

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

－ 水平荷重を想定した仕口耐力－

日大生産工(院) ○西尾 勇輝 鉄建建設 石渡 康弘

日大生産工 小松 博

1. はじめに

昨今の省エネルギーやリサイクルに対する意識の高まりから、循環型社会の形成に向けての取り組みが推進されている¹⁾。そこで、環境負荷の低い資源として木材とアルミニウムに着目した。アルミニウムと木材を用いた合成構造柱に関する既往研究として、伊藤らの研究²⁾が挙げられる。この合成構造柱を用いて構造物の骨組みを構成するため、梁部材と接合を行う。本来であれば、アルミニウムが構造部材として普及しにくい理由となっているアルマイト溶接を行う必要がある。しかし、木材を挿入することによって接合部に鉄骨の仕口形式や、木質構造の在来軸組構法で用いられるような仕口金物やボルトによる施工を行うことができる。これは、貫通ボルトを使用する際、アルミニウムだけではボルトの張力に耐えることができないが木材を挿入することによって、断面への影響がなくなるためである。本研究では仕口金物と貫通ボルトを用いた合成構造柱とH形鋼の梁とを接合する仕口の形式を3つ提案し、その仕口の水平荷重時における構造的特性を実験より検証することを目的とする。

2. 逆対称曲げ実験

本実験は、合成構造柱とH形鋼の梁との仕口部分に、地震時にかかる荷重を想定した逆対称曲げを加え、その構造的特性を検証する。

2.1 試験体

試験体形状を図-1 に示す。試験体はアルミニウム箱形断面材(以下 AL という)に、杉製材(以下 W という)を挿入した長さ $H=650\text{mm}$ の合成構造柱に、梁材として軽量H形鋼(以下 SWH という)を組み合わせた十字型とした。AL は A6063 を用い、W は無等級

の 105 角の杉の心持ち材をプレーナー加工により寸法調整を行い AL に挿入した。W の実験時の含水率は 10.4~12.4%であった。次に、仕口形状の詳細を図-2 に示す。(a)の H-L 試験体は、合成構造柱と SWH の梁のフランジのみを山形鋼で接合したものである。(b)の H-LL 試験体は、梁フランジとウェブをそれぞれ

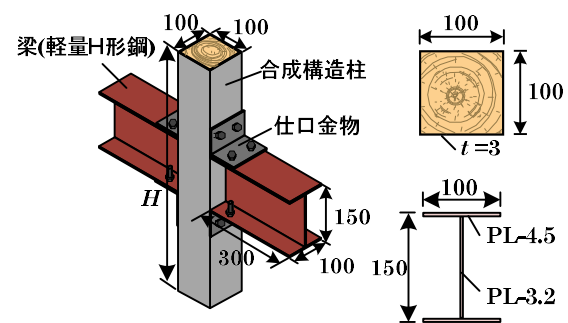


図-1 試験体形状

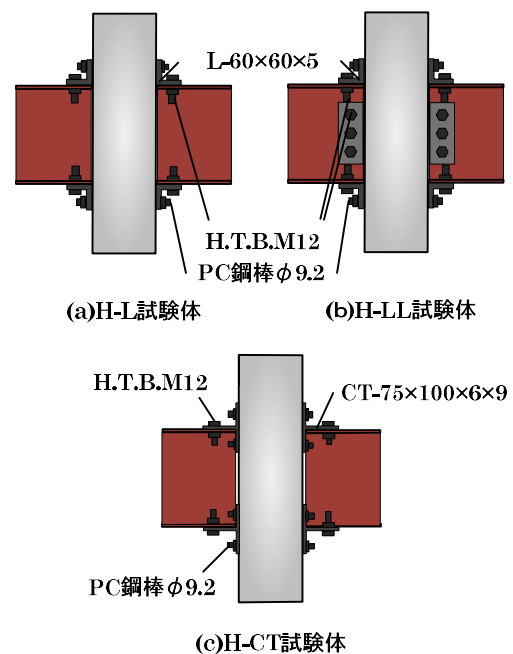


図-2 仕口形状の詳細

Experimental Study on Structural Properties of Aluminum and Wood

－ Strength of joints assuming horizontal load －

Yuki NISHIO, Yasuhiro ISHIWATA and Hiroshi KOMATSU

れ山形鋼で接合したものである。(c)の H-CT 試験体は、梁フランジのみをカット T 鋼(以下、CT という)で接合したものである。各試験体の柱と仕口金物は PC 鋼棒 A-2φ9.2×150mm(全ネジ)で接合し、SWH の梁と仕口金物は高力ボルト M12 で接合した。試験体数は各仕口形状 3 体ずつの計 9 体とした。

