

アルミニウム箱形断面材と木材による合成構造柱に関する実験的研究

－仕口金物を用いた仕口耐力－

鉄建建設㈱○石渡 康弘 日大生産工 児玉 健太郎
日大生産工 小松 博

1. はじめに

循環型社会が推進されている背景から、本研究ではアルミニウム箱形断面材に木材を挿入する合成構造柱を提案した^{1),2)}。木材は節や繊維方向により耐荷性能のばらつきを生じ、アルミニウムは板の局部座屈を起こすため、合成構造とすることで互いの欠点を補うことが既往¹⁾の実験で確認されている。またアルミニウムは中空閉断面材のため施工時にアルマイト溶接が必要となるが、柱を囲むような金物を用いた仕口形式の鉄骨構造と木材を組み合わせることで、木質構造の在来軸組工法のように、仕口金物によるネジやボルト留めが可能となり、作業工数やコストの削減が可能となる。

本研究では、柱を囲む仕口金物を設計し、合成構造柱と軽量H形鋼の梁を、ガセットプレートとリブプレートで固定した剛接合の仕口金物と、梁ウェブのみを仕口金物で固定したピン接合の試験体を製作し、鉛直荷重による曲げ実験および水平荷重による逆対称曲げ実験を実施した。本報告では、仕口耐力について検証した結果を報告する

2. 試験体

図-1に試験体詳細を示す。試験体はアルミニウム箱形断面材（以下ALという）に木材（以下Wという）を挿入した合成構造柱に、軽量H形鉄骨（以下SWHという）の梁を組み合わせた十字型とした。

柱に使用したALはA6063で、Wは杉の芯材を使用し、プレーナー加工により寸法調整を行ったうえで、ALに隙間無く挿入した。Wの実験時の含水率は7.0～18.7%であった。

仕口金物はSS400を用い、ALとの電飾防止のため亜鉛メッキ加工を施している。接合部は、2分割した仕口金物で柱を囲むようにし、剛接合ではフランジと金物を留めるボルトが2本（以下F2という）と4本（以下F4という）の二

種類とし、ピン接合（以下Pという）と併せて三種類の仕口形式を用いた。図-2にそれぞれの仕口形状を示す。各試験体の柱と仕口金物はタッピングネジ1種－ナベ頭M8.0×40で接合し、梁と仕口金物は高力ボルトM12で接合した。試験体数は、剛接合試験体二種類とピン接合試験体で各3体とし、鉛直荷重実験9体、水平荷重実験9体とした。

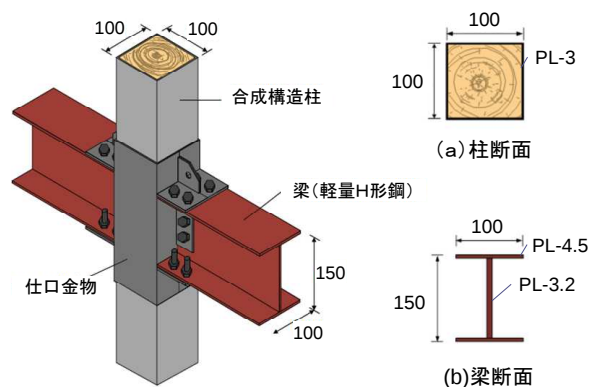


図-1 試験体詳細図

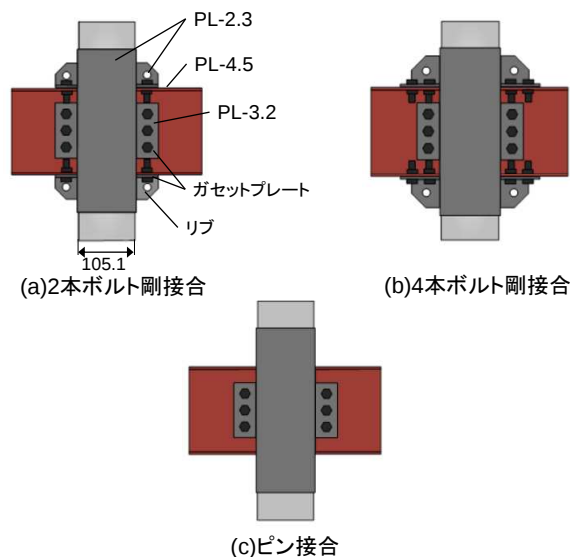


図-2 仕口形状

Experimental Study on Structural Properties of Aluminum and Wood
－ Joint Strength with specifications mouthpiece material －

