

A

自動車の耐久性評価技術 ～4Poster試験～

当社では、耐久評価技術を中心に、材料評価技術、プロセス技術、種々のシミュレーション技術、計測技術による見える化技術を通して、自動車総合試験会社を目指しており、その一環として2008年5月に、自動車耐久試験装置である4Poster試験装置を導入した。4Poster試験装置は、悪路走行などを模擬した耐久試験装置であり、主に、ボディの溶接割れの有無を評価することを目的としている。

本稿では、4Poster試験装置を用いた実車耐久試験とシミュレーション技術について紹介する。



技術本部
エンジニアリングメカニクス事業部
CAE・実験解析技術部
振動音響技術室

廣岡 栄子



技術本部
エンジニアリングメカニクス事業部
CAE・実験解析技術部
振動音響技術室

緒方 剛

A-1 4Poster試験装置(4輪ロードシミュレータ)

自動車の車体およびシャシ部品の耐久性信頼性開発においては、路面状況や使用用途を考慮して負荷を調査・測定し、走行耐久実験と台上耐久実験が実施される。台上耐久試験は走行耐久実験よりも、安定した振動を与えることができる。そのため、耐久試験の精度向上と耐久試験期間短縮のために、台上耐久試験の適用が進んでいる。

台上試験装置は一般的にロードシミュレータと呼ばれ、タイヤから加振力を入力する4輪ロードシミュレータをはじめ、加振機で直接スピンドルを固定することで加振を行う4自由度・6自由度多軸ロードシミュレータ、車体やドライブシャフトを固定して試験を行う多軸加振テーブル等が存在する。それぞれの加振手法によって評価部位が異なることとなる*1)。

当社では、このたび、様々な自動車会社において一般的に実車開発で運用されている4輪ロードシミュレータ装置を導入し、実車試験を行える環境を整備した。

第1表にSUVクラスで試験を行った場合の装置の性能を示し、写真1に実際の加振状況を示す。

4輪ロードシミュレータで実走行波形を再現するには、車体に取り付けたセンサー類と加振機との伝達特性を計測し、それを元にフィードフォワード制御を用いてイタレーションを行うことにより目標波形との誤差を収束させ実走行波形を再現する。第1図および第2図に実走行波形と再現波形とを比較した結果を示す。位相がずれることなく、振幅もほぼ一致していることが確認できる。

写真1 4Poster試験装置における加振状況



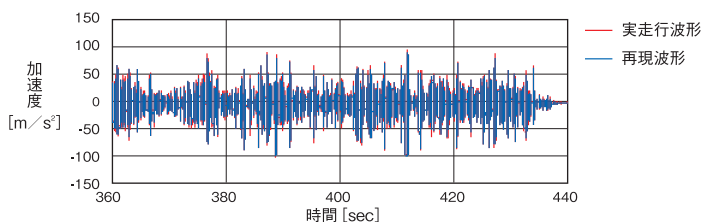
参考文献

- *1)
中丸敏明：
自動車技術(ロードシミュレータを用いた車体・シャシ耐久性評価手法)
Vol.59 (2005)
No.7, p.89-94

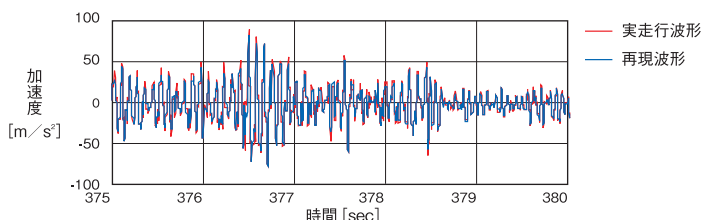
第1表 4Poster試験装置仕様(SUVクラス搭載時)

油圧加振機	
荷重	50kN
変位	300mm _{p-p}
速度	4.5m/s _{0-p}
加速度	21G _{0-p}
ばね上最大静的マスタ	1300kg
ばね下最大マスタ	100kg
ピストン直径	80mm
ホイールバン・サイズ	20inch (508mm)
最大加振周波数	100Hz
移動装置	
トレッド	1160mm-1750mm
ホイールベース	2000mm-3500mm
油圧供給源	
吐出量	68litter/min

第1図 実走行波形と再現波形との比較(バネ下 加速度 フロント左側)



第2図 実走行波形と再現波形との比較(バネ下 加速度 フロント左側-拡大)



今回導入した装置は軽自動車からピックアップトラックまでの加振を行うことができ、日本国内で走る乗用車について、そのほとんどの試験を行える環境を提供できる。これに加えて、2輪自動車や、トラクタ等の特殊車両についても試験を行うことができ、様々な実車試験を実施できるのが特徴である。

