

アルミニウム合金製ハニカムパネルの面外せん断強度に関する研究

アルミニウム合金 接着 面外せん断
ハニカムパネル ハニカムコア

正会員 渡辺 和志*¹
同 檜山 裕二郎*²
同 藤本 効*³

1. はじめに

アルミニウム合金製ハニカムパネルは、アルミニウム合金製薄板とハニカム形状のコアを接着またはろう付けにより一体化させた高剛性のサンドイッチパネルである。表面板は主に曲げを、ハニカムコアは主にせん断を負担する。本稿では、アルミニウム合金製接着ハニカムパネルの接着接合強度を確認し、さらにパネルの面外せん断強度について分析した。

2. 試験

2.1 試験概要

はじめに、表面板とコアの接着接合強度試験(フラットワイズ引張試験 ASTM C297)^{文献1)}を行い、文献1に基づき、パネルの面外せん断耐力を算定するための接着部の面内せん断耐力を仮定した。次に、ハニカムパネルの面外せん断試験を行い、実験結果の耐力と破壊形式から、計算による場合の仮定条件について考察した。また、試験パラメータはコアの寸法(セルサイズ)とした。図1にセルサイズの定義を、ハニカムコアの直交異方性を合わせて示す。

表1に試験に用いたハニカムパネルの仕様を示す。表2に表面板とコアの素材試験結果を示す。

2.2 表面板とコアの接着接合強度試験

図2に試験体形状および試験方法を示す。荷重はスクリー型万能試験機を用いて行い、クロスヘッドの速度を一定(2mm/min)とした。

表3に試験結果(N数5体の平均値)を示す。試験による最大荷重 Pmax を試験体断面積(見かけの断面積) 2500mm²(50mm × 50mm)で除した σ_u をフラットワイズ引張強さとし、(式-1)^{文献1)}により σ_A を求めた。表中には N 数5体の平均値を示した。また、単位面積当りの有効コア数 $n = 2/(3 \cdot d)$ および σ_u/n を示す。

$$\sigma_A = \sigma_u \cdot (0.5) \cdot \dots \cdot (式-1)$$

σ_u : フラットワイズ引張強さ

σ_A : 接着部の面内せん断耐力

試験結果より、セルサイズが大きくなるほど σ_u が小さくなり、 σ_u/n は 5.6~7.5 となった。

2.3 ハニカムパネルの面外せん断試験

図3に試験体形状および試験方法を示す。試験は JIS A1414 に準じて行い、荷重位置は支持間3等分点位置とした。試験体のハニカムコアの配置はW方向をスパン方向と

表1 ハニカムパネルの仕様

項目	仕様
面 板	アルミニウム合金, JIS H 4000, A3004P-H32
コア材	アルミニウム合金はく, A3003H-H19 (JIS H 4160 に準拠)
パネル厚	104mm (上下表面板各 2mm, ハニカムコア 100mm)
コア厚	0.076mm
接着剤	シリコン系接着剤
切れ寸	1/2 インチ, 3/8 インチ, 5/8 インチ, 3/4 インチ

表2 表面板とコアの素材試験結果

	表面板	コア			
		1/2	3/8	5/8	3/4
引張強さ (N/mm ²)	205	260	260	275	270
0.2% 耐力 (N/mm ²)	175	235	235	250	245
伸び (%)	10	2	3	3	2

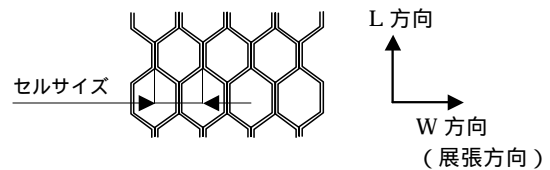


図1 セルサイズ

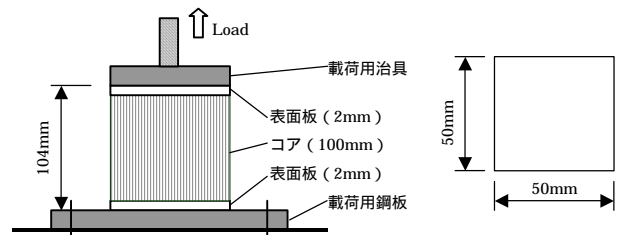


図2 試験体形状および試験方法(接着接合強度試験)

表3 表面板とコアの接着接合強度試験結果

切れ寸	N 数	σ_u (N/mm ²)	σ_A (N/mm ²)	n	σ_u/n
3/8	5	0.68	0.34	0.121	5.6
1/2	5	0.59	0.29	0.091	6.5
5/8	5	0.55	0.28	0.073	7.5
3/4	5	0.40	0.20	0.061	6.6

した。

表4にN = 3の試験結果による最大荷重平均値 (P_{max}) を示す。表中には、(式-2) (式-3)^{文献1)}により求めたコアのせん断座屈による耐力 $P(Q1)_{k1}$ 、 $P(Q1)_{k2}$ およびコアの接着耐力による耐力 $P(Q2)$ を併記した。ここで、 $P(Q1)_{k1}$ は弾性座屈係数^{文献2)}を4辺単純支持とした場合、 $P(Q1)_{k2}$ は4辺固定支持とした場合である。試験結果の破壊形式は、セルサイズ 3/8、1/2 が接着部のせん断剥離によるせん断破壊、5/8、3/4 がコアのせん断座屈によるせん断破壊となった。図4に荷重 - 変形関係を示す。

$$Q_1 = * \times A_s \times W \times y \quad \dots (式-2)$$

$$Q_2 = h_c \times W \times A' \quad \dots (式-3)$$

$$\leq 0 \quad * = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\quad}{0} \right)^2, \quad > 0 \quad * = \frac{0.9 \times k}{2}$$

$$= \frac{a}{t_c} \sqrt{\frac{s}{E}}, \quad a = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

$$k1 = \frac{4}{\left(\frac{h_c}{a}\right)^2} + 5.35 \quad k2 = \frac{5.6}{\left(\frac{h_c}{a}\right)^2} + 8.98$$