Yasuhiro ISHIWATA, Yumi ITO and Hiroshi KOMATSU

3. 荷重方法、測定方法

図-3に鉛直荷重実験装置を、また写真-1に実験状況を示す。

鉛直荷重実験では、試験体の柱の材長を450mmとし、梁は材長300mmずつを柱の両側に接合した。荷重は、鉛直荷重を想定し、1000kN万能試験機を用いて支点間距離を500mm、支点から柱材までのスパンを200mmと設定し、平押し荷重を行った。なお、試験体の軸方向に均等に加圧するため、試験体の両端に加圧版を設置した。測定は、図-3に示すように柱の軸方向変位を測定するための変位計（ストローク50mm）を荷重点位置に設置し、梁の回転角測定のため、支点より100mmの位置に変位計（ストローク25mm）を両側梁下部に設置するとともに、梁上部においても同様の位置で変位計（ストローク25mm）を設置した。

試験体のひずみは、単軸ひずみゲージを柱材下部中央位置において1箇所（表裏両面に）貼付し、柱材軸方向のひずみを測定した。また、梁フランジ上下の歪を測定するため、単軸ひずみゲージを上下フランジ軸上に貼付した。

荷重は仕口の回転角の最大測定変位まで加力するものとした。

水平荷重実験の荷重方法を図-4に、また、写真-2に実験状況を示す。試験体は、水平荷重となるように図-4のような治具を取り付け、逆対称曲げ状態となるように材長を設定した。柱の材長は650mmとし、梁は材長250mmずつを柱の両側に接合した。実験は鉛直荷重実験同様、1000kN万能試験機を用いて、図-4に示すように支点間距離を570mm、支点から柱梁接合部までのスパンを195mmと設定し、逆対称曲げを起こすよう実験を行った。また、荷重面がピンとローラーになるように、片側の柱・梁端部にピンを、反対側はローラーとするため、フラットケージを用いて荷重を行うこととした。なお、治具および試験体設置面においては摩擦がはばない状態と擦るために、磨き盤を用いて設置を行った。

変位計測では、変位計（ストローク50mm）を各荷重点位置より100mmの位置に設置し、梁の回転角測定のため柱梁接合部より100mmの点に変位計（ストローク25mm）を両側に設置した。試験体のひずみは、単軸ひずみゲージを柱材の上部および下部中央部に、梁フランジ位置の上部および下部中央部にそれぞれ貼付し、柱材軸方向、梁材軸方向のひずみを、測定した。また、三軸ひずみゲージを試験体中央位置一箇所に貼付し、接合部の応力状況を測定した。

