

摩擦撹拌接合によって製作された突起付きアルミニウム合金パネルの初期たわみと残留応力

大阪大学大学院工学研究科
大阪大学大学院工学研究科

学生員 〇佐藤 純
正会員 大倉 一郎

1. はじめに

著者らは既往の研究で、図-1 に示すような等間隔に突起を有するアルミニウム合金パネルを提案した¹⁾。これは、T型の押出形材を摩擦撹拌接合で連結することによって製作される。しかし、提案したパネルが実際に製作された例はまだない。そこで、本研究では、等間隔に突起を有するアルミニウム合金パネルを摩擦撹拌接合で試作し、それに生じる初期たわみと残留応力を測定する。そして、得られた残留応力が、純曲げを受ける突起付きアルミニウム合金パネルの耐荷力に与える影響を明らかにする。

2. 試験体

試験体の製作に用いた押出形材の断面を図-2 に示す。突起を下向きにして押出し、長さが2150mmの形材を8本用意した。形材の材料はA6061S-T6である。任意の6本の形材に対して、形材の長手方向300mmごとに、図-3 に示す要領で、形材の中央のたわみを測定した。最大たわみは0.35mm、すなわち突起間隔 $b_1=150\text{mm}$ に対して $b_1/429$ であった。これは、JIS H 4100 おいて、押出形材の寸法精度に対して規定されている特殊級 $b_1/250$ を満たしている。

図-4 に示すように、2本の形材の突起を下向きにして、両者を摩擦撹拌接合で連結した。製作されたパネルの各端75mmを切断し、試験体長さを2000mmとした。試験体の母材と摩擦撹拌接合部の機械的特性を表-1 に示す。

4. 初期たわみ

定尺盤の上に置いて測定された試験体のたわみを図-5 に示す。最大たわみは、 $x=1200, y=396$ の位置で1.73mm生じ、これは、板幅 $b=600\text{mm}$ に対して $b/347$ であった。

$y=396$ の位置における接合線方向のたわみ形状を図-6 に示す。パネルが中央に向かって膨らんでいる。試験体の端をゲージ長とするたわみの最大値は0.91mmであり、これは、試験体の長さ $a=2000\text{mm}$ に対して $a/2198$ であった。

$x=1200$ の位置における幅方向のたわみ形状を図-7 に示す。図中の破線は突起の位置、 $y=300$ の実線は接合線的位置を示す。幅方向には山が二つ並ぶようなたわみが生じている。隣接する突起間をゲージ長とする、突起間の最大た

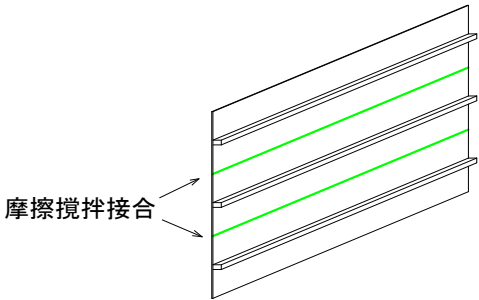


図-1 突起付きアルミニウム合金パネル

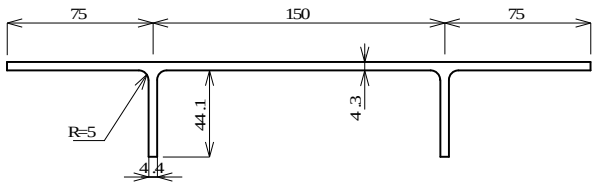


図-2 押出形材の断面

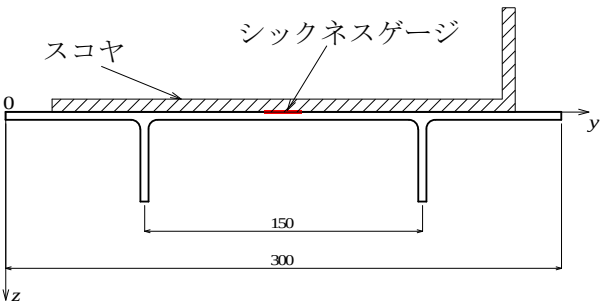


図-3 形材の中央のたわみ

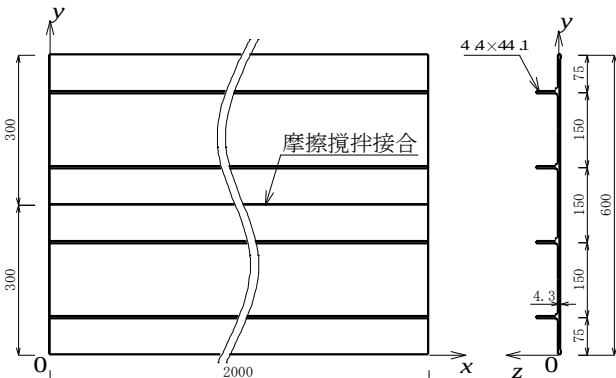


図-4 試験体

表-1 機械的特性

	σ_B (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	伸び (%)	μ	E (GPa)
母材	309.6	279.8	14	0.34	65.6
接合部	230.5	146.9	—	0.35	71.1

キーワード アルミニウム合金、摩擦撹拌接合、押出形材、突起付きパネル、初期たわみ、残留応力
連絡先：〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL06-6879-7618

わみは、接合線を含まない突起間で 0.49mm であり、 $b_1/306$ であった。接合線を含む突起間では、最大で 0.20mm のたわみが突起のない側へ生じており、 $b_1/750$ であった。これらの突起間のたわみは、道路橋示方書において補剛板に対して規定されている部材精度 $b_1/150$ を満たしている。

