

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 -地震荷重を想定した架構の繰返し載荷実験-

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

循環型社会の形成が推進されている背景から、筆者らはアルミニウム箱形断面材に木材を挿入した合成構造柱を提案した^{1),2),3)}。既往の実験では、合成構造とすることで、木材は節や繊維方向による耐荷性能のばらつきが抑制され、アルミニウムは板の局部座屈が抑えられることが確認された¹⁾²⁾。また文献³⁾では、この合成構造柱と軽量 H 形鋼を梁とするフレームの仕口部分について、提案をした。

本年度は、この合成構造柱と軽量 H 形鋼梁を、前報で提案をした仕口形式で接合した構造物の一部を模したト字形骨組と門形骨組を用い、地震荷重を想定した正負交番繰返し載荷実験を行い、その結果よりこの合成構造柱を用いた架構の構造特性を検証することを目的とする。

2. ト字形骨組の繰返し載荷実験

2-1. 試験体概要

図-1 に試験体の寸法を示す。柱は 105 角スギの芯持ち材をプレーナー加工により寸法調整したうえで、A6063 のアルミニウム箱形断面材に挿入し、合成構造柱(以下 ALW)とした。挿入する際の木材の含水率は電気抵抗式含水率計を用い測定した結果、平均 21.7%であった。材料試験の結果を表-1 に示す。なお、アルミニウムおよび軽量 H 形鋼(以下 SWH)は 5 号試験片を用いた引張試験の結果を、スギ製材は FFT 分析器を用いた打音試験の結果を示している。

次に、接合部の仕口詳細を図-2(a)~(c)に示す。(a)の L は ALW と SWH を山形鋼で接合したものである。(b)の LR は ALW と SWH をリブ付き山形鋼で接合したものである。(c)の CT は、ALW と SWH をカット T 鋼で接合したものである。全試験体共に、仕口金物と柱を挟んで対称側に用いた添え板は PL-6 の平鋼を使用し、ボルトは $\phi 9.2$ の PC 鋼棒と M12 の高力ボルトを使用した。

2-2. 実験方法

実験方法は図-1 に示すように、支点間距離を 1800mm とし、ALW の片方をピン支承、他方をロ

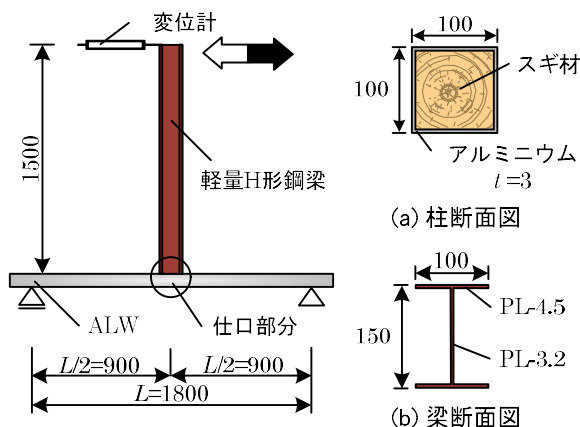


図-1 試験体寸法

表-1 材料試験結果

		σ_y [N/mm ²]	σ_u [N/mm ²]	ε_b [%]	E [N/mm ²]
アルミニウム		203.8	226.0	15.5	58,301
SWH	ウェブ	343.1	488.1	35.1	191,009
	フランジ	297.7	439.1	42.5	205,968
スギ製材		－	－	－	7,832 標準偏差:1,706