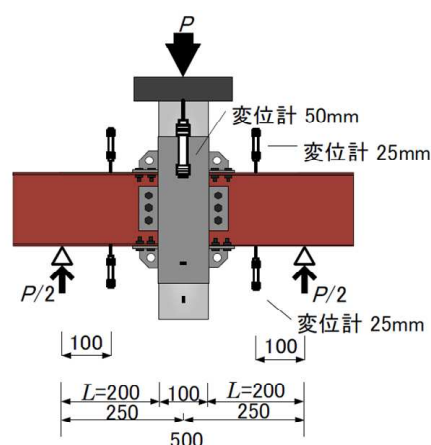


図-3 鉛直荷重実験荷重方法



写真-1 鉛直荷重実験状況

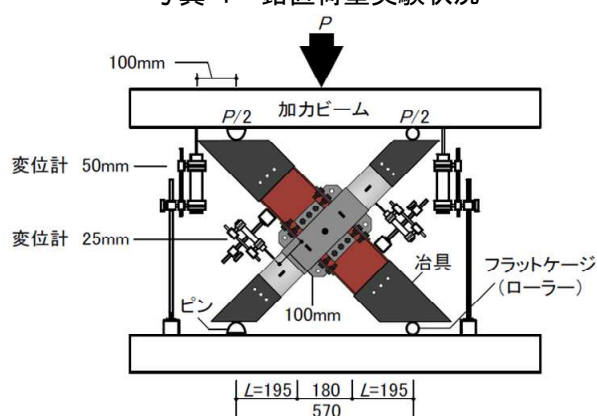


図-4 水平荷重実験荷重方法

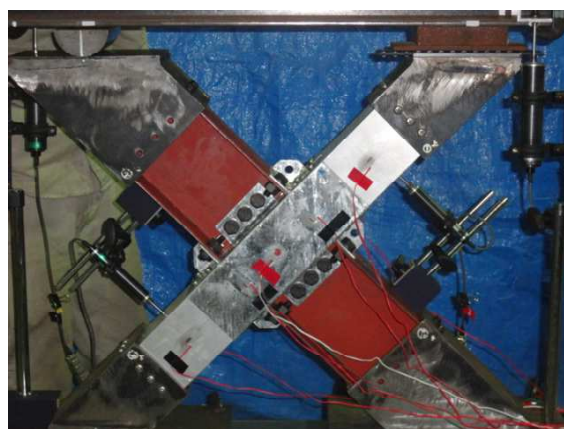


写真-2 水平荷重実験状況

4. 実験結果および考察

4. 1 荷重－変形関係

図-5に鉛直荷重実験の荷重－変位関係を示す。剛接合としたV-F2とV-F4ではボルトの本数による初期剛性の違いはみられなかった。ボルトを2本とした試験体（V-F2）は変位15mm付近で荷重が低下しているのに対し、ボルトを4本とした試験体（V-F4）は実験終了まで荷重が上昇した。このことから、鉛直方向の荷重に対しては、接合部のボルトを4本とした方が変形性能は高いことがわかる。

ピン接合（V-P）と剛接合（V-F2、V-F4）の試験体を比較してみると、変位10mm時で剛接合試験体（V-F2、V-F4）の荷重が約60kNに対し、ピン接合試験体（V-P）では約20kNであり、剛接合の方がピン接合に比べ、約3.0倍の剛性があることがわかる。

図-6に水平荷重実験の荷重－変位関係を示す。水平荷重実験では、試験体によるばらつきはみられるものの、初期剛性だけでなく、耐力に関してもボルト2本の試験体（H-F2）とボルト4本の試験体（H-F4）でほとんど差はみられず、変位10mmから15mmの間で荷重低下がみられた。このことから、水平方向の荷重に対しては、接合部のボルトの本数はあまり影響がないと考えられる。

ピン接合（H-P）と剛接合（H-F2、H-F4）の試験体を鉛直荷重実験同様に変位10mm時で比較してみると、剛接合試験体の荷重が約65kNに対し、ピン接合試験体では約20kNであり、剛接合はピン接合のおよそ3.3倍程度の耐力、剛性を有していることがわかった。

4. 2 ひずみ性状

図-7に水平荷重実験の接合部中央部に貼付した三軸ひずみゲージの測定結果より算出した最大主ひずみの測定結果を示す。図-7には各シリーズの代表的試験体の結果を示すが、全ての試験体で概ね同じ結果であった。

図-7より、全ての試験体において、多少のばらつきはみられるが、主ひずみは概ね45度方向に働いている。このことより、ゲージ貼付位置の原点（接合部の中央）を中心に、逆対称曲げ状態が保たれていることがわかる。

また、接合方法の違いによる影響をみてみると、ボルト2本で剛接合としたH-F2試験体の値が最も大きく、ボルト4本で剛接合としたH-F4試験体の約1.5倍程度、ピン接合としたH-P試験体の2.0倍程度の値を示していた。ただし、全ての試験体のひずみの値は小さなもので、接合部パネルにはまだ余力が十分にあるものと考えられる。

