

# スギ構造部材の利用技術

|       |                        |
|-------|------------------------|
| 誌名    | 愛媛県林業試験場研究報告           |
| ISSN  | 03892875               |
| 著者名   | 藤田,誠<br>三好,誠治<br>武智,正典 |
| 発行元   | 愛媛県林業試験場               |
| 巻/号   | 19号                    |
| 巻号補足  |                        |
| 掲載ページ | p. 108-119             |
| 発行年月  | 1998年3月                |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## スギ構造部材の利用技術

藤 田 誠・三 好 誠 治\*・武 智 正 典\*\*

### Usage techniques of Sugi structural wood

Makoto FUJITA, Seiji MIYOSHI\* and Masanori TAKECHI\*\*

スギ中丸太の需要開拓を目的として、縦振動法により選別したスギ中丸太の背板の部位から採材した集成材用のラミナをヤング係数により等級区分を行い、ラミナの構成が異なる集成材(5プライ)を作成し、各構成における曲げ強度の比較検討を行うとともに、歩止まりの向上とバラツキの減少を目的とした幅はぎラミナによる集成材もあわせて検討した。また、パネル工法用住宅のパネル芯材をスギ背板( $T=12\text{mm}$ )を用いた集成材(3プライ)とスギ元バネ材による単板積層材ならびに製材品で製造し、歩止まりと性能を比較検討した。幅はぎラミナは幅はぎすることにより曲げ強度のバラツキは小さくなり、下限値も上昇した。また、最外層に幅はぎラミナを配置した集成材は同等幅はぎしていないラミナ構成の集成材の強度と同等であった。スギ原木から芯持ちの製材品を採材した残りの部位から採材したラミナにおいては、縦振動法による原木段階での選別は有効であった。また、原木選別の際、重量測定を省略することの可能性も示唆された。パネル工法用芯材( $T=31\text{mm}$ )を集成材で製造する場合、スギ中目材の背板部位を利用したラミナは無節材も多く、ヤング係数 $8.8\text{GPa}$ 以上のラミナが74%を占めた。また、製材品では形量、価値歩止まりとも50%程度であった。

#### 1. 緒 言

近年、在来軸組工法住宅においても構造用集成材の使用量が増加してきている。それは大壁造りの住宅に使用される柱は壁内に隠れていること、また、集成材を使用することにより反りや曲がりによるクレームが少なくなるためである。一方、県産のスギ材は柱中心とした生産体制が組まれていることから、価格は依然低迷しており、特に生産量が増加してくると予想される24cm上のスギ中丸太(末口径24~30cm程度)は下落傾向にある。そこで、スギ中丸太からスギ構造用集成材を製造し、利用していくことも需要拡大に繋がるものと思われる。

今回の試験はスギ中丸太を原材料として、構造用集成材を製造するための基礎的な資料とするこ

とを目的として、数種類の柱断面の構造用集成材を製造し、その曲げ性能について検討した。また、スギ材は在来軸組工法住宅の構造用部材への利用が主な用途であるが、スギの需要拡大のためには、今後プレハブ住宅等の資材として加工利用することが必要であると考え、パネル工法用住宅のパネル芯材への利用を製材品、単板積層材、構造用集成材(3プライ)により検討した。

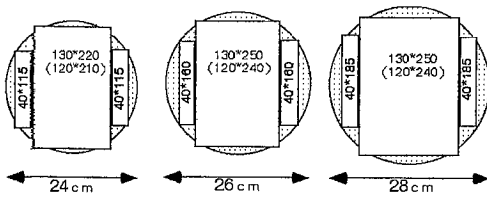
#### 2. 試験材料と製造方法

##### 2.1 供試材

5プライの構造用集成材(柱断面)の供試材は久万町産スギ原木4m(末口径24~30cm)を47本購入し、木口面をハンマーで打撃して縦振動により動的ヤング係数(Efr)を求めた後、芯持ちの製材品を木取りし、残りの端材から集成用ラミナ104枚を製

\* 現愛媛県農林水産部林業振興課

\*\* 現愛媛県宇和島地方局御荘出張所林業課



図－１ 中丸太からの木取り方法

表－１ ５プライ集成材用原木の形状

|         | 材長<br>(cm) | 元口径<br>(mm) | 中央径<br>(mm) | 末口径<br>(mm) | 末口曲<br>年輪数 | 密度<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Efr<br>(GPa) |
|---------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------------------------|--------------|
| 最大値     | 450        | 40.1        | 35.3        | 32.5        | 48         | 35                         | 981          |
| 最小値     | 404        | 28.2        | 25.9        | 25.1        | 19         | 0                          | 415          |
| 平均値     | 414        | 32.5        | 29.3        | 27.2        | 29.8       | 17.8                       | 749          |
| 変動係数(%) | 2.4        | 7.8         | 6.5         | 6.6         | 17.2       | 42.8                       | 19.9         |

材した。使用した原木の形状と採材位置を表－１、図－１に示す。また、県内の製材所よりスギの挽き板200枚を購入し、そのうち148枚をラミナとして使用し、合計252枚の挽き板を用いた。

パネル工法住宅用パネル芯材の供試原木は上浮穴郡久万町大字直瀬の久万町有林から、49～61年生のスギ原木(6 m材元玉)を34本久万町より提供していただいた。原木は2カ年にわたり17本ずつ入手し、1年目の17本は芯材(製材品)の木取り試験に供した。また、2年目の17本については、だら挽きにより製材し、芯材断面(31×87×2730mm)の試験体とした。入手した原木は図－２に示すように末口から4.6mを製材木取りの試験体とし、残り1.4mについては単板積層材の試験に供した。また、木取り試験用原木は「素材の日本農林規格」に準じて丸太の形質調査を行った。パネル芯材用の構造用集成材(3プライ)は仕上がり断面(31×87×2730 mm)を確保するため、ラミナとして一般的に販売されているラス板(12×105×3000mm)を久万町森林組合製材事業部から購入した。

## 2.2 柱断面構造用集成材(5プライ)の製造

柱断面の5プライ構造用集成材に用いたラミナ

は縦継ぎのないラミナ252枚、幅はぎラミナ44枚、フィンガージョイントラミナ35枚の3種類合計331枚である。挽き板は21×105×3000mmの厚みに調整した。使用した接着剤はレゾルシノール系接着剤(大鹿振興製、D33)で圧縮圧力980kPaにて積層接着した。幅はぎラミナは乾燥による狂いで使用不可能になった挽き板から角材(21mm, 35mm×21mm×3000mm)を採材し、幅方向に3もしくは5本幅はぎをした。また、縦継ぎに用いたフィンガージョイントの形状は深さ11.4mm、ピッチ4 mm、フィンガー加工は主軸回転数3000rpm、カット超硬2枚刃、水平型加工とし、レゾルシノール系接着剤を両面塗布し、エンドプレッシャー490kPaにて接着し1週間養生した。

