

アルミ材へのリベット形状部品の超音波接合に関する研究

製品・機能評価課 羽柴利直 企画管理部 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、リベットの軸部を伝搬させることによる加振振動の減衰により、接合界面で清浄面を露出させるための摩擦振動を得ることが困難である。このようなリベット形状部品について、リベットの軸部を通る穴を設け、リベット頭部を直接ホーンのローレット加工面で加振できるホーンにより、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、接合がその外縁部に限定されるという問題がある。

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、接合界面の摩擦状態の改善による接合強度の向上のため、接合過程における加振材、固定材の振動解析を行い、これらの界面において接合が生じるメカニズムの解明を試みた。

2. 実験方法

実験に用いた試験片を図 1 に示す。本研究では、加振材を軸径 5mm のアルミリベット (A1070W)、固定材を板厚 2mm の ADC12 板材とした。リベットは、頭部の形状が平らなリベット、リベット頭部の中心部の接合を生じさせることを目的とした半球状のリベット (以下、それぞれ平リベット、丸リベットと示す。) の 2 種とした。接合位置は固定材の端から 10mm の位置として、その反対側の端から 10mm の位置をクランプゴムにて固定して接合を行った。

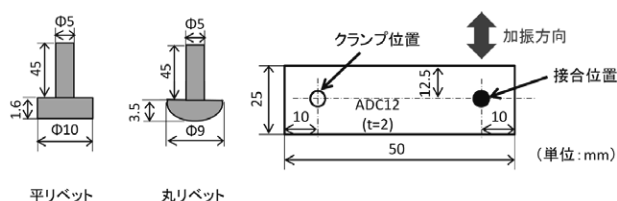


Fig. 1 Shape of test piece

これらの試験片の接合のために試作したホーンを図 2 に示す。ホーンにはリベットの軸部を通る穴を設け、リベット頭部を直接加圧して固定し、加振できる構造とした。

接合試験には超音波工業株式会社製の接合機 USW0620G3X (出力 600W、加振周波数 19kHz) を用いた。接合条件は、加圧力を 100~400N、加振時間を 0.1~4s と

した。

加振時には、ホーン先端部、加振材、固定材の加振方向の振動の大きさの時間的変化を明らかにするため、それぞれの側面の振動をレーザ変位計 (株式会社キーエンス製 LK-G5000) により計測し、FFT アナライザ (リオン株式会社製 SA-02A4) にて微分演算、FFT 分析を行うことにより、加振周波数における加速度の大きさを算出した。

接合されたリベットを万能試験機 (株式会社島津製作所製 AGX-300kNV) にて軸方向に 1mm/min の試験速度で引っ張り、接合強度を求めた。

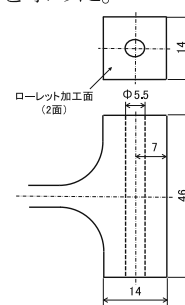


Fig. 2 Shape of welding horn for rivet joining

3. 実験結果および考察

試作したホーンを用いて接合試験を行い、接合強度を測定した結果を図 3 に示す。いずれのリベットも、加圧力が 200N 以上の条件においては加振時間が長くなるほど接合強度が大きくなる傾向が見られ、高加圧力、長時間加振の条件において、アルミリベットの引張強さの規格値 (55N/mm² 以上 95N/mm² 以下²⁾) と同等の高い接合強度を得ることができた。

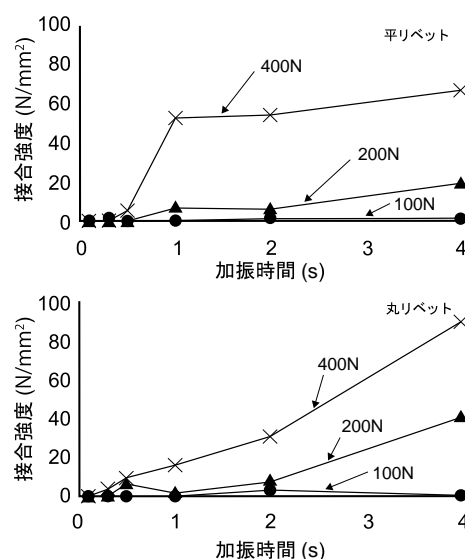


Fig. 3 Measurement result of rivet joining strength

*1 現 ものづくり研究開発センター

ここで、加振時の接合界面の摩擦状態を明らかにするため、加振時間を4sとして、その間の加速度の大きさの時間的変化の解析を行った。平リベットの加圧力100N及び丸リベットの加圧力200Nでの接合試験時の振動の解析の結果を図4に示す。

