

## 木材工学実験 — 集成材の製造と強度性能試験 —

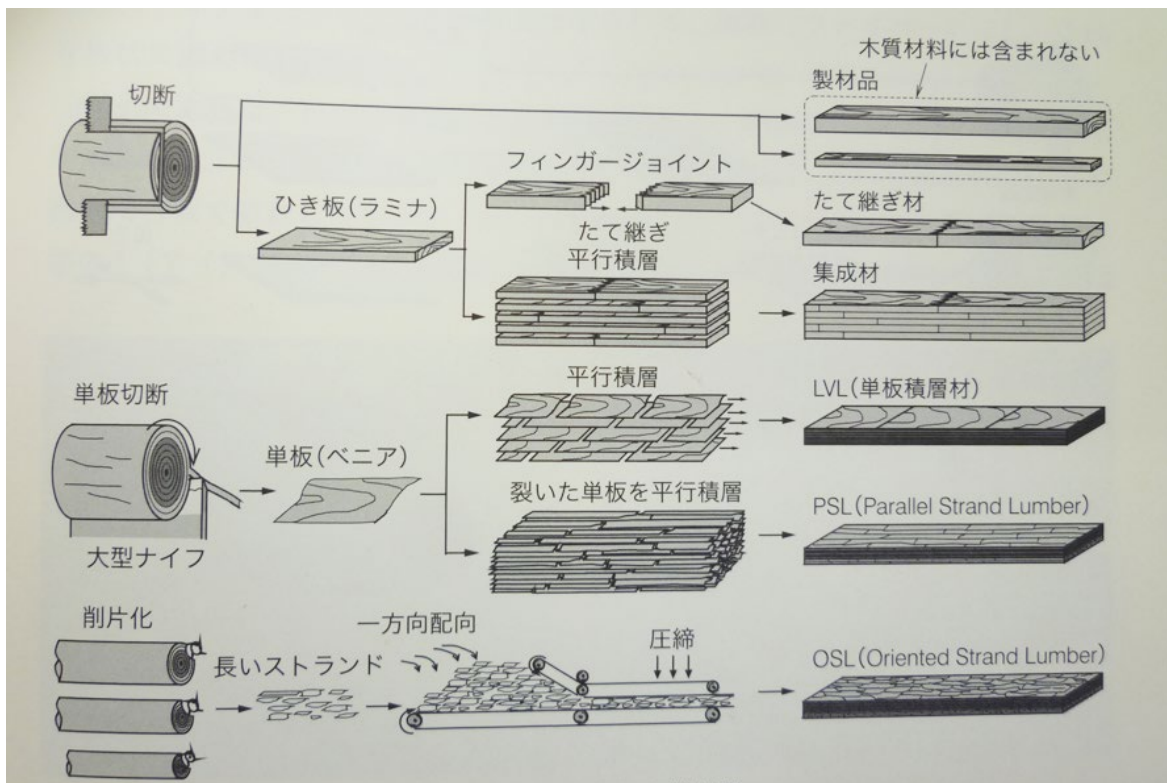
### 1. フィンガージョイント(FJ)加工と曲げ性能試験

- 試験片(FJ用とコントロール)の製作 34×20mm 断面, 長さ 500mm  
寸法の測定, 平均年輪幅, 密度の計算
- FJ 試験片のヤング率測定  
縦振動試験  
4点荷重曲げ剛性試験(オルゼン型試験機)  
スパン:450mm, 荷重点間距離:150mm, 荷重:300N まで 50N 刻みで中央たわみを測定
- FJ 加工  
フィンガー切削(フィンガー長さ:12mm, チップ:0.4mm, ピッチ:4mm)  
接着剤塗布  
尿素樹脂接着剤(硬化剤:塩化アンモニウム, 質量比 0.5%)  
水性高分子イソシアネート(水性ビニルウレタン)系接着剤  
(MDI 架橋剤の混合比:15%)  
酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤  
エポキシ樹脂接着剤  
圧縮率(約 10kgf/cm<sup>2</sup>)で 3 秒間圧縮(ジャッキのシリンダ径:25mm)  
養生期間:1 週間
- 試験体の縦振動試験と曲げ破壊試験(4点曲げ, スパン:450mm, 荷重点間距離:150mm)  
オルゼン型試験機を使用して 300N まで 50N 刻み, 以降 100N 刻みで破壊まで中央たわみを測定
- 含水率測定
- レポート作成  
荷重変位曲線のグラフ  
コントロールと比較して接合効率を算出  
(ヤング率, 比例限度, 曲げ強さ, 最大たわみについて接着剤間で比較)

