

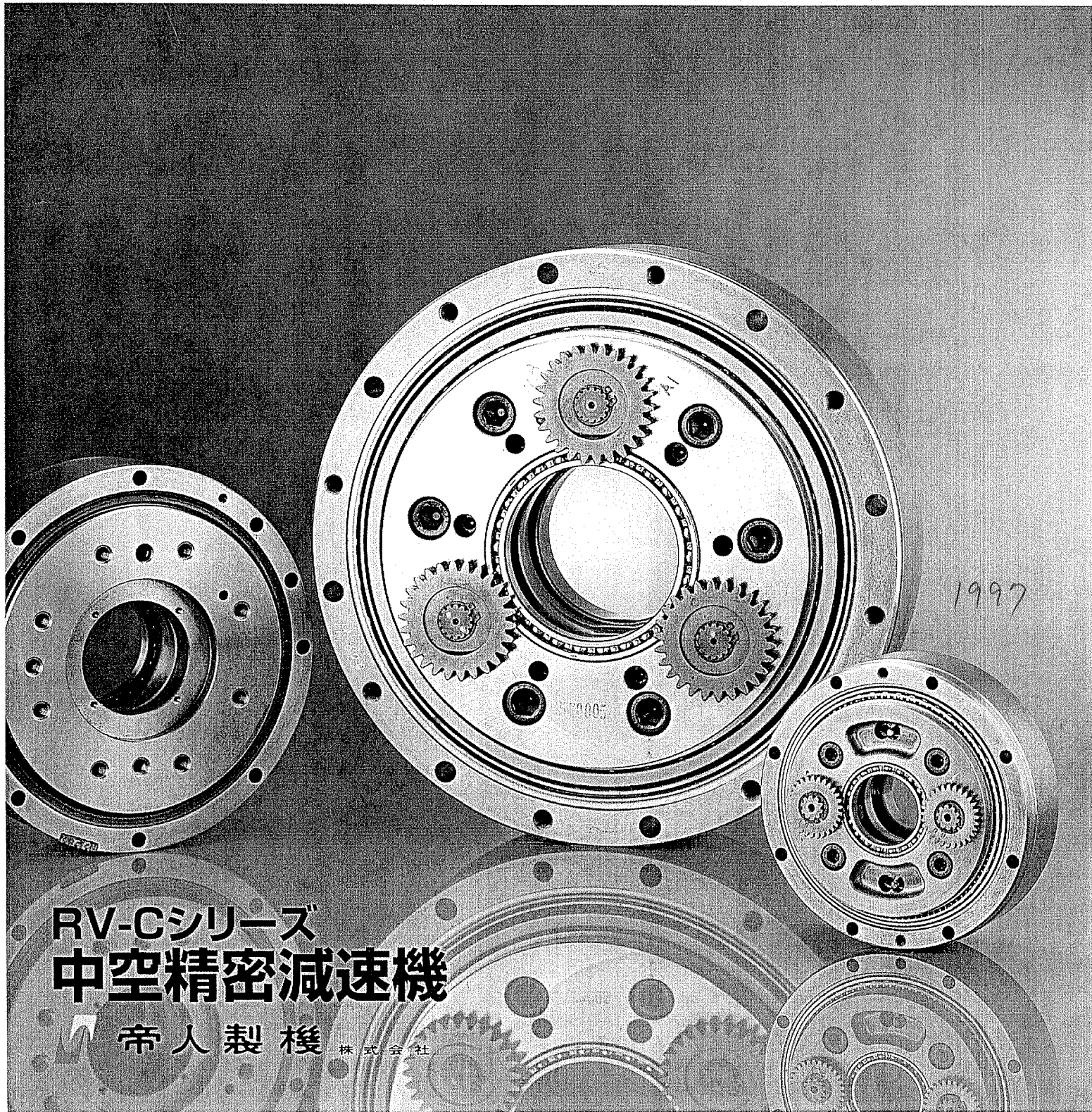
機械設計



特集・機械設計者のための材料力学

—実務に使える公式と手法—

特別企画…接着剤とリベット併用による板金筐体の設計・施工技術



RV-Cシリーズ
中空精密減速機

帝人製機 株式会社

[特別企画]

接着剤とリベット併用による

板金筐体の設計・施工技術

三菱電機エンジニアリング(株) 中島義信
電気化学工業(株) 田口広一
三菱電機(株) 眼龍裕司 八木直樹 原賀康介

1. 接着剤とリベット併用による板金筐体組立技術の概要

[中島 義信*]

接着接合は、欧米において1940年代から航空機産業で採用され、自動車産業にも適用されてきた。1963年にはドイツのライン川の架橋建設にも使用され、その実用性および経済性が実証されている。

三菱電機においては、1970年後半から、接着接合を産業用送風機の回転羽根の組立(図1)、エレベータパネルかごの扉・壁(図2)やプレコート

鋼板製の照明器具組立に適用してきた。さらにこの15年以上のフィールド実績をもつ接着接合と、リベット接合を併用して新たに接着・リベット併用組立法を確立し、制御盤、配電盤の筐体組立に適用を開始した。接着・リベット併用組立法は、コスト低減、工期短縮、熟練工の素人化などの他、作業環境改善にも著しい効果をあげている。

*なかしま よしのぶ：長崎事業所技術計画課課長
〒852 長崎市旭町8-23
Tel(0958)61-0133

従来の製造方法と問題点

従来より、制御盤、配電盤の筐体組立はスポット

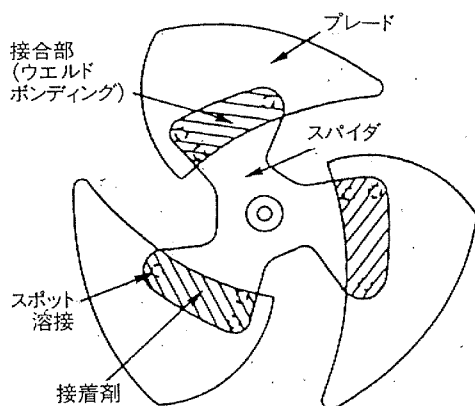


図1 ウェルドボンディングによる送風機の羽根組立構造

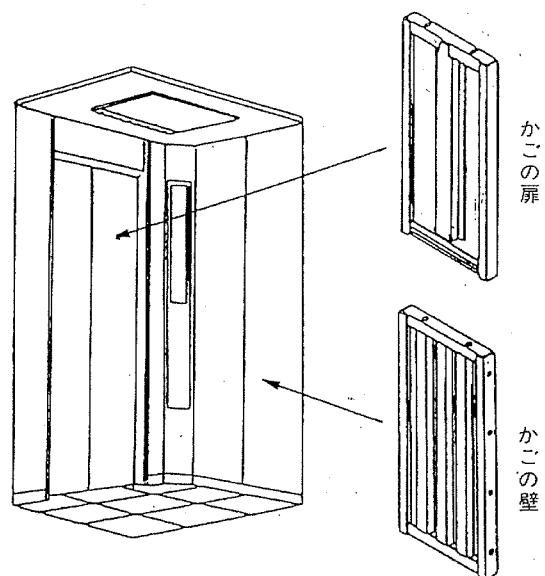


図2 エレベータかご室の外観

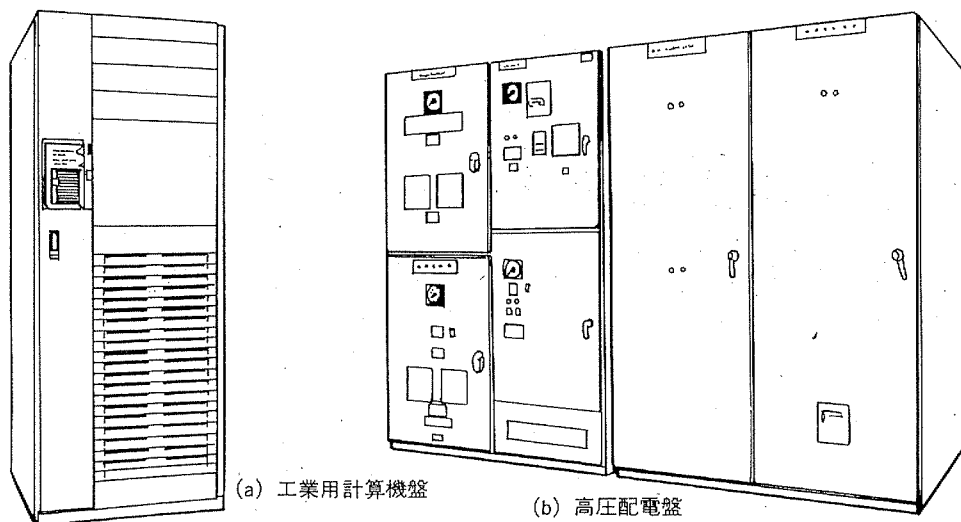


図3 制御盤, 配電盤の外観

(a) 工業用計算機盤

(b) 高圧配電盤

ト溶接や溶融溶接, ボルト, リベットなどにより組み立てられている。配電盤や制御盤を構成する筐体やユニットなどは, 品種が多く形状もさまざまであり, 組立作業を人手に頼るところが多い。図3に制御盤, 配電盤の外観の代表例を示す。

近年, 制御盤, 配電盤の筐体組立作業のうち, とくに熟練を要するとされる溶接作業, 仕上げ塗装などの技能分野の人手不足が深刻化し, 技術や技能の伝承が困難な状況にある。このため, 品質の維持向上, 製造工期の確保への対応が困難になりつつある。

また, 溶接およびその関連作業は, 騒音, 塵埃, 閃光を発生するため, 作業環境の点からも改善が急務である。さらに, 溶接の歪み除去工程や, 塗装下地のパテ修正工程など, 熟練かつ手間を要する工程が多いため, 製造工程合理化によるコストダウンも要求されている。

接着接合の利点

接着接合は溶接やねじ止めなどにはない種々の利点があり, これを有効に利用することにより種々の機能や効果が得られる。電機製品において, 接着接合を用いる目的と利点はつぎのとおりである。

(1) 薄板化, 軽量化への対応

接着接合は面接合であるため応力分散が図られるので, 薄板の高強度接合, 高剛性化, 耐振性向上が実現できる。金属箔やフィルムなどの薄葉材料, プラスチックなどの軽量材料も容易に接合できるので, 適用範囲が広い。

(2) 新材料の採用, 材料変更への対応

各種の材料や異種材料が容易に接合できる。また, 接合に要する温度が低いので, プレコート鋼板などの新材料の採用や, 適材適所の材料選定が促進できる。

(3) 高品質意匠への対応

接合時の加工応力, 熱応力が小さいので, 加工歪みが非常に小さい。高級意匠品の平滑な表面が容易に得られ, 仕上げ作業もほとんど不要である。

(4) 充填効果の利用

接合すきまを接着剤で容易に充填できるので, 接合と同時にシール, 熱伝導, 部品の精度吸収などの効果が得られる。

接着接合の優れた強度と信頼性は, 従来から航空機の機体やヘリコプタのロータブレード組立てなどに使用されており, 実証されている。そこで, 従来の筐体類の組立方法の問題点を接着接合により解決しようという期待がなされていた。

