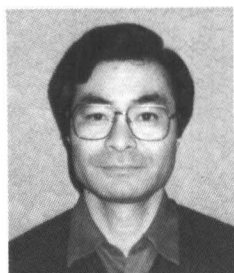


③ 電気機器における構造接着技術*

原 賀 康 介**



Technology of Structural Adhesive Bonding for Electric Instruments*

by Kosuke HARAGA**

キーワード：電気機器，構造接着，金属筐体，接着・リベット併用，接着剤，リベット，低歪み接合，エネルギー削減，薄板化

1. はじめに

電気・電子機器の組み立てにおいて接着技術は必要不可欠な要素技術の一つである。しかし，接着接合は分解のしにくさから，環境問題が叫ばれている昨今，敬遠される技術でもある。一方，接着接合は溶接のような熱接合ではなく室温でも接合できるので，組立工程におけるエネルギー削減という点では非常に有効である。また，面接合による応力分散は薄板化・軽量化を可能とする。さらに，熱変形の除去やパテによる歪み修正などの作業が不要なため，熟練技能や3K作業からの脱皮，コストダウン，工場騒音の低減などにも効果を発揮する。

以下に，最近注目されている接着剤とリベットの併用による電気・電子機器用金属筐体の組立技術を紹介する。電気・電子機器用金属筐体は多品種少ロット生産の代表的なもので，これまでは主として手作業による溶接組立に頼ってきたものである。

2. 金属筐体の接着・リベット併用組立

2.1 接着・リベット併用組立法の概要

図1に，電気・電子機器用金属筐体の一例を示した。図2¹⁾は，接着・リベット併用組立法による金属筐体の構造の一例である。基本的に板金曲げのパネル構造である。

接着・リベット併用組立法は，接着剤を塗布して部品を貼り合わせた後，接着剤が硬化する前に接着部にリベットを打つもので，接合強度や耐久性は基本的に接着接合に依存し，接着接合の弱点をリベット締結により補い，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) 接着剤が硬化するまでの固定治工具の代用，(2) アースや電着塗装，電磁シールドのための電氣的導通の確保，(3) 焼き付け塗

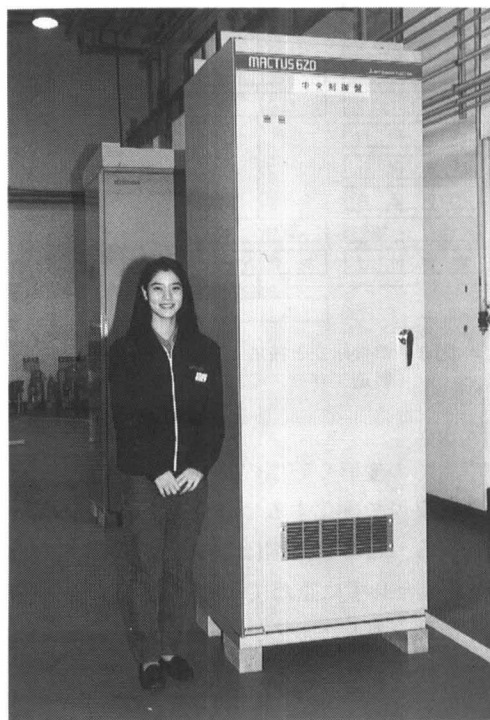


図1 電気・電子機器用金属筐体の一例

*原稿受付 平成12年12月11日

**正 員 三菱電機(株) Member, Mitsubishi Electric Corp.

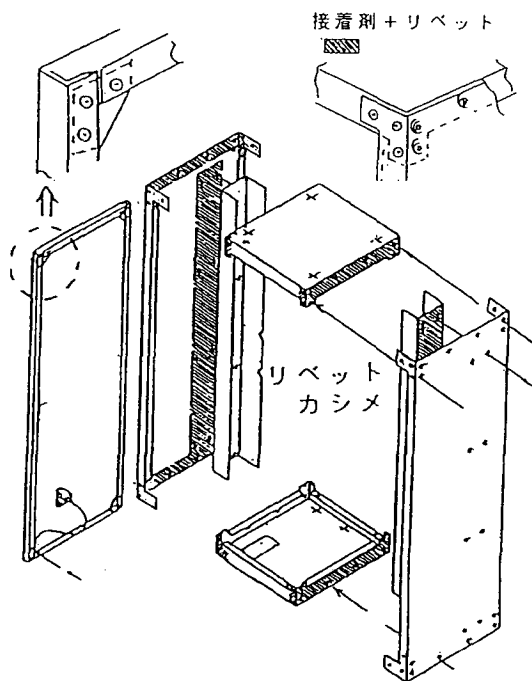


図2 接着・リベット併用組立法による筐体の構造の一例
(800W×800D×2300H)