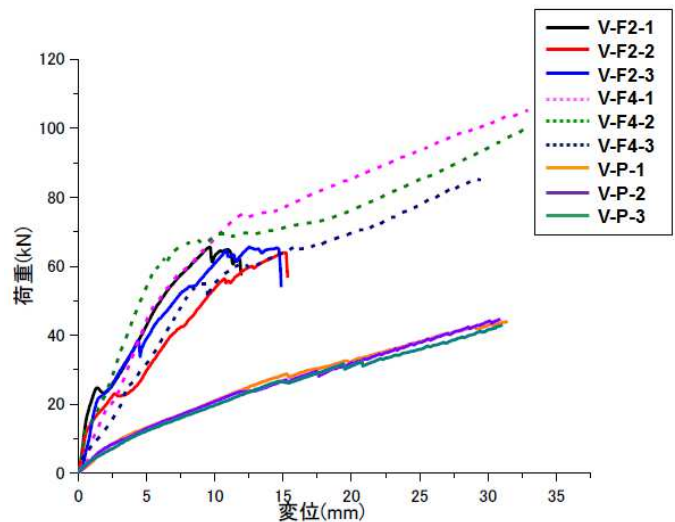


図-5 鉛直荷重実験の荷重－変位関係

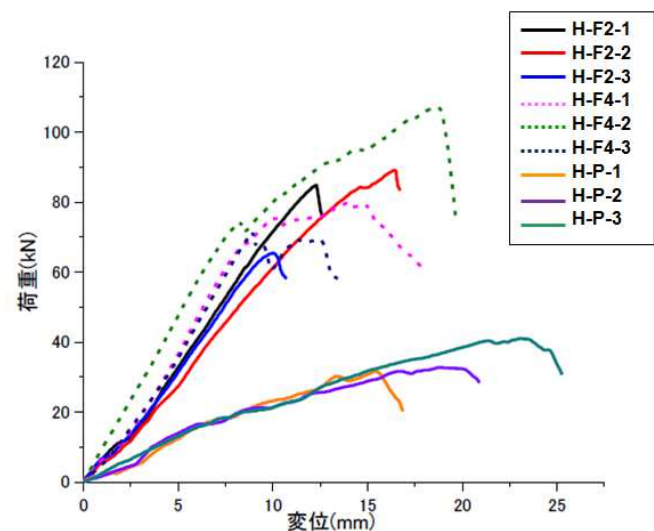


図-6 水平荷重実験の荷重－変位関係

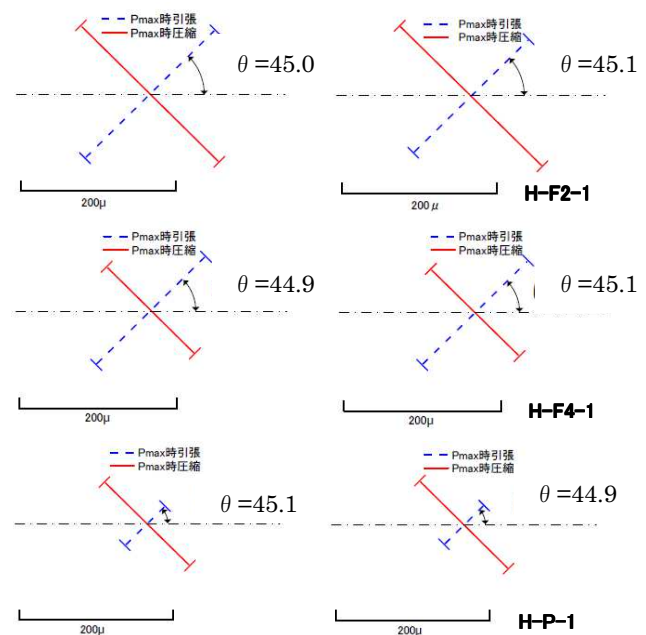


図-7 接合部の主ひずみ性状

4. 3 破壊性状

表-1に各試験体の破壊性状一覧を示す。また、写真-3に代表的な試験体の最終破壊状況を示す。最終破壊性状は、鉛直荷重実験、水平荷重実験ともほぼ同様な破壊性状であった。