## 2.3 パネル工法用芯材の製造方法

### 2.3.1 芯材製材品の木取り方法

乾燥による収縮と狂いを見込み、最終的な歩止まりを向上させるため、図－３に示す木取り方法で試験を行った。

- ① 杵材2枚の厚板を3種類の寸法で採材する方法(だら挽き)
- ② 杵材4枚分の厚板を採材する方(杵挽き)
- ③ 正角を中心部で採材する方法

の3種類である。歩増しは①で厚み方向は5 mm一定として、幅方向は7.5mm、12.5mm、17.5mmの3段階とした。木取り方法②においては厚み方向5 mm、幅方向12.5mm、木取り方法③では厚み方向5 mm、幅方向8 mmとした。なお、杵材の最終的な製品寸法は厚み、幅、長さをそれぞれ31×87×2730mmとしたため、木取りパターンは表－２に示すとおり5種類となった。

### 2.3.2 単板積層材による芯材の製造

スギ中丸太の原木6 m材より元口部位1.4mを採材後、1 mに玉切りし、中小径木用ロータリーレーズ(株田之内鉄工所製)にて、厚み3 mmの単板に切削した。元玉の部位を使用したのは、現在、スギの元曲がりの部位はほとんどが搬出されておらず、

林内に放置されている。そのため、元曲がりの部位を用いることによりスギ材の有効利用が図られると考えたからである。切削した単板は $3 \times 900 \times 230\text{mm}$ に切断し人工乾燥した。レゾルシノール系接着剤を使用し、片面塗布後( $300\text{g}/\text{m}^2$ )、11枚積層してLVLを製造した。なお、製造したLVLよりLVL芯材を2枚採材した。単板の縦継ぎ部をラップジョイント( $20 \sim 30\text{mm}$ )とし圧締圧 $980 \sim 1470\text{kPa}$ にて圧締し、LVLは60体製造した。形量歩止まりを求める際の原木の材積は両断面の平均により求めた。また、数週間養生後、反り、曲がり、幅反り、ねじれを測定した。

### 2.3.3 集成材による芯材の製造

パネル芯材を集成材で製造する場合、品質的にも安定したものが製造可能で、より現実的であることからラミナとしてラス板を用いた。使用したラス板239枚は人工乾燥後、厚み $10.4\text{mm}$ に調整したのち、「構造用集成材の日本農林規格」により、ラミナの性状(集中節径、材縁節径)を測定した。

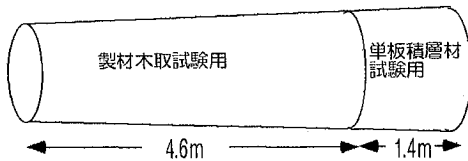


図-2 試験用原木の調整

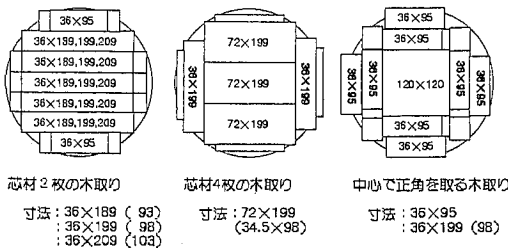


図-3 芯材木取り方法

集成材の製造においては、同一等級、小断面集成材とした。接着剤は高分子イソシアネート系(大鹿振興製)を使用し、3プライにより芯材断面 $31 \times 87$

$\times 2730\text{mm}$ になるよう製造した。なお、集成材製造における品質等級は機械等級区分により行った。

## 3. 試験方法

### 3.1 供試原木の動的ヤング係数の測定

原木段階で強度性能による選別システムを検討し、より効率的に柱断面集成材用ラミナ( $21 \times 105 \times 3000\text{mm}$ )を製材するため、打撃音測定によるヤング係数を測定した。測定方法は原木の中央部をスポンジで支持し、重量、形状を測定するとともに元口の本口面をハンマーにより打撃し、末口面においてR社製NK-50で打撃音を測定、FFTアナライザーSA-71により基本振動周波数から、動的ヤング係数(Efr)を求めた。材積は中央部の径による円柱とした。なお、ラミナと芯材製材品の動的ヤング係数も同様に求めた。

表-2 木取り方法

| 木取り番号 | 木取り方法   | 寸法(厚み、幅、単位mm)                          | 供試本数 |
|-------|---------|----------------------------------------|------|
| 1     | 芯材2枚分厚板 | $36 \times 189$ (1枚分 $36 \times 93$ )  | 3    |
| 2     | 芯材2枚分厚板 | $36 \times 199$ (1枚分 $36 \times 98$ )  | 3    |
| 3     | 芯材2枚分厚板 | $36 \times 209$ (1枚分 $36 \times 103$ ) | 3    |
| 4     | 芯材4枚分平割 | $72 \times 199$ (1枚分 $36 \times 98$ )  | 4    |
| 5     | 心持正角と芯材 | $36 \times 95, 36 \times 199$          | 4    |

### 3.2 ラミナの欠点調査

5プライによる柱断面の構造用集成材に用いたラミナ( $21 \times 105 \times 3000\text{mm}$ )のうち、当场にて製材したものについてフラット面の集中節径比、引っかき式木材繊維走行測定機により繊維傾斜を測定した。

また、3プライでパネル芯材断面を製造するラミナ( $10.4 \times 105 \times 3000\text{mm}$ )については、「構造用集成材の日本農林規格」により、集中節径、材縁節径を測定した。

### 3.3 製材品パネル芯材の目視による評価

製材した梓材は人工乾燥後、実験棟内に放置し、含水率と寸法の変化を経時的に測定した。含水率の変化が少なくなった時点で鋸削し、目標寸法に仕上げ、「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」乙

種構造材の基準と大手ハウスメーカーの規格により評価した。また、在来工法用部材は「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」と「製材等の日本農林規格」(以下、「日本農林規格は「JAS」という。))により格付けした。