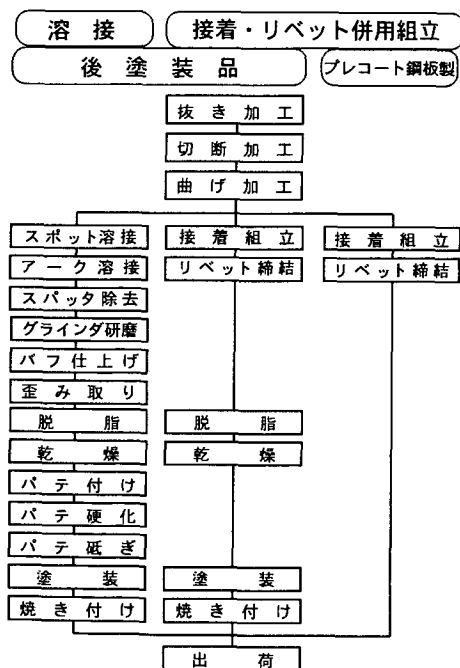


図3 溶接組立と接着・リベット併用組立の製造プロセスの比較

装時の高温での変形や破壊の防止、などである。

接着剤は室温で硬化する2液型アクリル系接着剤が使用されている。この接着剤は、油面でもそのまま接着でき、2液を混合せずに重ねて塗布するだけでよいなどの優れた作業性を有している。リベットは、作業性に優れた片側からの締結ができるタイプが使用されている。

溶接組立と接着・リベット併用組立の製造工程の比較を図3に示した。接着・リベット併用組立では接合時に

表1 接着・リベット併用組み立てによる重量、作業時間、コスト、工期、工場騒音の低減効果

	溶接	接着・リベット併用組立			
		鋼板		めっき鋼板	
		塗装	半塗装	塗装鋼板	塗装レス
		3.2mm	2.3mm	1.6mm	
筐体重量	100%	82%	82%	57%	57%
	(246kg)	(201kg)	(201kg)	(140kg)	(140kg)
作業時間	100%	69%	53%	58%	36%
コスト	100%	80%	69%	70%	61%
工期	100%	82%	73%	73%	64%
工場騒音	98ホーン	80ホーン	80ホーン	80ホーン	80ホーン

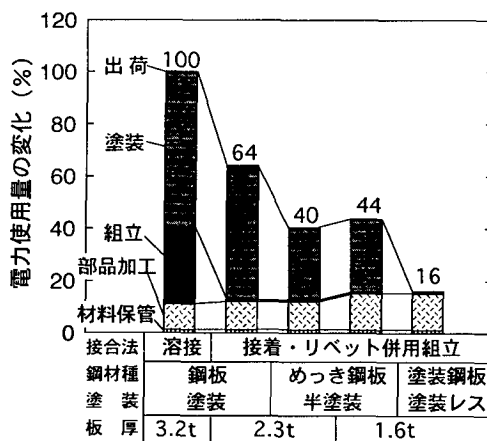


図4 筐体組立工程における電力使用量の比較

熱歪みが生じないため、歪み修正やパテ作業が不要となり、製造工程の大幅な合理化ができる。鋼板メーカーであらかじめ塗装されたプレコート鋼板を使用すれば、塗装工程も全廃できる。

表1に、溶接から接着・リベット化した場合の、筐体重量、作業時間、コスト、工期、工場騒音の低減効果を示した。

2.2 エネルギー削減効果

図4は、図2に示した筐体の材料受け入れから筐体が完成して出荷されるまでに工場内で使用される電力使用量の変化を示したものである。電力使用量は、溶接から接着・リベット化することにより36%削減され、亜鉛めっき鋼板化して内面の塗装を省くことにより60%も削減されることがわかる。塗装鋼板を用いた場合には84%もの削減ができ、溶接構造のわずか16%の電力で製造できることがわかる。内訳で見ると、接着・リベット併用法では部品組立工程での溶接の電力がゼロとなり、亜鉛めっき鋼板化するとパテ作業が不要なため塗装工程での電力使用量が大きく低減され、塗装鋼板化した場合は当然であるが塗装工程での電力使用量はゼロになっている。

