

アルミニウムと集成材による合成構造に関する実験的研究

日大生産工(院) ○高石 惇平 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⁾。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とともに、単純累加耐力で評価できることが確認された¹⁾。また文献²⁾では、この合成構造柱と軽量 H 形鋼梁による門形架構について実験を行った。

本研究は、H 形断面および溝形断面のアルミニウム材と集成材を用いた合成構造梁、アルミニウム箱形断面材に小径木(田の字組立材)を挿入する合成構造柱を提案する。

実験は合成構造梁の試験体を用いて純曲げ実験、合成構造柱の試験体を用いて短柱圧縮実験、中心圧縮実験を行い、単一材と比較した場合における合成構造の構造性能を検証することを目的とする。

2. 試験体概要

2.1. 合成構造梁

試験体形状を図-1 に、試験体詳細を表-1 に示す。(a)は、A6063 のアルミニウム H 形断面材 (以下 H と示す) をスギ集成材 (以下 GT と示す) で挟み込んで M10 の全ネジボルト、ナット、ワッシャーを用いて千鳥配置でピッチ 300mm、ゲージ間隔 70mm で留めた合成構造梁(以下 HGT と示す)である。比較対象として H の単一材も加えた。

表-1(b)、(c)は、GT に A6063 のアルミニウム溝形断面材 (以下 CH と示す) を上縁、下縁に被せた合成構造梁(以下 CHGT と示す)である。(b)は、フランジ部分に M8 タッピングネジを用いてピッチ 200mm の等間隔で留めた合成構造梁(以下 CHGT-a と示す)であり、(c)は、CHGT-a のウェブ部分に M8 タッピングネジを用いてピッチ 200mm の等間隔で留めた合成構造梁(以下 CHGT-b と示す)である。比較対象として、GT の単一材も加えた。

試験体に用いたスギ集成材は、E65-F225(異等級構成材)であり、プレーナ加工により寸法調整を行った。

2.2. 合成構造柱

試験体形状を図-2 に、試験体詳細を表-2、表-3 に示す。試験体は、短柱圧縮実験と中心圧縮実験で同

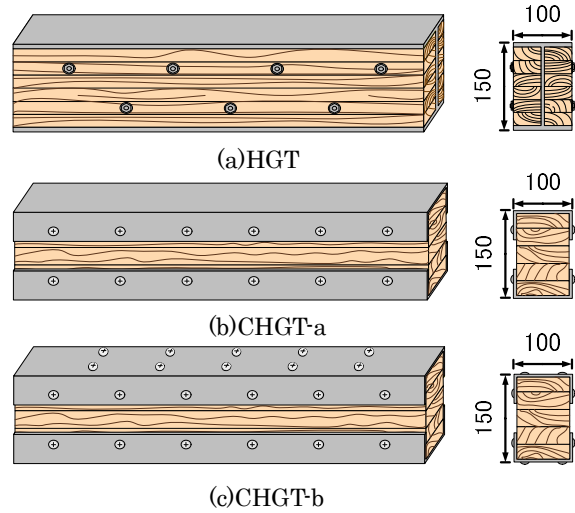


図-1 試験体形状

表-1 試験体詳細

試験体 (試験体数)	材長 (mm)	断面形状(mm)	
		GT断面	H断面
HGT(3)	2000	134×47	150×100×6×8
H(2)	2000	-	
		CH断面	
CHGT-a(3)	2000	140×90	50×100×5×5
CHGT-b(3)	2000		
GT(2)	2000		-

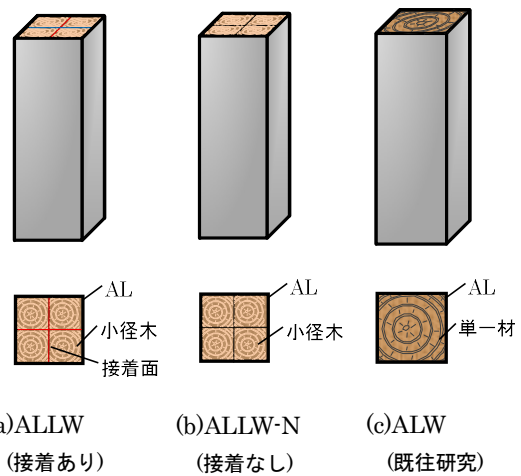


図-2 試験体形状

Experimental Study on Structural Properties of Aluminum and Glued Laminated Timber Composite

Junpei TAKAISHI, Yasuhiro ISHIWATA and Hiroshi KOMATSU

一とした。(a)は、A6063 のアルミニウム箱形断面材(以下 AL と示す)に接着した小径木(田の字組立材)(以下 LW と示す)を挿入した合成構造柱(以下 ALLW と示す)であり、(b)は AL に接着を行わない小径木(田の字組立材)を挿入した合成構造柱(以下 ALLW-N と示す)である。比較のため(c)に、既往研究のスギ製材を用いた合成構造柱(以下 ALW とする)を示す。比較対象として AL と LW の単一材も加えた。

