

〈解説〉

I. 接着の科学

(受理:平成10年5月8日)

(6) 接着設計技術と評価試験

The General Design System for Assembling by
Adhesive Bonding and Evaluations.

原賀 康介*

Kosuke HARAGA

1. まえがき

接着技術は他の接合法にはない多くの利点を有しており、様々な産業分野において必要不可欠な要素技術となっている。ところが、接着の性能に影響を及ぼす因子は非常に多く、最適な接着条件を見いだすためには多くの評価試験が必要である。

接着の評価試験法に関しては、すでに多くの報告がなされている。1990年から98年4月までの間に「接着の技術誌(日本接着学会)」で企画された評価に関する特集号を文献1~5に、「接着の技術誌」に掲載された評価に関する文献を文献6~10に、「日本接着学会誌」の総説に掲載された文献を文献11~41に示した。これらの文献からは、接着に関係するさまざまな特性の評価試験方法に関する貴重で有用な情報を得ることができる。また、JISハンドブック(日本規格協会)などの規格書や接着ハンドブック(日本接着学会編)などからは、規格化された試験方法を知ることができる。

これらの評価試験方法は、接着に関するどのような物性を評価するのか(評価の対象物性)が決まっている場合には有効であるが、評価試験が必要な段階は、接着技術を用いた新たな製品開発を行う場合であり、評価の対象物性が決まっていないことが多い。製品開発段階で、評価すべき対象物性を的確に決められるかどうかが開発の成否を分ける重要なポイントとなる。

以下に、接着剤ユーザーでの製品開発における要素技術としての接着設計技術、および、製品開発の流れと評価試験について述べる。

2. 接着設計技術

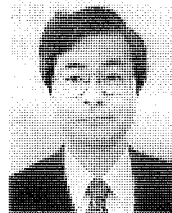
接着剤の性能を最大限に発揮させ、欠点をカバーして、高性能・高機能でばらつきが少なく信頼性に優れた低コストの製品を開発するための技術を「接着設計技術」と呼んでいる。つまり、接着設計技術は、接着剤をうまく使いこなすための技術であり、図1に示すように、接着技術に関する種々の個別技術で構成されている。これらの個別技術が、評価・解析技術とデータベースにより裏付けされて有機的につながりシステム化されたものが接着設計技術である。

各個別技術について要点を以下に示す。

(1) 機能設計

機能設計は、接着接合が有する多くの利点、機能を製

原賀 康介



略歴: 三菱電機(株)先端技術総合研究所 主席研究員 工学博士
昭和48年京都大学工学部工業化学科卒。同年三菱電機(株)入社。入社以来現在まで一貫して接着技術、特に構造接着の適用技術と耐久性評価技術の開発に従事。

主な開発事例: エレベーターパネルの接着組立技術、接着・リベット併用による板金筐体組立技術の開発、など。

趣味:

*三菱電機(株)先端技術総合研究所
尼崎市塚口本町8-1-1 〒661-8661
Mitsubishi Electric Corporation Advanced Technology
R & D Center
1-1, Tsukaguchi Honmachi 8 Chome, Amagasaki Hyogo,
661-8661, Japan

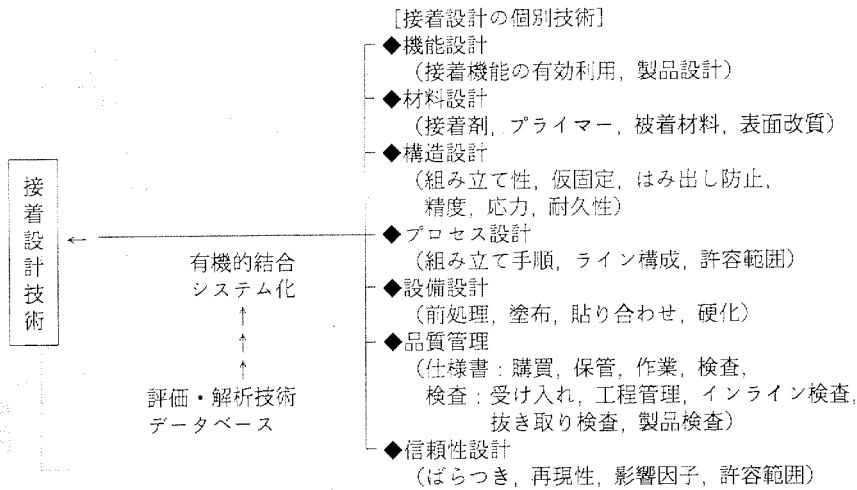


図1 接着設計技術とその個別技術

品設計にいかにもく生かすかであり、一つの接着で接着の持つ効果をいかに多く達成させられるかがポイントである。

(2) 材料設計

材料設計では、接着剤に過大な要求を強いられることが多いが、被着材料の種類の変更や簡単な表面改質で接着特性が飛躍的に改良されることが非常に多く、被着材料側の検討が非常に重要である。また、プライマーやカップリング剤も重要な材料である。

