

構造用アルミニウム合金の摩擦攪拌接合および溶接によって発生する残留応力

大阪大学大学院工学研究科 学生員 長尾 隆史
 (株)住軽日軽エンジニアリング 正会員 大隈 心平
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 大倉 一郎

1. はじめに

近年アルミニウムを土木構造物に適用しようとする動きがある．そこで，摩擦攪拌接合（FSW）や溶接を施したアルミニウム部材の耐荷力を明らかにする必要がある．構造物で使用される A6061S-T6 材，A5083P-O 材それぞれを摩擦攪拌接合および MIG 溶接によって接合し，接合開始端，中央部，終了端における，接合線方向とそれに直角な方向の2方向の残留応力をそれぞれ表面と裏面について測定した．測定結果より，残留応力矩形分布モデルで表した．

2. 試験体

試験体を図-1 に示す．母材は A6061S-T6 と A5083P-O の2種類である．2種類の母材それぞれについて，摩擦攪拌接合試験体1体，MIG溶接試験体1体の合計4体の試験体の残留応力を測定した．さらに，残留応力測定用で切り出した残部から1体につき4本の引張試験片（14号B）を採取した．FSWの接合条件はツール回転数800rpm，ツール移動速度150mm/minである．MIG溶接の溶加材にはA5183WYを用いた．

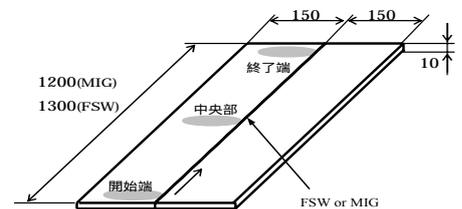


図-1 試験体

3. 試験結果

3.1 機械的特性

引張試験結果を表-1 に示す．A6061S-T6 は，熱処理アルミニウム合金であるため，MIG溶接部とFSW部が強度低下を起こしている．A5083P-O は非熱処理アルミニウム合金であるため，強度低下を起こしていない．

表-1 A6061S-T6 と A5083P-O の機械的特性

		0.2%耐力 (MPa)	引張強度 (MPa)	ヤング係数 (MPa)	伸び (%)
A6061S-T6	母材	316	331	66457	12.8
	FSW	142	225	70491	
	MIG	124	216	72186	
A5083P-O	母材	141	308	73136	22.3
	FSW	161	299	70460	
	MIG	150	299	71867	

3.2 硬度

接合線に直角な断面のビッカース硬さを測定した．図-2 に示す3つのライン上を1mm間隔で測定した．図-3 に硬さの測定結果を示す．A6061S-T6 についてはFSWの接合線中心から約20mmまで，MIG溶接は25mmまで硬度が低下している．したがってFSW部の熱影響範囲がMIG溶接のそれより狭い．A5083P-O は接合によって硬度が変化していない．

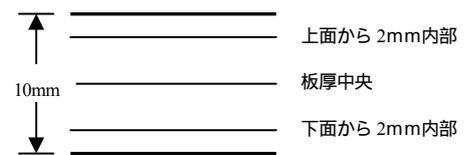


図-2 硬さ試験の測定位置

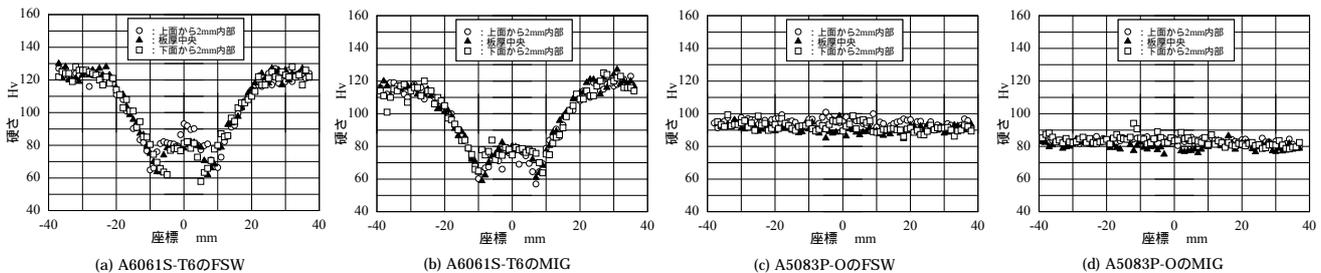


図-3 硬さ

キーワード：アルミニウム，摩擦攪拌接合，MIG溶接，残留応力，ビッカース硬さ

〒562-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 TEL 06-6879-7620 FAX 06-6879-7621

3.3 残留応力

図-1の接合開始端，中央部および終了端の長手方向3箇所の表面と裏面のひずみを測定した．幅方向については，FSW 継手および MIG 継手ともに接合線を中心として片側について測定した．

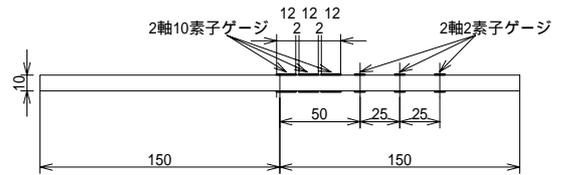


図-4に示すように，ひずみゲージは接合中心より2軸10素子の

2mmピッチの5連ゲージを3枚，2軸2素子のゲージを3枚連続で表裏に貼付した．MIG継手では，測定部分だけ溶接ビードを削除した．供試体を細く切断したときのひずみの開放量から残留応力を計測した．

