

## 北海道産カラマツの集成材ラミナとしての性能評価

松本 和茂      安久津 久<sup>\*1</sup>      藤原 拓哉<sup>\*2</sup>      堀部 敏<sup>\*3</sup>

### Evaluation of Karamatsu (*Larix kaempferi*) Planted in Hokkaido as Laminae for Glued Laminated Timber

Kazushige MATSUMOTO   Hisashi AKUTSU   Takuya FUJIWARA   Satoshi HORIBE

Strength properties of laminae produced from 50 karamatsu (*Larix kaempferi*) logs collected from the Shiribeshi region were obtained for the purpose of producing laminae suitable for manufacturing structural glued laminated timber efficiently. Grading the log stage was effective even though the modulus of elasticity (MOE) of the lamina tended to rise from pith toward the bark and the variation of MOE from the same log was large. Inferior laminae were decreased and the appearance ratio of the outermost layer lamina was improved when manufacturing structural glued laminated timber.

**Key words:** *Larix kaempferi*, log, lamina, modulus of elasticity  
カラマツ, 丸太, ラミナ, ヤング係数

構造用集成材の製造に適した強度性能の高いラミナを効率よく生産することを目的として、後志管内から伐出されたカラマツ丸太50本からラミナを生産し、丸太からラミナまでの製造過程における強度性能データを得た。ラミナのヤング係数は髄から樹皮側に向かって上昇する傾向があり、同一丸太から採材されたラミナでもヤング係数の変動が大きかった。しかし、丸太をヤング係数に基づきグループ分けし、上位のグループから得られたラミナのみを集成材用とすることにより、構造用集成材製造における使用不可ラミナの低減および最外層用ラミナの出現割合向上の効果が認められ、丸太段階での強度区分の有効性が示された。

#### 1. はじめに

北海道内のカラマツ人工林資源は成熟期を迎えており、近年、集成材をはじめ建築用材としての需要の伸びが著しい。しかし、材価はそれほど上昇しておらず、梱包材等と比べても価格面での優位性はわずかである。これは、集成材工場に入荷するラミナ原板において、最外層に用いる高い強度等級の割合が必要量に満たないことがあり、その場合、ラミナ

原板を必要以上に入荷しなければならず、製品歩留まりが低下する<sup>1)</sup>ことが一因となっている。

既往の報告では、強度性能の高いラミナを効率的に得ることを目的として、丸太とラミナの材質の関連<sup>2)</sup>やヤング係数を用いた集成材用原木の選別<sup>3)</sup>について検討し、丸太段階での強度区分の有効性が示されている。

そこで、本研究では北海道産カラマツを用いて構

造用集成材用のラミナを生産し、丸太からラミナまでの材質調査を行い、丸太のヤング係数と得られたラミナのヤング係数の関係および人工乾燥によるラミナのヤング係数の変化を検討した。さらに、丸太を強度区分することによるラミナ生産の効率性の向上効果も検討した。

## 2. 供試材

供試材は、ようてい森林組合の事業エリアである後志管内の京極町、倶知安町、喜茂別町、真狩村、積丹町、仁木町、蘭越町から伐出したカラマツ丸太50本で、材長370cm、末口径31.0～41.5cm（平均35.4cm）、樹齢は不明であるが、末口で測定した年輪数は30～60であった。なお、使用した丸太の径級は、大断面集成材用ラミナ（3.2参照）の採材が可能な径級とした。

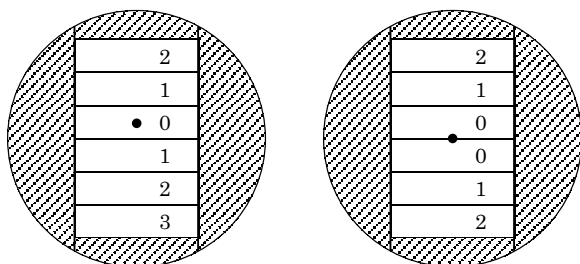
## 3. 試験方法

### 3.1 丸太の測定

はく皮前の丸太について、重量、寸法および打撃音の基本振動数を測定し、動的ヤング係数を算出した。丸太の重量は、重機で丸太を吊り下げ、重機と丸太の間に取り付けたひずみゲージ式ロードセルによって測定した。寸法は、材長、末口径、元口径を測定した。密度は、丸太の形状を、末口径、元口径を平均した直径を持つ円柱と仮定して求めた。打撃音の基本振動数の測定にはFFTアナライザー（小野測器製CF-1200）を用いた。

### 3.2 ラミナの測定

製材は、丸太をバーカーではく皮した後、第1図に示した木取りで行い、断面168×45mmのラミナ



第1図 ラミナの木取り

凡例) ●: 髓の位置

Fig. 1. Location of laminae in log.