### 3.4 集成材(3, 5 プライ)ラミナの等級区分

5 プライ柱断面の集成材のラミナの構成は原木同様、Efr を測定した後、表-3 のとおり、等級区分を行い、11種類の構造用集成材を製造した(図-4)。

表-3 ラミナの等級区分(5 プライ)

|     | 等級区分 Efr(GPa)                |
|-----|------------------------------|
| I   | $10.8 < \text{Efr}$          |
| II  | $8.8 < \text{Efr} \leq 10.8$ |
| III | $6.9 < \text{Efr} \leq 8.8$  |
| IV  | $4.9 < \text{Efr} \leq 6.9$  |
| 格 外 | $\text{Efr} \leq 4.9$        |

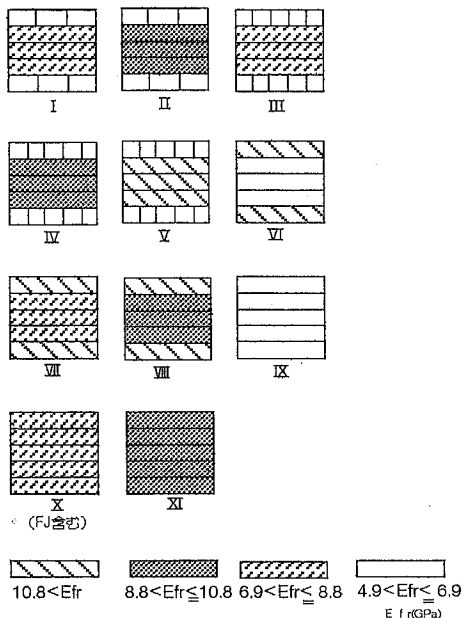


図-4 各種ラミナ積層構成  
(5 プライ構造用集成材)

3 プライのパネル芯材用集成材は購入したラス板239枚について、中央部1 m間で小荷重載荷法によりヤング係数を測定した。測定後、E 1～E 4の4段階に等級区分した。区分後、各等級毎に10体ずつ、計40体の構造用集成材(31×87×2730mm)を作成した。

### 3.5 5 プライ構造用集成材の曲げ強度試験

曲げ試験は万能試験機を用いて、スパン2700mm、3等分4点荷重でフラット面に負荷した。また、各挽き板から任意に抽出し、スパン900mmにてラミナの試験を実施した。

### 3.6 パネル芯材(製材品、単板積層材、3 プライ集成材)の曲げ強度試験

スギ製材品による枠材の品質保証を行うため、曲げ強度試験を行った。試験は万能試験機により3等分4点荷重、スパンは2349mmである。荷重面はエッジ面のみとし、欠点がある面または木裏側を引張側として実施した。製材品芯材の試験体数は原木34本より得られた、294体である。また、試験後含水率15%の曲げヤング係数および曲げ強度を求めるため、(ASTM D2915)により補正した。単板積層材と3プライで製造したパネル芯材も製材品芯材と同様エッジ面に負荷し、試験を行った。

## 4. 試験結果

### 4.1 スギラミナの等級区分

表-4 に中丸太から採材したラミナの目視による等級区分を示す。ラミナ104枚の内、集中節径比が1/4以内のものは約74%、また動的ヤング係数7.4GPa以下のものが全体の約40%を占めた。

表-5, 6 に久万森林組合製材事業部より購入した239枚のラス板の目視による区分と機械等級区分(小荷重載荷法)の結果を示す。集中節径比ならびに材縁節径比が構造用集成材日本農林規格のラミナ等級における1等に相当するラミナが74%を占め、無節材も多く含まれていた。上浮穴郡内は育林技術体系により優良材生産を積極的に行ってい

るスギの産地であるため、丸太の背板部位では無節材が多く含まれたものと思われる。また、静的ヤング係数が8.8GPa以上のラス板が全体の67%を占め、集成材ラミナとしては品質は高いものであった。

表-4 中丸太から採材したラミナの目視等級区分

|             | 集 中 節 径 比 |         |         |         |     |     | 出現頻度(%) |
|-------------|-----------|---------|---------|---------|-----|-----|---------|
|             | 0~1/8     | 1/8~1/4 | 1/4~1/3 | 1/3~1/2 | 格 外 | 計   |         |
| 9.3≤Efr     | 10        | 5       | 2       | 2       |     | 19  | 18.3    |
| 8.3≤Efr<9.3 | 11        | 6       | 1       | 3       |     | 21  | 20.2    |
| 7.4≤Efr<8.3 | 8         | 12      | 2       | 1       |     | 23  | 22.1    |
| Efr<7.4     | 17        | 8       | 9       | 6       | 1   | 41  | 39.4    |
| 計           | 46        | 31      | 14      | 12      | 1   | 104 |         |
| 出現頻度(%)     | 44.2      | 29.8    | 13.5    | 11.5    | 1   |     | 100.0   |

&lt;Efr: GPa&gt;

表-5 ラス板の目視的特性

|         |           | 集 中 節 計 比 |        |        |        |      | 計   | 出現頻度 |
|---------|-----------|-----------|--------|--------|--------|------|-----|------|
|         |           | 1等        | 2等     | 3等     | 4等     | 格 外  |     |      |
|         |           | 0~20%     | 20~30% | 30~40% | 40~50% | 50%~ |     |      |
| 材縁節径比   | 1等 0~17%  | 176       | 17     | 8      |        |      | 201 | 84.1 |
|         | 2等 17~25% | 5         | 14     | 9      | 3      | 1    | 132 | 13.4 |
|         | 3等 25~33% | 2         | 3      |        |        |      | 5   | 2.1  |
|         | 4等 33~50% | 1         |        |        |        |      | 1   | 0.4  |
|         | 格 外 50%~  |           |        |        |        |      |     |      |
| 計       |           | 184       | 34     | 17     | 3      |      | 239 |      |
| 出現頻度(%) |           | 77.0      | 14.2   | 7.1    | 1.3    | 0.4  |     | 100  |

表-6 ラス板の各等級毎の出現数

|             | 出 現 数 | 出現頻度(%) |
|-------------|-------|---------|
| 4.9>E       | 2     | 0.8     |
| 5.9>E≥4.9   | 1     | 0.4     |
| 6.9>E≥5.9   | 16    | 6.7     |
| 7.8>E≥6.9   | 20    | 8.4     |
| 8.8>E≥7.8   | 40    | 16.7    |
| 9.8>E≥8.8   | 49    | 20.5    |
| 10.8>E≥9.8  | 53    | 22.2    |
| 12.3>E≥10.8 | 48    | 20.1    |
| 13.7>E≥12.3 | 10    | 4.2     |
|             | 239   | 100.0   |

(E: GPa)

