

南九州産スギ材の強度性能 (I)

—打撃音法による縦継ぎ材の強度推定—

寺床 勝也・藤田 晋輔・服部 芳明

(森林資源環境学講座・木質資源利用学研究室)

平成8年8月10日 受理

Strength Properties of Sugi in Southern-Kyusyu (I)

Estimation of Strength Properties of Finger-Jointed Lamina Wood by TLVT (an Analysis of Tones of Longitudinal Vibration by Tapping) Method

Katsuya TERATOKO, Shinsuke FUJITA and Yoshiaki HATTORI

(Laboratory of Wood Science and Forest Products)

緒 言

木材のヤング係数を求めるための非破壊検査方法には、以前から小荷重を載荷する方法をはじめとして種々の方法が検討されている。その中でも、打撃音法は、木材の木口面打撃により発生する縦振動の1次固有振動数と、密度から求める動的ヤング係数(以下、 E_f とする)によって、実大材においても、簡易で再現性の高い測定ができるとともに、静的曲げヤング係数(以下、MOEとする)と高い相関が認められていることから有益な手法である^{1, 2, 5, 7)}。

現在、南九州地域では、戦後のスギ拡大造林に伴うスギ資源の伐齢期を迎えつつあり、その有効利用が迫られている。鹿児島県の場合、平成7年度のスギ素材生産量は全国8位の31千 m^3 にのぼる⁶⁾。しかしながら、その素材蓄積量をみると、樹齢25~35年生の中目丸太と称する末口径30cm以下の丸太が約4割を占めている。この中目材は、成長量の速さに伴う広い年輪幅と含水率の高い特徴を有し、それゆえ建築材としての利用に制限がなされている。このことから、中目材の有効利用は急務であり、かつその力学的特性の把握がますます重要になってきている。

そこで本報では、南九州産スギ有効利用の研究の一環として、スギのラミナ素材(主として縦継ぎ材)の強度性能に着目した。ラミナ素材とは、丸太のだらびきによって得られたひき板から製材され、集成材や2×4インチの枠組壁工法用部材への適用可能な材として利用範囲が広い。このラミナ素材および

縦継ぎ材の強度性能を把握することは、今後の有効利用の基盤として重要と考えている。

これらの縦継ぎ材の強度推定が、打撃音法により可能となれば、より簡便で再現性の高い強度推定、かつ強度の保証が可能となる。そこで、本研究の目的は、縦継ぎ材の E_f とMOEの関係から、打撃音法の可能性について検討することである。

材料および方法

1. スギ縦継ぎ材の強度試験

スギ(*Cryptomeria japonica* D. DON)は、鹿児島大学高隈演習林産スギ品種見本林(7林班ほ小班)から伐木した。供試スギは6品種で、オビスギ(オビ, obisugi), ヤクスギ(ヤク, yakusugi), ヨシノスギ(ヨシノ, yoshinosugi), サツマメアサスギ(メアサ, measasugi), アキタスギ(アキタ, akitasugi), ヤナセスギ(ヤナセ, yanasesugi)を選定した。Table 1に供試丸太のデータを示す。供試スギは35年生で、平均末口径25cm未満の中目材である。平均年輪幅は6品種全体の平均値で0.58cmと広く、その多くが未成熟部を含んでいた。スギ素材丸太は、伐木後、長さ3mの丸太に玉切りし、元から1番玉とし、採材可能な部位まで玉切りした。

丸太は約2カ月土場に放置した後、製材所にてだらびきし、ひき板を採材した。ひき板寸法は25mm厚とし、採材されたひき板はただちに打撃音法による動的ヤング係数を算出した。その手法は供試材の寸

Table 1. Test species on six species sugi-log in Southern-Kyusyu

Species	No. of standing trees (log<1st, 2nd, 3rd>)	Tree height (m)	Mean breast height diameter (cm)	Mean diameter of top-end		
				1st (cm)	2nd (cm)	3rd (cm)
obisugi	3 (5<3, 2, 0>)	21.2	25	22.2	20.2	—
yakusugi	4 (9<4, 4, 1>)	20.8	33	25.9	22.1	22.3
akitasugi	3 (4<3, 1, 0>)	15.0	25	18.6	19.6	—
yoshinosugi	3 (6<3, 3, 0>)	20.1	29	24.5	20.3	—
measasugi	3 (4<3, 1, 0>)	19.6	27	21.4	19.2	—
yanasesugi	3 (4<3, 1, 0>)	19.9	25	20.4	18.5	—
Average	—	19.5	28	22.4	20.5	22.3
Total	19 (33<19, 12, 1>)	—	—	—	—	—