接着接合の欠点

配電盤や制御盤を構成する筐体類は, 製品運搬時や据付・使用条件により, 大きな荷重や激しい振動, 衝撃などが加わるので, 筐体組立用接着剤には優れた構造強度が要求される。また, 一般的な板金工場で使用できる, 容易な作業性が要求される。

1970年代, 構造強度が要求される電気機器の接着に一般に用いられていたのは, 構造用変性エポキシ系接着剤であった。この接着剤は接着強度, 接着耐久性に優れているが, 被着材の接着前処理, 二液型接着剤における計量・混合・ポットライフ

などの管理は厳密に管理する必要があり、これを怠ると接着不良や強度・耐久性の低下を生じることがあった。

加熱硬化型接着剤の場合は、硬化にかなりの高温を必要とするため、熱の影響を受けやすい材料の接着には不適當である。とくに大形の構造物の場合、特別な加熱設備が必要となる。室温硬化型接着剤の場合は、硬化時間が長いこと、低温では十分に反応が進まないこと、などの問題点があった。

新しい接着剤による問題点の解決

1976年に、このような接着作業上や機器製造上の、エポキシ系接着剤の問題点を解決できる新しい接着剤が登場してきた。この接着剤は、変性アクリル系接着剤、SGA (Second Generation Acrylic Adhesives)、反応型アクリル系接着剤などと呼ばれているものである。

これまでの接着剤と比べた特徴は、つぎの点である。

- (1) 二液が接触することで、連鎖反応で硬化を開始する。二液の配合比や混合はラフでもよく、作業性がよい。
- (2) 被着材に油脂類が付着していても接着できる油面接着性を有している。このため被着材の接着前処理が非常に簡単である。
- (3) 室温で5~10分で実用接着強度に達し、氷点下の温度でも十分に硬化する。このため加熱設備が不要である。
- (4) 硬化物は可とう性に優れている。

この接着剤は汎用接着剤としては十分満足できる接着特性を有していたが、構造用接着剤の必要条件である耐環境性、とくに耐湿性、はく離接着強度、衝撃接着強度などが不十分であった。

三菱電機と電気化学工業では、変性アクリル系接着剤を金属構造物の接着組立に適用できるものとするため、耐環境性、はく離接着強度、衝撃接着強度を向上させるべく検討を進めた。その結果、構造用接着剤として十分な性能を有する変性アクリル系接着剤「ハードロック M-372-20」を開発した。

しかし接着剤に共通の問題である、硬化までの固定方法、位置合わせ、高温での強度(焼付け塗

装時)、長期クリープ、導電性(電着塗装、アース)など、接着剤だけでは解決できない問題もあった。そこで、三菱電機と関連会社では、接着剤とリベットを併用する組立技術を開発した。

接着・リベット併用組立技術の開発

接着・リベット併用組立法は、接合強度を基本的に接着接合に期待し、接着接合の弱点をリベット締結により補うことにより、総合的に優れた作業性と高い接合信頼性を両立させるものである。

リベットの役割は、

- (1) 接着剤の焼付け塗装時の高温における接着強度低下や、継続荷重下における耐クリープ性低下を解消する。
- (2) 金属製のリベットにより、アースや電着塗装のための電氣的導通を確保する。
- (3) 接着剤が未硬化状態での、自重、移動などの外力によるはく離、接合位置ずれを防ぐ。
- (4) 部材の位置決めや位置保持を確実、容易にする。

接着・リベット併用組立法の特徴

性能の面での接着・リベット併用組立法の特徴は、つぎのとおりである。

- (1) 接着により面接合となるため、振動、疲労に強くなる。
- (2) 接合時に高温を要しないため、熱歪みがなく、薄板でも寸法精度が向上し、外観も優れる。
- (3) 異なる板厚や異種材料の接合が容易で、材料の最適化、軽量化を図ることができる。
- (4) 焼付け塗装時などの高温における接合強度や、継続荷重下における耐クリープ性が確保できる。
- (5) アースや電着塗装のための電氣的導通が確保できる。

作業性の面での特徴は、つぎのとおり。

- (a) 接着剤が未硬化状態でも、すぐに次工程に移行できる。
- (b) リベット締結により、部材の位置決めや位置保持が確実、容易である。
- (c) 接合時に歪みが生じないため、歪み修正や塗装工程でのパテ修正などが不要である。また、歪みの修正のためのハンマ作業やグラインダがけ

などの騒音・粉塵がなくなるので、作業環境を著しく改善できる。

(d) 屋外設置仕様の場合、接合と同時にシールができるので、シール作業が不要になる。

(e) 大がかりな設備の導入を必要とせず、作業場所の制約も少ない。

(f) 高度な技能が不要のため、熟練技能者を必要としない。

製造工程とコスト

接着・リベット併用組立方式の製造工程では、従来の溶接組立方式の溶接に伴って発生していたスパッタ除去、グライング研磨、バフ仕上げ、歪み取りの作業がまったく不要となる。また、仕上げ塗装前のパテ付け・砥ぎ作業も不要となる。

その反面、構造がやや複雑で部品点数も増え、接着剤とリベットが必要なため、材料費および部品加工費はやや増える。

しかし従来の溶接作業に比べ、組立作業が大幅に削減され、溶接仕上げ加工、仕上げ塗装前のパテ付け・砥ぎ作業も不要のため、大幅なコスト低減と工期の短縮が実現できた。

☆

三菱電機グループでは、従来アーク溶接によって組み立てられていた、以下の配電盤、制御盤を接着・リベット併用組立法で製品化している。

〔適用事例〕

① 高圧配電盤、ビル用受配電盤（屋内、屋外盤）などの高圧、低圧配電盤。

② 発電所向けデジタル制御盤、工業プラント用制御盤、船舶用アルミ製制御盤、ビル管理監視盤などのプラント監視制御盤。

③ ITVカメラ筐体（屋内、屋外）、新幹線無線中継機（屋外）、駐車場パスカードリーダー（屋外）などの屋外設置筐体。

接着・リベット併用組立法は、従来の溶接組立法に代わる革新的な組立方式であり、配電盤や制御盤の筐体組立作業のコストダウン、熟練技能からの脱皮、作業環境の改善に著しい効果をあげている。この技術の開発、実用化は、三菱電機と関連会社および電気化学工業の多数の協力により展開した。これを1つの契機として、筐体類の組立作業分野に接着・リベット併用組立法が広く普及していくことに期待したい。

2. 筐体組立用接着剤の性質と諸特性

〔田口 広一*〕

1976年に当社は独自の技術で変性アクリル系接着剤「ハードロック」を開発した。ハードロックは、つぎのような特徴がある。

- 1) 無溶剤である。
- 2) 常温速硬化である。
- 3) 接着性、耐衝撃性、耐熱性に優れる。
- 4) 油面接着が可能である。
- 5) 二液の配合比や混合がラフでもよく、作業性がよい。

このような特徴からハードロックは、溶接に代わる接合方法として使用されることが増えてきている。溶接を接着工法に切り替えることで作業者は3K作業（騒音、塵埃、閃光）より解放され、作業環境の著しい改善も可能となる。ここでは、

すでに三菱電機で実績化している金属筐体の組立てに使用されるハードロックについて紹介する。

筐体組立用接着剤としての要求性能

- 筐体組立用接着剤の要求性能をつぎにまとめた。
- 1) 各種の材質（鋼板・亜鉛めっき鋼板・アルミ・ステンレス）に共通して適用できる。
 - 2) はく離強度は15kgf/25mm以上。
 - 3) 衝撃強度は20kJ/m²以上。
 - 4) せん断強度は150kgf/cm²以上。
 - 5) 破壊状態は接着剤の凝集破壊である。
 - 6) 耐湿性は、60℃90%RH 雰囲気にて60日間暴露後の強度保持率が70%以上。また、吸湿劣化後の乾燥で接着強度の回復が大きい。
 - 7) 耐クリープ性、耐疲労性に優れること。
 - 8) 焼付け塗装温度に耐える耐熱性。
 - 9) 可使時間が長く、硬化時間は20分以内。

*たぐち こういち：浜川工場接着材料部ハードロック開発研究室
副主任研究員

〒377 群馬県渋川市中村1135 Tel(0279)25-2437

表1 ハードロックの筐体組立用推奨グレード

| グレード名 | 外観 | 粘度 | |
|----------|----|--------|-----------|
| M-372-20 | A | 半透明粘稠液 | 20,000cps |
| | B | 灰色粘稠液 | 20,000cps |

10) 現場で使いやすいこと.

- ・油面接着
- ・垂直面に塗布してもたれない粘性
- ・ラフな配合比で非混合での硬化性
- ・冬場硬化性が良好
- ・接着膜厚の管理が容易
- ・接着はみ出し部の塗装性
- ・使いやすい容器

筐体組立用接着剤の性状・物性・基本特性

筐体組立用の推奨グレードを表1に示した.

1. 筐体組立用接着剤の接着強度

各種接着強度を表2に示した.

2. 可使時間と固着時間

M-372-20の可使時間と固着時間の温度依存性について図1に示した. 可使時間とは塗布した接着剤が使用できる状態, すなわち接着剤の塗布から貼り合わせ終了までの時間のことである. また, 固着時間はハンドリングできる強度が発現する時間のことであり, 夏場で約10分以上, 冬場で約30分以上ジグなどで固定する必要があるが, 接着リベット併用接合法を行うことで, 直ちにハンドリングが可能となる.

3. 接着剤の硬化速度

M-372-20の硬化速度について図2に示した. M-

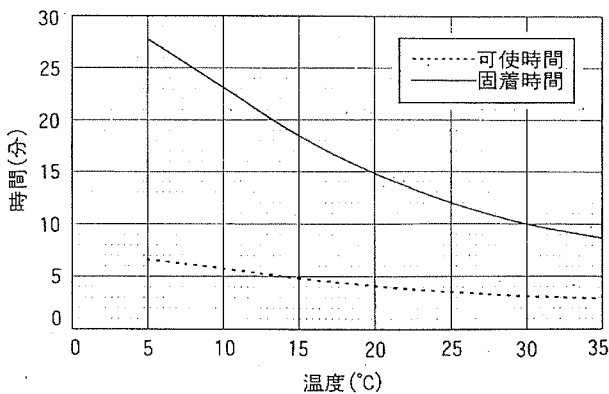


図1 M-372-20の可使時間と固着時間

表2 (1)各種接着強度

| 項目 | 数値 | 測定方法および被着材 |
|---------|------------------------|---|
| 引張せん断強度 | 242kgf/cm ² | JISK-6850に準拠 23°C 50% RH で1日養生 SPCC (1.6mm t) ウェス拭き |
| 衝撃強度 | 21.3kJ/m ² | JISK-6855に準拠 23°C 50% RH で1日養生 SS400サンドブラスト処理 |
| はく離強度 | 22.0kgf/25mm | ISO4578に準拠 23°C 50% RH で1日養生 SPCC (1.6/0.5mm t) ウェス拭き |

表2 (2)被着剤による接着性

| 被着材 | 表面処理 | 引張せん断強度 (kgf/cm ²) |
|----------------------------|--------------|--------------------------------|
| ステンレス SUS304 (1.5mm t) | ウェス拭き | 189 |
| | プライマー F100処理 | 201 |
| アルミニウム A-5052 (3.0mm t) | ウェス拭き | 180 |
| | サンドブラスト処理 | 201 |
| 亜鉛めっき鋼板 (1.6mm t) | ウェス拭き | 235 |

注) プライマー F-100は当社ステンレス用プライマー

M-372-20の接着強度は15分程度から急速に立ち上がり, 1時間経過後には最終強度の80%程度の強度が発現する.

