

木橋における木ダボ接合部のせん断特性

環境構造工学講座 07633 壽田 健一
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

長さに制約のある間伐材などを利用した小規模な木橋において、橋軸方向に梁部材を木ダボ接合することにより、スパンを確保する工法が提案され利用されてきている。この木ダボ接合は、モーメント耐力に優れているが、ホゾ接合部に作用するせん断が接合部の強度を支配する可能性があるため、ホゾの寸法や梁部材に対する比剛性が接合部のせん断挙動に及ぼす影響について数値的に考察する。

2. 数値モデル化

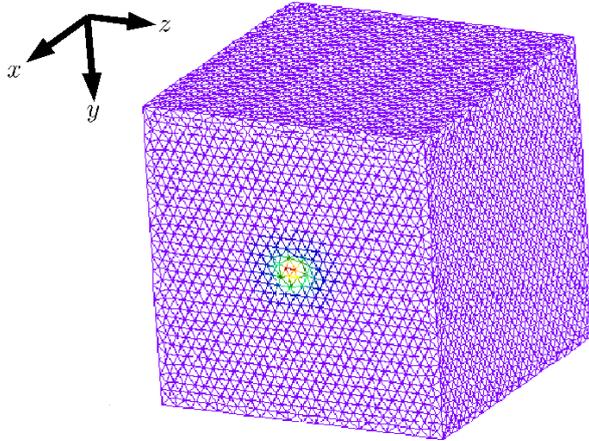


図-1 解析モデル

図-1 に示すような立方体を解析する。解析はフリーソフトの SALOME¹⁾ でモデルをつくり、そのつくったモデルを汎用有限解析ソフト Calculix²⁾ で解析する。解析する際は、4 節点 12 自由度四面体要素を用いて行う。解析に使う材料は表-1 に示す。

表-1 材料寸法

縦 t	240mm
横 b	240mm
高さ h	240mm
ホゾの直径 h	12mm
梁のヤング率 E	6×10^3 MPa

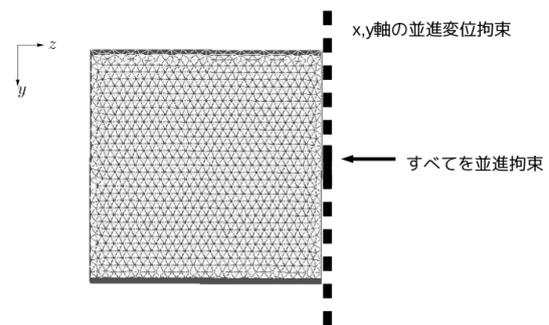


図-2 拘束条件

立方体のホゾを差し込む面は x, z 軸方向の並進変位を拘束し、ホゾの部分はすべての方向の並進変位を完全拘束する。上面になる部分には、 y 軸の正方向に荷重を等分布にかける。荷重は 5000N/m を想定しているため、 $5000 \times 0.24 = 1200\text{N}$ で計算する。上面にある点の数は 960 点あるため、一つの点にかかる荷重は $\frac{1200}{960} = 1.25\text{N}$ とする。解析モデルのホゾの部分のヤング率は、 6×10^3 MPa から鋼材並みの 206×10^3 MPa まで変化させる。応力計算する場合、 $\frac{E_{\text{ホゾ}}}{E_{\text{梁}}}$ でヤング率の比率をだす。ポアソン比についても木材は異方体であるため、ヤング率が変わると変化するので、プログラムで異方体におけるポアソン比を計算させ変える。そして、ホゾの部分とホゾ以外の部分との応力変化について調べる。

$$\bar{\sigma}^2 = J_2 = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \sigma'_{ij} \sigma'_{ji}$$

$$J_2 = \frac{1}{6} [(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2 + 6\sigma_{yz}^2 + 6\sigma_{zx}^2 + 6\sigma_{xy}^2]$$

$\bar{\sigma}$ は材料のせん断抵抗を代表するスカラー量と考えられ、相当応力と呼ばれる。塑性モデルにおいて、相当応力が限界値に達した時の塑性変形が発生する開始条件を考えるときの条件式は、 $\bar{\sigma} = \tau_Y$ と表せる。この条件式を Mises の降伏条件と呼び、 τ_Y を初期せん断降伏応力と呼ぶ。今回の解析では、Calculix で出力される Mises 応力 ($\sigma_{Mises} = \sqrt{3}\bar{\sigma}$) を観察する。