(3) 構造設計

構造設計といえば、通常、高強度を得るための継手設計と考えられがちであるが、接着剤を利用した組み立てはねじや溶接など従来の構造のままではうまくいかない場合が多く、接着剤に適した部品構造を考えることが大きなポイントである。例えば、接着剤の塗布がしやすい構造、塗布した接着剤がたれたり欠き取られたりしない構造、硬化までの仮固定が容易な構造、接着部のはみ出しを防止する構造など。また、耐久性の点でも接着剤の性能に過大な要求がなされることが多いが、接着部の形状・寸法を変更するだけで要求特性を満足できることは多々ある。

(4) プロセス設計, 設備設計

プロセス設計, 設備設計は、材料設計および構造設計と表裏一体の関係にあり、同時進行で検討を繰り返すことが必

要である。プロセス設計では、個々の作業工程における最適条件と許容範囲を明確にすることが重要であり、設備設計では常に許容範囲に入る設備を設計することが後の工程管理を容易にする基本である。なお、材料設計および構造設計では許容範囲をできるだけ広くできるように、プロセス設計, 設備設計ではできるだけ最適条件に近い条件で作業ができるように材料, 構造, プロセスを改良する。

(5) 信頼性設計

信頼性設計は、ばらつきが少なく再現性の高い接着特性を得るための検討であり、材料設計, 構造設計, プロセス設計, 設備設計, 品質管理の全てに関係している。ばらつきをへらして高い再現性を得るための基本は、接着特性に影響を及ぼすあらゆる因子を洗いだし、各因子および主要な因子の組み合わせにおけるデータを取り、各因子に対する最適条件と許容範囲を明確にすることで

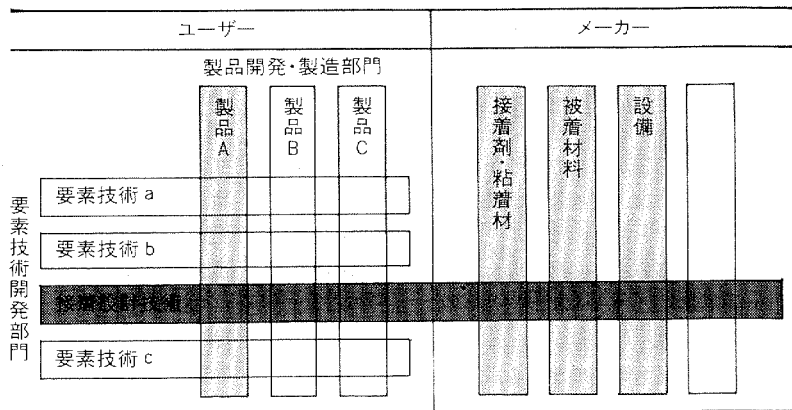


図2 接着設計技術と製品開発・製造および社外メーカーとの関係

ある。

個別技術を有機的に結合させシステム化を図るためには、各個別技術における評価・解析技術を高度化し、データベースを充実することが重要である。

図2に示すように、製品の開発・製造には多くの要素技術が必要であり、接着設計技術もその一つである。製品の開発・製造と要素技術は縦系と横系の関係にある。接着設計技術を構成する個別技術は先に説明したように広範囲にわたっており、全ての技術がユーザーの社内にそろっていることはほとんどなく、接着剤、被着材料などの材料メーカー、前処理、塗布、硬化などの装置メーカーなど多くのメーカーとの協力が必要である。接着設計技術はユーザーとメーカーをつなぐ技術でもあり、製品の開発・製造と社外メーカーとは接着設計技術という要素技術によってつながることになる。ユーザーとメーカーの連携を強化するためには、それぞれが、接着設計技術の個別技術の中で専門とする分野を高度化するだけでなく、専門外の分野にまで技術の範囲を拡大していき、接着設計技術のレベルアップを図ることが重要であると考えられる。