4. A剤/B剤配合比の影響

M-372-20のA剤/B剤配合比の影響について図3に示した. M-372-20はA剤とB剤の配合比が, 2/1から1/2程度の範囲でも200kgf/cm²以上の引張せん断強度が得られ, 配合比の影響を受けにくいことがわかる.

5. 熱時強度

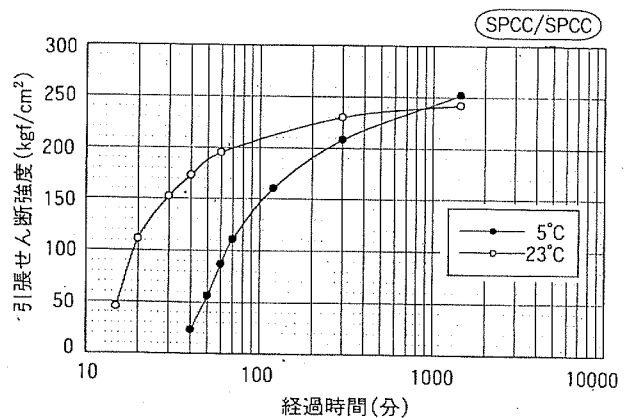


図2 M-372-20の経時引張せん断強度

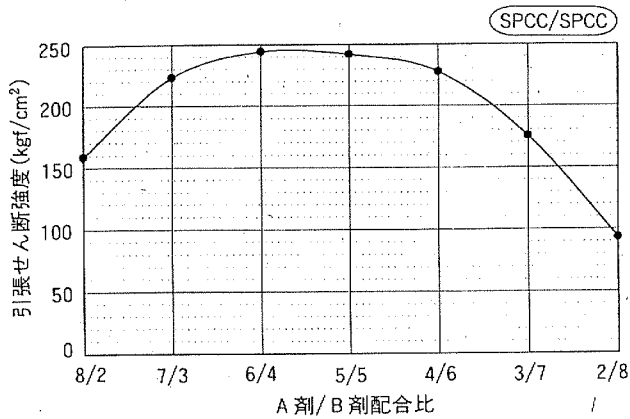


図3 A剤/B剤配合比と引張せん断強度の関係

M-372-20の熱時強度は、図4のように温度が上昇すると強度が低下する傾向がある。もちろん、元の温度に戻れば強度も元に戻るが、高温時に強い力がかかると破壊してしまう問題もあるので、リベット併用接合法を行うか、焼付け塗装時に接着部に強度がかからない構造にするなどの配慮が必要である。

耐久性

1. 耐湿性

接着接合部の劣化はとくに湿度の影響を受けるが、M-372-20は図5のように60°C 90% RHの耐湿環境下に、90日暴露しても80%以上の強度保持率を有している。また、接着部が吸湿により強度低下しても、80°Cで乾燥した接着強度の可逆性では元の強度以上に回復する。

2. 耐熱劣化性

一般的な焼付け塗装の温度である180°Cと200°Cの熱劣化性を図6に示した。M-372-20はこの温度の熱劣化はほとんど見られない。しかしながら、熱劣化性は被着体材料の表面処理の種類によって

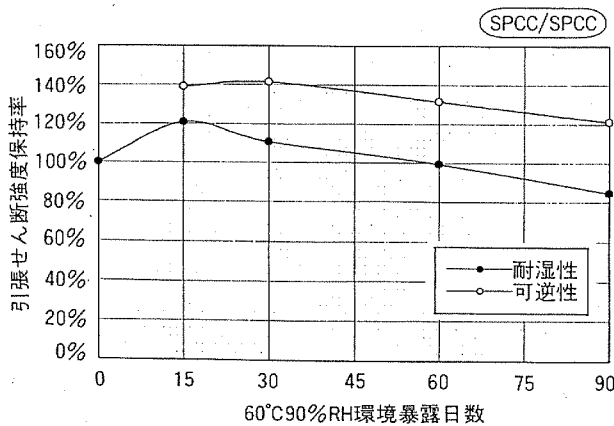


図5 M-372-20の耐湿性

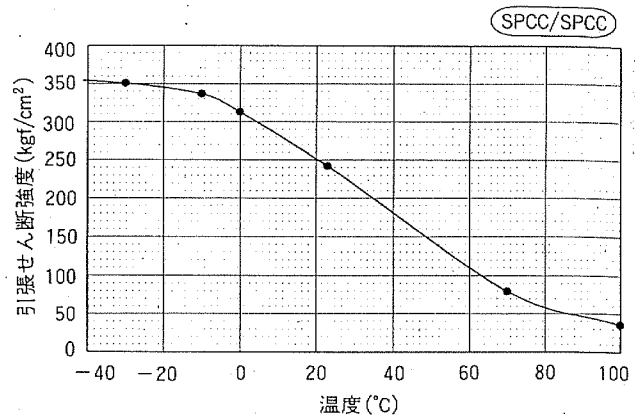


図4 M-372-20の熱時引張せん断強度

は、接着強度の低下を起こす場合もあるので注意が必要である。

ステンレス鋼板用プライマー

ステンレス鋼板用プライマーの要求性能は、

- ① 1液型であること
- ② 室温速乾性であること
- ③ 燃えにくい溶剤系を使用すること
- ④ 塗布量の影響が少ないこと
- ⑤ どこのメーカーのステンレスでも安定した強度と破壊状態が凝集破壊になること

が挙げられる。

ステンレス鋼板用プライマー F-100の性状を表3に示した。また、F-100の効果について表4にまとめた。ステンレスは、同じ SUS304でもメーカーなどにより接着性は大きく異なってくるが、F-100処理で使用可能となる。

図7に F-100を塗布したステンレスの耐湿性を示した。F-100を塗布しない場合、破壊状態は界面破壊となるため、はく離強度保持率は低下する。一方、F-100処理したものは破壊状態が凝集破壊とな

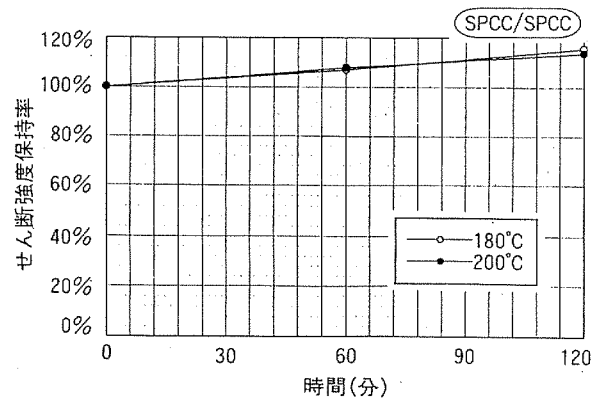


図6 M-372-20の耐熱劣化性

表3 ステンレス鋼板用プライマー F-100の性状

| 品名種類 | プライマー F-100 一液溶剤型速乾性プライマー |
|----------|--|
| 組成 | 含水有機りん酸化合物 3% MIBK 39% n-ブタノール 58% |
| 外観 | 無色透明 |
| 粘度 | 数 cps |
| 比重 | 0.81 |
| 引火点 | 約25°C |
| 荷姿 | 1リットル缶 |
| 塗布方法、塗布量 | 刷毛塗り (10g/m ² 程度) |
| 乾燥方法 | 自然乾燥、数分 |

るため、保持率の低下は小さい。また、可逆性においても、F-100で処理した方が、可逆性の回復性が良いことがわかる。

☆

溶接に代わる信頼性のある接着剤として、当社のハードロックは使用されており、厳しい環境で使用される新幹線列車無線中継ボックスのような屋外筐体でも、15年以上の実績がある。

金属筐体の組立を溶接から接着接合に切り替えることはさまざまなメリットがあり、時代の要求に適合した技術と思われる。とくに三菱電機が開

表4 プライマー F-100の処理効果

| SUS304 | はく離強度 (kgf/25mm) | |
|----------|------------------|-------------|
| | 未処理 | F-100処理 |
| A 製作所購入品 | 3.7 (界面破壊) | 24.0 (凝集破壊) |
| B 製作所購入品 | 10.5 (界面破壊) | 22.2 (凝集破壊) |
| C 製作所購入品 | 8.3 (界面破壊) | 23.6 (凝集破壊) |
| D 製作所購入品 | 15.2 (凝集+界面) | 22.7 (凝集破壊) |
| E 製作所購入品 | 22.6 (凝集破壊) | 22.9 (凝集破壊) |

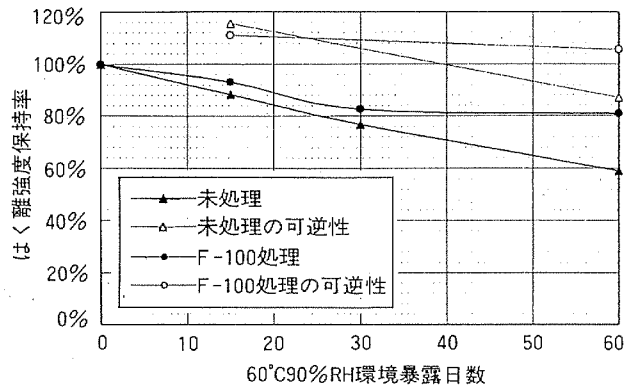


図7 ステンレスの耐湿性

発した金属筐体の組立技術は、接着のメリットを生かし、さらにその欠点を補う技術であり、広く普及していくことを期待したい。

3. 接着剤とリベット併用筐体の設計上のポイント

〔眼籠 裕司*〕

金属の接合において接着・リベット併用接合法は、航空機や自動車産業などのあらゆる産業分野で用いられている接合技術にもかかわらず、配電盤や制御盤などの板金部材の接合はいまだに溶接が主体で、品質や製造コスト、作業環境の面から溶接に代わる接合法が要求されている。

以下に、当社での接着・リベット併用接合法の適用実績をもとに設計上のポイントを説明する。

接着剤とリベットの役割

接着・リベット併用接合は、接合強度を接着剤に依存し、接着接合の弱点をリベット締結で補う

ことで総合的に高い接合信頼性と優れた作業性を両立するもので、接着・リベット併用組立の特徴を、つぎに示す。

- (1) 接着剤は高温での強度や耐クリープ性には劣るが、金属製リベット併用により解消される。
- (2) 接着剤のみでは部材間の電氣的導通確保はできないが、リベット併用で導通確保できる。
- (3) 火災などの超高温のもとで接着接合部が破壊に至る環境下、リベットは構造物の最低限の形状を維持するバックアップとなる。
- (4) 接着剤が未硬化状態でも、直ちに次作業工程に移行できる。
- (5) リベットにより部材の位置決めや姿勢の保持が容易である。
- (6) 本組立法では大掛かりな機械設備が不要で、