また、自動車の実走行振動の測定技術も有しており、トータルな試験を実施することが可能である。

今回、4 Poster試験装置の導入に際して、新たに試験場を建設した。写真2に試験場外観を示す。

写真2 試験場外観(大型振動実験棟)



この試験場は、試験場温度を $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ の恒温管理し、建物全体を発泡コンクリートで覆い、騒音対策を施している。また4 Poster試験装置自体を浮き基礎構造で支えることで、発生する振動を極限まで小さくして、外部に伝播しない構造を採用している。さらに、秘密保持についても配慮した建屋構造になっている。また試験場内には4 Poster試験装置から直線移動で使用できる、埋没式の点検用リフタ(写真3に示す)や補修用の専用溶接設備を有し、試験を効率的に行う環境を整えている。

写真3 点検用リフタ



A-2 足回り機構解析

4 Poster試験を模擬した走行シミュレーションを試験前に行うことにより、4 Poster試験での測定点選定、さらに、測定点以外の応力値を把握することができる。走行シミュレーションを行ううえで、①ボディに関してはドアやガラスの取り付け部のモデル化、②足回りの各部品に関してはバネ・ショックアブソーバ・ブッシュ・トーションビームなどのそれぞれの動特性を考慮したモデル化の技術の開発が重要となる。以下では、足回り部品のモデル化について紹介する。各部品の動特性を把握するために、写真4に示すように、門型治具を製作し、4 Poster試験機の1 Posterを用いて、各部品の動的特性試験を行い、周波数依存性および変位依存性を把握した。

まず、バネ・ショックアブソーバ・ブッシュなど

写真4 門型フレーム(1Poster加振用)

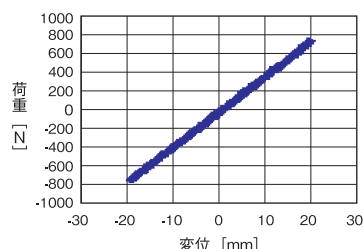


の動特性を同定するうえで、妥当な周波数範囲、振幅範囲を設定しておく必要がある。このため、まずは4Poster試験を実施した際の測定データを元に、実際に卓越している周波数領域およびこの際のサスペンションのストローク特性を把握した。

今回、解析を行った対象車では、バネ下では $5 \sim 25 \text{ Hz}$ で、バネ上では、 2 Hz にもっとも大きなピークが存在するとともに、おおむね 20 Hz 以下の成分で車体系の挙動が代表されるものと考えてよいことがわかった。さらに、サスペンションのストロークは、相対変位で最大 $\pm 50 \text{ mm}$ 程度、平均的には $\pm 25 \text{ mm}$ 程度、相対速度ではおおむね $\pm 1 \text{ m/s}$ 程度であることがわかった。

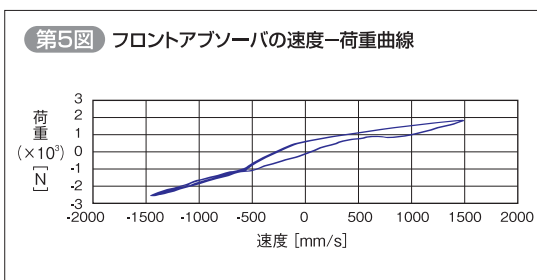
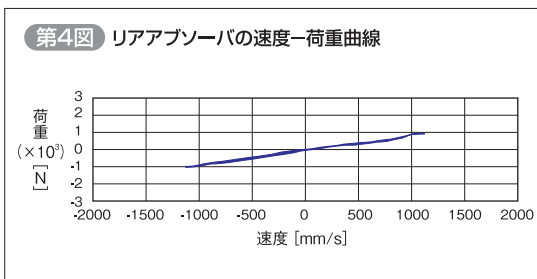
サスペンションに使用されているコイルバネは、第3図に示す変位-荷重線図試験結果より、予想した通り線形性は非常に高く、また減衰性はほとんど無視できる程度で、変位依存性もなく、理想的なバネとしての特性を持つことが確認できた。

