

接着接合物の耐用年数経過後の安全率の定量化

株式会社原賀接着技術コンサルタント 原賀康介

1. はじめに

最適設計、限界設計が追求されている昨今、接着接合部の設計においても耐用年数到達時点における接着強度の安全率を定量化し、安全率の裕度分を信頼度の向上やコストダウンに再配分していくことが要求されている。

しかし、接着接合の耐久性評価に関する現状を見ると、個々の環境や応力に対する長期間の接着強度の予測に関する報告はいくつかなされているが^{1), 2)}、複数の環境・応力の組合せ条件下での長期接着強度の予測に関する報告は見あたらない状況である。また、接着強度のばらつきに関する報告もいくつかなされている程度であり^{3), 4)}、長期劣化との関係の報告は皆無である。

そこで、ここでは、筆者らが開発した製品の耐用年数経過後における接着強度の安全率を定量的に求める方法^{5), 6)}について説明する。

2. 接着強度の経年変化の概念

図1に、接着強度の経年変化の概念図を示した。接着強度は使用中の環境・応力により経年変化を生じ、低強度側にシフトする。初期状態においても接着強度にはばらつきが有り、劣化に伴いばらつきは増加する。製品・部品ごとに設計時点で要求信頼度 R が設定されている。図中の許容不良率とは、 $[1 - \text{要求信頼度 } R]$ であり、耐用年数までに発生する不良品の許容できる上限率のことである。接着部に加わる応力の最大値を最大発生応力 P_{max} とすると、耐用年数経過時点での接着強度分布において、許容不良率 $[1-R]$ での接着強度（この強度を実効接着強度 F_y と呼ぶ）が最大発生応力 P_{max} 以上であれば不良率は許容不良率 $[1-R]$ 以内となる。本評価法で求めたいのは、この実効接着強度 F_y である。実効接着強度 F_y が求まれば、最大発

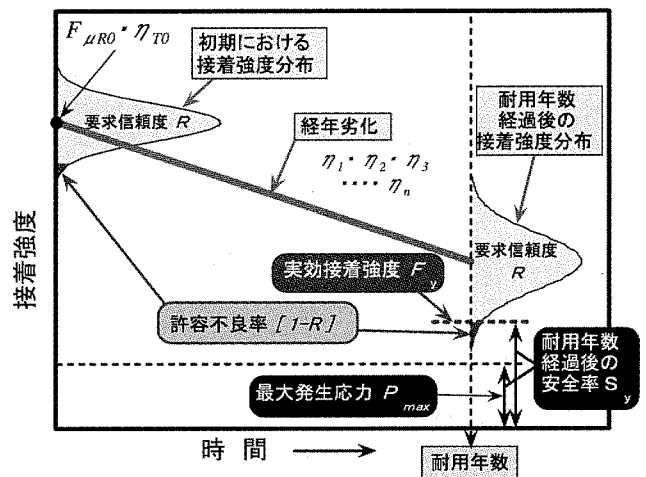


図1 接着強度の経年変化の概念図

生応力 P_{max} との比較で、耐用年数経過後の安全率 S_y を求めることができる。

なお、本方法は、あくまでも高信頼性接着の基本条件である下記の①、②の条件を満足するところまで作り込まれた系についての評価であり、接着剤や被着材料の表面処理などの選定のための短時間加速評価試験ではないので、適用に当たっては注意されたい。①接着剤の内部で破壊する凝集破壊の割合（凝集破壊率）が40%以上を確保されていること。②初期状態における接着強度の変動係数 CV は、0.10 以下であること。

3. 耐用年数経過後の安全率の裕度の算出法

(1) 評価のプロセス

図2に、評価のプロセスを示した。まず、耐用年数、許容不良率 $[1-R]$ 、最大発生応力 P_{max} 、使用環境・応力などのスペックを明確にする。次に、これらのスペックに対し

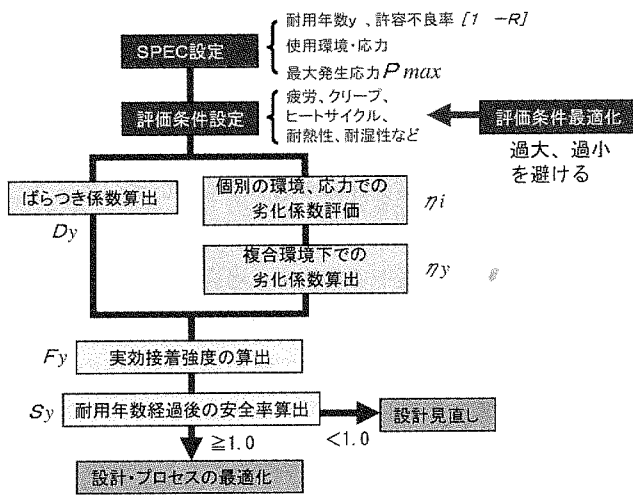


図2 安全率の定量的評価のプロセス

て評価試験の項目と条件を決める。本評価法では、できるだけ複合条件での劣化試験を用いず、単一の環境、応力条件下での耐久性評価を基本としている。評価試験条件は過大や過小にならないように最適化することが重要である。

