

板金構造物の接着設計と耐久性*

—— エレベータ，配電盤の構造接着 ——

原賀康介**

*Durability and Design of Adhesive Bonding for Sheet Metal Structures
- Applications to Panels of Elevators and Boxes of Control Boards - /
Kosuke HARAGA*

Key words: adhesive bonding, durability, bond strength, adhesion, elevator, control board, panel

1. ま え が き

板金構造物の組立には、従来から溶接，ねじ・リベット，かしめなどが多用されているが，最近では接着剤が使用されるケースも増加している．接着接合を採用する目的は，軽量化と高強度化の両立，外観意匠性の向上，製造工程の合理化，異種材料の接合，熟練技能や3K作業からの脱皮などである．これは，接着接合の持つ面接合性，低ひずみ性，常温接合性などの特徴によるものである．しかし，接着接合を用いる場合は，材料設計，構造設計，プロセス設計，設備設計，品質管理などが従来の接合方法とは異なることが多い点が大きな課題である．特に，材料設計と構造設計は接着の強度や耐久性に直接影響するとともに，製造工程や設備にも大きな影響を及ぼす．接着耐久性については不明な点が多く，接着剤適用上の大きな障害である．

以下に，エレベータの意匠構造パネル組立と配電盤や制御盤の筐体組立における接着の事例と，長期接着耐久性を確保できる接着強度の実力，すなわち実効接着強度について示す．

2. 適 用 例

2.1 エレベータ意匠構造パネルの接着組立

図1に示すように，エレベータのかご室の壁や扉などの

意匠構造パネルは，高い剛性と優れた意匠性また軽量性が必要であり，意匠材の裏面に補強材が接着されている．パネルの材質，形状，寸法，意匠はさまざまで，典型的な多品種少量生産品である．意匠材としては鋼板（塗装），ステンレス鋼板（エッチング，鏡面，ヘアラインなど），塩ビ鋼板，亜鉛めっき鋼板（塗装）などがあり，従来は，図2に示すように，鋼板や亜鉛めっき鋼板では補強材を意匠材に直接スポット溶接して塗装する溶接单板構造，ステンレス鋼板では溶接单板構造のパネルの上にステンレス意匠材を接着する二重構造となっていた．現在では，多品種少量生産を自動化ラインで効率よく行うとともに，軽量化を図るために，図3に示すように接着接合を用いて構造の簡素化と標準化がなされ，製造方法の統一が図られている．構造面では，軽量で剛性の高いコルゲート状補強材を全面接着接合する構造が採用され，さらに，意匠材も薄肉化さ

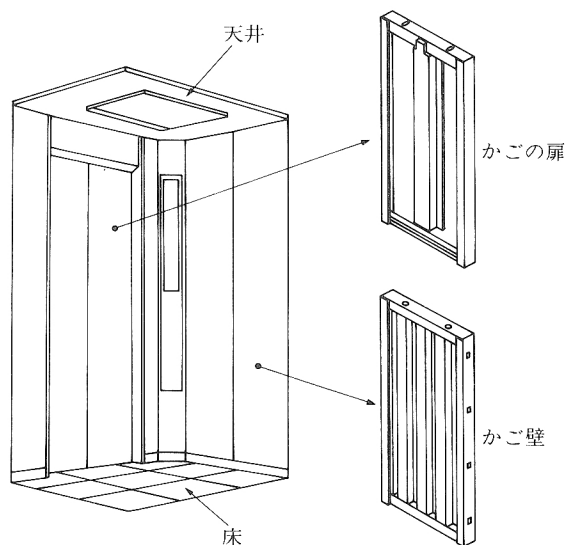


図1 エレベータのかご室の外観と意匠構造パネルの裏面構造

* 原稿受付 平成9年12月4日

** 三菱電機(株)先端技術総合研究所 (尼崎市塚口本町8-1-1)

1973年京都大学工学部工業化学科卒．同年三菱電機(株)入社，現在に至る．工学博士．入社から一貫して接着技術，特に構造接着の適用技術開発および耐久性評価法の開発に従事