図5は、塗装の加熱用燃料として使用されるガスの使用量の変化を示したものである。溶接構造から接着・

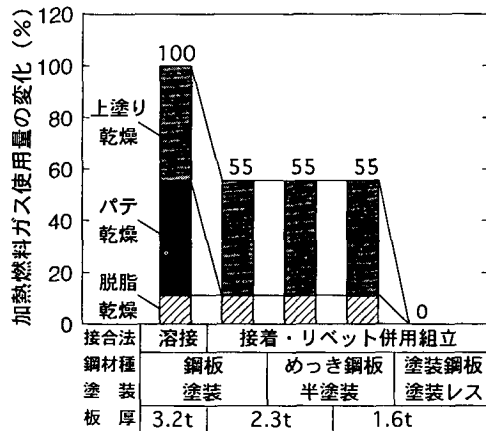


図5 塗装工程における加熱燃料ガス使用量の比較

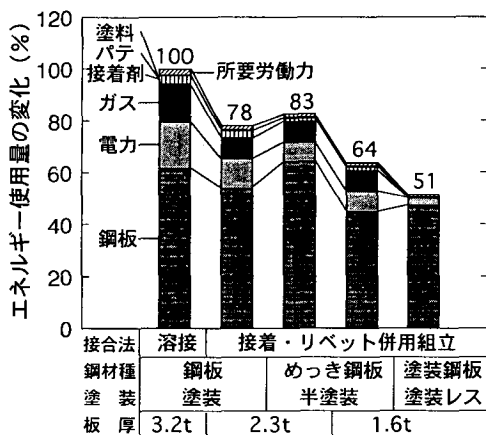


図6 原料採掘から筐体完成までの全使用エネルギー量の比較

リベット化することにより、パテの硬化が不要になるためガス使用量は半減している。塗装鋼板の場合は当然ゼロになる。

接着・リベット化、亜鉛めっき鋼板化、塗装鋼板化により、工場内のエネルギー使用量が低減できたとしても、素材の高機能化に伴い素材メーカーでのエネルギー消費量が逆に増加しているとすれば問題である。地球環境的観点からは原料採掘段階からの総消費エネルギーで考える必要がある。そこで、素材である、鋼板、亜鉛めっき鋼板、塗装鋼板、塗料、パテ、接着剤について、原料（鉄鉱石、原油）採掘段階から材料完成までに消費されるエネルギー量を計算し、図4、図5に示した電力、燃料ガスのエネルギー使用量と合算して全消費エネルギーを求めた。その結果を図6³⁾に示した。全消費エネルギー量は、溶接構造から接着・リベット化することによって78%に減少し、亜鉛めっき鋼板で薄板化すると64%に減少し、塗装鋼板化した場合には51%にまで低減されることがわかる。なお、鋼板を製造するために使用されるエネルギーは非常に大きく、さらなるエネルギー削減のためにはいっそうの薄板化が必要である。

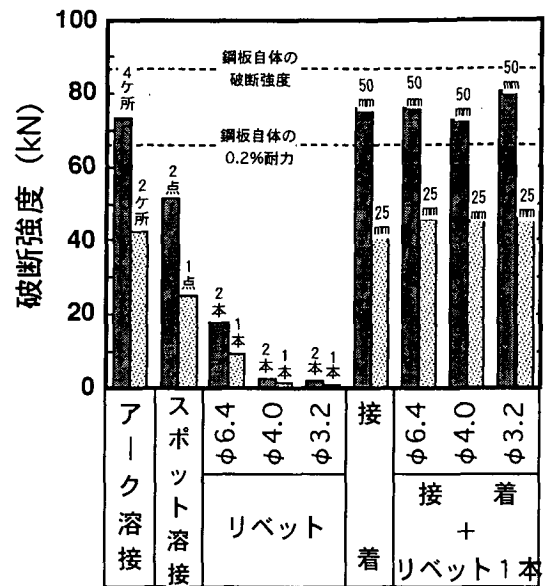


図7 アーク溶接、スポット溶接、リベット、接着、接着・リベット併用の接合強度の比較（板厚2.3mmの鋼板同士）

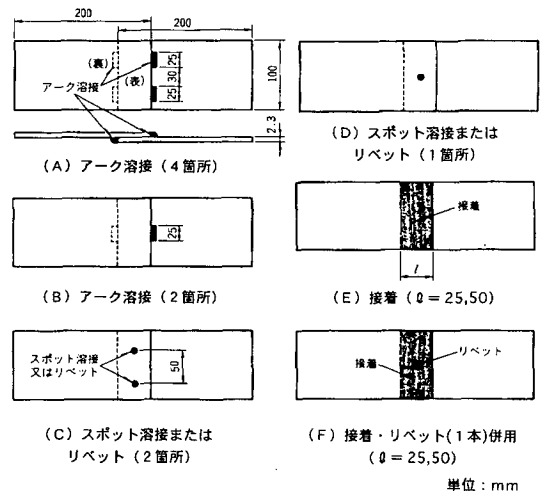


図8 接合強度測定用試験片の種類と形状・寸法

2.3 接着・リベット併用法の強度と耐久性

図7²⁾は、アーク溶接、スポット溶接、リベット、接着、接着・リベット併用の引張りせん断強度の比較である。図8³⁾に試験片の種類と形状・寸法を示した。この結果より、接着・リベット併用接合はアーク溶接と同等の強度を有していることがわかる。なお、接着と接着・リベット併用接合の強度は同等であり、併用による強度上昇は認められない。これは、リベットの強度が接着に比べて低いことと、リベットが接着部の中央にあるためリベットに力がほとんど伝わっていないためと考えられる。

