

鋼板挿入集成材梁のせん断剛性について

環境構造工学講座 7504455 高福 優弥
指導教官 後藤 文彦

1. はじめに

集成材梁は曲げ面内のせん断変形に対するせん断弾性係数が軸方向ヤング率の $\frac{1}{12} \sim \frac{1}{20}$ 程度と非常にせん断剛性の小さい異方性材料であるが、スパンがある程度長ければ、せん断変形の影響は集成材の材料特性のばらつきに比べて極端に大きくはない。ところが、集成材に鋼板を挿入して補強した鋼板挿入集成材梁では、曲げ剛性は大きく改善されるもののせん断剛性はそれほど変わらないため、曲げ剛性に対するせん断剛性の比率は集成材のみの梁よりも更になくなってしまふ。このように、鋼板挿入集成材梁ではせん断変形の影響が無視できないほど大きくなるため、ティモシェンコ梁の式などでたわみを予測するにはせん断剛性を把握する必要がある。そこで本研究では、鋼板挿入集成材梁のせん断弾性 (kG) を数值的、実験的に調べてみた。

2. 解析モデル

解析モデルは、図-1 のように、集成材梁の上下縁に溝を彫って鋼板を鉛直に挿入し、樹脂系接着材で接着して製作する。荷重方法は、単純支持梁の中央1点荷重による3点曲げとする。数値解析には GPL ライセンスのフリーソフト CalculiX の 8 節点アイソパラメトリック要素を用い¹⁾、対称条件から単純梁の $\frac{1}{4}$ と見なせる片持ち梁を 6(幅方向) × 30(桁高方向) × 120(軸方向) の要素分割で解析する。

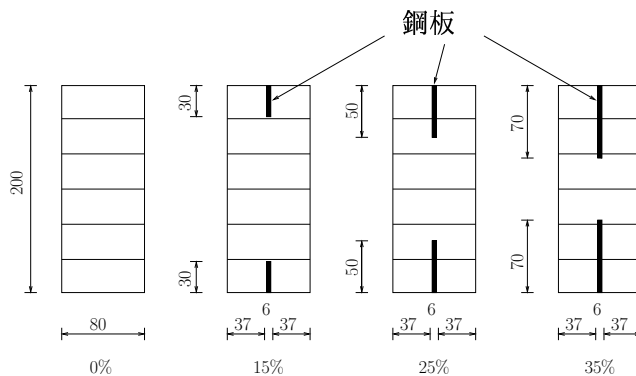


図-1 解析モデル

3. 数値解析

中央集中荷重を受ける単純支持梁の中央のたわみは、ティモシェンコ梁理論では次式で与えられる。

$$v = \frac{Pl^3}{48EI} + \frac{Pl}{4kGA} \dots\dots\dots (1)$$

ここに E はヤング率、 I は断面 2 次モーメント、 k はせん断補正係数、 G はせん断弾性係数、 A は断面積である。添字 w と s をそれぞれ集成材と鋼板についての値を示すものとする、1) 初等梁

($\frac{Pl^3}{48(E_w I_w + E_s I_s)}$)、2) ティモシェンコ梁 (式 (1) で

$kGA = \frac{5}{6}G_w A$)、3) ティモシェンコ梁 (式 (1) で $kGA = \frac{5}{6}(G_w A_w + G_s A_s)$) のそれぞれの式で求めたたわみと挿入鋼板深さの関係を、FEM 解に対する相対誤差で図-2 に示す。 $kGA = \frac{5}{6}G_w A$ としたティモシェンコ梁のたわみは、鋼板深さ 0 ~ 40% で FEM 解との誤差が $\pm 5\%$ 程度以内におさまリ、鋼板挿入集成材梁のせん断剛性は、 $\frac{5}{6}G_w A$ でおおよそ近似できると思われる。

