

圧縮を受けるアルミニウム合金板の耐荷力

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○長尾 隆史
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、初期コストだけでなく耐用年数を考慮に入れたライフサイクルコストを重視する傾向から、維持管理コストが少なくてすむアルミニウム合金を社会基盤構造物に積極的に活かそうという動きが出てきた。しかし、アルミニウム合金の板要素の耐荷力に関する研究は少ない¹⁾。

本研究では、A6061-T6 および A5083-O のアルミニウム合金板が純圧縮を受ける場合、さらに、これらの板に MIG 溶接または FSW が施された場合に対して、有限要素法による弾塑性有限変位解析を行い、その耐荷力特性を明らかにする。

2. 解析概要

本解析は汎用有限要素解析プログラム MARC による弾塑性有限変位解析である。解析モデルを図-1に示す。解析モデルは4辺単純支持、板幅 $b=300\text{mm}$ の正方形板とし、対称性を考慮して4分の1の部分に対して解析を行った。有限要素は8節点厚肉シェル要素を用い、要素分割は非接合板については 10×10 、MIG 溶接板および FSW 接合板については後で述べる残留応力を導入するために 12×12 の分割とした。荷重は強制変位で与え、非載荷辺は面内方向に対して自由とした。初期たわみは次の関数で与えた。

$$w_0 = e_0 \cdot \cos\left(\frac{\pi x}{300}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi y}{300}\right) \quad (1)$$

ここに、 e_0 の値を表-1に示す。MIG 溶接板に対しては、道路橋示方書・同解説で規定される許容値と同じとした。FSW 接合板に対しては、溶接変形が少ないので e_0 の値を小さく設定した。

図-2に示すように、MIG 溶接で部材を製作する場合、圧延板にリブがすみ肉溶接される。FSW で部材を製作する場合、T 型の押出型材が突合せ溶接される。したがって、MIG 溶接板は両非載荷辺に MIG 溶接を施したモデルであり、FSW 接合板は両非載荷辺の中央に FSW を施したモデルである。残留応力は、接合中心から両側 25mm までは一様な引張残留応力、25mm より離れたところでは一様な圧縮残留応力を仮定し、引張残留応力 σ_{rt} および圧縮残留応力 σ_{rc} は次式で与えた²⁾。

$$\sigma_{rt} = \eta \cdot \sigma_{0.2} \quad (2)$$

$$\sigma_{rc} = -\frac{50\eta \cdot \sigma_{0.2}}{b-50} \quad (3)$$

ここに、 $\sigma_{0.2}$: 母材の 0.2% 耐力

η : 母材の 0.2% 耐力に対する

接合部の 0.2% 耐力の比

b : 板幅

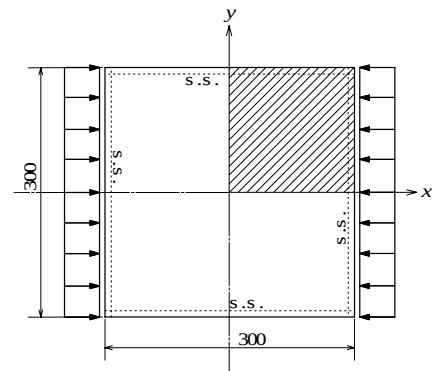


図-1 解析モデル

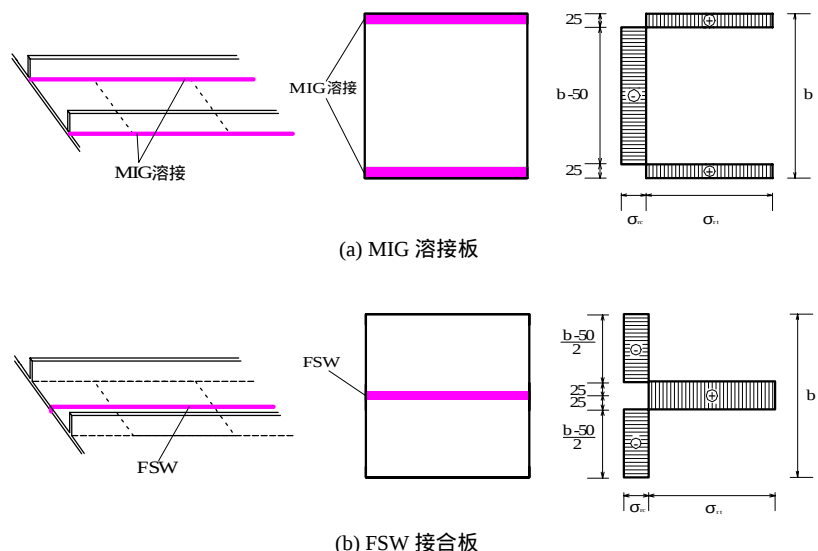


図-2 残留応力分布

キーワード アルミニウム合金、耐荷力、残留応力、MIG 溶接、FSW

連絡先 〒562-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科総合工学専攻 TEL 06-6879-7620