## 4.2 ラミナの強度試験

表-7に強度試験を行ったスギラミナ、幅はぎラミナの試験結果を示す。スギのとおしラミナより、幅はぎラミナのMOE, MORとも標準偏差は減少している。また、MOE, MORとも5%下限値では同程度の上昇であり、3本と5本幅はぎした試験体では大きな差はなかった。

表-7 ラミナ曲げ試験結果

|         | ラ ミ ナ 幅はぎラミナ(3) 幅はぎラミナ(5) |           |           |           |           |           |
|---------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|         | MOE (GPa)                 | MOR (MPa) | MOE (GPa) | MOR (MPa) | MOE (GPa) | MOR (MPa) |
| 個 数     | 32                        | 32        | 37        | 37        | 29        | 29        |
| 平 均 値   | 7.5                       | 41.6      | 7.4       | 46.5      | 7.3       | 46.7      |
| 標 準 偏 差 | 21.6                      | 109       | 12.4      | 60.9      | 7.9       | 58.3      |
| 変動係数(%) | 28.4                      | 25.8      | 16.1      | 12.9      | 10.6      | 12.3      |
| 5%下限値   | 3.2                       | 20.9      | 5.1       | 32.6      | 5.6       | 31.6      |

## 4.3 スギ5プライ構造用集成材の曲げ強度

曲げ試験結果は図-5, 6に示すとおり、幅はぎラミナを最外周に配置したものは、MOE, MORともとおしラミナによる試験体よりばらつく結果と

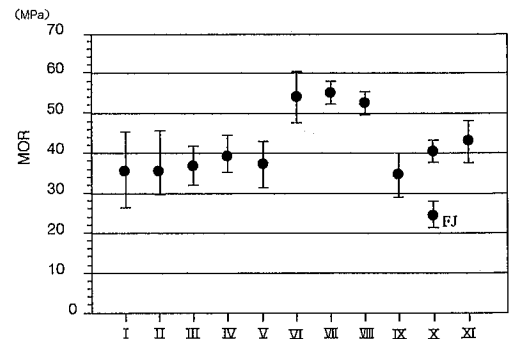


図-5 曲げ試験結果(5プライ)

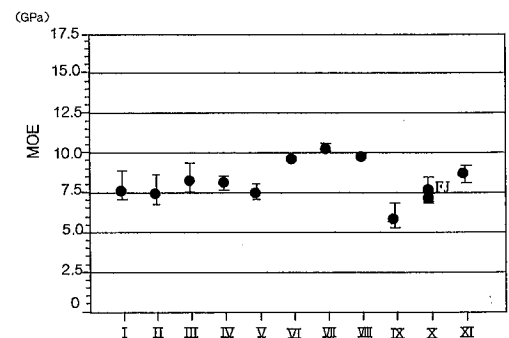


図-6 曲げ試験結果(5プライ)

なった。これは、集製材製造用に用いた幅はぎラミナは、節が多くあったためと思われる。3, 5本幅はぎしたラミナはラミナ段階ではあまり差は生じないものの、5プライの集成材の最外層に配置した試験体では5本幅はぎした試験体の方がばらつきは小さかった。

#### 4.4 製材品芯材の価値歩止まりと形量歩止まり

供試原木より製材した製品は、全て材積と評価額を求め、材積歩止まりと価値歩止まりを式1, 2により算出した。枠材の長さは2,730mmであるが、歩止まり計算では原木材積を材長4mで計算したので枠材材積も4mに換算して求めた。

$$Y_{vol} = (\sum V_i) / V_0 \times 100 \quad \text{..... 式1}$$

$$Y_{val} = \sum ((V_i / V_0) \times (P_i / P_0) \times 100) \quad \text{..... 式2}$$

ただし  $Y_{vol}$  : 形量歩止まり (%)

$Y_{val}$  : 価値歩止まり (%)

$V_i$  : 各製材の材積 (m<sup>3</sup>)

$V_0$  : 丸太材積 (m<sup>3</sup>)

$P_i$  : 各製材品の価格 (円 / m<sup>3</sup>)

$P_0$  : 基準製材品の価格 (円 / m<sup>3</sup>)

試験により求められた価値歩止まりと形量歩止まりを表-8にまとめて示す。だら挽きでは形量歩止まり49.5%、価値歩止まり48.8%、枠挽きでは49.7%、45.4%、芯持ち正角を採材する方法では47.7%、44.2%となり、木取り方法による大きな差は認められなかった。また、原木の等級による差も有為なものではなかった。

平成6年度に行った平角を採材する木取り方法と比較すると形量歩止まりで約10%下回り、価値歩止まりは小幅板主体の木取り方法と同程度の結果となった。

また、生材時における芯材寸法は、厚み36mmで1mm以上の幅反りの出現はなかった。乾燥による収縮は約1mm。幅反りは最大で0.5mm発生しているので、修正挽きの厚みを1.5mmとすると生材時の厚み

は最低35mmあれば良いと思われる。材幅の乾燥による収縮は4mm程度、曲がり(狭い材面)は最大9mm発生しているので、規格の0.2%以下(長2,730mmで5.5mm)を満足するためには12mmの歩増しが求められる。曲がりの発生は木取り方法1では不合格が8%で、他の試験では2%以下となっている。これらのことから材幅は芯材2枚を採材する場合は200mm必要である。

5種類の木取り方法により原木17本を製材した枠材用の厚板と平割は、人工乾燥後4面を修正挽きして芯材寸法にした。JASの乙種基準と大手ハウスメーカーの規格により評価した結果を表-9に示す。乙種基準では全ての芯材のうち例外は2%と少なかった。

#### 4.5 スギ芯材用製材品の強度試験

製材品の曲げ試験結果を図-7~13に示す。製材品枠材全体ではMOEの出現頻度は $6.9 \leq E < 7.4$ においてピークとなり、平均で6.7GPaであった。また、固有振動数よりもとめた動的ヤング係数EfrとMOEとの相関係数は0.887と高い相関があった。統計的下限值としては関数法(正規分布)によるPTLは22.5MPa、ノンパラメトリックによる5%信頼下限値(NTL)は22.4MPaであった。なお、大手ハウスメーカーの規格(目視)に合格した製材品ではPTL 24 MPa、NTL 22.9 MPaであった。

MORと目視による区分因子(節等)との関係を表-10に示す。MORに対する相関関係は集中節の0.382が一番高いもので、MORに対する目視による各因子は低く、目視による等級区分は決定的なものとはならなかった。また、比重もMORとの相関は0.346と芯持ち正角での相関係数0.730(武智ら, 1994)より低いものとなった。これは、枠材製材品の断面が小断面であり、だら挽きを主とした製材で試験体を加工したため、個体内のばらつきが顕著に現れたものと思われる。