### 2. 集成材の製作と強度試験

- ラミナ(ひき板)の年輪幅, 比重, 中央 600mm 区間の節径比  
ヤング率の測定(載荷法, 縦振動法)  
載荷法は 1600mm スパン中央に 10~50N を載荷して中央たわみを測定
- ラミナ配置の決定(異等級対称構成)
- 積層接着  
水性高分子イソシアネート系接着剤, 圧縮圧:約 8kgf/cm<sup>2</sup>, 油圧圧縮装置
- 曲げ剛性試験(ラミナの垂直配置と水平配置, オルゼン型試験機),  
スパン:1600mm, 荷重点間距離 600mm の中で 400mm 区間のたわみと中央たわみを測定  
荷重刻み 0.5kN, 4kN まで負荷

- 縦振動試験, たわみ振動試験
- 曲げ破壊試験(アムスラー油圧試験機)
  - ラミナの繊維方向ひずみの測定
- 縦圧縮試験(アムスラー油圧試験機)
  - 試験体 150mm 区間の変位, 全体変位, ひずみ測定
- 接着層のせん断試験(いす型試験片, 油圧試験機)
  - せん断強度, 木部破断率を測定
- 含水率測定
- レポート作成
  - ラミナ配置による強度設計の検証
    - 水平積層, 垂直積層, 縦圧縮のヤング率を比較
    - 中立軸位置の変化(ひずみ測定値)
    - ヤング率の比較
      - 静的/動的
      - せん断たわみの影響
      - 曲げと圧縮
      - 実験値と計算値



## 集成材の曲げ剛性

### 1. 水平積層の場合

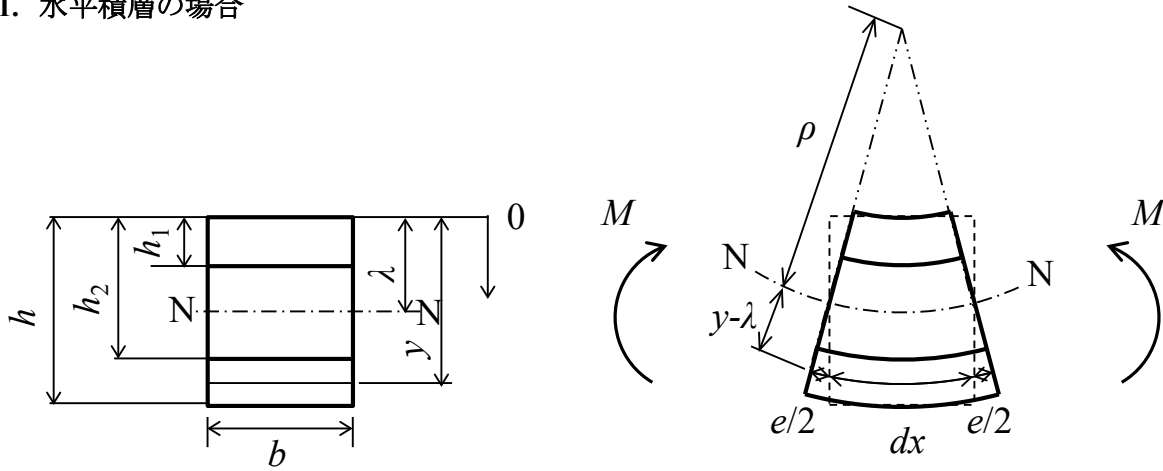


図 1. 曲げモーメントを受ける集成材のひずみ分布

水平積層した集成材の曲げ剛性 ( $EI$ ) は各ひき板の  $EI$  から計算することができる。はじめに積層接着された各ひき板の断面二次モーメント ( $I$ ) を求めるために、集成材の中立軸位置 ( $\lambda$ ) を決定する。

上図において梁曲げの基本仮定から、弾性限度内では (1) 式が成り立つ。

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\varepsilon_y}{y-\lambda} = \frac{\sigma_y}{E(y-\lambda)} \quad (1)$$

