# 曲げを受ける木–鋼ハイブリッド梁の接着性能

秋田大学大学院 ○学生会員 及川 大輔
秋田大学大学院 正会員 青木 由香利
秋田大学 学生会員 君島 真美
秋田大学 学生会員 田村 陸
秋田大学大学院 正会員 後藤 文彦

## 1. はじめに

近年，脱炭素社会の実現のもと，カーボンニュートラルの考えが進められている. 日本での二酸化炭素排出量の約 35% は産業部門が占めており，その中でも土木材料であるセメントや鋼材などの生産で占める割合が多いと言われている．このような現状の中で，炭素固定材料である木材が注目を集めており，土木分野での活用も期待されている．今後，木材を土木分野で推進していくためには，コンクリートや鋼材の代替として認めてもらえるような新たな提案が必要不可欠である．そこで，木材の特質を考慮したオーストラリアで研究が進められている木–鋼ハイブリッド材 [1] を参考とした木材の間に鋼棒を挿入した木–鋼ハイブリッド梁について検討する．

本研究はその基礎段階として，鋼棒を挿入した木材同士の接着性能について，曲げ破壊試験と弾塑性解析を実施した結果から検討を行うものである．

## 2. ハイブリッド梁

### (1) 使用材料

長さ 1000mm のスギ製材:8 本と長さ 1000mm の異型棒鋼 (D13):4 本を用いた．作成モデルを**図-1** に示す．木材は同樹種の中でもばらつきが多く，ヤング率も異なる [2]．ハイブリッド梁は 2 本の製材を接着し一本の梁を作成することから，縦振動法試験により，ヤング率が近い製材でハイブリッド梁を作成した．各製材の断面定数とヤング率を**表-1** に示す．また表に記載している a・b・c・d は作成したハイブリッド梁の試験体名である．

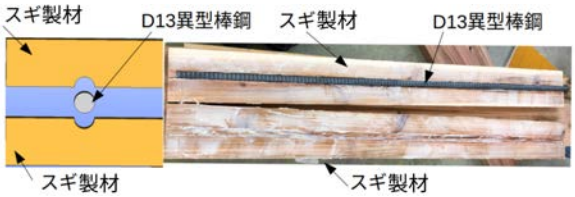
### (2) 作成手順

作成手順は以下のように行った.

1. 製材をヤング率ごとに分け，製材上面に半径 6.5mm の半円を長さ方向に切り抜く.
2. 切り抜いた面を♯ 400 の紙やすりで研磨し，接着剤を塗布する.
3. 切り抜いた部分に異型棒鋼を挿入し，ラミナ材同士で挟みクランプで締め付け一週間養生し，接着する.

上記の流れでハイブリッド梁試験体を 4 体作成した．作成過程を**図-2** に示す.

接着剤は一液ポリウレタン系接着剤（サンスター技研 (株) ペンギンセメント 930) を用いた.




**図–1** ハイブリッド梁モデル

**表–1** 木材ヤング率

| 製材 No. | 幅 (mm) | 高さ (mm) | ヤング率 (GPa) | 試験体名 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 29 | 100 | 8.56 | a |
| 2 | 29 | 100 | 8.37 | |
| 3 | 29 | 100 | 7.03 | b |
| 4 | 30 | 100 | 7.10 | |
| 5 | 29 | 100 | 6.65 | c |
| 6 | 29 | 100 | 6.48 | |
| 7 | 30 | 100 | 5.55 | d |
| 8 | 30 | 100 | 6.54 | |
| 異型棒鋼 | ヤング率:205GPa | | | |

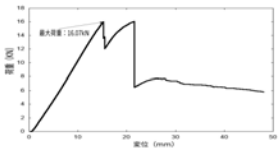
**図–2** 作成手順

キーワード ハイブリッド梁, 木材, カーボンニュートラル, 接着性能
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

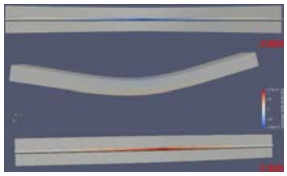
**表–2** 曲げ試験結果

| 試験体 | 試験体ヤング率 (GPa) | 曲げ強度 (MPa) | 曲げヤング率 (GPa) | 木材縁応力 (MPa) | 異型棒鋼縁応力 (MPa) | 中央変位 (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| b | 7.07 | 46.66 | 5.20 | 45.50 | 307.50 | 12.29 |
| c | 6.57 | 43.64 | 5.07 | 42.49 | 289.05 | 13.25 |
| a | 8.47 | | 5.08 | | | |
| d | 6.05 | | 4.06 | | | |

