

Title	<資料>サバ産植林木間伐材の性質
Author(s)	王, 潜; 佐々木, 光
Citation	木材研究・資料 (1989), 25: 45-51
Issue Date	1989-11-30
URL	http://hdl.handle.net/2433/51477
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

サバ産植林木間伐材の性質

王 潜*・佐々木 光*・Razali ABDUL-KADER**

Properties of Tropical Fast-growing Timbers from
Plantation Thinnings in Sabah, Malaysia

Qian WANG*, Hikaru SASAKI* and Razali ABDUL-KADER**

(平成元年8月1日受理)

To investigate the appropriateness of tropical hardwood thinnings of fast-growing species for structural use, mechanical tests were carried out on bending, shearing and cleavage properties for small clear specimens, and bending properties for full-scale dimension lumbers. The species tested were *Acacia mangium* (*Acacia mangium* Willd.), *Kamerere* (*Eucalyptus deglupta* Bl.), *Gmelina* (*Gmelina arborea* Linn.), and *Albizia* (*Albizia falcata* Backer.). All of these were planted in Sabah, Malaysia, and harvested after 9 years since planting.

The results were as follows:

1. An adequate correlation was derived between bending properties (modulus of rupture and modulus of elasticity) and wood density for small clear specimens, and its relationship was similar to that obtained from data on Japanese timbers.
2. The presence of knots and sloping grain reduced the modulus of rupture of dimension lumbers by 13 to 23% when compared to those of small clear specimens, while it affected little on modulus of elasticity.
3. A negative correlation was significantly observed between knot size and the bending strength in dimension lumbers.
4. The allowable stresses calculated through simple formula on dimension lumbers conformed to the criterion of Japanese lumber code for structural use.

1. はじめに

本報告は日本学術振興会東南アジア学術交流事業の一環として、京都大学木材研究所とマレーシア農業大学 (Universiti Pertanian Malaysia [UPM]) が実施している共同研究の結果の一つである。

マレーシアでは、天然林からの木材資源の減少を補うために、早生樹種の植林を行なってきた。そのう

* 木質材料部門 (Research Section of Composite Wood)

** Faculty of Forestry, Universiti Pertanian Malaysia.

Key words: structural lumber, solid wood properties, plantation species, Malaysia species, knots

ち、アカシア・マンギウム (*Acacia mangium* Willd. 以下 AM と略す)、カメレレ (*Eucalyptus deglupta* Bl. 以下 ED)、メライナ (*Gmelina arborea* Linn. 以下 GA)、アルビチア・ファルカータ (*Albizia falcata* Back. 以下 AF) の4樹種はすでによく成長し、その用途開発が必要となっている。このような背景の下で、上述の4樹種の主として力学的性質について調査研究し、素材としての構造適性ならびに木質材料としての加工適性などを検討した。

2. 供試材料及び試験方法

2.1 供試材料

供試原木はマレーシア国、サバ州の Sabah Softwood Sdn. Bhd. (Tawau, Sabah, Malaysia) から送られた植林早生広葉樹の上記樹種の間伐材である。原木の長さは 2 m、樹齢は約 9 年、元口および末口の平均直径は 18.5 (AM)~22.8 cm (AF) であった。原木は当研究所の資材室で、約 1 年間自然乾燥した後、試験に供した。

2.2 試験片の採取

A. 無欠点試験片の採取

各樹種につき原木 4 本ずつを任意に選び出し、日本工業規格 (JIS) の Z-2113, Z-2114, Z-2115 に定める木材の強度試験方法に従い、それぞれの原木 1 本から無欠点の曲げ試験片 3 個、せん断試験片 2 個および割裂試験片 2 個をそれぞれ採取した。試験片の総数は各樹種当り、曲げ試験片 12 個、せん断試験片 8 個、割裂試験片 8 個である。

B. 製材 (有節材) 試験体の採取

各樹種の原木を 4 本ずつ任意に選び出し、原木 1 本から寸法 21×40×790 mm の曲げ試験体を 5 本ずつ任意の木取りで採取した。すなわち、各樹種当り曲げ試験体を 20 個調製した。

