

## アルミニウム山形断面材と集成材による合成構造梁に関する実験的研究 -曲げ実験-

日大生産工(院) ○高石 惇平 日大生産工 小松 博  
日大生産工(院) 井口 豪 鉄建建設 石渡 康弘

### 1. はじめに

昨今の少エネルギーやリサイクルに対する意識の高まりから、循環型社会を構築するための取り組みが推奨されている<sup>1)</sup>。また、建築分野においても資源の有効活用や環境負荷の低減を課題とし、再利用可能な資源が注目を集めている。このような背景から、筆者らはアルミニウムと木材に着目し、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<sup>2),3)</sup>。既往の実験結果から、合成構造柱とすることで、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<sup>2)</sup>。また文献<sup>4)</sup>では、アルミニウム溝形断面材とスギ集成材を用いた合成構造梁の純曲げ実験を行った。

本報では、アルミニウム山形断面材とスギ集成材を用いた合成構造梁を提案する。アルミニウム山形断面材はスギ集成材の四隅に被せ接合することが可能なため、集成材のサイズ調整によるプレーナ加工を必要とせず自由度の高い施工が期待できる。この合成構造梁を用いた純曲げ実験を行い、合成構造梁の構造性能の検証を目的とした。

### 2. 試験体概要

図-1 に試験体形状、表-1 に試験体詳細を示す。試験体の断面形状は3種類とし(a)はL-50×50×5のアルミニウム山形断面材(以下L50)、(b)はL-40×40×5のアルミニウム山形断面材(以下L40)を、それぞれ140×90mmのスギ集成材(以下GT)の四隅に被せた合成構造梁(以下L50GT、L40GT)である。L50およびL40は、M8×30のタッピングネジを用いて200mmの等間隔でGTの上下面に40本、側面部分に36本で留め一体化した。(c)は140×90mmのスギ集成材の単一材である。アルミニウムはA6063-T5、スギ集成材は対称異等級構成E65-F225を用いた。GTは105×150mmの集成材を4面プレーナ加工し、寸法調整をした。比較対象として既往研究のC-50×100×5×5のアルミニウム溝形断面材と140×90mmのスギ集成材を用いた合成構造梁(以下CHGT)も加えた。なお本報で実験を行ったGTをGT1、既往研究で実験を行ったGTをGT2とする。すべての試験体において材長は2000mmとし、試験

体数は合成構造梁各3体ずつ、集成材の単一材2体とした。

表-2 にアルミニウム山形断面材の機械的性質、表-3 に集成材の材料特性を示す。L50、L40は5号試験片を用いた引張試験の結果であり、GTは電気抵抗式含水率計を用いた含水率の結果およびJAS規格のヤング係数平均値を示している。

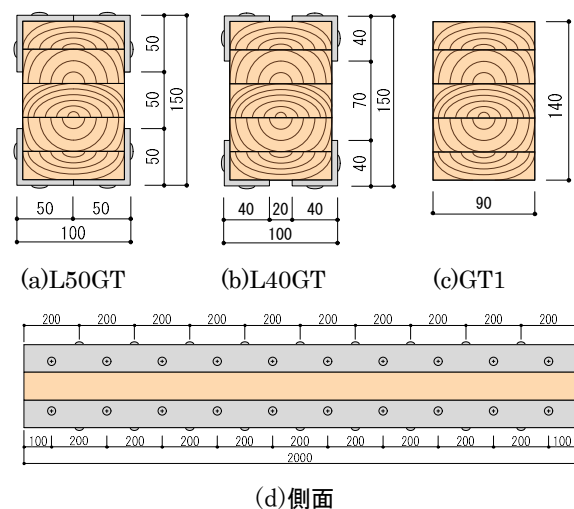


図-1 試験体形状 単位: mm

表-1 試験体詳細

試験体	試験体形状	断面構成(mm)	
		アルミニウム山形断面材	集成材
L50GT	a	50×50×5	140×90
L40GT	b	40×40×5	140×90
GT1	c	-	140×90

表-2 アルミニウム山形断面材の機械的性質

	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )
L50	60100	183	216
L40	61400	185	213

表-3 集成材の材料特性

	構成	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	含水率 (%)
GT1	対称異等級	6500	16.6

Experimental Study on Structural Properties of Aluminum and Glued Laminated Timber Composite Beams -Bending Test-

Junpei TAKAISHI, Hiroshi KOMATSU, Takeshi IGUTI and Yasuhiro ISHIWATA

### 3. 実験概要

実験装置を図-2 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 点集中荷重の純曲げ実験を行った。変位測定では、50mm 変位計を支点から 150mm の位置に、中央に 200mm 変位計を設置した。