評価条件が決定したら、次項に示す方法で、まず、耐用年数経過後のばらつき係数 D_y を算出する。次に、個別の環境、応力での劣化係数 η_i を求め、複合環境下での複合劣化係数 η_y を算出する。その後、基準強度に耐用年数経過後のばらつき係数 D_y と複合劣化係数 η_y を掛け合わせて実効接着強度 F_y を算出する。最後に、得られた実効接着強度 F_y と最大発生応力 P_{max} との比を求めると、耐用年数経過後の安全率 S_y が得られる。安全率 S_y が 1.0 以下であれば、許容不良率以上の不良が発生するため、設計の見直しを行うことになる。安全率 S_y が 1.0 倍以上の場合は過剰品質といえる。安全率の裕度をさらなる許容不良率の低減や接着作業効率の改善に配分することにより限界設計が可能となる。

(2) 耐用年数経過後の安全率の裕度の算出法

①基本的な算出式

耐用年数経過後の安全率 S_y は、(1) 式で表される。

$$S_y = F_y / P_{max} \dots\dots\dots (1)$$

F_y : 実効接着強度, P_{max} : 最大発生応力

実効接着強度 F_y は、(2) 式で表される。

$$F_y = F_{\mu R0} \times \eta_{T0} \times D_y \times \eta_y \dots\dots\dots (2)$$

$F_{\mu R0}$: 初期の室温における静的な平均接着強度で、これ

を基準強度とする、 η_{T0} : 温度係数、 D_y : 耐用年数経過後の接着強度のばらつき係数、 η_y : 耐用年数経過後の複合劣化係数で (3) 式から求める。

$$\eta_y = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \dots \times \eta_n \dots\dots\dots (3)$$

η_i : 個別の環境・応力因子における劣化係数

②初期の室温における静的な平均接着強度 $F_{\mu R0}$

$F_{\mu R0}$ は実測により容易に求められる。この測定強度の平均値と標準偏差から初期の変動係数 CV_0 を求める。

③温度係数 η_{T0}

接着強度は接着部がさらされる低温から高温の状態において変化し、一般に使用される温度域の最高温度で接着強度は最低となる。室温における静的な平均接着強度 $F_{\mu R0}$ に対する上記最低強度の割合が温度係数 η_{T0} である。温度係数も実測は容易である。

④接着強度のばらつき係数 D

図3に示すように、接着強度の分布において、平均接着強度 F_μ に対する許容不良率 $[1-R]$ の強度の割合 D を接着強度のばらつき係数と呼ぶ。初期におけるばらつき係数を D_0 、耐用年数経過後のばらつき係数を D_y と示す。

