

# 新しい常温短時間硬化接着剤とその金属構造・補強接着への適用

原賀康介\*・山田 祥\*・榊原邦夫\*\*・服部勝利\*\*・小林 功\*\*\*

## 1. ま え が き

接着剤による接合は、溶接、リベット、ねじ止めなどにはない数々の利点がある。近年の接着剤の急速な進歩と相まって、構造強度が要求される電気機器の組立てにも、接着接合が適用されるようになってきている。接着接合の利点として、次の点が挙げられる。

- (1) 面接合のため、応力集中が少なく、振動、疲労に強い。
- (2) 薄板の接合が可能になり、軽量化が図れる。
- (3) 異種材料の接合ができる。
- (4) 接合ひずみ(歪)の発生が少なく、歪修正作業が軽減される。
- (5) 接合と同時に、水密性、気密性が与えられる。

現在、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るのは、構造用変性エポキシ系接着剤である。この接着剤は、接着強度、接着耐久性に優れた性能を有している。しかし、接着作業は、厳密に管理する必要があり、これを怠ると接着不良や接着部の信頼性の低下を生じることがある。例えば、被着材の接着前処理、2液形接着剤における計量、混合、ポットライフなどの点である。また、加熱硬化形接着剤の場合、硬化にかなりの高温を必要とすること、熱の影響を受けやすい材料の接着には不相当であること、大形の組立て物では特別の加熱設備が必要であること、常温硬化形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、などの機器製造上の問題点をもっている。

ところが、近年このようなエポキシ系接着剤のもつ接着作業上や、機器製造上の問題点を解決できる接着剤が登場している。この接着剤は、変性アクリル系接着剤、SGA (Second Generation Acrylic Adhesives)、反応形アクリル系接着剤などと呼ばれているものである。この接着剤については、既に詳しい紹介がなされている<sup>(1)~(17)</sup>。これまでの接着剤に比べて、特長的な点として次の点が挙げられる。

- (1) ラジカル反応で硬化するため、2液の混合を必要としない。このためポットライフの制限がなく接着剤のむだもない。
- (2) 被着材の表面に、油脂類が付着していても接着できる。このため、被着材の接着前処理が非常に簡単である。
- (3) 常温で5~10分で実用接着強度に達し、低温でも十分に硬化する。このため、加熱設備が不要で一貫ライン生産化ができる。
- (4) 硬化物は、可とう性に優れている。

この接着剤は、はん(汎)用接着剤としては、十分満足できる接着特性をもっている。しかし、構造用接着剤という観点からすると、構造用接着剤の必要条件である耐環境性、特に耐湿性、はく離接着強度、衝撃接着強度などが不十分である。

このため当社では、変性アクリル系接着剤を金属構造物の接着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を開発することができた。この接着剤は、既にエレベーターの壁面及び扉用パネルの補強材の接合、

電気機器収納用きょう(筐)体の組立てなどに適用され、製品性能の向上とともに、大幅な製造工程の合理化、省資材・省エネルギーなどに効果を上げている。

ここでは、新規に開発した構造用変性アクリル系接着剤の諸特性、及びエレベーター、筐体類への適用例について述べる。

## 2. 構造用変性アクリル系接着剤の開発

### 2.1 開発目標

著者らは、既存の変性アクリル系接着剤の長所を生かしながら、構造用接着剤として不足している耐環境性、はく離接着強度、衝撃接着強度などを改善すべく、新規構造用変性アクリル系接着剤の開発を行った。

変性アクリル系接着剤は、2液形接着剤である。既存のものには、2液主剤タイプとプライマー・主剤タイプの2種類がある。これらの接着作業性及び特性を十分に検討した結果、2液主剤タイプについて改良を進めることにした。2液主剤タイプの特長を次に示す。

- ・溶剤を全く含まない。
- ・接着強度のばらつきが小さい。
- ・2液の配合比の変動に対して、接着強度の変化が小さい。
- ・接着剤層が厚くても、十分に硬化する。
- ・接着部からはみ出した接着剤も十分硬化し、未反応物が残らない。
- ・塗布装置が簡単で自動化しやすい。