表一 8 木取り試験の試験

| 木取り<br>試 験 | 原木<br>番号 | 末口径<br>cm | 材積<br>m <sup>3</sup> | 平均年<br>輪幅mm | 細り<br>cm/m | 曲り率<br>% | 曲り<br>等級 | 節数 | 節等級 | 丸太<br>等級 | 形<br>歩止% | 量<br>歩止% | 価 値 |
|------------|----------|-----------|----------------------|-------------|------------|----------|----------|----|-----|----------|----------|----------|-----|
| 1          | 3        | 31.5      | 0.397                | 4.2         | 1.5        | 6.7      | 1        | 24 | 2   | 2        | 49.4     | 50.1     |     |
|            | 11       | 28.8      | 0.331                | 4.7         | 1.2        | 20.2     | 2        | 44 | 2   | 2        | 46.7     | 40.6     |     |
|            | 15       | 32.8      | 0.429                | 4.3         | 1.5        | 8.2      | 1        | 20 | 2   | 2        | 46.8     | 42.6     |     |
|            | 平均       | 31.0      | 0.386                | 4.3         | 1.4        | 11.7     |          | 29 |     |          | 47.6     | 44.4     |     |
| 2          | 1        | 29.2      | 0.341                | 3.7         | 1.3        | 9.6      | 1        | 9  | 2   | 2        | 50.9     | 53.5     |     |
|            | 2        | 30.0      | 0.360                | 3.5         | 1.5        | 12.3     | 2        | 9  | 2   | 2        | 47.4     | 43.4     |     |
|            | 6        | 28.5      | 0.325                | 3.5         | 1.3        | 7.7      | 1        | 7  | 2   | 2        | 50.2     | 49.4     |     |
|            | 平均       | 29.2      | 0.342                | 3.5         | 1.4        | 9.9      |          | 8  |     |          | 49.5     | 48.8     |     |
| 3          | 8        | 29.0      | 0.336                | 3.5         | 0.2        | 7.6      | 1        | 3  | 1   | 1        | 47.6     | 50.0     |     |
|            | 12       | 30.3      | 0.366                | 3.2         | 1.5        | 18.5     | 2        | 17 | 2   | 2        | 50.0     | 43.9     |     |
|            | 13       | 31.5      | 0.397                | 3.8         | 1.5        | 13.7     | 2        | 13 | 2   | 2        | 51.2     | 43.5     |     |
|            | 平均       | 30.3      | 0.366                | 3.5         | 1.1        | 13.2     |          | 11 |     |          | 49.6     | 45.8     |     |
| 4          | 4        | 32.3      | 0.416                | 4.1         | 1.3        | 5.6      | 1        | 32 | 1   | 2        | 55.0     | 49.6     |     |
|            | 9        | 36.0      | 0.518                | 4.3         | 1.2        | 6.1      | 1        | 13 | 1   | 2        | 44.2     | 39.5     |     |
|            | 10       | 30.4      | 0.368                | 3.0         | 1.5        | 10.2     | 2        | 16 | 2   | 2        | 49.8     | 47.5     |     |
|            | 17       | 29.3      | 0.342                | 3.5         | 1.2        | 9.6      | 1        | 6  | 1   | 2        | 49.8     | 44.8     |     |
|            | 平均       | 32.0      | 0.411                | 3.7         | 1.3        | 7.9      |          | 17 |     |          | 49.7     | 45.4     |     |
| 5          | 5        | 29.5      | 0.348                | 3.7         | 1.2        | 8.8      | 1        | 8  | 1   | 1        | 46.0     | 45.5     |     |
|            | 7        | 29.5      | 0.348                | 4.7         | 1.3        | 11.2     | 2        | 11 | 2   | 2        | 45.2     | 41.3     |     |
|            | 14       | 28.0      | 0.314                | 3.3         | 1.8        | 4.3      | 1        | 3  | 1   | 1        | 48.9     | 44.1     |     |
|            | 16       | 35.3      | 0.497                | 4.2         | 1.3        | 6.0      | 1        | 8  | 1   | 2        | 49.5     | 45.7     |     |
|            | 平均       | 30.6      | 0.377                | 4.0         | 1.4        | 7.6      |          | 8  |     |          | 47.7     | 44.2     |     |
| 1等         | 3本       | 28.8      | 0.333                | 3.5         | 1.1        | 6.9      |          | 5  |     |          | 47.5     | 46.5     |     |
| 2等         | 14本      | 31.1      | 0.388                | 3.9         | 1.4        | 10.4     |          | 16 |     |          | 49.0     | 45.4     |     |
| 総計         | 17本      | 30.7      | 0.378                | 3.8         | 1.3        | 9.8      |          | 14 |     |          | 48.7     | 45.6     |     |

表一 9 木取り方法別の芯材製材品の評価

| 木取り<br>番 号 | 乙種基準級(本) |    |    |         | ハウスメーカー規格 (合格割合 %) |          |      |     |    |           |            |           |             |            |            |
|------------|----------|----|----|---------|--------------------|----------|------|-----|----|-----------|------------|-----------|-------------|------------|------------|
|            |          |    |    |         | 合格                 |          | 節径比% |     |    | 抜け節<br>なし | かけ<br>20mm | そり<br>1 % | 曲がり<br>0.2% | 幅そり<br>1mm | まるみ<br>7 % |
|            | 1        | 2  | 3  | 格外<br>計 | 本数                 | 割合%      | 広材面  | 狭材面 | 死節 |           |            |           |             |            |            |
| 1          | 11       | 14 | 14 |         | 39                 | 13 33.3  | 92   | 64  | 85 | 85        | 97         | 100       | 92          | 100        | 100        |
| 2          | 13       | 10 | 10 | (1)     | 34                 | 18 52.9  | 85   | 88  | 79 | 85        | 94         | 100       | 100         | 100        | 97         |
| 3          | 14       | 13 | 8  | (1)     | 36                 | 14 38.9  | 92   | 72  | 78 | 81        | 89         | 100       | 100         | 100        | 100        |
| 4          | 22       | 26 | 13 | (1)     | 62                 | 35 56.5  | 92   | 86  | 92 | 84        | 89         | 100       | 98          | 100        | 97         |
| 5          | 14       | 16 | 2  |         | 32                 | 22 68.8  | 97   | 84  | 91 | 88        | 91         | 100       | 100         | 100        | 100        |
| 合計         | 74       | 79 | 47 | (3)     | 203                | 102 50.2 | 92   | 79  | 86 | 84        | 92         | 100       | 98          | 100        | 100        |