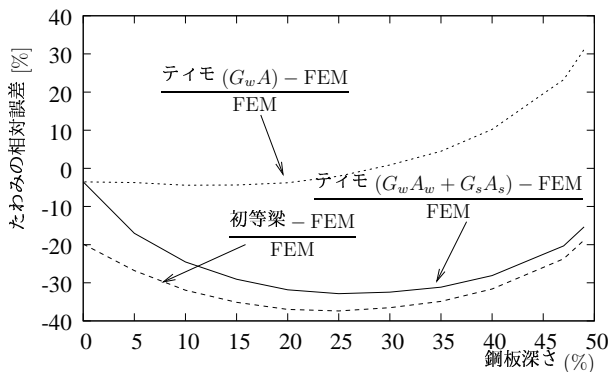


図-2 各梁理論の相対誤差

次に、FEM 解析から求めた荷重とたわみを式 (1) に代入して求めた kG を図-3 に示す。 kG は、挿入鋼板が深くなるほど大きくなり、スパン/桁高比が大きくなるほど大きくなる。

4. 実験と考察

製作した鋼板挿入集成材梁に対して、スパンを変えながら中央 1 点荷重の 3 点曲げ試験により測定した荷重とたわみの関係から求めた^{2),1)}曲げ剛性とせん断弾性を表-1 に示す。

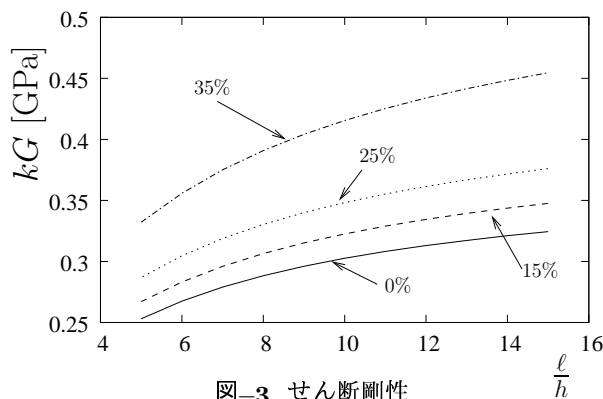


図-3 せん断剛性

供試体	鋼板深さ [%]	$E_w I_w + E_s I_s$ [kNm ²]	合成 EI [kNm ²]	G_w [GPa]	合成 kG [GPa]
1	0	418	418	0.45	0.43
2	0	386	386	0.56	0.47
3	15	897	868	0.39	0.43
4	15	914	786	0.36	0.63
5	25	1042	975	0.54	0.53
6	25	1104	977	0.44	0.62
7	35	1203	1154	0.40	0.59
8	35	1210	1313	0.37	0.45

表-1 鋼板深さと各剛性の関係

表中、の E_w と G_w は鋼板を挿入していない加工前の集成材のみの状態での測定値を表し、合成 EI と合成 kG は鋼板を挿入した合成断面としての測定値である。

曲げ剛性については鋼板深さが深くなるにつれて、ほぼ加工前の材料定数から見積もられる通りに剛性が大きくなっていくのが確認できるが、せん断弾性については鋼板深さとの間にはっきりとした相関は認められず、更には集成材自体のせん断弾性の大小との相関も特に認められない。曲げ剛性の方は加工前の材料定数から予測される測定結果が得られていることから、測定誤差によるばらつきはそれほど大きくはないと思われるが、集成材に鋼板挿入用の溝を彫ることで状態が変わったり、鋼板の接着具合などが敏感にせん断弾性に影響するという事なのかも知れない。更に実験精度を改善して調査を続けていきたい。

参考文献

- 1) 大黒屋 信英, 後藤 文彦, 千田 知弘, 薄木 征三: 木材梁の曲げ荷重方法とせん断弾性係数の推定精度について, 第 6 回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, pp. 81-86, 2007.
- 2) American Society for Testing and Materials: Standard test methods of static tests of lumber in structural sizes, ASTM Standards, D198-94, 1994.
- 3) <http://www.calculix.de/>