

ヒノキラミナの強度性能評価 －各種径級の原木と得られるラミナの Efr の関係－

野上英孝・見尾貞治

1. はじめに

建築基準法の改正や「住宅の品質確保の促進等に関する法律」の制定等により、現代の木造住宅には無垢の柱・横架材に代替し、寸法安定性、強度信頼性により優れた構造用集成材も多く使用されるようになった。岡山県における主要造林木であるヒノキは従来、化粧性・芳香性等を付加価値とする無垢製材品が主な用途であったが、最近では一部の住宅メーカー等で集成材としての利用が見られるようになった。これに伴い県内でもヒノキラミナや集成材を生産する企業が現れている。

ヒノキ造林木を構造用集成材の原料として捉える場合、得られるラミナの強度等級分布が重要な情報となる。本研究では、岡山県北部に流通する各種径級のヒノキ原木と、そこから得られるラミナのヤング係数の関係を調査した。なお、平成 19 年度の JAS 改正により、幅はぎラミナを用いた構造用集成材の製造も可能となったことから、従来ラミナ製材に用いられていない小径材も含めて調査した。

2. 方法

1) 供試原木と Efr_{log} の測定

県内の原木市場にほぼ同時期に集荷され、径級選別されたヒノキ 3m 直材の中、いわゆる「小径材」、「(柱)適寸材」、「中径材」からそれぞれ無作為に 30 本、50 本、45 本を調達し、供試原木とした。供試した各種原木の末口径、年輪数を表 1 に示す。全ての原木について縦振動法によりヤング係数 (Efr_{log}) を測定した。なお、各原木密度を求める際の材積の計算は平均直径法²⁾を用いた。

2) ラミナ製材および Efr_{lam} の測定

ラミナ製材は当センター保有の製材機を用い、ラミナ幅にタイコ落とし後、だら挽き²⁾により行った。小径材、適寸材、中径材からそれぞれ第 1 表に示す寸法・枚数のラミナを製材し、含水率 12%～15%に乾燥 (天然乾燥 6 ヶ月、20℃, 60% RH 2 ヶ月) した後、縦振動法によりヤング係数 (Efr_{lam}) を測定した。

第 1 表 供試原木と製材されたラミナの寸法・数量等

原木区分	原木 (3m)			ラミナ (3m)		
	本数	末口径 (cm)	年輪数 (末口側)	厚さ (mm)	幅 (mm)	製材枚数 (原木1本あたり)
小径材	30	12～16	16～35	25	90	90 (3)
適寸材	50	16～22	21～41	25	120	240 (4or5)
中径材	45	22～36	31～53	25	130	312 (6or7)

3. 結果

1) 供試原木の材質

各径級区分における $E_{fr_{log}}$ 測定結果を第2表に、原木直径と $E_{fr_{log}}$ の関係を第1図に示す。また、原木の材質（平均直径、細り率、年輪数、平均年輪幅、見かけの密度、第1次縦基本振動数(fr)、 $E_{fr_{log}}$ ）相互間の関係性を検定した結果を第3表に示す。

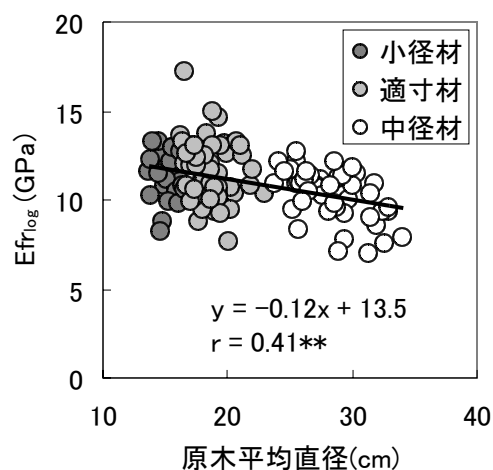
中径材の $E_{fr_{log}}$ 平均値が小径材、適寸材に比較して有意(1%水準)に低い結果となったが、これは第1図に示すように、原木平均直径と $E_{fr_{log}}$ との間に負の相関が見られたためである。また、第3表に示すように平均年輪幅と $E_{fr_{log}}$ の間に負の相関が認められ、平均年輪幅と平均直径との間には正の相関が認められた。つまり、径の小さな丸太ほど平均年輪幅が小さく、 $E_{fr_{log}}$ が大きい傾向があると言え、同様の傾向がスギ³⁾ やカラマツ⁴⁾ についても報告されている。

なお、 $E_{fr_{log}}$ と最も相関係数の高い材質指標は fr であった。

第2表 各径級区分における $E_{fr_{log}}$

径級区分	小径材	適寸材	中径材
平均値	11.3	11.6	10.2
最小値	8.2	7.6	7.0
最大値	13.3	17.1	12.7
標準偏差	1.2	1.8	1.4

