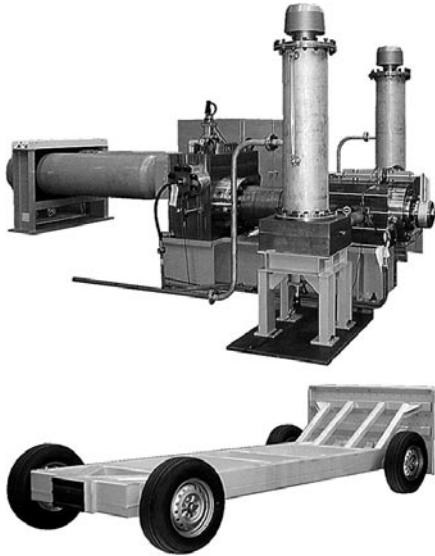


特 集 論 文

自動車部品の評価を行う油圧を利用した省スペース大パワーの衝撃試験装置の開発

Development of Space-saving Hydraulic Shock Tester for Automotive Parts



時 山 智^{*1}
Satoshi Tokiyama

清 水 将 之^{*2}
Masayuki Shimizu

内 田 満 哉^{*3}
Michiya Uchida

中 島 雅 樹^{*4}
Masaki Nakashima

末 次 正 幸^{*4}
Masayuki Suetsugu

梶 井 紳 一 郎^{*5}
Shinichirou. Kajii

衝撃による自動車部品の強度や機能を評価する試験装置は多種ある。大パワーかつ高精度の衝撃試験装置は従来の重力やばねを利用した機械方式や空気を利用した空圧方式では実現できなかったが、今回油圧を利用した装置を開発し市場投入したのでその概要を紹介する。

1. は じ め に

自動車及び自動車部品をはじめ、製品の安全性や信頼性の要求が高まる中、耐衝撃性試験は材料や部品の開発に重要な試験となってきた。

従来、各種材料や部品の衝撃に対する強度評価はほとんど静的試験にて実施していたが、最近では、実際の使用環境下での衝撃特性の評価が不可欠となってきた。

また、衝突速度を得るために従来の重力を利用した試験装置の場合、高速度での衝撃試験を行うために相当の加速区間が必要であったが、試験室という限られた空間で、より高速な試験を行うために加速区間の短い試験装置が必要となってきた。

そこで油圧の持つ大パワーを利用して初速を与え、省スペースで高速度を実現する試験装置を開発した。本稿で紹介する衝撃試験装置は、落錘衝撃試験機、台車衝突試験機及び超高加速度試験機の3例である。

2. 自動車部品の衝撃試験

自動車部品の試験には、振動耐久試験、環境耐久試験、空力性能試験、快適性試験、衝撃試験などがある。

現在、自動車や自動車部品の研究開発において、衝突安全性を向上させるために、積極的に衝撃試験に取り組んでいる。

自動車部品に対する衝撃試験の目的は、衝突時の衝

撃によってその部品の機能が失われないことや、衝突現象を再現して発生する衝撃力を計測・評価することなどが挙げられる。従来から、これらの目的を満たす試験装置としては、(1)自由落下式、(2)ワイヤロープけん引式、(3)空圧打出し式、(4)油圧打出し式などがあった。

(1) 自由落下式

ウインチなどにより巻き上げられた重錘をガイドに沿って自由落下させ、ガイド下部にセットした自動車部品に衝突させる方式。

(バンパー試験に用いる振子式衝撃試験装置を含む)

(2) ワイヤロープけん引式

ワイヤロープに連結した台車を電動機などの駆動力を用いてけん引し、コンクリート壁などに固定した自動車部品に衝突させる方式。

(3) 空圧打出し式

自由落下の方式に、エアシリンダを加えることで重錘に初速を与えたり、エアシリンダによって水平方向に重錘を打ち出す方式。

(技術的な問題としては、空気の圧縮性のために速度精度が良好でなかったり、高圧化が困難なために装置が大型化することがある)

(4) 油圧打出し式

空圧打出し式の空圧に代えて油圧を用いる方式。(技術的な問題点としては、衝突速度が時速数十km相当で、油圧シリンダが大型でその能力が数十

^{*1} 下関造船所機械部システム設計グループ長

^{*2} 下関造船所機械部システム設計グループ

^{*3} 下関造船所機械部次長

^{*4} 下関造船所機械部電気制御設計グループ

^{*5} 技術本部高砂研究所振動騒音研究室主席 工博

kN 程度の場合には、制御すべき油圧が莫大となり、流量制御弁が成り立たないことなどがある)

