

アルミニウム合金 A6N01-T5 押出型材の疲労強度に応力比が与える影響

○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

1. はじめに

これまで筆者らは、英国の溶接研究所(TWI)で開発された摩擦撹拌接合(Friction Stir Welding; 以後FSWと呼ぶ)で接合されたアルミニウム床版の疲労特性を明らかにした¹⁾。本報では、アルミニウム合金A6N01-T5 押出型材の母材とFSW部の疲労強度に応力比が与える影響を調べる。

2. 検討対象

既に発表済みの、床版から採取された試験片の疲労データ¹⁾と、新たに平板型材から採取された試験片の疲労データを検討対象とする。

3. FSW

FSW とは、図 1 に示すように、先端にピンを持つツールを回転させながら接合面に挿入し、接合線に沿って移動させることによって接合面を撹拌して被接合材を一体化する接合法である。平板型材と床版型材の FSW 接合条件を表 1 に示す。

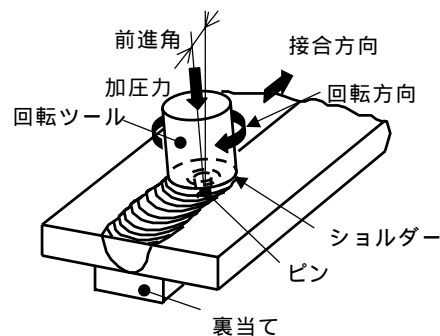


図 1 摩擦撹拌接合

4. 機械的特性

A6N01-T5 押出型材の母材および FSW 部の接合線に直角な方向に対する引張試験の結果を表 2 に示す。FSW 部の引張強さと 0.2%耐力は、母材のそれらより、それぞれ 20～34%、55～60%低下する。これは、A6N01-T5 材は熱処理アルミニウム合金であるからである。

表 1 FSW の接合条件

対象材	ショルダー径 (mm)	ピン径 (mm)	ツール前進角 (度)	ツール回転数 (rpm)	ツール移動速度 (mm/min)
平板型材	20	10	0	700	100
床版型材	25	6	3	1200	350

5. 疲労特性

母材および FSW 部の接合線に直角な方向に対して、図 2 に示す試験片を作製し、応力比が -1, 0.1 および 0.5 の場合に対して疲労試験を行った。疲労試験の結果を図 3 に示す。図 3 から、次の事項が観察される。

表 2 引張試験の結果（引張試験片：JIS 14B 号）

対 象		板 厚 (mm)	引張強さ (MPa)	0.2%耐力 (MPa)	伸 び (%)	ヤング係数 (GPa)
平板形材	母 材	10	298	272	15.3	71.6
	FSW 部	10	198	110	-	70.0
床板形材	母 材	10	270	246	7.9	70.5
	FSW 部	12	217	111	-	69.3

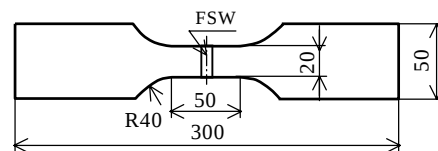


図 2 疲労試験片

1) 母材に関して、各応力比における平板型材の疲労強度は、床版型材のそれより高い。これは、平板型材の引張強さと 0.2%耐力が床版型材のそれらより、それぞれ高いからである。

2) FSW 部に関して、各応力比における平板型材の疲労強度は、床版型材のそれと同じである。

次式に最小自乗法を適用して、S-N 曲線を求める。

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

ここに、 N ：繰返し回数、 $\Delta \sigma$ ：応力範囲、 c および m ：定数

母材については、各応力比ごとに、平板型材と床版型材のそれぞれに対して S-N 曲線を求める。FSW 部に

Keyword：アルミニウム合金，疲労強度，応力比，摩擦撹拌接合，押出型材

連絡先：日本軽金属（株） 〒421-3291 静岡県清水区蒲原 1-34-1 Tel 0543-85-7120, Fax 0543-88-2108

表3 S-N 曲線の諸数値

対象	R	m		log c	
		平板形材	床版形材	平板形材	床版形材
母材	-1	9.73	7.59	29.3	23.7
	0.1	7.71	6.58	23.3	20.3
	0.5	5.83	7.31	18.07	20.5
FSW 部	-1	8.84		26.1	
	0.1	5.69		17.52	
	0.5	6.34		18.02	

表4 最終の S-N 曲線の諸数値

R	平板形材母材		床版形材母材		FSW 部	
	m	log c	m	log c	m	log c
-1	8.66	26.7	8.66	26.2	8.62	25.6
0.1	7.13	22.0	7.13	21.5	6.51	19.25
0.5	6.58	19.66	6.58	19.00	5.74	16.86

