

アルミ構造部材へのリベット形状部品の超音波接合に関する研究

機械情報システム課 羽柴利直 ものづくり研究開発センター 石黒智明*1

1. 緒言

超音波接合は、短時間で接合が可能であることなどの多くの利点がある接合方法であるが、リベット形状の部品を加振材とする場合、一般的なローレット加工面を有するホーンでは、接合界面で清浄面を露出させるための摩擦振動を得るための加振が困難である。このようなリベット形状部品について、加振材をアルミリベット、固定材をアルミ合金板材として、リベット頭部の外周部を直接ホーンのローレット加工面で加振できる特殊形状のホーンにより、接合が可能となることが明らかになっているが、リベット頭部の接合面が平らな形状では、接合がその外周部に限定されるという問題がある¹⁾。既報²⁾において、加振の初期段階において接合面積が急激に増大し、その後は緩やかに増加することを示した。一方、接合強度は加振の初期段階で同様に急激に増大するが、その後はほぼ一定となることを示した。これは、接合界面で生じる摩擦熱による接合点の強度の低下が原因と推測されることから、接合強度を改善するには、短時間の加振で大きな接合面積を得ることが必要であると考えられる。

本研究では、アルミリベットを加振材、アルミ合金板材を固定材として、接合界面の試験片の表面同士の接触状態を改善し接合面積を向上するため、加振材と固定材の間にインサート材を挿入し、これによる接合面積および接合強度の改善の可能性を検証した。

2. 実験方法

接合試験に用いた加振材、固定材を図1に示す。本研究では、部材の位置決めや連結に用いるリベット形状部品の超音波接合技術の建材分野への展開を視野に入れ、建材分野において表面処理アルミニウムとして多用されている Al-Mg-Si 系合金 A6063S-T5 を固定材に選定した。加振材には、同種金属の接合となるよう、市販のアルミ (A1070W) 製の頭部が平面のリベットとした。接合試験に用いた超音波接合機およびホーンの形状は、既報と同様である。

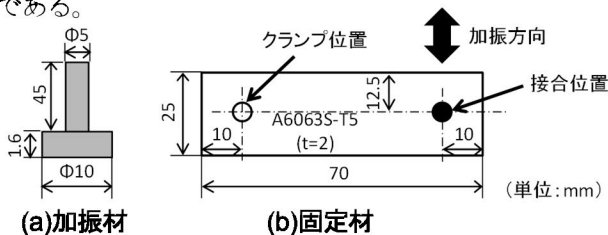


図1 試験片の形状

インサート材には、加振材、固定材と同種かつ軟質金属となる純アルミの箔を選定し、厚さは 0.025mm、0.050mm の 2 種とした。インサート材が加圧力により変形して加振材が沈み込むことにより、加振材の頭部の外周部以外の部分にも加圧力が負荷され、接合が生じることが期待される。

加圧力 100~400N、加振時間 0.5~2s にて接合した試料について、引張試験により平面引張最大荷重を接合力として測定した。引張速度は 1mm/min とした。また、引張試験後の固定材表面の押し出し材特有のダイスマークが摩擦によって消失した部分から接合面積を画像処理により求め、接合力を接合面積で除して接合強度を求めた。

3. 実験結果および考察

図2に、各加圧力における加振時間と接合面積の関係を示す。接合面積は、加圧力が 100N の条件においてはインサート材を挿入してもほぼ同じ値となった。加圧力が 400N の条件では、厚さ 0.025mm のインサート材を挿入することにより改善する傾向を示したが、厚さ 0.050mm のインサート材では改善の効果が見られなかった。

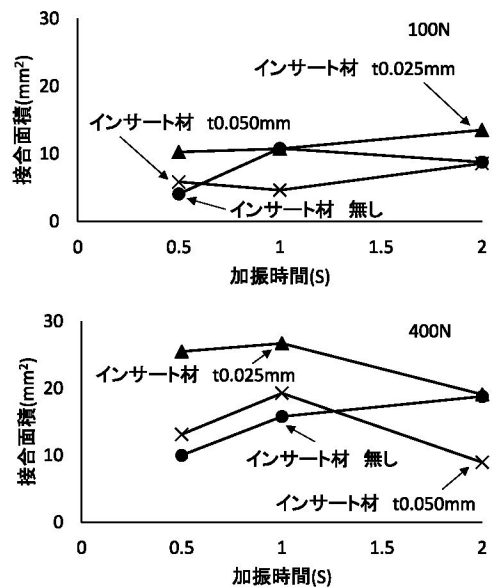


図2 加振時間と接合面積の関係

加圧力が 100N の条件では、加圧力が小さくインサート材の変形が十分に生じず、接合界面における試験片表面の接触状態が改善しなかったと推測される。加圧力が 400N の条件においては、インサート材の厚さが 0.025mm の場合にはインサート材が変形して加振材が沈み込み、