試験体に用いた小径木は、プレーナ加工により寸法調整を行ったうえで、AL に隙間なく挿入した。

表-2 短柱圧縮実験 試験体詳細

試験体 (試験体数)	材長 (mm)	断面形状(mm)	
		LW 断面	AL 断面
AL(2)	300	-	100×100×3
LW(5)	300	94×94	-
ALLW(3)	300		100×100×3
ALLW-N(3)	300		

表-3 中心圧縮実験 試験体詳

試験体 (試験体数)	材長 (mm)	断面形状(mm)	
		LW 断面	AL 断面
AL(2)	1410	-	100×100×3
LW(2)	1410	94×94	-
ALLW(3)	1410		100×100×3
ALLW-N(3)	1410		

3. 実験方法

3.1. 純曲げ実験

実験装置を図-3 に示す。実験は 1000kN 万能試験機を用いて、支点間距離を $L=1800\text{mm}$ 、純曲げ区間を $L/3=600\text{mm}$ の点で加力ビームを介しての 2 点集中荷の純曲げ実験を行った。変位測定では、中央に 200mm 変位計、支点から 150mm の位置に 50mm 変位計を設置した。

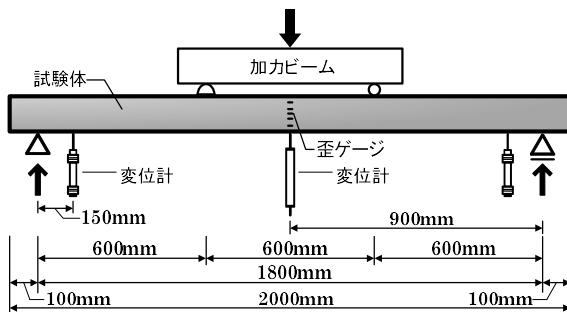


図-3 実験装置

3.2. 短柱圧縮実験

実験装置を図-4 に示す。実験は 1000kN 万能試験機を用いて、平押し荷荷とした。試験体の軸方向に均等に加

力するため試験体の両端に加圧盤を設置し、試験体と加圧盤の定着のために実験開始時に仮押しを行った。変位測定では、50mm 変位計を四隅に設置した。

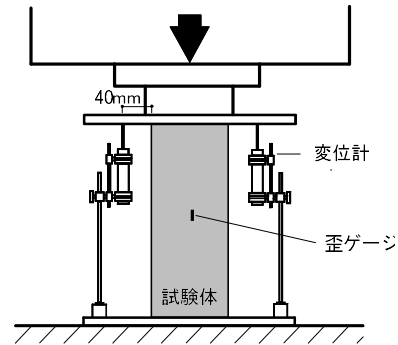


図-4 実験装置

3.3. 中心圧縮実験

実験装置を図-5 に示す。実験は 1000kN 万能試験機を用いて、中心圧縮荷荷とした。試験体はナイフエッジを持ったピン支柱装置にビス M8×40(AL は M8 ボルト)締めで固定した。変位測定では、支点間において 200mm 変位計を試験体の材軸方向に、50mm 変位計をナイフエッジ中心から 183mm の位置に両支点の回転角測定のために設置した。

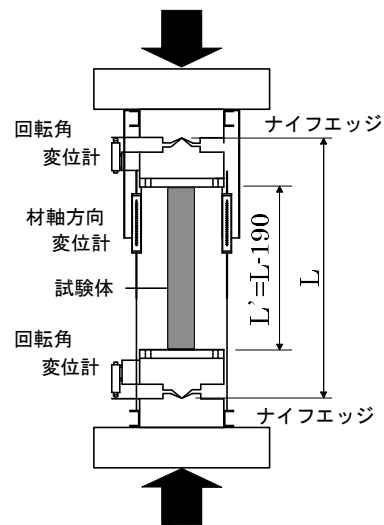


図-5 実験装置

4. 実験結果および考察

4.1. 純曲げ実験

表4 に HGT と H における最大耐力を示す。HGT は H に比べて最大耐力平均値が 30%程度上回った。

図-6 に HGT と H における荷重-変位関係を示す。H の最大耐力は、試験体の圧縮側のフランジが局部座屈した後、横座屈を起こし決定した。一方 HGT の耐力が初めに下がる位置では、GT の引張側の破壊が起きている。その後も GT の圧縮側には破壊が起きおらず、H の圧縮側のフランジ部分を GT で拘束して

いるため、破壊後も最大耐力の 85%以上を維持し安定した変形能力が確認でき、HGT では H を GT で挟み込んでいるため、ウェブのせん断による局部変形を抑えることができ、横座屈防止が確認できた。

