

アルミ材への鋼材ボルト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*1、中村陽文

企画管理部 石黒智明

1. 緒言

近年、軽量化や耐食性の向上のため、自動車や建材などの製品には、アルミ部材が広く用いられている。アルミ部材の連結部においては、強度を必要とするため鋼材ボルトが多用されているが、アルミとの融点差が大きく溶接が困難であることから、アルミ部材に直接鋼材ボルトを接合して他部材とのボルト締結に利用している事例はほとんど見られない。

超音波接合は固相接合であることから、このような融点差の大きい異種材料の接合に適用可能であるが、加振材を鋼材ボルトとしてアルミ部材に超音波接合する場合、通常の方法では、鋼材ボル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。また、ホーンと加振材が同種金属の鉄鋼材料となるため、加振材がホーンに固着しやすく、ホーンが極めて短寿命になるという問題もある。

本研究では、鋼材ボルトを加振材、アルミ合金板材を固定材として、ホーンと加振材の間に固着防止用中間材を適用し、これに加振振動を伝搬させることにより、これらの超音波接合を試みた。

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、加振材を市販の M4 六角穴付き皿ボルト (SUS304 相当品)、固定材を板厚 2mm の ADC12 板材とした。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。

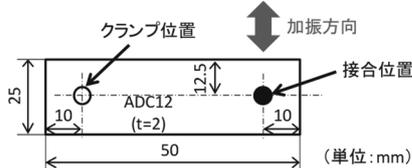


Fig. 1 Shape of test piece

試作した中間材を図 2 に示す。加振材およびホーンの材質である鉄との固溶が小さい金属であれば拡散等による固相での接合が生じにくく、これらへの固着が抑制できると考え銅に着目し、強度や剛性を確保するため、中間材の材質として黄銅 (C3604) を選定した。

中間材に鋼材ボルトの軸部を通る穴を設け、中間材が

鋼材ボルトの頭部の根本を直接加圧し、固定する構造とした。中間材の上面はホーンのローレット加工面により固定するため平面とし、中間材を伝搬する加振振動の減衰を抑制するために鋼材ボルトの軸径よりも大幅に太い外径 10mm の円柱構造とした。鋼材ボルトと接する下面側は、接合界面で生じる摩擦熱の拡散を抑制するため、テーパ加工により細くした。鋼材ボルトの軸部を通る穴を直径 4mm のキリ穴とした中間材 (以下、キリ穴中間材と示す。) に加え、鋼材ボルトと中間材をより強固に固定するために M4 のねじ穴加工を行い、鋼材ボルトの軸部を固定できる中間材 (以下、ねじ穴中間材と示す。) の 2 種類の中間材を試作した。

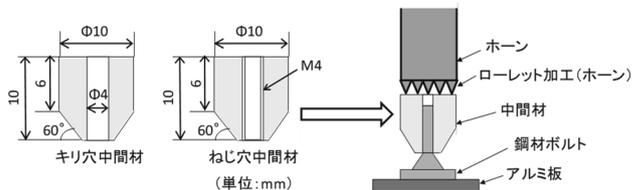


Fig. 2 Shape of insert material

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、ホーンのローレット加工面 (14mm×14mm) を中間材に押し当て、加圧、加振して接合を行った。接合条件は、加圧力を 100~600N、加振時間を 1~4s とした。

3. 実験結果および考察

試作した中間材を用いて接合試験を行った結果を表 1 に示す。接合試験の結果、キリ穴中間材を適用した場合には接合可能となる接合条件を見出すことができなかったが、ねじ穴中間材を適用した場合には、加圧力 600N、加振時間 4s の条件において接合可となった。鋼材ボルト、ホーンとの中間材への固着は、いずれの接合条件においても生じなかった。

ここで、特定の接合条件において接合可となった原因が各部の振動状態にあると考え、それぞれの接合条件におけるホーンへの加振に要した振動エネルギーを測定し、平均出力を算出した。その結果を図 3 に示す。平均出力 (W) は、ホーンへの加振に要した振動エネルギー (J) を加振時間 (s) で割ることにより求められる値である。図 3 より、いずれの中間材においても、加振時間の長短にかかわらず加圧力が 400N までは加圧力の増大に伴い平均

