

アルミニウム箱形断面材と集成材による合成構造柱に関する実験的研究

日大生産工(院) ○井口豪 日大生産工(院) 高石惇平
日大生産工 小松博 鉄建建設 石渡康弘

1. はじめに

循環型社会が推進されている背景から、アルミニウム箱形断面材にスギ製材を用いた合成構造柱を提案¹⁾し実験を主体に検証が行われた。アルミニウムは、リサイクル性の高い資源として認識がされており、木材は、一般的に環境負荷の小さい資源として認知され、資源の有効活用という点で着目されている。既往研究では合成構造柱はそれぞれの累加耐力として評価が可能であり、耐力等のばらつき低減また変形性能が向上することが確認されている。

本研究ではアルミニウム箱形断面材にスギ集成材を挿入する合成構造柱を提案する。スギ集成材は、材料強度のばらつきが少ないため既往研究¹⁾で使用したスギ製材よりも構造性能が安定すると考える。この合成構造柱を使用して、短柱圧縮実験および中心圧縮実験を行いアルミニウムの拘束による耐力等のばらつきの低減、累加耐力の確認や変形性能について検証する。

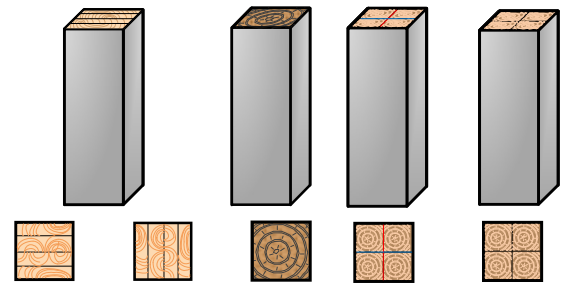
2. 試験体

試験体形状を図-1 に、試験体詳細を表-1 に示す。試験体は、アルミニウム箱形断面材(以下 AL)およびスギ集成材(以下 GT)の単一材と、AL に GT を挿入した合成構造柱(以下 ALGT)の3種類である。ALGT、GT は、積層方向に平行に曲げ座屈させる平使い(以下 ALGT-A、GT-A)と、垂直に曲げ座屈させる縦使い(以下 ALGT-B、GT-B)に区別する。また図中に比較として既往研究のスギ製材を挿入した合成構造柱(以下 ALW)、スギ小径木を接着して挿入した合成構造柱(以下 ALLW)、接着せずに挿入した合成構造柱(以下 ALLW-N)を併せて示した。AL は□100×100×3 を用い、GT はプレーナー加工により 94×94mm に寸法調整を行った。累加耐力の評価を行いやすくするために GT は、ALGT の内部木材と断面寸法を同一とした。試験体の材長を、短柱圧縮実験は

300mm、中心圧縮実験は 1410mm とした。

ALの機械的性質を表-2に示す。ALGTに使用したALをAL①、ALWのALをAL②、ALLWおよびALLW-NのALをAL③とする。ALの材質はA6063S-T5である。GTは同一等級構成(E65-F255)を使用した。ヤング係数は、規定されている6500N/mm²を用いた。また含水率を測定値した平均値は17.0%である。

試験体の本数は、ALおよびGTを2体、ALGTを3体とした。



ALGT-A ALGT-B ALW ALLW ALLW-N

図-1 試験体形状

表-1 試験体詳細

試験体	断面構成(mm)		
	GT 断面	AL	
		断面	厚さ
AL	-	100×100	3
GT	94×94	-	-
ALGT	94×94	100×100	3
ALW			
ALLW			
ALLW-N			

表-2 ALの機械的性質

試験体	降伏耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び率 (%)	ヤング係数 (N/mm ²)
AL①	192	215	16.0	60100
AL②	200	229	14.6	61000
AL③	199	227	14.5	61200

Experimental Study on Structural Properties of Aluminum and Glued Laminated Timber

IGUCHI Takeshi, KOMATSU Hiroshi, TAKAISHI Junpei, ISHIWATA Yasuhiro

3. 実験方法

短柱圧縮実験装置を図-2に、中心圧縮実験装置を図-3に示す。短柱圧縮実験は1000kN万能試験機を用いて平押し载荷とした。なお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、試験体と加圧盤との定着のために仮押しを行った。続いて連続载荷により、最大荷重後、その1/3の荷重値を示した時点で除荷した。荷重は試験機より直接検出し、変位測定では、50mm変位計を試験体から40mm離して四隅に設置し、測定を行った。