*がんにゅう ゆうじ：制御製作所生産システム部生産システム技術課課長

〒652 神戸市兵庫区和田崎町1-1-2 Tel(078)682-6095

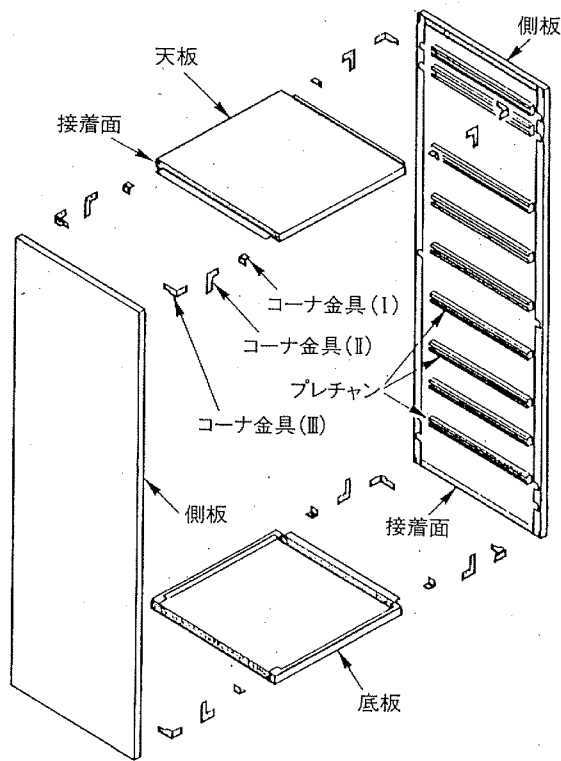


図1 DDC 盤筐体の主要部品の概略構成

作業場所が制限されない。

(7) 高度な技術・技能を必要とせず、熟練技能者不足に対応できる。

接着・リベット併用筐体の基本構造

当社が製品化している筐体は、従来アーク溶接で組み立てられていた自立型鋼板製パネル構造のもので、鋼板の厚さは主として1.6mmと2.3mm、高さは最大2.3m、幅約1m、奥行き約1m、質量は100kgから200kg(機器装着後の質量は250kgから1000kg)程度である。図1に発電所向けデジタル制御盤(以下DDC盤という)の筐体構造、図2に底板と側板の連結コーナー部の拡大図を示す。コーナ金具は筐体の剛性を確保するために用い、形状や取付方法が筐体設計の重要なポイントとなる。

溶接構造から接着構造への設計変更の考え方

筐体の構造設計において従来の溶接構造のまま接着化することは困難なことが多く、接着に適した筐体構造を設計するには、接合部の構造を、つぎの点に留意することが重要である。

- (1) 接合部の構成は、面同士の組合せが原則。
- (2) 接着剤が塗布された部品を組み合わせる際、

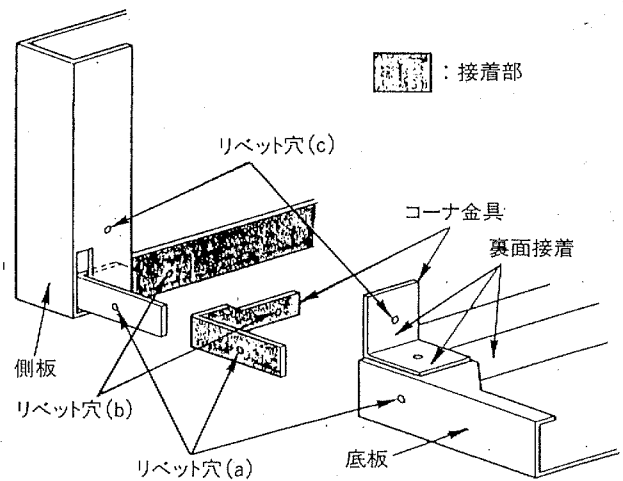


図2 接着・リベット併用組立構造における底板と側板の連結コーナー

接着剤がかき取られる差込み部分がないこと。

(3) 接着部分にかかる力の方向はせん断方向とし、はがす方向のピール力が加わらないこと。

(4) 接着剤の可使時間内にて接着が完了できる簡易な接合構造であること。

(5) 接着面積はできる限り広くとることで強度や剛性、耐環境性が向上する。

(6) 接着剤「ハードロック M-372」は熱可逆性を有するが、溶接との併用では接着部が200°Cを越えない構造とする。

接合継手設計のポイント

(1) 接着では突合せ接合は不適當である。接合は必ず平面同士で行うこと(図3)。

(2) 接着部にははく離力(ピール力)が加わらない形状とし、主としてせん断力が加わる設計とする(図4)。

(3) 接着は平面接着とする。曲面同士では膜厚が均一になりにくい。

(4) 接着剤の可使時間を考慮し、広い面積を同時に接着する構造設計としない。

(5) 接着剤は絶縁物のため、接着のみの組立ては行わず、リベット併用にて導通確保のこと(図5)。

(6) 差込み接着は原則行わないこと(図6)。

(7) 接着部にクリープ荷重(継続荷重)が加わらない構造とする(図7)。

(8) 屋外で使用の場合、接着部に水が溜まらない構造とする。

(9) 接着剤の塗布確認・検査が困難なため、接着面に小径の「捨て穴」を加工し、捨て穴からの接着剤のはみ出しにより塗布確認が容易となる。

(10) 接着面積および接着部外周長さは水分などの耐環境性に影響する。〔接着面積/接着周囲長さ〕の値が大きくなる形状、寸法とし、また接着面積を（糊代、重ね代）大きくとり接着接合での強度に対する安全率を上げる。

(11) 接着・リベット併用組立では接着剤膜厚が強度に及ぼす影響が大きく、また組立の際にリベット穴位置が合わないトラブルを避け筐体の仕上り精度（直角度など）確保のため、各部材のリベット穴ピッチや板金曲げ精度などを高める。

被着材料の適否

接着剤「ハードロック M372」と金属との接合は分子間力でもっとも強い水素結合にて発生するが、被着材料・材質により適否がある。

(1) 軟鋼板

軟鋼板は問題ないが、めっきや塗装面、ボンデ処理面の接着は使用に際し事前評価のこと。

(2) アルミニウム

アルミニウムは表面に酸化物の層が形成されやすいが、接着前にアルカリ洗浄などで酸化物を除去のこと。アロジン処理面は強度が低下するので注意を要する。

(3) 亜鉛めっき鋼板

亜鉛めっき鋼板は製造メーカーやめっきの種類・方法、めっきの仕上処理面などにより接着特性が大きくかわる。一般に、燐酸塩処理品は接着しやすく、クロメート処理品は接着特性が悪い。無処理・塗油品が最も問題が少ないが、対象材料を事

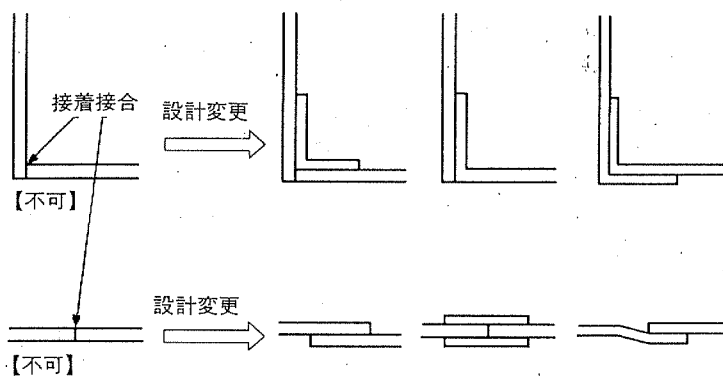


図 3

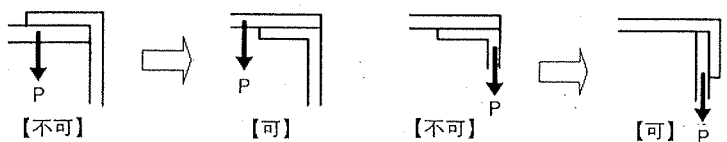


図 4

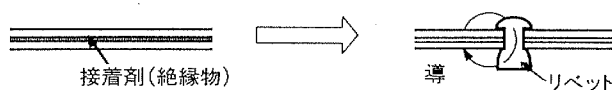


図 5

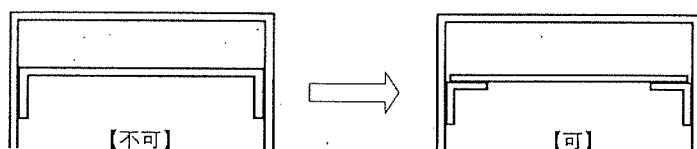


図 6

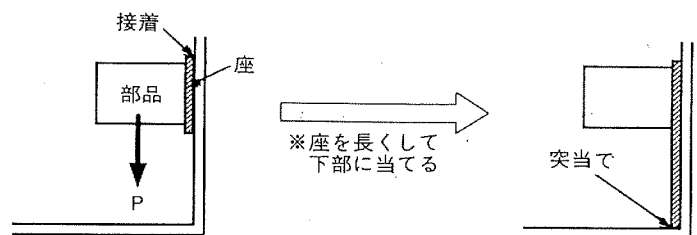


図 7

前に接着検証して最適材料を選定する。

(4) ステンレス鋼板

屋内使用の場合には問題ないが、屋外使用や水分がかかる場合、接着前に専用プライマー F100（電気化学工業製）を塗布する。

(5) その他

不可材料としてはプラスチック全般、銅、黄銅、銀、鉛などがあるが、事前に接着性を検証のこと。

設計基準

筐体の設計に際し、各接合部・継手部の当社設計基準を示す。ただし、製品に要求される仕様は

表1 接合基準強度

| | 接着部温度の上昇 (製品連続使用中) | 基準接合強度 (せん断強度) |
|----------------|-----------------------|---|
| リベット併用 接着強度 | 80℃ | 7.5kgf/cm ² |
| | 60℃ | 11.5kgf/cm ² |
| | 40℃ | 17.0kgf/cm ² |
| | 室温 | 22.5kgf/cm ² |
| リベット強度 | 80℃ | 呼び径 φ4.0 : 20kgf/1本 呼び径 φ6.4 : 150kgf/1本 |

表2 塗装時の上限温度と限界荷重

| 材 質 | 焼付上限温度 | 接着部に加わる限界荷重 |
|-----------------|--------|------------------------|
| 鋼版 (Fe, SUS など) | 180℃ | 0.6kgf/cm ² |

表3 接着部の重ね寸法 (糊代幅)

| 屋外設置で雨のかかる接着部 | 雨(水滴)のかからない接着部 |
|---------------|----------------|
| 50mm 以上 | 25mm 以上 |

表4 接着層の最適厚さ

| | |
|----------|--|
| 接着層の最適厚み | 0.1~0.2mm (接着剤の中に φ0.15mm のピーススペーサ混入) |
|----------|--|

表5 最大リベットピッチ

| 平板, または, 広い平面部分 | 接着部近傍に曲げ加工がある場合 |
|-----------------|-----------------|
| 200mm | 400mm |

設置環境や用途などにより異なるため、各製品仕様に応じて設計者自身で詳細な検討および評価を行う必要がある。

下記事項は、当社において目安としている設計基準値である。

(1) 安全率

接着組立構造における接着強度に対する安全率は以下の基本的な考え方に従い、部材同士の接着面積の決定、補強金具の形状や取付方法などを考慮し設計を行う。

① 全体の安全率としては10倍とれば十分である。なお、外力が明確に測定できるなら安全率は外力の8倍程度でよく、耐久性や疲労を考慮しない場合は3~4倍程度で十分である。