接着強度の分布は、被着材の変形や降伏が生じずに凝集破壊する場合は、一般に正規分布となるため、以後、接着強度の分布は正規分布と仮定している。ばらつき係数 D は、

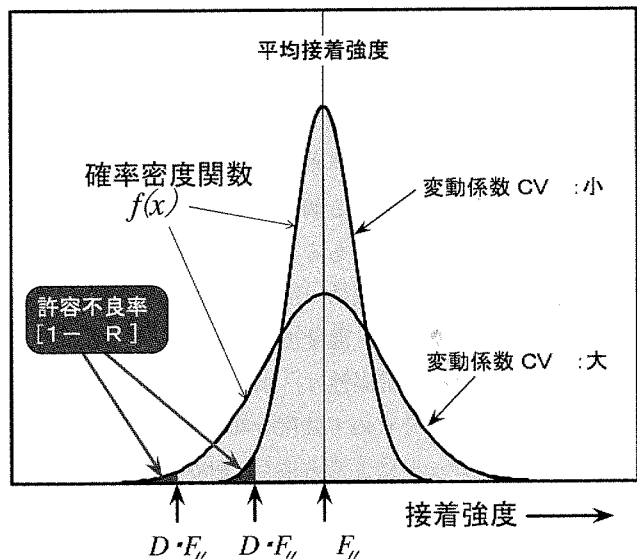


図3 平均接着強度 F_μ 、許容不良率 $[1-R]$ とばらつき係数 D の関係

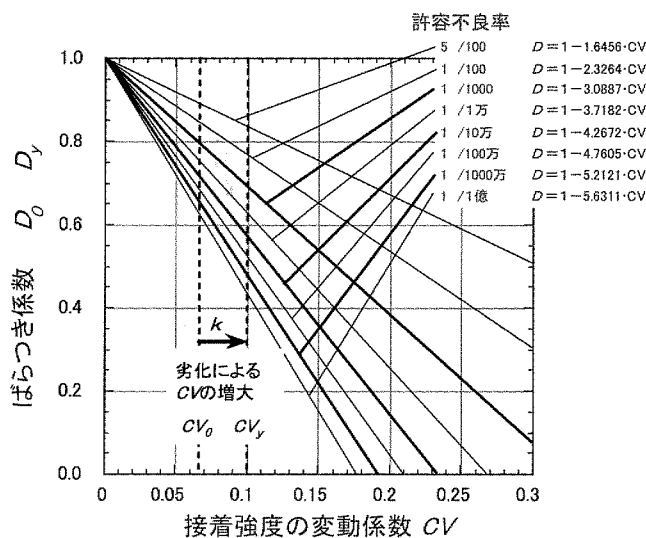


図4 接着強度の変動係数 CV, 許容不良率 [1-R] とばらつき係数 D の関係

図4から求めることができる。接着強度のばらつきは、長期間にわたる接着特性の劣化により増加する。そこで、耐用年数経過後の接着強度のばらつき係数 D_y は、初期の接着強度の変動係数 CV_0 が耐用年数経過後に k 倍に増加するとして、 $k \cdot CV_0$ に対する D_y を図4から求める。 k の値は、筆者が過去に実施した多くの耐久性試験の結果から 1.5 としている。

⑤耐用年数経過後の複合劣化係数 η_y

耐用年数経過後の劣化係数 η_y は、各種の環境・応力複合条件下での劣化係数であり、(3)式に示すように、個別の環境・応力因子における劣化係数 η_i の積として求める。個別の環境・応力因子における劣化係数 η_i は、耐熱性、耐湿性、耐ヒートサイクル性、耐疲労性、耐クリープ性など製品の接着部に加わる個別の環境的、応力的劣化因子に対する強度低下係数である。個別の劣化因子における耐用年数経過後の劣化係数は、加速試験により求める。例えば、長期間の耐熱性は、温度加速試験からのアレニウスプロットによる方法、耐湿性は、水分の拡散による接着部内の水分の濃度分布を求めて強度分布を予測する方法^{1), 2)} やアレニウスプロットによる方法¹⁾、耐クリープ性は、温度-時間換算によるマスターカーブ⁷⁾ や Larson-Miller のマスターカーブから求める方法、耐疲労性は S-N 線図から外挿して求める方法、などを用いる。耐ヒートサイクル

性は、界面破壊する系の場合は、界面での亀裂の進展に伴う強度低下となるため、応力拡大係数などを用いて予測するが、本評価においては接着剤の凝集破壊を前提としているので、接着剤内部での塑性破壊の劣化と考えて、サイクル数と残存強度の関係を外挿する方法を用いている。

⑥応力負荷試験を高温下で実施する場合の算出法

接着部がさらされる最高温度下で疲労試験やクリープ試験などの応力負荷試験を実施して耐用年数経過後のクリープ強度や疲労強度を直接推定できる場合は、(4)式により、(2)式より直接的に実効接着強度 F_y を求めることができる。

$$F_y = F_{JT} \times D_y \times \eta_y \dots\dots\dots (4)$$

F_{JT} は使用温度範囲の最高温度でのクリープ試験や疲労試験から推定した耐用年数経過時点でのクリープ強度や疲労強度である。 F_{JT} を用いる場合は(2)式の初期の平均接着強度 $F_{\mu R0}$ と温度係数 η_{T0} は不要である。耐用年数経過後の複合劣化係数 η_y は、(3)式により求めるが、クリープや疲労などの係数は含める必要はない。

4. 耐用年数経過後の安全率の裕度の算出事例

(1) 接着部の要求条件と評価試験条件の最適化

①接着部の要求条件と評価条件への落とし込み

一例として、耐用年数 25 年の製品の接着部の要求条件を表1に示した。用いた接着剤は室温硬化型接着剤で、ガラス転移温度は 110℃である。この要求条件に対して作成した評価試験条件を表2に示した。評価条件は、過大、過

表1 接着部に要求される条件

要求項目	条件	
耐用年数	25年	
要求信頼度 R (許容不良率 1-R)	0.99999 (0.00001)	
最大発生応力 Pmax 応力負荷状態	せん断 0.10MPa 繰返し疲労 10 ³	
温度	輸送時	冬季 -40℃~夏季 +40℃ 1回のみ
	停止時	冬季 -20℃~夏季 +40℃ 冬季 -20℃~0℃ 夏季 +20℃~+40℃
	運転時	冬季 -20℃~夏季 +100℃ 冬季 -20℃~60℃ 夏季 +20℃~+100℃ 1回/日 9125回/25年

表2 評価試験の項目、条件

評価項目	試験条件
接着強度のばらつき係数	室温 n \geq 25
疲労試験 (A)またはB)を行う)	A) 100℃ \sim 10 ⁷ 回で10 ⁸ を推定 B) 25℃ \sim 10 ⁷ 回で10 ⁸ を推定 (100℃静強度も測定)
最大温度変化に対する ヒートサイクル試験 (年サイクル試験)	室温 \rightarrow -40℃ \rightarrow 室温 1回 -20℃ \leftrightarrow +100℃ 25回 【年数分】
運転時の温度変化に対する ヒートサイクル試験 (日サイクル試験)	-20℃ \leftrightarrow +60℃ 300回まで試験して 4500回を推定する
熱劣化	130℃ \sim 200℃で 加速劣化試験を行い、 90℃以上の3000日分での劣化を推定

