

模型によるプレストレス木箱桁橋のせん断剛性の測定

環境構造工学講座 7510735 長谷川 稜
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

プレストレス応急橋は間伐材に有効に利用できる土木建築物で、コストがかからない事や人力で運べる事、その場で組み立てられる事から、被災地などで利用されている。本研究では、プレストレス木箱型応急橋の 1/10 モデルを作成し、断面の同じ箱桁や I 桁でせん断たわみを測定する。そして、断面の形状を変えた場合でティモシェンコの梁理論から求められる理論値との比較を行い、模型の性質が実際の応急橋と同じかどうかを検討する。下記の理論値は、cowper のせん断補正係数 K を求める公式を利用して導きだした。



図-1 合板を挟みこむ木箱型



図-2 断面

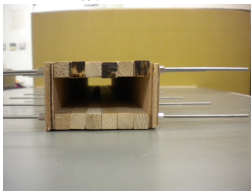


図-3 合板を挟みこむ木箱型

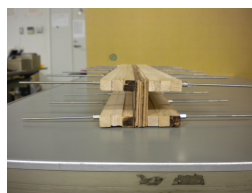


図-4 断面

表-1 せん断補正係数の理論値

合板あり	箱型	I 型
0.2273	0.2164	0.135

2. 応急橋模型と部材について

模型のスケールは、スパン 65cm、幅 5cm 材料には 1.2 × 1.2cm の白木材ベニヤ板、長ネジを使用した。ちなみに、今回使用した白木材のヤング率を曲げ試験のグラフと次式にしめす、見かけ上

のヤング率 (曲げヤング率) E' より求めたところ、11.8GPa で一般的な木材のヤング率 5~7GPa よりも、剛性が高いことがわかった。

$$\frac{1}{E'} = \frac{1}{E} + \frac{1}{4kG} \left(\frac{h}{\ell} \right)^2$$

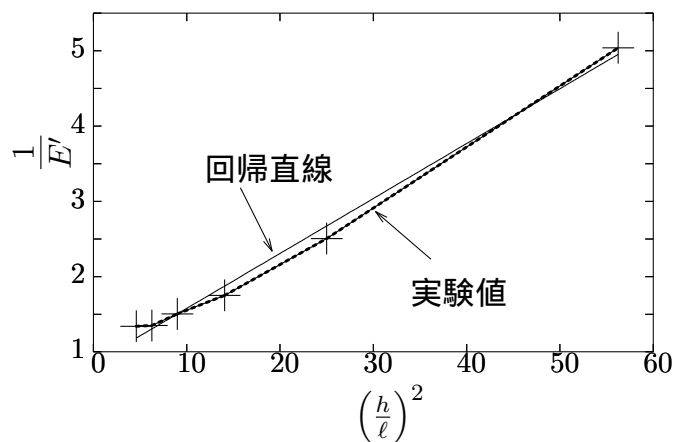


図-5 曲げ試験のグラフ

3. 試験方法と解析

製作した模型に荷重をかけて載荷試験を行い、たわみを測る。載荷試験には 3 点曲げ試験を採用し、中心の下部分にたわみ計を設置して、5kg ずつ 50kg まで載荷していきたわみを 10 点測定する。一つの断面での計測が終了した段階で、橋の模型を解体、組み換えをする。これを合板を挟みこむ木箱型、箱型、I 型と 3 回組み換えを行い、上記の試験をそれぞれ行ってたわみを計測していく。

そして、結果としてグラフに見られるの結果が得られた。グラフに示される様に、実験を行った断面の中では I 型断面が最も荷重あたりのたわみが大きいことがわかる。次にたわみが大きかったものが箱型断面となっており、最もたわみが小さかったものが合板を互い違いに挟みこむ木箱型の断面であった。更に初等梁との比較を行ったところ、