法（材長），容積重，供試材内部の固有振動数により求めた。固有振動数は，供試材木口面をプラスチックハンマーにより打撃し，供試材中を伝播する弾性波を打撃音として，他方の木口面からマイクロフォン（リオン社製 NH-17）で捉え，FFT シグナルアナライザ（リオン社製 SA-77）により基本振動スペクトラム分析を行い固有振動数を得た。Ef は次式により算出した。

$$Ef = (2 \cdot L \cdot f)^2 \cdot \rho / g$$

ここで，Ef：打撃音法による動的ヤング係数 (tf/cm²)

L：材長 (cm)

f：1次固有振動数 (Hz)

ρ ：容積重 (kg/cm³)

g：重力加速度 (980cm/sec²)

なお，ひき板重量は上皿天秤（フルスケール50kg）により500g精度で測定した。

ひき板は，約1週間人工乾燥を行い，仕上がり含水率12%になるよう調湿した。室内養生後，ひき板を厚さ22mm，幅110mm，長さ3mのラミナ素材に製材した。

製材したラミナ素材は，打撃音法により Ef を算出した。ラミナ素材の重量は，電子天秤（フルスケール3200g）を用い1g精度で測定した。また，静的曲げ試験（島津オートグラフ，スパン180cm，中央集中荷重方式，クロスヘッドスピード5mm/min）による MOE も同時に測定し，Ef と MOE の関係を検討した。

縦継ぎは，スギラミナの材面に現れた節・目切れ等の欠点を目視で検出後，クロスカットソーで除去し短尺ラミナを製造し，フィンガージョイント（以下，FJ とする）による加工を施し接合した。

Fig. 1 に供試した FJ の形状を示す。これは垂直

型のミニフィンガージョイントで，L=10.0mm，p=4.0mm，t1=0.8mm，t2=0.6mm， $\theta=1/7.7$ を用いた（ただし，L：フィンガー長さ，p：ピッチ，t1：フィンガー先端厚さ，t2：フィンガー底部幅， θ ：スカーフ傾斜比）。FJ加工は，主軸回転数3500rpm，自動送り15m/minとし，（株）伴鉄工所製のフィンガージョイントFD-6を使用した。

縦継ぎは品種ごとにランダムに接合した。接着剤はレゾルシノール樹脂接着剤（田岡製テクノプライ150）を用い，配合比は主剤と硬化剤の割合を100：15の重量比に調製し，塗布量は300±50g/m²とした。塗布は手作業による両面塗布法とした。

圧縮圧力は50kgf/cm²とし圧縮治具により圧縮した。圧力はトルクレンチ法によりトルクレンチの読みで換算した。また，圧縮は10分間の常温硬化とした。接着後の養生期間は1週間とした。

接着養生後2週間経過後，縦継ぎ材のヤング係数を求めた。測定は，打撃音法とロードスパン60cmの4点荷重による静的曲げ試験により求めた。縦継ぎ

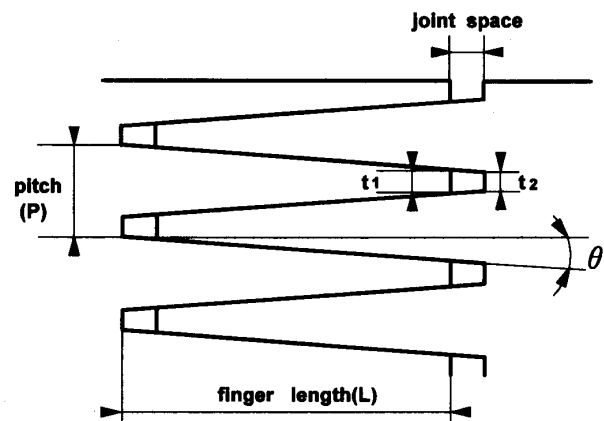


Fig. 1. Schematic diagram of finger-jointed region.