3. 製品開発の流れと評価試験

図3に、接着剤のユーザーにおける製品開発の流れを示した。開発は大きく3つの段階に別れる。第1段階は、開発する製品の構想、スペックに最も適した材料、構造、プロセス、設備の構想を決定するまでの段階。第2段階は、第1段階で決定した構想を実現するために改良や開発を行う段階で、ユーザーの社内だけでできない部分は社外の専門メーカーに依頼して行う。第3段階は、ほぼできあがった材料、構造、プロセス、設備を組み合わせる総合評価試験を行い、材料、構造、プロセス、設備の最終仕様を決定し、工程管理の項目や方法も決定する。

(1) 第1段階

これらの段階の中で、最も重要な段階は第1段階であり、ここでは接着設計技術の技術力が問われるところである。常々蓄積した情報やデータをもとに、構想をねり、接着特性に影響する因子を洗い出し、問題点を抽出し、改良や新たな開発が可能であるかの判断を行う。問題点の抽出のためには、取り敢えず最適と思われる既存の材料により試験片と製品のモデルを試作して評価試験を行う。新たな評価方法が必要な場合はこの段階で評価方法の開発も行う。

(2) 第2段階

第2段階は最も時間のかかる段階である。改良や開発を依頼した社外メーカー（パートナー）との間で評価方法を統一し、両者のデータに再現性があることを確認す

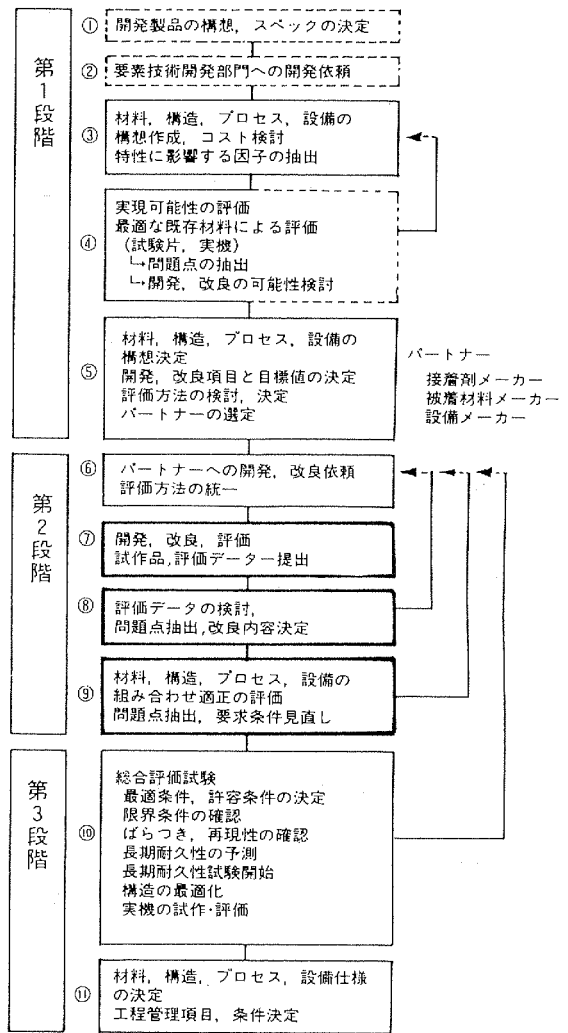


図3 接着剤ユーザーにおける製品開発の流れ

□ 製品開発・製造部門, □ 要素技術開発部門
 □ 社外パートナー

ることは重要である。この段階では、接着剤や被着材料、構造、プロセス、設備などが並行して検討されているので、改良の節目でこれらの組み合わせ適正を評価し、新たな問題点の抽出や不要となった要求項目の削除などを行う必要がある。この評価によって、要求条件がかなり軽減できることが多い。例えば、被着材料の接着性が向上していれば接着剤の改良の負担はかなり軽減できる。

(3) 第3段階

第3段階での総合評価試験は、材料、構造、プロセス、設備の最終仕様を決定し、工程管理の項目や方法も決定

する試験であるため膨大なサンプル数となる。仕様の決定は、特性に影響を及ぼすあらゆる因子について、最適条件と許容範囲を求め、ばらつきや再現性も検討した上で決定される。また、製品の信頼性の裏付けデータや次の開発への基礎データとするために、長期耐久性の予測や長期間の促進耐久性試験、屋外暴露試験などもこの時点で開始される。

