

# スギ小径材の強度性能

## 一丸太・タイコ材・角材の曲げ強度一

大分県林業試験場 津島 俊治

### 1. はじめに

スギ小径丸太は磨丸太にみられるような化粧の利用がされており、構造用部材としての利用は丸太組織法などを除けば一般化していない現状である。

しかし、これらの小径材を資材倉庫や畜舎など強度の性質が比較的重視される建築物の構造材として丸太やタイコ材の状態で利用することは、断面が大きく、目切れが少なく、成熟材部を多く含むなどの利点があると考えられる。

そこで、スギ小径材を丸太→タイコ材→角材に製材したときの曲げ強度試験を行い、丸太の形質が曲げ強度性能に及ぼす影響について検討した。

なお、本試験は大型プロジェクト研究：農林水産業資材等農山漁村地域における国産材の需要開発に関する総合研究（木質系産業用資材の開発）の中で行った。

### 2. 供試木及び試験方法

材長が3m、末口径が9~14cmのスギ材59本を日田市内の原木市場より入手した。丸太は直材で、元口における年輪数は11~26であった。剥皮後、末口及び元口の短径・長径・年輪数を測定し、末口径・元口径・平均年輪幅を求めた。このとき、丸太の平均含水率は115%であったため、人工乾燥により平均含水率19%に乾燥した。さらに中央240cm区間の末口・元口・中央径を測定し、テーパ率（1m当りの半径の細り）を求めた。

試験機は島津製作所製AG-10を用い、スパン240cmの中央集中荷重方式で行った。（丸太の曲げ破壊試験はスパン270cmの3等分点荷重方式・6cm角材はスパン210cmの中央集中荷重方式）荷重速度を20mm/minにし、たわみの測定はクロスヘッドの移動量を用いた。荷重点のめり込みによるたわみ量の誤差を小さくするため、丸身のある荷重点にはアールのついた補助具を用いた。

試験は、丸太の曲げ剛性試験を行った後、45本を厚さ6cmと9cmのタイコ材にし flatwise 及び edgewise の曲

ヤング係数を求め、そのうち12本を6×6cmと9×9cmの角材にした。曲げ剛性試験の荷重方向を考慮して曲げ破壊試験をおこなった。

曲げ破壊係数(σ)及び曲げヤング係数(E)は、以下の計算式<sup>1)</sup>により算出した。

丸太の場合

$$E_{r0} = PL^3 / 12 \pi y r_0^4$$

$$E_{rbe} = PL^3 / 3 \pi y r_0 r_b (r_b + r_0)^2$$

$$E_{rbe} / E_{r0} = (\alpha + 1)^2 / 4$$

$$\sigma = PL / 6Z$$

p: 荷重  
y: たわみ  
L: スパン間隔  
P: 最大荷重  
r<sub>0</sub>: 荷重点の半径  
r<sub>b</sub>, r<sub>e</sub>: スパン両端の半径  
I: 断面2次モーメント  
Z: 断面係数  
α: α = r<sub>b</sub> / r<sub>0</sub>

タイコ材・角材の場合

$$E = pL^3 / 48 I_y$$

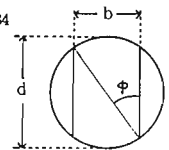
$$\sigma = PL / 4Z$$

タイコ材の断面2次モーメントの計算

$$I = (12 \phi + 8 \sin 2\phi + \sin 4\phi) d^4 / 384$$

$$I_r = (4 \phi - \sin 4\phi) d^4 / 128$$

ただし、 $\phi = \sin^{-1}(b/d)$



### 3. 結果と考察

測定結果を表-1に示した。丸太の平均末口径(Db)は11.6cm、平均年輪幅(ARW)は4.6mm、平均比重(SG)は0.38、テーパ率(Ta)は5.1mm/mであり、丸太及びタイコ材、角材に供した丸太間で大差なかった。