金属構造・補強用という見地から、電気機器における一般構造用接着剤の評価基準<sup>(18)</sup>を参考にし、開発目標を次のように定めた。

- (1) 20 kg/25 mm 以上のはく離接着強度を有すること。
- (2) 30 kg·cm/cm<sup>2</sup> 以上の衝撃接着強度を有すること。
- (3) 60°C 90% RH ふん(雰)囲気中に60日間暴露した後に、接着強度の保持率が70%以上であること。
- (4) 150°C 雰(霧)囲気中に60日間暴露した後に、接着強度の保持率が70%以上であること。
- (5) 亜鉛めっき鋼板、化粧鋼板へも適用できること。

以下に、新規に開発した構造用変性アクリル系接着剤の特性を示す。

### 2.2 開発接着剤の特性

この接着剤は、アクリルモノマー、ジエン系合成ゴム、有機過酸化物、還元剤、安定剤から成り、有機過酸化物と還元剤との酸化還元反応によりラジカルを発生し、ビニル重合によりアクリルモノマーが反応するものである。2液ともに、粘度は8,000 cpsで、溶剤を全く含んでいない。両液を区別できるように、一方の液(A剤)は淡青色、他方の液(B剤)は淡赤色に着色してある。

#### 2.2.1 作業性

この接着剤は、次に示すように優れた接着作業性をもっている。

- (1) 被着材表面に油が付着したまま接着しても、脱脂した場合と同等の接着強度が得られる。
- (2) A剤、B剤の配合比は、1:1を中心として、2:1から1:2

まで変化しても接着強度の変化が少ない。

(3) 2液を別々に両被着材に塗布してはり合わせた場合、接着剤層の厚さが0.5mm以下なら完全硬化し、両液を混合して接着した場合と同じ接着強度が得られる。

(4) 硬化時間は、図1.に示したように25°Cでは、実用強度に達するまで約10分、完全硬化まで約20分である。低温硬化性も優れ、5°Cでも約15分後には実用強度に達する。

### 2.2.2 接着強度

図2.に、開発接着剤のはく離接着強度と衝撃接着強度を既存の2液主剤タイプ、プライマー・主剤タイプの変性アクリル系接着剤、及び構造用変性エポキシ系接着剤と比較して示した。構造用変性エポキシ系接着剤は、航空機構造用接着剤の規格であるアメリカ連邦規格MMM-A-132のType Iに適合する1液加熱硬化形のものを使用した。

被着材は軟鋼板である。はく離接着強度はISO-4578(浮動ローラ法)、衝撃接着強度はJIS K 6855に従い測定した。図2.より、開発品のはく離接着強度、衝撃接着強度は、既存の変性アクリル系接着剤に比べ非常に向上し、開発目標値を上まわり構造用変性エポキシ系接着剤に近い性能をもっていることがわかる。

表1. 開発接着剤の各種被着材に対する接着性能

被着材	はく離接着強度 (kg/25mm)	引張せん断接着強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
軟鋼板	26.5	133
亜鉛めっき鋼板	21.8	134
塩化ビニル鋼板(裏面)	20.4	—
カラー鋼板	15.8(注)	—