後の動的ヤング係数を Ef' 、静的曲げヤング係数を MOE' とする。

2. サワラによる縦継ぎ材の強度試験

FJ 接合における種々の接着接合条件が縦継ぎ材のヤング係数に及ぼす影響を検討するために、材質的に安定した高隈演習林産サワラ (*Chamaecyparis pisifera Endl.*) の縦継ぎ試験を行った。サワラは、一般的に加工性がよく木理は通直で木目は細かく、未成熟部の多い中目スギと比較して FJ の加工精度が高く、種々の接合条件を検討するために最適であると判断し供試した。供試したサワラは 60年生で、平均年輪幅 0.21cm の変動の少ない辺材成熟部を用いた。

サワラは、仕上がり含水率 12% に人工乾燥し、室内放置による調湿を行った後、供試ラミナ素材 (断面寸法 65×22, 材長 1800mm) に製材した。その後、縦継ぎ前の Ef と MOE を測定した。

縦継ぎはラミナ素材を FJ 数に応じ、短尺に切断後 FJ 加工を施し、同一素材による縦継ぎ接着した。FJ 形状と加工方法はスギ同様とした。接着接合条件は、接着剤別、ジョイント数 (ジョイントの配置) 別、圧縮圧力別の 3 条件を設定した。

供試接着剤は、レゾルシノール樹脂接着剤 (田岡製テクノプライ 150)、及びそれと同等の強度性能を有する水性高分子イソシアネート樹脂接着剤 (光洋産業 KR25-E) を用いた。塗布法は両面塗布とし、スギと同じ手法で行った。配合比は主剤：硬化剤の割合が 100：15 の重量比に調製し、塗布量は 300 ± 50 g/m² とした。

ジョイント数は、供試材中において 5, 4, 3, 2, 1 カ所の接合部をもつ縦継ぎ材とした。

接合手法は、圧縮治具によるトルクレンチ法とした。圧縮圧力は 20kgf/cm² と 50kgf/cm² の 2 種とした。圧縮圧力はトルクレンチの読みから算出した。また圧縮時間は 10 分間とし常温硬化とした。接着後の養生期間は一週間とした。この圧縮圧力の差は、FJ 接合部のジョイントスペースの有無に関連する。

以上の縦継ぎ材を、打撃音法、静的曲げ試験によって Ef' 、 MOE' を測定した。またそれぞれのジョイント有効率を求め、 Ef と MOE の相関、ならびにこれら諸接合条件からみた重回帰分析を行い、縦継ぎ材のヤング係数を左右する因子について検討した。また、縦継ぎ材の重錘載荷法による静的曲げヤング係数 (以下 MOE'' とする) についても測定し、それぞれの相関をとった。

結果及び考察

1. 南九州産スギ材の強度性能

(1) 縦継ぎ材のヤング係数

Table 2 は、スギラミナ素材の縦継ぎ前および縦継ぎ後の各品種別にみた Ef と MOE の測定結果である。供試スギの比重は平均で 0.38、含水率は平均 10% であった。また、品種の違いにより比重に差がみられ、ヤナセが最も高く、以下、ヨシノ、ヤク、オビ、メアサ、アキタの順であった。

縦継ぎ前ラミナ素材のヤング係数 Ef 、 MOE は、品種別に差がみられ、品種間の検定においても危険率 5% で有意差が認められた。品種別ではヤング係数の高い順にヤナセ、ヨシノ、ヤク、アキタ、オビ、メアサであった。縦継ぎ後ラミナについても同様の結果が得られた。

次に、Table 3 に Ef と MOE の比を示すと、 Ef/MOE は、全平均で 1.147 の比をとった。品種別では、 1.15 ± 0.025 の範囲にあって、 Ef は MOE の約 1.15 倍の値を示した。また、 Ef'/MOE' でみると、全平均の比は 1.014 となり、品種別でも、 1 ± 0.035 の範囲の比を得た。全般的にみて、 Ef は MOE より高くヤング係数が評価される傾向にあり、縦継ぎ前のラミナ素材においては、 Ef は MOE の 1.15 倍に相当した。一方、縦継ぎ材では、 Ef' とほぼ MOE' が近似した。この縦継ぎ後の比が 1 に近似したことについては、縦継ぎにより材料のもつ材質的な欠点が除去されたことにより、ヤング係数のばらつきが抑えられたと考えられる。