小のいずれも不適であるが、あくまでも安全サイドの推定を行うことが基本である。表2の評価条件を作成した考え方を以下に示す。

②ヒートサイクル試験

・年サイクル試験

図5は、1年半における製品の接着部が曝される温度変化を示したものである。最大の温度差は、冬期低温時の-20℃と夏期運転時の100℃である。この最低温度-20℃と最高温度100℃の温度変化は1年間に1回しか加わらない。この夏冬の最大温度変化に対するヒートサイクルを「年サイクル」と呼んでいる。年サイクルに対するヒートサイクル試験は、耐用年数分行えば良いので、表2中の年サイクル試験のサイクル数は25サイクルとしている。

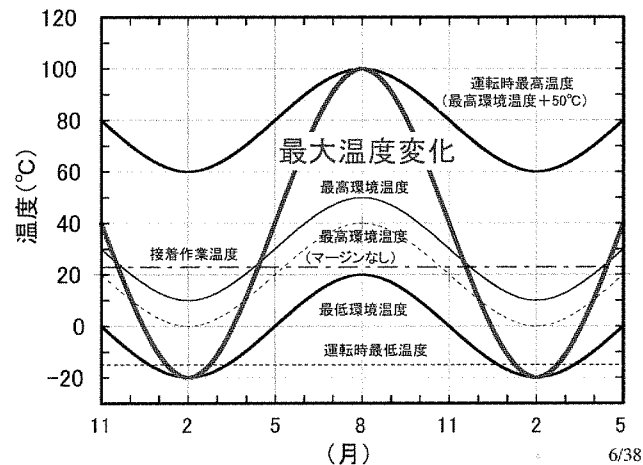


図5 最大温度変化(年サイクル)の考え方

・日サイクル試験

この製品では、運転・停止が1日1回であるため、運転時の温度変化に対するヒートサイクルが1日1回加わる。このようなヒートサイクルを「日サイクル」と呼んでいる。1日の中での温度変化は最大80degであるが、図6に示すように、運転時最高温度と最低環境温度は季節とともに連続的に変化しており、試験条件の設定には困難を伴う。そこで、単純化して、半年間は真冬、半年間は真夏と仮定して、図6の破線のような温度変化を用いる。ヒートサイクルで劣化につながるのは、内部応力が増加する場合である。ここで用いている接着剤は室温硬化型であるため、接着部には硬化時に接着剤の収縮応力が作用している。そのため、温度が室温以下に低下した場合には接着部の応力はさらに増加するが、室温以上では接着剤の熱膨張により接着部の内部応力は低下する。そこで、日サイクル試験としては、夏の半年間を無視して、冬の半年分だけ試験すれば良いことになる。

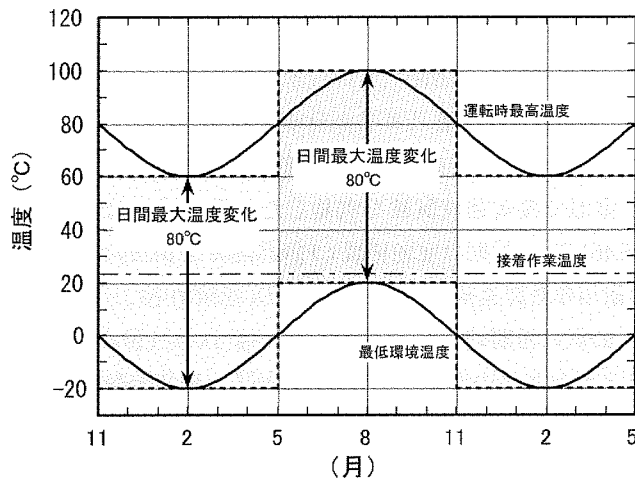


図6 年間の温度変化の単純化

③熱劣化

接着部の最高温度が100℃まで上昇するとしても、常に100℃になっているわけではない。熱劣化試験の条件は、接着剤が熱劣化する温度以上にどのくらいの期間曝されるかで決めることが必要である。ここで使用している接着剤のガラス転移温度 T_g は110℃であり、接着剤の熱劣化は一般に接着剤のガラス転移温度 T_g 以下ではほとんど生じないため熱劣化試験は不要であるが、ガラス転移温度は測定法やデータの取り方で20℃程度は変化するため、測

