

集合材技術を用いた横架材の曲げ性能に関する研究

その2 段数の影響を考慮した検討

荘所 直哉* 荻野 裕** 早崎 洋一***

Study on Flexural Performance of Wooden Horizontal Members Using Syugozai Technique Part 2 Examinations that considered influence of number of the main members

Naoya SHOJO, Yutaka OGINO, Youichi HAYASAKI

ABSTRACT

In this paper, the flexure experiment on the wooden horizontal members using Syugozai technique is shown. Three kinds of specimen are prepared. And there are differences in the number of main member.

As a result, if the main member is double, rigidity and maximum load of specimen has only doubled. The splitting failure occurred in specimen at the center of the span. After the study of the mechanical study about the stiffness for the specimen, the experimental results of the stiffness can be evaluated by adding the each main member considering the partial loss.

KEY WORDS: syugozai technique, flexural performance, horizontal member

1. はじめに

前報¹⁾では、集合材技術に関する部材名称や組立方法や主材が2段の場合の実験報告を行った。また、有効梁せいを定義し、実験結果の初期剛性からそれを評価し考察した。

本報告では、集合材技術を用いて主材を2~4段で組み立てた部材の曲げ実験報告と力学的な検討結果を示す。

2. 実験概要

2・1 試験体

試験体は105mm×105mmの主材を集合材技術にて材軸方向と直交する方向(鉛直方向)に一体化したものとし、材長は3000mmとした。試験体は主材の段数を変化させた、全部で3種類(2段~4段)である。組み立てた状態の断面形状を図1(2段と3段の場合)に示す。

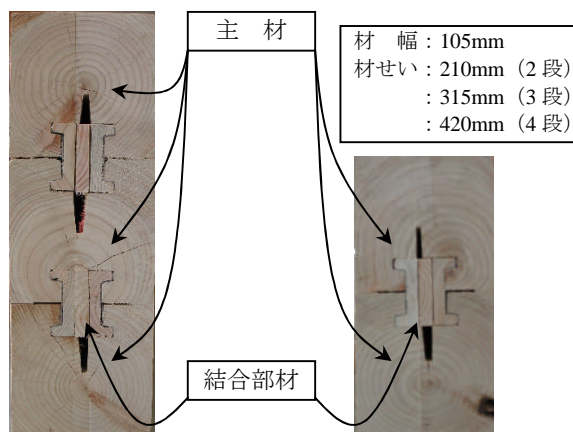


図1 断面形状(2段, 3段の場合)

表1 試験体一覧

| 試験体名 | 段数 | 材長 | 材幅 | 材せい | 試験体数 |
|-------|----|------|-----|-----|------|
| mm2 | 2 | 3000 | 105 | 210 | 3 |
| mm3 | 3 | | | 315 | 3 |
| mm4 | 4 | | | 420 | 3 |
| 全試験体数 | | | | | 9 |

* 建築学科 ** 荻野工務店

*** 財団法人建材試験センター

各試験体種類で試験体数は 3 体用意し、全 9 体の実験を行った。試験体一覧を表 1 に示す。なお、材種はすべてヒノキである。

2・2 実験方法

試験体を曲げ試験装置に単純支持（支持スパン 2800mm）となるように設置して単調載荷した。加力点は支点間距離の 3 等分となる位置の 2 点とした（4 点曲げ試験）。試験体の設置状況を写真 1 に示す。加力点および支点の局所的めり込みを防ぐために、支点および加力点に鉄板を挿入して加力した。加力速度は 5mm/min.程度で単調載荷した。

計測は、荷重をロードセルで、変位は電気式変位計で計測した。変位計は支持スパン中央の一箇所とした。



写真 1 試験機、試験体の設置状況

3. 実験結果

3・1 荷重－変位関係

実験で得られた荷重－変位関係を示す。変位は、支持スパン中央に取り付けた変位計で計測された結果とした。全試験体の荷重－変位関係を図 2～図 4 に示す。初期剛性において、主材の段数が多くなるほどバラツキが小さい傾向にある。主材の段数が多くなると、主材ごとのバラツキが平均化された結果が部材全体の性能になるため、このような結果になったと考えられる。