そこで、縦継ぎ前後の Ef 、 MOE の変動係数を比較すると、縦継ぎ後の変動係数はともに減少する傾向を示した (Table 2)。

これまで、同一丸太から採材されたラミナのヤング係数は、丸太内の採材位置においてヤング係数分布をもつことが分かっている⁴⁾。すなわち、髄から心材、辺材へと丸太外周部にかけて、未成熟材～成熟材への材質的変動に伴い、ヤング係数が高まるという傾向がみられる。さらに、1 番玉は上位の番玉より低質材である。以上のことから、ラミナ素材のヤング係数の変動係数を決定づけるものとなる。しかしながら、本実験では、短尺ラミナをランダムに FJ 接合したことでヤング係数を平均化³⁾し、すなわち変動係数を減少させる一因となったものと考えられる。

次に、FJ 接合の効率をみるためにジョイント有

Table 2. Results of Young's modulus (Ef, MOE) of before or after finger-jointed lamina wood on six species sugi in Southern-Kyusyu

		all	obisugi	yakusugi	akitasugi	yoshinosugi	measasugi	yanasesugi
	Specific gravity	0.38	0.37	0.37	0.36	0.40	0.37	0.41
	MC(%)	10.00	10.19	9.54	10.54	10.23	9.83	10.44
Ef of lamina wood (before-joint)	avg.	72.80	68.65	73.99	70.06	76.30	57.79	88.67
	max.	112.82	88.86	106.38	94.41	103.82	85.35	112.82
	min.	41.12	46.00	46.17	41.12	59.80	42.66	57.69
	cov.	19.64	17.41	14.27	24.18	13.61	21.72	16.41
MOE of lamina (before-joint)	avg.	63.46	60.98	65.92	60.02	64.87	49.74	75.80
	max.	107.21	86.80	107.21	88.55	85.86	71.09	96.05
	min.	33.88	33.88	43.12	36.49	52.89	35.04	53.68
	cov.	20.63	22.32	17.01	24.22	13.77	19.09	15.03
Ef of FJ-lamina (after-joint)	avg.	69.61	66.49	71.00	63.06	75.23	55.92	83.76
	max.	112.11	82.27	93.17	86.62	95.38	75.76	112.11
	min.	37.00	47.72	48.93	38.77	52.32	37.00	54.70
	cov.	19.58	13.63	13.72	24.01	12.76	15.97	22.57
MOE of FJ-lamina (after-joint)	avg.	68.59	65.83	69.72	61.98	73.36	57.83	80.90
	max.	112.28	79.66	88.88	91.01	93.92	79.82	112.28
	min.	34.76	46.32	52.83	39.52	46.33	34.76	47.02
	cov.	19.84	14.89	13.12	26.54	15.64	17.61	24.04
FJ-lamina/lamina	Ef'/Ef	95.62	96.85	95.96	90.01	98.60	96.76	94.46
	MOE'/MOE	108.08	107.95	105.76	103.27	113.09	116.26	106.73

Table 3. Ratio of Ef to MOE on six species sugi in southern-Kyusyu

Species	Ef/MOE	Ef'/MOE'
obisugi	1.125	1.010
yakusugi	1.122	1.018
yoshinosugi	1.176	1.025
measasugi	1.161	0.966
akitasugi	1.167	1.017
yanasesugi	1.169	1.035
all species	1.147	1.014

効率（縦継ぎ後のヤング係数/縦継ぎ前のヤング係数）を求めると、平均で $Ef'/Ef=0.95$ 、 $MOE'/MOE=1.08$ の結果が得られた。この有効率は、接合効率を示す指標となるが、MOE でみた場合、有効率が1を上回ったことから、縦継ぎによってヤング係数が向上したといえる。有効率は各品種ごとにほぼ同様の結果が得られた。

(2) Ef と MOE の単回帰分析

Fig. 2に、ラミナ素材の縦継ぎ前後の Ef と MOE の単回帰分析の結果を示す。縦継ぎ前の Ef と MOE の相関係数は $r=0.85$ となり、一方、縦継ぎ後では $r=0.95$ となり、いずれも正の高い相関関係が得られた。このことから縦継ぎ後の打撃音法に