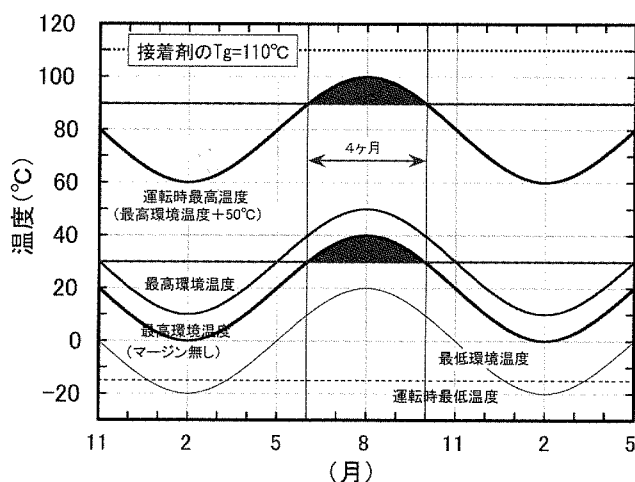


図7 熱劣化時間の考え方

定したガラス転移温度 T_g より 20°C 低い温度、即ち 90°C 以上で熱劣化が生じるとして、 90°C 以上になる期間を求めている。図7に示すように、接着部が 90°C 以上の温度になる期間は年間4ヶ月間である。表2で、3000日分としているのは、この点からである。

(2) 評価試験結果

①初期の平均接着強度 $F_{\mu RO}$ と変動係数 CV_0 を求める

室温で接着強度試験を実施した結果、平均強度 $F_{\mu RO}$ は 26.46MPa 、初期の変動係数 CV_0 は 0.067 であった。

・耐用年数経過後のばらつき係数 D_y を求める

まず、初期の変動係数 CV_0 を k 倍 ($k = 1.5$) して、耐用年数経過後の変動係数 CV_y を求める。耐用年数経過後の変動係数 CV_y は、 $CV_0 \times 1.5$ で 0.10 となる。次に、図4を用いて、耐用年数経過後のばらつき係数 D_y を求める。表1より、許容不良率は $1/10$ 万であるので、 0.57 となる。

②温度係数 η_{T0} を求める

温度係数 η_{T0} を求めるために、 $-40^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ の雰囲気下で接着強度の温度依存性を測定した。その結果、接着強度は最高温度の 100°C で最も低く、 6.09MPa であった。よって、温度係数 η_{T0} は、室温強度 $F_{\mu RO}$ (26.46MPa) に対する比率で 0.23 となる。

③耐用年数経過後の複合劣化係数 η_y を求める

表2の評価試験項目で行ったヒートサイクル試験 (年サ

イクル試験、日サイクル試験)、熱劣化試験、疲労試験の各々について劣化係数 η_i を求める。

a) 年サイクルヒートサイクル試験の劣化係数 η_1 を求める

表2の条件で25サイクルの年サイクルヒートサイクル試験を実施した結果、初期強度より5%低下して接着強度の保持率は95%となった。よって、年サイクルヒートサイクル試験の劣化係数 η_1 は 0.95 となる。

b) 日サイクルヒートサイクル試験の劣化係数 η_2 を求める

表2の温度サイクル条件で300サイクルまでの試験を行った結果を図8に示した。測定結果を直線近似して、外挿して、4500サイクルでの接着強度を求めた。ここで重要なことは、直線外挿ができるのは、300サイクルまでの破壊状態が凝集破壊主体である場合に限られることである。界面破壊が主体の場合は、直線にはのらなくなる。図8より、日サイクルヒートサイクル試験4500サイクル後の接着強度保持率は、初期強度の80%となっているので、劣化係数 η_2 は 0.80 となる。

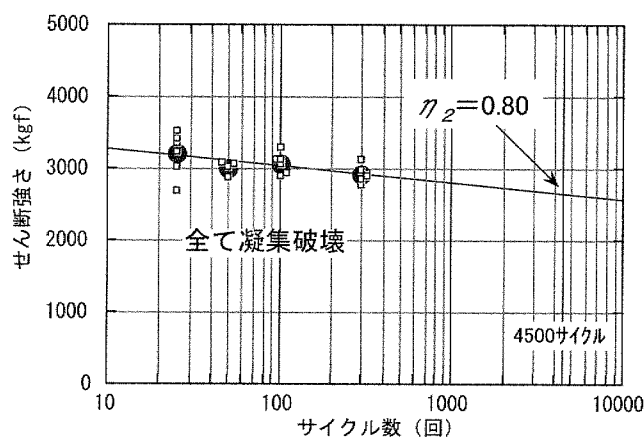


図8 運転時の温度変化 (日サイクル) 試験結果と、4500サイクル後の予測劣化係数 η_2

c) 熱劣化試験の劣化係数 η_3 を求める

表2の熱劣化試験条件により加速劣化試験を実施してアレニウスプロットにより 90°C 以上での熱劣化を予測する予定であったが、 130°C 、 150°C 、 180°C では120日間の暴露でも強度低下を示さなかった。この結果から、接着剤のガラス転移温度 ($T_g = 110^\circ\text{C}$) 以下の 100°C 程度では熱劣化は起こさないと考えられることから、熱劣化試験の劣化係数 η_3 は 1.00 としている。

