

## 摩擦攪拌接合で製作されたアルミニウム床版の材料特性

日本軽金属（株） 正員 萩澤 亘保  
 大阪大学大学院 正員 大倉 一郎  
 石川島播磨重工業（株） 正員 戸田 均

### 1. はじめに

アルミニウム押出型材を摩擦攪拌接合して製作されたアルミニウム床版の疲労特性については既報<sup>1)</sup>と別報<sup>2)</sup>で述べる。本報は、アルミニウム押出型材の母材と摩擦攪拌接合部の引張特性と疲労特性、および摩擦攪拌接合部の熱影響幅と残留応力の測定を行うことによってアルミニウム床版の材料特性を明らかにした。

### 2. 供試体

押出型材の断面寸法を図1に示す。押出型材の材質と調質はA6N01-T5である。2本の押出型材の上下フランジを摩擦攪拌接合して図2に示す供試体を製作し、この供試体から材料特性を測定するための試験片を採取した。供試体の長さは1700mmである。

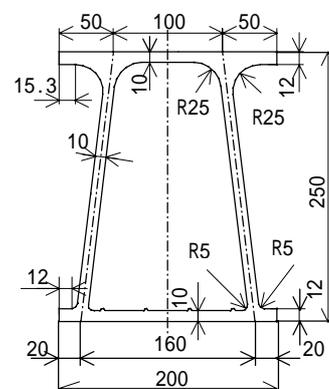


図1 押出型材の断面

### 3. 摩擦攪拌接合

摩擦攪拌接合(Friction Stir Welding)とは、先端にピンを持つツールを回転させながらピンを被接合物に挿入し、接合線に沿って移動させることによって接合部を攪拌して一体化するものである。

接合部中央のピンによって攪拌された部分がナゲットであり、その両側に塑性流動部、さらにその外側に熱影響部が形成される。

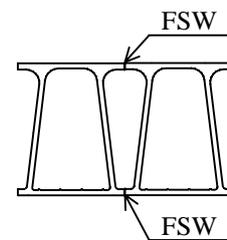


図2 試験用供試体

### 4. 摩擦攪拌接合部の硬さ特性

上フランジ摩擦攪拌接合部断面のヴィッカース硬さ分布を図3に示す。接合中心線から左右20mmの硬さが低くなっており、この範囲が摩擦攪拌接合部の熱影響部である。断面組織観察から、接合部中央6~8mmにナゲットが、その両側1~2mmに塑性流動部が認められた。

### 5. 引張特性

表1に、押出型材の母材と摩擦攪拌接合部の引張試験結果を示す。引張試験片はJIS 14B号であり、母材については型材長手方向、接合部については接合線に直角な方向から採取された。接合部引張試験片の破断箇所は熱影響部であった。

押出型材の母材と摩擦攪拌接合部の応力-伸び量線図を図4に示す。試験片の伸び量測定の標点距離は100mmである。

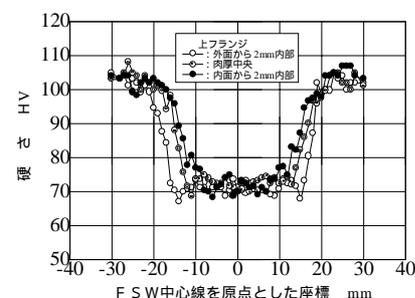


図3 摩擦攪拌接合部の硬さ分布

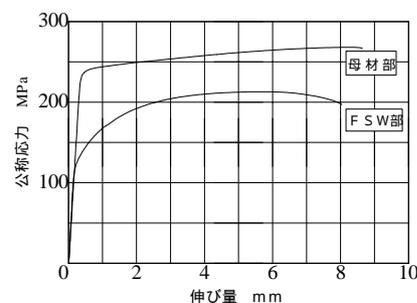


図4 応力-伸び量線図

表1 押出型材の母材と摩擦攪拌接合部の引張試験結果

部 位	引張強さ MPa	0.2%耐力 MPa	伸 び %	ヤング係数 GPa	ポアソン比
母 材	270	246	7.9	70.5	0.31
接合部	217	111	9.7	69.3	0.33

床版，摩擦攪拌接合，アルミニウム合金，押出型材，機械的特性

日本軽金属（株） 〒421-3291 静岡県庵原郡蒲原町蒲原 1-34-1 Tel 0543-85-5197, Fax 0543-88-2108

## 6. 摩擦攪拌接合部の残留応力

供試体の長手中央の上下フランジ外表面の幅3箇所に2軸の5枚連続ストレインゲージを貼ってその回りを切断することによって応力を解放し、摩擦攪拌接合部の形材長手方向と幅方向の残留応力を測定した。形材幅方向の残留応力測定結果を図5に、形材長手方向の残留応力を図6に示す。