σ_y :降伏応力度, σ_u :引張強さ, ε_b :伸び率, E :ヤング係数

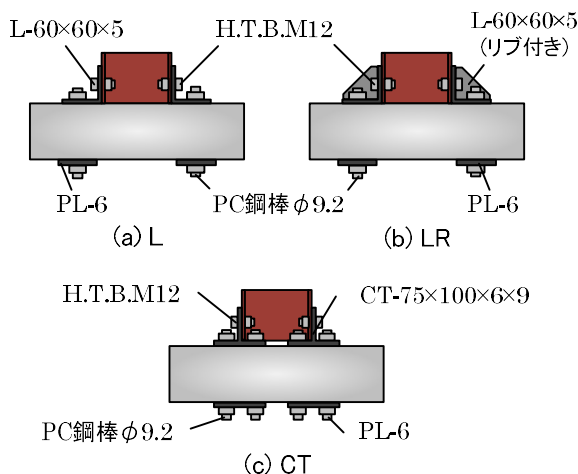


図-2 仕口詳細

ーラー支承とし、材長 1500mm の SWH の端部に取り付けた押引型油圧ジャッキを用い载荷を行った。载荷は単調载荷と、正負交番繰り返し载荷を行った。繰り返し载荷のサイクルは SWH の材長に対する部材角で、 $R=1/200$ 、 $1/100$ 、 $1/50$ 、 $1/25$ 、 $1/12.5$ とした。また、各サイクルの繰り返し数は $R=1/200$ 、 $1/12.5$ では 1 回、 $R=1/100$ 、 $1/50$ 、 $1/25$ では各 2 回とし、最終ループは引ききる载荷履歴とした。

2-3. 実験結果および考察

図-3(a)~(c)に単調载荷時と繰り返し载荷時の、各試験体の荷重-変形角の関係を示す。各試験体を比較すると LR と CT は L よりも高い耐力を示した。また LR と CT を比較すると、LR は変形角 $1/15$ 付近まで CT より高い耐力を示し、紡錘形のグラフとなった。その後 LR は緩やかに耐力が上昇し、CT は急な耐力上昇となった。最大耐力はさほど変わらない LR と CT であるが、スリップが少ないため LR のエネルギー吸収能力は高くなっている。また各試験体共に、単調载荷のグラフと繰り返し载荷のグラフの包絡線はほぼ一致した。

写真-1(a)~(c)に単調载荷時の各試験体の破壊性状を示す。L では、ほぼ ALW と SWH に変形が見られ

ず、引張側の山形鋼が開くことによって破壊した。これより L では、仕口金物の耐力によってト字形骨組の耐力が決定したと考えられる。LR では、SWH の端部が大きく変形している。また、引張側の仕口金物が開き、圧縮側の仕口金物は ALW にめり込んでいた。CT では、SWH にはほぼ変形がみられず、引張側の添え板と圧縮側の仕口金物が ALW にめり込んでいた。これより、LR と CT では両試験体共に、ト字形骨組の耐力に仕口耐力のみではなく ALW および SWH の部材耐力が影響したものと考えられる。

ト字形骨組の繰り返し载荷実験では、荷重-変形角関係のグラフおよび破壊性状から、今回の実験で用いた 3 種類の仕口のうち LR が最も変形能力が大きく、柱や梁部材の耐力がト字形骨組の耐力に影響したと考えられるため、アルミニウムと木材の合成構造柱を用いた架構に最も適したものとする。

3. 門形骨組の繰り返し载荷実験

3-1. 試験体概要

図-4 に試験体の寸法を示す。ト字形骨組の繰り返し载荷実験同様に、柱は 105 角のスギの芯持ち材をプレーナー加工により寸法調整し、A6063 のアルミニウム箱形断面材に挿入し、ALW とした。挿入する