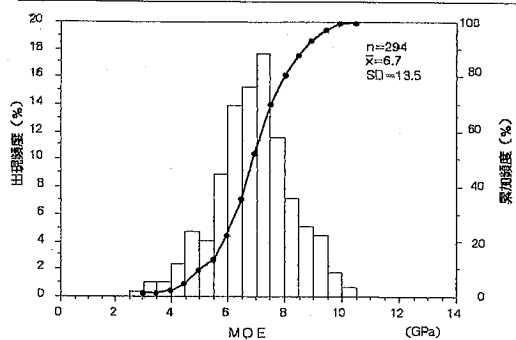


図-7 芯材製材品(全体)MOEの出現頻度

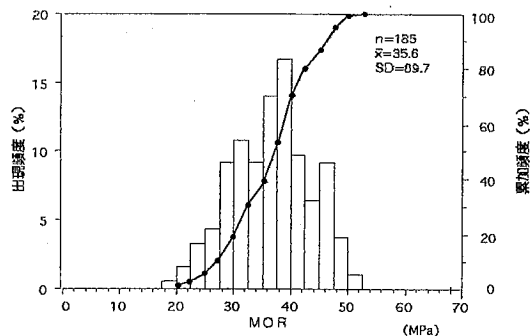


図-11 芯材製材品(規格内)MORの出現頻度

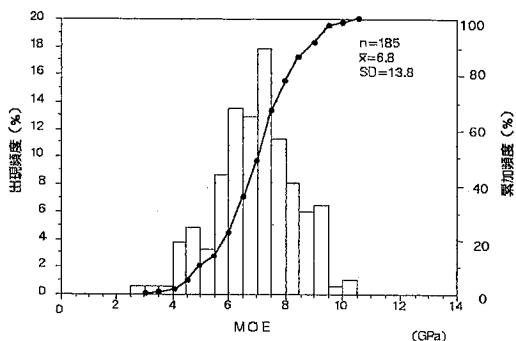


図-8 芯材製材品(規格内)MOEの出現頻度

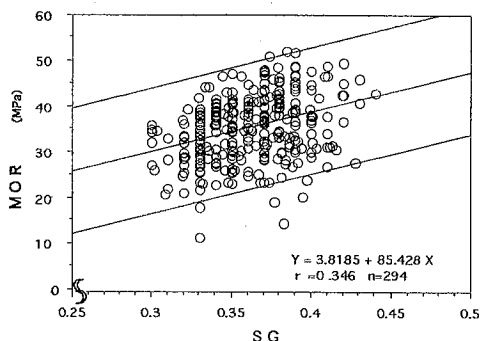


図-12 比重とMORの関係

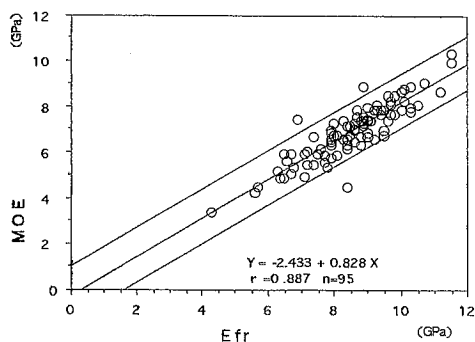


図-9 MOEとEfrとの関係

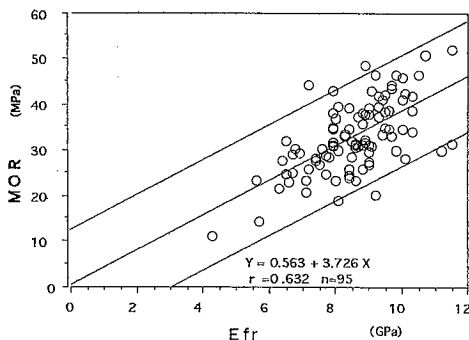


図-13 EfrとMORとの関係

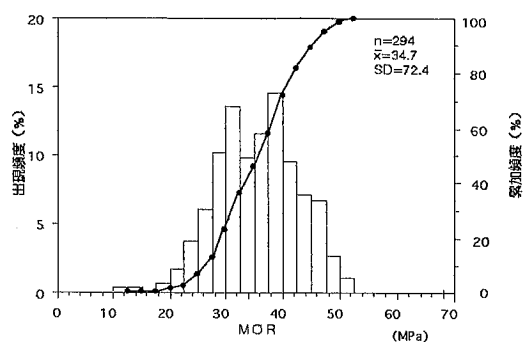


図-10 芯材製材品(全体)MORの出現頻度

表-10 杵材の各因子との単相関係数

|         | 集中節径 | 広い材面の節径 | 繊維傾斜角 | 狭い材面の節径 | 死節径     | MOE     | MOR     |
|---------|------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|
| 集中節径    |      | 0.850** | 0.060 | 0.444** | 0.423** | 0.428** | 0.377** |
| 広い材面の節径 |      |         | 0.110 | 0.479** | 0.361** | 0.459** | 0.382** |
| 繊維傾斜角   |      |         |       | 0.060   | 0.030   | 0.070   | 0.060   |
| 狭い面の節径  |      |         |       |         | 0.310*  | 0.305** | 0.307** |
| 死節径     |      |         |       |         |         | 0.080   | 0.232** |
| MOE     |      |         |       |         |         |         | 0.675** |
| MOR     |      |         |       |         |         |         |         |

\*\*1%有意

## 4.6 動的ヤング係数 Efr による原木選別

5 プライの構造用集成材の試験では、スギ原木での動的ヤング係数と芯持ち製材品(平角)を製材後、端材から採材したラミナでの動的ヤング係数の関係を図-14に示す。相関係数は0.754であり、生原木の時点の動的ヤング係数からある程度、採材されるラミナの動的ヤング係数が推定できるものと思われる。

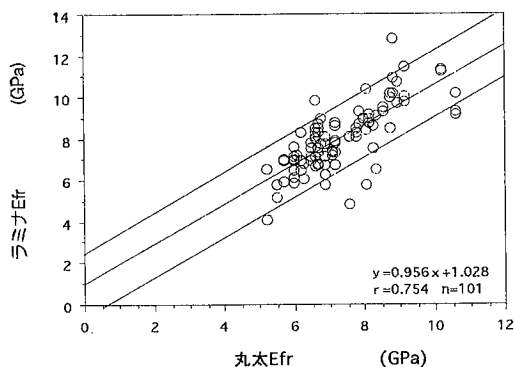


図-14 原木 Efr とラミナ Efr との関係

芯材断面の製材品の動的ヤング係数の丸太の髄からの距離から検討してみると、表-11のとおり髄から50mmまではヤング係数が低く、50mm以上では合格率が高くなる傾向にあった。よって、芯材を木取りする場合、スギ原木の中心部では正角や平角を採材する木取り方法がより有利であると思われる。