Legend) ●: Location of pith

を得た。その際、図の斜線部分からはラミナを採材しなかった。ラミナは、1本の丸太から4～6枚採材され、総数は250枚となった。これらについて、重量、打撃音の測定を行った。ラミナの番号は、採材位置により、髓を含むまたは髓に接するものを0とし、それから樹皮側に向かって1, 2, 3とした。

この250枚のラミナの中から50枚のラミナを、動的ヤング係数の平均値と分散が抽出前と近似するように選び出し、林産試験場で人工乾燥を行った。乾燥条件は中高温条件（80～95℃）とし、目標含水率を10%に設定して行った。乾燥後3週間養生した後、重量、寸法、打撃音の測定を行った。

次に、ラミナを断面153×37mmに鉋削し、曲げ強度試験に供するために、長さ1200mmのラミナ3枚に分割した。分割した全てのラミナについて、重量、打撃音を測定して動的ヤング係数を求め、分割した3枚のうち分割前の動的ヤング係数に最も近いラミナを曲げ強度試験に供した。曲げ強度試験は、集成材のJASに規定されている「曲げC試験」に準じて、スパン1050mmの3等分点4点荷重方式で行った。

## 4. 結果と考察

### 4.1 丸太およびラミナの測定結果

測定した丸太およびラミナの材質を第1表に、丸太の動的ヤング係数 $E_{fr}$ の頻度分布を第2図に示す。人工乾燥後のラミナの含水率は、曲げ強度試験終了後、全乾重量法により測定した結果、平均9.1%、変動係数8.1%であった。人工乾燥後の動的ヤング係数 $E_{dd}$ 、曲げヤング係数 $E_b$ および曲げ強さ $f_b$ は、ASTM D-2915に従い含水率12%時の値に補正した。

丸太の動的ヤング係数 $E_{fr}$ と、その丸太から得られたラミナの動的ヤング係数 $E_{dg}$ の平均値の関係を第3図に示す。相関係数は0.637であり、危険率1%で有意な相関関係が認められた。

ラミナの採材位置と $E_{dg}/E_{fr}$ の関係を第4図に示す。髓付近から採材されたラミナは未成熟材比率が高くなるため、相対的に低い値を示し、樹皮側に向かって上昇する傾向が明瞭に示された。

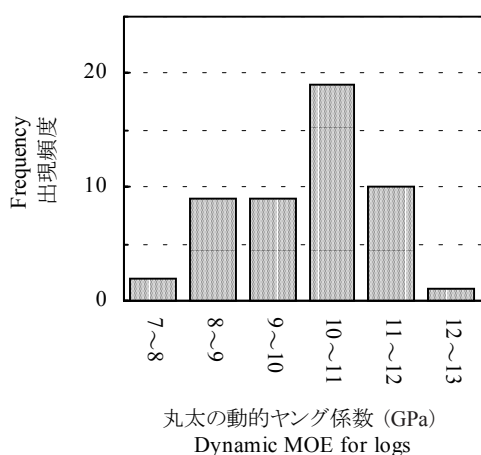
人工乾燥および曲げ強度試験に供するため抽出した50枚のラミナの、人工乾燥前後の動的ヤング係数の関係を第5図に示す。原点を通した回帰直線から

第1表 丸太およびラミナの材質

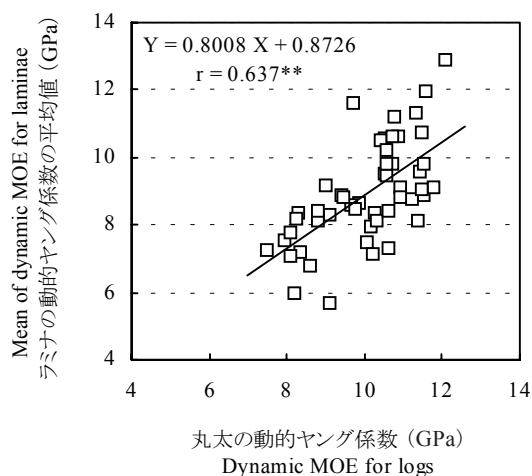
Table 1. Properties of logs and laminae.