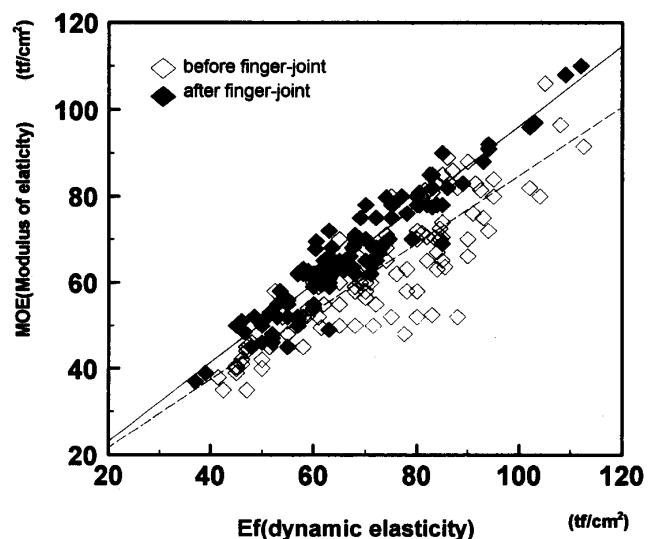


Fig. 2. Relation between Ef and MOE for sugi lamina wood.

よるヤング係数推定の有効性が明らかとなった。

縦継ぎ後の相関が縦継ぎ前より高くなった理由として、材の欠点を除去し FJ 接合したことにより、MOE の変動が減少したことによるものと思われる。すなわち、FJ によってラミナ材内部の材質的ばらつきが抑えられ、Ef との相関が高まったものと考えられる。

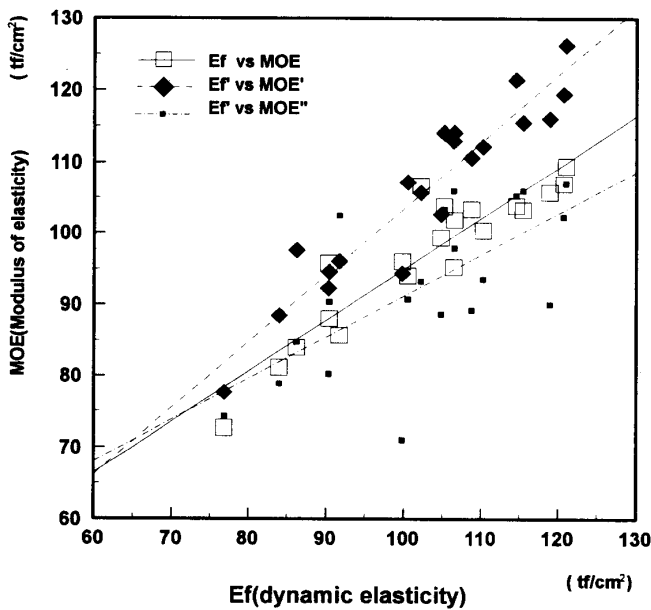


Fig. 3. Relation between Ef and MOE for sawara lamina wood with before-joint or after-joint.

回帰直線の傾き（回帰係数）は、縦継ぎ前で0.79、縦継ぎ後0.91となり縦継ぎによって Ef と MOE の対応が高まった。かねてより、縦継ぎ材のラミナでも打撃音法による Ef と MOE の相関は高いという結果が得られていたことから、今回の試験結果でも同様の結果が得られた。

以上のことから、縦継ぎ材によるヤング係数の推定が打撃音法によって可能であることが明らかとなった。

2. サワラによる接合条件の違いによるヤング係数の影響

(1) 縦継ぎ前後のラミナのヤング係数推定

Fig. 3に縦継ぎ前後の Ef と MOE の相関図を示す。縦継ぎ前の Ef と MOE の関係は $r=0.81$ と正

の高い相関を示した。また、縦継ぎ後の Ef' と MOE' では $r=0.92$ とさらに強い直線関係を示した。一方、Ef' と MOE'' では $r=0.58$ と正の相関ではあるが、あてはまりは低かった。MOE'' に関しては、測定精度の問題点が指摘でき、このことにより高い相関係数は得られにくかったと考えられる。以上のことから、3種の比破壊試験のうち、打撃音法と静的曲げ試験によるヤング係数の相関は高く、縦継ぎ後においても同様の結果が得られたことから、Ef による推定が可能であるといえる。

次に、縦継ぎ前後の各ヤング係数の有効率の平均を Table 5に示す。全体平均でみると $Ef'/Ef=0.98$ 、 $MOE'/MOE=1.07$ 、 $MOE''/MOE=0.98$ の結果となった。このことから、MOE' の有効率は高く評価された。ただ、それぞれ変動係数をとると4.3%、6.2%、8.9%と Ef のばらつきは他の手法に比較して小さい結果となった。