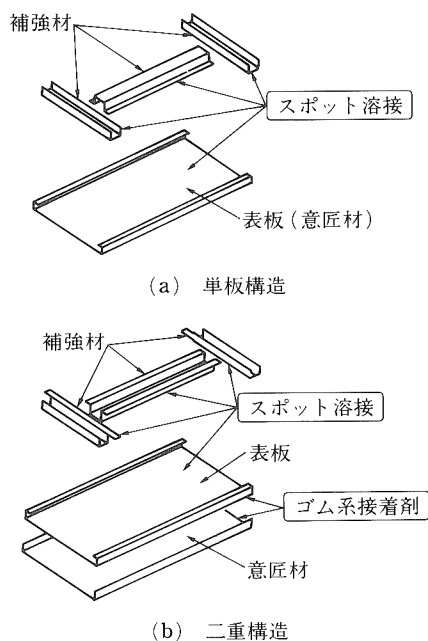


図2 従来の意匠構造パネルの構造

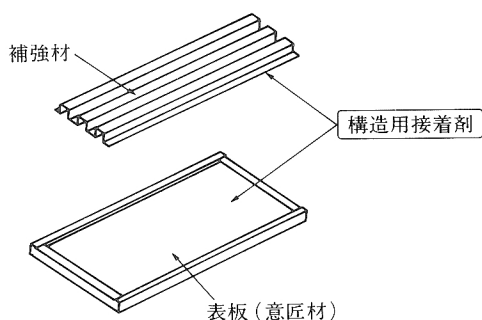


図3 接着方式の意匠構造パネルの構造

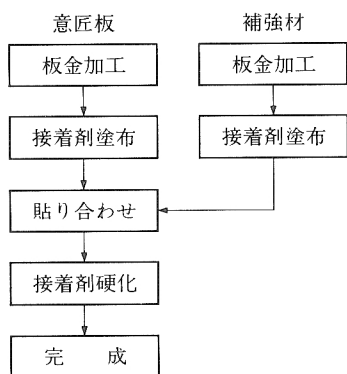


図4 エレベータ意匠構造パネルの製造工程

れている。接着剤は、多種類の材質に対応できるように、焼付け塗装にも耐える耐熱性、塩ビ鋼板のような熱に弱い意匠材料にも影響のない低温硬化性、各種材料に対する優れた接着強度と耐久性、薄板でもひずみの出ない低硬化収縮性、さらに、優れた作業性を有した2液接触硬化型構造用変性アクリル系接着剤が開発採用されている。図4に製造工程を示す。この接着剤は優れた油面接着性を有するので表面処理は必要なく、2液の接触で硬化するため混合を

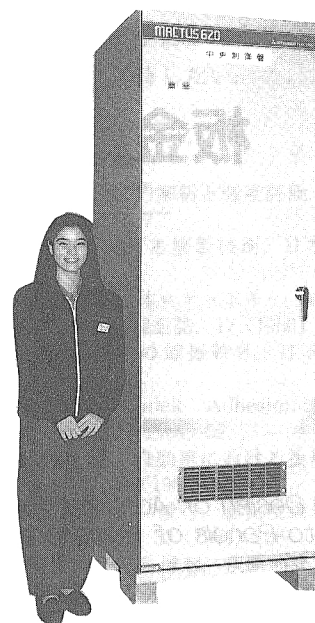


図5 接着・リベット併用組立法による制御盤の一例

必要とせずA剤、B剤が別々に塗布されて貼り合わされている。

2.2 配電盤・制御盤の筐体組立

図5に示すような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、3K作業の代表とされ、作業環境の改善も急務である。さらに、溶接に伴う熱ひず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、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板金組立技術が開発適用されている¹⁾²⁾。

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)接着剤硬化までの部材の位置決めや姿勢保持の治工具の代用、(2)アースや電着塗装のための電氣的導通の確保、(3)焼付け塗装時など高温での接着強度の低下やクリープによる接着破壊の防止などである。

接着・リベット併用組立法による筐体の構造の一例を図6に示す。高い強度と剛性を確保するためには図7に示すようなコーナ金具が重要である。接着剤は、強度、耐久性、作業性の点から、室温硬化性の2液接触硬化型構造用変性アクリル系接着剤「ハードロック M 372」(電気化学工業