ひずみゲージ貼付位置を図-3 に示す。ひずみゲージは、試験体中央の荷重点とその裏面に 2 か所ずつ、片側面に 5 か所、計 9 か所に単軸ひずみゲージを貼付して測定を行った。

実験結果の評価にあたり、初期剛性および曲げ強さを以下の式から算出した。また、純曲げのたわみ式から初期剛性の計算値を算出した。なおアルミニウム山形断面材の断面 2 次モーメントは合成梁および重ね梁の場合をそれぞれ仮定して算出を行った。

$$K = \frac{P_{50} - P_{10}}{\delta_{50} - \delta_{10}} \quad \dots (1)$$

$$f_M = \frac{lP_{max}}{2Z} \quad \dots (2)$$

$$\delta = \frac{23}{648} \times \frac{PL^3}{E_L I_L + E_{GT} I_{GT}} \quad \dots (3)$$

ここで  $K$ : 初期剛性、 $P_{50}$ ・ $P_{10}$ : 荷重-変位関係初期の直線部分の荷重増分、 $P_{50}$ : 最大荷重の 50% 値、 $P_{10}$ : 最大荷重の 10% 値、 $\delta_{50}$ ・ $\delta_{10}$ :  $P_{50}$ ・ $P_{10}$  に対応する変位の増分、 $f_M$ : 曲げ強さ、 $l$ : 純曲げ区間、 $P_{max}$ : 最大荷重、 $Z$ : 断面係数、 $\delta$ : 試験体中央のたわみ、 $P$ : 荷重、 $L$ : 支点間距離、 $E_L$ 、 $I_L$ : アルミニウム山形断面材のヤング係数および断面 2 次モーメント、 $E_{GT}$ 、 $I_{GT}$ : 集成材のヤング係数および断面 2 次モーメント

### 4. 実験結果および考察

#### 4.1. 曲げ強さおよび最大耐力

表-4 に実験結果を示す。L50GT と L40GT の曲げ強さは概ね同じである。このことからサイズ違いのアルミニウム山形断面材を集成材の四隅に被せることによる最大耐力の影響は少ないと考える。また、L50GT と CHGT の曲げ強さも大きな差はみられなかった。L50GT と L40GT の最大耐力平均値は GT1 の単一材と比較して 57%、38% 程度上昇していることが確認できる。なお CHGT の最大耐力平均値は GT2 の単一材と比較して 69% 程度上昇していることから L50GT より耐力の上昇が高いことが確認できた。L50GT と L40GT の最大耐力は、最大耐力平均値から最も差がある試験体で 16%、20% 程度とばら

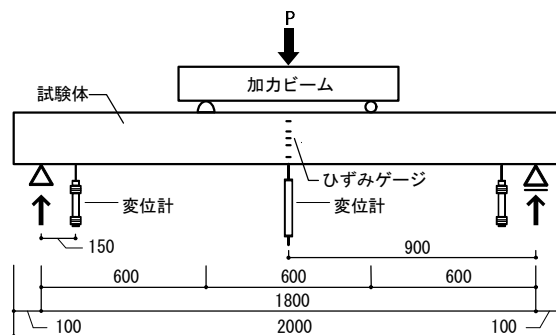


図-2 実験装置 単位: mm

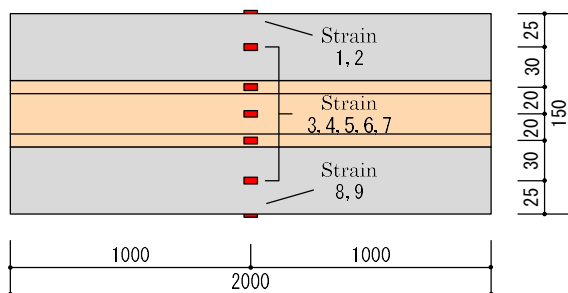


図-3 ひずみゲージ貼付位置 単位: mm

表-4 実験結果

試験体名	最大耐力 (kN)	最大耐力 平均値 (kN)	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ強さ 平均値 (N/mm <sup>2</sup> )
L50GT	86.9	75.0	70.0	60.3
	65.7		52.8	
	72.4		58.1	
L40GT	53.1	66.1	46.4	57.8
	67.0		58.6	
	78.3		68.5	
CHGT	80.9	78.9	65.0	63.4
	81.1		65.1	
	74.7		60.0	
GT1	47.5	47.6	48.5	48.7
	47.8		48.8	
GT2	40.3	46.5	41.1	47.4
	47.0		48.0	
	52.1		53.2	

