

木目の見える木ハイブリッド梁の基礎研究

7018835 田村 陸
指導教員 青木 由香利

1. はじめに

近年の温暖化対策はカーボンニュートラルの考えのもと木材の利用促進がなされている。土木分野においても対策へ強い尽力が求められているので、土木構造物へ木材の幅広い利用ができないか考える。

これまでに、世界中で土木構造物に木材を使用する際に懸念される木材の剛性の低さを補完するような材と木材を合わせるハイブリッド梁開発の研究が行われている。^{1) 2)}

ここでは、既往研究である木ー鋼ハイブリッド部材についての研究において今後の課題となった梁の重さと作りやすさに焦点を絞り¹⁾、木ーアラミド部材について研究を行った。

2. 先行研究

著者らは本研究の前に先行研究として木ー鋼ハイブリッド梁の数値解析を行った。梁は木材に鋼棒を挟んで接着したとしてモデルを作成した。鋼材の本数や直径を変えながら3点曲げの線形解析、弾塑性解析を行い、剛性や強度の評価を行った結果鋼材の本数が多く直径が大きいほど、剛性が高くなることが分かった。また、弾塑性解析の結果より、鋼材直径が大きいほどより降伏荷重が高くなり強度も高くなることが分かった。

以上の結果より鋼材の有無で梁の剛性や強度を高める効果は期待できると思われるが、梁全体の重量が大きくなる事や、梁作成時に木材に鋼材が入るくぼみを掘るのに手間がかかるなどの課題が挙げられた。

3. 木ーアラミドハイブリッド梁

木ー鋼ハイブリッド梁の課題から、コンクリートの補強などにも使用されているアラミド繊維に着目して木ーアラミドハイブリッド梁のモデルを作成し、解析と載荷試験より梁の特性評価を行っていく。

(1) 試験体

試験体に使用した木材は 2x6 材と呼ばれるもので断面 38mmx140mm, 長さ 910mm が 1 本の寸法で、樹種はホワイトウッドである。それを 36 本用意し、1 本ずつ縦振動法とたわみ振動法でヤング率の推定を行った後、**表-1** のように推定ヤング率が高い順に 3 本ずつまとめ 12 組作成し、そのうち 8 本を今回の実験に用いた。また、使用したアラミド繊維はフィブラシート AK-40 で幅 100mm のものである。木材長より 100mm ほど長く切った後にウレタン樹脂を染み込ませ乾燥させた。樹脂を先に染み込ませた理由として繊維素材であるアラミドシートがよれたりして効果が発揮されないことを防ぐために硬化させた。試験体の作り方は**図-1** に示すように木板 3 枚を重ね、木板と木板の間に樹脂を染み込ませ乾燥させたアラミドシートを挟みウレタン樹脂で接着するといった方法で作成する。挟むアラミドシートの枚数を 0 枚、1 枚、2 枚として 3 パターンの試験体を作成した。

表-1 試験体組み合わせ

試験体(アラミド枚数)	ヤング率平均[GPa]	試験体(アラミド枚数)	ヤング率平均[GPa]
B(2)	13.9	G(1)	9.2
C(1)	13.1	J(2)	7.3
D(0)	12.1	K(1)	7.1
F(2)	10.1	L(0)	9.0