(2) FJ 数によるヤング係数の比較

1 ラミナ素材内に含まれる FJ 数の違いによるヤング係数への影響を検討した結果を Table 4に示す。縦継ぎ後の Ef' と MOE' の相関係数はいずれも正の高い相関を得た。このことから、ジョイント数の違いによっても打撃音法による推定が可能であることが示された。また、各ジョイント数別による有効率を比較すると、ジョイント数が増加するにつれて Ef でみた有効率は減少傾向がみられるが、有意差は認められなかった。Ef と MOE でみた有効率の比較をすると、MOE のジョイント有効率の方が高く評価された。これは、有意水準 5% で差が認められた。このことから、ジョイント数の違いによるヤング係数の影響は Ef と MOE 間に差が見られるものの、今回の試験では、ジョイント数がヤング係数の評価には影響を与えていないことが明らかとなっ

Table 4. Results of regression coefficient for Young's modulus on sawara lamina wood

	all	No. of finger-joint					End pressure		Adhesive	
		5	4	3	2	1	20 (tf/cm ²)	50 (tf/cm ²)	Resol.	Isocya.
Ef-Ef'	0.930	0.972	0.983	0.979	0.994	0.708	0.934	0.852	0.860	0.993
Ef-MOE	0.806	0.912	0.226	0.907	0.937	0.996	0.916	0.790	0.965	0.887
Ef-MOE'	0.910	0.904	0.613	0.919	0.999	0.712	0.943	0.490	0.962	0.986
Ef-MOE''	0.540	0.506	0.437	0.882	0.422	0.933	0.671	0.490	0.869	0.546
Ef'-MOE'	0.923	0.939	0.693	0.975	0.992	0.827	0.945	0.450	0.937	0.980
Ef'-MOE''	0.598	0.508	0.401	0.960	0.484	0.612	0.699	0.390	0.849	0.516
MOE-MOE'	0.830	0.686	0.621	0.971	0.948	0.770	0.876	0.460	0.963	0.888
MOE-MOE''	0.710	0.889	0.375	0.991	0.882	0.625	0.575	0.460	0.872	0.845

Table 5. Ratio the Young's modulus of after to before finger-joint for sawara lamina wood on adhesive conditions

		Ef-Ef'	MOE'-MOE	MOE''-MOE
No. of joint	5	0.953	1.073	0.958
	4	0.965	1.097	1.003
	3	0.984	1.072	0.952
	2	1.022	1.173	1.134
	1	1.049	1.159	1.062
End pressure	20	0.963	1.085	0.944
	50	0.996	1.103	0.971
Adhesive Resol.		0.986	1.139	1.042
	Lsocya.	0.995	1.082	1.000
all		0.980	1.072	0.984

た。

(3) 圧縮圧力別によるヤング係数の比較

圧縮圧力20kgf/cm²によるジョイントスペースは平均1.6mm (cov=12.5%)であった。また、50kgf/cm²では1.1mm (cov=10.2%)であった。

また、Table 5から有効率はEf'/Efでみると圧縮圧力20kgf/cm²で0.96、圧縮圧力50kgf/cm²で0.98となり、後者の接合効率が高い結果となった。この傾向は、MOEの有効率についても同様のことがみられた。このことから、圧縮圧力の差によるヤング係数への影響がわずかではあるがみられた。

Table 4に圧縮圧力別の相関係数をみるといずれも高い正の相関を示しており、圧縮圧力（ジョイントスペース）に関わらず打撃音法による推定が可能であることが明らかとなった。ただ、圧力の条件が今回は2条件であるため、今後、南九州産スギで検討する場合、多くの圧縮圧力の差によるデータを蓄積する必要がある。

(4) 接着剤別によるヤング係数の比較

Table 4から接着剤別にみた相関係数をみると、いずれも正の高い相関が得られ打撃音法による推定が可能であることが明らかとなった。次に、両接着剤の有効率を比較した場合、Table 5からレゾルシノールではEf'/Ef=1.05、イソシアネートではEf'/Ef=0.96とレゾルシノールが高い接合効率を示した。これはMOEについても同様の結果が得られた。両接着剤における検定の結果、有意差は認められなかった。