3. 数値解析

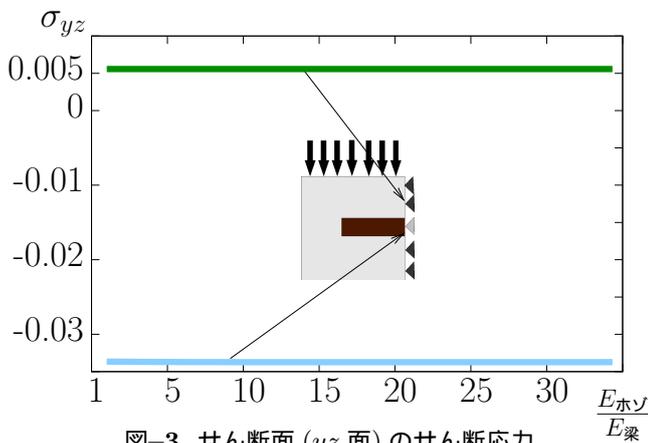


図-3 せん断面 (yz 面) のせん断応力

図-3 から y 面に作用する z 方向の単位面積当たりの力の変化をまとめた結果、ホゾのヤング率を梁の木材と同じ位から、徐々に大きくしていき鋼材並みのヤング率まで変化させていくと解析の結果から応力は少しだけ大きくなる。しかし、グラフにすると変化はほぼ平坦である。また、ホゾから離れた点の応力の変化の仕方もホゾの部分と同じ変化の仕方である。载荷している荷重は正方向にかけているがホゾの部分は载荷方向にも拘束されているので応力は梁の部分とは反対になっている。これは、ホゾと梁ではせん断の方向が逆だからである。図-4 からホゾの部分の Mises 応力をみた結果、ホゾのヤング率を大きくし鋼材に徐々に近づけていくと応力も大きくなっていく。しかし、ヤング率の比率が 15 付近から変化の値が小さくなり、徐々に収束に向

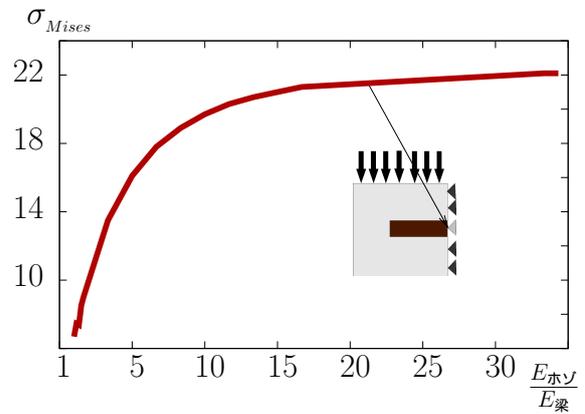


図-4 ホゾせん断面中央の Mises 応力

かう。

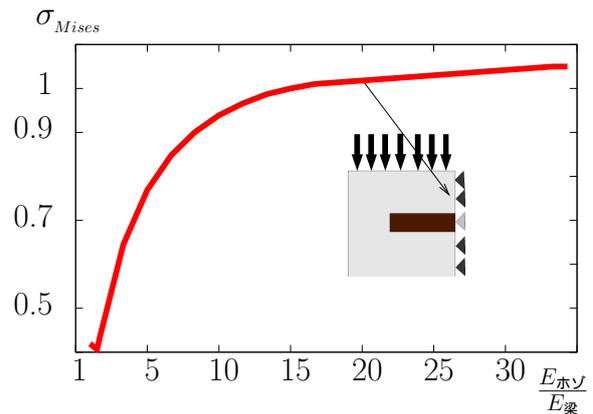


図-5 ホゾ中央から 7cm 離れた梁部材部の Mises 応力

せん断面ホゾ中央部から 7cm 離れた梁部材部の Mises 応力を図-5 に示す。ホゾからある程度離れた梁部材では、ホゾの部分と同じ変化の仕方をしてるのがわかる。だが、ホゾの部分と見比べてみると応力の値が小さい。このことから、ホゾの部分と比べて少し離れた箇所での変化は少ないとわかる。

4. まとめ

ホゾが梁部材に対して固くなると、ホゾせん断面のせん断応力は特に変化しないが、ホゾせん断面の Mises 応力は大きくなるのがわかった。ホゾに使われる木材のせん断強度は、必ずしもヤング率に対応して大きくなるとは限らないので、ホゾせん断面に生じる Mises 応力とホゾ部材のせん断強度との関係を把握してホゾを選定することが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) <http://www.salome-platform.org/>
- 2) <http://www.calculix.de/>