2.3 試験方法

A. 無欠点材の試験

試験片を室内で十分に調湿後、比重と含水率を測定した。試験時の試験片の平均含水率は 11% であった。さらに、木材の試験方法 (JIS Z-2113, JIS Z-2114, JIS Z-2115) に準じて、曲げ試験 (スパン 280 mm の中央集中荷重) とせん断試験および割裂試験を行なった。

B. 製材 (有節材) の試験

試験体を室内で十分に調湿後、比重、含水率、平均年輪幅および 4 面最大集中節径比を測定した。4 面最大集中節径比は、試験体の中央部 450 mm (mid-span) におけるスパン方向 150 mm の材面に含まれるすべての節径の和 $\sum d_i$ を 4 材面のすべてについて測定し、その最大値を材の周長 D で除して求めた。試験時の試験体の平均含水率は 11% であった。同樹種の原木丸太から製造した LVL と性能を比較 (続報に発表予定) するために、構造用 LVL の製造規準 (JAS) の性能試験に準じて、曲げ試験 (エッジワイズに荷重した全スパン 720 mm、内スパン 160 mm の 4 点荷重方式) を行なった。

3. 結果と考察

3.1 無欠点試験片の強度試験結果

無欠点小型試験片について得られた力学的性質を表 1 に示す。

表において、比重の高い樹種ほど、曲げ強度 (MOR) および曲げヤング係数 (MOE) が大きくなる傾向が見られる。メライナ (GA) の場合は交錯木理が存在するため、破壊のタイプは脆性的な感じを与えた。

せん断強度は曲げ性能と同じように比重の高い樹種ほど、すなわち、せん断面に存在する実質量が多いほど大きくなる傾向を示した。比重が同程度の日本産広葉樹と比べて、せん断強度はほとんど変わらない。供

Table 1. Mechanical properties of small clear specimens from Sabah forest plantation thinnings¹⁾

Species		Average ²⁾ diameter (cm)	Density ³⁾ (g/cm ³)	Moisture content ⁴⁾ (%)	Bending ⁵⁾ (kgf/cm ²)		Shear ⁴⁾ (kgf/cm ²)		Cleavage ⁴⁾ (kgf/cm ²)	
					MOR	MOE × 10 ³	Radial	Tangential	Radial	Tangential
AM (<i>Acacia mangium</i>)	Av	16.7	0.54	10.7	759	101	104	107	35.6	43.1
	SD	1.01	0.05	0.40	148	16.0	21.4	21.3	7.17	8.95
	CV	6.04	9.49	3.72	19.5	15.9	20.6	20.0	20.2	20.8
ED (<i>Eucalyptus deglupta</i>)	Av	18.9	0.46	11.4	747	83.8	78.9	80.6	30.8	31.7
	SD	1.04	0.03	0.87	71.1	8.03	13.2	11.6	4.63	6.20
	CV	5.49	5.60	7.62	9.51	9.58	16.7	14.4	15.0	19.6
GA (<i>Gmelina arborea</i>)	Av	20.1	0.47	10.2	658	79.0	84.6	88.6	32.0	28.8
	SD	1.09	0.02	0.26	121	10.8	11.4	10.8	6.63	7.42
	CV	5.42	4.49	2.49	18.3	13.7	13.5	12.2	20.7	25.8
AF (<i>Albizia falcata</i>)	Av	19.1	0.31	10.8	477	55.2	58.2	55.9	19.5	22.4
	SD	0.81	0.02	0.55	53.4	7.86	8.83	2.70	3.12	5.32
	CV	4.23	7.76	5.13	11.2	14.2	15.2	4.84	16.0	23.8

1: Property values based on Japanese Industrial Standard Z-2113, Z-2114 and Z-2115, 2: Average of 4 logs, 3: Average of 44 specimens, 4: Average of 8 specimens, 5: Average of 12 specimens.

Note: Av; Average value, SD; Standard deviation, CV; Coefficient of variation, MOR; Modulus of rupture, MOE; Modulus of elasticity.

Radial indicates load applied to radial face and tangential indicates load applied to tangential face of specimens.