以上のことから、接着剤の影響がヤング係数に及

Table 6. Results of multiple regression coefficient for sawara lamina wood

Specific gravity	No. of finger-joint	End-pressure	Adhesive	Ef	MOE	R ²
0.0174	0.0982	-0.0927	-0.2741	0.7114	0.1018	0.9632
0.0132	0.1412	-0.0927	-0.2717	0.7710		0.9621
-0.0063	0.1947	-0.0608	-0.3563		0.6641	0.8910
-0.0763	0.0457	-0.0998		0.8794	0.0559	0.9063
0.0085	0.1251		-0.2771	0.6830	0.1024	0.9548
0.0382		-0.0977	-0.2698	0.7273	0.1684	0.9616
	0.1127	-0.0916	-0.2688	0.7087	0.0972	0.9630
-0.0819	0.8156	-0.0291	-0.4112			0.8041
-0.1452	0.1531	-0.0602			0.7858	0.7877
-0.0870	0.0740			0.8509	0.0560	0.8967
0.0348			-0.2719	0.7061	0.1885	0.9521
		-0.0966	-0.2543	0.7263	0.1824	0.9604
	0.1507	-0.0919	-0.2677	0.7670		0.9620
-0.2632	0.9013	-0.0214				0.6625
-0.1504	0.1683				0.7714	0.7841
-0.0702				0.8601	0.1079	0.8957
			-0.2577	0.7010	0.2011	0.9512
		-0.1020	-0.2382	0.8975		0.9553
	0.7770	-0.0326	-0.4413			0.7994
-0.2644	0.9019					0.6620
-0.1133					0.9088	0.7792
				0.8815	0.0677	0.8910
			-0.2401	0.8892		0.9450
		-0.0326	-0.4413			0.1958
	0.7769	-0.0326				0.6047
0.1382						0.0202
	0.7770					0.6036
		-0.0326				0.0011
			-0.4413			0.1948
				0.9435		0.8903
					0.8756	0.7666

ぼす影響は得られなかった。

(5) 接合条件の因子からみた重回帰分析によるヤング係数の評価

本試験における接着接合に及ぼす因子が複数に絡んでいるため、接合部におけるヤング係数への影響を及ぼす因子を明らかにするため、それらの因子を説明変数とした重回帰分析を行った。説明変数因子として、比重、ジョイント数、圧縮圧力、接着剤、縦継ぎ前Ef、縦継ぎ前MOEとした。また、目的変数は縦継ぎ後MOE''とした。このとき、それぞれの係数は、分散を1²、平均値を0としてデータの標準化を行い分析をおこなった。

その結果をTable 6に示す。すべての因子を含んだ重回帰を行うと、決定係数R²=0.963と高い値を示し、その時得られる偏回帰係数の高い順に、縦継

ぎ前 E_f (0.71), 接着剤 (-0.27), 縦継ぎ前 MOE (0.108) の順であった。また, 比重, ジョイント数, 圧縮圧力の影響は先の因子と比較して低い影響しか見られなかった。これらの説明変数による重回帰の結果から, E_f が最も高い影響を与えている因子であることが明らかである。ただ, ここで MOE が低い値を示した理由として, E_f と MOE の間に多重共線性が原因していると考えられ, このことは, E_f が説明変数に加えられない MOE のみの重回帰分析では MOE の偏回帰係数が高い値を示していることから理解できる。ゆえに, E_f , MOE のいずれか一方によって, 予測が十分可能であるといえる。

これらのことから, E_f , MOE が縦継ぎ後の予測に強い影響を及ぼす因子であることが明らかとなった。よって, より簡便な手法である縦継ぎ前の E_f を明らかにすることで, 縦継ぎ後のヤング係数をより簡易に推定できるといえる。

要 約

南九州産スギの縦継ぎ材のヤング係数について検討した。本論文の目的は, スギ縦継ぎ材のヤング係数を打撃音法による E_f と静的曲げ試験によって得られる MOE との関係から明らかにし, E_f による可能性を検討することであった。また, 種々の接着条件下におけるサワラの縦継ぎ材も同様に検討した。

その結果以下のことが明らかとなった。

1. 供試したスギ6品種のヤング係数は比重の高い材ほどヤング係数も高い傾向を示した。品種別では, ヤナセ, ヨシノ, ヤク, アキタ, オビ, メアサの順であった。縦継ぎ後についても同様の結果を得た。

2. 縦継ぎ前後のヤング係数 (E_f と MOE, E_f' と MOE') の関係において相関係数 $r=0.9$ 以上の高い正の相関を得た。このことから, 打撃音法によるヤング係数の評価が可能となった。