試験装置のユーザは、これらの方式の中からニーズに合った方式を選択して、試験設備の導入を実施している。

3. 原 理

本技報で取り扱う油圧式衝撃試験装置が、油圧シリンダのピストンと衝撃対象物を打ち出すのは、以下の原理に基づく。

(1) 内部を弁構造とした油圧シリンダ

この試験装置用に新規設計・製作した油圧シリンダは、その内部構造が従来までのものとは異なり、特殊シール部を有する弁構造となっている。

はじめは、図1の油圧シリンダ内部説明図に示す圧力室 C1 と圧力室 C2 に同圧の油圧を印加することでピストンは圧力バランスにより C1 側に押し付けられる。その状態で C1 の圧力を保持したまま、C2 の圧力を抜くことで、ピストン上下の圧力バランスが崩れ、ピストンは急速に下方向へ打ち出される。

(2) 衝撃体打出し速度を任意に設定できる可変絞り弁 通常使用されるサーボ弁では、毎分数十万リット

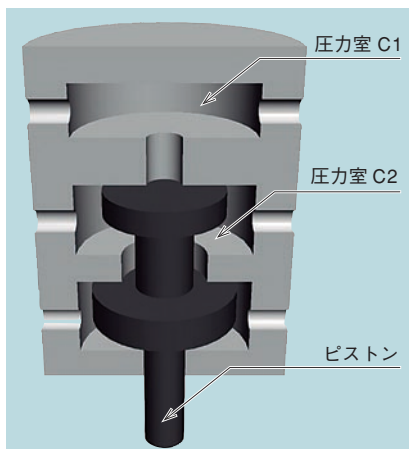


図1 油圧シリンダ内部の説明図

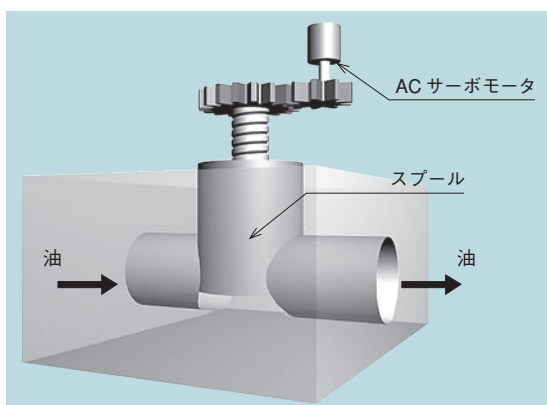


図2 可変絞り弁の説明図

ルといった流量を制御できなかった。しかし、図2の可変絞り弁説明図に示すスプールは、AC サーボモータの回転角度にしたがって上下へ出入りし、油圧管路内で大流量可変絞りとして働く。

(3) シミュレーション

新しく採用した油圧シリンダの内部構造、油圧システム、負荷等をモデル化したシミュレータを作成し、シリンダ構造、弁構造、可変絞り弁、油圧力の最適設計を行なった。

シミュレーション画面の一例を図3に示す。

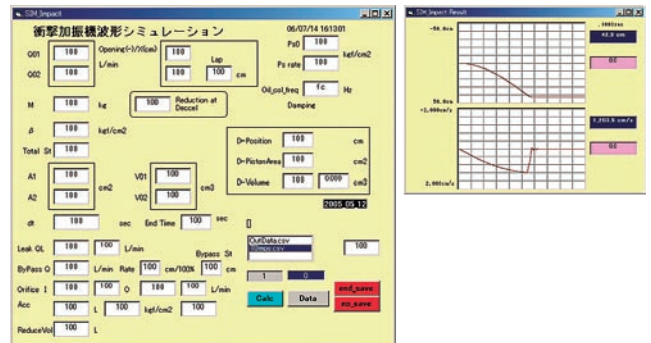


図3 シミュレーション結果の一例

4. 試験装置の紹介

本章では今回市場投入した新規設計の衝撃試験装置の3例についてその概略を紹介する。

(1) 落錘衝撃試験機

車体の安全設計を考えると、衝突時にボディの一部は衝突エネルギーをその変形で吸収し、客室は最後までつぶれずに残し、空間として確保されることが望ましい。

ボディのコンポーネント試験を実施するためには、実車衝突 (Car-to-Car) 時の衝突速度、衝突質量を再現する必要がある。この試験装置を設計する上での技術的課題は、高速衝突時の現象を確認するために必要なスペックである、時速 100 km の落錘速度であった。

従来型の衝撃試験装置である自由落下式を採用した場合に必要なウェイトタワーの高さは、40 m 程度となり、高層ビル 10 階程度の建造物を建設する必要がある、現実的ではない。そこで、保有技術である油圧と制御を最大限に活用し、質量 1 トンの落錘が距離約 50 cm の区間で時速 100 km まで加速する油圧式落錘衝撃試験装置を開発、納入した。