接合中央部における残留応力の測定結果を図-5と6に示す．両材質，両接合方法とも接合中心から10mm前後まで0.2%耐力値近傍の引張応力が発生している．残留応力は接合中心から25mm~30mmまでは引張で，それより離れたところでは圧縮である．幅方向は両材質のFSW部で50MPa程度の圧縮応力が発生しているが，その他では大きな残留応力は発生していない．

長手方向の残留応力の測定結果に矩形分布モデルをあてはめた．残留応力が引張から圧縮になる位置は，A5083P-OのMIG溶接試験体（図-6(c)参照）では，部合中心から30mm付近であり，これ以外の試験体では接合中心から25mm付近である．矩形分布モデルの圧縮残留応力と引張残留応力の関係式を次式に示す．

$$\sigma_{rc} = \frac{25\sigma_{rt}}{b-25} \quad (1)$$

ここに σ_{rc} : 圧縮残留応力， σ_{rt} : 引張残留応力， b : 接合中心から部材端部までの距離 (mm)

式(1)は，圧縮残留応力と引張残留応力が平衡するという条件から得られる．表面と裏面の平均値の最大引張残留応力を σ_{rt} とし，式(1)を用いて σ_{rc} の値を決定した．各試験体での σ_{rt} と σ_{rc} の値を表-2に示す．表-2の値を用いて決定された矩形分布モデルは，試験値の表面と裏面の平均値の最大圧縮残留応力によく合っている．

表-2 引張残留応力と圧縮残留応力の値

		σ_{rt} (MPa)	σ_{rc} (MPa)
A6061S-T6	FSW	101.8	20.4
	MIG	123.6	24.7
A5083P-O	FSW	123.5	24.7
	MIG	138.5	27.7

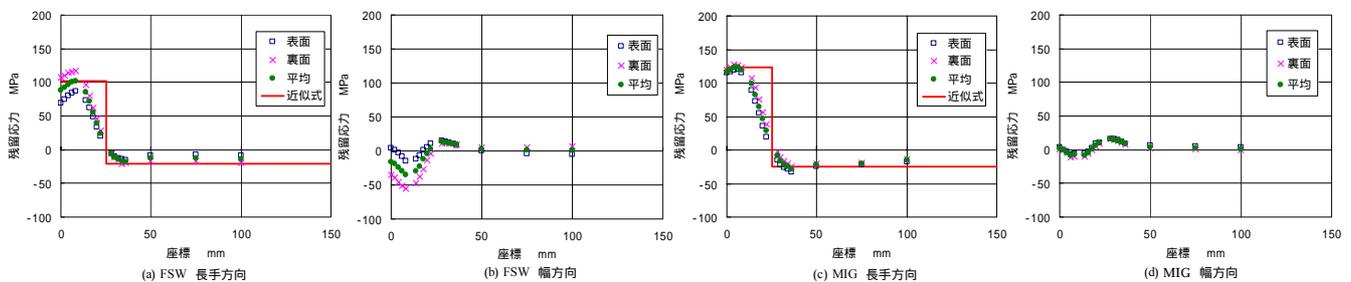


図-5 A6061S-T6の残留応力

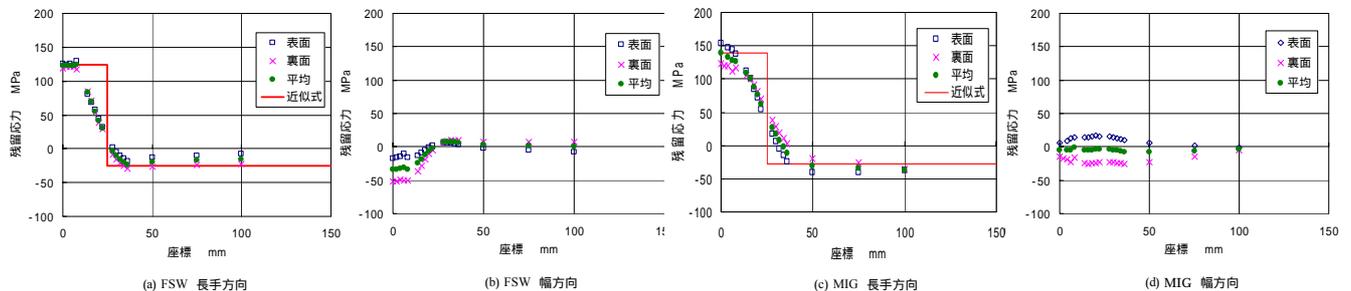


図-6 A5083P-Oの残留応力

4. まとめ

A6061S-T6 および A5083P-O の母材，FSW 部，MIG 溶接部の引張試験を行い，それらの機械的特性を明らかにした．FSW 部および MIG 溶接部のピッカース硬さ試験を行い，熱影響範囲を明らかにした．FSW 部および MIG 溶接部の継手長手方向と幅方向の溶接残留応力を計測し，残留応力を矩形分布モデルで表した．