注 塗料と下地金属間ではがれ

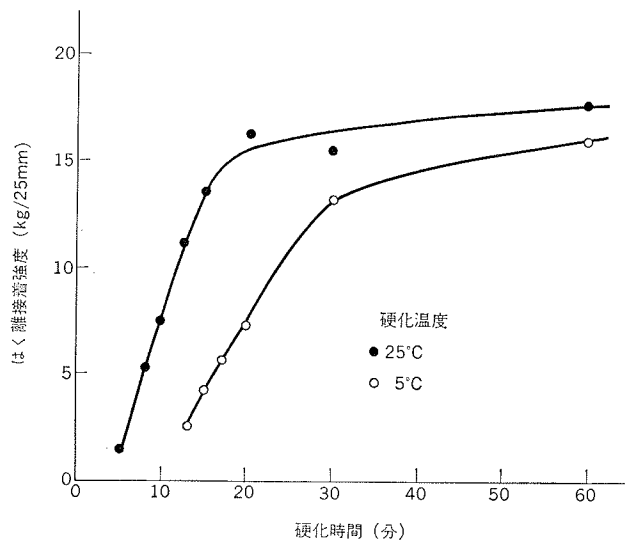


図1. 開発接着剤の硬化時間と接着強度の関係

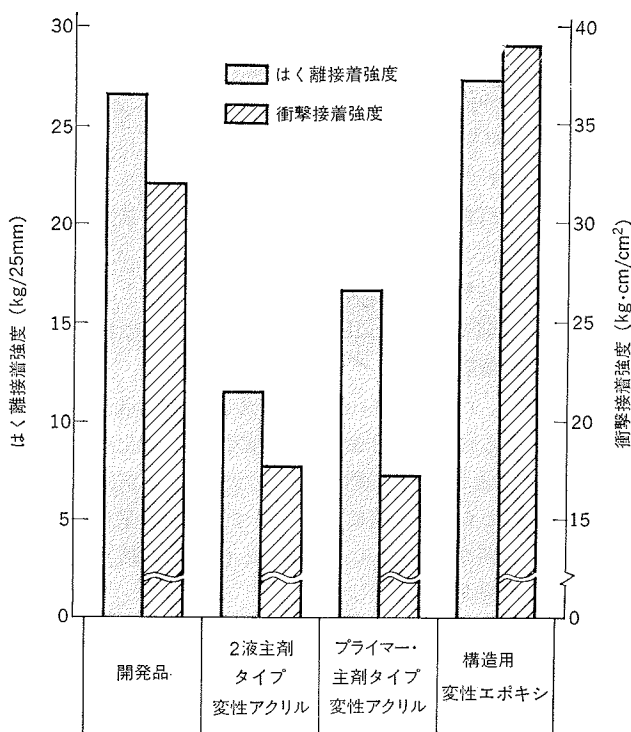


図2. 開発接着剤と既存品との接着強度の比較

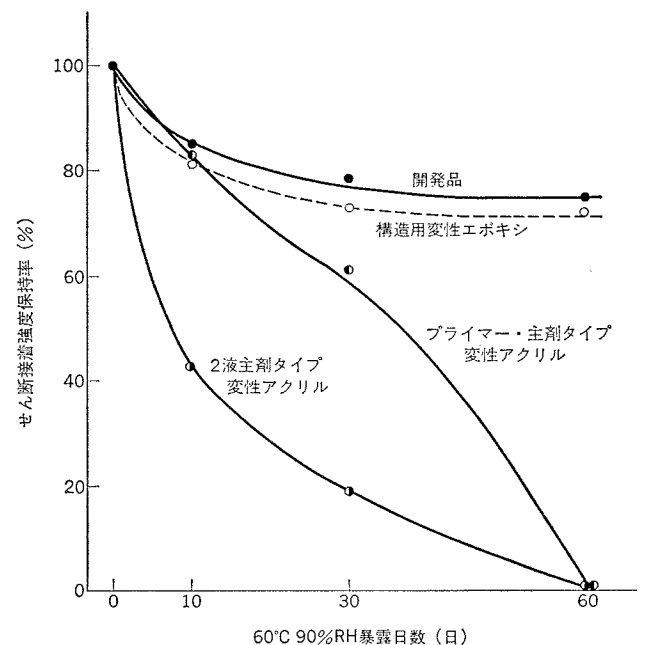


図3. 開発接着剤と既存品との耐湿性の比較

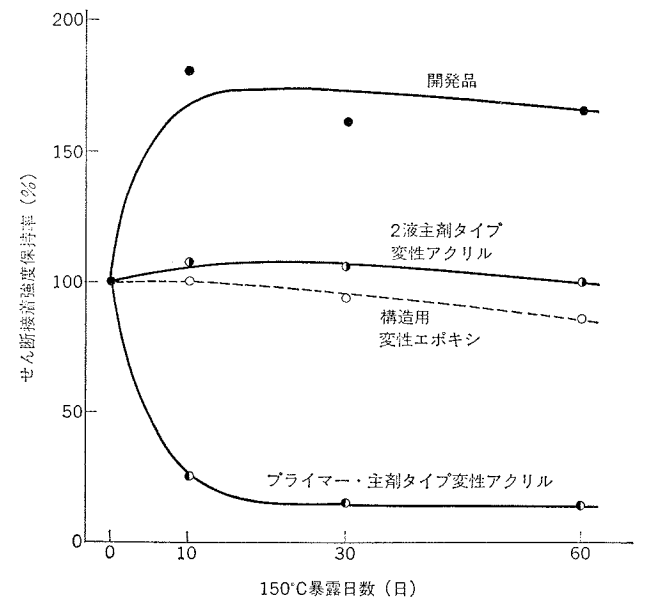


図4. 開発接着剤と既存品との耐熱性の比較

表 1. には、各種被着材に対する開発接着剤の接着性能を示した。亜鉛めっき鋼板や、化粧鋼板に対しても優れた接着性を有することがわかる。引張せん断強度は、ASTM D 1002 に従い測定した。