試樹種では特に大きな放射組織を持つものはないためか、板目面 (Tan) と柁目面 (Rad) のせん断強度の間には有意な差異が見られなかった。

割裂強度についても比重とともに増加する傾向が見られる。また、メライナ (GA) を除いて他の3樹種では、板目面 (Tan) の割裂強度が柁目面 (Rad) のそれよりも大きな値を示したが、この実験の範囲では有意な差が認められなかった。

図-1 は気乾比重と曲げヤング係数の関係、図-2 は気乾比重と曲げ強度の関係をそれぞれプロットしたものである。これらの図には、日本産木材のデータ¹⁾によって描いた回帰直線を比較のために記入してある。サバ産植林木の曲げヤング係数も日本産木材と同様、気乾比重に対し高い相関 ($r_A=0.88$) があるが、同じ比重に対してアルビチア・ファルカータ (AF) は日本産木材の平均的な値より幾分低く、アカシア・マンギウム (AM) は幾分高い傾向が見られる。

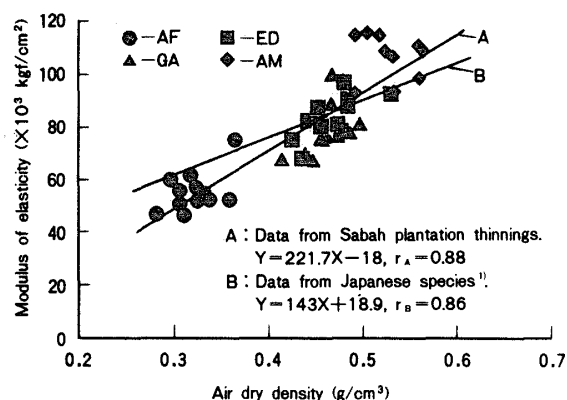


Fig. 1. Modulus of elasticity as a function of air dry density in small clear specimens from Sabah plantation thinnings.

Note: AF; *Albizia falcata* Back., ED; *Eucalyptus deglupta* Bl., GA; *Gmelina arborea* Linn., AM; *Acacia mangium* Willd.

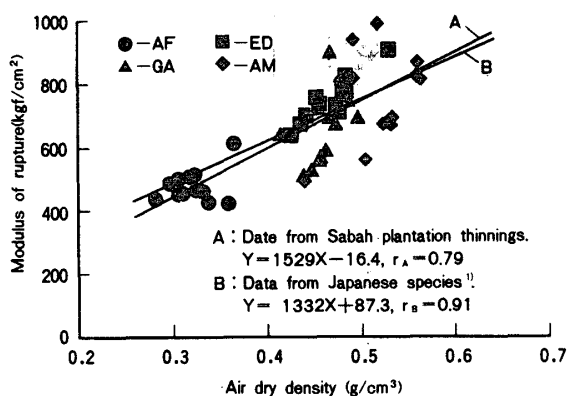


Fig. 2. Modulus of rupture as a function of air dry density in small clear specimens from Sabah plantation thinnings.

Note: See footnotes of Fig. 1.

図-2 に示したように、曲げ強度と気乾比重の間にもまたよい相関関係 ($r_A=0.79$) が認められる。同一比重の日本産木材と比較すると、ほぼ同程度の曲げ強度を有することがうかがえる。例えば、アカシア・マンギウム (AM) とカメレレ (ED) はセン (比重 0.52, MOR 750 kgf/cm²) に、メライナ (GA) はシナノキ (比重 0.5, MOR 650 kgf/cm²) に相当し、アルビチア・ファルカータ (AF) はキリ (比重 0.3, MOR 350 kgf/cm²) よりも幾分強い。比重の増加に伴う曲げ強度の増加割合は日本産木材¹⁾の場合とほぼ同じ傾向であると判断される。

3.2 製材品 (有節材) の強度試験結果

表-2 は4点荷重方式で行なった製材の曲げ試験結果である。表-1 の無欠点小試験片の試験結果と比較すると、比重はほとんど変わらないが、製材品では未成熟材部、目切れ、節などの欠点が存在するため、曲げ強度は無欠点小試験片より13% (AM) から23% (GA と ED) 低くなっている。しかし、強度に比べて組織感受性が低いと言われる曲げヤング係数²⁾の場合は、アルビチア・ファルカータ (AF) を除いて、無欠点小試験片の値とほとんど変化していない。

節が曲げ強度に与える影響を調べるために、試験体の4面最大集中節径比と曲げ強度との相関関係を求め

Table 2. Mechanical properties of dimension lumbers from Sabah forest plantation thinnings¹⁾

