

樹脂の長期変形を 短時間で予測する技術

従来の約1/100の評価期間で 樹脂材料の長期信頼性を予測

近年家電製品では、よりいっそうの低コスト化や軽量化が求められ、多くの部品で樹脂が使用されています。このようななかで、従来とは異なる調達先の樹脂など、設計に必要な特性が明らかでない新たな材料を採用することがあります。この場合、製品に適用するには信頼性評価を改めて行う必要がありますが、なかでも長期間の負荷に対する評価には長い試験時間が必要で、新規材料の採用を阻害する要因になっていました。

そこで東芝は、試験時間が特に長いクリープ特性の評価を対象に長期特性を短時間で予測する技術を開発し、従来の評価手法に比べ約1/100の試験時間で長期間のクリープ変形量を予測できることを確認しました。

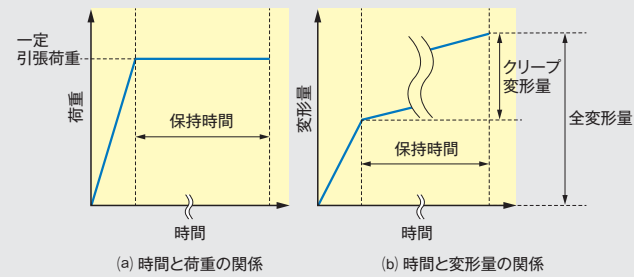


図1. クリープ試験 — クリープ特性の温度や荷重に対する依存性を評価する場合には、複数の温度・荷重条件での試験が必要になります。

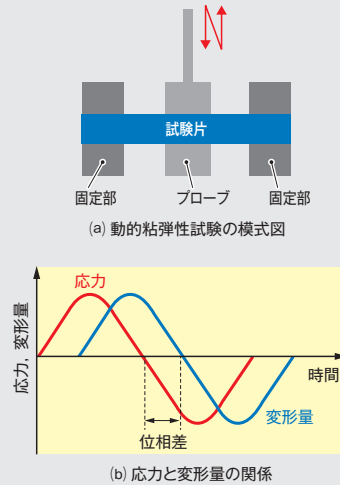


図2. 動的粘弾性試験 — 温度を変化させながら、試験片に正弦波振動の荷重を与え、それによって発生する変形の位相差（遅れ）を検出することで、材料の弾性と粘性を測定します。一度の試験で様々な温度での力学特性を評価できるため、これを活用してクリープ特性を予測することで、試験時間を削減できます。

開発の背景

家電製品では、軽量化や、コストの低減、デザイン性の確保などの理由で、樹脂の採用が多くの部品へと拡大しています。新しい樹脂材料を用いる場合、製品を対象とした信頼性評価を改めて行う必要があります。ところが、クリープ特性や疲労特性など、長期間の負荷に対する信頼性評価は試験に長い時間を要するため、新しい樹脂材料の採用を阻害する要因となります。

そこで東芝は、特に試験時間の長いクリープ特性に着目し、長期特性を短時間で予測する技術を開発しました。

樹脂のクリープ特性評価の課題

クリープとは、材料に継続して荷重を与えた場合に、時間の経過とともに変形が進行する現象のことです。部品にクリープ変形が生じると、部品間の干渉による部品の破損や、応力の緩和による締結部の緩みなどが生じるおそれがあります。

部品の材料が金属の場合、クリープは主に高温で問題となります。しかし樹脂では、室温でも容易にクリープ変形が進行します。そのため、樹脂製部品を設計する場合には、数値解析を用いてクリープによる変形を見積もることが肝要です。

クリープによる変形量は、温度や発

生する応力によって異なります。このため、クリープ特性評価に用いられてきた従来の試験では、複数の温度及び荷重条件で試験を行う必要がありました(図1)。しかし、膨大な種類がある樹脂材料では、一度の試験に数百時間以上を要する試験を何度も実施することは困難です。そのため、簡便かつ短時間でクリープ特性を予測する技術開発が必要になります。