### 2. 2. 3 耐環境性

図 3.、図 4. に、開発接着剤の耐湿性、耐熱性を、既存の変性アクリル系接着剤及び構造用変性エポキシ系接着剤と比較して示した。接着強度は、環境暴露後 25°C で測定した。被着材は、軟鋼板である。図 3. より開発品の耐湿性は、既存の変性アクリル系接着剤に比べ非常に向上し、開発目標値を満足し構造用変性エポキシ系接着剤と同等以上の性能を有することがわかる。また、図 4. より、耐熱性も全く問題ないことがわかる。

## 3. エレベーターへの適用

### 3. 1 新しいエレベーターパネル開発の経緯

エレベーターの壁面及び扉の意匠面は、メラミン化粧板仕上げ、塗装仕上げ、フィルムはり仕上げ、ステンレス仕上げなどが行われている。中でもメラミン化粧板仕上げのものが最も多い。ところが、近年ビルディングのインテリアデザインの多様化に伴いエレベーターの意匠も高級化し、高品質指向が強まってきた。

そこで、丈夫であるが平面的で硬い感触のメラミン化粧板から、なめらかでソフトな感触のレザー調や、深みのある落ちついたエンボス仕上げの本目調などの特色を持つ塩化ビニル鋼板に変更することにより、要求の多様化にこたえることになった。更に、塩化ビニル鋼板に変更することにより、次のような効果も得られる。意匠材(塩ビシート)と素材金属間の密着が強固なため品質が向上し、従来のメラミ

ン化粧板仕上げや、フィルムはり仕上げのもので生じた意匠材のはく離やふくれ現象をほとんどなくすることができる。メラミン化粧板の接着作業が廃止され、有機溶剤による安全衛生上の危険や公害発生要因をなくすることもできる。

一方、エレベーターの壁面及び扉用パネルは、意匠性が重視されることからパネルの表面に歪があってはならない。また、構造体としての十分な剛性と、耐振性が必要である。そこで、図 5. に示したような補強構造と製造工程がとられてきた。図 5. は、メラミン化粧板仕上げの場合である。補強材は、マスチックシーラーとスタッドねじにより接合してある。この製造工程では、マスチックシーラーの加熱硬化や、溶接など熱のかかる工程があるため、塩化ビニル鋼板には適用できない。また、塩化ビニル鋼板は、意匠面に歪が生じた場合、歪修正は不可能である。そこで、補強材を常温でしかも意匠面に歪を生じさせずに接合する方法として、接着接合法を採用することになった。

### 3. 2 新しいエレベーターパネル

このような経緯により開発された新しいエレベーターパネルの構造と製造工程を図 6. に示した。補強材と塩化ビニル鋼板の表板とは、接着剤のみで接合されている。接着剤は、新規に開発した構造用変性アクリル系接着剤を使用している。補強材は接着しやすく、しかも接着特性を最も有効に発揮できるように、金属薄板をコルゲート状に折り曲げたものを使用している。材質は亜鉛めっき鋼板である。接着工程を次に示す。まず、接着部をきれいな布でふき、A 剤と B 剤を、それぞれコルゲート補強材と塩化ビニル鋼板の接着部に別々に塗布する。次に両者をはり合わせ、室温で約 15 分硬化させる。硬化が完了するとパネルが完成となる。このように構造用変性アクリル系接着剤と、コルゲート状補強材とを採用したことにより、溶接歪の修正作業やマスチックシーラーの加熱硬化などが廃止され、製造工程の合理化、省エネルギー、軽量化など多くの効果が得られている。