ここで、 $\rho$ : 曲げモーメントによる曲率の半径、 $\lambda$ : 集成材上縁から中立軸までの距離、 $y$ : 集成材上縁から下向きの座標、 $\varepsilon_y$ :  $y$  における垂直ひずみ、 $\sigma_y$ :  $y$  における垂直応力。

上図の 3 層構成の集成材を例にとると、任意の断面で  $\int_A \sigma dA = 0$  が成立するから、

$$\begin{aligned} & \int_0^{h_1} b \frac{E_1}{\rho} (y-\lambda) dy + \int_{h_1}^{h_1+h_2} b \frac{E_2}{\rho} (y-\lambda) dy + \int_{h_1+h_2}^h b \frac{E_3}{\rho} (y-\lambda) dy \\ &= \frac{b}{\rho} \left\{ \left[ E_1 \left( \frac{y^2}{2} - \lambda y \right) \right]_0^{h_1} + \left[ E_2 \left( \frac{y^2}{2} - \lambda y \right) \right]_{h_1}^{h_1+h_2} + \left[ E_3 \left( \frac{y^2}{2} - \lambda y \right) \right]_{h_1+h_2}^h \right\} \\ &= \frac{b}{\rho} \left[ E_1 \left( \frac{h_1^2}{2} - h_1 \lambda \right) + E_2 \left\{ \frac{1}{2} (h_2^2 - h_1^2) - (h_2 - h_1) \lambda \right\} + E_3 \left\{ \frac{1}{2} (h^2 - h_2^2) - (h - h_2) \lambda \right\} \right] \\ &= \frac{b}{\rho} \left[ \frac{1}{2} \{ E_1 h_1^2 + E_2 (h_2^2 - h_1^2) + E_3 (h^2 - h_2^2) \} - \{ E_1 h_1 + E_2 (h_2 - h_1) + E_3 (h - h_2) \} \lambda \right] \\ &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{E_1 h_1^2 + E_2 (h_2^2 - h_1^2) + E_3 (h^2 - h_2^2)}{2 \{ E_1 h_1 + E_2 (h_2 - h_1) + E_3 (h - h_2) \}} \quad (3)$$

$n$  層のひき板を積層した場合に一般化すると、中立軸位置 ( $\lambda$ ) は以下の式で表すことができる。

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i (h_i^2 - h_{i-1}^2)}{2 \sum_{i=1}^n E_i t_i} \quad (4)$$

集成材の  $EI$  は決定した中立軸位置に関する各ひき板の  $EI$  の総和をとって求められる。

$$EI = \sum E_i I_i = \frac{b}{3} \sum_{i=1}^n E_i \{ (h_i - \lambda)^3 - (h_{i-1} - \lambda)^3 \} \quad (5)$$

集成材の見かけのヤング率 ( $E$ ) は (5) 式を断面二次モーメント:  $bh^3/12$  で割って算出できる。

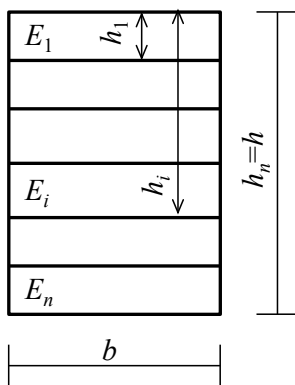


図 2. 水平積層

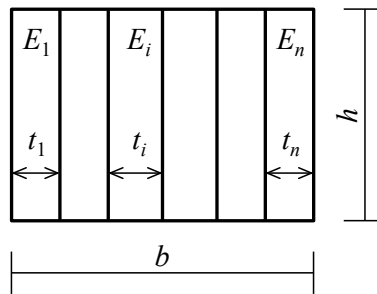


図 3. 垂直積層

## 2. 垂直積層の場合

この場合、ヤング率は梁せい方向で変化しないので中立軸位置は中立軸と一致する。

$$\lambda = \frac{h}{2} \quad (6)$$

曲げ剛性は各ひき板の  $EI$  の総和をとって求められる。

$$EI = \sum E_i I_i = \frac{h^3}{12} \sum_{i=1}^n E_i t_i \quad (7)$$