加圧力が100Nの条件で平リベットを接合すると、ホーンと比較して加振材の加速度の大きさは大幅に低下し、加振材と固定材の加速度はほぼ同じ値となることが明らかになった。このことから、ホーンと加振材との間で滑りが生じ、接合界面となる加振材と固定材の界面での摩擦がほとんど生じていないと推測される。この加圧力の条件では接合強度が著しく低くなったが、接合界面において清浄面を露出させるための摩擦振動が十分に得られなかったことが原因と考えられる。同様の傾向は、加圧力が100Nでの丸リベットの接合や、加圧力が200Nでの平リベットの接合においても確認された。

加圧力が200Nの条件で丸リベットを接合すると、加振材の加速度は固定材と比較して大幅に大きな値となり、ホーンの加速度に近い値となることが明らかになった。これは、加圧力によりホーンのローレット加工面が加振材に食い込み、ホーンと加振材との間の滑りが抑制されたためと推測される。

また、この接合では、加振時間が0.5s以降において、加振時間の経過とともに加振材の加速度が低下し、逆に固定材の加速度が増加する傾向があることが明らかになった。これは、接合面積の拡大により加振材と固定材の相対運動が抑制され、加振材の加振抵抗の増加と固定材への加振力の増加が生じたことが原因と推測される。接合強度も加振時間が0.5s以降で増大する傾向があることから、加振開始からおよそ0.5s後に接合界面において摩擦振動により清浄面が露出し、その部分が接合起点となって接合が生じ、時間の経過とともに接合面が周囲に拡大したと考えられる。

以上のことから、ホーンと加振材の滑りを抑制するとともに、接合起点から接合面積が効果的に拡大するようにリベット頭部の形状や接合条件を最適化することにより、接合強度を向上させることができると考えられる。

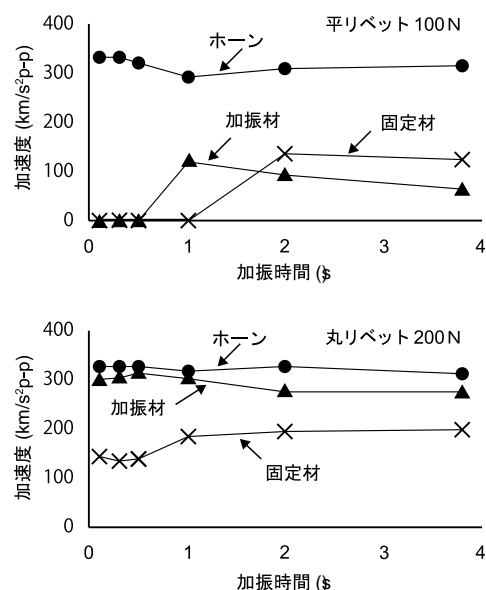


Fig. 4 Measurement result of acceleration

4. 結言

試作したホーンを用いてアルミリベットの超音波接合を行った結果、アルミリベットの母材強度の規格値と同等の接合強度を得ることができた。また、振動の解析により、接合界面で接合が生じるメカニズムに関係すると推測される加速度の時間的変化が明らかになり、実際の製品への高強度超音波接合の適用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) JIS H 4040:2006 アルミニウム及びアルミニウム合金の棒及び線

キーワード：超音波接合、アルミ材、リベット、ホーン、加速度

Study on Ultrasonic Welding of Aluminum Rivets

Product and Function Evaluation Section ; Toshinao HASHIBA
 Planning and Management Department ; 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 in order to join some shapes of rivets, and ultrasonic welding was carried out with using the horn. As a result of the experiment, change in acceleration considered to be related to expansion of the joint area at the interface of the joint while welding was confirmed.