新しいエレベーターパネルの開発においては、多くの試験を行い、その優れた性能を確認したので以下にその一部を紹介する。図 7. に、

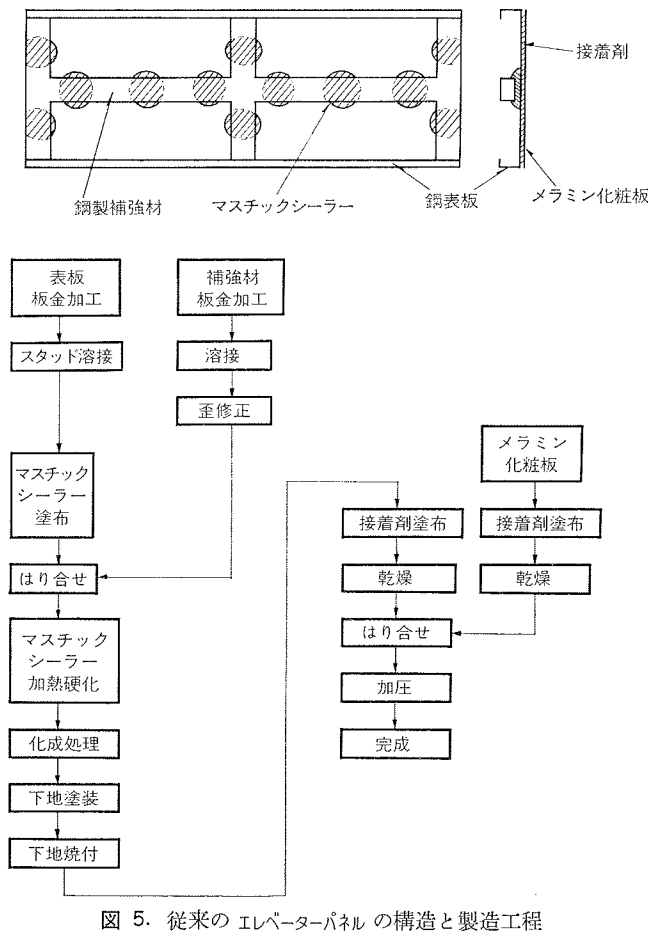


図 5. 従来のエレベーターパネルの構造と製造工程

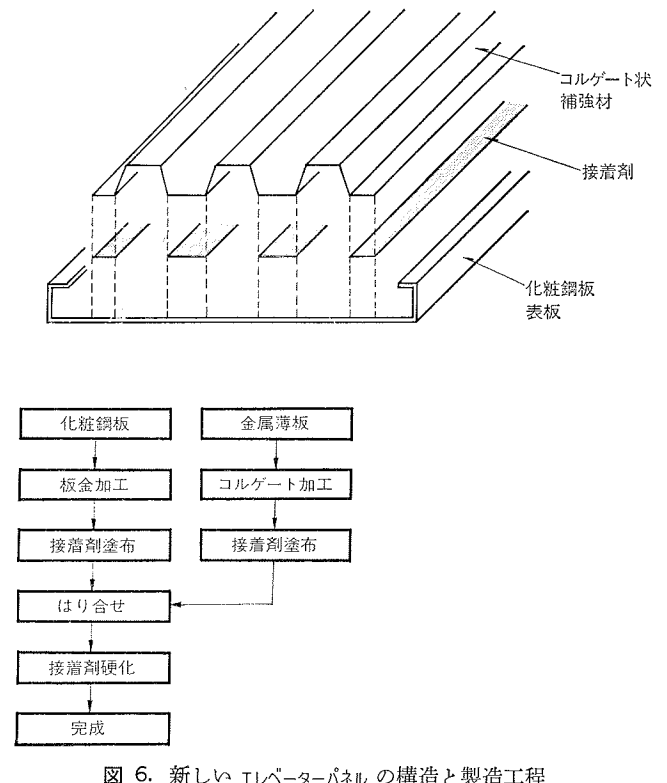


図 6. 新しいエレベーターパネルの構造と製造工程

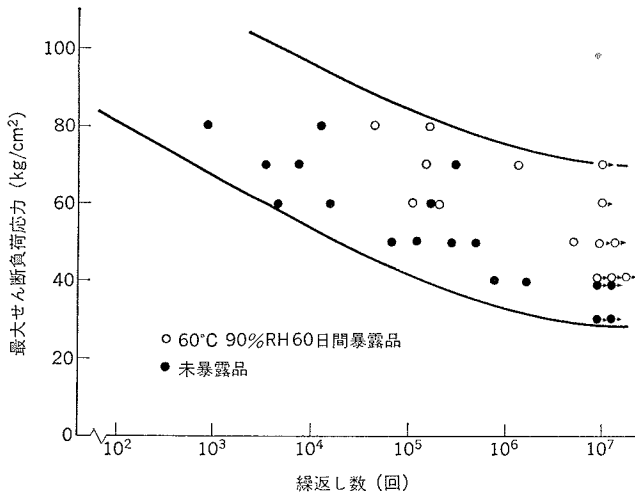


図 7. 疲労特性

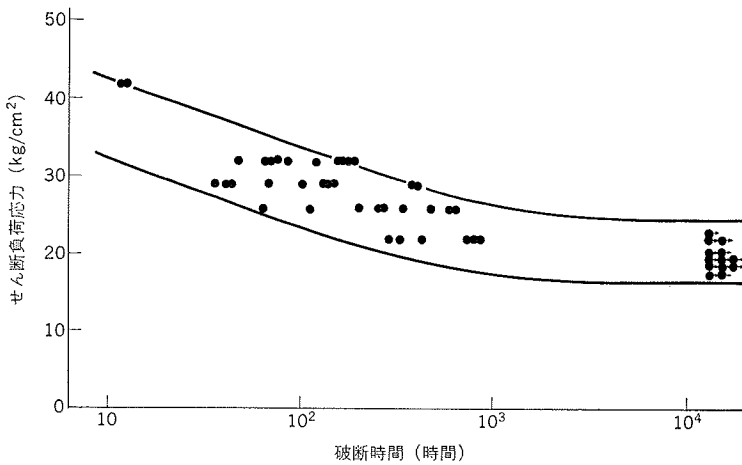


図 8. クリープ特性

表 2. 乾湿 サイクル, 冷熱 サイクル 特性

	条 件	接着強度保持率 (%)
乾湿サイクル試験	60°C 90% RH 6日間	はく離 103 せん断 134
	80°C 1日乾燥	
冷熱サイクル試験	60°C 2時間	はく離 98 せん断 108
	-20°C 2時間	

塩化亜鉛鋼板の裏面に亜鉛めっき鋼板とを、開発接着剤で接着した試験片における疲労特性を示した。試験は、60°C 90% RH ふん(霧)雰囲気中に 60 日間暴露した後の試験片と、環境暴露を行っていない試験片とについて行った。その結果、未暴露品の場合、最大せん断応力 30~40 kg/cm<sup>2</sup> の繰返しでは、10<sup>7</sup> サイクルでも破壊せず、優れた疲労特性を示している。環境暴露後の試験片では、未暴露品に比べ疲労特性の低下は全くなく逆に向上し、最大せん断応力 40~50 kg/cm<sup>2</sup> で 10<sup>7</sup> サイクルをクリアしている。図 8. には、室温におけるクリープ破断試験の結果を示した。せん断応力約 20 kg/cm<sup>2</sup> では、1 年半以上経過しても破断せずクリープ特性も問題ないことがわかる。