2.2 実験方法

図-3 に加力装置を示す。図のように仕口部分に逆対称曲げが加わるように加力ビームを介して載荷した。試験体は、図-3 の状態にした際に水平がとれるように治具を取り付けた。治具は載荷面および底面に摩擦がほぼない状態にするために機械加工とし、図-3 の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 とした。また、実験は載荷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載荷を行った。

2.3 実験結果および考察

表-1 に最大耐力の一覧を、写真-1 に最終破壊形状を示す。 P_{max} は最大耐力、 $\bar{P}_{max}$ は各シリーズの平均値を示している。H-L と H-LL においては、 P_{max} に

ほとんど違いが見られなかったのに対し、H-CT は、他の 2 種類の接合方法よりも 10~20kN ほど高い最大耐力が確認できた。これは、写真 1-1、1-2 に示すように、フランジ接合のための山形鋼は変形しているが、写真 1-3 に示すように CT には変形がほぼなかったためと考えられる。

H-CT の破壊形状を見ると、CT に接している柱部分に CT と SWH がめり込むような形で柱の局部変形が確認できた。これは、合成構造柱の座屈耐力に対して支圧力が高いためであり、柱の座屈耐力との詳

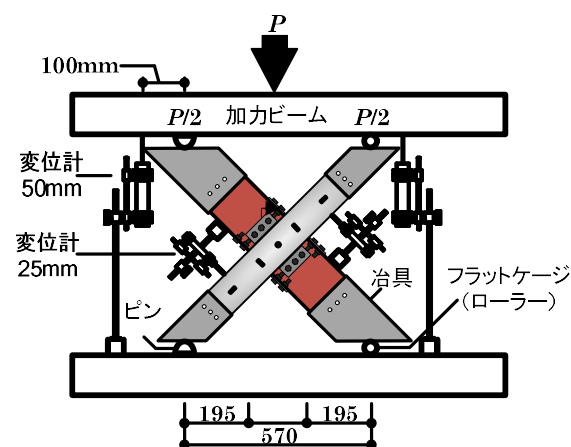


図-3 逆対称曲げ実験

表-1 最大耐力の一覧

試験体名	No.	P_{max} (kN)	$\bar{P}_{max}$ (kN)	破壊性状
H-L	1	82.8	83.4	引張側山形鋼の破壊
	2	85.0		引張側山形鋼の破壊
	3	82.3		引張側山形鋼の破壊
H-LL	1	84.6	80.4	引張側山形鋼の破壊
	2	80.3		引張側山形鋼の破壊
	3	76.4		引張側山形鋼の破壊
H-CT	1	91.9	96.5	圧縮側柱の破壊
	2	102.7		圧縮側柱の破壊
	3	94.8		圧縮側柱の破壊

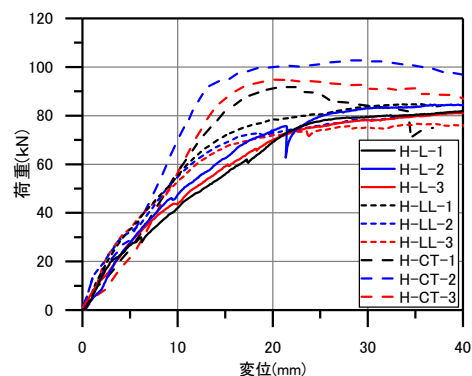


図-4 荷重-変位関係



写真-1-1 H-L 最終破壊形状



写真-1-2 H-LL 最終破壊形状



写真-1-3 H-CT 最終破壊形状

細な検討が必要と考えられる。

次に、図-4 に荷重-変位関係のグラフを示す。初期剛性は、山形鋼を用いた H-L と H-LL では H-LL の方が高い。これはウェブを接合したことにより、引張側の開きが抑えられていることが影響していると考えられる。また、どちらも山形鋼が開いて破壊していることから、リブを取り付け山形鋼の開きを抑制することで更なる耐力向上が見込める。