ピン接合試験体は一体の試験体（H・P・1）を除いて全て、ウェブと接合されている仕口金物の引張側がはらみ、最終に至っている（写真-3(a)）。これは、コ字型に加工した仕口金物の剛性が不足していたためと考えられる。また、二つのコ字型の仕口金物を接合プレート等で接合することにより、剛性および耐力の上昇が期待できると考えられる。

一方、剛接合試験体は全ての試験体で同じ破壊性状となり、ピン接合試験体と同様な破壊に加え引張側のリブプレートが開き（写真-3(b)）、ガセットプレートの溶接が切れるように破壊されていた（写真-3(c)）。

今回の試験体では、施工手間を省くことを考え、リブプレート同士をボルト等で接合することをしなかったため、早い段階からリブプレートが開き、剛性の低下の要因の一つになったと考えられる。また、梁の断面に比較して、仕口金物の板厚が薄かったため、十分な応力伝達が出来ないまま、溶接部が破断したものと考えられる。

5. まとめ

合成構造柱と軽量H形鉄骨柱を仕口金物によって組み合わせた仕口形式において、鉛直荷重による曲げ実験、および水平荷重による逆対称曲げ実験を実施した結果、以下のことが明らかになった。

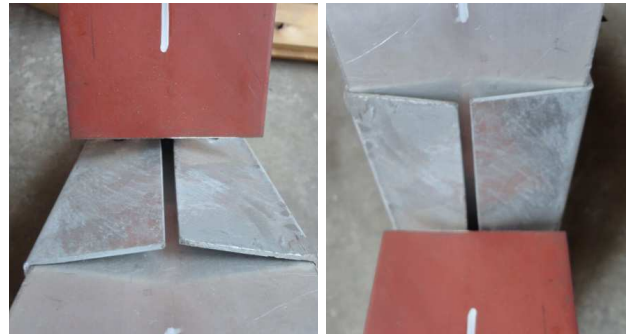
- 1)仕口耐力は剛接合とし、ボルト4本とした試験体が最も優れていた。
- 2)剛性はボルトの本数による差はほとんどみられなかった。
- 3)仕口金物の引張側のリブが開いたことで耐力が低下していることから、リブにボルトを通すことでリブの開きを抑えることが可能であると考えられる。
- 4)仕口金物の板厚を厚くする事で溶接部分の強度も上がり、溶接割れしにくくなると考えられる。

「参考文献」

- 1)伊藤有美，小松博：「アルミニウム箱形断面材と木材による合成構造柱に関する実験的研究－木材の肌すきによる構造性能－」2014年度日本大学生産工学部第47回学術講演会講演概要
- 2)石渡康弘，伊藤有美，小松博：「アルミニウム箱形断面材と木材による合成構造柱に関する実験的研究－合成構造柱の耐力評価式－」2015年度日本大学生産工学部第48回学術講演会講演概要

表-1 最終破壊状況一覧

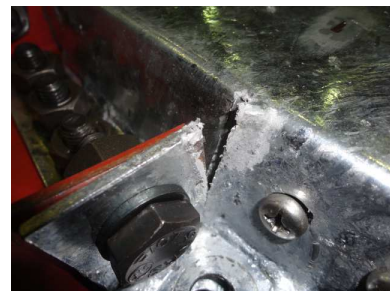
荷重方向	試験体名	破壊性状
鉛直荷重	V-F2-1	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	V-F2-2	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	V-F2-3	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	V-F4-1	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	V-F4-2	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	V-F4-3	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	V-P-1	引張側のはらみ
	V-P-2	引張側のはらみ
	V-P-3	引張側のはらみ
水平荷重	H-F2-1	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	H-F2-2	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	H-F2-3	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	H-F4-1	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	H-F4-2	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	H-F4-3	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	H-P-1	引張側ガセットプレートの溶接割れ
	H-P-2	引張側のはらみ
	H-P-3	引張側のはらみ



(a) ピン接合試験体最終破壊状況



(b) 剛接合試験体リブの開き



(c) 剛接合試験体溶接部の破断

写真-3 最終破壊状況