分ごとの出現分布を、表 - 3 9、4 0 に各等級ごとの材縁部節径比と集中節径比および生材時、養生後、修正挽き後の各段階における動的ヤング係数を示す。スギラミナの出現の範囲は L50 から L125 であり、出現頻度は等級外が 1.0% 出現したほか、L60 が 33.3% と最も高かった。カラマツラミナの出現の範囲は、L80 から L160 であり、等級外の出現はみられず、出現頻度は L90 が 25.0% と最も高く、次いで L110 が 22.9% であった。また、材縁部節径比と集中節径比については、両ラミナ

とも等級間に明確な傾向は認められなかった。

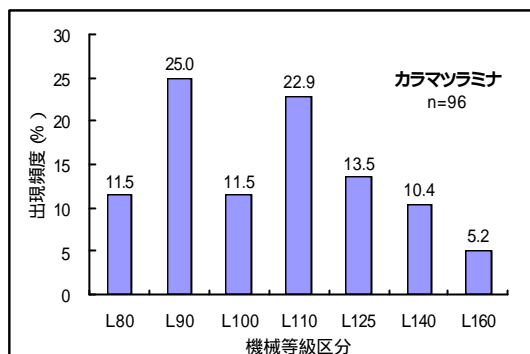
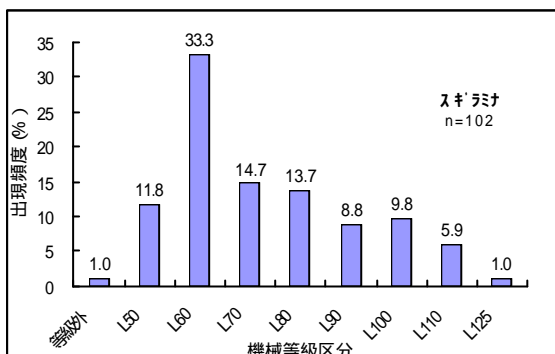


図 - 27 スギラミナの機械等級区分の分布

図 - 28 カラマツラミナの機械等級区分の分布

表 - 39 スギラミナの機械等級区分

等級	枚数 (枚)	材縁部節径比 平均値 (%)		集中節径比 平均値 (%)		動的ヤング係数 平均値(kN/mm ²)		
		中央1/3区間	全スパン間	中央1/3区間	全スパン間	乾燥前	養生後	修正挽き後
等級外	1	23.3	23.3	20.8	29.2	4.10	4.64	4.43
L50	12	10.9	14.4	21.7	26.0	4.96	5.71	5.53
L60	34	9.6	13.4	16.6	18.8	6.09	6.83	6.53
L70	15	9.8	14.1	17.7	22.1	6.70	7.58	7.39
L80	14	11.4	14.8	15.5	20.9	7.97	9.02	8.54
L90	9	5.6	16.0	10.7	14.2	9.26	10.32	9.40
L100	10	5.8	9.3	7.9	8.9	10.10	11.18	10.51
L110	6	2.2	10.3	4.2	19.0	10.96	12.11	11.63
L125	1	9.2	9.2	0.0	0.0	12.91	13.27	12.67
計	102							

表 - 40 カラマツラミナの機械等級区分

等級	枚数 (枚)	材縁部節径比 平均値 (%)		集中節径比 平均値 (%)		動的ヤング係数 平均値 (N/mm ²)		
		中央1/3区間	全スパン間	中央1/3区間	全スパン間	生材時	養生後	修正挽き後
L80	11	12.2	18.1	28.7	35.8	7.41	8.63	8.59
L90	24	14.0	18.2	31.8	34.8	8.07	9.51	9.45
L100	11	13.3	20.6	32.8	35.2	9.09	10.61	10.43
L110	22	14.3	20.1	28.2	33.6	9.99	11.68	11.64
L125	13	10.9	19.7	27.9	30.9	11.14	12.97	13.07
L140	10	10.2	16.7	19.4	25.2	12.75	14.70	14.86
L160	5	7.2	16.0	18.1	22.6	14.40	16.73	16.84
計	96							