表-5 に CHGT と GT における最大耐力を示す。CHGT は最大耐力が GT を上回ることが確認できる。しかし CHGT-a の最大耐力は、大きなばらつきが生じた。これは、CHGT の引張側にフィンガージョイントが存在し、フランジ部を留めるだけでは、CH への応力伝達が十分に発揮されないことが要因であると考えられる。なお、CH を外して撮影した、フィンガージョイントでの破壊状況を写真-1 に示す。

図-7 に CHGT と GT における荷重-変位関係を示す。GT の最大耐力は、試験体の引張側の破壊により決定した。一方、CHGT では GT の引張側での破壊により、耐力が一度急激に落ちたが、引張側の CH の応力負担により再び耐力が上昇した。

表-4 HGT と H における最大耐力

試験体	最大耐力 Pmax(kN)	最大耐力 平均値 Pavg.(kN)	耐力比 Pmax/Pavg.
HGT	106.8	115.0	0.93
	116.6		1.01
	121.7		1.06
H	92.1	88.2	1.04
	84.2		0.95

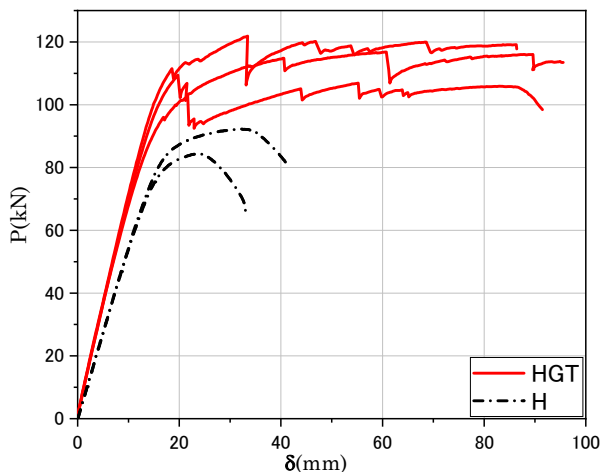


図-6 HGT と H における荷重-変位関係



写真-1 CHGT-a の破壊状況

表-5 CHGT と GT における最大耐力

試験体	最大耐力 Pmax(kN)	最大耐力 平均値 Pavg.(kN)	耐力比 Pmax/Pavg.
CHGT-a	67.9	69.7	0.97
	82.0		1.18
	59.2		0.85
CHGT-b	80.9	78.9	1.03
	81.1		1.03
	74.7		0.95
GT	40.3	43.7	0.92
	47.0		1.08

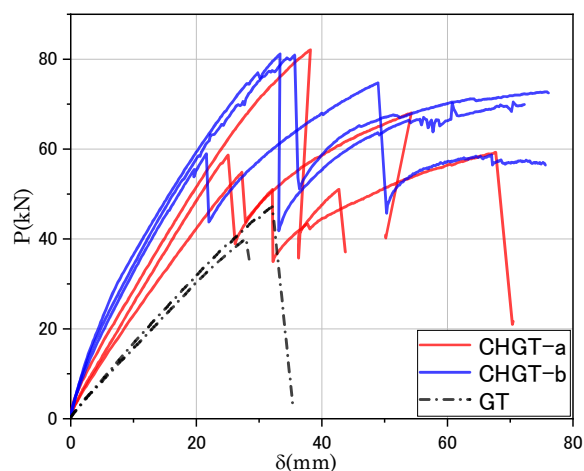


図-7 CHGT と GT における荷重-変位関係

4.2. 短柱圧縮実験

表-6 に短柱圧縮実験における最大耐力および累加耐力を示す。ALLW および ALLW-N の累加耐力比は 1 に近い値を示したことから、合成構造柱の最大圧縮耐力は、LW の接着の有無にかかわらず AL と LW の単純累加耐力で評価可能である。また、最大圧縮耐力は ALLW と ALLW-N では概ね同じ値を示したため、LW の接着の有無はほとんど影響がないものといえる。ALW と比較すると、ALLW および ALLW-N は最大圧縮耐力の大幅な低下が見られた。

表-6 短柱圧縮実験における最大耐力および累加耐力

試験体 (試験体数)	最大耐力 範囲 Pmax(kN)	最大耐力 平均値 Pavg.(kN)	単純 累加耐力 Po(kN)	累加 耐力比 Pavg./Po
LW(5)	234.0~260.7	249.7	453.8	-
AL(2)	204.0~204.2	204.1		
ALLW(3)	435.5~461.5	447.2	-	0.985
ALLW-N(3)	432.0~484.5	453.0	-	0.988
ALW(9)	480.0~556.0	508.3	-	-