次に、H-CT をみると、山形鋼を用いた接合方法と比べ初期剛性に大きな違いはみられないが、変位 7mm あたりから急激に剛性が高くなることが確認できる。これは山形鋼に比べ CT の剛性が高いため、圧縮側の CT による支圧力が効いているためであると考えられる。

3. 鉛直方向正負交番繰り返し載荷実験

本実験では、図-5 のように仕口の柱頭部に鉛直方向の荷重を単調、並びに地震動を模し正負交番繰り返しで加え、その構造的特性を検証する。

3.1 試験体

試験体形状、仕口形状共に逆対称曲げ実験と同様の物を用い、合成構造柱の長さ $H=450\text{mm}$ とした。試験体名は逆対称曲げ実験と区別するために H を V に読み替え、V-L、V-LL、V-CT とした。試験体数は単調載荷、繰り返し載荷共に各仕口形状 1 体ずつの計 6 体とした。W の実験時の含水率は 8.1～13.4% であった。

3.2 実験方法

図-5 に実験方法を示す。図のように単調載荷、繰り返し載荷ともに柱軸方向圧縮とした。繰り返し載荷は図-5 のように設置した試験体を所定の荷重まで

載荷し、一旦荷重 0 まで除荷した後に試験体を反転させ、所定の荷重まで負荷重を加え再び荷重 0 まで除荷する。これを繰り返し、最後に正側に押し切る載荷履歴とした。また、所定の荷重の値は、単調載荷の実験の結果より V-L、V-LL、V-CT の試験体ごとに初期剛性に变化がみられた荷重である 30kN、50kN、100kN を降伏耐力とし、その荷重の 1/5、2/5、3/5、

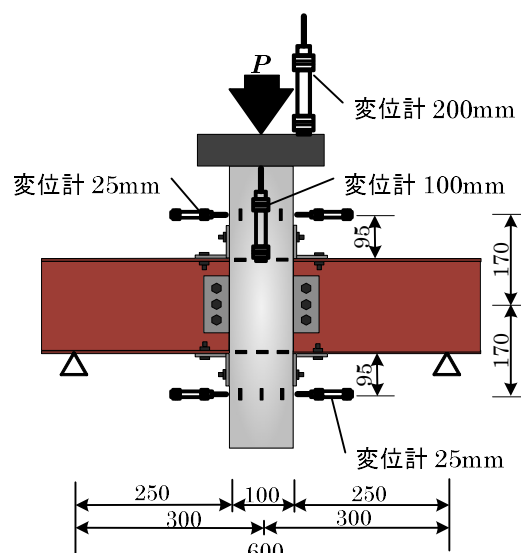


図-5 鉛直方向載荷実験

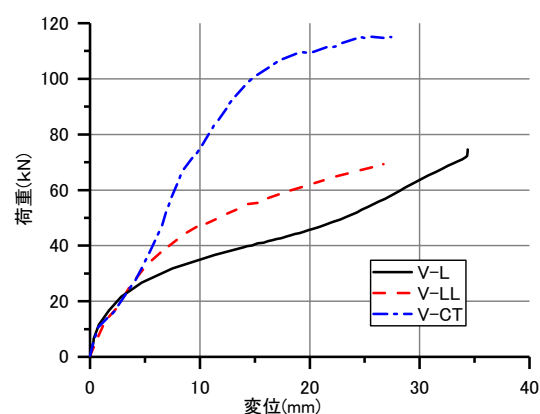


図-6 単調載荷 荷重-変位関係



写真-2-1 V-L 最終破壊形状



写真-2-2 V-LL 最終破壊形状



写真-2-3 V-CT 最終破壊形状

4/5、5/5 の値とした。

3.3 実験結果および考察

単調載荷時の荷重-変位関係のグラフを図-6 に、最終破壊形状を写真-2 に示す。単調載荷において、V-CT の剛性が著しく高くなった。写真 2-3 に示すように V-CT では引張側の CT に変化はみられず、圧縮側の CT が接する柱材の圧壊に沿って湾曲した。これは、CT からの支圧力が高いためであると考えられる。