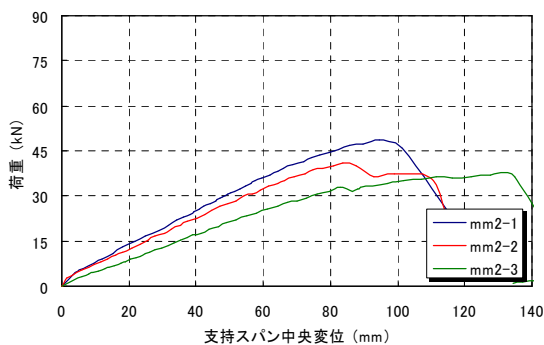


図 2 2 段の場合の荷重－変位関係

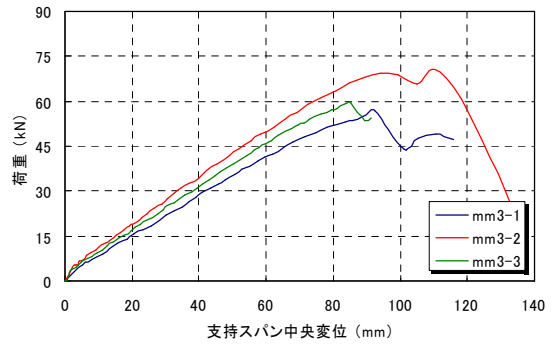


図 3 3 段の場合の荷重－変位関係

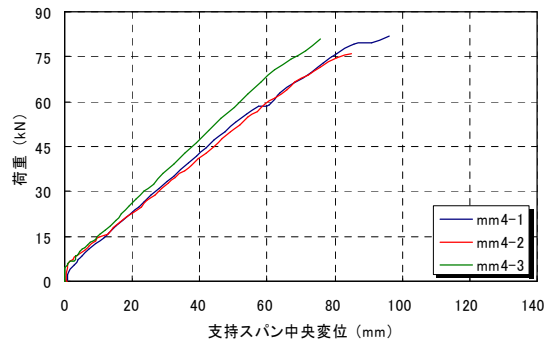


図 4 4 段の場合の荷重－変位関係

次に、荷重－変位関係より最大荷重および初期剛性を評価する。ここで、初期剛性は初期すべりを除いた最大荷重の 0.1 倍時と 0.4 倍時を結ぶ直線の傾きとした。評価結果を以下の表 2 に示す。

表 2 最大荷重および初期剛性の評価結果一覧

| 試験体名 | 最大荷重 (kN) | 初期剛性 (kN/mm) |
|-------|-----------|--------------|
| mm2-1 | 48.5 | 0.564 |
| mm2-2 | 39.0 | 0.497 |
| mm2-3 | 37.1 | 0.409 |
| mm3-1 | 56.6 | 0.664 |
| mm3-2 | 70.6 | 0.790 |
| mm3-3 | 59.6 | 0.720 |
| mm4-1 | 81.9 | 0.988 |
| mm4-2 | 75.9 | 0.905 |
| mm4-3 | 81.1 | 1.04 |

集合材に曲げモーメントが作用した際に、結合部材による主材の一体性が確保できると、集合材の初期剛性は材せいの 3 乗で効果を発揮する。しかし段数が 2 段から 4 段になっても初期剛性は 2.0 倍にしか上がっていない。また、同様に最大荷重も 1.9 倍にしか上がっていない。前報¹⁾でも実験中に同様の様子が伺えたが、試験体の変形状態において、結合された各部材が一体となって変形しておらず、個別に変形していた。突合わせ面で主材同士のせん断力が伝達されていないと考えられる。

3・2 破壊性状

試験体の破壊の様子を以下の図 5 に示す。破壊は加力点直下もしくは加力点の間で発生した試験体がほとんどであった。集合材技術により部材が一体化されていると、曲げ応力の関係から、破壊は最下段の下端から発生する。しかし、必ずしも最下段の下端から破壊が発生せず、最下段ではない主材の下端から破壊が発生した試験体もあった。破壊性状からも各部材が一体として変形していないことが考察される。



図 5 破壊性状 (3 段の場合)

3・3 有効梁せいの検討

前報で定義した有効梁せいを本実験結果に適用して、集合材の有効梁せいを検討する。有効梁せいの算出には(1)式を用いた¹⁾。

$$h = \sqrt[3]{\frac{276l^3}{1296bE}k} \quad (1)$$

- ここで、 h : 有効梁せい
- l : 支持スパン (2800mm)
- b : 梁幅 (105mm)
- E : ヤング係数
- k : 初期剛性

ここで、主材のヤング係数は、曲げ実験終了後の試験体より、損傷を受けていない箇所を切り出し (40mm×40mm×700mm)、3 点曲げ実験を実施して求めた。主材が複数あり、主材毎に得られたヤング係数も異なったため、今回は各主材のヤング係数の平均値を用いて算出した。上式で求めた有効梁せいの一覧を以下の表 3 に示す。また、有効梁せい率は有効梁せいを集合材の梁せいで除した結果である。