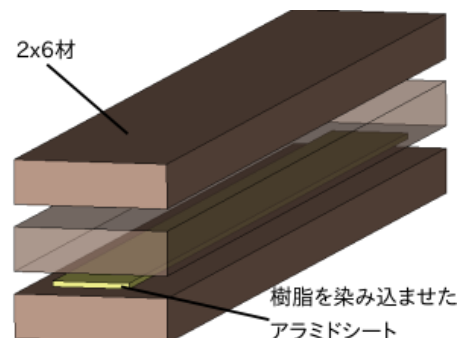


図-1 木ーアラミドハイブリッド梁

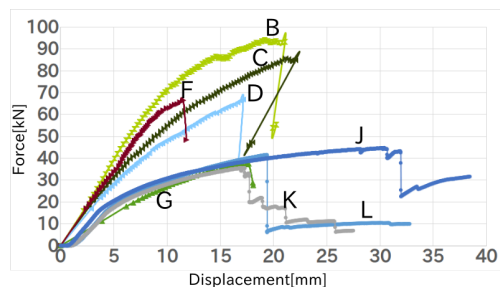


図-2 載荷試験結果

(2) 曲げ載荷試験

本研究ではスパン長 800mm として 3 点曲げで破壊するまで載荷試験を行った。図-2 は載荷試験を行い得られた荷重と変位の値をプロットしたものであるが、載荷後に載荷部分と支点部分にめり込みが確認できたため、変位の値はめり込みを考慮して補正してある。図-2 の結果より梁によって破壊するのにかかる荷重に違いがあることが見て取れる。この破壊荷重の差の要因としては梁に使用した木板のヤング率の違いが大きいと考えられるが、ヤング率のグレードが同じくらいのアラミドシート 2 枚入り、1 枚入り、木のみを比較するとアラミドシート入りの方が破壊荷重が大きくなるような結果が得られた。例えば同じグレードの梁 B、梁 C、梁 D の破壊荷重を比べるとアラミド 2 枚入りの梁 B が 92kN、アラミド 1 枚入りの梁 C が 84kN、木をみの梁 D が 66kN のようにアラミドの有無で差が出た。

試験後、クラックの入り方を目視で確認すると曲げ、せん断、剥離といった破壊形状が確認できた。また、アラミドシートが入ってる梁の方には破壊後除荷した際にほぼ初期状態まで戻るような挙動も確認できた。これらのことからアラミドシートを挟むことで梁破壊時の壊れ方や梁の靱性に影響があることが分かった。

(3) 数値解析結果

有限要素法 CAE シミュレーションソフト Salome-meca2019 上でハイブリッド梁の解析モデルを作成し解析を行った。実験結果や木材の特性を

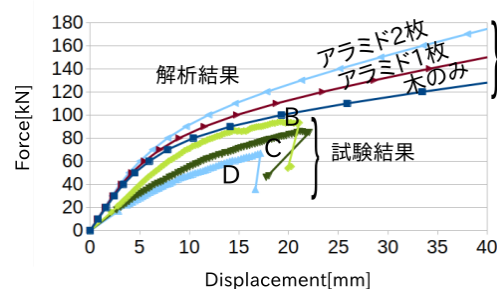


図-3 解析結果と試験結果の比較

考慮して解析モデルには木材を 3 層に分け、支配的な応力をもとに上部の木材に圧縮応力、下部の木材に引張応力、中心の木材に直交異方性を設定した。本来であれば全ての木材に降伏応力と異方性を与えるべきだが今回は簡易的にこのように設定した。図-3 は図-2 の梁 B、C、D の結果とアラミド 1 枚、2 枚、木のみを弾塑性解析した結果をプロットし比較したものである。結果は試験結果と似たような挙動を示したが解析結果の方が剛性は高くなった。

4. まとめと今後の課題

今回木-アラミドハイブリッド梁を作成し載荷試験を行った後、解析をし評価を行った。得られたデータや破壊後の試験体の状況からアラミドシートが曲げ剛性や強度に一定の効果を与えることが分かった。一方で、破壊後のクラックの入り方や除荷後のたわみの戻り量などに差異が確認できアラミドによる靱性の強化が期待できる。今後の課題としては、より詳しく解析を行って、実験の結果がどのようなメカニズムで起こったのか解明していくことと、それに必要なアラミドや樹脂の正確な材料定数の測定などが挙げられる。また、アラミドの解析データが出てきたら鋼材との梁重量や剛性、強度などの比較とアラミドシートの効果的な活用法を探ることを行って行きたい。

参考文献

- 1) 田村 陸, 青木 由香利, 君島 真美, 後藤 文彦, 及川 大輔: ツーバイ材を用いた木・鋼ハイブリッド梁の数値解析の基礎研究, 木材工学研究発表会講演概要集 21, pp.22-26, 2022
- 2) L.Kia, H.R.Valipour: Composite timber-steel encased columns subjected to concentric loading, Engineering Structures, Volume 232, Article 111825, pp1-22, 2021.