山形鋼を用いた V-L、V-LL では降伏後 V-LL の方の剛性が高くなった。また、写真 2-1 に示すように V-L は引張側の山形鋼が破壊されており、写真 2-2 に示すように V-LL では引張側の山形鋼の破壊と、圧縮側の山形鋼が変形し接している柱部分にめり込む破壊となった。これらは、ウェブ接合の有無の影響によるものと考えられる。

次に、繰り返し載荷実験の履歴を図-7~9 に示す。図中には比較のため単調載荷の履歴もあわせて示す。V-L では引張側の山形鋼が開き、V-LL と V-CT では圧縮側の柱が圧壊することによってスリップが起きている。しかし、各試験体共に繰り返し載荷の履歴を包絡して考えると、単調載荷の履歴とほぼ同じとなるため、スリップによる影響はないものと考えられる。このことから、各仕口共に地震時のような繰り返し荷重下であっても、本来の性能が発揮されることが確認された。エネルギー吸収率は V-CT、V-LL、V-L の順に大きくなった。

4. まとめ

アルミニウム箱形断面材と杉製材による合成構造柱と H 形鋼を接合する仕口に対する、逆対称曲げ実験および正負交番繰り返し載荷実験から以下の知見が得られた。

- (1)H-CT がもっとも高い最大耐力を示した。
- (2)H-L と H-LL では最大耐力にほぼ差が出なかったが、ウェブを山形鋼によって接合した影響で H-LL の方が山形鋼の開きが抑えられた。なお、山形鋼にリブを取り付け、山形鋼の開きを抑制することで更なる耐力向上が見込める。
- (3)単調載荷では、V-CT の剛性が著しく高くなった。
- (4)単調載荷において、山形鋼を用いた V-L と V-LL

ではウェブ接合の有無によって、V-LL の方が降伏後の剛性が高くなった。

- (5)単調載荷と繰り返し載荷を比較すると各仕口共に地震時のような繰り返し荷重下であっても本来の性能を発揮できることが確認された。

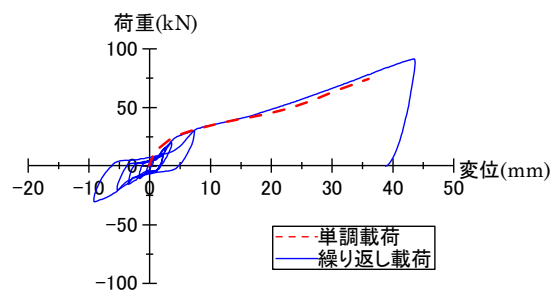


図-7 V-L 荷重-変位関係

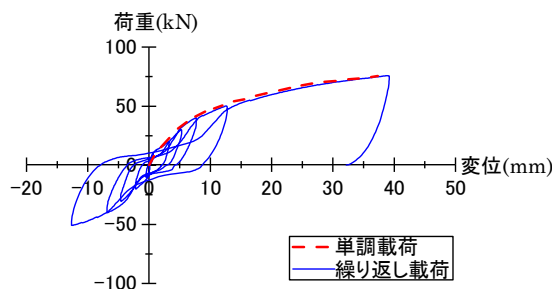


図-8 V-LL 荷重-変位関係

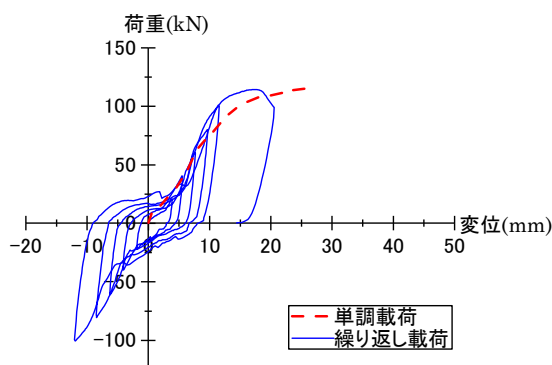


図-9 V-CT 荷重-変位関係

参考文献

- 1) 環境省 編：「平成 25 年度版 環境・循環型社会・生物多様性白書」，日経印刷株式会社，2013.6，第 2 章第 1 節-5，第 3 節-1，第 6 節-3，第 3 章第 1 節
- 2) 伊藤有美 他：「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-曲げ座屈実験-」，日本建築学会大会学術講演梗概集，2014.9, pp.815-816