については、各応力比ごとに平板形材と床版形材のデータを合わせて S-N 曲線を求める。m と log c の値を表3に示す。

(1) m と応力比 R の関係

表3が与える m と R の関係を、母材と FSW 部に対して図4に示す。平板形材と床版形材は同種のアルミニウム合金であるので、両者の m は等しいと考え、表3の平板形材と床版形材の m の値の平均値を図4(a)の m の値としている。図4から、R が増加すると m は減少する傾向が見られる。両者の関係に直線を仮定し、最小自乗法により、母材と FSW 部に対して次式を得る。

$$\text{母材} : m = 7.27 - 1.389R \quad (2)$$

$$\text{FSW 部} : m = 6.70 - 1.921R \quad (3)$$

(2) log c と応力比 R の関係

$R = -1, 0.1$ および 0.5 の各値に対して、式(2)と(3)が与える m の値を用いて、図3の疲労試験の結果に最小自乗法を適用して得られる結果を表4に示す。表4が与える log c と R の関係を図5に示す。log c も m と同様、R が増加すると減少する傾向が見られる。平板形材の母材、床版形材の母材および両者の FSW 部に対して、log c と R の関係は、それぞれ式(4)、(5)、(6)で表わされる。

$$\text{平板形材母材} : \log c = 26.7 - 4.15(1+R)^{1.303} \quad (4)$$

$$\text{床版形材母材} : \log c = 26.2 - 4.12(1+R)^{1.375} \quad (5)$$

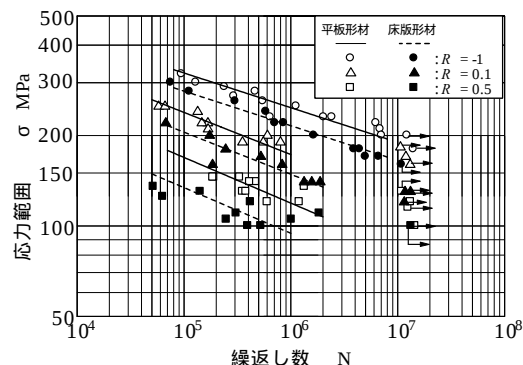
$$\text{FSW 部} : \log c = 19.79 - 5.82R \quad (6)$$

(3) S-N 曲線

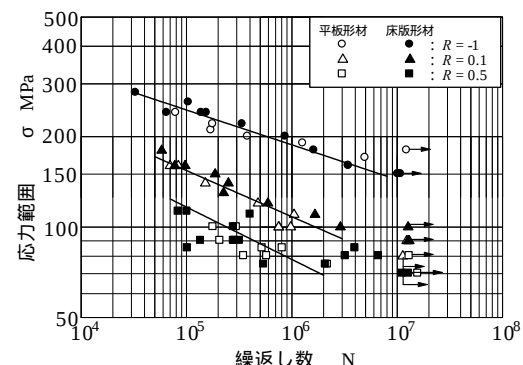
R の各値に対して、式(2)～(6)が与える値を用いて作成された S-N 曲線が図3に示してある。

参考文献

- 大倉一郎，萩澤亘保，鳴尾亮，戸田均：摩擦攪拌接合で製作されたアルミニウム床版の疲労特性，土木学会論文集，No.703/1-59，pp.255-266，2002。



(a) A6N01-T5 の母材



(b) A6N01-T5 の FSW 部

図3 S-N 曲線

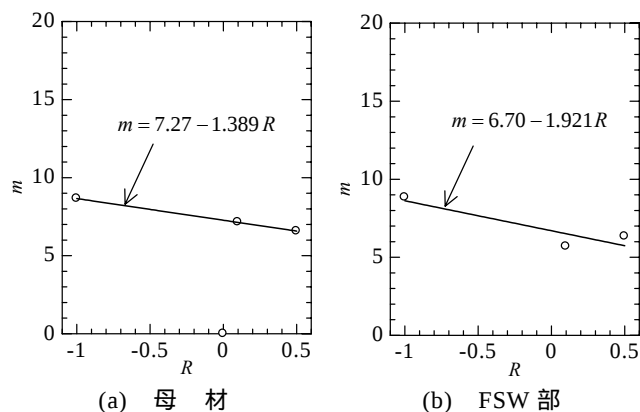


図4 m と R の関係

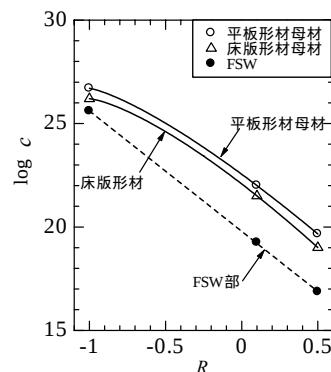


図5 log c と R の関係