

木材のせん断弾性係数測定方法についての検討

環境構造工学講座 08751 渡邊 拓哉
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

せん断変形の大きい木材では、せん断弾性係数の測定が重要となるが、曲げ試験による測定方法やねじり試験による方法など、せん断弾性係数の測定は一般に難しく精度の問題等がある。よく用いられるASTMの3点曲げ試験による測定方法では、木材のめり込みを防ぐために支点と載荷点に鋼板などを挟んで反力や荷重を分散させる。せん断弾性係数の算定に用いている基礎式はこうした影響を考慮していないティモシェンコ梁の式であるため、支点と載荷点で反力や荷重が分散されることがせん断弾性係数の算定に一定の影響を与えている可能性がある。本研究では、こうした影響について有限要素解析により検討する。

2. 解析手法

解析にはオープンソースの有限要素解析ツールCalculiXの8節点24自由度の直方体要素を用いる。全長は1.00[m]でスパン ℓ は、0.50[m]から0.90[m]の間を0.05[m]間隔で変化させ、要素分割数は4(桁幅) \times 8(桁高) \times 200(全長)とする。

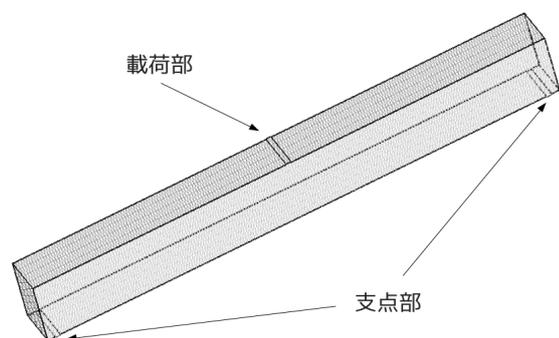


図-1 解析のモデル

支点と載荷点には、図-1のように解析モデルと同

じ幅で鋼板を貼り付け、その上から線拘束、線載荷を行った。

表-1 その他の値

高さ h	0.1m
幅 b	0.1m
厚さ(鋼板) t	0.005m
ヤング率(木材) $E_{軸}$	9.00GPa
ヤング率(鋼板) $E_{鋼}$	206GPa
ポアソン比(木材) ν	0.4
ポアソン比(鋼板) $\nu_{鋼}$	0.3
せん断弾性係数 G	0.6GPa
荷重 P	1000N
せん断補正係数 k	$\frac{5}{6}$

3. 解析結果

たわみ v とスパン-桁高比 $\frac{\ell}{h}$ との関係を示す(図-2)。ティモシェンコ梁のたわみの式から求めたたわみも併記する。

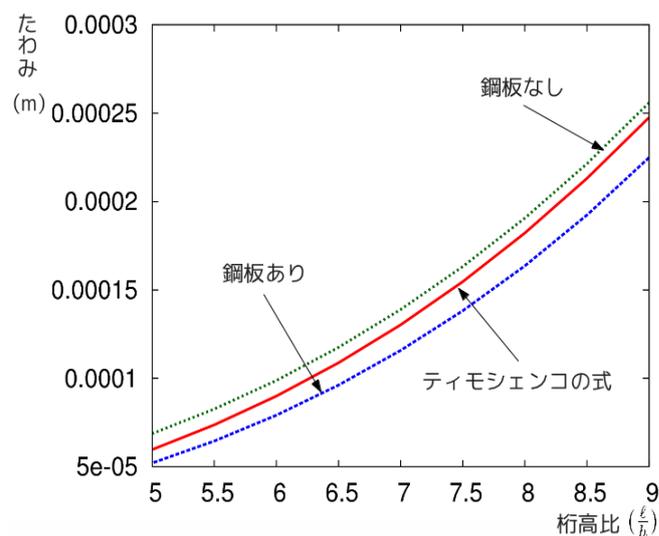


図-2 たわみ-桁高比 $(\frac{\ell}{h})$ のグラフ

鋼板なしの場合の FEM によるたわみは、ティモシェンコ梁のたわみより 10% 程度高めであり、鋼板ありの場合のたわみは、ティモシェンコ梁のたわみより 10% 程度低めとなっている。誤差を詳しく見るために相対誤差を図 3 に示す。

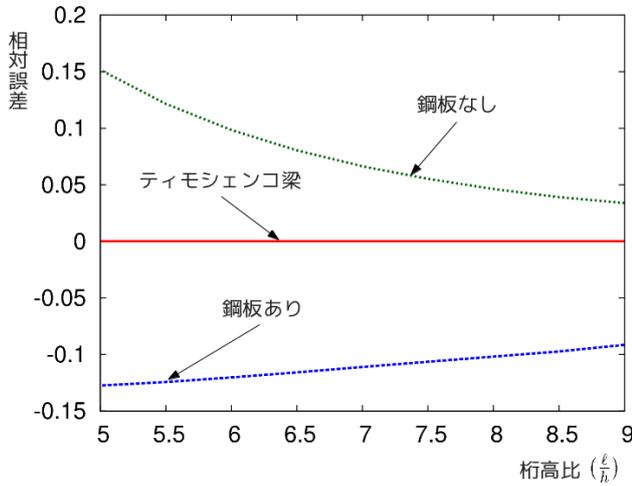


図-3 相対誤差-桁高比 ($\frac{l}{h}$)

