

第 I 部門

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。また、測定された結果より残留応力分布をモデル化した。

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。また、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 800 rpm, ツール移動速度 150 mm/min である。MIG 溶接の溶加材には A5183WY を用いた。

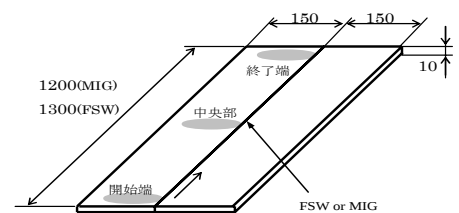


図-1 試験体

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に入熱量の大きい MIG 溶接の強度低下が大きい。FSW は MIG のそれよりも若干小さい。FSW 部、MIG 溶接部の 0.2%耐力と母材の 0.2%耐力との比はそれぞれ 0.45, 0.39, 引張強度では 0.68, 0.65 である。A5083P-O は非熱処理アルミニウム合金であるため、強度低下は起らなかった。

表-1 A6061S-T6, 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。測定箇所は、図-2 に示す 3 つのライン上を 1mm 間隔で測定した。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。A5083P-O は母材が焼なまされているため、接合による硬度の差はなかった。

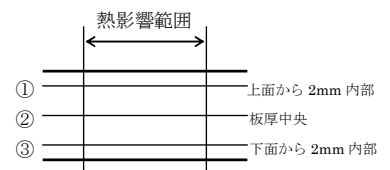


図-2 硬さ試験の測定位置

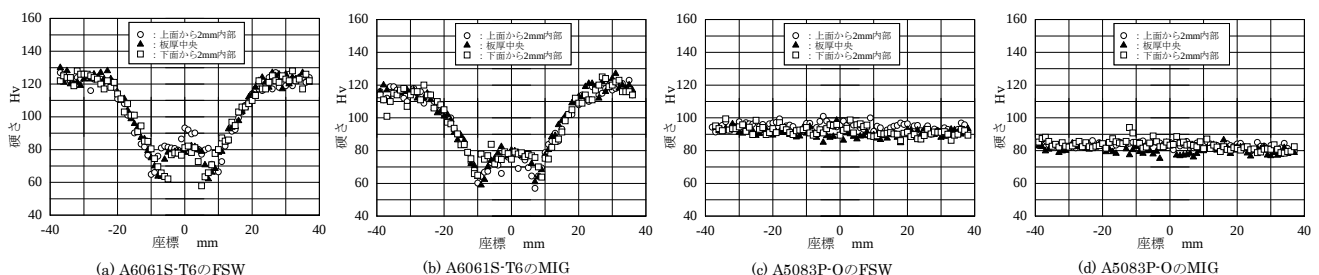


図-3 硬さ

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．方法は供試体を細く切断したときのひずみの開放量を調べるものである．

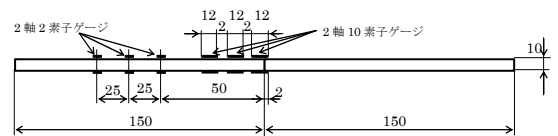


図-4 ひずみゲージの位置

残留応力の測定結果を図-5,6に示す．接合開始端，接合中央部および接合終了端での試験結果に大きな違いが見られなかったため，接合中央部の残留応力分布を示している．

残留応力は，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おり，25mm～30mmで圧縮応力に転換する．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．

測定結果より残留応力をモデル化した．ここでは単純な矩形モデルを仮定した．幅方向の残留応力はほとんどないものと見なし，長手方向の残留応力をモデル化した．A5083P-OのMIG溶接部は引張残留応力と圧縮残留応力が接合中心から30mm付近で転換しているが，それ以外の部分は接合中心から25mm付近で転換している．残留応力の近似式を式(1)に示す．このモデルは圧縮残留応力と引張残留応力が平衡している．表面と裏面の平均値から引張残留応力の最大値を σ_{rt} として近似式を用いると， σ_{rc} の値は実験値の表面と裏面を平均した圧縮残留応力の最大値によく合っている．

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

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

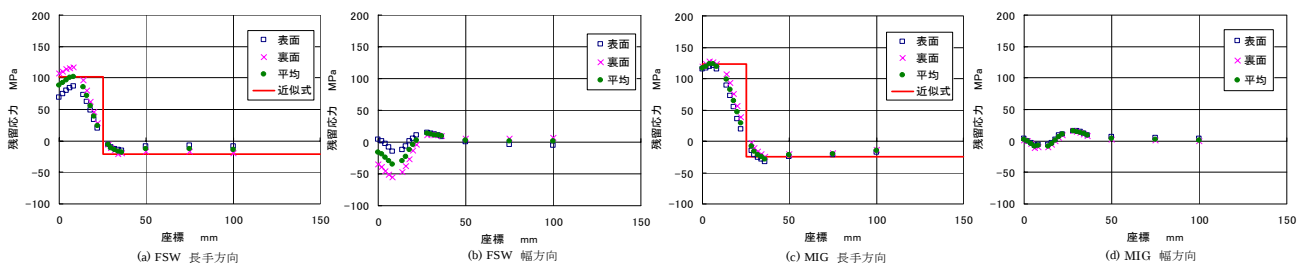


図-5 A6061S-T6の残留応力

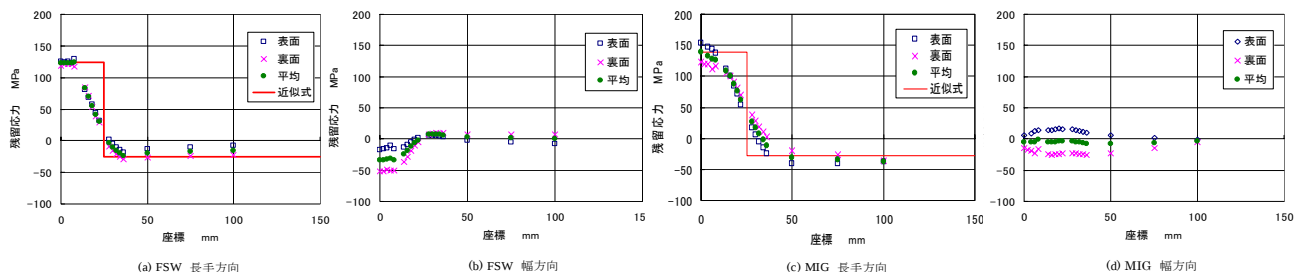


図-6 A5083P-Oの残留応力

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，機械的性質を明らかにした．FSW 部および MIG 溶接部のビッカース硬さ試験を行い，熱影響の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，残留応力分布をモデル化した．今後は，本研究で得られたデータをもとに FSW または溶接を施されたアルミニウム部材の耐荷力を明らかにしていく予定である．