なお、評価手法として CAE (Computer Aided Engineering) 解析を用いることにより、コンピュータ上で設計→試作→試験→修正→再試作→再試験…の繰返し作業が可能となり、開発期間の短縮、開発コスト削減、製品の品質向上、最適設計などが可能となる。特に、材料設計においては他の物性値を変えずに膨張係数などの単独の物性値のみを変化させてその影響を見たり、故意に接着欠陥を作ってその影響を見たり、実測が困難なミクロンやサブミクロンオーダーの変形を見るなど、実験的には困難であったり不可能なことが仮想空間で可能となり、これまで間接的に類推したり経験的に判断してきた材料設計や構造設計の有力なツールである。

4. おわりに

接着剤ユーザーでの製品開発における要素技術としての接着設計技術、および、製品開発の流れと評価試験について述べた。紙面の都合で、個々の評価試験の具体的な内容までは触れられなかったが、全ての項目が評価データにより有機的に結びついていることが重要である。接着剤の用途は今後ますます高度化し、ユーザーとメーカーとの協力はますます重要になると思われるが、ユーザーとメーカーが共通の土壌で開発を進めていくためには、接着設計技術という共通のこぼ (技術) で開発を進めることが必要であると考えられる。このためには、材料自体の物性データ (ヤング率、ポアソン比、粘弾性特性、線膨張率、体積収縮率、ガラス転移温度、硬化条件と Tg、吸水による Tg の変化、硬化に伴うヤング率や収縮率の変化、吸水率、透湿性、拡散係数、アウトガス、未反応成分と量、電気特性、光学特性、これらの温度特性など) の充実と種々の接着特性に関するデータベース (耐湿、耐熱、ヒートサイクル、耐薬品性、耐光性、クリープ、疲労、屋外暴露などの長期耐久性データ (これらの、応力荷重状態でのデータ、各種の被着材料・表面状態でのデータ、接着部の寸法との関係など) の充実を図る必要がある。数種類の代表的なグレードでデータベースが充実していれば、他のグレードでの性能の予測は比較試験でも可能であるので、代表的なグレードでのデータを徹底的に蓄積する必要がある。

最後に、どんな評価試験でも試験を行えば何らかの結

果が出てくるが、その結果だけでむりやり因果関係や相関性を論じては大きな判断ミスを起こすことになる。文献 1~41 などにより、求めたい物性値に対する適切な評価試験方法を選定できる力を養っておくことが重要である。

参考文献

- 1) “特集、耐久性試験法の実際、接着の技術、17(2) (1997).
- 2) “特集、接着剤の分析技術・関連機器、接着の技術、16(3) (1996).
- 3) “特集、接着試験法解説、接着の技術、16(2) (1996).
- 4) “特集、精密塗工と評価の実際、接着の技術、11(2) (1991).
- 5) “特集、接着評価法の実際、接着の技術、9(1) (1990).
- 6) 岸 証, “環境測定: 新熱分析技法と接着剤及び環境への応用、接着の技術、17(4) 41 (1998).
- 7) 浦濱圭彬, “粘着テープの試験法、接着の技術、15(2) 58 (1995).
- 8) 鈴木 孝, “粘着剤の粘着性 (タック) 評価試験器、接着の技術、14(1) 64 (1994).
- 9) 山辺秀敏, “金属構造用接着の耐久性、信頼性、接着の技術、13(1) 22 (1993).
- 10) 西川秀利, “タッピング式非破壊検査装置 (Wood pecker)、接着の技術、13(1) 44 (1993).
- 11) 内藤公喜, 藤井 透: “接着破面とフラクタル (基礎と破面評価への応用)”, 日本接着学会誌, 34(3) 111 (1998).
- 12) 河合 晃, “原子間力顕微鏡による表面特性の解析”, 日本接着学会誌, 33(3) 103 (1997).
- 13) 小野昌孝, “接着評価技術における JIS と ISO, CEN の動向”, 日本接着学会誌, 32(8) 317 (1996).
- 14) 元家勝彦, “接着強度評価の破壊力学的アプローチ”, 日本接着学会誌, 32(3) 91 (1996).
- 15) 高津正治, “鋼構造物への接着接合の適用—接合部の品質保証方法”, 日本接着学会誌, 31(6) 241 (1995).
- 16) 鈴木健訓, “エポキシ樹脂の効果反応および硬化物の性質の陽電子消滅法による評価”, 日本接着学会誌, 30(8) 372 (1994).
- 17) 風間重徳, 肥後矢吉, “弾性波伝達関数法 (ETFuM) による非破壊検査法の紹介”, 日本接着学会誌, 29(10) 468 (1993).
- 18) 水谷 潔, “エポキシ樹脂の強靱化とその評価”, 日本接着学会誌, 29(7) 337 (1993).
- 19) 山辺秀敏, “構造接着の耐久性・信頼性—耐久性の評価技術—”, 日本接着学会誌, 29(1) 12 (1993).
- 20) 前田重義, “高分子接着界面の解析”, 日本接着学会誌, 28(11) 466 (1992).
- 21) 前川善一郎, “高分子系複合材料の信頼性評価”, 日本接着学会誌, 28(9) 368 (1992).
- 22) 永田宏二, “接着剤の国際標準化動向と SI 単位の導入について”, 日本接着学会誌, 28(8) 339 (1992).
- 23) 花井哲也, “誘電率を測って物質の不均一構造を探ろう (II)”, 日本接着学会誌, 28(8) 324 (1992).
- 24) 花井哲也, “誘電率を測って物質の不均一構造を探ろう (I)”, 日本接着学会誌, 28(6) 242 (1992).
- 25) 原 正彦, “有機超薄膜の分子配向制御と STM による直接構造評価”, 日本接着学会誌, 28(5) 207 (1992).
- 26) 森 孝男, “接着強度評価技術の現状”, 日本接着学会誌, 28(5) 183 (1992).
- 27) 福田 博, “複合材料の耐久性評価”, 日本接着学会誌, 27(12) 514 (1991).
- 28) 堂免一成, 広瀬千秋, “SFG 分光法を用いる表面振動スペクトルの測定”, 日本接着学会誌, 27(10) 449 (1991).
- 29) 梶川浩太郎, 竹添秀男, “光第 2 次高調波発生による有機