図-15に1年目に使用した原木17本のヤング係数と原木より採材した芯材の動的ヤング係数との関係を示す。また、芯材の試験に使用した34本の原木動的ヤング係数(Efr)の頻度分布を図-16に示す。これによると原木と芯材の動的ヤング係数との相関係数は0.624であった。

また、図-17に原木の Efr と原木の密度で割った  $Efr/\rho$  との関係を示す。相関係数は0.665であり、原木を動的ヤング係数により選別する際に重量を測定する工程を省いて行うことも可能ではないかと思われる。

大手ハウスメーカーのパネル芯材を製材する場

合、原木段階での動的ヤング係数をもとに選別し製材する事が考えられる。そのため、今回使用した原木から目視による合格本数とほぼ同じ本数選別できるよう動的ヤング係数6.7GPaを境にして、それら原木より得られた芯材の曲げ強度を比較検討した。なお、動的ヤング係数6.7GPa以上の原木は34本中23本であった。図-18に結果を示す。動的ヤング係数6.7GPa以上の原木23本から採材した芯材は182本、曲げ強度5%下限値(PTL)は24.1MPa、6.7GPa以下の原木より採材した芯材は20.9MPaであった。

今回の芯材のような小断面の製材品で強度保証を行う場合、原木段階での動的ヤング係数による選別効果は認められるものの、5%下限値は低いものであった。強度的な選別を行う場合、芯材の基準として節など目視で選別した芯材と原木段階で選別した芯材とのMORの5%下限値は同程度であった。

## 4.8 LVLの静的曲げヤング係数

元バネ材より製造したスギLVL60体の静的曲げヤング係数(Edw)は平均で7.1GPa、変動係数6.0%であった。ばらつきは小さいものの曲げヤング係数はLVLとしては低いものであった。これは、スギの元バネ部位を使用したため、強度的には不利なことや辺材部、心材部などの単板の選別が行えないことにより比較的低いヤング係数になったものと思われる。

## 4.9 3プライ集成材の寸法安定性

小断面集成材(3プライ)は3プライであるため、製造後の集成材の寸法安定性が懸念される。そのため、数週間実験棟内で放置し、ねじれ、曲がり、反り、幅反りについて測定した。その結果を図-19～22に示す。試験体数40体すべて規格内におさまっており、寸法安定性については大きな問題はないと思われる。

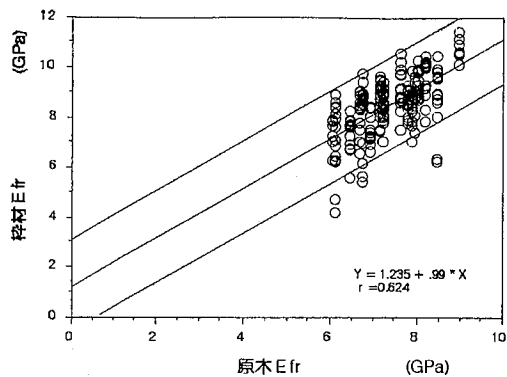


図-15 原木 Efr と芯材(製材品)Efr の関係

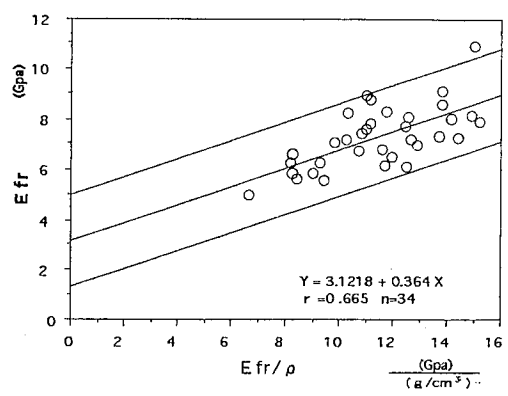


図-17 原木 Efr と Efr/p との関係  
(芯材用供試原木)

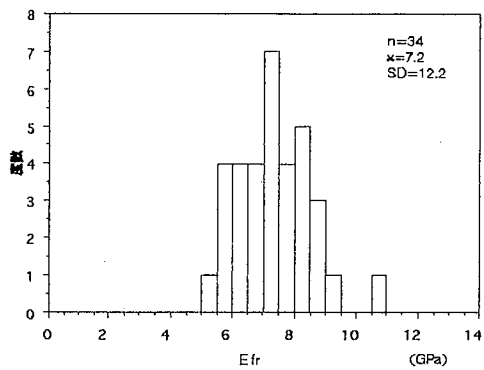


図-16 芯材用供試原木の Efr の出現頻度

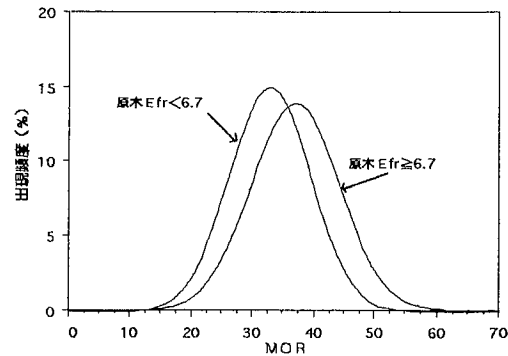


図-18 原木 Efr による MOR の出現頻度

表-11 髄からの距離による杵材の評価

| 髄からの<br>距離 mm | 乙種基準級(本) |    |    |     |    | ハウスメーカー規格 (合格割合 %) |      |         |    |     |           |            |           |             |             |            |
|---------------|----------|----|----|-----|----|--------------------|------|---------|----|-----|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|------------|
|               |          |    |    |     |    | 合格<br>割合%          | Efr  | 節 径 比 % |    |     | 抜け節<br>なし | かけ<br>20mm | そり<br>1 % | 曲がり<br>0.2% | 幅そり<br>1 mm | まるみ<br>7 % |
|               |          |    |    |     |    |                    |      |         |    |     |           |            |           |             |             |            |
|               | 1        | 2  | 3  | 格 外 | 計  |                    |      |         |    | 広材面 |           |            |           |             |             |            |
| 50以下          | 6        | 19 | 18 | (2) | 45 | 42.2               | 79.5 | 80      | 78 | 82  | 93        | 95         | 100       | 91          | 100         | 100        |
| 50～75         | 17       | 17 | 16 |     | 50 | 50.0               | 87.7 | 94      | 78 | 78  | 82        | 94         | 100       | 100         | 100         | 98         |
| 75～100        | 31       | 25 | 6  |     | 62 | 44.1               | 86.0 | 95      | 77 | 90  | 81        | 90         | 100       | 100         | 100         | 98         |
| 100～125       | 8        | 8  | 1  |     | 17 | 64.7               | 87.8 | 100     | 88 | 94  | 77        | 88         | 100       | 100         | 100         | 100        |
| 125～150       | 12       | 10 | 6  | (1) | 29 | 58.6               | 84.5 | 93      | 83 | 90  | 86        | 86         | 100       | 100         | 100         | 97         |