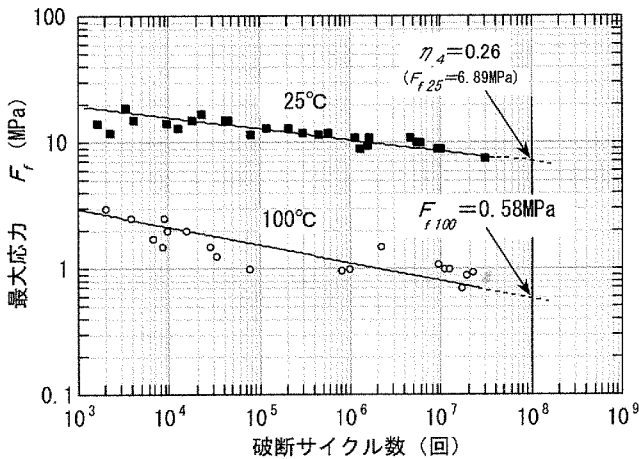


図9 25°C, 100°C雰囲気における疲労試験結果

d) 疲労試験の劣化係数 η_d を求める

・ 室温における疲労試験の劣化係数 η_d

図9に、室温で行った疲労試験の結果を示した。縦軸横軸ともに対数で表示した場合、疲労特性は直線となるので、両対数表示で直線近似している。直線を 10^8 サイクルまで外挿して 10^8 サイクルでの強度を求めると 6.89MPa で、強度保持率は初期強度の 26% となっているので、25°C における疲労試験の劣化係数 η_d は 0.26 となる。

・ 高温疲労強度を基準強度とする場合の F_{JT}

(4) 式の F_{JT} は、図9の、100°C での疲労試験結果から 10^8 サイクルまで直線外挿して求める。 10^8 サイクルでの強度は 0.58MPa であるので、 $F_{JT} = 0.58\text{MPa}$ となる。

e) 耐用年数経過後の複合劣化係数 η_y を求める

・ 室温での平均強度を基準強度とする場合

(3) 式より、

$$\begin{aligned} \eta_y &= \text{年サイクルヒートサイクル } \eta_1 \times \text{日サイクルヒートサイクル } \eta_2 \times \text{熱劣化 } \eta_3 \times \text{室温での疲労強度 } \eta_d \\ &= 0.95 \times 0.80 \times 1.00 \times 0.26 = 0.20 \text{ となる} \end{aligned}$$

・ 高温での疲労強度を基準強度とする場合

(3) 式において、疲労での強度低下は複合劣化係数に含める必要はない。そのため、

$$\eta_y = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 = 0.95 \times 0.80 \times 1.00 = 0.76 \text{ となる。}$$

(3) 実効接着強度 F_y を求める

① 室温での平均強度を基準強度とする場合

(2) 式より、実効接着強度 F_y は、

$$\begin{aligned} F_y &= F_{\mu R0} \times \eta_{T0} \times D_y \times \eta_y \text{ であるので、} \\ F_y &= 26.46\text{MPa} \times 0.23 \times 0.57 \times 0.20 = 0.686\text{MPa} \text{ となる。} \end{aligned}$$

② 高温での疲労強度を基準強度とする場合

(4) 式より、実効接着強度 F_y は、

$$F_y = F_{JT} \times D_y \times \eta_y \text{ であるので、}$$

$$F_y = 0.58\text{MPa} \times 0.57 \times 0.76 = 0.251\text{MPa} \text{ となる。}$$

(4) 耐用年数経過後の安全率 S_y を求める

(1) 式より、耐用年数経過後の安全率の裕度 S_y は、

$$S_y = F_y / \text{最大発生応力 } P_{max} \text{ であるので、室温での平均強度を基準強度とする場合は } 0.686\text{MPa}/0.10\text{MPa} = 6.86, \text{ 高温での疲労強度を基準強度とする場合は } 0.251\text{MPa}/0.10\text{MPa} = 2.51 \text{ となる。}$$

(5) 安全率の相違について

上記の結果では、基準強度の取り方の違いによって、安全率に 2.7 倍程度の相違が生じている。これは、疲労試験を片振りで行っているために、平均応力分がクリープ応力として作用しており、高温試験ではクリープ現象が室温より大きくなるためと考えられる。室温強度を基準強度とする場合は、別にクリープ試験が必要だったと言える。

クリープ試験は忘れやすいので、高温で応力が負荷される場合は、高温での応力試験を標準と考えて、(4) 式により求めるのが適当であるといえる。

5. 安全率の裕度の再配分

基本的に耐用年数経過後の安全率は 1.0 倍で良い。上記「耐用年数経過後の安全率 S_y を求める」で高温での疲労強度を基準強度とした場合の 25 年後の安全率は 2.51 倍であり過剰品質と言える。この過剰な部分は信頼度の向上や作業の効率化に振り分けることができる。

