

集合材技術を用いた横架材の曲げ性能に関する研究

荘所 直哉* 荻野 裕** 早崎 洋一***

Study on Flexural Performance of Wooden Horizontal Members Using Syugozai Technique

Naoya SHOJO, Yutaka OGINO, Youichi HAYASAKI

ABSTRACT

In this paper, the bending experiment on the wooden horizontal members using Syugozai technique is shown. Syugozai technique (patent number: 3931188) is a technique that ties wood members without using the adhesive.

There are seven kinds of specimens, and is a difference between the shape of cross section and the fasteners. As a result of the experiment, the influence of the shape of cross section and the difference of the fasteners was small. The splitting failure occurred in specimen at the center of the span.

KEY WORDS: syugozai technique, flexural performance, horizontal member

1. はじめに

かつては丸太から製材した無垢材のみで木質構造住宅を建設することが当然であった。しかし、約40年前に集成材が開発されて以来、OSLやLVL等の木質系材料が開発され、それらを用いた住宅の普及が進んでいる¹⁾。

その一方で、木質系材料は接着剤を多量に用いているため、その耐久性やシックハウス症候群の原因とされている、ホルムアルデヒド等の室内への放出などが懸念されている。近年の木質系材料は、接着剤の性能の向上や製品完成後の検査等により懸念事項の多くは技術的に解決されている。しかし、施主の一部には、接着剤を用いた材料に対する抵抗感が未だにあることも事実である。

その解決方法として、製材のみを用いた重ね梁や充腹梁等のいわゆる複合梁が開発され、その設計法も提案されているが、現在でも種々の複合梁の開発が進められている²⁾。本研究では、接着剤を用いずに製材を組む技術である、集合材技術（特許番号：

第3931188）を用いた横架材の曲げ性能を実験的に研究する。

2. 集合材技術について

集合材技術とは製材（以後、主材と称す）を用い、主材相互の接触面にそれぞれ材軸方向に溝が形成されている。それぞれの溝に結合部材（3部材）が材軸方向に圧入され、その圧入によって部材相互が一体化されている。集合材の断面形状の一例を図1に示す。

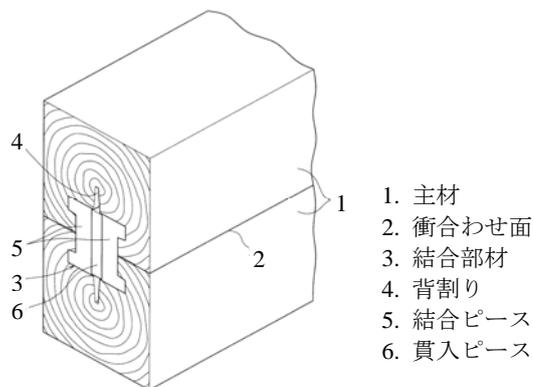


図1 集合材の断面形状

* 建築学科 ** 荻野工務店

*** 財団法人建材試験センター

集合材の組立方法を図2に示す。あらかじめ溝加工している製材にコ字形の2つの結合ピースを部材全長に渡って挿入する(図2(a)および(b))。次に板形状をした貫入ピース(長さ約300mm程度に分割されている)を挿入する(図2(c))。これにより各部材が一体化し、一つの集合材として完成する。

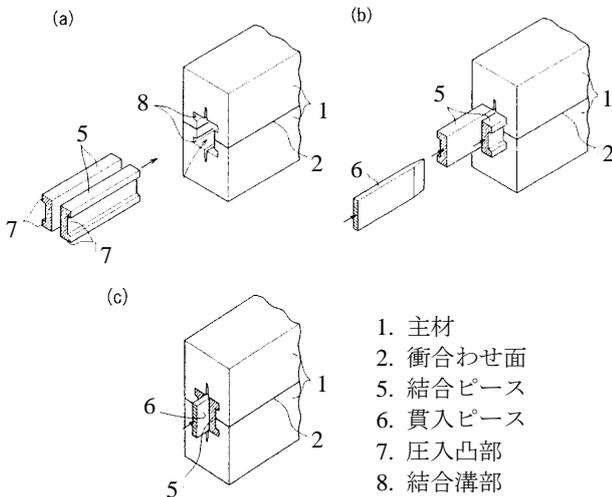


図2 集合材の組立方法

3. 実験概要

3-1 試験体

試験体は105mm×105mmの主材(2段)を集合材技術にて材軸方向と直交する方向に一体化したものとし、材長は3000mmとした。試験体は全部で7種類である。断面形状を2種類(図3参照)とし、主材相互をコネクトするための金物を2種類用意し、その組合せの違いで7種類とした。各試験体種類につき試験体数は1体である。試験体名スクリー①はM12長さ150mmのスクリーボルトで4箇所主材を固定し、試験体名スクリー②は固定筒