図-8 に短柱圧縮実験における荷重-変位関係を示す。ALLW および ALLW-N は最大耐力後の耐力低下が ALW と同様に緩やかとなっていることが確認できる。

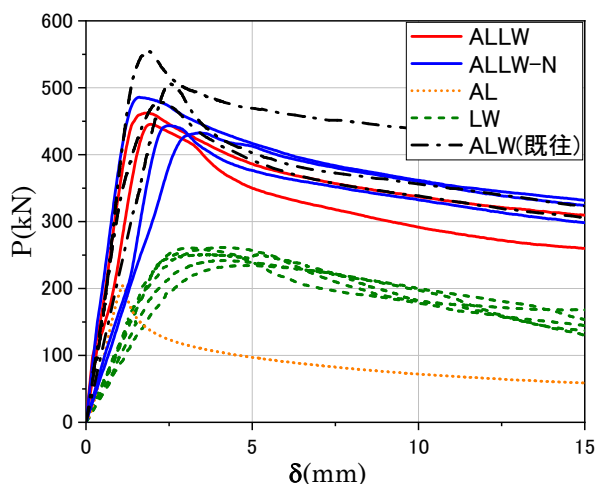


図-8 短柱圧縮実験における荷重-変位関係

4.3. 中心圧縮実験

表-7に中心圧縮実験における最大耐力および累加耐力を示す。ALLW および ALLW-N の累加耐力比は ALLW および ALLW-N で1 より高い値を示した。従って、合成構造柱の最大座屈耐力は、LW の接着の有無にかかわらずAL と LW の単純累加耐力以上で評価可能である。ALLW の最大座屈耐力は ALLW-N に対して15%程度上回った。また、ALW と比較すると ALLW で5%減少し、ALLW-N では18%程も最大圧縮耐力の低下が見られた。

図-9に中心圧縮実験における荷重-変位関係を示す。ALLWとALLW-Nの初期剛性は同程度となった。ALLW およびALLW-N内部の小径木は柔らかく変形しやすいため、最大耐力後にALのめり込みにより急激な耐力低下を起こしたが、その後の耐力の低下は緩やかであった。また、最大荷重時の変形もALLWの方が大きいため、変形性能に関しても接着を行った場合の方が高いことが確認できる。なお、写真-2より、(a)のALLWでは圧縮側でのALのめり込みで破壊を起こしているのに対し、(b)のALWでは引張側で破壊を起こしていることが確認できる。

表-7 中心圧縮実験における最大耐力および累加耐力

試験体 (試験体数)	最大耐力 範囲 Pmax(kN)	最大耐力 平均値 Pavg.(kN)	単純 累加耐力 Po(kN)	累加 耐力比 Pavg./Po
LW(3)	118.7~131.2	123.1	317.8	-
AL(2)	192.2~197.2	194.7		
ALLW(3)	341.7~411.7	368.8	-	1.160
ALLW-N(3)	302.2~354.2	319.5	-	1.005
ALW(3)	376.2~396.2	388.7	-	-

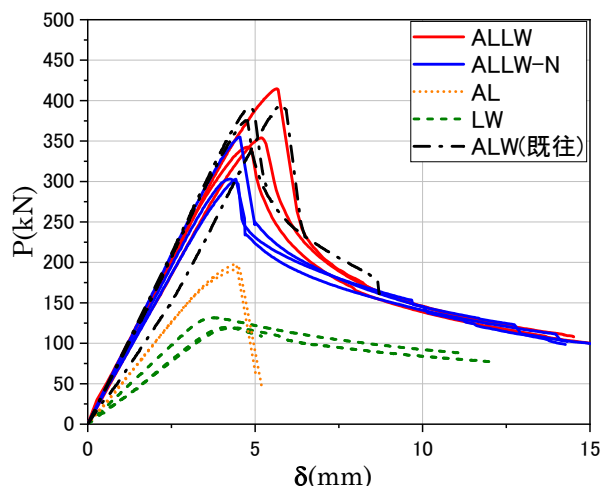


図-9 中心圧縮実験における荷重-変位関係



(a)ALLW 内部 LW

(b)ALW 内部 W

写真-2 中心圧縮実験における破壊状況

5. まとめ

合成構造梁は単一材に比べて剛性、耐力を高める効果が現れ、変形性能の向上が確認できた。また、合成構造柱の最大圧縮耐力は、小径木の接着の有無にかかわらずアルミニウム箱形断面材と小径木の単純累加耐力で評価可能であることが確認できた。

今後は、合成構造柱の内部木材に集成材を用いた試験体で検討することで最大圧縮耐力が向上すると推察できる。

参考文献

- 1) 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」, 日本建築学会構造系論文集, 2018.4, pp647-657
- 2) 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返し載荷実験—」 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), 2018.9, pp1541-15