Q_1 : コア (W 方向) のせん断座屈によるせん断耐力

Q_2 : 接着部のせん断によるせん断耐力

* : コアの座屈耐力

A_s : コアのせん断有効面積 (W 方向 : $A_s = hc \cdot tc \cdot 2/d$)

W : ハニカムパネルの幅 (=500mm-2d)

$y = y / 3$ (y : コアの耐力)

k : 弾性座屈係数

(k1: 4辺単純支持 k2: 4辺固定支持)

h_c : コアの高さ (=100mm)

d : セルサイズ (mm)

E : ヤング係数 (= $7.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$)

3. 考察

セルサイズ 3/8、1/2 インチの面外せん断試験結果より、フラットワイズ引張強さから推定した接着部のせん断耐力による、ハニカムパネルの面外せん断耐力理論値は、試験結果と良い相関を示した。これより、 u から A' を算出する際の係数は 0.5 でほぼ妥当であると考えられる。

セルサイズ 5/8、3/4 インチの面外せん断試験結果より、コアのせん断座屈によるハニカムパネルのせん断耐力は、 $P(Q1)_{k2}$ と試験結果とが良好な相関を示すことが確認できた。これより、コアの支持条件を4辺単純支持とした弾性座屈係数式(k1)ではなく、4辺固定支持とした弾性座屈係数式(k2)を用いてコアのせん断座屈を評価できると考えられる。

*1 住軽日軽エンジニアリング 工修

*2 住軽日軽エンジニアリング 博士(工学)

*3 ベターリビング筑波建築試験センター 博士(工学)

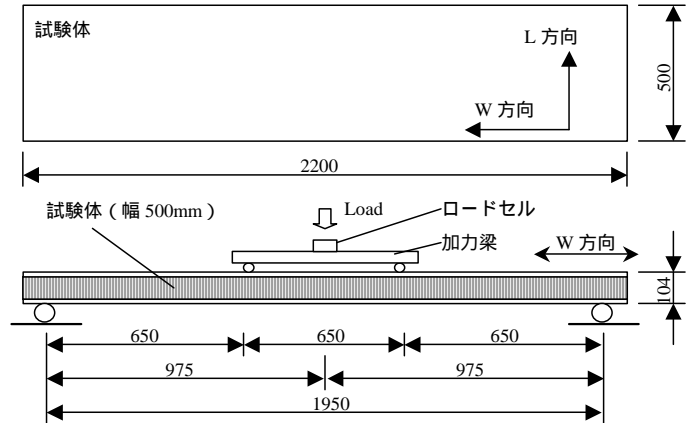


図3 試験体形状および試験方法(面外曲げ試験)

表4 面外曲げ試験結果

セルサイズ	N 数	P_{max} (kN)	破壊形式	$P(Q1)_{k1}$ (kN)	$P(Q1)_{k2}$ (kN)	$P(Q2)$ (kN)
3/8	3	34.3	接着部のせん断剥離	57.4	82.6	32.5
1/2	3	28.3	接着部のせん断剥離	23.8	40.0	27.9
5/8	3	20.5	コアのせん断座屈	12.1	20.2	25.8
3/4	3	16.6	コアのせん断座屈	6.9	11.6	18.5

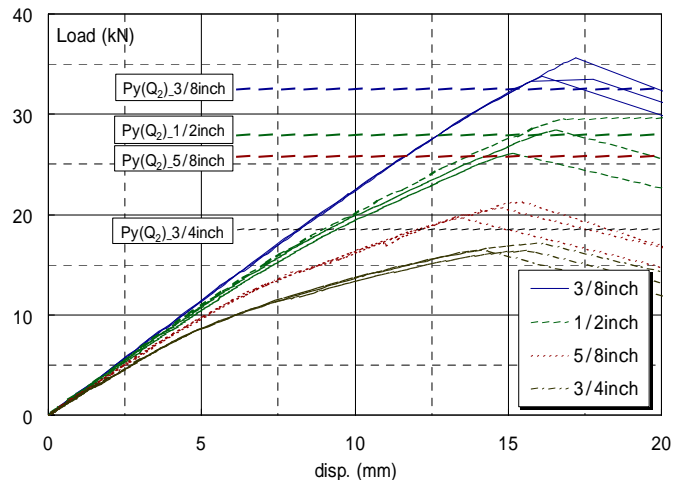


図4 荷重 - 変形関係

4. まとめ

本研究より、以下のことが確認できた。

- ・表面板とコア接着部のせん断耐力は、ハニカムパネルのフラットワイズ引張強さの約0.5倍となる。
- ・コアのせん断座屈耐力は、弾性座屈係数式を文献2)による4辺固定式により評価ができる。

[参考文献]

- 1) 建築構造用アルミニウム合金製接着ハニカムパネル設計・製作指針, アルミニウム建築構造協議会, 平成17年3月
- 2) 鋼構造座屈設計指針, 日本建築学会, 1996年1月

Sumikei-Nikkei Engineering Co.,Ltd.,M.Eng

Sumikei-Nikkei Engineering Co.,Ltd.,Dr.Eng

Center for Better Living,Dr.Eng