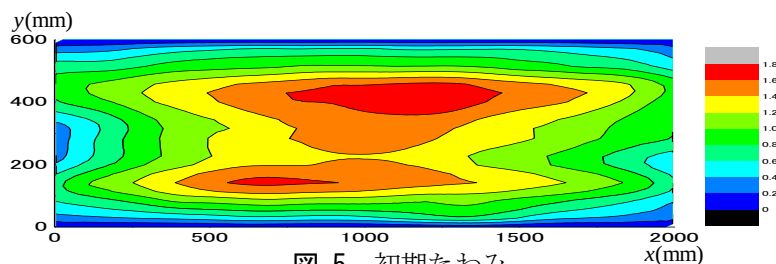


図-5 初期たわみ

5. 残留応力分布

試験体を切断することによって開放されるひずみを計測して残留応力を得た。突起には残留応力は生じていなかった。パネルには、接合線直角方向に残留応力はほとんど生じていなかったが、接合線方向には、図-8 に示す残留応力が生じていた。同図の値は、パネルの表裏で得られた値の平均値である。実線は、既往の研究で提案された、残留応力に対する矩形分布²⁾を示している。矩形分布の作成には、突起の断面積は考慮されていない。矩形分布の残留応力は、測定値より大きな値を与えている。

6. 残留応力が耐力に与える影響

試験体が純曲げを受ける場合に対して、FEM による弾塑性有限変位解析を行い、残留応力が耐力に与える影響を調べた。要素分割を図-9 に示す。境界条件は周辺単純支持とし、使用した有限要素は 8 節点厚肉シェル要素である。アルミニウム合金の応力-ひずみ関係に対して次式を用いた²⁾。

$$\sigma \leq \sigma_{0.2} \text{ のとき, } \varepsilon = \frac{\sigma}{E} + 0.002 \left(\frac{\sigma}{\sigma_{0.2}} \right)^n \quad (1)$$

$$\sigma > \sigma_{0.2} \text{ のとき, } \sigma = \sigma_{0.2} \quad (2)$$

ここで、 n は母材に対して 29.1、接合部に対して 5.3 である。接合部の範囲は接合線を中心として 50mm である。ヤング率 E に対して 70GPa を用い、0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ に対して表-1 に示す値を用いた。初期たわみに対して図-5 に示す測定値を用い、残留応力に対して、図-8 に示す矩形分布を考慮する場合と残留応力を考慮しない場合について計算を行った。解析結果は、 $\sigma_{0.2}$ に対する終局強度が、両者とも 1.21 であり、残留応力は耐力に影響しなかった。これは、圧縮残留応力の大きさが母材の $\sigma_{0.2}$ に対して約 5%と小さいためであると考えられる。

参考文献

- 1) 佐藤純, 大倉一郎: 圧縮を受けるアルミニウム突起補剛板の耐力, 土木学会第63回年次学術講演会講演概要, I-359, 2008.
- 2) 大倉一郎, 長尾隆史, 石川敏之, 萩澤亘保, 大隈心平: 構造用アルミニウム合金の応力-ひずみ関係および接合によって発生する残留応力の定式化, 土木学会論文集A Vol.64, No.4, pp.789-805, 2008.

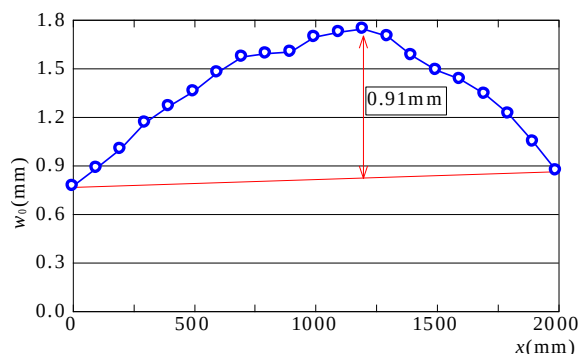


図-6 接合線方向のたわみ

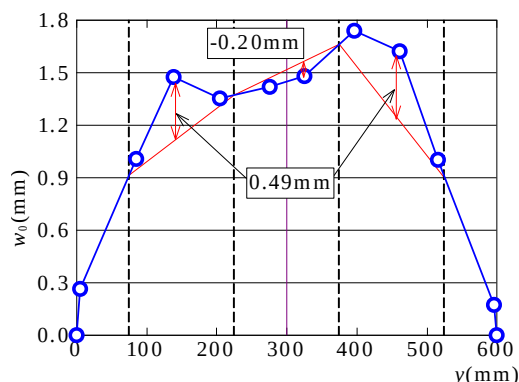


図-7 幅方向のたわみ

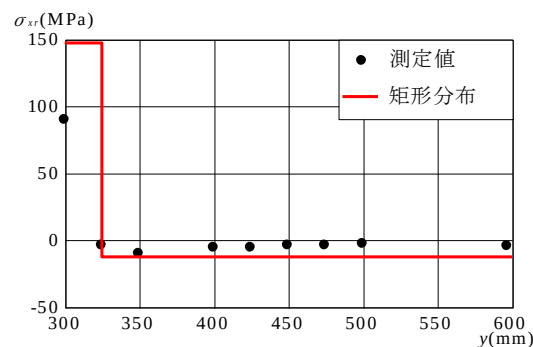


図-8 接合線方向の残留応力

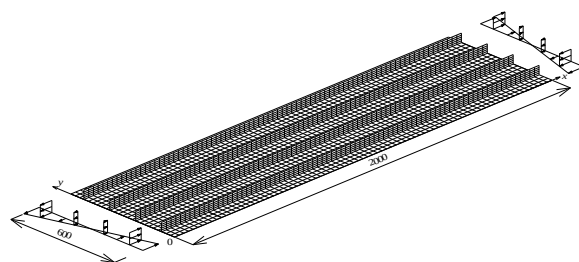


図-9 要素分割