※単位はGpa



第1図 原木直径と $E_{fr_{log}}$ との関係

第3表 原木の各種材質指標および $E_{fr_{log}}$ の相関

[上三角：単相関係数 / 下三角：有意判定マーク (**: 1%)]

	平均直径	細り率 ^{※1}	年輪数 ^{※2}	年輪幅 ^{※3}	密度 ^{※4}	fr	$E_{fr_{log}}$
平均直径		0.29	0.72	-0.49	-0.62	-0.03	-0.41
細り率 ^{※1}	**		0.12	-0.25	-0.11	-0.27	-0.30
年輪数 ^{※2}	**	—		0.23	-0.57	0.31	-0.03
年輪幅 ^{※3}	**	**	**		0.13	0.46	0.54
密度 ^{※4}	**	—	**	—		-0.30	0.41
fr	—	**	**	**	**		0.72
$E_{fr_{log}}$	**	**	—	**	**	**	

※1：(元口径-末口径)/長さ

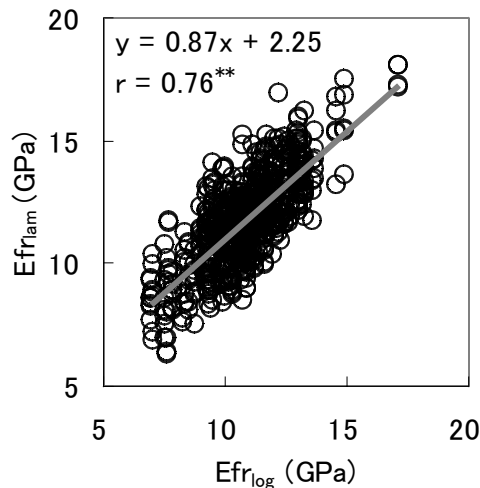
※2：(元口年輪数+末口年輪数)/2

※3：(元口平均年輪幅+末口平均年輪幅)/2

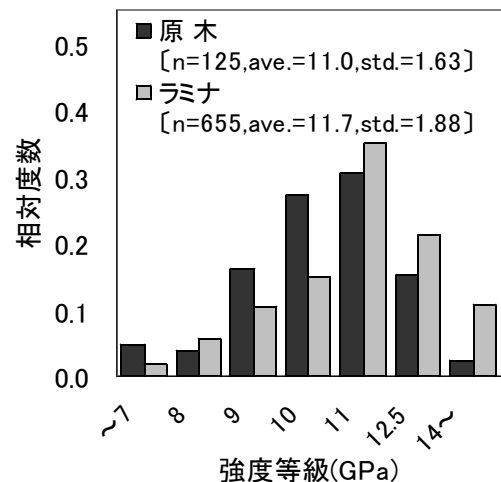
※4：測定時含水率における見かけの密度

2) 原木径級、Efr_{log} と得られたラミナの Efr_{lam} との関係

全ての原木の Efr_{log} とそこから得られたラミナの Efr_{lam} 関係を第 2 図に、それぞれの Efr 等級分布を第 3 図に示す。縦振動により測定した Efr はその材の平均的な数値になることが知られており⁵⁾、ヒノキにおいても第 2 図に示すとおり Efr_{log} と Efr_{lam} の間には高い相関が認められたが、Efr_{lam} の平均値の方が Efr_{log} よりも大きい。これは、Efr_{lam} の測定を乾燥後に行ったため、Efr_{log} を測定した生材時に比較して向上したためと考えられる。その結果、第 3 図に示すように、Efr_{lam} の強度等級分布が Efr_{log} に比較して高い分布を示した。



第 2 図 原木と得られたラミナの Efr の関係



第 3 図 原木とラミナの Efr 等級分布

各原木径級毎から得られたラミナ区分の Efr_{lam} を第 4 表に示す。原木径級間における Efr_{log} 平均値の序列が、第 2 表に示すように、適寸材 ≒ 小径材 > 中径材であったのに対し、各原木径級から得られたラミナ区分間の Efr_{lam} 平均値の序列は適寸材ラミナ > 小径材ラミナ ≒ 中径材ラミナとなり、異なる結果を示した (≒ : 有意差なし, > : 有意差あり)。

第 4 表 各ラミナ区分における Efr_{log}

ラミナ区分	小径材ラミナ	適寸材ラミナ	中径材ラミナ
平均値	11.5	12.2	11.4
最小値	7.5	6.3	6.9
最大値	15.4	18.1	16.9
標準偏差	1.7	2.1	1.7

