

弾塑性モデルを用いた CLT 床版の剛性評価

環境構造工学講座 13740 藤田 智郁
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

近年、建築分野で普及が進んでいる CLT(直交集成板)は、強軸、弱軸の両方向に、一定の曲げ剛性を有するので、軽量で疲労しにくいといった木材の長所を活かして橋梁の床版への利用にも期待されている。本研究では、CLT を 1 層や 8 層の異方性板の積層モデル化で有限要素解析し、静的載荷試験や破壊試験の結果と比較し剛性の評価方法について考察する。



図-1 CLT 床版破壊試験の様子

2. 解析手法

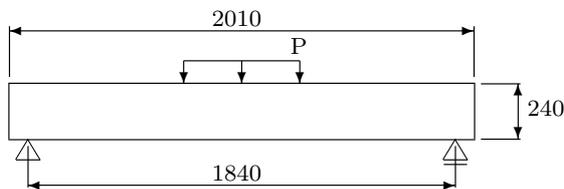


図-2 断面図

実験値と比較するため、実験で利用した長さ 4000mm、幅 2010mm、厚さ 240mm のスギ CLT (8 層) について有限要素解析を行う。図-2 は、CLT の断面図である。CLT 中央に長さ 200mm、幅 500mm の面に静的載荷試験を行う。FEM では

ラミナごとではなく、層毎に板を作成し強軸方向と弱軸方向を設定して解析する。解析に用いるヤング率 E 、ポアソン比 ν 、せん断補正係数 G は以下のとおりである。ここでは、 z を強軸、 x を弱軸、 y を載荷方向とする。

- $E_z = 5.0\text{GPa}$, $E_x = 0.2\text{GPa}$, $E_y = 0.2\text{GPa}$
- $\nu_{xy} = \nu_{xz} = \nu_{yx} = \nu_{yz} = \frac{0.4}{2.5} = 0.016$,
 $\nu_{zx} = \nu_{zy} = 0.4$
- $G_{xy} = G_{yz} = G_{zx} = \frac{E_z}{15} \approx 0.33\text{GPa}$

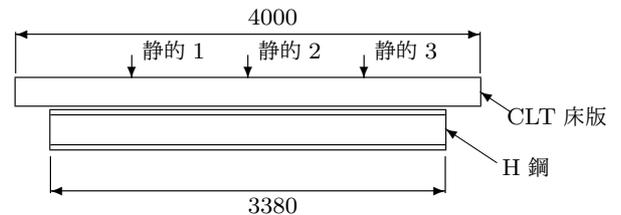


図-3 側面図

図-3 は、CLT 床版の側面図である。それぞれ図-3 の静的 1、静的 2、静的 3 に静的載荷を行なって変位を計測する。また、破壊試験は中央変位(静的 2)を計測する。破壊試験の FEM では、1 層モデルは上層半分に引張強度を、下半分に圧縮強度を設定し、8 層モデルでは上層 4 層に引張強度を、下層 4 層に圧縮強度を設定し弾塑性材として解析した。

3. 数値計算

(1) 静的載荷試験

a) 静的載荷 2

図-4 は、図-3 の静的 2 に載荷した時の中央変位の図である。幅中央での変位の実験値との相対誤差は-7.1%となる。端部は、FEM では完全固定条件としたが、実験では H 形鋼にボルトで固定されているため、端部に近い部分では FEM との誤差が大きい。

