

木アラミドハイブリッド梁の曲げ試験の精度について

環境構造工学分野

7019601 畠山 由佳梨

指導教員 青木 由香利

1. はじめに

カーボンニュートラルの考えにおいて、木材を土木構造物の部材として有効利用するために、世界中で様々なハイブリッド部材が開発されている。その中でも特に手軽で加工が簡単な木アラミドハイブリッド梁に注目している。ここで、木アラミドハイブリッド梁の曲げ試験は想定される剛性と実験結果がなかなか対応せず、正確に行うことが非常に難しい。本研究では、木アラミドハイブリッド梁の曲げ性能、剛性性能について考え、曲げ試験の精度について理論的に検討する。

2. ハイブリッド梁詳細

本研究では、3枚の木部材をアラミドシートの枚数を変えてポリウレタンを用いて接着したハイブリッド梁モデルを作成し、それぞれのハイブリッド梁に対して3点曲げ試験を行った。今回ハイブリッド梁で使用した木材はホウソウ材で高さ38mm、幅140mm、長さ800mmを用いた。本研究では、各ハイブリッド梁をアラミド2枚を挟んだB,F、アラミド1枚を挟んだC,F、アラミドを含まないD,Lの6本用意する。

また、木材は材料によってヤング率に差が出るため、ハイブリッド梁作成前に縦振動法を用いて各部材のヤング率を検証したものである。

図-1に実験結果を示す。

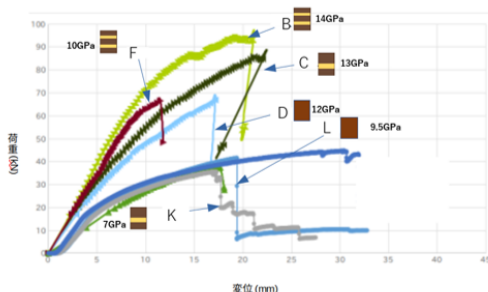


図-1 実験結果

実験結果より、木アラミドハイブリッド梁の曲げ試験は想定される剛性と実験結果が対応しないことが分かる。

3. ヤング率の逆算

実験値から求められるヤング率をティモシェンコ梁の式を用いて逆算した。ティモシェンコ梁の式を以下に示す。

$$\nu = \frac{Pl^3}{48EI} + \frac{Pl}{4k\frac{E}{15}A} \quad (1)$$

ここで ν は実験値、 E はヤング率、 A は断面積、 I は平均化した断面2次、 P は荷重、 k はせん断補正係数、 ℓ はスパン長をそれぞれ示す。

表-1 ヤング率の測定値と逆算値

	測定値 (MPa)	逆算値 (MPa)
B(2)	13870	4229.74
F(2)	10117	5362
C(1)	13103	3489.34
K(1)	7140	1460.87
D(0)	12113	4420.5
L(0)	9013	1446.4

ヤング率の逆算をしたところ、測定値よりも逆算値がかなり小さい値となり、実験値には本来の木材とアラミドシートのヤング率がうまく反映されていない、または実験モデルになんらかの問題があることが分かった。

4. 中立軸の修正

ここで、実験結果から最大荷重、最大たわみ、また挙動の違いが見られた理由を検討する。今回用いた木材は各部材ごとにヤング率がかなり異なり、ばらつきがある。そこで、縦振動法のヤング率を用いて、中立軸を式(1)より修正し、6本それぞれの中立軸と中立軸に基づいた曲げ剛性、たわみの理論値を求め実験値を比較する。ここで、アラミド部分はアラミドシートのヤング率の公称値(110GPa)を採用する。また、接着部分のポリウレタンは平均木材と考え、ヤング率はポリウレタンを挟む

キーワード: ハイブリッド梁, アラミドシート, 2×材, 破壊挙動

連絡先: 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学理工学部土木環境工学コース

両サイドの木材の平均値とする．これらの条件を踏まえて中立軸，中立軸に基づいた曲げ剛性，たわみの理論値を求める際の式を以下に示す．

$$y_G = \frac{\sum E_i A_i y_{1i}}{E_i A_i} \quad (2)$$

$$EI_G = \sum E_i (I_i + y_{2i}^2 A_i) \quad (3)$$

$$v = \frac{Pl^3}{48EI_G} \quad (4)$$

ここで y_G は中立軸， E はヤング率， A は断面積， y_{1i} は上面からの距離， EI_G は中立軸に基づいた曲げ剛性， y_{2i} は中立軸からの各部材の重心への距離， I_G は断面二次モーメント， P は荷重， ℓ はスパン長をそれぞれ示す．

