

B

自動車の耐久性評価技術 ～耐久試験と計測技術～

自動車は走行中に様々な力を受ける。操縦安定性、乗り心地、燃費向上のための軽量化等が重視されているが、構成される部品の強度を確認する試験は重要項目の一つである。一般的には強度・耐久信頼性試験と呼ばれるが、1台の自動車を使用される長期間の安全を保証すべく、使用環境条件に見合った評価試験が必要となる。

自動車が受ける力としては、荷重、応力、圧力、加速度等の機械的要素だけではなく、温度、湿度、塵等の環境的要素もあり、路面状況や車速、積載量等も考慮されなければならない*1)。本稿では、疲労試験機を使用した実体部品の耐久試験と計測技術を紹介する。



技術本部
エンジニアリングメカニクス事業部
耐久試験技術センター
大安試験技術室

南 武俊

B-1 疲労試験機の活用

参考文献

*1)
社団法人自動車技術会：
自動車技術ハンドブック
⑦試験・評価（車両）編、
(2006)、No.2、P63

*2)
島津製作所ホームページ：
<http://www.shimadzu.co.jp/test/products/mtrl02/index.html>

当社が保有する疲労試験機は、固定型と可搬型の2種類に大別される（第1図）。実験室内で実稼働状態を再現する台上試験で威力を発揮するのは後者であり、鉛直方向や水平方向のみではなく、負荷条件に見合う角度からの負荷が可能である。荷重容量、ストローク量の組み合わせも豊富であり、負荷条件により使い分けを行うこととなる。その他基準面となる定盤（ベンチ）、汎用治具を組み合わせて部品をセッティングする。

部品に負荷を与える装置は機械式、電動式、油圧式、空圧式と種類は豊富だが、精度や汎用性、作業性を考慮すると現状では油圧式が適した設備といえる。当社でも保有台数が多い油圧式疲労試験機はシリンダーが一方方向（軸方向）に往復運動する設備である。

これまでに評価した多数の部品より、トーションビームの耐久試験事例を紹介する。

第1図 島津疲労・耐久試験機 E形シリーズ(上)と
島津コンパクト油圧加振機 JFシリーズ(下)*2)



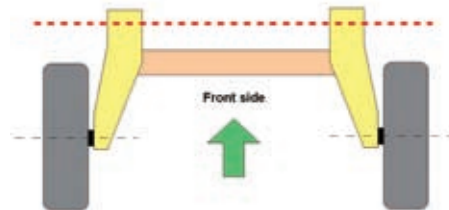
B-2 トーションビーム耐久試験

路面から受ける力は、タイヤから入力されサスペンションに伝達される。左右・前後・上下の3方向の力とそれぞれの軸回りのモーメントを含めた6つの力を測定する6分力計の発達、車載計測機器のコンパクト化により実車走行時の力を正確に測定できるようになった。次ステップとしては、測定した力を正確に台上試験に反映することとなる。

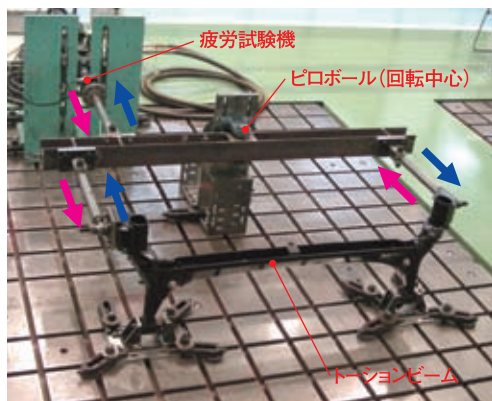
サスペンションの耐久性評価では、アッセンブリもしくは部品単体を対象とし、疲労寿命や破壊強度を把握する。複合荷重を入力すれば効率も上がるが、上下方向や左右方向、前後方向という一方向のみに着目し、繰返し負荷を与えるケースもある。第2図に自動車のサスペンション

レイアウトを示す。中央部に装着されている部品がトーションビームと呼ばれる部品である。このトーションビームに上下方向の繰返し荷重を負荷する試験が第3図に示すような耐久試験である。