が生じた。これに対し、L50GT と断面性能が同じ CHGT は 5% 程度でばらつきが小さいことが確認できる。従って、アルミニウム山形断面材がスギ集成材と十分に一体化されていないことが要因で最大耐力にばらつきが生じたと考える。これは写真-1 に示すように L50GT は CHGT に比べて面剛性が低く、面外変形を起こしたためである。

#### 4.2. 初期剛性

表-5 に初期剛性の実験値および計算値を示す。計算値は、合成梁、重ね梁をそれぞれ仮定して算出している。L50GT と L40GT の実験値を比較すると概ね同等であることが確認できる。また実験値と計算値を比較すると、合成梁と仮定した場合には、L50GT および L40GT は計算値に対して 76%、75%程度低い値を示し、大きな差がみられた。一方、重ね梁と仮定した場合には、15%、1%程度と L50GT は差がみられたが、L40GT は同等であった。L50GT と CHGT を比較すると断面性能は同じであるが、L50GT の方が低い値となった。

#### 4.3. 荷重-変位関係

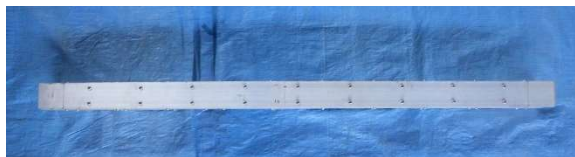
図-3 に荷重-変位関係を示す。L50GT と L40GT の重ね梁と仮定した計算値も併せて示している。変位は試験体中央部の測定値である。GT1 においては、変位 40mm 程度で試験体中央部近傍に引張破壊が生じ、急激に耐力が低下した。これに対し、L50GT と L40GT は変位 20~40mm 程度で GT の引張破壊により耐力が一度急激に低下するが、その後変位が増加しても一定の耐力を保ちながら増加と減少を繰り返している。これは GT の引張破壊以降、アルミニウム山形断面材の塑性変形能力で抵抗しているといえる。また耐力が再び上昇している試験体は変位 70mm 程度で再度集成材の引張破壊が起きている。最大荷重までの変位に差がみられるのは集成材の影響が大きいためだと考える。L50GT と CHGT を比較すると、変形性能は概ね同等であることが確認できる。

#### 4.4. 垂直応力度分布

図-4 に L50GT と CHGT の最大荷重(72.4kN, 80.9kN)における垂直応力度分布を示す。測定したひずみにアルミニウム山形断面材およびスギ集成材のヤング



(a)L50GT

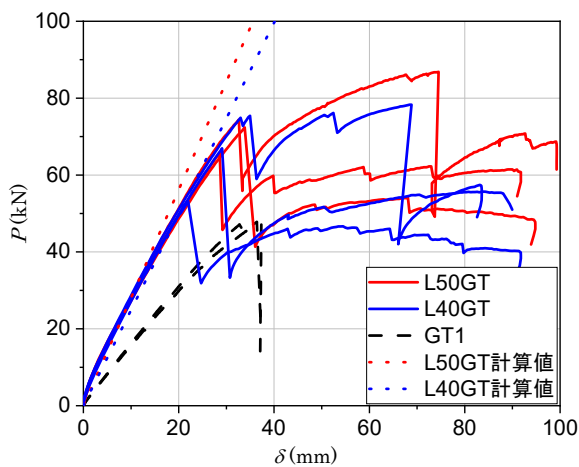


(b)CHGT

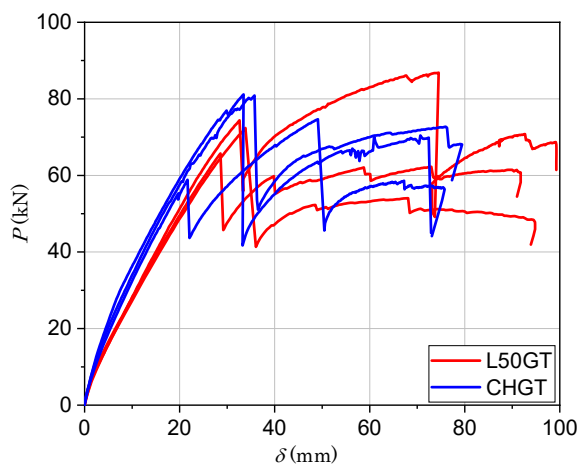
写真-1 面外変形

表-5 初期剛性

試験体名	実験値 (kN/mm)	実験値 平均 (kN/mm)	計算値 (合成梁) (kN/mm)	計算値 (重ね梁) (kN/mm)
L50GT	2.42	2.41	9.83	2.81
	2.43			
	2.38			
L40GT	2.48	2.47	9.67	2.49
	2.47			
	2.47			
CHGT	2.93	2.98	9.87	2.84
	3.15			
	2.87			