b) 静的载荷 3

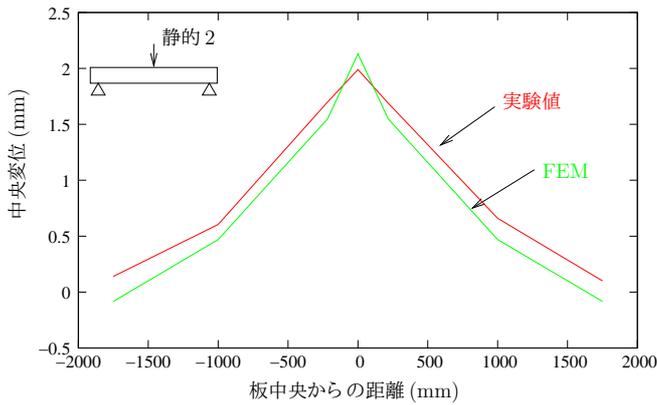


図-4 静的载荷 2

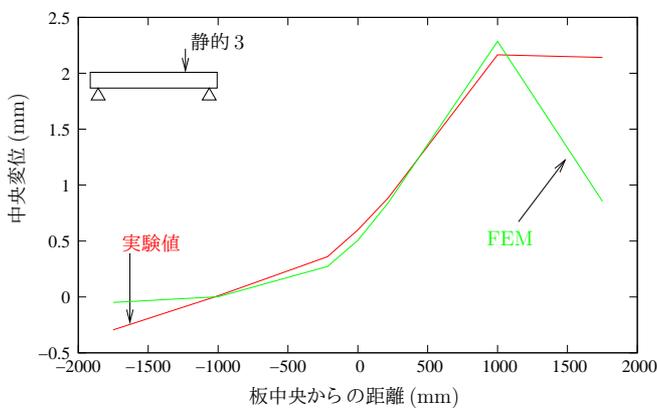


図-5 静的载荷 3

図-5 は、図-3 の静的 3 に载荷した時の中央変位の図である。幅中央での変位の実験値との相対誤差は 15.6% となる。

(2) 破壊試験

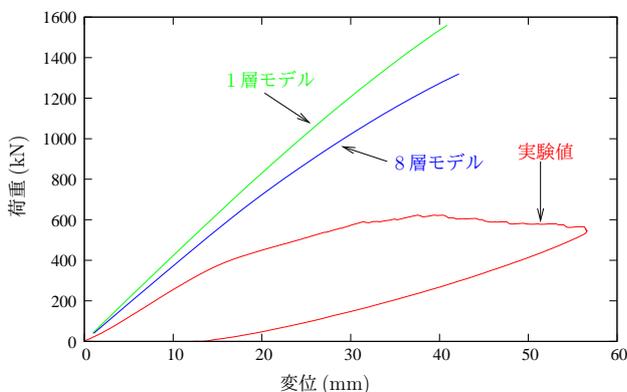


図-6 破壊試験との比較

図-6 は、各層を弾塑性材として CLT の破壊を降伏で表現したものである。中立軸位置から上側を圧

縮要素、下側を引張要素とし、圧縮要素については、スギの代表的な圧縮比例限度力 $\sigma_{cp} = 23\text{MPa}$ と圧縮強さ $\sigma_c = 27\text{MPa}$ を用いたトリリニアの応力-ひずみ関係とし、引張要素については、スギの代表的な引張強度 $\sigma_t = 55\text{MPa}$ を用いたバイリニアの応力-ひずみ関係でそれぞれ圧縮側、引張側の弾塑性挙動を表現した。木材の弾塑性を表すために用いた応力は、代表的な値でしかないので、実験値に比べるとかなりかためではあるが、木材の部分的な破壊による剛性低下をある程度は表現できると考えられる。ちなみに実験では、620kN で破壊した。

4. まとめ

今回の解析では、静的载荷試験の実験値と FEM との比較を行った。実験値との誤差は、ある程度許容範囲に収まったと考えられる。しかし、実験値の方が変位が大きくなった部分が多くなった点に関しては、安全側に考えると課題となると考える。

また、静的载荷 1 と 3 で同様の実験値とのグラフの違いが出た。これに関して、FEM では载荷した部分に大きく変位が見られその左右で線形的なグラフとなっている。一方実験値では、载荷した部分よりも中央からの距離が遠いほうに変位が大きくなっている。この違いを FEM でも表現することも今後の課題となると考える。

破壊試験の 1 層モデルと 8 層モデルの解析の比較では、1 層モデルの方が剛性が高く出た。安全側に考えて解析するなら、8 層モデルを用いるべきだと考えられる。

破壊試験の FEM 解析では試験材料の実際の降伏点は分からないので、実験値の 2 倍の値などになるかもしれないが、引張側は引張強度で、圧縮側は圧縮強度で降伏するモデルで、木材が降伏しながら剛性を落としていく様子をモデル化することができたと考える。

参考文献

- 1) 佐々木貴信 ほか: 橋梁用床版用途としての CLT の性能評価, 2016.
- 2) 秋田県立大学 木材高度加工研究所 ほか: CLT 床版輪荷重載荷試験へ向けて, 2016.
- 3) 木材活用事典編集委員会: 木材活用事典, 産業調査会事典出版センター, 1994.