表 2. には、乾湿 サイクル, 冷熱 サイクル 特性を示した。この結果より、乾湿 サイクル, 冷熱 サイクル とも全く問題ないことがわかる。エレベ

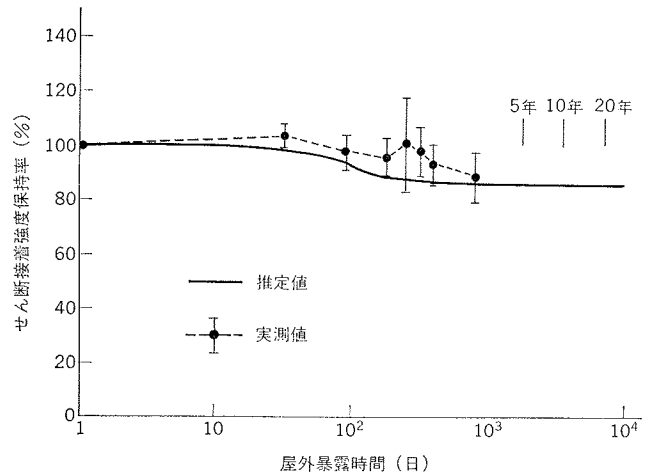


図 9. 屋外暴露における寿命推定結果

ーターの使用環境に比べ、非常にきびしい環境と考えられる屋外に暴露した場合のせん断接着強度の経時変化の推定も行った。推定の結果を図 9. に示した。推定は、アレニウスの反応速度式と、湿潤-乾燥による接着強度の回復率とから実験的に行った<sup>(19)</sup>。実際に屋外暴露試験を行い、実測した値も図中に示した。推定経時変化曲線と、実測値は良く一致しており、推定の精度は高いといえる。この結果より、屋外環境に 20 年放置しても初期接着強度に対し 14% しか強度低下せず、優れた耐環境性をもつことがわかる。この推定は、12.5 mm × 25 mm の接着面積の試験片により行ったものである。

接着部の耐湿性は、接着面積と接着部外周の長さにより変化する<sup>(20)</sup>。この点を考慮し、製品では耐湿性が非常に優れたものとなるように、接着部の寸法を試験片に比べ十分大きく設計してある。このため製品の耐環境性は、図 9. の値より更に良好なものと考えられる。また、製品パネルについては、荷重と歪量の関係を測定する剛性試験、破壊試験、振動、共振試験などを行った。更に、実際のエレベーターに組立て、動作状態における寿命試験、振動、共振試験なども行った。その結果、いずれの機能評価試験においても、従来構造以上の性能であることが確認されている。

#### 4. 筐体組立てへの適用

電気機器収納用筐体は、従来、スポット溶接、熔融溶接、ボルト、リベット等により組立てられていた。防水性、気密性を必要とする場合は、組立て後、熔融溶接又はシール剤により、シールされていた。溶接により組立てやシールを行うと熱歪が生じる。このため、歪修正作業が必要である。スポット溶接、ボルトなどで薄板の接合を行うと、激しい振動がかかる場合、応力集中により、疲労破壊をおこすことがある。このため、薄板化が困難であった。接着接合により、筐体の組立てを行うことにより、これらの問題点を解決できる可能性がある。ところが筐体は、大きな荷重や、激しい振動、衝撃などが加わる状態で使用されることが多いため、筐体組立て用接着剤は非常に優れた性能が必要である。加熱硬化形の変性エポキシ系接着剤は、筐体組立て用として十分な性能を有するが、筐体の大きさはさまざまであり、大形筐体では、特別な加熱設備が必要である。このため筐体組立てに、接着接合を広く採用することは困難であった。