中心圧縮実験は1000kN万能試験機を用いて中心圧縮とした。試験体は、ナイフエッジを持ったピン支持装置に、M8×40ビス(ALはボルト)留めで固定した。荷重は試験機より直接検出し、変位測定では50mm変位計を支点間に設置し、試験体の材軸方向に、50mm変位計を両支点の回転角に設置した。座屈長さ L は、既往の研究との比較のため、合成構造柱の断面を規準として求めた細長比 $\lambda=55$ より $L=1600\text{mm}$ とした。

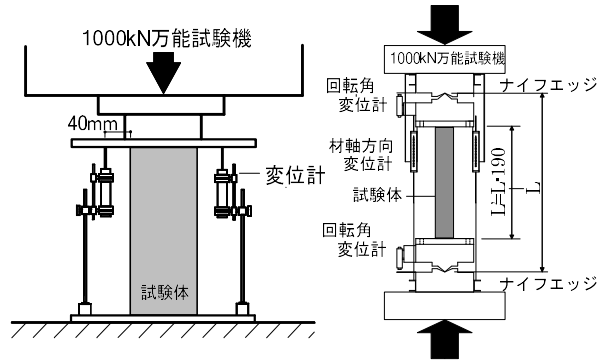


図-2 短柱圧縮実験装置 図-3 中心圧縮実験装置

表-3 短柱圧縮実験における最大耐力および累加耐力

試験体	N_{\max} 範囲 (kN)	N_{avg} (kN)	N_0 (kN)	$\frac{N_{\text{avg}}}{N_0}$
AL	203.7~205.3	204.5	520.8	-
GT	314.5~318.0	316.3		
ALGT	498.0~505.5	500.5	-	0.96
ALW	480.0~556.0	508	-	-

4. 実験結果および考察

4-1 短柱圧縮実験

短柱圧縮実験における最大耐力および累加耐力を表-3に示す。 N_{\max} 範囲は、短柱圧縮実験で得られた試験体1体ごとの最大耐力の範囲であり、最大耐力の平均値を N_{avg} とし、各単一材の最大耐力の平均値を単純に足し合わせた単純累加耐力 N_0 を求め、合成構造柱の最大耐力の平均値を N_0 で除した累加耐力比 N_{avg}/N_0 を算出した。ALGTの累加耐力は0.96と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、各単一材の単純累加耐力で評価可能であることが確認できる。ALGTはALWよりも、 N_{\max} 範囲での、最大耐力のばらつき具合が小さいことから、集成材の安定性を確認できた。

短柱圧縮実験における荷重-変位関係を図-4に示す。ALGTは、最大耐力後も緩やかに耐力低下が確認できた。理論値と実験値の比較を行うと、ALGT・ALは、実験値との差が小さいが、GTの理論値は大きく離れてしまうことが確認できた。要因として理論値を公称値で計算をしたため本来のヤング係数とは異なるためと考えられる。

短柱圧縮実験の既往研究との荷重-変位関係を図-5に示す。ALGTの耐力低下は、ALW、ALLW-N、ALLWと同様に緩やかとなっている。ALGTと既往研究の合成構造柱の初期剛性を比較すると、ALGTの初期剛性は既往研究の