曲げ破壊係数(σ<sub>b</sub>)及び曲げ比例限度応力(σ<sub>p</sub>)の全平均は、332kgf/cm<sup>2</sup>、175kgf/cm<sup>2</sup>で両者ともタイコ材>丸太>角材の順に大きかった。曲げ破壊係数はタイコ材の平使いで365kgf/cm<sup>2</sup>で6cm厚と9cm厚に差がなく、建築

表-1 試験体の形質および曲げ性能結果

|      | n  | Db<br>cm | ARW<br>mm | SG   | Ta<br>mm/m | E <sub>r0</sub> | E <sub>rbe</sub> | Edge | E <sub>nat</sub> | E  | σ <sub>b</sub> | σ <sub>p</sub> | (平均値)                                |                     |
|------|----|----------|-----------|------|------------|-----------------|------------------|------|------------------|----|----------------|----------------|--------------------------------------|---------------------|
|      |    |          |           |      |            |                 |                  |      |                  |    |                |                | 10 <sup>3</sup> *kgf/cm <sup>2</sup> | kgf/cm <sup>2</sup> |
| 丸太   | 14 | 11.3     | 4.8       | 0.38 | 5.8        | 36              | 37               | -    | -                | -  | 320            | 172            |                                      |                     |
| タイコ材 |    |          |           |      |            |                 |                  |      |                  |    |                |                |                                      |                     |
| 6×6  | 17 | 10.7     | 4.4       | 0.37 | 4.0        | 39              | 40               | 41   | 50               | -  | 365            | 181            |                                      |                     |
| 9×9  | 16 | 12.8     | 4.7       | 0.38 | 5.6        | 37              | 37               | 37   | 51               | -  | 364            | 210            |                                      |                     |
| 材平均  | 33 | 11.7     | 4.5       | 0.38 | 4.8        | 38              | 39               | 39   | 50               | -  | 365            | 195            |                                      |                     |
| 角材   |    |          |           |      |            |                 |                  |      |                  |    |                |                |                                      |                     |
| 6×6  | 6  | 10.5     | 4.7       | 0.38 | 5.0        | 36              | 38               | 39   | 45               | 42 | 275            | 120            |                                      |                     |
| 9×9  | 6  | 12.8     | 4.6       | 0.39 | 5.6        | 39              | 39               | 41   | 53               | 54 | 239            | 130            |                                      |                     |
| 材平均  | 12 | 11.6     | 4.7       | 0.39 | 5.2        | 38              | 38               | 40   | 49               | 48 | 257            | 125            |                                      |                     |
| 全平均  | 59 | 11.6     | 4.6       | 0.38 | 5.1        | 38              | 38               | 40   | 50               | 48 | 332            | 175            |                                      |                     |

Shyunji TSUSHIMA (Ooita Pref. Forest Exp. Stn., Hita, Ooita 877-13)

Strength properties of small Sugi timber. Bending strength of Log, Two-sides sawn and Square lumber

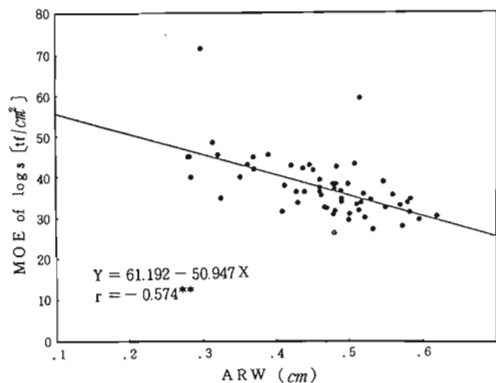


図-1 平均年輪幅と丸太の中央径から求めた曲げヤング係数の関係

基準法施行令第95条に規定されているスギの材料強度  $225 \text{ kgf/cm}^2$  をすべて満足したが、丸太で1本、角材で2本が基準以下であった。タイコ材の曲げ破壊係数が丸太のそれより大きかったことは丸太の曲げ破壊係数が等断面仮定により計算したため細りの影響が無視されたことによると考えられる。