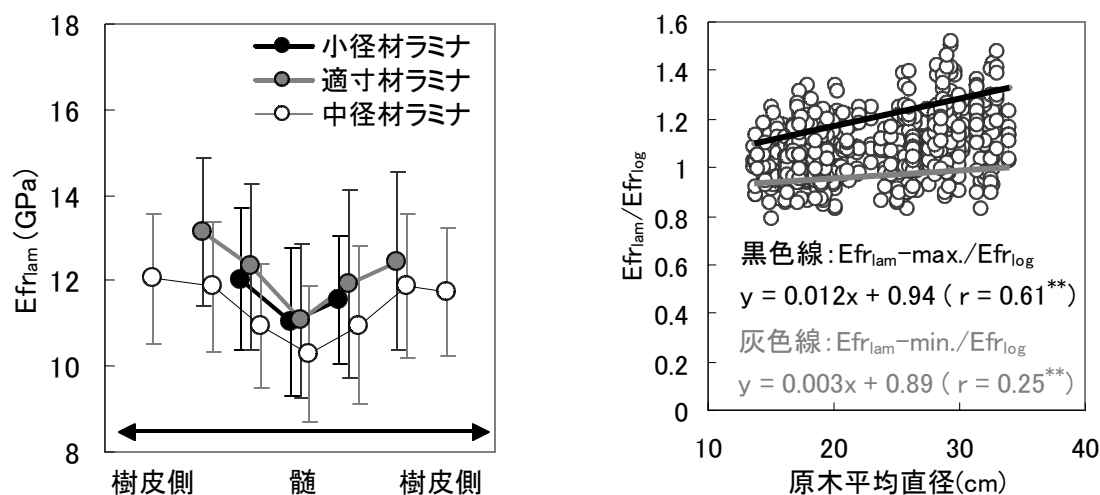
※単位はGpa

この理由を、各原木におけるラミナの木取り位置と Efr_{lam} の関係から考察する。各ラミナの木取り位置を、原木の中心 (髄) からラミナの厚さ中心との相対距離で表し、Efr_{lam} との関係を示す。スギ⁶⁾、カラマツ⁴⁾における傾向同様、髄を含む未成熟材部から木取り位置が外側に移るに従い、Efr_{lam} が大きくなる傾向が認められた。また、中径材では両最外側から 2 枚のラミナの Efr_{lam} に有意差が見られず、強度の安定した成熟材部のみから十分にラミナ採材が出来ていることが読み取れる。一方、小径材では中心部と最外側のラミナの Efr_{lam} の差が適寸材や中径材ラミナに比較して小さい傾向が見られた。つまり、小径材では最外側ラミナにも未成熟材部や成熟材への移行部が含まれていると考えられる。次に、各原木の Efr_{log} に対する、そこから得ら

れたラミナの $E_{fr_{lam}}$ の比を、原木平均直径と関係付けて第 5 図に示す。原木の $E_{fr_{log}}$ に対し、そこから得られるラミナの $E_{fr_{lam}}$ 最小値の比（図中の $E_{fr_{lam-min.}}/E_{fr_{log}}$ ）が原木直径によってさほど変わらない一方、 $E_{fr_{lam}}$ 最大値の比（図中の $E_{fr_{lam-max.}}/E_{fr_{log}}$ ）は原木直径の増大とともに大きくなる傾向が認められた。

以上の結果から、原木の径級が大きいほど、 $E_{fr_{log}}$ に対し $E_{fr_{lam}}$ の比が高いラミナが原木外側から多く採材出来ていることが分かった。すなわち、小径材の $E_{fr_{log}}$ は中径材に比較して大きい、ラミナの $E_{fr_{lam}}$ は中径材から得た方が $E_{fr_{log}}$ に対して大きなものが多く採材出来るため、両者から得られたラミナの $E_{fr_{lam}}$ 平均値に差が認められない結果となったと言える。

なお、小径材ラミナでは製材歩留まりも最も低くなり、原木外周部（成熟材部）が有効に利用出来ていない。製材歩留まりと強度歩留まりを向上させる方法として、原木外周部を歩留まり良く含む台形ラミナの製造が挙げられる。



第 4 図 原木内の木取り位置と $E_{fr_{lam}}$ の関係 第 5 図 各径級の原木 $E_{fr_{log}}$ とそこから得られたラミナ $E_{fr_{lam}}$ の比

4. おわりに

各種径級区分（小径、適寸、中径材）の原木 $E_{fr_{log}}$ とそこから得られるラミナ $E_{fr_{lam}}$ の発生割合及び相関関係を調査した。今後、ラミナ $E_{fr_{lam}}$ と曲げヤング係数 (E_s) の関係を調査し、径級区分毎の JAS¹⁾におけるラミナ強度等級の発生割合を明らかにするとともに、ラミナの各種強度性能について調査を行う。

5. 参考文献

- 1) 農林水産省：“告示第 1152 号 集成材の日本農林規格”，(2007)
- 2) 森林総合研究所：“木材工業ハンドブック”，丸善，(2004)
- 3) 小泉彰夫ほか 5 名：木材学会誌，43(1)，46-51(1997)
- 4) 橋爪丈夫，吉田孝久，石原茂久：同上，43(8)，647-654(1997)
- 5) 有馬孝禮ほか 4 名：材料，39(444)，1228-1234(1990)
- 6) たとえば池田潔彦：静岡林技セ研報，23，7-19(1990)