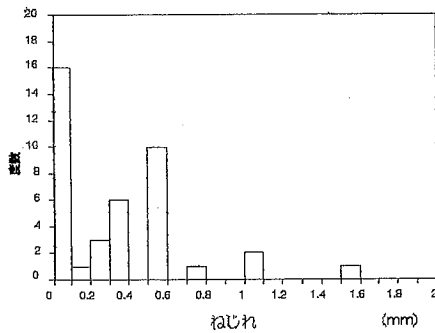


図-19 3プライ集成材のねじれ

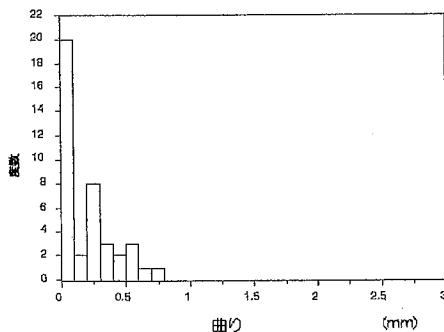


図-20 3プライ集成材の曲り

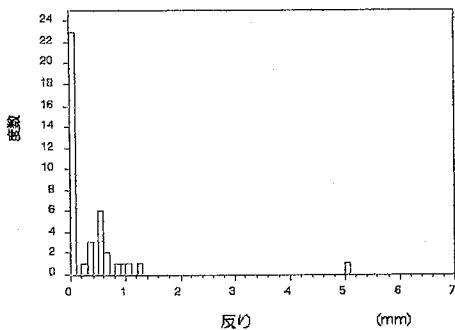


図-21 3プライ集成材の反り

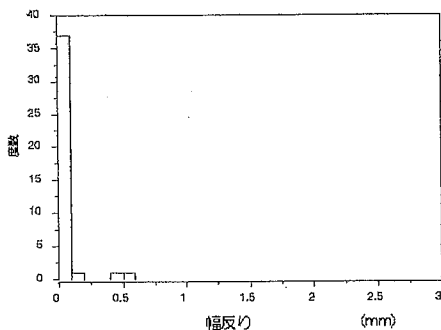


図-22 3プライ集成材の幅反り

## 4.10 3プライ集成材の曲げ強度

製材品と同様の曲げ試験を行った結果を表-12に示す。各等級区分毎に製造した集成材の下限5%値はE1:42.3 E2:39.6 E3:36.4 E4:32.8MPaとなり、製材品よりかなり高いものであった。また、現行の規格以上の高い強度保証が可能と思われる。また、MOEは平均でE1:10.6 E2:9.6 E3:8.8 E4:8.1GPaであった。

表-12 3プライ集成材の曲げ試験結果

|      | MOE(GPa) |         | MOR(MPa) |         |
|------|----------|---------|----------|---------|
|      | 平均値      | 変動係数(%) | 5%下限値    | 変動係数(%) |
| 区分E1 | 10.6     | 6.6     | 42.3     | 9.9     |
| E2   | 9.6      | 4.1     | 39.6     | 7.2     |
| E3   | 8.8      | 3.3     | 36.4     | 13.8    |
| E4   | 8.1      | 5.0     | 32.8     | 10.3    |

## 5 まとめ

スギ中丸太を構造部材として利用促進を図るため、柱断面の集成材とパネル工法用住宅部材への加工を検討した結果をまとめると以下のとおりである。

① 構造用集成材(柱断面5プライ)のラミナ段階ではスギのおしラミナより、幅はぎラミナのMOE, MORとも標準偏差は減少し、5%下限値では3本と5本幅はぎした試験体では大きな差はなかった。

② 柱断面の構造用集成材を製造するにあたり、スギ中丸太の背板部位で採材したラミナの動的ヤング係数と原木での動的ヤング係数の相関係数は0.754であり、生原木の時点の動的ヤング係数からある程度、採材されるラミナの動的ヤング係数が推定できるものと思われる。また、背板部位から採材したラミナの動的ヤング係数は7.4GPa以下のものが全体の約40%を占めた。

- ③ パネル工法用住宅の芯材(製材品)の木取り方法による価値、形量歩止まりを検討した結果、どの木取り方法でも歩止まりは約50%程度で、大きな差は認められなかった。また、生材時の挽材寸法は35mm×99mm必要であった。
- ④ 曲げ試験の結果、芯材(製材品)では MOE は、平均で6.7GPa、MOR の統計的下限值としては全体で NTL22.4MPa、PTL22.5であった。
- ⑤ 元バネを利用したパネル芯材用 LVL の静的曲げヤング係数( $E_d$ )は平均で7.1GPa と LVL としては低いものであった。
- ⑥ パネル芯材用(3 プライ構造用集成材ラミナ)に購入したラス板239枚の品質は構造用集成材日本農林規格の1等のラミナ相当する板材が74%をしめ、無節材も多く含まれていた。また、ラス板の静的曲げヤング係数( $E_d$ )は8.8GPa 以上が67%で、非常に高いものであった。
- ⑦ ラス板を用いた小断面同一等級構造用集成材の曲げ試験の結果、各等級区分ごとの5%下限値は E 1 : 42.3MPa、E 2 : 39.6MPa、E 3 : 36.4MPa、E 4 32.8MPa であった。

**謝辞**—最後に今回の試験を行うにあたり、試験材を供給していただいた久万町役場、久万町森林組合の関係者の方々へ厚くお礼申し上げる。

#### 参考文献

- 三好誠治ほか(1996) スギ中丸太のパネル芯材木取り試験. 日本木材学会中国・四国支部第8回研究発表会要旨集, pp. 62—63.
- 武智正典ほか(1994) 県産材の材質特性と加工利用技術の解明. 愛媛林試研報15 : 113—139.