*1 現 生活工学研究所

試験片表面の加圧力が負荷される面積が大きくなり、接合面積が増大したと考えられるが、インサート材の厚さが0.050mmの場合には変形の抵抗が大きくホーンの加圧力が分散し、接合界面における加圧力が減少したために接合面積が小さくなったと推測される。

図3に、各加圧力における加振時間と接合強度の関係を示す。加圧力が100Nの条件では、インサート材を挿入した場合、加振時間1sまでは接合強度が改善する傾向を示したが、それ以降は接合強度が低下した。一方、加圧力が400Nの条件では、厚さ0.025mmのインサート材を挿入することにより接合強度が改善する傾向を示したが、厚さ0.050mmのインサート材では改善の効果が小さくなった。

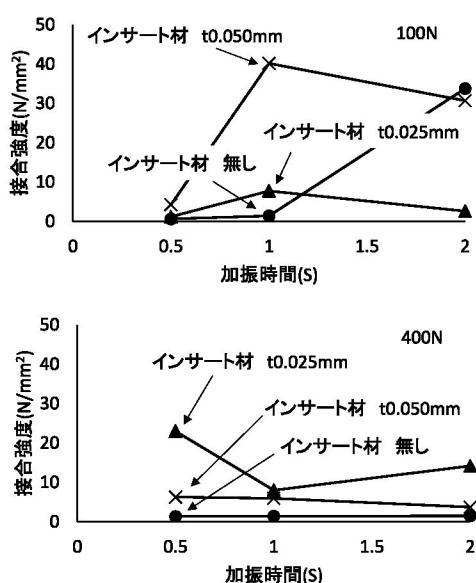


図3 加振時間と接合強度の関係

加圧力が100Nの条件においては、インサート材の挿入により加振材と固定材の間の摩擦抵抗が小さくなり、加振の初期段階で接合が生じたと推測されるが、それ以降は加圧力の不足により接合面積が増大しないために加振

が接合点の破壊のみに作用して接合強度が低下したと考えられる。加圧力が400Nの条件では、厚さ0.025mmのインサート材を挿入した場合に接合強度が向上したが、これはインサート材が変形し加振材が沈み込むことにより加圧力が局所的にかかることなく均質な接合が生じたことに加えて、大きな加圧力が接合界面に負荷されてインサート材、加振材、固定材表面に塑性流動が生じ、アンカー効果が得られたことが原因と推測される。厚さが0.050mmのインサート材では接合強度の改善効果が小さくなったが、これは前述のホーンの加圧力の分散と、それによる上記のアンカー効果の抑制が原因と考えられる。

これらの結果から、加振材の厚さや加圧力の条件を適切に接合条件として設定することにより、接合面積、接合強度を改善することができると考えられる。より多くの条件で接合試験を行い、接合条件を最適化することにより、インサート材の挿入によって接合面積、接合強度を大幅に改善することが可能であると考えられる。

4. 結言

接合界面の試験片の表面同士の接触状態の改善による接合面積の向上のため、加振材と固定材の間にインサート材を挿入し、接合面積、接合強度への影響を調査した結果、インサート材の変形による加振材の沈み込み等によると推測される接合面積、接合強度の改善が確認された。リベット形状部品の超音波接合の実用化のためには、接合面積、接合強度の改善が必要となっており、このための知見が得られた。

参考文献

- 1)羽柴ほか, 若い研究者を育てる会「研究論文集」, 32, 8-14(平成30年度)
- 2)羽柴ほか, 富山県産業技術研究開発センター研究報告, No.36(2022) pp31-32

キーワード：超音波接合、アルミ構造部材、リベット、インサート材、接合面積

Study on Ultrasonic Welding of Aluminum Rivets

Mechanics and Digital Engineering Section; Toshinao HASHIBA

Digital Manufacturing Section; Tomoaki ISHIKURO*1

The aim of this study is to develop practical techniques of joining rivets to aluminum materials by ultrasonic welding. Specially shaped welding horn was manufactured, and ultrasonic welding was carried out with using the insert materials in order to improve the contact condition of the surface of the specimen. As a result of the experiment, the increase in joining area considered to be related to deformation of the insert materials and sinking of the rivets into the insert materials while welding was confirmed.