| 記号<br>Symbol                | 密度 (kg/m <sup>3</sup> )<br>Density |       |       | 動的ヤング係数 (GPa)<br>Dynamic MOE |          |          | 曲げヤング係数 (GPa)<br>MOE in bending | 曲げ強さ (MPa)<br>MOR |
|-----------------------------|------------------------------------|-------|-------|------------------------------|----------|----------|---------------------------------|-------------------|
|                             | $D_{\log}$                         | $D_g$ | $D_d$ | $E_{fr}$                     | $E_{dg}$ | $E_{dd}$ | $E_b$                           | $f_b$             |
| 乾燥状態<br>Moisture condition  | Green                              | Green | KD    | Green                        | Green    | KD       | KD                              | KD                |
| 試験体数<br>Number of specimens | 50                                 | 250   | 50    | 50                           | 250      | 50       | 50                              | 50                |
| 平均値<br>Mean                 | 591                                | 639   | 530   | 10.1                         | 8.97     | 10.7     | 10.3                            | 50.3              |
| 変動係数 (%)<br>CV              | 8.3                                | 11.0  | 10.5  | 11.9                         | 22.9     | 21.9     | 21.5                            | 35.9              |

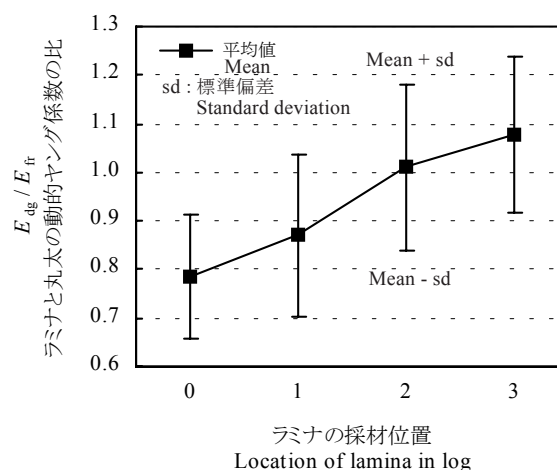
凡例)  $D_{\log}$ ,  $E_{fr}$ : 丸太,  $D_g$ ,  $E_{dg}$ : 未乾燥ラミナ,  $D_d$ ,  $E_{dd}$ ,  $E_b$ ,  $f_b$ : 人工乾燥後のラミナ, Green: 未乾燥, KD: 人工乾燥後  
 Legend)  $D_{\log}$ ,  $E_{fr}$ : Logs;  $D_g$ ,  $E_{dg}$ : Green laminae;  $D_d$ ,  $E_{dd}$ ,  $E_b$ ,  $f_b$ : Kiln-dried laminae; KD: Kiln-dried; CV: Coefficient of variation.



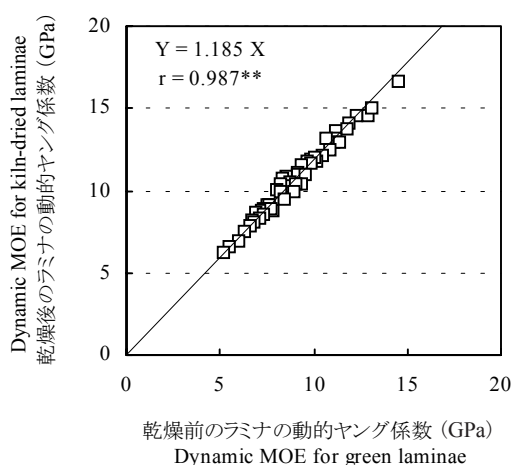
第2図 丸太の動的ヤング係数の頻度分布  
 Fig. 2. Frequency of dynamic MOE for logs.



第3図 丸太の動的ヤング係数とその丸太から得られたラミナの動的ヤング係数の平均値の関係  
 Fig. 3. Relationships between dynamic MOE for logs and dynamic MOE for mean of laminae.