(1) 許容不良率の低減への配分

表3に示すように、許容不良率を 1/1 億まで低下させてもまだ安全率は 1.94 倍となり、実質的に不良品は発生しないと考えられ、修理部品の在庫の削減、修理費用の低減

表3 許容不良率、ばらつき係数と安全率

許容不良率 [I-R]	ばらつき係数 D_y	安全率 S_y
1/10 万	0.57	2.51
1/100 万	0.52	2.29
1/1000 万	0.48	2.11
1/1 億	0.44	1.94

などを図ることができる。許容不良率を低減した場合の安全率 S_y の再計算は、変動係数 CV_y は変化しないので、図4から読み取るばらつき係数 D_y が変化するだけである。

(2) 接着作業性の改善への配分

さらに残りの安全率の裕度分については、接着作業性の向上に回すことができる。例えば接着剤の塗布面積を減少させることができる。表4に示すように、許容不良率を1/1億とした場合は、接着剤塗布面積比を70%まで低減することができる。ただし、接着面積を減少させた場合には、最大発生応力は増加するため、安全率の計算時に考慮することが必要である。これにより、部品寸法の小型化や接着剤使用量の低減、接着剤はみ出し量の減少による仕上げ作業の廃止などでコストダウンを図ることができる。

表4 許容不良率、接着剤塗布面積比と安全率の裕度

許容不良率 [I-R]	1/10万	1/100万	1/1億	
接着剤塗布面積比	1.0	$S_y=2.51$	$S_y=2.11$	$S_y=1.94$
	0.7	$S_y=1.75$	$S_y=1.47$	$S_y=1.35$
	0.5	$S_y=1.25$	$S_y=1.05$	$S_y < 1.00$

6. 設計段階における劣化係数の見積り

これまでに述べたところでは、各種の耐久性試験を実施して、その結果として製品として安全率が確保できるかどうかを判定した。しかし、耐久性試験には多大なる時間と費用を要するため、耐久性試験に入る前に適否を予想したい。「耐用年数経過後の安全率の定量化法」を逆に用いることにより、耐久性試験の前に劣化係数を見積もり、検討しようとしている接着系の適否を予想することができる。4項の高温疲労強度を基準とする場合を例として考えてみる。耐用年数経過後のばらつき係数 D_y は、初期の接着強度の変動係数 CV_0 から求めることができる。耐用年数経過後の安全率の裕度 S_y は1.0以上であれば良いので、

$S_y = \text{実効接着強度 } S_y / \text{最大発生応力 } P_{max}$ から、

$S_y = F_y / 0.10\text{MPa} \geq 1.0$ となり、 $F_y \geq 0.1\text{MPa}$ となる。

(4) 式より、 $F_y = F_{JT} \times D_y \times \eta_y$ であるので、

$F_y = F_{JT} \times 0.57 \times \eta_y \geq 0.1\text{MPa}$ となり、

$F_{JT} \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \geq 0.175\text{MPa}$ であれば良いことになる。

年サイクルヒートサイクルの劣化係数 η_1 は、年数分だけなので実測可能であり、ここでは0.95であった。

表5 設計段階における劣化係数の見積り例

	高温疲労強度	日サイクルヒートサイクル	熟劣化	$S_y \geq 1.0$ となる条件
	10 ⁸ サイクル	4500 サイクル	3000 日	
	F_{JT} (MPa)	η_2	η_3	$F_{JT} \times \eta_2 \times \eta_3 \geq 0.184\text{MPa}$
4項の場合	0.58	0.80	1.00	0.46
ケース1	0.50	0.70	0.80	0.28
ケース2	0.40	↑	↑	0.22
ケース3	0.30	↑	↑	0.17
ケース4	0.50	0.60	0.70	0.21
ケース5	0.40	↑	↑	0.17

$F_{JT} \times 0.95 \times \eta_2 \times \eta_3 \geq 0.175\text{MPa}$ となり、

$F_{JT} \times \eta_2 \times \eta_3 \geq 0.184\text{MPa}$ である。

設計段階で、表5に示すように、 F_{JT} 、 η_2 、 η_3 の値を種々振ってみて、実現性のある値に入っているかどうかを見積もれば良い。ケース3、5は不適である。

7. おわりに

製品の耐用年数が経過した時点での接着強度の安全率を定量的に求める方法について述べた。この方法では、各係数を実験的に求める必要があり、製品により使用温度範囲、環境・応力、接着剤、被着材料が異なるため、評価項目・条件の設定には材料関係の知識が必要である。このため、機械や電気関係の設計者のみでは適用が困難という問題も有している。しかし、設計者と材料技術者の連携により、この方法はすでに多くの製品に適用されており、接着部の信頼性の定量化による最適設計や接着作業条件の簡素化などに効果が得られている。また、この方法を用いて、設計の初期の段階で劣化係数を見積もって、候補となっている接着系の実現の可能性を評価することも出来るので、開発期間の短縮にも繋がる。