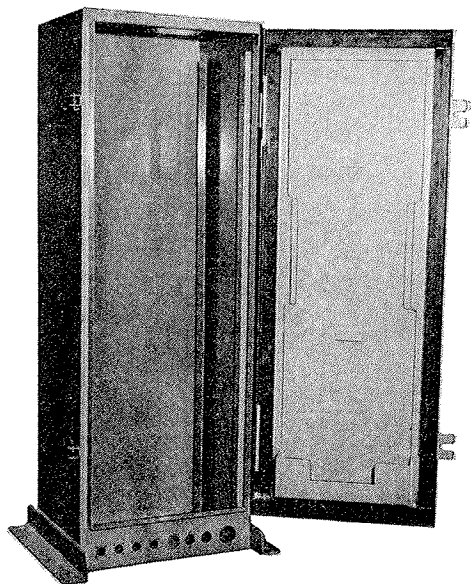


図 10. 接着防水筐体の 1 例

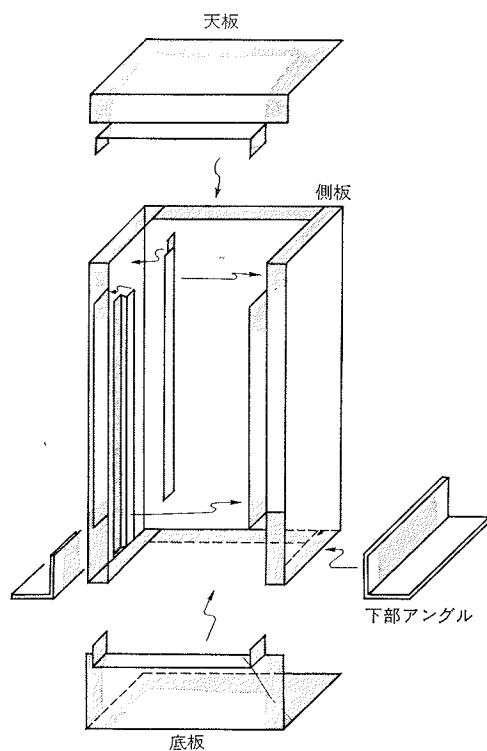


図 11. 接着防水筐体組立て図

新規に開発した構造用変性アクリル系接着剤を適用することにより、筐体の組立てを、容易に行うことが可能となった。図 10. に、開発接着剤により組立てた接着防水筐体の 1 例を示した。この筐体は、屋外で激しい振動のかかる状態で使用されるものである。機器装着後の重量は、約 75 kg である。図 11. には、この筐体の組立て図を示した。図中、黒く示した部分が接着部である。このほか、扉裏面の補強材も接着接合されている。この接着防水筐体について、

振動試験、共振試験、防水試験、各種強度試験、屋外暴露試験などを行い、機能評価をした。その結果、従来工法で組立てた筐体と同等の性能を有していることがわかった。構造用変性アクリル系接着剤により、筐体組立てを行うことにより次のような効果が得られた。

- (1) 接合時に歪が生じないため、歪修正作業が不要となった。
- (2) 接合と同時にシールが可能となり、シール作業が廃止された。
- (3) 接合部の応力集中が少ないため薄板化ができ、軽量化された。
- (4) 接合のために大がかりな設備が不要となった。

## 5. む す び

以上、新しく開発した構造用変性アクリル系接着剤の特性と、その適用例について紹介した。開発接着剤は、接着強度、耐久性等に関して、構造用接着剤として十分な性能をもっており、しかも作業性が極めて優れたものである。この接着剤は金属板による構造物組立てや、補強材接合などに適している。既に、エレベーターの壁面及び扉用パネルの補強材の接合、電気機器収納用筐体の組立てに適用されており、製品の性能向上、製造工程の合理化、省資材・省エネルギーなどに効果を上げている。

終わりに、接着剤の共同開発に積極的に協力していただいた電気化学工業(株)殿に対し、深く謝意を表する次第である。

(昭和 55-12-16 受付)

## 参 考 文 献

- (1) 岸郁二：第 8 回構造接着研究委員会資料（日本接着協会），（昭 51）
- (2) 原田正夫，桜井卯三郎：接着，21(1)5，(2)59（昭 52）
- (3) 岸郁二，堀省三：日本接着協会誌，13(5)，167（昭 52）
- (4) 岸郁二，堀省三：アルミニウム，〔567〕7（昭 52）
- (5) Adhes. Age, 19(9), 21 (1976)
- (6) K. H. Miska : Mater. Eng., 84(5), 40 (1976)
- (7) Prod. Eng., 48(7), 23 (1977)
- (8) B. Gould : Assem. Eng., 21(12), 24 (1978)
- (9) D. J. Zalucha : Tech. Pap. Soc. Manuf. Eng., [AD 78-975] 13 (1978)
- (10) D. J. Zalucha : Adhes. Age, 22(2), 21 (1979)
- (11) Polym. Paint Colour J., 169 [4000], 426 (1979)
- (12) 若林一民：接着，23(11)，525（昭 54）
- (13) 若林一民：第 37 回接着セミナー要旨集（日本接着協会），p. 17（昭 55）
- (14) J. W. Prane : Adhes. Age, 23(8), 35 (1980)
- (15) C. L. Mahoney : SAE Tech. Pap. Ser., [790151] 14 (1979)
- (16) R. W. Harries : Adhes. Age, 21(2), 19 (1978)
- (17) J. A. Graham : Mach. Des., 49(28), 183 (1977)
- (18) 原賀康介，山田祥，服部勝利：接着，24(12)（昭 55）
- (19) 原賀康介：日本接着協会誌，15(12)，568（昭 54）
- (20) 原賀康介，児玉峯一：日本接着協会誌，16(6)，224（昭 55）