Species	Average ²⁾ diameter (cm)	Density ³⁾ (g/cm ³)	M.C. ⁴⁾ (%)	Average Annual Ring Width ³⁾ (mm)	Maximum ratio of knots size ³⁾ (%)	Bending ³⁾ (kgf/cm ²)		
						MOR	MOE ×10 ³	
AM (<i>Acacia mangium</i>)	Av	18.5	0.54	11.4	6.0	7.73	664	96
	SD	0.68	0.07	0.48	1.9	6.81	197	15.7
	CV	3.67	12.7	4.21	32.7	88.2	29.7	16.3
ED (<i>Eucalyptus deglupta</i>)	Av	20.6	0.49	11.6	6.9	16.3	577	86.5
	SD	1.82	0.03	0.37	2.2	22.9	122	18.1
	CV	8.82	5.47	3.19	31.5	140	21.2	20.9
GA (<i>Gmelina arborea</i>)	Av	21.3	0.49	11.6	6.0	8.43	510	76.6
	SD	1.29	0.05	0.79	2.2	12.8	135	11.5
	CV	6.07	9.55	6.81	39.1	152	26.5	15.0
AF (<i>Albizia falcata</i>)	Av	22.8	0.29	11.3	12.0	5.99	383	62.1
	SD	2.47	0.05	0.84	3.1	9.21	135	19.0
	CV	10.9	15.9	7.43	26.5	154	35.1	30.6

1: Property values based on Japanese Agricultural Standard, "Criterion of LVLs for structural use". 2: Average of 4 logs, 3: Average of 20 specimens, 4: Average of 8 specimens. Note: See footnotes of Table 1.

Table 3. Correlation between maximum ratio of concentrating knots size and MOR for dimension lumbers from Sabah forest-plantation thinnings

Species	Number of specimens	MOR (kgf/cm ²)	Maximum ratio of knots size ¹⁾ (%)	Coefficient of correlation
AM	20	664	7.73	-0.32
ED	20	577	16.3	-0.61
GA	20	510	8.43	-0.53
AF	20	383	5.99	-0.74

1: Maximum ratio of total size of concentrating knots in 15 length to the distance round of each lumber.

た。その結果を表一3に示す。

表一3に示すように、製材品における4面最大集中節径比と曲げ強度との間には、負の相関関係が認められ、アカシア (AM) を除いてかなり高い値を示している。4面最大集中節径比が一番高い樹種のカメレレ (ED) の場合、曲げ破壊はほとんど試験体のスパン中央部における節や節周辺の繊維配向の乱れたところに発生したことから、4面最大集中節径比はこの樹種の曲げ強度にとって支配的な要因であり、MOR との相関係数が高くなったと考えられる。アルビチア・ファルカータ (AF) の場合、4面最大集中節径比と曲げ強度の相関係数が最も高くなっているが、破壊箇所を検討すると破壊が節のところに発生するよりも、節や入り皮の存在する脆性的部位の未成熟材部と思われる箇所から発生することが多く、この高い相関係数の持つ意味は不明である。

普通構造用材として広葉樹Ⅱ類に規定されている曲げ許容応力度 (長期) は 70 kgf/cm²、曲げヤング係数

は $80 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ である³⁾。通常、米国において用いられている許容応力度の便宜的な算定式⁴⁾

$$\text{許容応力度 } f = (A_v - 2 \times SD) / 2.1$$

ここに、 A_v : 製材品の平均曲げ強度, SD : 標準偏差

を用いて各樹種の許容応力度の値を計算すると、アカシア・マンギユム (AM) の場合は、 129 kgf/cm^2 、カメレレ (ED) の場合は 159 kgf/cm^2 、メライナ (GA) の場合は 114 kgf/cm^2 、アルビチア・ファルカータ (AF) の場合は 53.8 kgf/cm^2 となった、アルビチア・ファルカータ (AF) を除いて、広葉樹Ⅱ類普通構造用材として十分な曲げ強度をもっていると考えられる。曲げヤング係数の平均値も設計規準値に近いあるいはそれ以上の値を示している。

比重の一番低いアルビチア・ファルカータ (AF) でも、低品質の杉材に要求される規準値³⁾ (気乾比重 0.3以下の杉に対して曲げ許容応力度 (長期) 42 kgf/cm^2 , 曲げヤング係数 $49 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$) よりも高い値を示している。