② すでに溶接構造の製品があり、これを接着構造に変更する場合、溶接接合強度の2倍を接着接合にて発現させるように継手構造などを設計す

る。

(2) 基準強度

安全性を考慮して筐体を設計する際、強度、信頼性および耐久性を考慮したリベット併用接着とリベット単独の接合強度は表1の数値を基準とする。

また、焼付け塗装などの際の接着部の上限温度と負荷荷重の値は表2に示す。

【禁止事項】使用時の接着部温度が常時100℃以上となる部分への使用は不可。

(3) 接着部寸法

接着接合時の糊代(重ね代)は製品剛性、耐震強度などの規格でかわるが、表3を基準としている。ただし、水滴のかかる設置環境でも、塗装などで接着層内部に水分の侵入が完全に阻止できる場合は、部材の接着重ね代を小さくしてもよい。

(4) 接着剤層の厚み(表4)

【禁止事項】接着剤層の厚さは0.5mm以上とならぬこと。

(5) リベットピッチ

接着・リベット併用組立におけるリベットの役割は、接着剤が硬化するまでの仮固定治具の代用、各部材の位置決め基準、接着接合のバックアップなどであり、材料および作業のコストアップにならぬように下記考慮の上、必要最小限のリベット本数にすべきである。

① 接着剤の可使時間内にリベット打ち作業が完了する本数。

② 一部材を1本のリベットのみで固定しない(接着硬化前に部材がずれる可能性あり)。

③ 薄板は曲げ剛性が低く、均一な接着層(膜厚)が形成されにくい。当社におけるリベットピッチ基準は表5の通り。

(6) 電食対策

リベットと製品素材が異種金属で、この金属が接触状態で水などの通電液に浸された場合、低電位(卑)な金属が(-)、高電位(貴)な金属が(+)

となり局部電池を構成、+側の金属がイオン化して溶解する。電食防止策としては、つぎの通り。

- ① 同電位もしくは電位差の小さい材質のリベットを選択する。
- ② いずれか一方に他方と同一もしくは電位差の小さい金属材料を被覆する。
- ③ 塗装など施しリベットと母材間を絶縁する。
- ④ リベット側を高電位側（貴）とする。

☆

接着・リベット併用組立法採用に際しての、板

金筐体設計上のポイントを説明した。接着・リベット併用接合は組立てに熟練技能が不要なこと、脱3Kで作業環境が改善されること、溶接を上回る性能（強度、剛性など）をもつ構造物が容易に設計できるなど新時代の革新的な組立法であるが、採用に当たっては基本事項を良く理解し、製品の要求仕様に応じて各設計者が十分な検討と評価、検証を行い実用化されたい。最後に、当社実績を契機に、接着・リベット併用方式が広く普及していくことを期待したい。

4. 接着剤とリベット併用による板金筐体の設計・施工技術

〔八木 直樹*〕

接着剤のみを用いて板金筐体の組立てを行う場合、接着剤硬化までの仮固定治具が必要であった。接着・リベット併用組立法は、この仮固定治具の代用としてリベットを使用することにより、接着剤が硬化しなくても、つぎの作業に移ることができるとともに、熟練技能を必要としないので、作業者の違いによる接合強度のばらつきも小さくなり、高信頼性の筐体製造が可能となる。以下に、本組立法を用いた高信頼性筐体の施工技術について紹介する。

製造工程

1. 製造工程の特徴

従来の溶接組立と比較して、本組立法には、つぎのような特徴がある。

(1) 常温硬化型の接着剤を使用するため、組立時に熱歪みが生じず、溶接組立時の歪み修正作業や塗装工程におけるパテ修正などが不要となり、製造工程の大幅な合理化が可能。また、溶接の歪み修正のためのハンマ作業やグラインダがけなどの騒音がなくなり、作業環境の改善が可能。

(2) 大がかりな設備が不要で、作業場所が制限されない。

(3) 高度な技能が不要で、溶接の熟練技能者の不足への対応が可能。

(4) 接着剤にシール性があるため、組立てと同

時にシールができ、シール作業が不要。

(5) リベットで部品の位置合わせができるため、部品の貼り合わせ作業が容易。

2. 製造工程

図1は、従来の溶接組立法、接着・リベット併用組立法、それぞれにおける筐体・板金組立製造

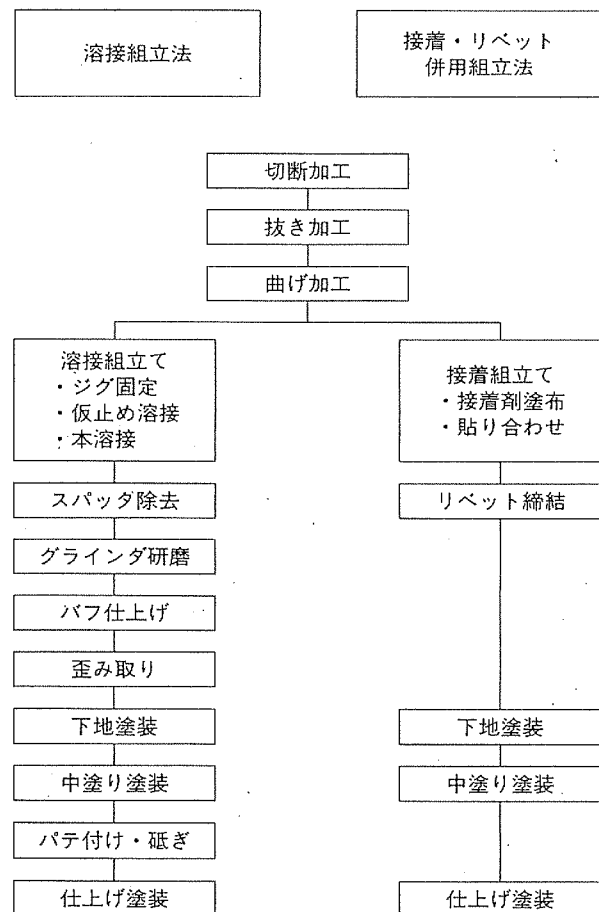


図1 組立法別の筐体・板金組立製造工程

*やぎ なおき：生産技術センター開発試作部自動化設計G担当
研究員

〒661 兵庫県尼崎市塚本町8-1-1 Tel(06)497-7400

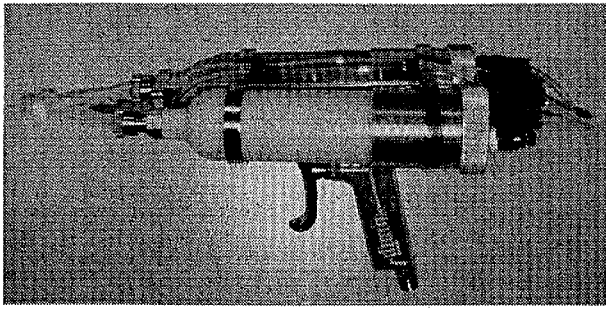


図2 接着剤塗布機

工程を示したもので、接着・リベット組立法を用いた方の製造工程数が減っていることがわかる。

3. 使用工具

接着・リベット併用組立法に必要な使用工具である2液接触硬化型接着剤塗布機、リベッタ、および締結リベットを紹介する。

(1) 接着剤塗布機本体

図2はシリンジ型空気圧駆動ガンであるが、現在チューブ型もあり、いずれも接着剤の容量はA、B剤とも200grである。

(2) 接着剤塗布ノズル

使用する接着剤が2液接触硬化型であるので、接着剤の塗布ノズルは、図3～図5に示すような多管式ノズル、スタティックミキサーノズル、および2重管ノズルを使用する。多管式ノズルは広幅多量の塗布に、スタティックミキサーノズル、2重管ノズルは狭幅少量の塗布に適している。

また、塗布機の自動化を考えた場合、塗布ノズ

ルは、ノズル内での接着剤硬化が起これにくい多管式ノズル、2重管ノズルが適している。

(3) リベッタ

リベッタの選定は、口金の寿命/着脱のしやすさや、使用するリベットとの相性を考慮する必要がある。なお、駆動源は主に空気圧である(図6)。

(4) リベット

接着・リベット併用組立法に用いるリベットは、図7に示すように、一方向からリベット締結ができるリベットで、作業性が良く、すでに航空機、建材組立には数多く使用されているものである。

試作段階でのポイント

① 従来の溶接組立法に対して、接着・リベット併用組立法は、組立後の精度修正ができないので、部品加工精度の累積が組立精度になる。とくに、リベット穴の抜き加工およびコーナ部の曲げ加工の精度が重要になるので、切断/抜き/曲げ加工機の調整を行うこと。

② 接着・リベット併用組立前における部品レベルでの溶接は行っても良いが、スパッタ除去は必ず行い、接着面にはスパッタを残さないこと。

③ 接着・リベット併用組立において、接着剤塗布、貼り合わせおよびリベット締結を行った後の修正は、多くの時間がかかるため、試作段階においては必ず仮組みを行い、組立手順を確認すること。

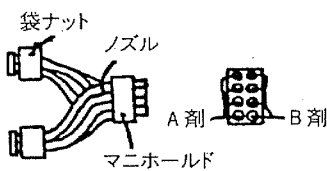


図3 多管式ノズル

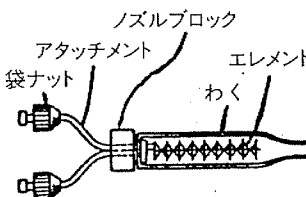


図4 スタティックミキサーノズル

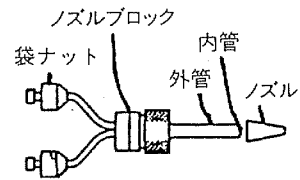


図5 2重管ノズル

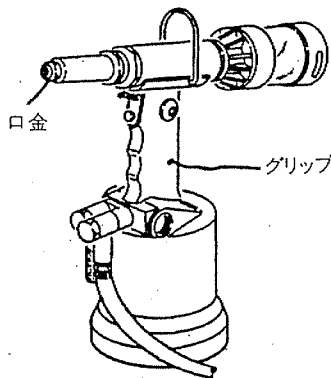


図6 リベッタ¹⁾

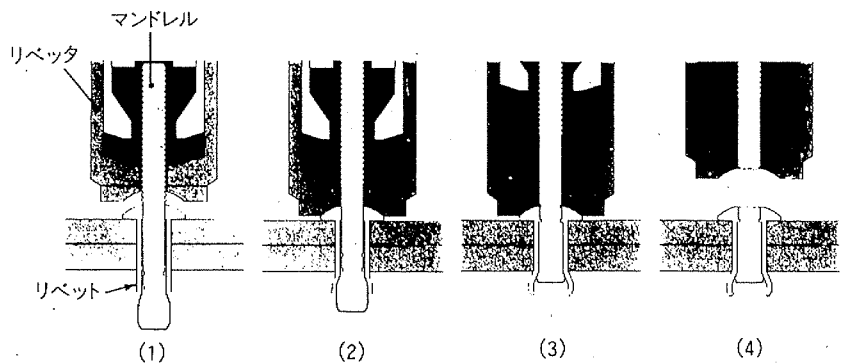


図7 リベットおよびそのかしめ順序²⁾

製品生産段階でのポイント

1. 前処理

(1) 油、汚れなどの除去

接着・リベット併用組立て前の部品は、素材時の防錆油または切断/抜き/曲げ加工時の加工油が付着するが、接着剤ハードロック M-372は油面接着性に優れており、一般的に油除去はウエス拭き程度で、良好な接着強度が得られる。しかし、接着面に水分が付着していたり、さびがあったり、マジック・泥などの汚れがある場合は接着強度が低下するので、それぞれ除去する必要がある。