(5) 生材時の動的ヤング係数と修正挽き後の動的ヤング係数の関係

両ラミナについて、生材時の動的ヤング係数 (Efr-g) と修正挽き後の動的ヤング係数 (Efr-d) の関係を図 - 29、30 に示す。スギラミナの相関係数は 0.97、カラマツラミナは 0.98 と、両ラミナとも生材時と修正挽き後の気乾状態での動的ヤング係数の間に高い相関を示した。

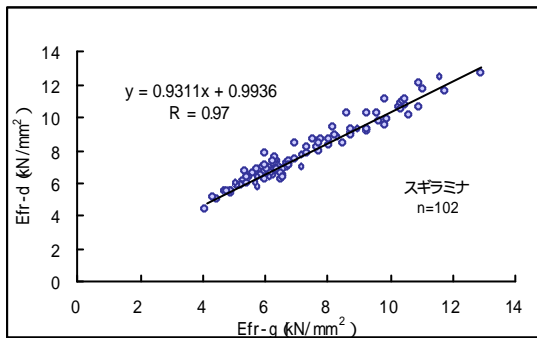


図 - 29 スギラミナの Efr-g と Efr-d の関係

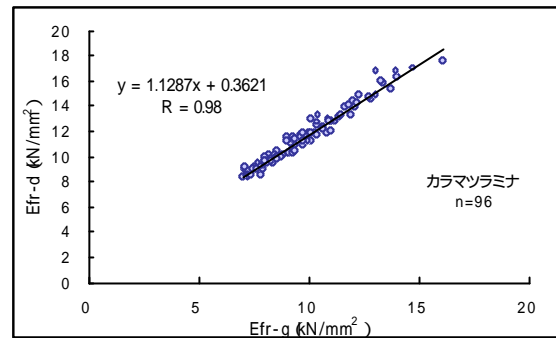


図 - 30 カラマツラミナの Efr-g と Efr-d の関係

まとめ

本県の主要造林樹種であるスギ、カラマツ、アカマツについて、材質特性を把握するため、実大材の曲げ強度試験を中心とした強度性能試験を実施した。

実大曲げ強度試験では、得られた各樹種の下限值と、建設省告示に定められる無等級材の曲げ基準強度を比較した結果、スギ正角、カラマツ正角については、個々の基準強度を上回ったが、アカマツ平角については、特有の輪生節の影響から曲げ基準強度を下回った。また、目視等級区分、機械等級区分を行った結果、スギ正角、カラマツ正角では、等級区分の有効性が認められ、アカマツ平角でも、無等級材の場合と比較して、各等級ごとの基準強度を下回る材は減少した。このことから、県産材を構造材として利用する上で、適切な等級区分を行うことが重要であると言える。

スギおよびカラマツラミナについて、動的ヤング係数による機械等級区分を行った結果、等級外のラミナはスギラミナで1本出現しただけであった。このことから、動的ヤング係数による等級区分の有効性が示され、県産スギ、カラマツから製材されたラミナは、構造用集成材のラミナとして十分に利用できることがわかった。

引用文献

- 1) 宗形芳明中島 剛：福島県林業試験場研究報告, 57-70, 第 17 号 (1985)
- 2) 全国木材協同組合連合会編：針葉樹の構造用製材の日本農林規格, (2002)
- 3) 日本住宅・木材技術センター：構造用木材の強度試験法, (2000)
- 4) 強度性能研究会：製材品の強度性能に関するデータベース・データ集 6 (2002)
- 5) 東野 正, 中野正志：岩手県林業試験場成果報告, 23-31, 第 21 号(1988)
- 6) 木材工業ハンドブック改訂 4 版, 194-195, (2004)
- 7) 日本建築学会：木質構造設計基準・同解説, (社)日本建築学会, 340-341, (2003)
- 8) 東野 正, 高橋忠幸：岩手県林業技術センター研究報告, 7, 1-24, (1997)
- 9) 山本 学：広島県立林業技術センター研究報告, 33-36, 第 31 号 (1999)
- 10) 日本合板検査会：構造用集成材の日本農林規格, (2003)
- 11) 木材工業ハンドブック改訂 4 版, 192, (2004)