表2は、図2に示した筐体の振動試験における共振周波数である。接着・リベット併用筐体の共振周波数は溶接筐体より高くなっており、剛性に優れていることがわかる。

図9³⁾は、接着、接着・リベット併用（1.6t）と溶接、リ

表 2 接着・リベット併用筐体と溶接筐体との共振周波数の比較

	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	8.8 Hz	5.0 Hz
	前後	9.5 Hz	9.3 Hz
	上下	>55.0 Hz	>55.0 Hz

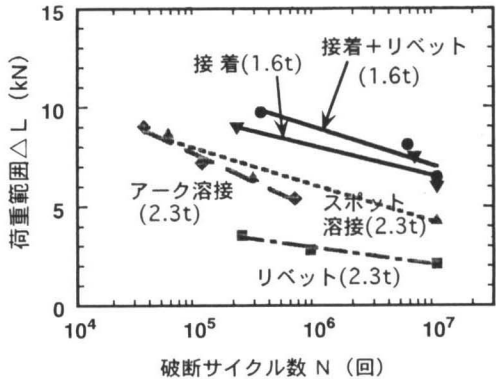


図 9 接着，接着・リベット併用（1.6t）と溶接，リベット（2.3t）の疲労特性の比較

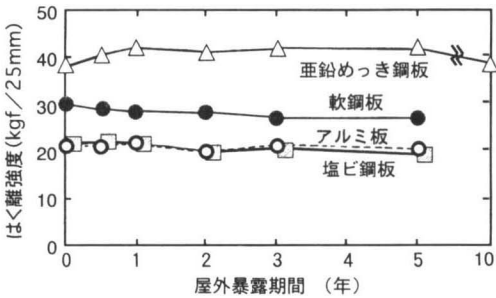


図 10 各種の被着材料における屋外暴露試験結果

ベット（2.3t）の疲労特性の比較である。接着，接着・リベット併用接合は面接合で応力分散が図れるため薄板でも優れた疲労特性を示している。

図 10³⁾は，各種の被着材料における接着の屋外暴露耐久性である。長期間屋外においても強度低下は小さいことがわかる。

2.4 接着・リベット併用組立法の適用事例

図 1，図 2 に示したようなパネル構造筐体の他にも多くの板金構造物の組み立てに接着・リベット併用法は適用されている。

図 11³⁾は，500 系新幹線用空調機の室内機でありアルミが使用されている。新幹線の高速化につれて機器の軽量化は重要な課題であり，FRP も使用され，アルミ／

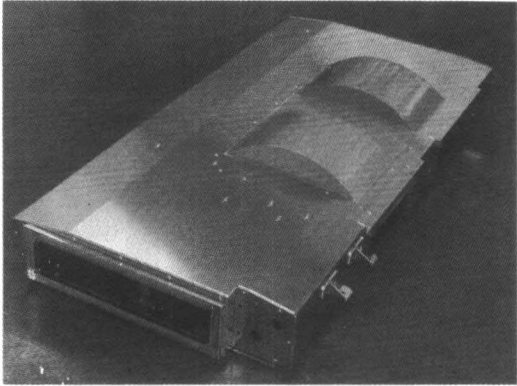


図 11 接着・リベット併用法により組み立てられた列車空調装置の箱体



図 12 接着・リベット併用法により製造されたフレーム構造筐体

FRP の接着・リベット併用接合がなされている。接着剤の使用により，薄板でも剛性が高く，振動・疲労にも強く，低騒音の装置となっている。

図 12⁴⁾は，フレーム構造筐体である。この筐体は，フレーム接合部を接着・リベット接合用に最適化することにより，従来の溶接筐体と同等の耐震性，強度，耐久性を有しながら，40%の軽量化と工期短縮を実現している。

参 考 文 献

- 1) 原賀康介，谷 尚記，緑川 聡：“板金構造物の接着・リベット併用組立による製造エネルギーの削減”，第 38 回日本接着学会年次大会講演要旨集，P. 7 (2000)。
- 2) 緑川 聡，永田一也，原賀康介：“接着剤とリベットの併用による板金構造物の組立技術「MELARS」”，接着の技術，VOL. 19. No. 1. 85. (1999)。
- 3) 三菱電機（株）カタログ“接着・リベット併用組立法「MELARS」”
- 4) “接着・リベット併用組立法”MELARS”による大型フレーム構造筐体，塗装鋼板製筐体”，三菱電機技報，VOL. 72. No.1. 86. (1998)。