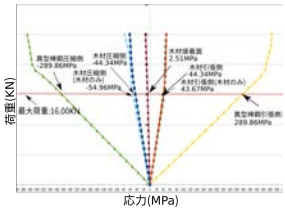
**図–3** 曲げ試験の様子




**図–4** 荷重–変位曲線



**図–5** 応力分布図




**図–6** 荷重–応力曲線

**表–3** 解析結果

| 試験体 | 木材縁応力 (Mpa) | 異型棒鋼縁応力 応力 (Mpa) | 中央変位 (mm) | 実験値との比較 木材 (%) | 鋼材 (%) | 変位 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| b | 44.34 | 288.89 | 8.74 | 2.67 | 6.05 | 28.89 |
| c | 42.42 | 290.66 | 8.77 | 0.16 | 0.57 | 33.81 |
| 木材のみ | 48.05 | | 9.14 | | | |

## 3. 曲げ試験

3点曲げ試験法で曲げ試験を実施し，試験体の曲げ強度・曲げヤング率を算出した．曲げ試験は島津精密万能試験機 (オートグラフ AG-X 50KN) を用いて支点間距離:700mm, 載荷速度 2KN/min で行った．変位計はクロスヘッドの変位計を用いている．木材のめり込み対策として試験体と載荷治具の間にゴムシートを挟んで試験を行った．試験中ゴムシートのめり込みが生じたため，めり込み変位を除した値を用いている．b 試験体の曲げ試験結果を**表-2** に，試験の様子と荷重–変位曲線を**図-3 図-4** に示す．なお今回は各試験体の含水率は測定していない．

曲げ試験の結果，曲げ強度は E70-F240 の集成材の曲げ強度より 2 倍程度高く測定された．ヤング率は 5GPa 程度で製材のヤング率より 25% 程度低い値となった．

## 4. 数値解析

有限要素解析ツール「Salome-meca2019」を用いて，ハイブリッド梁の応力分布と接着性能について検討する．解析に用いた材料定数は**表-1** に示したヤング率を用いた．また接着剤は $E$=7GPa，ポワソン比 $\nu$=0.3 としている．解析結果を**表-3** に，b 試験体の応力分布図と応力曲線を**図-5**, **図-6** に示す．解析の結果，木材縁応力・異型棒鋼縁応力の実験値との相対誤差が最大で 6% となり，解析モデルがハイブリッド梁を十分に再現しているものと判断した．応力分布はハイブリッド梁の上下面と異型棒鋼に集中しており，接着部分や異型棒鋼挿入位置の応力集中は確認されなかった．また，木材のみモデルとハイブリッド梁モデルの比較を行った結果，中央変位は 4% 低下しており，強度も増加したことからハイブリッド梁の有用性が確認できた．しかし試験体中央変位の相対誤差は 28~33% と実験値とは大きく異なる結果となり，接着性能の影響によるものであると示唆された．そのため，実験の中央変位に収束するまで接着剤のヤング率を低下させ，接着性能の確認を行った．その結果，接着剤の剛性を低下させた結果でも変位が実験値に近づかなかったことから，接着性能の確認は行えなかった．

## 5. まとめ

本研究は，木–鋼ハイブリッド梁の基礎研究として，曲げ性能と接着性能について検討を実施した．その結果，強度は同規格の集成材より高く，解析の結果，木材のみの梁より中央変位を抑えることができ，ハイブリッド梁の有用性が確認できた．

しかし，曲げ試験での変位が解析値より大きくなり，接着性能の影響が示唆された．

接着剤の種類・接着剤の塗布方法・養生期間などは検討段階であり，接着性能について言及するには方法等思案しながら実験を行っていく必要がある．

上述について今後検討を進め，曲げに強いハイブリッド梁を考案する．

### 参考文献

1) L. Kia and H.R. Valipour：Radiata Pine and Douglas fir timber-steel encased columns subjected to concentric and eccentric loading, Journal of Structural EngineeringVolume 148 Issue 2, 2022
2) 秋田県立大学木材高度加工研究所：コンサイス木材百科，(財）秋田県木材加工推進機構，1998.