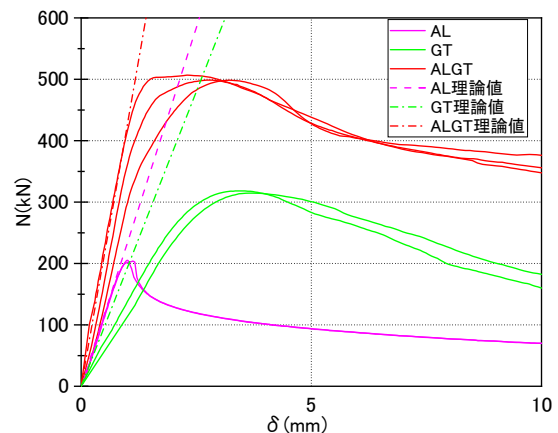


図-4 短柱圧縮実験における荷重-変位関係

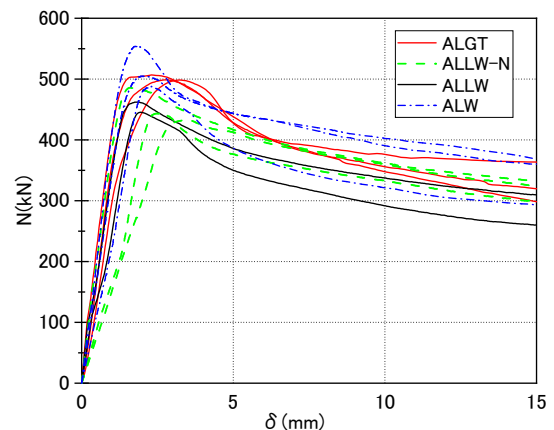


図-5 短柱圧縮実験の既往研究との荷重-変位関係

合成構造柱と比較してばらつきが小さいことが確認できた。

短柱圧縮実験における初期剛性の理論値と実験値を表-4に示す。理論値は、ヤング係数と断面積をかけて試験体長さで割ったものである。ALおよびALGTの理論値を実験値で割った値は、1に近い値を示した。ALGTとALWと比較するとALGTの方が1に近い値を示した。

写真-1に短柱圧縮実験における破壊性状を示す。GTは圧縮により集成材の接着部分で破壊されたことから、せん断破壊が起きたことが確認できた。一方ALGT内部の集成材は接着部分での破壊はみられなかったことから単純に圧縮破壊が起きたことが確認できた。

4-2 中心圧縮実験

中心圧縮実験における最大耐力および累加耐力を表-5に示す。ALGT-Bの累加耐力は1に近い値を示しているが、ALGT-Aにおいて累加耐力は15%減少した。Nmax範囲の最大と最小の差は、ALGT-Aが30.5、ALGT-Bは8.5でありALGT-Bのばらつきが少ないことが確認できる。これは引張破壊が起きるラミナ層の節などの影響が大きいと考えられる。

中心圧縮実験における荷重-変位関係を図-6に示す。ALは局部座屈後に急激な耐力低下を起こしたが、ALGTにおいて最大耐力後はALのような耐力低下は現れないことより変形能力に関しても向上していることが確認できる。ALGT-Aの初期剛性のばらつきは、GT-Aと比較してばらつきが大きくなったことが確認できる。理論値と実験値との比較をおこなうとALとGTの理論値の差が少なかった。ALGTは理論値との差が生じたがALGT-Bは差が少ないことが確認できた。

中心圧縮実験の既往研究との荷重-変位関係を図-7に示す。ALGTは、ALW・ALLWと比較して耐力低下のばらつきが少ないことが確認できた。

中心圧縮実験における最大荷重の比較について図-8に示す。既往研究のスギ小径木の合成構造柱と比較してスギ集成材の合成構造柱は、耐力のばらつきが少ないことが確認できた。またALGT-Bの耐力のばらつきが最も小さいことが確認できた。

中心圧縮実験における初期剛性の理論値と実験値を表-6に示す。既往研究のALWでは理論値を実験値で割った値は0.8であるのに対し、ALGT-A、ALGT-Bともに0.9という1に近い値を示しており、スギ集成材はスギ製材よりも、実験値と理論値に近い値であると確認できた。

表-4 短柱圧縮実験における初期剛性の理論値と実験値

試験体	EA (kN)	初期剛性 (kN/mm)		理論値 / 実験値
		理論値	実験値	
AL	69956	233.2	227	0.973
GT	57434	191.4	131.9	0.689
ALGT	127390	424.6	418.8	0.986
ALW	137542	458.5	368.8	0.804



(a)GT (b)ALGT 内部集成材

写真-1 短柱圧縮実験における破壊性状

表-5 中心圧縮実験における最大耐力および累加耐力

試験体	Nmax範囲	Navg	No	NAVG / No
AL	194.2~201.5	197.9	-	-
GT-A	174.5~204.7	189.6		
GT-B	149.7~179.0	164.4		
ALGT-A	317.2~348.0	328.2	387.5	0.85
ALGT-B	343.7~352.2	347.8	362.3	0.96

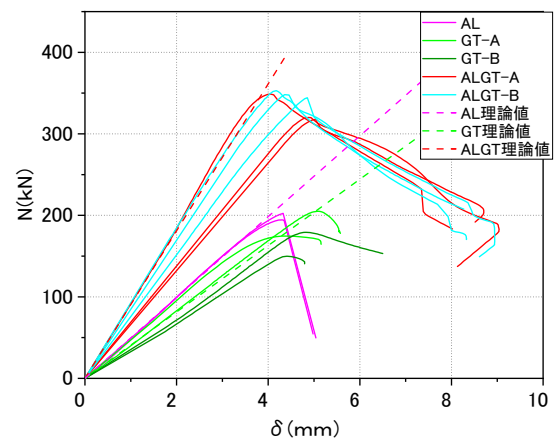


図-6 中心圧縮実験における荷重-変位関係

破壊性状を写真-2示す。ALGT-AとALGT-B共に内部集成材は、曲げ座屈による引張破壊が確認できた。引張側をみるとALGT-BよりもALGT-Aの方が大きく破壊されていることが確認できる。