第2図 自動車のサスペンションレイアウト



第3図 トーションビーム耐久試験事例



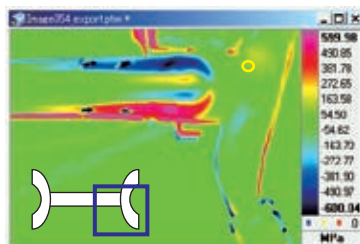
走行時には路面の凹凸により上下方向の力が作用する。その再現として左右両輪（タイヤが装着される部位）に相対的な変位を与え、トーションビームの耐久強度を確認する。左右両輪に負荷する必要があるため2台の負荷装置（疲労試験機）が必要と考えられるが、回転中心を設けた治具を用いることにより、片側が引きになればもう片側が押しになる。この方式により1台の疲労試験機で相対変位の付与を可能とした。

耐久試験においては応力の発生状況、き裂の有無や発生部位を明確にし、設計にフィードバックさせる必要がある。部品に発生する応力を測定する方法として、ひずみゲージ法は広く知られている。容易に貼付でき、精度の良い測定が可能である。しかしこの方法は応力分布を点情報として捉えるものであり、複雑なアッセンブリとなれば面情報としての応力分布を把握する必要がある。その一つとして赤外線サーモグラフィがある。物体が弾性変形し、体積変化することによって温度が変化する現象は熱弾性効果と呼ばれている。圧縮力が作用した場合は発熱し、引張力が作用した場合は吸熱する。この熱弾性効果を利用した応力分布測定を可能としたのが赤外線サーモグラフィである。テストピースのような単純形状であれば精度の良い測定が可能であるが、当社では部品単体やアッセンブリのような複雑形状の応力測定を始めている。

第4図はトーションビームに上下方向の相対変位を入力した際の応力コンター図である。赤色および青色の部分が高応力部位であり、実体部品との相関が取れている。赤外線カメラのカメラアングルや測定対象物からの距離がポイントになり、部品の動き等から最適条件を導いている。応力分布が把握できれば、定量的な数値の算出が求められる。実際、測定すれば応力値は算出されるが、その精度検証が必要となる。ひずみゲージとの値を比較すると2倍以上の差異が確認されたため、差異が発生する要因を抽出、その中から外乱（光、塵）を排除し、熱拡散の影響を考慮しつつ周波数を変化させた。周波数を上げることによりひずみ

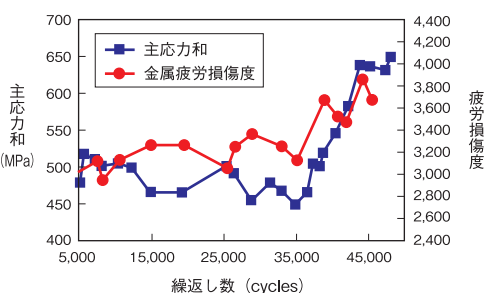
ゲージの値に近づく傾向が確認され、10Hz前後の周波数であればかなり精度の良い測定結果となることが判明した。今後は曲げやねじりが発生する部位へ補正ソフトを適用し、いずれの部位でも精度良く測定できる手法を探索する。

第4図 応力コンター図



応力分布が把握できれば、その変化を追うことによりき裂の有無を確認できる。原則として部品を組み付けた状態でのき裂確認となるため、現状では溶剤除去性浸透探傷検査が有効であるが、作業効率向上と高付加価値化として赤外線サーモグラフィを使用した測定を続けている。き裂そのものを検知するのではなく、き裂先端の応力場や周辺の応力変化状態からき裂と断定する方法を模索しており、き裂の進展とともに応力分布が変化していく過程も確認できる。また金属の疲労損傷度との関係も調査しており、その例を第5図に示す。金属の疲労損傷度はポータブル磁性疲労評価装置を用いて測定しており、ある回数ごとに測定した磁性特性値の変化より疲労による損傷度を把握するものである。35,000回過ぎより赤外線サーモグラフィで測定した主応力和、金属の疲労損傷度ともに値が増加する傾向が見られ、き裂探傷の有効な手段になる（初期き裂は、40,000回で確認）。材質や形状違いの測定へ展開し、疲労寿命予測のシステム作りを目指している。

第5図 主応力和と金属疲労損傷度の推移



本稿では、自動車部品の耐久試験と計測技術を紹介した。実走行結果を忠実に台上試験で再現することが第一であり、自動車メーカーの開発期間短縮に寄与する。単に計測するだけでなく、計測精度の向上、計測時間の短縮、計測データから導き出される検討結果が有益な提案事項となる。実験と計測、解析とのソリューションにより疲労寿命予測が確立できれば、自動車部品の設計に反映できる情報となり、車作りに大きく貢献できる。