

〈論 文〉

(受理：昭和59年8月29日)

接着とスポット溶接及びリベット締結との併用継手における応力下接着耐久性

原 賀 康 介*， 児 玉 峯 一*

要 旨

リベットボンディング継手、ウェルドボンディング継手に応力を負荷した状態で、高温高湿度中に暴露した場合、接着継手と較べて接着耐久性がどのように変化するかを、軟鋼板-変性アクリル系接着剤の系について実験的に検討した。得られた結果は次の通りである。

(1) 接着継手にくらべ、リベットボンディング継手とウェルドボンディング継手は優れた応力下接着耐久性を示した。即ち、高温高湿度中における接着強度の低下及び接着部の錆発生は減少し、また、クリープ破断時間も増大した。これらの傾向は、ウェルドボンディング継手において特に顕著であった。

(2) ウェルドボンディング継手やリベットボンディング継手の応力下接着耐久性の向上は、継手に加わる応力の一部をスポット溶接あるいはリベットが分担することにより、接着部に加わる応力が減少したためと思われる。

1. 緒 言

接着接合物に応力を負荷した状態で高湿度中に暴露すると、負荷応力が大きいほど接着部に水分が侵入しやすくなり、接着耐久性が低下することを既に報告した¹⁾。一方、接着接合と、スポット溶接あるいはリベット締結などを併用すると、継手に加わる応力の一部を、スポット溶接部やリベット締結部が分担するため、接着部に加わる応力は軽減されることが示されている²⁾。

そこで、接着接合と、スポット溶接又はリベット締結を併用した継手に応力を負荷した状態で、高温高湿度中に暴露した場合、接着接合のみの場合と較べて接着耐久性がどのように変化するかを実験的に調べた。

2. 実験方法

2.1 試験片

図1に示す単純ラップせん断試験片を用いた。接着接合とスポット溶接又はリベット締結を併用した継手(以下、ウェルドボンディング継手、リベットボンディング継手と示す)の場合はラップ部の中心に一点のスポット溶接又はリベット締結を行なった。被着材は軟鋼板、接着剤は二液型変性アクリル系接着剤である。

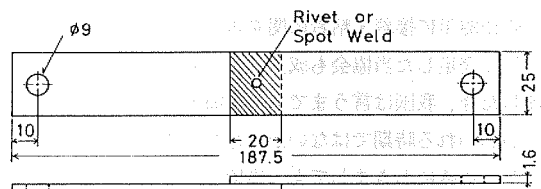


Fig. 1 Dimension and shape of lap shear specimen.

2.2 試験片の作製方法

表面をアセトンで脱脂した被着材の接着部に二液を同量滴下混合し、すぐに貼り合わせた。ウェルドボンディング継手及びリベットボンディング継手の場合は、貼り合わせ直後に、表1の条件でスポット溶接又は図2に示すスチール製POPリベット(SD/42/BS)で締結した。なお、リベット下穴径は $\phi 3.3$ とした。

接着剤は、室温で1~2日硬化させた後、150℃で24時間の後硬化を行なった。後硬化は、環境暴露中の熱による硬化の進行を防ぐためである。

Table 1 Spot welding conditions.

Welder	Single-phase alternating current type, 90KVA
Electrode	Type C, Diameter $\phi 7$
Welding force	360kg
Welding time	16~
Welding current	8000A

*三菱電気(株)材料研究所

兵庫県尼崎市塚本町 8-1-1 〒661

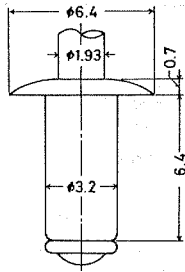


Fig. 2 Dimension and shape of rivet.