(2) プライマー処理

フェライト系以外のステンレス鋼の接着において、高い強度や優れた耐久性が要求される場合は、接着剤を塗布する前に、接着面に専用プライマー(F-100：電気化学工業製)を、あらかじめハケなどで薄く塗布しておく。

2. 接着剤塗布

(1) 2液の容積配合比

容積配合比は、1：1で、目分量程度で良い。

(2) 塗布方法

2項で紹介した3種類(多管式、スタティックミキサ、2重管)の接着剤塗布ノズルを用いて、接着剤を塗布する。

(3) 塗布量

接着剤は貼り合わせたとき、接着面に十分行きわたる程度に塗布する。唯一、慣れが必要である。

3. 貼り合わせ/リベット締結

(1) 接着剤塗布開始から貼り合わせ/リベット締結終了までの作業を可使時間(5℃：6分～35℃：3分)以内で行う。

(2) 両接着面を貼り合わせた後、すぐにリベットで固定する。

仕上げ・塗装・検査のポイント

1. はみ出し接着剤除去

① 接着剤が硬化する前にヘラなどでかき取る。かき取りの際、周辺部に付着させないこと。

② 接着部の周辺に、あらかじめ塗装用マスキングテープなどを貼っておき、接着剤が硬化する前にはぎ取る。接着剤が硬化してしまうと、はぐことが困難になるので、必ず硬化前にはぐこと。

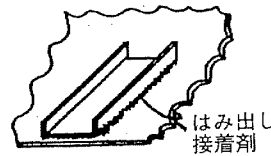


図8 接着隅部

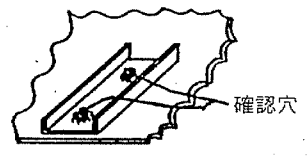


図9 接着剤確認穴

③ 接着剤が仮硬化した時点で、ヘラによってかき取る。ただし、あらかじめめっきなどがなされた面では、表面を傷つけるので適当でない。

④ 接着剤は完全に硬化しても若干柔軟性があるため、硬化後グラインダやサンドペーパーで削ることは、きれいに仕上がらない。

2. 後処理

(1) 溶接

原則として、接着後の溶接は行わないこと。どうしても必要な場合は、接着部の温度が200℃以下になるように溶接すること。

(2) 塗装

接着剤が拭き取りなどで薄く広がった部分は塗装前処理にアルカリ脱脂を行うと接着剤が浮き上がる場合があるので、はみ出し接着剤を除去しないか、はみ出した接着剤を完全に除去すること。塗装の焼付上限温度は180℃であるが、被接着材が亜鉛めっき鋼板の場合、種類によっては、焼付上限温度が130℃以下になるので注意すること。また、接着剤上には電着塗装できない。

(3) めっき

めっきによる接着強度の低下はないが、電着塗装同様に接着剤上にはめっきできない。

3. 検査、品質管理

接着・リベット作業を完了した後に、接着状態の良否を検査するのは非常に困難であるが、つぎのような方法が実際に行われている。

(1) 外観検査

図8のように、接着隅部から接着剤のはみ出しで接着忘れが検査できる。接着中央部の接着剤有無は、図9のように接着剤確認穴を設けることで、接着忘れが容易に判断できる。

(2) 接着剤の硬化状態の検査

接着剤のはみ出し部分について、硬化状態を調べ、未硬化部分の有無を調べる。また、接着剤が硬化した後、接着部を叩いたときの音の高低で、接着による構造の剛性向上および接着剤の硬化状

態も判断でき、超音波による診断も可能である。

(3) 接着強度検査

製品と同一材料、同一接着作業工程（前後工程を含む）で、製品と同時に試験片を作製し、試験片について接着破壊強度、破壊状態を調べる。

安全衛生

詳細なことについては、電気化学工業が発行している MSDS（製品安全データシート）に記載されているので、ここでは要点のみ紹介する。

1. 作業環境

ハードロック M-372は臭気があるので、接着作業場所は換気可能な作業場で行うこと。また、臭気のもとである接着剤に含まれる MMA（メチルメタアクリレート）は、空気より重く床面付近に溜まりやすいので、作業場所のドアをあけるだけでも、効果的な換気が可能である。

2. 保護具

保護具は MSDS に準拠するが、保護眼鏡は必ず着用すること。組立部品が大物またはバリ・カエリがある場合、溶接用皮手袋、すべり止め付き軍手を使用すること。

3. 接着剤の保管方法

接着剤は直射日光を避け、冷暗所あるいは冷蔵庫に保管すること。保管の際、接着剤を密封すること。メーカー保証は出荷後、冷暗所（直射日光

の当たらない30℃以下の環境下）保管で2カ月、冷蔵庫保管で6カ月である。

4. 筐体製品、接着剤などの廃棄方法

① 接着・リベット併用組立筐体は、従来の溶接組立筐体と同様に廃棄処分できる。

② 不要接着剤は、おがくずなどに吸収させて少量ずつ焼却するか、公的に認許された産業廃棄物業者に廃棄を委託（MSDSを添付）する。また、少量の場合は、混合硬化させてから焼却する。

③ 施工中に使用したウエスなどは焼却する。

☆

接着・リベット併用組立法は、接着剤の硬化までの仮固定治具の代用としてリベットを使用することで、接着剤が硬化しなくても、つぎの作業に移ることができる。しかも、接着剤のみの組立であれば電氣的な導通がないが、本組立法はリベットを併用することで、この問題点も解決している。このように、リベットを併用することが施工の点からも、非常に重要なポイントであることを忘れていただきたい。

参考文献

- 1) ㈱ハック・リミテッド：ブラインドリベット締結ツール 241/242取扱説明書
- 2) 同：ADVANCED FASTENING SYSTEMS PRYDUCTS GUIDE.

5. 接着剤とリベット併用による板金筐体の強度と耐久性・信頼性

〔原質 康介*〕

配電盤や制御盤に使用される筐体は、代表的な少量多品種生産品で、主として人手によるアーク溶接により組み立てられている。しかし、近年の技術の空洞化により、熟練技能を有するアーク溶接作業者の減少が著しく、安定生産や品質の維持が困難になりつつある。また、アーク溶接作業は騒音、塵埃、閃光を発生し、3 K 作業の代表とされ、作業環境の改善も急務である。さらに、溶接にともなう熱歪みやスパッタの除去、塗装時のパテ埋め・砥ぎなどコストダウンの障害となる作業

も多い。

このような背景から、三菱電機では、筐体組立作業の熟練技能からの脱皮と作業環境の改善、コストダウン、性能向上を目的に、従来の溶接に代わる組立方式として、接着剤とリベットを併用する画期的な板金組立技術を開発・実用化している。この技術は、配電盤や制御盤用筐体だけでなく手作業によるアーク溶接が行われているあらゆる板金製品の組立てに適用できるものである。

ここでは、設計・施工のポイントから強度・耐久性にいたるまで、実際の導入に際して必要な技術を解説した。

*はらが こうすけ：先端技術総合研究所環境・分析評価技術部参事

〒661 兵庫県尼崎市塚臼本町8-1-1 Tel(06)497-7542

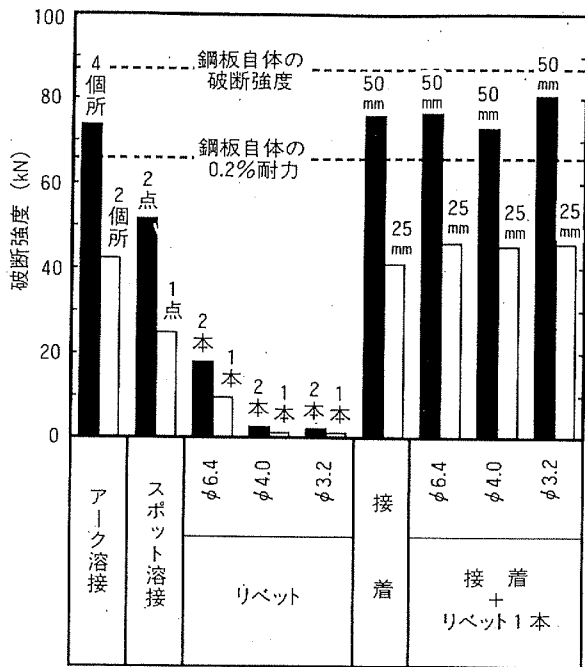


図1 アーク溶接，スポット溶接，リベット，接着，接着・リベット併用の接合強度の比較（板厚2.3 mmの鋼板同士）

はじめに

接着剤を用いて板金構造物を組み立てるということは、接着にあまりなじみのない人にとっては、その強度や耐久性に強い不信感があるものである。ところが実際には、接着接合は溶接に十分匹敵する強度と耐久性を有している。

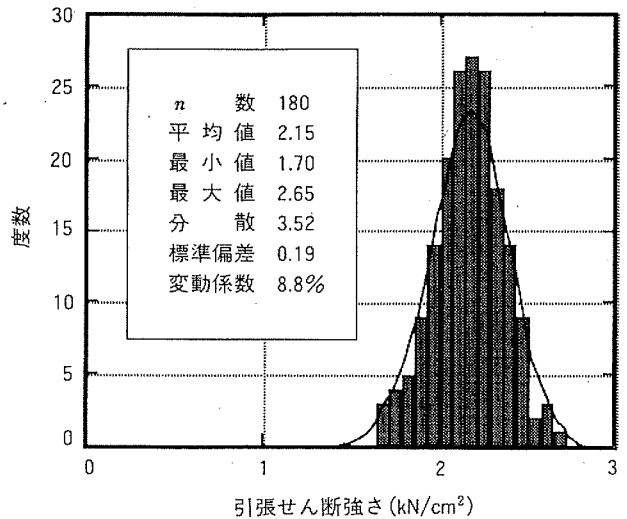


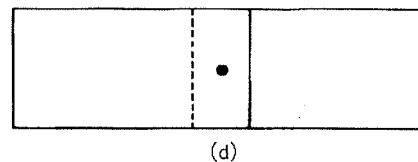
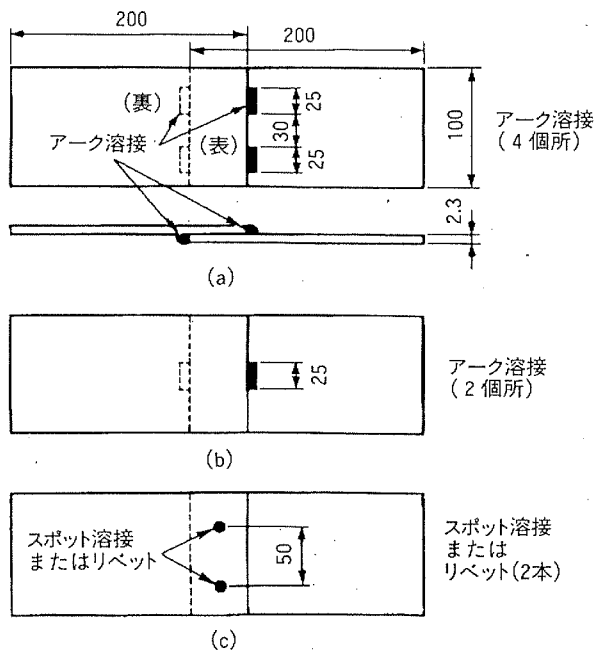
図3 鋼板同士の接着における接着強度のヒストグラム（引張せん断試験，板厚1.6t，重ね合せ長さl=12.5mm）