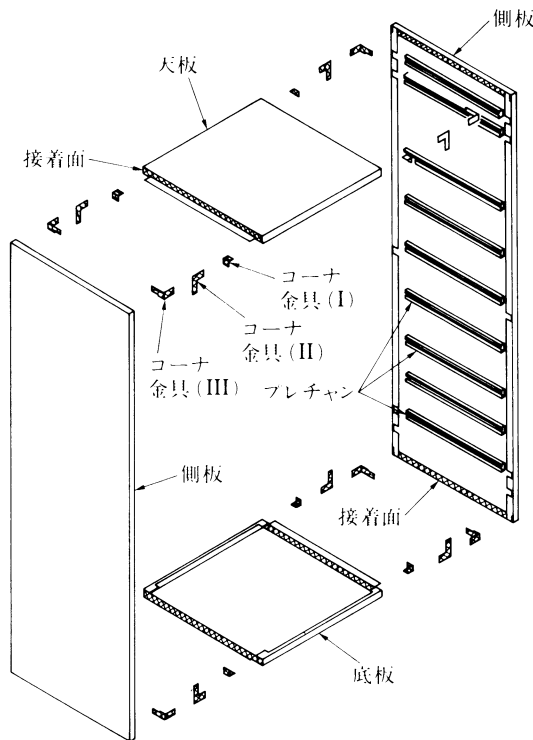


図6 接着・リベット併用組立法による筐体の構造の一例

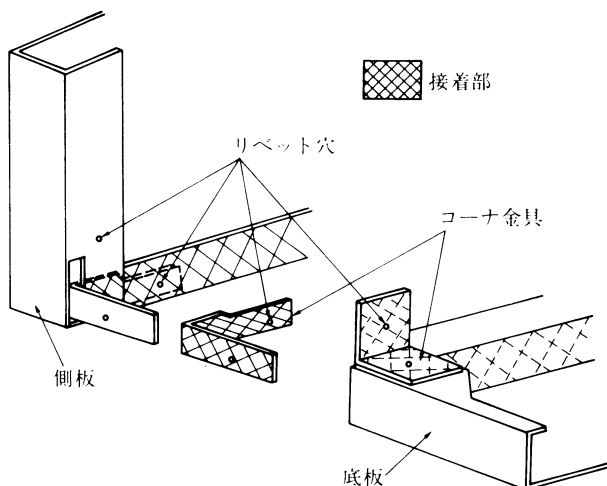


図7 接着・リベット併用組立構造における底板と側板の連結コーナ部の拡大図

(株)製)が使用されており、図8に示すように、アーク溶接と同等の接合強度を有している。リベットは、作業性の点から、片側からの締結ができるタイプが使用されている。

配電盤や制御盤の筐体には、地震や輸送、据付け時の振動や衝撃に耐える十分な耐震性が要求される。通常、JEAG-3605（日本電気協会、火力発電所の耐震設計指針）の設計レベル2クラスIやJIS-Z 0200（日本工業規格、包装貨物の評価試験方法通則）の振動試験がなされるが、図6に示した筐体は阪神大震災クラスの耐震試験でも全く異常は見られず、接着・リベット併用組立筐体は、高い剛性と優れた耐震強度を有していることが確認されている。

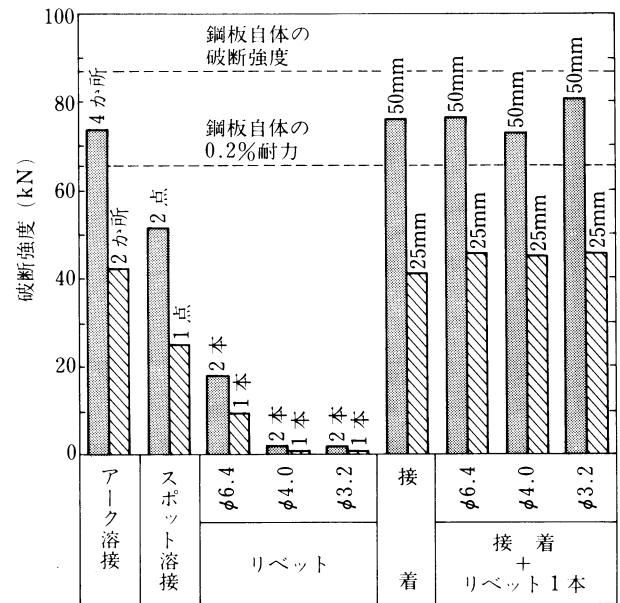


図8 各種接合方法のせん断強度の比較
(重ね合わせ寸法：幅 100 mm)