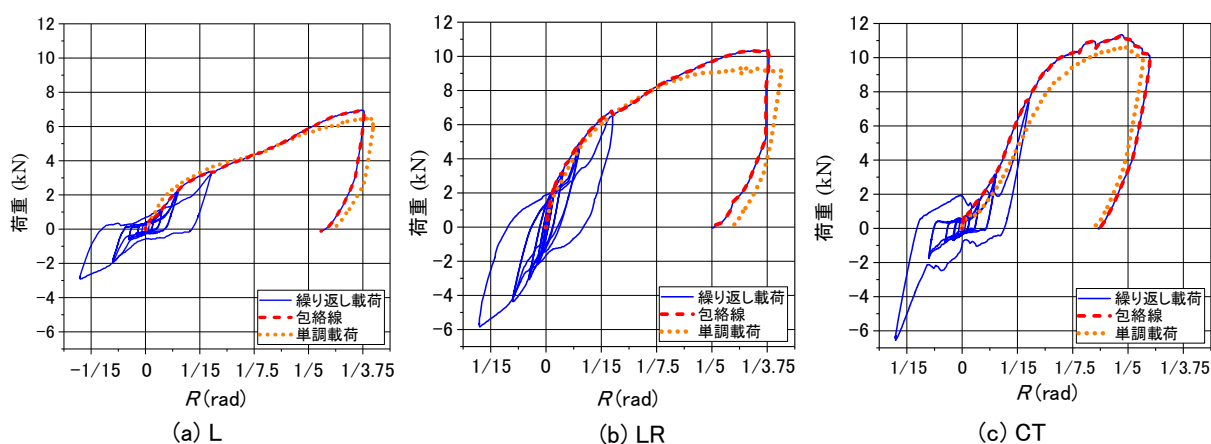


図-3 荷重-変形角関係



(a) L

(b) LR

(c) CT

写真-1 破壊性状

際の木材の含水率は電気抵抗式含水率計を用い測定した結果、平均 22.2%であった。また、材料試験の結果を表-2 に示す。アルミニウムおよび SWH は 5 号試験片を用いた引張試験の結果を、スギ製材は FFT 分析器を用いた打音試験の結果を示している。

接合部の仕口詳細を図-5(a)(b)に示す。仕口形式は 2 種類とし、(a)の LR は ALW と SWH をリブ付き山形鋼で接合したものであり、(b)の CT は、ALW と SWH をカット T 鋼で接合したものである。両試験体共に、仕口金物と柱を挟んで対称側に用いた添え板は PL-6 の平鋼を使用した。柱脚の詳細を図-6(a)(b)に示す。柱脚は仕口部分と同様の断面寸法の仕口金物を用いベースプレート(PL-25)と接合した。仕口、柱脚共にボルトは $\phi 9.2$ の PC 鋼棒と M12 の高力ボルトを使用した。

3-2. 実験方法

実験方法は図-4 に示すように、柱スパンを 1500mm、柱脚から梁中心までを 1800mm とし、梁の中心軸に沿って取り付け付けた押引型油圧ジャッキを用い载荷を行った。载荷は単調载荷と、正負交番繰り返し载荷を行った。繰り返し载荷のサイクルは柱脚から梁中心までの長さに対する部材角で $R=1/200$ 、 $1/100$ 、 $1/50$ 、 $1/25$ 、 $1/12.5$ とした。また、各サイクルの繰り返し数は $R=1/200$ 、 $1/12.5$ では 1 回、 $R=1/100$ 、 $1/50$ 、 $1/25$ では 2 回とし、最終ループは引ききる载荷履歴とした。

3-3. 実験結果および考察

図-7 に両試験体の単調载荷および繰り返し载荷の包絡線の比較を示す。単調载荷において、試験体共にほぼ同様の最大耐力を示したが、初期剛性は LR の方が高い値を示した。また、LR では単調载荷のグラフと繰り返し载荷の包絡線がほぼ一致した。一方 CT では、初期剛性に差があらわれた。

図-8(a)(b)に単調载荷時と繰り返し载荷時の荷重-変形角の関係を示す。繰り返し载荷、単調载荷において、両試験体共に $R=1/12$ 付近で木材の割れる音と共に荷重が急激に低下した。その後再び荷重が上昇し、再び木材の割れる音と共に耐力が低下した。次に、繰り返し载荷において、両試験体共にほぼ同様の最大耐力を示し、 $R=1/25$ 以降でスリップ現象が起きる等、履歴性状もほぼ同様の結果を示した。これより両試験体共に、仕口の剛性は十分であり門形骨組の破壊は ALW 及び SWH の降伏によるものだと考えられる。