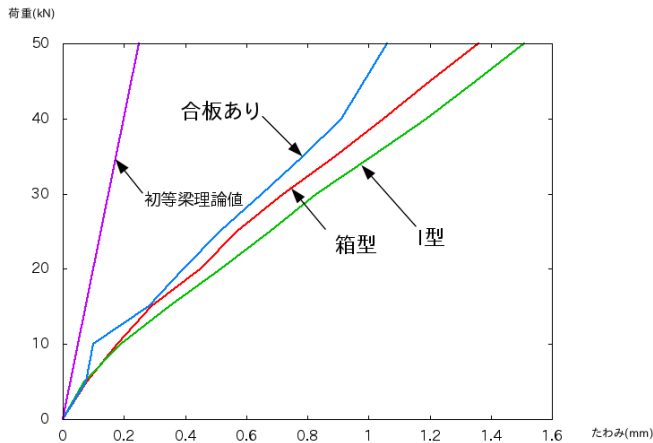


図-6 各断面ごとのたわみグラフ

4. 数値計算

載荷試験によって得られたたわみと材料諸元値を下記のティモシェンコの理論式に代入し、せん断補正係数 k を求める。

$$v = \frac{P\ell^3}{48EI} + \frac{P\ell}{4kGA}$$

この式において、 P は荷重、 L はスパン長、 E はヤング率、 I は断面二次モーメントを表しており、 k 、 G 、 A はそれぞれ、せん断補正係数、せん断弾性係数、断面積を表す。また、図-6 に示されるたわみのグラフから、たわみの回帰直線を導き出し、傾き a を求めることによって、次式から、より容易に実測値としての、せん断補正を求められる。この時の a はたわみの傾きを表しており、 $a=v/P$ で表される。

$$k = \frac{\ell}{4GA \left(\frac{\ell^3}{48EI} - a \right)}$$

上記の式に各値を代入することで以下の結果が得られた。同時に、先に述べた Cowper の理論式を利用して得たせん断補正係数との比較を行う。

表-2 せん断補正係数の実験値と理論値の比較

断面	実験値	理論値
箱型	0.036	0.2164
I型	0.0310	0.135
合板ありの箱型	0.048	0.2273

また、 k の理論値からたわみ v の理論値を導くことが可能であることから、たわみの比較も行う。この

とき、比較するたわみの値は 50kg 載荷した時の値を採用する。その理由としては、載荷した重りが十分でない場合、たわみの値にばらつきが生じる恐れがあるためである。

表-3 たわみの実験値と理論値の比較

断面	実験値 (mm)	理論値 (mm)
箱型	1.36	0.4076
I型	1.51	0.512
合板ありの箱型	1.06	0.407

表-2 からわかるようにせん断補正係数 K の値は理論値に示されるような結果とはならなかった。また、表-3 に示されるたわみの値も k の値に大きな誤差が生じたために、理論値と実験値の間に開きが出てしまった。

誤差が生じた原因として考えられる事は、大きく 2 つあると推測される。1 つは、模型を設計する上の問題で、床板が完全な水平になっておらず、実験装置との間にガタつきがあり、変位計に正確な値が得られなかった事が考えられる。また、各部材を組んでいく工程で継ぎ目が密着していなかった可能性が考えられる。

2 つ目は実験装置の精度の問題である。載荷試験の際、接触面との摩擦を考慮していなかった事、試験装置全体の水平が完全に保持できていなかったという可能性がある。

5. まとめ

今回の実験を通して、実験に使用した橋の模型は細部までの調整が行き届いてなく、理論値とは大きく誤差が出てしまった。しかし、数値こそずれているが、各断面に見られる性質は、ティモシェンコの理論と同じく、I型が最もたわみが大きく、せん断変形を起こしやすい。また、合板を挟みこむ木箱型の断面が最も剛性が強いという事がわかった。

参考文献

- 1) 稼農友徳・薄木征三：せん断変形を考慮した薄肉断面直線梁の理論，土木学会論文報告集，vol282，1979.
- 2) 後藤文彦・麓貴行・薄木征三・佐々木貴信：曲げ試験による木材梁のせん断弾性係数推定の精度，構造工学論文集，vol49A，2003.