図-3は製材品の曲げヤング係数と気乾比重の関係、図-4は製材品の曲げ強度と気乾比重の関係を示したものである。比重の増加に伴う曲げ強度、曲げヤング係数の増大傾向は、無欠点小試験片における結果と比べると、やや緩やかになるものの、製材品においても比重との増加につれて曲げヤング係数と曲げ強度は高くなっており、両者とも比重との間に高い相関性を持っている。

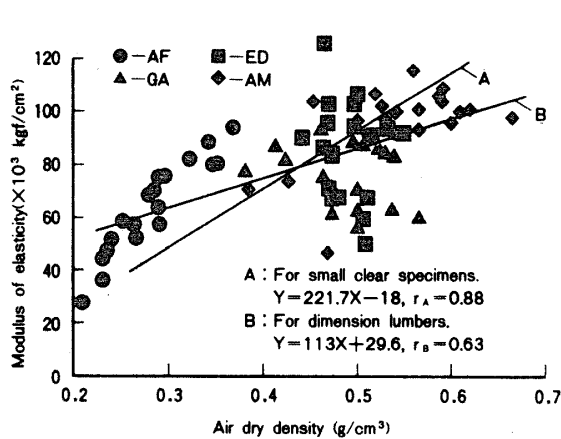


Fig. 3. Modulus of elasticity as a function of air dry density in dimension lumbers from Sabah plantation thinnings.

Note: See footnotes of Fig. 1.

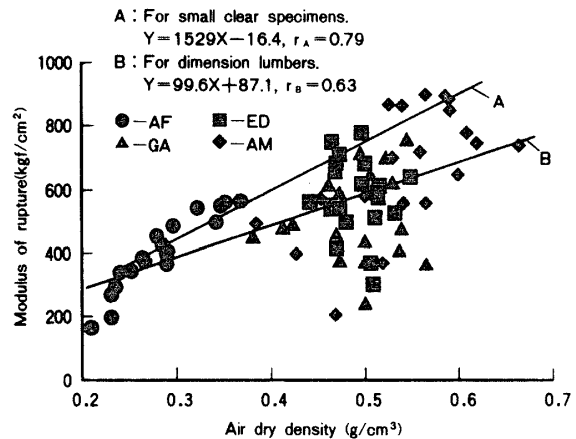


Fig. 4. Modulus of rupture as a function of air dry density in dimension lumbers from Sabah plantation thinnings.

Note: See footnotes of Fig. 1.

4. 結 論

マレーシア、サバ州に植林した早生広葉樹間伐材 (9年生) について、無欠点小試験片の曲げ試験、せん断試験、割裂試験および製材品の曲げ試験を行ない、次の結論を得た。

- 1) 無欠点小試験片の気乾比重と曲げ強度との間には高い相関関係が見られ、その傾向は日本産木材における場合と類似している。
- 2) 無欠点小試験片の気乾比重と曲げヤング係数の関係もまた高い相関性を持ち、日本産木材のそれと類似している。
- 3) 製材品の曲げ強度は未成熟材や節や目切れなどの欠点の存在によって、無欠点小試験片より13~23%低くなっているが、曲げヤング係数は無欠点材の結果とほとんど変わらない。

- 4) 製材品における4面最大集中節径比と曲げ強度との間には、ある程度の負の相関性が認められる。
- 5) 計算で求めた製材品の曲げ許容応力度は、木構造設計規準に示された値を上回る結果を示している。

謝 辞

本実験の実施にあたり原木を提供頂いたマレーシアの Sabah Softwoods Sdn. Bhd. (Tawau, Sabah, Malaysia), 原木調達に御助力頂いた当研究所石原助教授, 佐藤助教授ならびにユアサ建材工業(株)の長谷泰弘氏に対し, また, 実験に御協力頂いた当研究所木質材料研究部門の川井先生と研究室の各位に対し, ここに謝意を表する。

文 献

- 1) 林業試験場：木材工業ハンドブック(改訂3版) 188, 1982
- 2) 中戸莞二編：木材工学 140-143 (1985)
- 3) 日本建築学会：木構造設計規準・同解説 (1973)
- 4) P. Коси: For. Prod. J., 23: 17 (1973)