以下に、接着および接着・リベット併用接合の強度，耐震性，長期耐久性について説明する。また、実効接着強度についても説明する。

接着および接着・リベット併用接合の強度

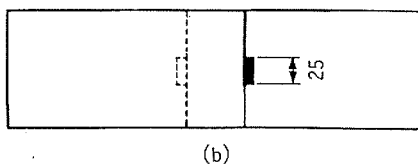
1. 溶接，リベットとの強度の比較

図1は「ハードロック M-372」による接着および接着・リベット併用の引張せん断強度を、アーク溶接，スポット溶接，リベット締結と比較した



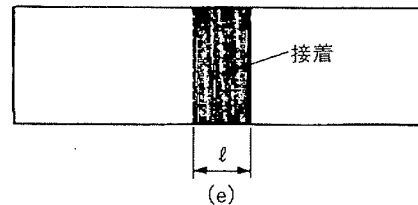
スポット溶接
または
リベット(1本)

(d)



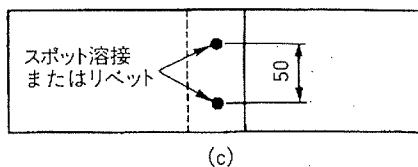
アーク溶接
(2個所)

(b)



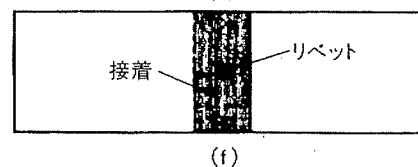
接着
($l=25, 50$)

(e)



スポット溶接
または
リベット(2本)

(c)



接着・リベット(1本)
併用
($l=25, 50$)

(f)

(単位: mm)

図2 接合強度測定用試験片の種類と形状・寸法

表1 JEAG-3605の設計レベル2クラスIおよびJIS Z 0200の振動試験条件

| | JEAG-3605 設計レベル2クラスI | | JIS-Z 0200 |
|-------|-------------------------|------------------|------------|
| | 掃引試験 (共振点の調査) | 耐震強度試験 | 運搬耐久性試験 |
| 周波数範囲 | 1 Hz 以上 | 共振周波数 | 5 ~ 55Hz |
| 加振方向 | 左右, 前後, 上下 | 左右, 前後, 上下 | 左右, 前後, 上下 |
| 加速度振幅 | 0.25G | 0.25, 0.5, 0.75G | 0.75G |
| 加振時間 | 任意 | 正弦30波 | 40分 |

結果である。試験片の種類と形状・寸法を図2に示した。アーク溶接、スポット溶接、リベット締結では、重ね合せ長さ l を25mm一定とし、溶接やリベットの点数、大きさを変化させた。接着および接着・リベット併用の場合は、 l を25mmと50mmの2種類とした。図1の結果より、つぎのことがわかる。

(1) 接着では、 l を25mmとれば、アーク溶接2個所の強度と同等の強度が得られ、 l を50mmとれば、アーク溶接4個所の強度と同等の強度が得られる。

(2) l が50mmの接着では、鋼板自体の耐力を越える強度が得られる。

(3) 接着・リベット併用の強度は、リベット径にかかわらず、接着のみの強度と同じである。これはリベットの強度が低いため、リベットはほとんど強度に寄与していないためである。

2. 接着強度の再現性とばらつき

接合強度を考える場合、平均値だけではなく強度の再現性やばらつきを考慮することはきわめて重要である。図3は、ハードロック M-372により軟鋼板同士を各5個ずつ36回に分けて接着した合計180個の試験片の接着強度のヒストグラムと統計値である。この結果より、ハードロック M-372は

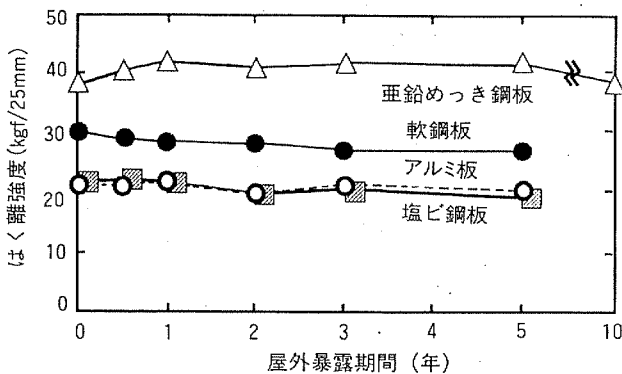


図4 各種の被着材料における屋外暴露試験の結果

表2 接着・リベット併用筐体の共振周波数 (溶接筐体との比較)

| | 加振方向 | 接着・リベット併用筐体 | 溶接筐体 |
|-------|------|-------------|---------|
| 共振周波数 | 左右 | 8.8Hz | 5.0Hz |
| | 前後 | 9.5Hz | 9.3Hz |
| | 上下 | >55.0Hz | >55.0Hz |

強度の再現性に優ればらつきが少ないことがわかる。これは、ハードロック M-372は、優れた油面接着性、配合比や混合度の許容範囲の広さなどの特徴を有しており、表面状態や作業条件の影響を受けにくいと思われる。

接着・リベット併用筐体の耐震性

耐震設計規準の一例として JEAG-3605(火力発電所の耐震設計指針) の設計レベル2クラスIおよび JIS Z 0200(包装貨物の評価試験方法通則) の振動試験条件を表1に示した。

表2は、表1の耐震試験条件に基づいた発電所向けデジタル制御盤(DDC盤)用筐体の振動試験における共振周波数である。なお、1995年1月の阪神大震災では、地表面で最大833ガル(0.85G)の水平方向の揺れが観測されているため、耐震強度試験は規格を上回る0.87~0.89Gで行っている。表2の結果より、接着・リベット併用組立筐体は溶接組立筐体の共振周波数を上回っており、また共振周波数で0.87~0.89Gの加速度で実施した耐震強度試験および0.75Gでの運搬耐久性試験においても接着・リベット併用組立筐体はまったく異常が見られず、溶接組立筐体を上回る優れた耐震

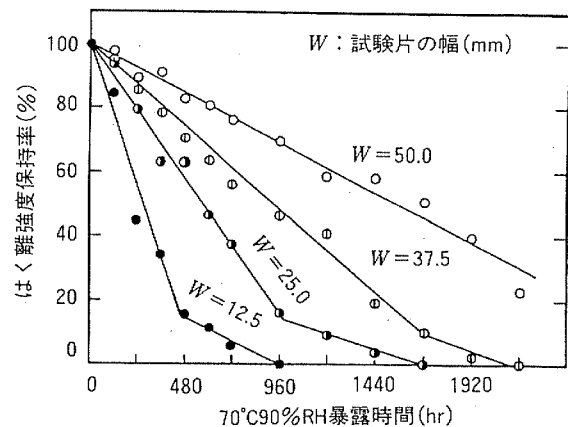


図5 接着部の寸法と耐湿性

表3 接着部の幅と平均吸水率が1.32%に達する時間の比較 (70℃ 90% RH 雰囲気暴露)

| 接着部の幅 W (mm) | 到達時間 t (hr) |
|-----------------|----------------|
| 25 (1) | 360 (1) |
| 50 (2) | 1440 (4) |
| 75 (3) | 3240 (9) |
| 100 (4) | 5760 (16) |
| 125 (5) | 9000 (25) |

注) ()内は幅25mmに対する比率

強度を有しているといえる。

接着の長期耐久性

1. 屋外暴露試験結果

筐体組立用接着剤ハードロック M-372は、すでに15年以上のフィールド実績を有しており、高い信頼性が立証されているものである²⁾。

図4は、ハードロック M-372により接着した各種の材料の屋外暴露試験の結果である。試験片は、幅25mm、接着部の長さ150mmのはく離試験片である。この結果より、長期の屋外暴露においてほとんど強度低下が見られず、耐久性に優れていることがわかる。

2. 接着部の寸法と耐久性、長期劣化の予測

屋外環境における劣化の主要因は接着部への水分の侵入によるものであり、水分は接着部の周辺からのみ侵入するため、耐水性は接着部の寸法により変化する。図5は、ハードロック M-372で接着した接着部の幅 W が異なる4種類の試験片(接着部長さ150mm)の耐湿性試験における接着強度の変化の比較である。この結果より、同一環境でも接着部の寸法により耐湿性が著しく異なることがわかる。

表3には、接着部の幅 W と、高湿度中において接着部の平均吸水率が1.32%に達するまでの時間 t の関係を示した。表3から、接着部の幅が大きくなるほど吸水に要する時間は長くなり、接着部の幅が2倍になれば時間は4倍になる³⁾ことがわかる。

図6は、接着部の幅が12.5mmと25mmの場合の屋外暴露試験の比較である。○●が実測値、破線(I)は幅12.5mmの実測値の近似直線で、直線(II)は直線(I)の傾きを1/4にしたものである。その結果、直線(II)は幅25mmの実測値とよく一致している。つまり、接着部の幅が2倍に

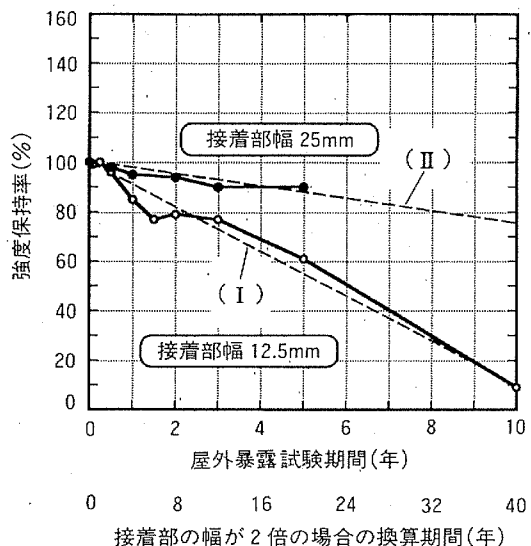


図6 接着部の幅が異なる試験片における屋外暴露試験結果と幅を変化させた場合の長期経時変化の予測

なると強度低下の速度は1/4になるわけである。図6の横軸に示すように、接着部の幅を12.5mmから25mmへ、あるいは25mmを50mmに2倍に広げた場合は、横軸の時間軸を4倍に換算できることになり、長期間の推定ができる。