(a)L50GT、L40GT、GT1



(b)L50GT、CHGT

図-4 荷重-変位関係

係数を乗じて応力度に変換している。L50GT は GHGT と同様に 4、図心位置に中立軸が存在するためアルミニウム山形断面材を集成材の四隅に被せることによる中立軸の影響はないといえる。L50GT は CHGT と比較してアルミニウム山形断面材の応力負担が少ないことから、部材間で十分に応力伝達できていないと考える。

#### 4.5. 破壊性状

写真-2 に破壊性状を示す。L50GT と L40GT の破壊性状は大きな差はみられなかった。また、最大耐力を決定した破壊性状は L50GT と L40GT とともに、荷重点近傍の引張側ラミナ層の節およびフィンガージョイント部付近から亀裂を生じたもので、その後、亀裂の幅が進行し大きな破壊音とともに瞬間的に破壊が生じた。

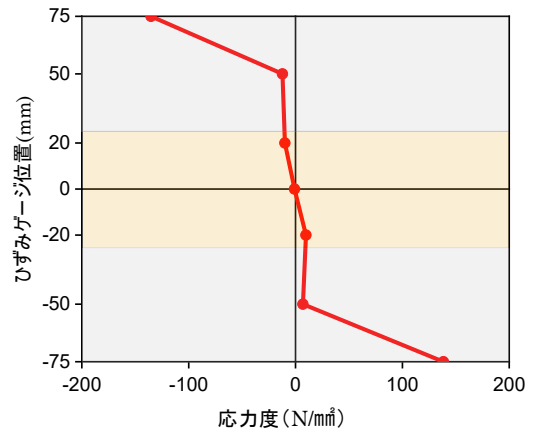
#### 5. まとめ

アルミニウム山形断面材と集成材による合成構造梁の純曲げ実験を行い、以下の知見を得た。

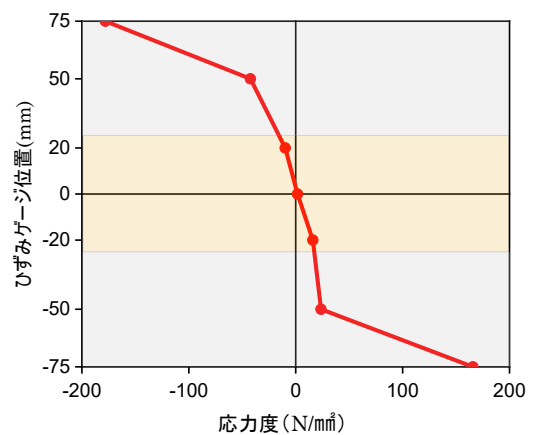
- 1) 合成構造梁はスギ集成材の引張破壊で耐力が一度急激に低下するが、アルミニウム山形断面材の塑性変形能力で抵抗する。
- 2) L50GT は CHGT と比較して耐力のばらつき・破壊性状は有利ではないが、最大耐力平均値・変形性能は同等であることが確認できた。
- 3) L50GT と L40GT の破壊性状、変形性能は同等であることから、アルミニウム山形断面材を集成材の四隅に被せることによる自由度の高い施工が期待できる。
- 4) L50GT と L40GT の初期剛性は、実験値と合成梁と仮定した計算値に大きな差がみられたことから新たな接合方法を検討する必要がある。

#### 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) 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
- 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—地震荷重を想定した門形骨組の繰り返し荷重実験—」日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)，2018.9，pp1541-1542
- 4) 高石惇平，小松博，鎌田貴久，石渡康弘：「アルミニウム形材と集成材による合成構造梁に関する実験的研究—純曲げ実験—」日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)，2020.9，pp1341-1342



(a)L50GT

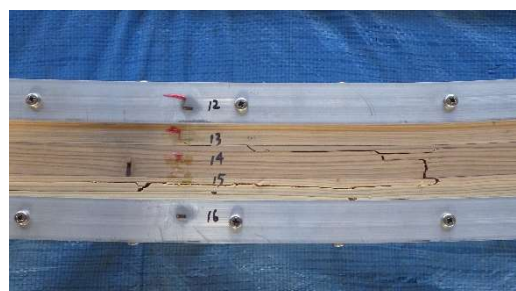


(b)CHGT

図-5 垂直応力度分布



(a)L50GT



(b)L40GT

写真-2 破壊性状