写真-2(a)(b)に繰り返し载荷時の各試験体の接合部の破壊性状を示す。LR では SWH の端部が変形し、仕口部分の ALW が大きく湾曲しアルミニウムに亀

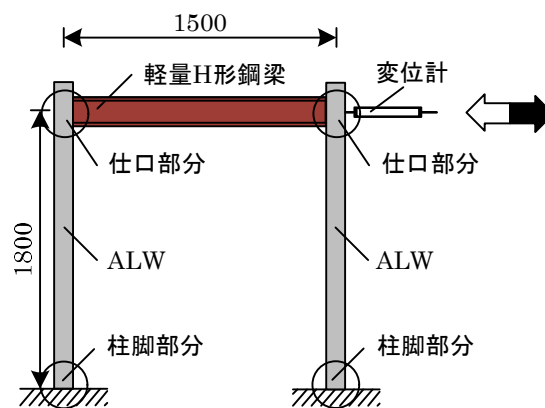


図-4 試験体寸法

表-2 材料試験結果

	σ_y [N/mm ²]	σ_u [N/mm ²]	ε_b [%]	E [N/mm ²]
アルミニウム	193.9	217.0	17.0	60,311
SWH	ウェブ	343.1	488.1	35.1
	フランジ	297.7	439.1	42.5
スギ製材	-	-	-	7,870 標準偏差:1,229

σ_y :降伏応力度, σ_u :引張強さ, ε_b :伸び率, E :ヤング係数

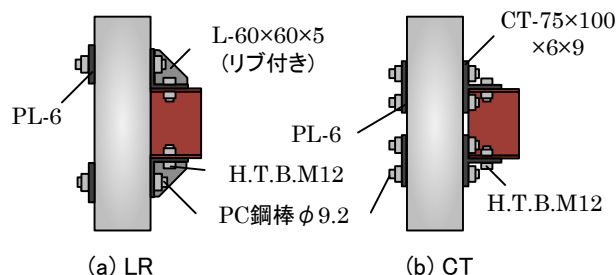


図-5 仕口詳細

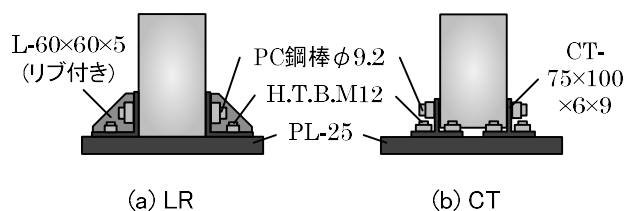


図-6 柱脚の詳細

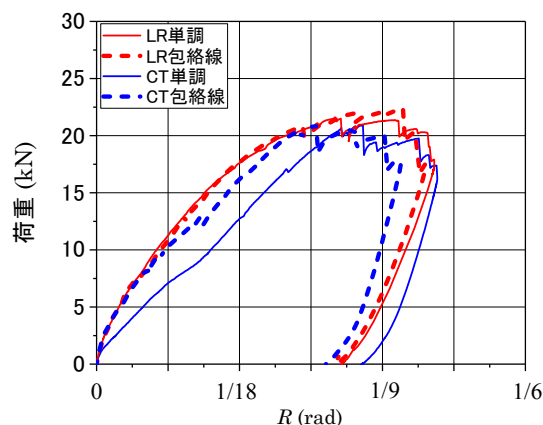
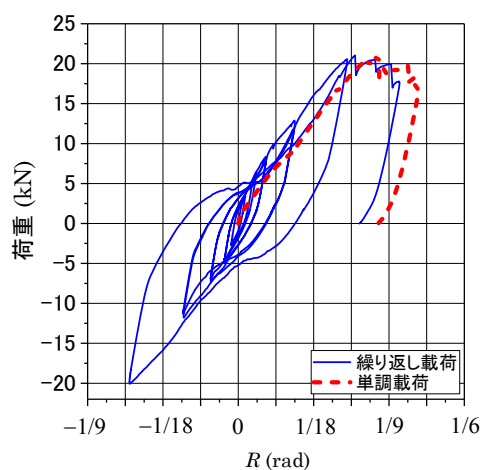