第3図 変位-荷重線図



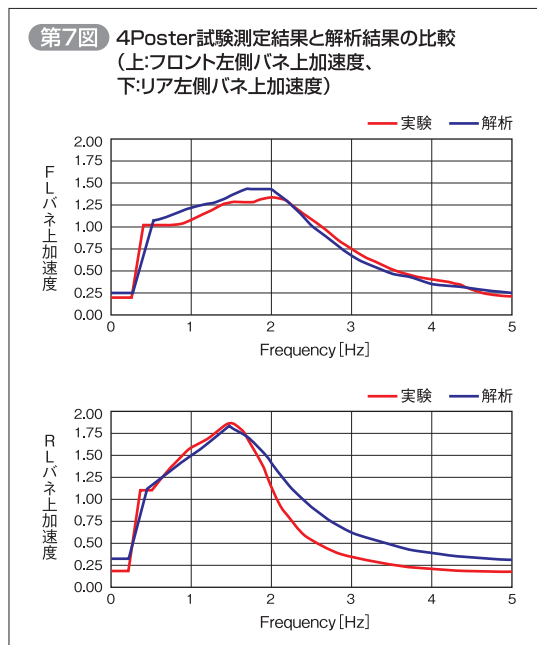
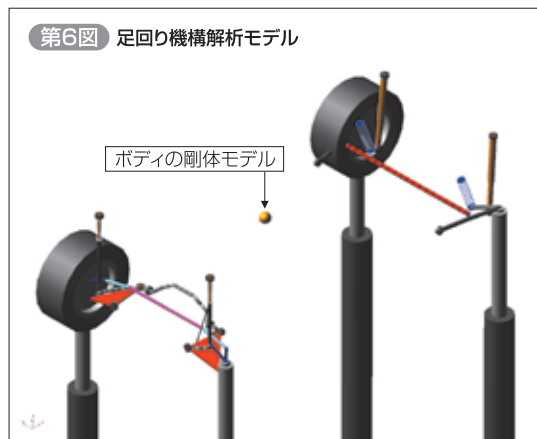
サスペンションの各パーツの結合部を中心に使用されているゴムブッシュの影響も無視できない。ゴムブッシュはゴム特有の非線形特性や、損失係数と表される減衰特性があるので、ブッシュ単体の加振実験を行い、各ブッシュの動特性について調査した。ブッシュの特性としては、バネ定数と損失係数がどの周波数でもほぼ一定となり、通常のゴムとしての性質を示していることがわかった。損失係数型のダンピングの場合、減衰は変位の虚数部に比例する力となり、周波数応答解析を行う場合は容易に表現できるが、今回の機構解析のように時刻歴応答解析を行う場合は、通常の方法では虚数部を考慮して解析することができない。そこで、まずは、卓越する周波数（2～3 Hz）での等価な比例減衰としてモデル化していくこととする。

ショックアブソーバはオイル等の粘性流体を利用したダンパ要素であるが、乗り心地の観点などから、非線形特性を持つと予想される。このため、周波数・速度振幅を変化させた実験を実施した。第4図に示すようにリアアブソーバは、ほぼ線形の特性を示している。一方、第5図に示すようにフロントアブソーバは、非線形特性を示している。さらにフロントアブソーバでは、ヒステリシス特性を示しており、アブソーバのバネ的特性、もしくはダンパ内の流体の慣性特性が大きいのではないかと考えられる。機構解析のデータとしては、本曲線の骨格曲線を使って、非線形減衰特性を表現する。



自動車用サスペンションでは、左右のタイヤの相対変位を弾性的に拘束するためトーションビーム・スタビライザ等が用いられている。基本的にはビーム構造のねじれ剛性を利用したものであるが、その形状が開断面構造であるので、この構造を考慮してねじれ剛性を精度良く表現する必要がある。FEMモデルを作成してねじれ剛性と回転中心を求めた結果と開断面構造のねじれ剛性の理論式から算出した結果はほぼ一致しているので、今後は理論式からえられる値を用いる。

以上に示したように、サスペンション構成部材の各パーツについて、その動特性同定のための、実験手法、同定手法を開発することができた。これを元に、第6図に示すような機構解析モデルを構築し、同相モード（バウニング）を励起させるような4Poster加振に対して、試験結果と機構解析結果を比較したところ、第7図に示すようにピークとなる周波数およびピーク値について両者は定量的に一致していることがわかった。今回の解析はある車種に限った結果であるが、個々でえられた技術の一般化を図るため、今後は、他形式のサスペンションの試解析や、他車種での実験評価などを実施し、技術を高めていく。また、強度のみならず乗り心地、操縦安定性さらにはロードノイズなどの振動騒音も対象とした、より高周波数領域での評価・解析技術の構築も進めている。



本稿では、4Poster試験装置とこの装置を用いた解析技術手法の確立について紹介した。今後はバーチャル環境下での試験耐久評価を行い、さらに、その他にも耐久試験後のボディや車載部品の詳細評価まで行うことで、トータルな自動車総合試験会社としての技術確立を目指す。