6. まとめ

短柱圧縮実験により得られた知見を以下に示す。

- 1) アルミニウム箱形断面材とスギ集成材の単純累加耐力が合成構造柱の最大耐力と同程度となることから、単純累加耐力により評価可能である。
- 2) 破壊性状より、GTは圧縮によりせん断破壊が起き、ALGTの内部集成材は圧縮破壊が起きたことが確認できた。

中心圧縮実験により得られた知見を以下に示す。

- 1) 合成構造柱の最大耐力は、積層方向に関わらずアルミニウム箱形断面材とスギ集成材の累加耐力で評価可能である。
- 2) 合成構造柱の M_{max} 範囲はALGT-AよりもALGT-Bの方が小さいことが確認できた。要因としてALGT-Bの内部集成材のばらつきが小さいためと考える。
- 3) スギ集成材は、スギ小径木と比較して最大耐力のばらつきが少なく、集成材の安定性を確認できた。
- 4) 破壊性状における内部木材の引張側をみると、ALGT-BよりもALGT-Aの方が大きく破壊されたことから、積層方向に平行で座屈することにより引張側の破壊は小さくなることが確認できた。

参考文献

- 1) 石渡康弘,伊藤有美,小松博:「アルミニウム箱型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特性-」
- 2) 高石惇平,小松博,石渡康弘:「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」
- 3) 伊藤有美,小松博,植野公友:「アルミニウム箱型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-」
- 4) 村田誠四郎 編:「木材工業ハンドブック」,丸善株式会社,2004.3 pp592
- 5) 林野庁「平成29年度 森林・林業白書」2018.6
- 6) 林野庁「平成26年度 森林・林業白書」2015.5

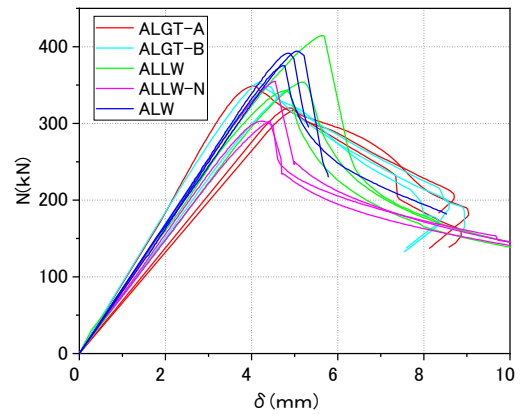


図-7 中心圧縮実験の既往研究との荷重-変位関係

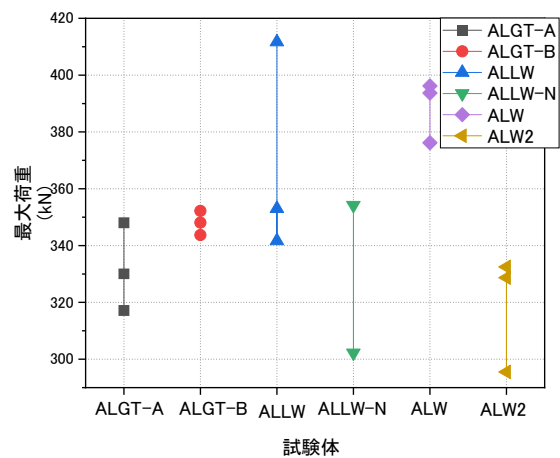


図-8 中心圧縮実験における最大荷重の比較

表-6 中心圧縮実験における初期剛性の理論値と実験値

試験体	EA	初期剛性 (kN/mm)		理論値 / 実験値
		理論値	実験値	
AL	69956	49.6	51.06	1.029
GT-A	57434	40.7	45.64	1.120
GT-B			39.93	0.980
ALGT-A	127390	90.3	78.89	0.873
ALGT-B			83.53	0.925
ALW	137542	97.5	85.00	0.804



写真-2 中心圧縮実験における破壊性状