・参考文献

- 1) 原賀康介：「接着耐久性の評価方法」, 接着の技術, Vol. 16, No.2, 55-60 (1996).
- 2) K.Haruna & K.Haraga: "Moisture Durability Prediction of Adhesively Bonded Joints Using Acrylic Adhesives.", 8th Int.Conf.on Composites Engineering (2001).
- 3) 橋本慶浩, 江口 伸, 原賀康介, 野中保雄：「破壊強度分布に関する研究」, 日本接着学会誌, Vol. 30, No. 2, 47-52 (1994).
- 4) 今中 誠, 原賀康介, 西川哲也：「突合せおよび重ね合せ接着継手の強度分布特性」, 材料, Vol. 42, No. 480, 1096-1102 (1993).
- 5) 原賀康介：「接着接合における長期信頼性の定量化」, Mate2003 (9th Symposium on "Microjoining and Assembly Technology in Electronics") P.139-144 (2003-2-6, 7 (社)溶接学会主催)
- 6) 原賀康介：「耐用年数経過後の安全率の定量化による接着接合の設計品質の創り込み」, 第33回信頼性・保全性シンポジウム発表報文集 P.117-122 (2003-7-7 (財)日本科学技術連盟主催)
- 7) 平沼 勉, 竹内豊和, 栢木浩之, 志村邦久：自動車構造接着技術特設委員会報告書 ((社)自動車技術会), P.56 (1992).

所属：株式会社 原賀接着技術コンサルタント
役職：専務取締役 首席コンサルタント
専門：接着技術（特に構造接着と接着信頼性保証技術）
・略歴
1973年京都大学工学部工業化学科卒業
同年 三菱電機(株)入社
生産技術研究所, 材料研究所, 先端技術総合研究所に勤務
2007年より電気化学工業(株)に兼務出向
2012年3月三菱電機(株)および電気化学工業(株)を退任
2012年3月株式会社 原賀接着技術コンサルタントを設立し, 各種企業における接着課題の解決へのアドバイスや社員教育などを行っている
受賞：1989年 日本接着学会技術賞
1998年 日本電機工業会技術功労賞
2003年 日本接着学会学会賞
2010年 日本接着学会功績賞
著書『高信頼性接着の実務—事例と信頼性の考え方—』(日刊工業新聞社, 2013年), その他共著書籍多数

■お問い合わせ先

株式会社原賀接着技術コンサルタント
E-mail haraga-kosuke@kcc.zaq.ne.jp
URL <http://haraga-sc.blogspot.jp/>

トピックス

ヘンケルジャパン(株)

エレクトロ セラミック コーティング施設を開設

ヘンケルジャパン(株)は、同社のアジアパシフィック技術センター（横浜市）にプラズマ電解コーティングであるエレクトロ セラミック コーティング（Electro Ceramic Coatings, ECC）の加工・試験施設を開設した。同社のECCは、酸化チタン皮膜を電解法によって軽金属の表面上に析出させる表面処理技術であり、アルミニウム、チタンなどへ金属疲労の軽減を目的としたコーティングを提供することができる。ヘンケル社では、既に米国・デトロイト、ドイツ・デュッセルドルフ、中国・上海でECC施設を設置しているが、今回の国内での開設により、日本およびアジア太平洋地域からのニーズに応じたコーティングを迅速に行うことが可能になった。



高分子関連
技術情報誌

Polyfile

Information of Polymer Technology
ポリファイル

Vol.50 No.591
2013

5

特集

自動車用途の 高分子材料・技術

〈特集寄稿文〉

自動車用材料の主役「ポリプロピレン」：
その実力と今後の進化の可能性を探る

ポリカーボネート樹脂の自動車への適用

難燃性発泡材料の自動車部材への応用

ナノ複合材料への期待：超高強度セルロースナノファイバーの開発

自動車樹脂材料への難燃技術の適用

特別
企画

自動車用途材料の試験・評価技術

プラスチック材料の引張試験における不確かさの評価

接着接合物の耐用年数経過後の安全率の定量化



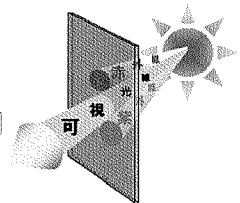
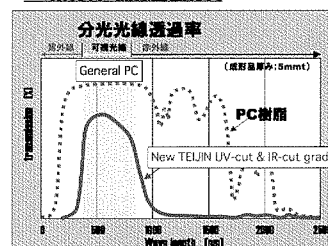
自動車技術展

人とくるまのテクノロジー展2013

AUTOMOTIVE ENGINEERING EXPOSITION

50th Anniversary Polyfile

PC系材料 熱線遮蔽材料



車体軽量化のソリューションの一つとして樹脂グレージングは、これまでも注目されてきたが、今日 PC 樹脂の改良、進化により、その開発が進展している。新素材技術の好例として光透過と熱を遮蔽する機能を両立した PC 樹脂が開発されている。
(画像提供：帝人)

ポリファイル

検索

<http://www.taiseisha.co.jp/publication/index.html>