まず、すべてのプロット (9 点) を用いて ASTM の方法によるせん断弾性係数算定のグラフを描いてみる (図-4)。これは縦軸に初等梁のたわみの式 $v = \frac{Pl^3}{48E_{\text{曲げ}}I}$ に実験値 (ここでは FEM 解) のたわみを代入して求まる曲げヤング率 $E_{\text{曲げ}}$ の逆数を取り、横軸に $(\frac{h}{l})^2$ をとって線形回帰すると、回帰直線の傾きから $\frac{1}{kG}$ を算定する方法である。

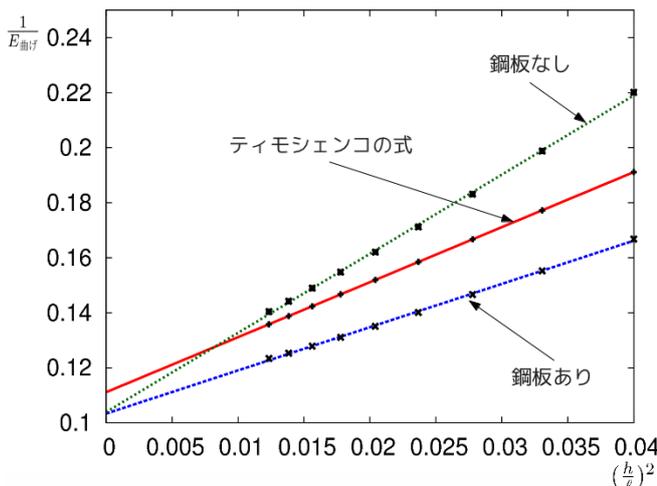


図-4 9 点の場合 $(\frac{1}{E_{\text{曲げ}}})-(\frac{h}{l})^2$

鋼板ありの場合と鋼板なしで誤差の大きい部分 (桁高比の小さい部分) を外して図-3 から、誤差の小さい $\frac{l}{h} = 7.0 \sim 9.0$ の 5 点で線形回帰を行った場合について、図-5 に示す。

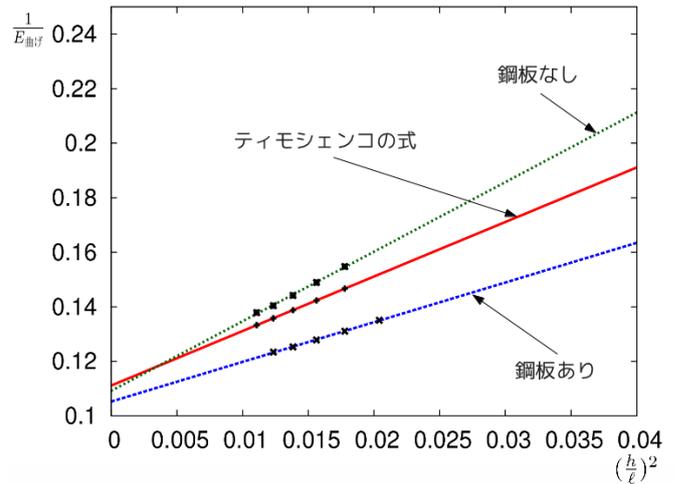


図-5 5 点の場合 $(\frac{1}{E_{\text{曲げ}}})-(\frac{h}{l})^2$

せん断補正係数を $\frac{5}{6}$ として、回帰直線から算定されるせん断弾性係数を表-2 に示す。有限要素モデルに与えたせん断弾性係数 0.6GPa に対する相対誤差を併記する。

表-2 せん断弾性係数

解析方法	せん断弾性係数	誤差
9 点の鋼板有り	0.76[GPa]	27[%]
9 点の鋼板無し	0.43[GPa]	-29[%]
5 点の鋼板有り	0.82[GPa]	37[%]
5 点の鋼板無し	0.47[GPa]	-22[%]

4. まとめ

ASTM の 3 点曲げ試験から得られるせん断弾性係数は、誤差の影響を受けやすく、支点や載荷点に鋼板を挟んだ影響や、回帰に用いるスパン範囲の影響に対しても敏感である。ばらつきの大きい木材では、多少の誤差は許容されるものの、支点拘束や載荷方法がせん断弾性係数の算定に一定の影響を与えている可能性がある。

参考文献

- 1) <http://www.calculix.de/>
- 2) 曲げ試験による木材梁のせん断弾性係数推定の精度：後藤文彦、麓貴行、薄木征三、佐々木貴信