また、丸太の曲げヤング係数は等断面仮定(Erc)及び直線テーパ仮定(Erbe)で変わらず  $38 \text{ tf/cm}^2$  であった。式より求めた  $\text{Erbe}/\text{Erc} = 1.01$  でテーパ影響による比が小さく、実験値とよく一致した。タイコ材の曲げヤング係数は edgewise で  $40 \text{ tf/cm}^2$ 、flatwise  $50 \text{ tf/cm}^2$  で平使いのほうが大きかった。

次に丸太の形質と強度性能の関係を表-2に示した。平均年輪幅及びテーパ率と曲げ破壊係数及び曲げヤング係数の間に負の相関関係が認められたが、比重との間には認められなかった。平均年輪幅と丸太の中央径から求めた曲げヤング係数の関係を図-1に、テーパ率と中央240cm区間の末口・元口径から求めたヤング係数の関係を図-2に示した。また、曲げ破壊係数と曲げヤング係数の間には図-3に示すように  $r =$

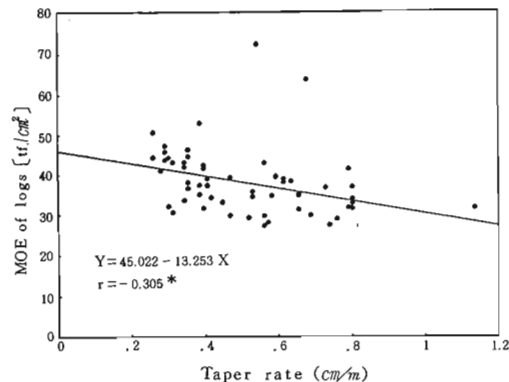


図-2 テーパ率と中央240cm区間の末口・元口径から求めた曲げヤング係数の関係

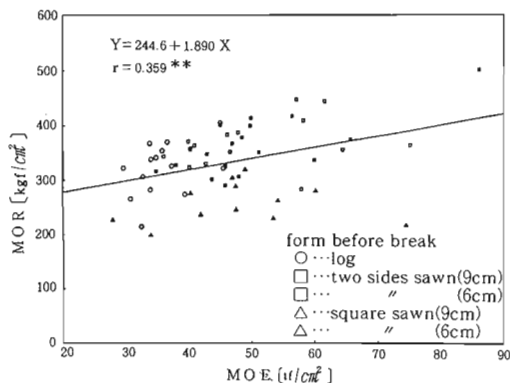


図-3 破壊時の曲げヤング係数と曲げ破壊係数の関係

0.359の相関関係が認められた。

表-2 曲げ性能に関する丸太の形質

|     | Erc      | $\sigma_b$ | $\sigma_p$ |
|-----|----------|------------|------------|
| ARW | -0.574** | -0.462**   | -0.504**   |
| Ta  | -0.346** | -0.303*    | -0.188     |
| SG  | .096     | .151       | -0.066     |

\*\* : 1%有意, \* : 5%有意

#### 4. おわりに

スギの間伐材など小径材を構造用部材として利用することを想定して、丸太、タイコ材、角材の曲げ性能について試験した結果、建築用部材として十分使用できることがわかった。また、角材にするより、むしろ丸太やタイコの状態で利用したほうが断面が大きいのみならず、単位断面当りの強度も増し有利になると考えられた。仮に、中央径が15cmの丸太の材質が一樣であるとして、丸太の最大曲げ荷重に対する6cm厚と9cm厚のタイコ材及び正角材のその比は以下のとおりとなり、曲げ強度性能は極めて減少する。

|       | 丸太   | タイコ材縦使い | 平使い  | 角材   |
|-------|------|---------|------|------|
| 9cm製材 | 1.00 | 0.85    | 0.54 | 0.37 |
| 6cm製材 | 1.00 | 0.63    | 0.26 | 0.11 |

しかし、丸太やタイコの状態で利用する場合、荷重点にめり込み現象が生じたり、接手などの作業が複雑となるため一概に望ましいとは言えず、簡易な丸太やタイコ組構法の開発が待たれる。

#### 引用文献

- (1) 小泉章夫ら：北大演研報，44，355～380，1987
- (2) 遠矢良太郎：日林九支論集，35，239～240，1982