2.3 評価項目と評価方法

(1) 引張りせん断試験における荷重-歪曲線

接着, リベットボンディング, ウェルドボンディングの各継手について引張りせん断試験を行ない, 負荷荷重と, チャック間距離に対する歪量の関係を求めた。なお, 測定は60℃雰囲気中で行なった。

(2) 引張りせん断強度の温度依存性

接着, リベットボンディング, ウェルドボンディングの各継手について, 25℃, 60℃, 90℃, 120℃における引張りせん断強度を測定した。試験片数は各々5個とした。

(3) クリープ破壊試験

試験片を図3に示す応力負荷装置にセットし, 50~250kgの引張りせん断荷重を負荷した状態で60℃90%RH中に暴露し, 破断までの時間を測定した。暴露条件を60℃90%RHに設定したのは, 前報¹⁾の結果において, 錆の発生が最も著しい条件であったためである。

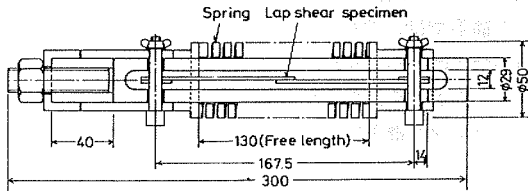


Fig. 3 Fixture for applying sustained load to lap shear specimens.

(4) クリープ変形量

60℃雰囲気中で試験片に200kg, 300kgの引張りせん断荷重を負荷し, 1000分までのクリープ変形量を測定した。

なお, クリープ変形量及び荷重-歪曲線の測定においては, 測定に要する時間が短く, このため接着部が湿度の影響を受けにくいことと, 装置上, 加湿ができないことから温度のみをクリープ破壊試験の60℃にそろえて実験を行なった。

(5) 応力下高温高湿度暴露における引張りせん断強度の経時変化

試験片に0~250kgの引張りせん断荷重を負荷した状態で60℃90%RH中に暴露し, 定期的に取り出し, 負荷荷重を解除し, 25℃で引張りせん断試験を行なった。

(6) 応力下高温高湿度暴露における錆発生量の経時変化

(5)で引張りせん断強度を測定した後, 接合部に生じた錆の量(長さ方向のラップ端部から接合部中心方向への錆発生距離)を測定した。

(7) 引張りせん断試験の方法

引張り試験機テンシロンUTM-10T(東洋ポールドウイン製)を用い, 引張り速度1mm/min, チャック間距離100mmで測定を行なった。

3. 実験結果と考察

3.1 引張りせん断試験における荷重-歪曲線

図4に, 60℃における荷重-歪曲線を示した。接着継手の場合は破断点は一つだけであるが, リベットボンディング継手, ウェルドボンディング継手の場合は, 二つの破断点がみられた。第一破断点はラップ端部の接着部の破壊によるものであり, 第二破断点はリベット締結部又はスポット溶接部とその側面の接着部の破壊によるものと思われる^{2,3)}。

リベットボンディング継手, ウェルドボンディング継手の第一破断点の荷重と歪を接着継手と比較すると, リベットボンディング継手の場合はほぼ同等であるが, ウェルドボンディング継手では荷重, 歪ともに大きくなっている。

また, 荷重-歪曲線の傾きより, 継手の弾性率は, ウ

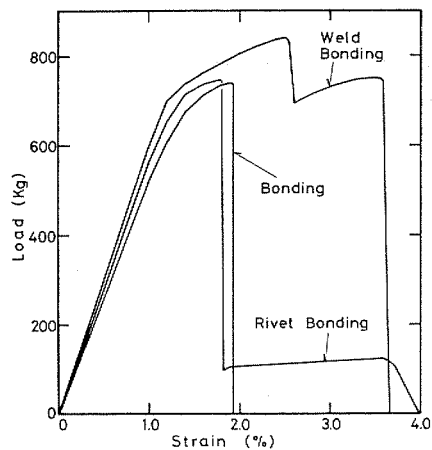


Fig. 4 Applied load-strain curves of each joint at 60℃.