“粘弾性”に着目した 予測技術の開発

樹脂材料には、粘性と弾性を併せ持った“粘弾性”と呼ばれる特性があります。樹脂のクリープはこの粘弾性により生じます。このことから、図2に示

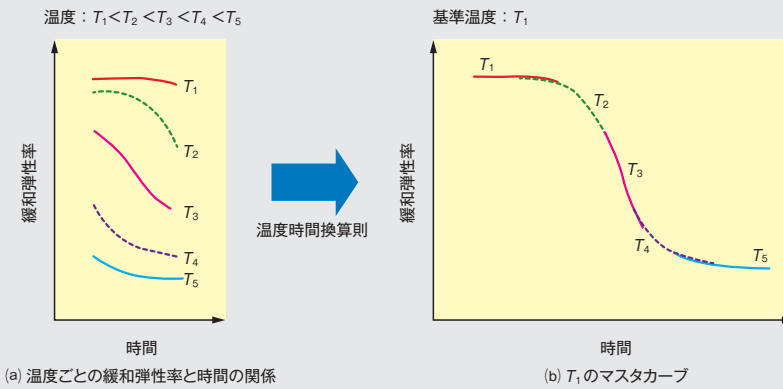


図3. 温度時間換算則の概念 — 基準温度よりも高温で試験を行うことで、試験時間よりも長期間経過したときの基準温度での緩和弾性率をマスターカーブで予測できます。

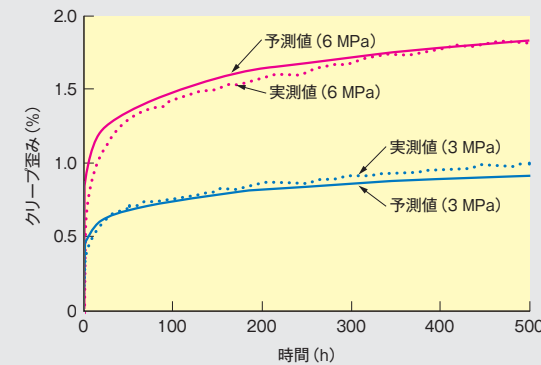


図4. 実測と予測のクリープ歪みの比較 — 初期応力3 MPa及び6 MPaでクリープ試験を行って得られた500時間までのクリープ特性は、動的粘弾性試験により高精度に予測できることがわかりました。

ような樹脂の粘弾性特性を測定する動的粘弾性試験を用いて、クリープ特性を予測する技術⁽¹⁾に着目しました。

動的粘弾性試験とは、材料に対して温度を変化させながら0.1 Hzから10 Hz程度の周波数で変化する荷重(応力)を与え、発生する変形量を測定する試験のことで、材料の粘弾性を評価する手法です。

ここで得られたデータから、ある時間経過後の弾性率、すなわち緩和弾性率を算出することでクリープ変形量を見積もれます。

動的粘弾性試験では、約十秒間の緩和弾性率の経時変化を温度ごとに取得できます。しかしクリープ変形は、数百時間や数千時間といった長時間の変形

です。そこで、長期変形を予測するため、温度時間換算則を適用しました。温度時間換算則とは、ある現象の経時変化が温度を上げたときの変化と同等である、という経験則です(図3)。

これを用いることで、予測したい温度(以下、基準温度と呼ぶ)よりも高い温度で得られたデータを、基準温度で長い時間が経過したときのデータとして扱うことができます。また、基準温度を変えて再計算することで、異なる温度でのクリープ変形を予測できます。

このようにして、数時間から10時間程度の測定で、長期間のクリープ変形を予測しました。

予測精度の検証

一例として、家電製品に多く用いられる熱可塑性樹脂であるポリプロピレン(PP)で長期クリープ特性を予測しました。500時間までのクリープ試験の結果と予測した結果の比較を図4に示します。クリープ変形量(歪み(ひずみ))の予測結果は、実測結果を良好に再現していることがわかります。

これまで、クリープ評価に500時間を要していたのに対し、開発した予測技術では5時間程度の粘弾性試験を実施すればよく、従来の約1/100の評価時間でクリープ特性を予測できることがわかりました。

今後の展望

近年、樹脂材料は家電製品だけでなく、車載などの使用環境が厳しい製品にも適用が拡大してきて、使用される樹脂も、繊維強化樹脂に代表されるように多様化しています。

今後、これら様々な材料でも長期特性を短時間で見積もれる技術の開発を進めていきます。

文献

- 平山紀夫 他、ビニルエステル樹脂をマトリックスとするガラス短繊維強化プラスチックの動的粘弾性および曲げクリープ挙動. 日本複合材料学会誌. 27, 3, 2001, p.146-154.

森田 襟

生産技術統括部
生産技術センター
構造設計技術研究部