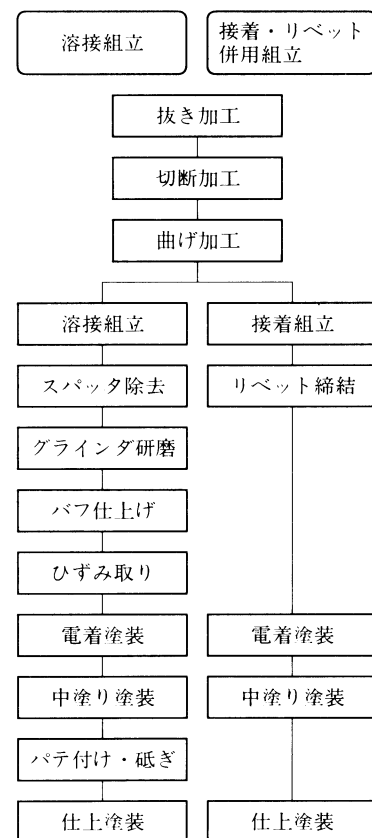
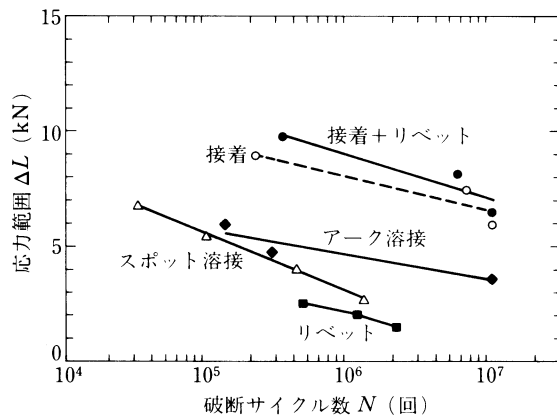


図9 溶接と接着・リベット併用組立法の製造プロセスの比較

接着・リベット併用方式による筐体の組立技術の効果をまとめると次のとおりである。(1) 熟練技能が不要で品質の安定・向上が図れる。(2) 筐体の組立および塗装工程で省工程化が図れる(図9参照)。(3) 溶接電力が不要となり省エネルギー化が図れる。(4) 3K作業がなくなりクリーンで静かな環境での作業が可能となる。



せん断重ね合わせ寸法：幅 100 mm，長さ 25 mm

図 10 各種接合方法の疲労特性の比較

3. 実効接着強度

接着接合による構造物を設計する場合，接着強度の実力をどの程度に見積もるかは非常に重要である。一般に，引張り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するためには「実効接着強度」を把握し，この強度にさらに安全率を乗じて設計することが必要である。

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。筐体組立用接着剤「ハードロック M 372」における強度低下係数 η は次のとおりである。

- (1) 接着強度のばらつき，再現性に対して： $\eta_1=0.7$
ただし，変動係数が 10% 以下になるように材料選定，作業管理が行われていることが前提である。
- (2) 使用環境温度に対して：
 $\eta_2=0.75$ (40°C)， 0.5 (60°C)， 0.33 (80°C)
この値は接着強度の温度依存性により決まるものである。
- (3) 繰返し荷重の負荷（疲労）に対して： $\eta_3=0.2$
実際には図 10 と図 8 からわかるように，より大きな値であるが繰返し荷重の条件が不明確な場合が多いので低めに設定してある。

- (4) 長期環境劣化に対して： $\eta_4=0.8$

この値は接着部の寸法に依存する。屋外環境など接着部が水に濡れる場合は接着部の寸法を 50 mm 以上とし，屋内など水に濡れない場合は接着部の寸法を 25 mm 以上とすれば $\eta_4=0.8$ で良い。

- (5) 継続荷重の負荷（クリープ）に対して：

$\eta_5=0.3$ （ただし，リベット併用の場合）

なお， η_5 は η_3 より大きいため，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，最も低い場合には，

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

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には，

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

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，例えば τ_R が 200 kgf/cm² とすれば，接着面積が 25 mm × 100 mm の場合にはそれぞれ 185 kgf，630 kgf となり，十分な強度である。

4. おわりに

接着および接着・リベット併用接合による板金構造物の組立事例と実効接着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うえ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。

参考文献

- 1) 接着・リベット併用接合法による配電盤，三菱電機技報，68, 1 (1994) 41.
- 2) 眼龍裕司，原賀康介，八木直樹，駒澤吉郎，中島義信：接着・リベット併用による配電盤・制御盤の組立技術，三菱電機技報，69, 12 (1995) 70.