ウェルドボンディング継手が最も大きく、接着継手が最も小さくなっている。

3.2 引張りせん断強度の温度依存性

図5に、接着、リベットボンディング(第一破断点, 第二破断点), ウェルドボンディング(第一破断点, 第二破断点), スポット溶接, リベット締結の各継手の引張りせん断強度の温度依存性を示した。

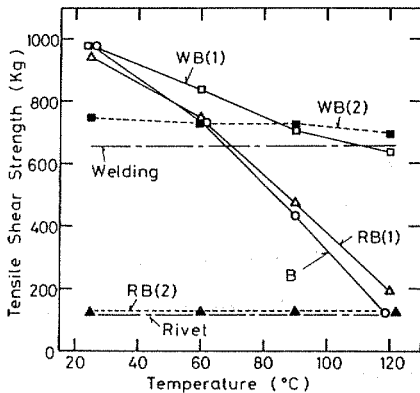


Fig. 5 Effect of elevated temperature on tensile shear strength for each joint. (B; Adhesive bonding, RB; Rivet bonding, WB; Weld bonding, (1); First peak, (2); Second peak.)

高温になるほど、ウェルドボンディング継手の第一破断点強度は接着継手にくらべ非常に向上していることがわかる。これは、スポット溶接部がウェルドボンディング継手全体に加わる荷重のかなりの部分を分担しているためと考えられる。

なお、リベットボンディング継手においても同様の傾向が見られ、リベットが荷重を分担していると思われるが、スポット溶接にくらべると荷重分担率はかなり低いものと考えられる。

3.3 クリープ破断試験

図6に、60℃ 90% RH中における、負荷荷重Pと破断時間の関係を示した。この結果より、接着継手にくらべ、リベットボンディング継手及びウェルドボンディング継手では、破断時間が大幅に向上していることがわかる。

1000時間をクリアする負荷荷重は、接着継手の場合は50kgであるのに対し、リベットボンディング継手では125kgで2.5倍、ウェルドボンディング継手では、250kgで5倍となっている。なお、これらの荷重は、60℃でのそれぞれの静的せん断破壊強度(第一破断点)に対し、接着継手では68%、リベットボンディング継手では16.7%、ウェルドボンディング継手では29.9%に相当している。

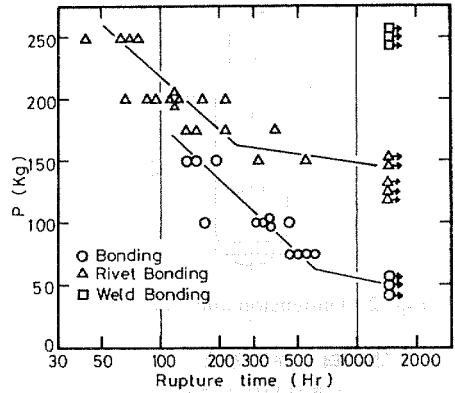


Fig. 6 Applied load P - rupture time diagrams in 90% relative humidity at 60°C.

3.4 クリープ変形量

図7に、60℃雰囲気において200kgの荷重を負荷した場合の、各継手のクリープ変形量(初期チャック間距離120mmに対する変形率)を示した。クリープ変形量εと対数時間log tの関係は、約200分まではいずれも直線となり

$$\epsilon = \alpha + \beta \log t$$

で示される。

αは1分後のクリープ変形量、βは傾きである。

各継手についてα、βを求めると図7に示したように、α、βともに接着継手が最も大きく、ウェルドボンディング継手が最も小さかった。

図8には、同様に、負荷荷重300kgの場合を示した。図8も図7と同様の傾向であったが、ウェルドボンディング継手では、負荷荷重が300kgでもβの値は200kgの場合とほとんど変わらなかった。