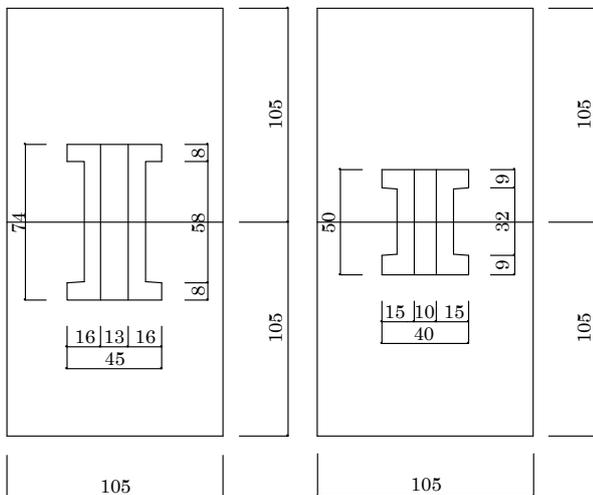


図3 集合材の断面詳細図(左:集大, 右:集小)

所は同じであるが、スクリーボルトが途中で切断されている試験体である(先孔にねじ部のみ挿入されている)。また、ボルトはM12のボルトで主材相互を固定している。金物の位置は、材軸方向の中心から350mmと1050mm離れた場所とし、左右対称の配置とした。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。

表1 試験体一覧

試験体名	断面形状	使用金物
集大-ノーマル	集大	なし
集大-スクリー①		スクリー
集大-スクリー②		ボルト
集小-ノーマル	集小	なし
集小-スクリー①		スクリー
集小-スクリー②		ボルト
集小-ボルト		ボルト

3-2 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図4に示す。加力点および支点の局所的な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、各点の変位は電気式変位計で計測した。変位計は支点位置に一箇所ずつ、加力点およびスパン中央に各2箇所(幅方向に2箇所)の全8ヶ所設置した。

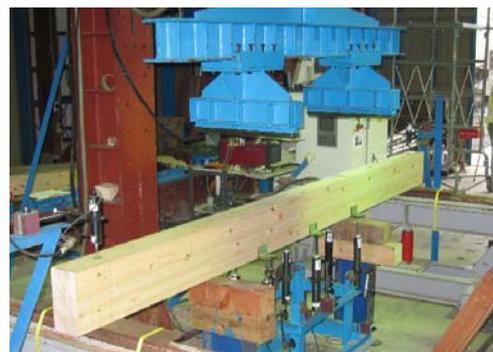


図4 試験機, 試験体および変位計の設置状況

4. 実験結果

4-1 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、スパン中央の両側に取り付けた変位計(δ1, δ2)で計測された結果の平均値から支点に取り付けた変位計(δ3, δ4)で計測された結果の平均値を引いた結果とした。

- ・ スパン中央変位

$$\delta = \frac{(\delta_1 - \delta_2)}{2} - \frac{(\delta_3 - \delta_4)}{2}$$

全試験体の荷重－変位関係を図 5 および図 6 に示す。ここでは、断面形状は同じ種類で金物違いによる比較を示す。

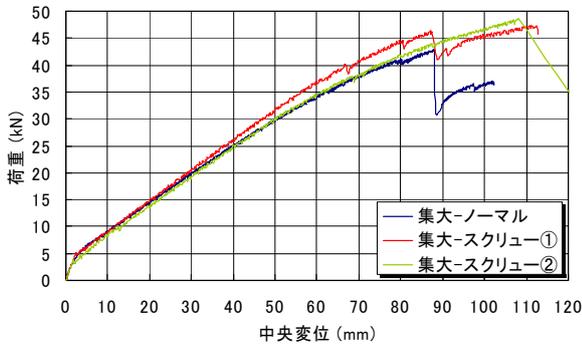


図 5 集大シリーズによる荷重－変位関係の比較

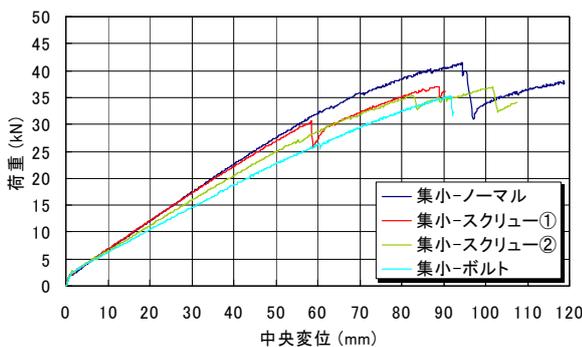


図 6 集小シリーズによる荷重－変位関係の比較

中央たわみが小さい範囲（1～3mm）では結合した断面が一体となって変形しているため、剛性が高い傾向にあるが、それ以降は剛性が低くなっている。これは実験中の試験体の変形状態より、結合された各部材が一体となって変形しておらず、個別に変形していると考えられる。突合わせ面で主材同士のせん断力が伝達されていない。また、金物を挿入することによって突合わせ面のせん断力を伝達するこ