3. スギ縦継ぎ材のヤング係数の変動係数が減少したのは, ランダムな接合により平均化したためと考えられた。

4. サワラの縦継ぎ材における接着条件では, 有効率で比較した場合, ジョイント数, 圧縮圧力, 接着剤ともに顕著な差はみられず, いずれも E_f と MOE の関係は高い相関を得た。

5. サワラの縦継ぎ材では, 重回帰分析の結果から, ヤング係数 (E_f , MOE) の影響が最も大きく, 縦継ぎ前のヤング係数を把握することにより, 縦継ぎ後のヤング係数を推定する最適な因子であることが明らかとなった。

謝辞 本実験におきまして, 材料調製, 人工乾燥ならびに材料試験にご助言, ご協力いただいた鹿児島県工業技術センター木材工業部の遠矢良太郎部長, 山之内清竜, 福留重人の各氏に深謝致します。また, 御校閲をいただいた本学教育学部松田健一教授に御礼申し上げます。

文 献

- 1) 有馬孝禮: 打撃音法による丸太材へのグレーディングシステム開発と木材乾燥制御への応用。平成元年度科学研究費補助金(試験研究1)研究成果報告書, (1990)
- 2) 藤田晋輔・佐田武信・馬田英隆・遠矢良太郎・山田武典・櫛山一利: 打撃音法によるスギ製材品のヤング係数の評価法 [1]。木材工業, 47, 266-270 (1992)
- 3) 林 知行: エンジニアリングウッド各論 たてつき木材。木材工業, 47, 544-547 (1992)
- 4) 池田潔彦・大森昭壽: スギ構造用大断面集成材に関する研究 (I) - 静岡県産スギのラミナ及び集成材の材質と強度性能 -。静岡県林業技術センター研究報告, 18, 25-35 (1990)
- 5) 宮内正文・藤田晋輔・服部芳明・伊東洋子・遠矢良太郎: 打撃音法によるスギ製材品のヤング係数の評価法 (II)。木材工業, 49, 312-317 (1994)
- 6) 林野庁監修: 林業統計要覧, p. 35, (1995)
- 7) 祖父江信夫: FFT スペクトルアナライザを用いた木材の過渡的縦振動によるヤング率測定。木材学会誌, 32, 744-747 (1986)

Summary

In this paper, some investigations were carried out on the Young's modulus of the finger-jointed Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) lamina wood, produced in Southern-Kyusyu.

The main purpose of this study consisted in examining the assumption that it might not be impossible for E_f (dynamic Young's modulus) to predict the Young's modulus of the finger-jointed lamina wood, depending on the clarified relationship between the E_f obtained by the TLVT (an analysis of Tones of Longitudinal Vibration by Tap) method and the MOE (modulus of elasticity) obtained by the static bending test.

Moreover, using the some experimental methods, the Young's modulus of finger-jointed Sawara (*Chamaecyparis pisifera* Endl.) lamina wood was studied under the various adhesive conditions.

The results obtained are as follows.

1. In the six species of Sugi, the Young's moduli increased with the increasing of specific gravity. The Young's moduli of the six species observed by tests were fixed to be arranged, in the order of descending prevalence, as in the following: yanasesugi, yoshinosugi, yakusugi, akitasugi, obisugi, measasugi. The same holds true for the Young's modulus obtained by the test on the finger-jointed lamina wood.

2. Strong correlations were noted between E_f and MOE on before- and after-joint. This fact allowed us to estimate the Young's modulus of the finger-jointed lamina wood by the TLVT method.

3. The decreasing of the coefficient of variation of Young's moduli on finger-jointed lamina wood Sugi may reasonably be attributed to the fact that Young's moduli were averaged by the random assembling joint.

4. Concerning the effectiveness coefficient on the finger-jointed lamina wood of Sawara, little differences were noted among the adhesive conditions, the number of the joint, the end-pressure and the adhesive materials. Under the various conditions high correlations were ascertained between E_f and MOE on-before- or after-finger-joint in its lamina wood.

5. Due to the results of the multiple regression analyses made on finger-jointed lamina wood of Sawara, it was ascertained that Young's modulus was the most prevalent factor. For fixing the Young's modulus on-after-finger-jointed lamina-wood, -formatin, it was assumed to be most proper that the Young's modulus on-before-finger-jointed lamina-wood-formation should be estimated.