第4図 ラミナの採材位置と  $E_{dg}/E_{fr}$  の関係  
 注) ラミナの採材位置は第1図参照  
 Fig. 4. Relationships between location of lamina in log and dynamic MOE ratio of green laminae to log.  
 Note) Location of laminae in log: See Fig. 1.



第5図 乾燥前後のラミナの動的ヤング係数の関係  
 Fig. 5. Relationships between dynamic MOE for laminae before and after kiln-drying.

求めた動的ヤング係数の増加率は18.5%であり、FSPを28%と考えれば、乾燥によるヤング係数の増加率は含水率1%あたり1.16%であった。

ラミナの曲げ強度試験の直前に測定した動的ヤング係数 $E_{dd}$ と、曲げ強度試験によって求めた曲げヤング係数 $E_b$ との関係を第6図に示す。 $E_{dd}$ は $E_b$ より7.0%大きい結果となった。

曲げ強さについては、 $E_b$ に基づいて集成材のJASに規定されている「等級区分機による等級」に区分し、各等級に定められている曲げ強さの基準値と対照したところ、等級ごとの平均値では全ての等級で基準値を上回っており、等級ごとの下限値では基準値を下回ったものは50体中1体のみだった。

#### 4.2 ラミナのJAS等級ごとの出現割合

丸太を製材して得られた全ラミナ250枚について、人工乾燥によるヤング係数の増加および動的ヤング係数と曲げヤング係数の比を考慮して、集成材のJASに規定されている「等級区分機による等級」ごとの出現割合を求めた(第7図)。日本集成材工業協同組合では、カラマツの異等級対称構成集成材における標準集成材(主に生産される強度等級)を、E105-F300およびE95-F270としている<sup>1)</sup>が、北海道内の集成材メーカー数社の現状では、工場に入荷するラミナ原板の品質によっては、そのロットに含まれる最外層のラミナ(E105-F300ではL125, E95-F270

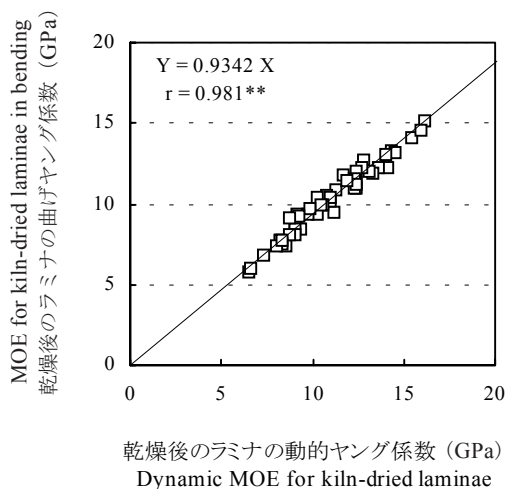
ではL110)の割合が必要量に満たない場合があり、製造時の歩留まりを低下させる要因となっている。今回の試験結果では、L110以上の出現割合が28.4%、L125以上の出現割合が14.0%となっていることから、E95-F270であれば安定的な製造が可能であり、E105-F300についても一定の割合での製造が可能と考えられる。

#### 4.3 丸太段階での強度区分の有効性の検討

カラマツ構造用集成材では、JASに規定された「等級区分機による等級」のL60以下のラミナは使用できない。今回の試験結果では、L60以下の割合は8.0%であったが、これら使用不可ラミナは歩留まり低下の要因となっている。また、集成材工場において、構造用集成材の計画的な生産のためには、最外層用ラミナの安定的な確保が重要な課題である。

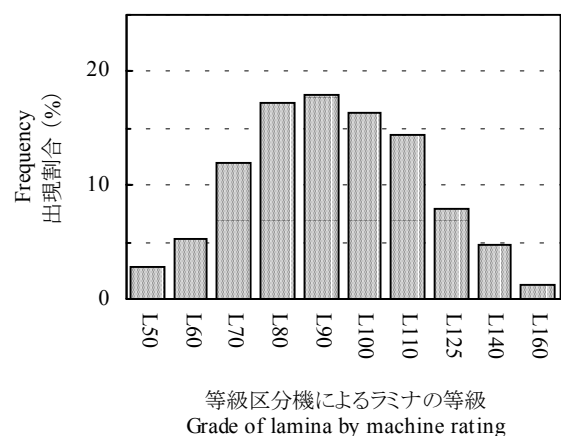
そこで、丸太段階で強度区分を行い、強度の高い丸太のみからラミナを採材することによる、使用不可ラミナの低減および最外層用ラミナの出現割合向上の可能性について検討した。