応力 - ひずみ関係は次式で与えた²⁾。

$$\sigma \leq \sigma_{0.2} \text{ に対して, } \varepsilon = \frac{\sigma}{70000} + 0.002 \cdot \left(\frac{\sigma}{\eta \cdot \sigma_{0.2}} \right)^n \quad (4)$$

$$\sigma > \sigma_{0.2} \text{ に対して, } \sigma = \eta \cdot \sigma_{0.2} \quad (5)$$

式(4)と(5)に用いたパラメータの値を表-2に示す²⁾。

A6061-T6などの6000系アルミニウム合金は、接合による熱によって接合線から両側25mmの範囲に渡って強度低下を起こす。すなわち、その範囲の応力 - ひずみ関係が母材と異なる。したがって、MIG溶接板またはFSW接合板の接合線を中心として両側それぞれ25mmの範囲の有限要素に対しては表-2のMIGとFSWの列の η および n の値を用い、それ以外の範囲および非接合板の全範囲の有限要素には母材の列の値を用いた。

3. 解析結果

非接合板、MIG溶接板およびFSW板の圧縮強度と幅厚比パラメータの関係を図-3に示す。A6061-T6のMIG溶接板およびFSW接合板については接合部が強度低下を起こすため、次式で定義される見かけの0.2%耐力によって圧縮強度 σ_u を無次元化している。

$$\sigma_{p0.2} = \sigma_{0.2} \left\{ 1 - \frac{50}{b} (1 - \eta) \right\} \quad (6)$$

ここに、 $\sigma_{p0.2}$ ：接合された板材の見掛けの0.2%耐力、 b ：板幅

他方、幅厚比パラメータ R_p は、見かけの0.2%耐力 $\sigma_{p0.2}$ を用いて次式で定義している。

$$R_p = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{4} \cdot \frac{\sigma_{p0.2}}{E}} \cdot \beta \quad (7)$$

ここに、 μ ：ポアソン比、 E ：ヤング係数、 β ：幅厚比

図-3より、MIG溶接板の圧縮強度は非接合板と比べかなり低いことがわかる。FSW接合板の圧縮強度は非接合板と同程度であり、 R_p が大きい範囲では非接合板よりも圧縮強度がやや高いことがわかる。

4. 結論

弾塑性有限変位解析によって純圧縮を受けるアルミニウム合金の耐荷力を明らかにした。MIG溶接板は非接合板に比べ圧縮強度がかなり低い、FSW接合板は非接合板と同等の圧縮強度を有している。

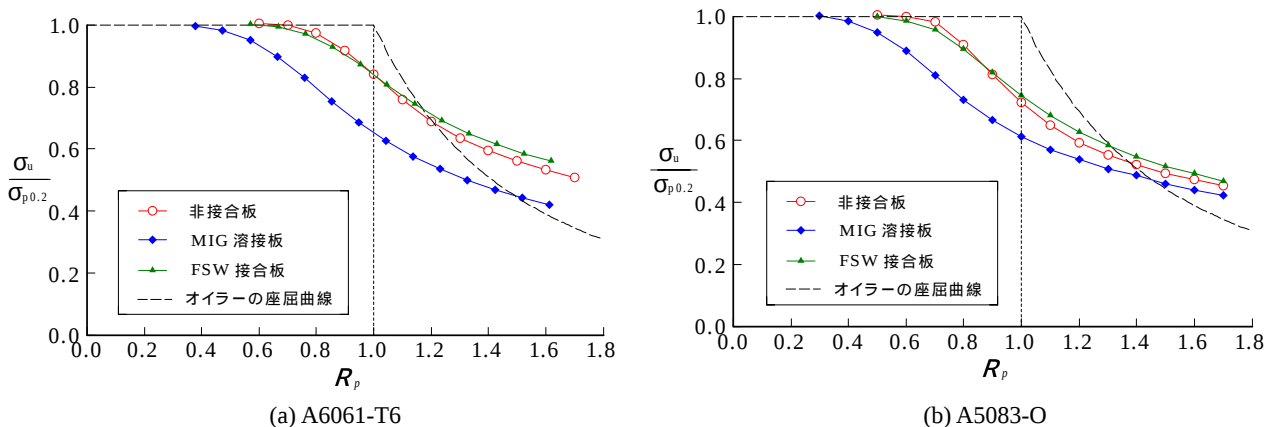


図-3 圧縮強度と幅厚比パラメータ R_p の関係

参考文献 1) F.M. Mazzolani: Aluminium Alloy Structures, Second Edition, E&FN SPON, 1995.

2) 大倉一郎, 長尾隆史, 石川敏之, 萩澤亘保, 大隅心平: 構造用アルミニウム合金の応力 - ひずみ関係の定式化および MIG 溶接と摩擦攪拌接合によって発生する残留応力の定式化, ALST 研究レポート 1, 2007 年 3 月。