以上の点から、ウェルドボンディング継手、リベットボンディング継手においては、スポット溶接やリベット

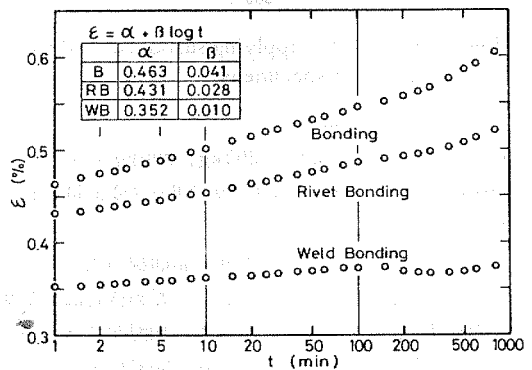


Fig. 7 Creep strain ε - time t diagrams at 60°C. (Applied load is 200kg.)

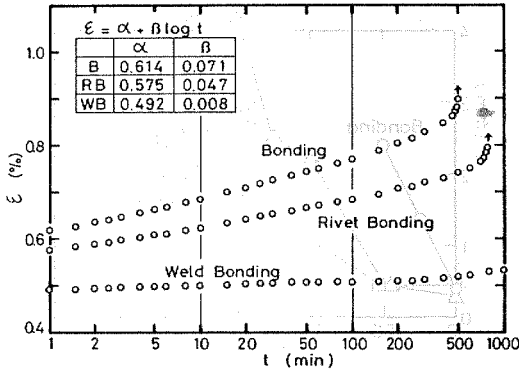


Fig. 8 Creep strain ϵ - time t diagrams at 60°C. (Applied load is 300kg.)

が、継手に加わる応力を分担し、初期変形量を小さくするとともに、クリープ変形をおさえる効果を持ち、この効果はウェルドボンディング継手で特に顕著であることがわかった。

3.5 応力下高温高湿度暴露におけるせん断強度の経時変化

図9に、60°C 90% RH 暴露における負荷荷重 P とせん断強度保持率(第一破断点)の経時変化を示した。

また、図10には、各継手のせん断強度の低下に及ぼす負荷荷重 P の影響を、60°C 90% RH 60日間暴露後について示した。 R は60日間暴露後の、無負荷試験片のせん断強度に対する負荷試験片のせん断強度比を示している。

これらの結果より、接着継手は負荷荷重の増加につれて耐久性が急激に低下するが、ウェルドボンディング継手では負荷荷重の影響をほとんど受けておらず、スポット溶接を併用することにより耐久性が大きく向上することがわかる。リベットボンディング継手はこれらの中間の特性を示しており、負荷荷重125kg までは負荷荷重の

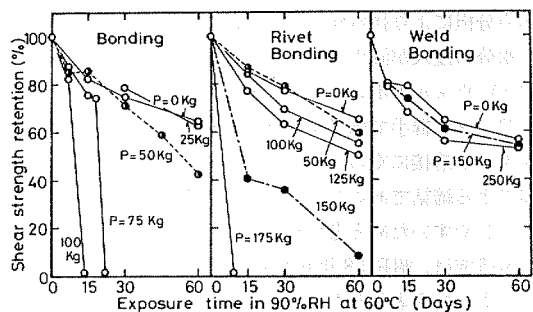


Fig. 9 Relation between shear strength retention and exposure time in 90% relative humidity at 60°C under applied load P .

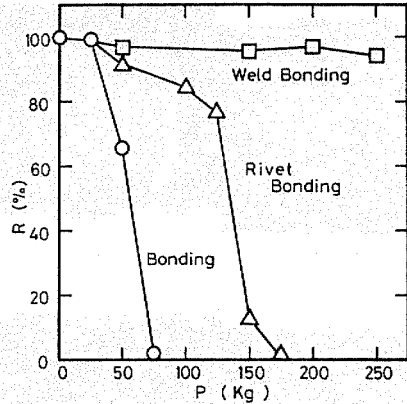


Fig. 10 $R - P$ diagrams. (R ; Ratio of the shear strength of loaded joints to that of unloaded joints after exposure for 60 days in 90% relative humidity at 60°C. P ; Applied load.)