*1 現 ものづくり研究開発センター

出力が増大することが明らかになった。これは、加圧力の増大に伴い、鋼材ボルトとアルミ板材の接合界面において摩擦力が増大し、ホーンの一定振幅加振に必要なエネルギーが大きくなったためと考えられる。

加圧力が 600N の条件においては、ねじ穴中間材を適用した場合には加圧力 400N の条件と平均出力がほぼ同じ値となったが、キリ穴中間材を適用した場合には平均出力が大幅に低下した。キリ穴中間材では、中間材による鋼材ボルトの固定は鋼材ボルトの頭部と中間材の穴の形状効果のみによって得られており、この部分で滑りが生じる可能性がある。このため、加圧力が 600N の条件において、接合界面の摩擦力に対してこの固定力が下回り、滑りが生じたことが平均出力の低下の原因と推測される。一方、ねじ穴中間材では、鋼材ボルトと中間材がねじ締結により強固に固定されているため、この部分での滑りが生じることなく加振振動が伝搬されたと考えられる。

キリ穴中間材		接合可: ○ 接合不可: ×		
		加振時間(sec)		
		1	2	4
加圧力(N)	100	×	×	×
	200	×	×	×
	400	×	×	×
	600	×	×	×

ねじ穴中間材		接合可: ○ 接合不可: ×		
		加振時間(sec)		
		1	2	4
加圧力(N)	100	×	×	×
	200	×	×	×
	400	×	×	×
	600	×	×	○

Table 1 Result of joining test

また、ねじ穴中間材を適用した接合で高加圧力、長時間加振の条件においてのみ接合可となったことから、加振振動が中間材を伝搬する過程で大きく減衰していると考えられる。

キーワード：超音波接合、アルミ材、鋼材ボルト、中間材、加振振動

Study on Ultrasonic Welding of Steel Bolts

Mechanics and Digital Engineering Section ; Toshinao HASHIBA*¹, Takafumi NAKAMURA
 Monozukuri Research and Development Center ; Tomoaki ISHIKURO

The aim of this study is to develop practical techniques of joining steel bolts to aluminum materials by ultrasonic welding. Some shapes of insert materials were manufactured in order to avoid fixation of horn and steel bolt, and ultrasonic welding was carried out with using them. As a result of the experiment, it was possible to join under particular joining condition, and the difference in average output considered to be related to sliding between insert material and steel bolt was confirmed.

えられる。中間材の形状を改善し、鋼材ボルトとの滑りやガタつきを抑制するとともに、中間材における振動の減衰を抑制することにより、幅広い接合条件で接合可能となり、接合条件の最適化により実際の製品に適用できる接合強度が得られるものと考えられる。

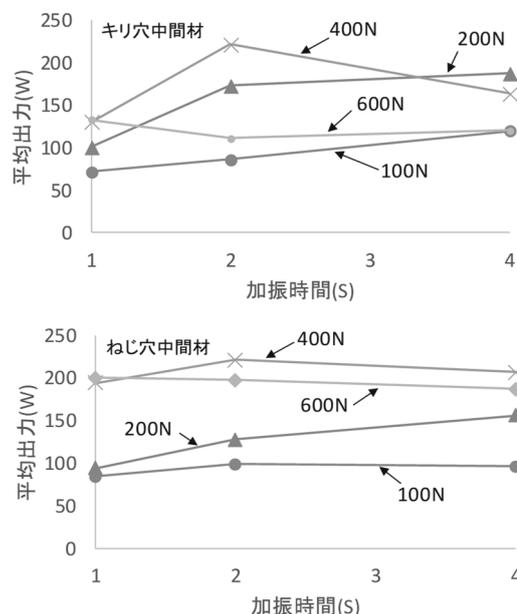


Fig. 3 Influence of welding force to average output

4. 結言

試作した中間材を用いて鋼材ボルトのアルミ板材への超音波接合を試みた結果、接合可能となる接合条件が確認された。今後、各部の振動の計測、解析や接合界面の観察、分析を行い、その結果に基づき中間材等の形状をさらに工夫することにより、実際の生産現場への超音波接合の適用が可能となる接合技術が確立できると考えられる。

参考文献

- 1) 羽柴ほか、若い研究者を育てる会「研究論文集」, 28, 37-44 (平成 26 年度)