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)
集大-ノーマル	42.9	0.575
集大-スクリュー①	47.4	0.584
集大-スクリュー②	48.6	0.557
集小-ノーマル	41.5	0.530
集小-スクリュー①	37.0	0.527
集小-スクリュー②	36.9	0.467
集小-ボルト	35.3	0.419

とに期待しているが、効果は低いと考えられる。4.4 節に部材のヤング係数を考慮した有効梁せいについて別途検討を加える。

次に、荷重－変位関係より最大荷重 (P_{max}) および初期剛性 (K) を評価する。ここで、初期剛性は初期すべりを除いた $0.1P_{max}$ と $0.4P_{max}$ を結ぶ直線の傾きとした。評価結果を以下の表 2 に示す。

4・2 破壊性状

試験体の破壊の様子を以下の図 7 に示す。ほとんどの試験体でスパン中央部分から割裂破壊が発生した。また、必ずしも下材の下端から破壊が発生せず、上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推測される。



図 7 破壊性状

4・3 使用部材のヤング係数の測定結果

曲げ実験終了後、各部材から割れ等の入っていない部分を切り出し（約 40mm×40mm 断面で長さ 640mm 以上）、小試験片によるヤング係数の測定を実施した。小試験片は集合材の上材、下材からそれぞれ 2 本ずつの計 4 本切り出した。実験は支点間距離 640mm でスパン中央集中荷重による 3 点曲げ試験とした。表 3 に各試験体のヤング係数の結果一覧を示す。

表 3 ヤング係数一覧

	ヤング係数(kN/mm ²)	
	上材 1	下材 1
集大-ノーマル	6.52	8.82
	7.83	11.2
集大-スクリュー①	7.38	8.87
	6.61	9.09
集大-スクリュー②	7.93	9.20
	8.19	6.15
集小-ノーマル	12.4	9.83
	11.2	9.40
集小-スクリュー①	9.16	9.91
	8.52	9.24
集小-スクリュー②	7.48	7.76
	7.63	8.52
集小-ボルト	7.38	7.47
	7.48	7.32

4・4 有効梁せいの検討

前節で求めたヤング係数を用いて、集合材の有効梁せいを検討する。ここで有効梁せいとは、集合材ではなく、断面が一体の部材（無垢材）を用いた場合に同じ初期剛性を発揮する梁せいのことである。条件として、梁幅およびヤング係数は集合材と同じとする。

有効梁せいの算出には下式を用いた。

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

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

上式で求めた有効梁せいの一覧を以下の表 4に示す。また、有効梁せい率とは有効梁せいを集合材の梁せいで除した結果である。

表 4 有効梁せいの一覧

	有効梁せい (mm)	有効梁せい率
集大-ノーマル	136	0.664
集大-スクリュー①	142	0.695
集大-スクリュー②	142	0.696
平均 (集大)	140	0.685
集小-ノーマル	126	0.617
集小-スクリュー①	131	0.642
集小-スクリュー②	134	0.655
集小-ボルト	132	0.646
平均 (集小)	131	0.640

検討した結果、130mm～140mm 程度の有効梁せいで、有効梁せい率は 65%程度であった。断面形状で比較すると、集大の方が集小に比べると約 1 割程度有効梁せいが大きいですが、断面形状の違いによる影響は小さいと考えられる。また、金物による結合効果は高くないこともわかった。

5. まとめ

集合材技術を用いて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。

- ・ 中央たわみが小さい範囲 (1～3mm) では、剛性が高い傾向にあるが、それ以降は剛性が低くなった。突合わせ面で主材同士のせん断力が伝達されていないためと考えられる。また、金物を挿入することによる、効果は高くないことがわかった。
- ・ 有効梁せいは 130mm～140mm 程度で、有効梁せい率は 65%程度であった。
- ・ 破壊はスパン中央部分から割裂が発生した。必ずしも下材の下端から破壊が発生せず、上材の下端から破壊が発生した試験体もあった。

今後の課題として、今回の実験結果を踏まえ、部材の加工性や施工性の難度との関係を十分に検討し、断面形状を検討することや今回の断面形状よりも有効梁せいが大きくなる断面形状の検討も考えられる。また、今回は主材が 2 段の場合のみ実験を実施したので 3～4 段になった場合についての検討も課題である。

謝辞

実験の実施に際し、財団法人建材試験センター西日本試験所の流田靖博氏に多大なご協力を頂いた。ここに記し深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 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)
- 3) 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)