影響をいくぶん受ける程度であり、リベット締結の併用による耐久性向上の効果がみられるが、150kg 以上では大きく影響を受けていることがわかる。これは、リベット自体の強度がスポット溶接にくらべかなり小さいためと思われる。

3.6 応力下高温高湿度暴露における錆発生量の経時変化

図11に、60°C 90% RH中に60日間暴露後の破壊状態を示した。既に報告¹⁾したように、接着のみの継手に荷重を負荷した状態で高湿度中に暴露するとラップ端部に錆が発生したが¹⁾、ウェルドボンディング継手、リベットボンディング継手においても同様にラップ端部に錆の発生が見られた。錆の発生は、試験片幅方向の端部より試験片長手方向の端部に多くみられる。これは、荷重を負荷すると長手方向の端部に応力が集中し接着力が弱くなり水分が侵入しやすくなるためと思われる¹⁾。

図12に、60°C 90% RH暴露における、負荷荷重 P と試験片長手方向のラップ端部の錆発生量 L の経時変化を示した。また、図13には、各継手の錆発生量 L に及ぼす負荷荷重 P の影響を、60°C 90% RH 60日間暴露後について示した。

これらの結果より、いずれの継手とも負荷荷重が大きくなるほど錆発生量は増加することがわかる。ただし、同一負荷荷重で比較すると、接着継手が最も錆発生量が多く、ウェルドボンディング継手が最も少ないことがわかる。また、約2.5mmの錆が発生する負荷荷重をみると、接着継手では約50kg、リベットボンディング継手では約100kg、ウェルドボンディング継手では約200kgとなり、接着継手にくらべるとリベットボンディング継手

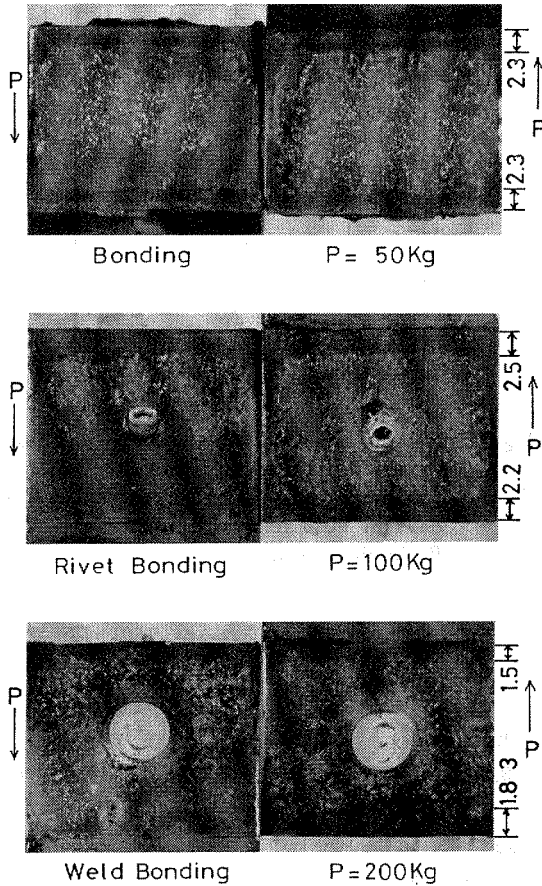


Fig. 11 Failure surfaces of each joint after exposure for 60 days in 90% relative humidity at 60°C and the area of rust. (P ; Applied load)

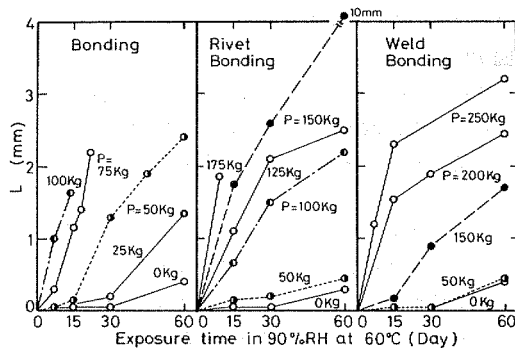


Fig. 12 Relation between the distance of corrosion from the tip of glue line L and exposure time in 90% relative humidity at 60°C under applied load P .