図5から、上下フランジの形材幅方向の残留応力は圧縮であり、最大圧縮残留応力の値は約50MPaであることが分かる。形材幅方向の圧縮残留応力の値は、接合中心線から15mmの範囲では小さく、接合中心線から離れるにしたがって大きくなるが27mm付近で最大になり、それ以降は小さくなる。

図6から、上フランジと下フランジの残留応力の最大値はそれぞれ70MPaと50MPaの引張りであることが分かる。上下フランジともに形材長手方向の残留応力は接合中心線で40MPaであり、接合中心線から離れるにしたがって高くなり、15mm付近で最大になってそれ以降は低下し、25mm付近で圧縮に転じる。

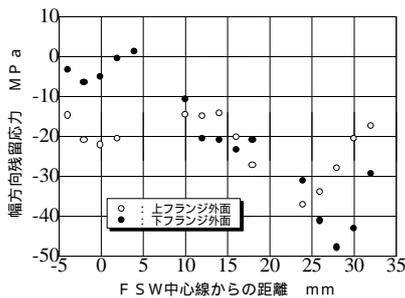


図5 摩擦攪拌接合による形材幅方向の残留応力

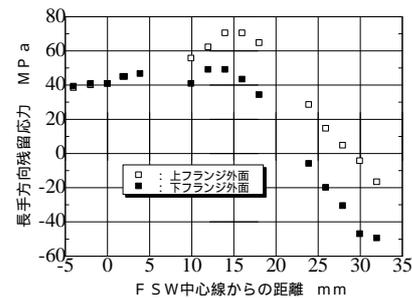


図6 摩擦攪拌接合による形材長手方向の残留応力

## 7. 疲労特性

図7に、押出形材の母材と摩擦攪拌接合部の軸方向疲労試験結果を示す。母材については形材長手方向、接合部については接合線に直角な方向から疲労試験片を採取した。母材、接合部ともに応力比Rは-1と0.1の2種類とした。

接合部疲労試験片の破断箇所は、熱影響部が18本に対して接合部中央のナゲット部が3本であり、熱影響部における破断が多かった。

繰返し数Nと応力範囲 $\Delta\sigma$ の関係を式(1)と置いて $\log c$ と $m$ を求めた結果を表2に示す。表2には、任意の $\log(\Delta\sigma)$ に対する $\log N$ の標準偏差 $\xi_N$ も示した。

$$\log N = \log c - m \log(\Delta\sigma) \quad (1)$$

表2 式(1)の $\log c$ 、 $m$ の値および $\xi_N$

応力比 R	部位	$\log c$	$m$	$\xi_N$
R=-1	母材	23.9	7.66	$7.33 \times 10^{-2}$
	接合部	25.9	8.74	$1.477 \times 10^{-1}$
R=0.1	母材	20.3	6.58	$2.14 \times 10^{-1}$
	接合部	20.1	6.84	$1.328 \times 10^{-1}$

### 参考文献

- 1) 大倉一郎, 鳴尾亮, 田中伸彦, 戸田均, 萩澤亘保: 摩擦攪拌接合で作製されたアルミニウム床版の疲労試験, 平成12年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, 2000年。
- 2) 鳴尾亮, 大倉一郎, 田中伸彦, 萩澤亘保, 戸田均: 摩擦攪拌接合で作製されたアルミニウム床版の疲労特性, 土木学会, 第55回年次学術講演会講演概要集, 2000年。

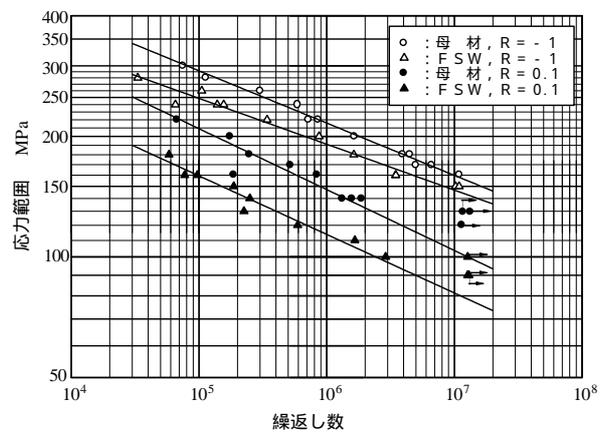


図7 S-N線図