3. 耐疲労特性

常に大きな繰返し荷重が加わっている場合には強度低下の要因となるが、接着接合は面接合であるため接合部に生じる応力集中はスポット溶接などの点接合に比べて非常に小さく、一般に接着接合物の疲労特性はスポット溶接よりも優れている。図7に、各種接合方法の疲労特性の比較を示した。ハードロック M-372の疲労限は静的強度の20~30%と考えれば十分である。

4. リベット併用による継続荷重下での耐久性の改善効果

接着部に荷重が負荷された状態で長期間使用されると無負荷の状態に比べて劣化を起しやすく、また、湿度が高い状態では劣化が大きくなる。接着部に負荷荷重が加わる場合の劣化の防止にはリベットの併用が効果的である。図8⁴⁾に、高湿度中における接着と接着・リベット併用のクリープ破断特性の比較を示した。リベット併用によりクリープ破断特性が大きく改善されることがわかる。

実効接着強度

接着・リベット併用法により構造物を設計する

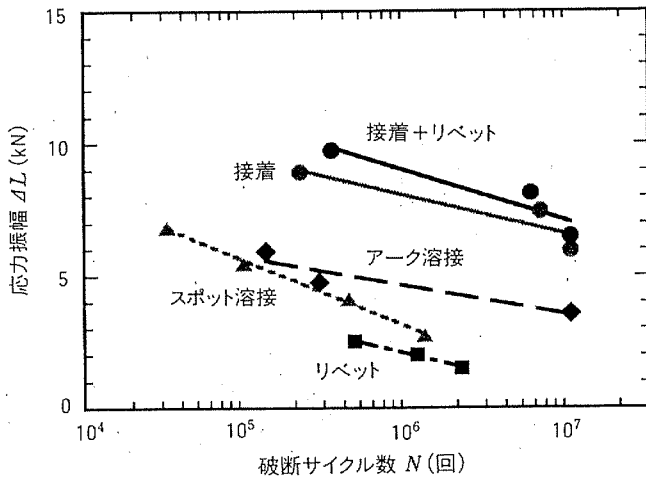


図7 各種接合方法の疲労特性の比較(1.6t 軟鋼板同士)

場合、接合強度の実力をどの程度に見積るかは非常に重要である。一般に、引張せん断接着試験片を用いて室温で強度測定を行い、静的な平均せん断強度 τ_R を求めるが、この強度をそのまま適用することはできない。長期間にわたり高い信頼性で接合性能を維持できる接着強度の実力をここでは「実効接着強度」と呼んでいる。室温における静的なせん断強度の平均値 τ_R から実効接着強度 τ_0 を求めるには、各種の強度低下因子について、それぞれ強度低下係数 η を求める必要がある。ハードロック M-372 における強度低下係数 η は、つぎの通りである。

(1) 接着強度のばらつき、再現性： $\eta_1=0.7$

(2) 使用環境温度：

$\eta_2=0.75$ (40°C), 0.5 (60°C), 0.33 (80°C)

(3) 繰返し荷重の負荷 (疲労)： $\eta_3=0.2$

(4) 長期環境劣化： $\eta_4=0.8$ (ただし、水に濡れる接着部の寸法を50mm以上とした場合)

(5) 継続荷重の負荷 (クリープ)：

$\eta_5=0.3$ (ただし、リベット併用の場合)

なお、 η_5 は η_3 より大きいので、繰返し荷重の負荷を考慮している場合には継続荷重の負荷は考慮しなくてもよいと考えられる。

以上より、ハードロック M-372 による接着・リベット併用接合部の強度低下係数 η_0 は、もっとも低い場合には、

$$\eta_0 = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 = 0.037$$

となり、繰返し荷重の負荷 (疲労) が加わらず、接合部の温度が40°Cまでしか上昇しない場合は、

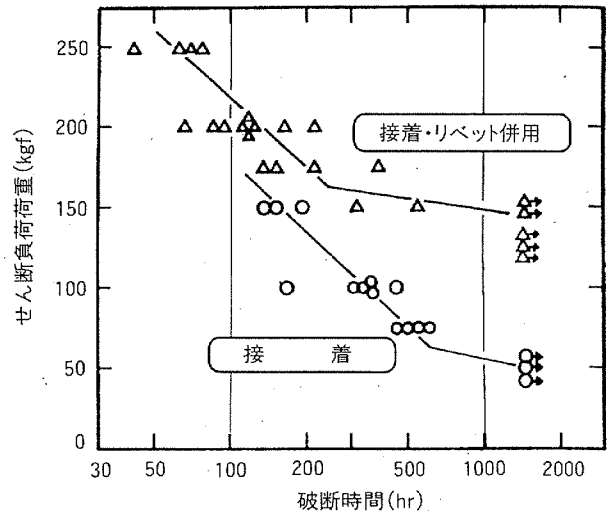


図8 接着と接着・リベット併用試験片のクリープ破断特性の比較 (60°C 90% RH 雰囲気中)

$$\eta_0 = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_4 \times \eta_5 = 0.126$$

となり、実効接着強度 τ_0 は、

$$\tau_0 = \tau_R \times \eta_0$$

であるので、それぞれ τ_R の約 1/30, 約 1/8 となる。この値は非常に小さく感じられるが、たとえば τ_R が 200kgf/cm² とすれば、接着面積が 25mm × 100mm の場合にはそれぞれ 185kgf, 630kgf となり、十分な強度である。

☆

接着および接着・リベット併用接合の強度、耐震性、長期耐久性および実効強度について説明した。接着の利点は面接合が容易にできることであり、接着面積を増加させれば強度を容易に増加させることができる。長期環境劣化の点からの最小寸法を確保した上で必要強度が得られるように接着部の寸法を決定すれば、溶接を上回る性能の構造物を容易に形成することが可能である。なお、リベットを併用することは耐久性、信頼性の点からも非常に重要なポイントであることを忘れていただきたい。

参考文献

- 1) 朝日新聞, 1995年1月18日夕刊
- 2) 原賀康介他: "電気機器における構造接着技術の開発と実用化", 日本接着協会誌, 25 (11) 528 (1989).
- 3) 宮入祐夫編: 接着応用技術, P.515, 日経技術図書 (1991).
- 4) 原賀康介他: "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", 日本接着協会誌, 21 (1) 4 (1985).

スポット溶接やアーク溶接に代わる 画期的な板金組立法

接着・リベット併用組立法 MELARS

特徴

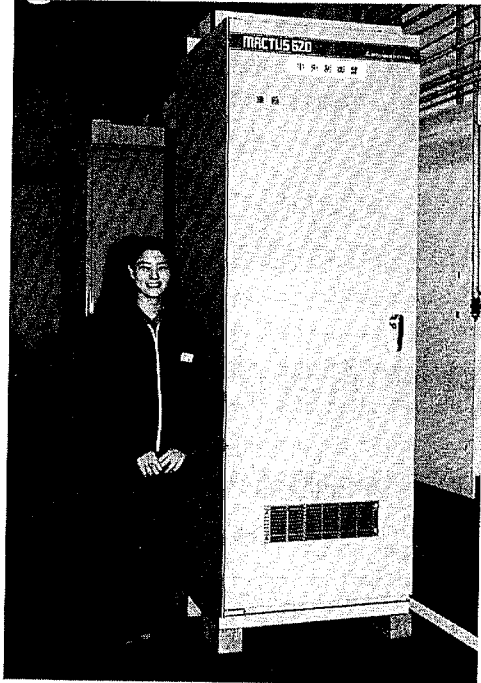
製品の性能向上が図れます。

- ◆剛性、耐震性が向上します。
- ◆繰り返し疲労特性が向上します。
- ◆接合強度が向上します。
- ◆異種材料の接合が可能になります。
- ◆軽量化が図れます。
- ◆意匠性、寸法精度が向上します。
- ◆シール性が向上します。
- ◆重ね合せ部での錆発生がなくなります。

作業性の向上が図れます。

- ◆溶接歪みの除去作業が廃止できます。
- ◆塗装工程が簡略化できます。
- ◆シール作業が廃止できます。
- ◆大がかりな設備が不要です。
- ◆作業場所を選びません。
- ◆3K作業からの脱皮が図れます。
- ◆熟練技能からの脱皮が図れます。

製作コスト20%強の低減を実現(当社比)



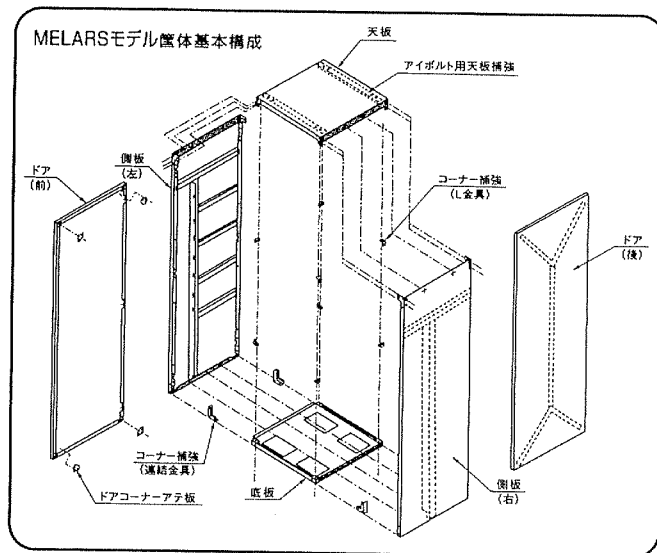
◎当社では、MELARSモデル筐体の組立手順を収録したビデオ(テキスト付き)を販売。

◎MELARSモデル筐体(右図)の板金パーツを販売(リベット、接着剤付)。

※必要に応じて治工具類の貸し出しもいたします。

◎貴社の要望に応じて、MELARS筐体の設計・試作を行います。

◎量産化をお手伝い致します。



N 長崎菱電テクニカ株式会社

本社 〒850-91 長崎市丸尾町4番地
[三菱電機(株)長崎製作所丸尾工場構内]
TEL0958-62-8651(ダイヤルイン)
FAX0958-61-6786

時津事業所 〒851-21 長崎県西彼杵郡時津町浜郷517-7
[三菱電機(株)長崎製作所時津工場構内]
TEL0958-81-1651(ダイヤルイン)
板成製造部

お問い合わせ先
TEL0958-81-1235 FAX0958-81-1685

- 部品加工事業
- (1)各種板金製作、溶接、接着、塗装品製作・販売
 - (2)プラスチック成形品製作・販売
 - (3)簡易制御盤組立と各種電線製作・販売
- 施設技術事業
- (1)自動化装置・設備の設計、施工
 - (2)各種産業・工作機械の法定点検、整備(プレス、NC加工機等)
 - (3)車両整備認定工場(乗用車/フォーク車等整備・車検)

- (4)建築事業…一級、二級建築士数名、長崎市指名業者認定
- ①輸入住宅建築工事…数件の実績あり
 - ②一般住宅新築工事
 - ③一般住宅リフォーム工事
- (5)電気・電子機械工具計測器校正管理
- (6)環境測定、公害防止技術事業…作業環境測定士
- ①騒音、振動、粉塵、有機溶剤、温度・湿度管理
 - ②その他化学分析(大気、水質等)
- 海外事業…中国に板金工場所有