全丸太の半数をラミナ用として使用すると仮定して、動的ヤング係数を指標に、上位50%(25本)と下位50%(25本)に区分し、それぞれのグループの丸太から得られたラミナの「等級区分機による等級」ごとの出現割合を求めた(第8図)。この両グループの動的ヤング係数のしきい値は10.4GPaであり、得られたラミナの枚数は、上位:121枚, 下位:129枚であった。カラマツは、第4図に示したように樹



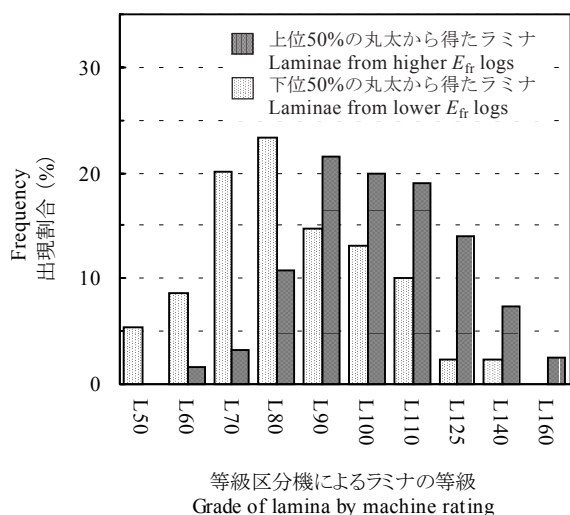
第6図 乾燥後のラミナの動的ヤング係数 $E_{dd}$ と曲げヤング係数 $E_b$ の関係

Fig. 6. Relationships between dynamic MOE for laminae and MOE for laminae in bending.



第7図 ラミナのJAS等級ごとの出現割合

Fig. 7. Frequency of JAS grade of lamina by machine rating.



第 8 図 丸太を強度区分した場合のラミナの JAS 等級ごとの出現割合

Fig. 8. Frequency of JAS grade of lamina by machine rating when log was strength graded.

幹内におけるヤング係数の変動が大きいいため、上位、下位それぞれのラミナの分布にはある程度の重なりが生じる。それでも上位50%の丸太から得たラミナの出現割合は、L110以上が43.0%、L125以上が24.0%に向上し、また、L60以下は1.7%に低減しており、丸太段階での強度区分の有効性が示された。

## 5. まとめ

ようてい森林組合の事業エリアである後志管内から集められたカラマツ丸太50本を用いて、構造用集成材用のラミナ生産を行い、丸太からラミナまでの製造過程におけるヤング係数を把握した。ラミナのヤング係数は髓から樹皮側に向かって上昇し、同一

丸太から採材されたラミナでもヤング係数の変動が大きかった。しかし、丸太段階で強度区分することにより、使用不可ラミナの低減および最外層用ラミナの出現割合が向上する効果が認められたことから、強度性能が要求される建築材用途と、それ以外の用途（梱包材・パレット材等）に振り分ける効率的な利用の可能性が示された。

## 謝 辞

この研究は、ようてい森林組合からの受託研究「カラマツ材の高付加価値化に向けた集成材ラミナ用原板生産技術の検討」(平成18年度)により行った。試験に協力いただいたようてい森林組合組合長の船場實氏をはじめ、関係諸氏に感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 高井平三：木材工業 **58**(1), 23-26(2003)。
- 2) 藤原拓哉, 細谷俊人, 千葉宗昭, 工藤修：林産試験場報 **8**(6), 25-28(1994)。
- 3) 飯島泰男, 小泉章夫, 岡崎泰男, 佐々木貴信, 中谷浩：木材学会誌 **43**(2), 159-164(1997)。

—技術部 加工科—

— \*1: 利用部 主任研究員—

— \*2: 性能部 構造性能科—

— \*3: 企画指導部 主任普及指導員—

(原稿受理: 08.4.14)