縦振動法のヤング率に基づいて中立軸よりたわみの理論値を求めたところ，実験値よりもかなりたわみの値が小さく，剛性が強いことが分かった．結果は以下のとおりである．表 2 より，理論値と実験値には差が大きく出ていることが分かる．

中立軸を修正しても，まだまだ実験値と理論値が大きく違い，理論値が固めに出た．

表-2 中立軸と実験値，理論値におけるたわみ

	中立軸 (mm)	理論値 (mm)	実験値 (mm)
B(2)	57.91	7.34	19
F(2)	56.34	7.06	12
C(1)	58.58	7.29	21
K(1)	59.74	5.44	17.5
D(0)	56.16	6.93	17
L(0)	51.10	5.21	19

5. 数値解析と理論値の比較

次に数値解析による理論値の比較を行う．

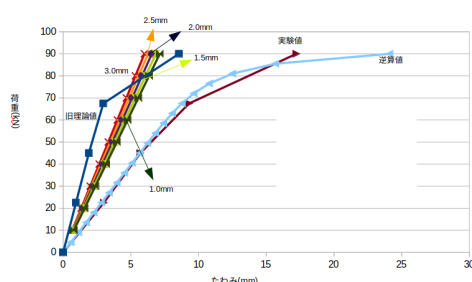


図-2 中立軸修正によるたわみ変化

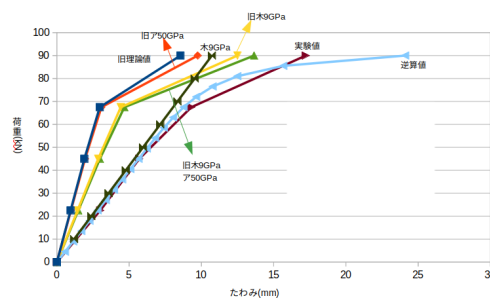


図-3 様々な要因によるたわみ変化

図 2 で中立軸修正前の理論値，修正後のアラミド厚を変化させたたわみの理論値，ヤング率の逆算により算出したヤング率を用いた解析値，実験値の比較を行う．また図 3 で木材のヤング率を実験値からホワイトウツのヤング率の公称値である 9GPa に変更した解析値や実際は実験モデルの接着部分がポリウレタンで厚くなっていることが考えられるため，アラミドシートのヤング率を 110GPa から 50GPa に変更した解析値との比較も行う．上に比較図を示す．図 2 より，中立軸の修正を行うことで，実験値に理論値の値が近づくことがわかった．図 3 より，アラミド，木材のヤング率を小さくすることで実験値に理論値の値が近づくことがわかった．

6. まとめと考察

本研究では，曲げ試験の精度について理論的に検討した．ヤング率の逆算をしたところ，実験値には本来の木材とアラミドシートのヤング率がうまく反映されていないことが分かった．中立軸の修正により，理論値が実験値に近づいたため，中立軸のズレによる誤差の影響も多少考えられるが，まだまだ実験値と理論値が大きく異なるため，他の原因が考えられる．原因として，接着部分のポリウレタンが空気に触れると固まるという性質があるため，中心部が上手く固まっていなかったという可能性も考えられる．今後はポリウレタンを完全に乾燥させることができる機械を用いたり，アラミドシートのもたらし影響やヤング率の妥当性を明らかにしていく必要があると考える．

参考文献

- 1) 軽部 正彦:木橋を架ける時代から架け続ける時代へ，木質構造研究会，Journal of Timber Engineering, No.42, pp.12-17, 2000
- 2) L.Kia, H.R.Valipour: Composite timber-steelencased columns subjected to concentric load-ing, Engineering Structures, Volume 232, Article111825, pp1-22, 2021