図-7 両試験体 荷重-変形角関係

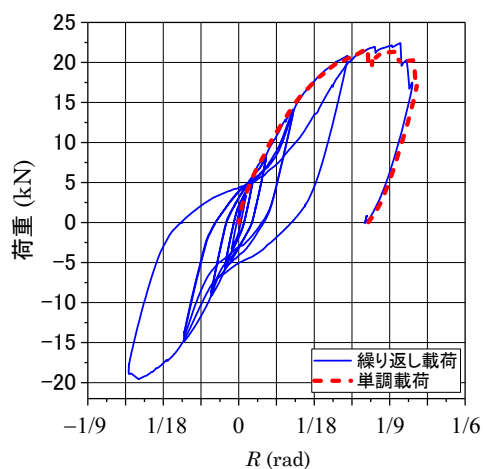
裂が入り破壊に至った。CT では、SWH に LR ほどの変形はみられないものの ALW は LR と同様に仕口部分で大きく湾曲し、アルミニウムに亀裂が入り破壊に至った。このことから、両仕口形式共に耐力は十分であり、本仕口を用いた柱梁接合部は門形骨組の加工部材間の応力伝達が十分に行えることが確認できた。

また、過去の ALW に対する純曲げ実験では ALW の降伏モーメントは 9.0kNm と求められている。本実験 ALW 柱頭部に貼付したひずみゲージより曲げモーメントを求め、ALW の降伏モーメントと比較すると十分に塑性域に達していることから、両試験体共に、仕口耐力は十分で部材同士に力の伝達できていたものと考えられる。

門形骨組の繰り返し載荷実験では、今回の実験で用いた 2 種類の仕口の最大耐力、履歴性状はほぼ同様なものとなった。また、両仕口とも耐力は十分であり、ALW と SWH の部材耐力により門形骨組の耐力を評価できると考えられる。



(a) LR



(b) CT

図 8 荷重-変形角関係

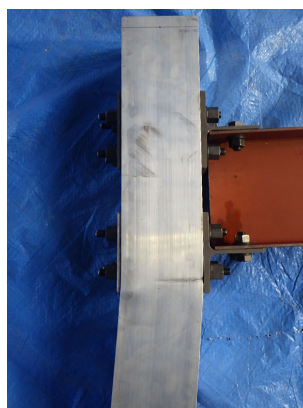
4. まとめ

門形骨組の繰り返し載荷実験では、LR、CT 共に最大耐力、履歴性状がほぼ同じものとなり、仕口耐力は十分であり、柱梁部材で門形骨組の耐力を評価できると考えられる。また、ト字形骨組の繰り返し載荷実験では、CT より LR の方が変形能力が大きいことが分かった。

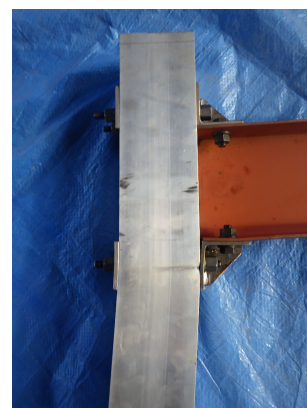
今後は、柱耐力および梁耐力と仕口耐力のバランスを検証し、この合成構造柱を用いた架構の設計方法を検討する。

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」日本建築学会関東支部研究報告集 I pp.409-412, 2014.2
- 2) 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—曲げ座屈実験—」日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿) pp.815-816, 2014.9
- 3) 石渡康弘, 西尾勇輝, 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—仕口金物を用いた仕口耐力その 2—」日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) pp.1477-1478, 2017.9
- 4) 西尾勇輝, 石渡康弘, 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—地震荷重を想定したト字形骨組の繰り返し載荷実験—」日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) pp.1539-1540, 2018.9
- 5) 石渡康弘, 西尾勇輝, 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—地震荷重を想定した門形骨組の繰り返し載荷実験—」日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) pp.1541-1542, 2018.9



(a) LR



(b) CT

写真-2 破壊性状