

## 1. はじめに

近年、安価な 3D プリンタが普及している一方で、オープンソースの 3DCAE ツールも利用できるようになってきたため、3DCAE ツールでモデル化し、そのまま 3D プリンタにより造形して、3DCAE の有限要素法の精度検証をするために、造形した実物モデルに対して実験を行うことも可能となってきた。しかし、こうした造形モデルはあくまで等方性材料であるため、木質部材の 3D モデルを検証するための実物モデルにはなりえない。そこで本研究では、ミルフィーユ状にスリットを設けた木材模擬材料を造形し、実物モデルの実験と 3D モデルの数値解析とを比較することにより、任意のせん断剛性を有する木材模擬材料を制御できるかどうか検討する。

## 2. ミルフィーユモデルの曲げ試験

異方性を再現するため、横軸と縦軸で特性が変わるように 1mm ごとにスリットの入った、長さ 240mm、幅 b:11mm、高さ h:11mm のミルフィーユ状の試験体図-1 を作成する。この試験体について曲げ試験を行い、曲げヤング率  $E$  と軸方向ヤング率  $E'$  およびせん断弾性係数  $G$  を求める。曲げ試験は図-2 のような単純支持 3 点曲げで行い、線载荷となるよう試験体中心の穴にぶら下げた紐付き容器に、おもりを 30 秒ごとに载荷していき、スパン中央のたわみ  $v$  を測定する。

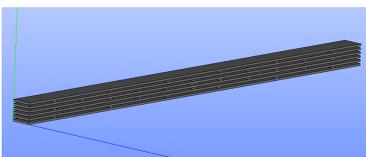


図-1 試験体

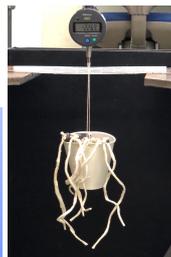


図-2 曲げ試験

ここで、単純梁の中央のたわみ  $v$  は  $v = \frac{P\ell^3}{48EI}$  で

表される。この式を変形して  $\frac{P\ell^3}{48I} = Ev$  とし、曲げ試験から得られる値を代入することで傾きとなる曲げヤング率  $E$  を求める。この実験をスパン  $\ell$  を変えて行うことで、軸方向ヤング率  $E'$  とせん断弾性係数が求まる。

## 3. 曲げ試験結果

### (1) スリットの少ないミルフィーユモデル

ミルフィーユ状のモデルに対して曲げ試験をした結果より得られたグラフを以下に示す。

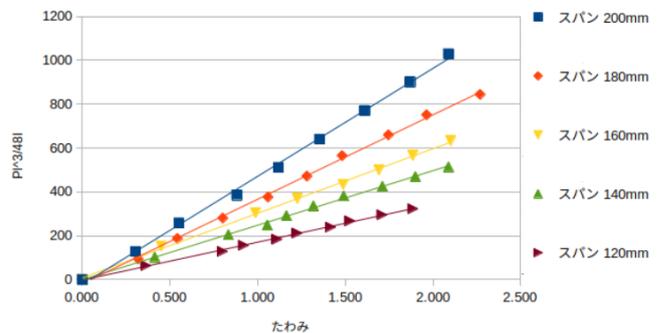


図-3 曲げ試験結果

図-3 のグラフより、各スパンの結果における近似直線の傾きから求めた曲げヤング率  $E$  を表-1 に示す。

表-1 曲げヤング率

スパン $\ell$ [mm]	曲げヤング率 $E$ [GPa]
200	0.492
180	0.385
160	0.295
140	0.249
120	0.173

求めた曲げヤング率とスパン長さの関係から、切片より軸方向ヤング率  $E'$  は 24.047[GPa]、傾きよりせん断弾性係数  $G$  は 0.00178[GPa] と求まった。

## (2) スリットの多いミルフィーユモデル

スリット数を増やしたものを作成した。曲げ試験の結果を以下に示す。

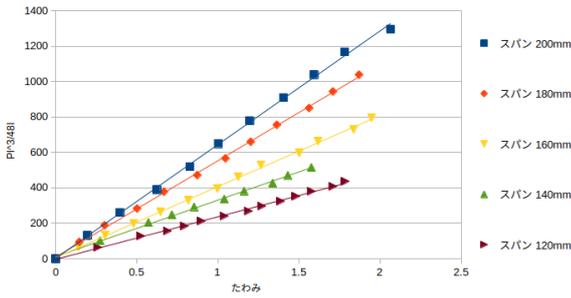


図-4 曲げ試験結果

スリットを増やすことでヤング率が大きくなることが確認できた。図-4 のグラフより、各スパンの結果における近似直線の傾きから求めた曲げヤング率  $E$  を表-2 に示す。

表-2 曲げヤング率

スパン $l$ [mm]	曲げヤング率 $E$ [GPa]
200	0.641
180	0.544
160	0.401
140	0.318
120	0.240

求めた曲げヤング率とスパン長さの関係から、軸方向ヤング率  $E'$  は 11.652[GPa], せん断弾性係数  $G$  は 0.00245[GPa] と求まった。

## 4. Salome 解析

### (1) スリットの少ないミルフィーユモデル

上記の曲げ試験について Salome で解析を行う。

表-3 曲げヤング率

スパン $l$ [mm]	曲げヤング率 $E$ [GPa]
200	0.483
180	0.382
160	0.332
140	0.320
120	0.231

求めた曲げヤング率とスパン長さの関係から、軸方向ヤング率  $E'$  は 0.943[GPa], せん断弾性係数  $G$  は 0.00318[GPa] と求まった。

### (2) スリットの多いミルフィーユモデル

表-4 曲げヤング率

スパン $l$ [mm]	曲げヤング率 $E$ [GPa]
200	0.664
180	0.548
160	0.451
140	0.412
120	0.312

求めた曲げヤング率とスパン長さの関係から、切片より軸方向ヤング率  $E'$  は 1.494[GPa], せん断弾性係数  $G$  は 0.00399[GPa] と求まった。

## 5. まとめ

実験と解析を比較すると曲げヤング率の傾向が一致した結果が得られたと思われる。しかし、軸方向ヤング率は実験値が解析値のおよそ 10~20 倍となっており、3D プリント材料の複雑な特性によるものや拘束条件による誤差があると考えられる。実際、実験ではミルフィーユモデル試験体の支点の外側が浮いてくることがあり、拘束が大きくなっているように見られた。さらに、3D プリント材料自体のヤング率が不明であることから解析値も正確性に欠けていると考える。

また、スリットの数異なる 2 つのモデルについて、スリットの多いモデルの実験結果の方が解析値と近くなったため、誤差が少ないと考えられる。スリットの多いモデルでは、載荷点のデザインも変えているので、その変更が結果にどのくらい影響しているか検討していきたいと考える。

### 参考文献

- 1) 後藤文彦・麓貴行・薄木征三・佐々木貴信：曲げ試験による木材梁のせん断弾性係数推定の精度，土木学会,2003.