検討した結果、有効梁せい率は段数が多くなるほど小さくなる傾向になった。

表 3 有効梁せいの一覧

| 試験体名 | 梁せい (mm) | 有効梁せい (mm) | 有効梁せい率 |
|-------|----------|------------|--------|
| mm2-1 | 210 | 132 | 0.629 |
| mm2-2 | | 131 | 0.622 |
| mm2-3 | | 123 | 0.587 |
| mm3-1 | 315 | 142 | 0.450 |
| mm3-2 | | 153 | 0.486 |
| mm3-3 | | 147 | 0.466 |
| mm4-1 | 420 | 166 | 0.396 |
| mm4-2 | | 160 | 0.382 |
| mm4-3 | | 164 | 0.391 |

4. 力学的な評価方法の検討

集合材による横架材の剛性の評価方法を提案する。本報の実験方法の場合 (単純梁の 4 点曲げ載荷 (荷重間距離が均等とモデル化)) の弾性理論によるスパン中央たわみの算定式は(2)式である。

$$P = \frac{1296EI}{23l^3} \delta \quad (2)$$

ヤング係数および支点間距離は試験体と実験条件から得られる。よって、断面二次モーメントの評価方法がポイントになる。

実験結果や破壊状況等から、主材同士が一体として変形せずに、独立して変形していることがわっている。よって、主材毎に断面欠損を考慮した断面二次モーメントを求め、それらを加算することで評価した。評価結果と実験結果の比較を表 4 に示す。

評価結果は実験結果の 1 割程度低く、安全側の結果となった。設計上、十分な精度で評価できていると考えられる。

表 4 初期剛性の比較

| 試験体名 | 評価結果 | 実験結果 | 評価/実験 |
|-------|-------|-------|-------|
| mm2-1 | 0.503 | 0.564 | 0.893 |
| mm2-2 | 0.457 | 0.497 | 0.920 |
| mm2-3 | 0.447 | 0.409 | 1.09 |
| mm3-1 | 0.690 | 0.664 | 1.04 |
| mm3-2 | 0.651 | 0.790 | 0.824 |
| mm3-3 | 0.676 | 0.720 | 0.939 |
| mm4-1 | 0.832 | 0.988 | 0.842 |
| mm4-2 | 0.851 | 0.905 | 0.940 |
| mm4-3 | 0.916 | 1.04 | 0.878 |

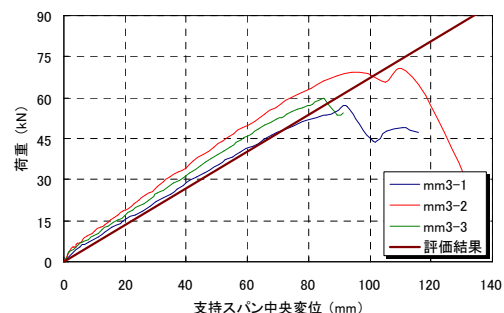


図 6 3 段の場合の実験結果と評価結果の比較

5. まとめ

集合材技術を用いて主材を 2 段～4 段で結合した横架材の曲げ実験を行った結果、以下の工学的知見が得られた。

- ・ 初期剛性において、主材の段数が多くなるほどバラツキが小さい傾向になった。主材の段数が多くなると、部材ごとのバラツキが平均化されるためと考えられる。
- ・ 主材が 2 本から 4 本になっても 2 倍の初期剛性や最大荷重しか示さなかった。3 本の場合は 2 本の場合の約 1.5 倍であった。よって、主材が増えると、主材の本数倍で初期剛性や最大荷重を発揮することが分かった。
- ・ 破壊は加力点直下もしくは加力点の間で発生した試験体がほとんどであった。また、必ずしも最下段の下端から破壊が発生せず、最下段ではない主材の下端から破壊が発生した試験体もあった。
- ・ 有効梁せい率は段数が多くなるほど小さくなる傾向になった。
- ・ 初期剛性について、構造力学的な評価方法を検討したが、主材毎に断面欠損を考慮した断面二

次モーメントを求め、それらを加算することで評価可能であることが分かった。

謝辞

実験の実施に際し、兵庫県立農林水産技術総合センター森林林業技術センターの山田範彦氏に多大なご協力を頂いた。また、実験結果の分析には当時、卒論生の豊島憲太氏（現神戸大学）の協力を得た。ここに記し深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 荘所直哉, 荻野裕, 早崎洋一: 集合材技術を用いた横架材の曲げ性能に関する研究, 明石工業高等専門学校研究紀要, 第 52 号, pp.57-60, 2009 年 12 月
- 2) 林知行: 高信頼性木質建材「エンジニアードウッド」, 日刊木材新聞社 (1998)
- 3) 社団法人日本建築学会: 木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—, (2006)
- 4) 日本住宅・木材技術センター: 木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2008 年版), (2008)