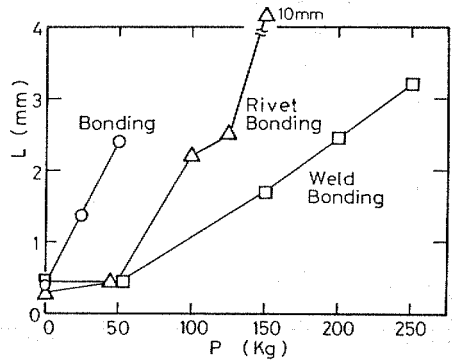


Fig. 13 Relation between the distance of corrosion from the tip of glue line L and the applied load P after exposure for 60 days in 90% relative humidity at 60°C.

では約2倍、ウェルドボンディング継手では約4倍の荷重に耐えるということがわかる。

4. 結 言

以上の検討により次のことがわかった。

(1) 接着継手にくらべ、リベットボンディング継手、ウェルドボンディング継手では、応力下高温高湿度暴露において、接着強度の低下及びラップ端部の錆発生は減少し、また、クリープ破断時間も増大した。これらの傾向は、ウェルドボンディング継手において特に顕著であった。

(2) 接着継手にくらべ、リベットボンディング継手や特にウェルドボンディング継手では、継手の弾性率向上、クリープ変形量の減少、高温における第一破断点強度の向上が認められ、リベットあるいはスポット溶接部が継手に加わる応力の一部を分担していることがわかった。

(3) リベットボンディング継手やウェルドボンディング継手において高温高湿度暴露における応力下接着耐久性が向上するのは、リベットあるいはスポット溶接部の応力分担により接着部に加わる応力が減少し、外部からの水分の侵入が減少したことによるものと思われる。

(4) ウェルドボンディング継手にくらべ、リベットボンディング継手で効果が少ないのは、リベットの強度がスポット溶接にくらべ非常に低いことと、リベットは摩擦による締結であるため、スポット溶接にくらべズレをおこしやすいためと考えられる。

本研究は、昭和58年6月8日、第21回接着研究発表会において発表したものである。

文 献

- 1) 原賀康介, 山田 祥, 児玉峯一, 日本接着協会誌, **19** (8), 333 (1983).
- 2) 山口章三郎, 天野晋武, 金子 浩, 井上藤雄, 星野克己, 日本接着協会誌, **18** (7), 302 (1982).
- 3) 山田 祥, 原賀康介, 斎藤 貴, 日本接着協会誌, **19** (11), 491 (1983).

Sustained Load Durability of Combined Joints composed of Adhesive Bonding, Spot Welding and Rivet Fastening

Kousuke HARAGA and Minekazu KODAMA

Materials Engineering Laboratory, Mitsubishi Electric Corp. (1-1, Tsukaguchi Honmachi, 8 Chome, Amagasaki, Hyogo 661)

Abstract

Sustained load durability of rivet bonding joints and weld bonding joints was studied compared with adhesive bonding joints under high humidity and high temperature exposure. Modified acrylic adhesives were used for bonding mild steel sheets.

The results obtained are as follows:

- (1) In comparison with the adhesive bonding joints, the rivet bonding joints and the weld bonding joints showed excellent properties under sustained load. That is, under high humidity and high temperature exposure, the deterioration of shear strength was smaller, the generation of corrosion in the bonded area was less and the creep rupture time was longer. These tendencies were remarkable in the weld bonding joints.
- (2) It appears that the increase of sustained load durability of the weld bonding joints or the rivet bonding joints is caused by the decrease of stress in the adhesive bonded area, because a spot weld or a rivet supports a part of the load.

(Received: August 29, 1984)