- 薄膜の観測”, 日本接着学会誌, 27(8) 337 (1991).
- 30) 安藤 勲, 黒子弘道, “NMR による高分子分析”, 日本接着学会誌, 27(7) 297 (1991).
- 31) 水谷 亘, “STM による吸着分子の観察”, 日本接着学会誌, 27(6) 252 (1991).
- 32) 甲本忠史, “SEM・TEM による高分子観察”, 日本接着学会誌, 27(5) 210 (1991).
- 33) 中山陽一, “X 線光電子分光法—基礎と応用—”, 日本接着学会誌, 27(4) 160 (1991).
- 34) 大村 卓, “オージェ電子分光法による界面分析”, 日本接着学会誌, 27(3) 119 (1991).
- 35) 後藤景子, 田川美恵子, “wetting force 測定による固体の表面自由エネルギーの評価”, 日本接着学会誌, 27(3) 100 (1991).
- 36) 石田英之, “ラマン分光を用いた表面分析—基礎と応用—”, 日本接着学会誌, 27(2) 80 (1991).
- 37) 寺前紀夫, “赤外分光法を用いる表面分析—拡散反射法・ATR 法・光音響法”, 日本接着学会誌, 27(1) 35 (1991).
- 38) 酒多喜久, “赤外高感度反射法による表面分析”, 日本接着学会誌, 26(12) 478 (1990).
- 39) 古川行夫, “赤外分光法を用いる表面分析—透過法の測定法および応用”, 日本接着学会誌, 26(11) 439 (1990).
- 40) 吉田総仁, “金属系積層板における接合とその強度評価”, 日本接着学会誌, 26(11) 421 (1990).
- 41) 古川行夫, “赤外分光法を用いる表面分析—赤外分光法の基礎”, 日本接着学会誌, 26(10) 393 (1990).

会員の欄用原稿投稿歓迎

日頃, 当学会誌を御愛読頂き厚くお礼を申し上げます。

さて, 当学会誌では, 読者の皆様に親しみを持って頂くために「会員の欄」を設けております。

この欄は, 接着に関係したことで読者が日常考えておられること或いは経験されたこと, 夢, 展望, 挑戦などで御自由に書いて頂く欄であります。

是非お気軽に御投稿下さいますようお願い申し上げます。

ただし, 原稿の採否は編集委員会できめられますことを御了承下さい。

記

原稿枚数: 400字詰原稿用紙2枚程度

原稿締切: 毎月10日が学会誌原稿の締切日です。

送付先: 〒556-0005 大阪市浪速区日本橋4丁目2番20

日本接着学会誌「会員の欄」係