この試験装置は、全高が 6 m 程度であり、非常にコンパクトで大パワーの試験装置に仕上げる事ができた。

図4に本機の概要を示す。動作の順序としては、はじめに、油圧ユニットで昇圧した作動油をアキュムレータに蓄圧する。発射のタイミングに合わせて、アキュムレータ内の作動油は可変絞り弁を介して油圧シリンダへ導かれ、油圧シリンダは落錘を下向けに発射する。落錘速度は可変絞り弁の開度を制御することで、自由落下速度から時速 100km まで可変である。

打ち出される落錘は軽量高剛性を実現するために薄肉ボックス構造とした。また、時速 100 km に達した落錘をわずか 15 cm の間に緩停止させる油圧式ダンパも開発した。

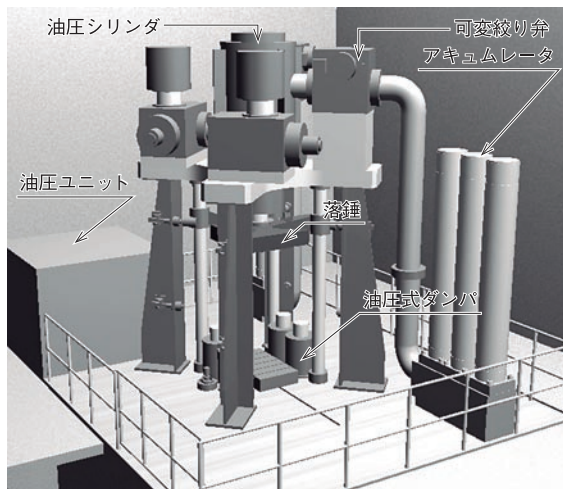


図4 落錘衝撃試験機の構造概要

(2) 台車衝突試験機

米国自動車安全基準 (FMVSS) や欧州統一基準 (ECE) ではバンパの衝撃吸収能力が自動車安全基準として規定されている。

バンパ衝撃吸収試験の試験速度については、自動車安全基準の求める速度仕様 (時速 16 km 程度) を上回り、時速 30 km から 40 km 程度までの試験速度が必要であり、バンパ衝撃試験を実施する車種も小型車から大型車までの広い車体重量範囲をカバー可能な試験装置が必要とされる。

従来のバンパ試験の方法は、振子式試験装置によるものか、ワイヤロープけん引式によるものが一般的であった。

しかし、振子式試験装置では、振子高さが 6 m 程度と大型化する問題がある。また、ウェイトを搭載することで重量を可変とした衝突台車をワイヤロープでけん引し、時速 40 km まで加速させる方式では、助走のための走行路長さを確保する必要がある。

そこで、落錘衝撃試験機と同様の設計を行った油

圧シリンダを水平に設置し、ピストンとその先端に設置した台車を約 40 cm で時速 40 km まで加速する試験装置を設計、製作、納入した。

この試験装置の設置スペースは、台車走行路も含めて、幅 4 m × 長さ 20 m × 高さ 3 m 以下に納めることができ、コンパクトな配置を可能とした。

なお、台車速度の精度は、一般的な実車衝突試験装置のそれである時速 ± 1 km を上回る精度を実現できた。

図5に本機の概要を示す。動作の順序としては、はじめに、油圧ユニットで昇圧した作動油をアキュムレータに蓄圧する。発射のタイミングに合わせて、アキュムレータ内の作動油は油圧シリンダへ導かれ、油圧シリンダは台車をコンクリートブロックに向けて発射する。このとき、台車前面に取り付けた試験体はコンクリートブロック上で圧壊され、試験体の衝撃性能が評価される。

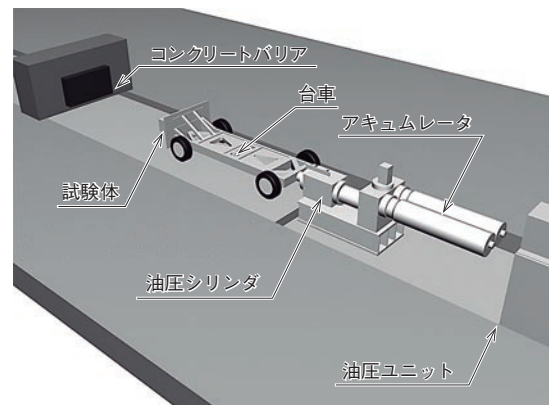


図5 台車衝突試験機の構造概要

(3) 超高加速度試験機

自動車の構成部品は数万点におよぶと言われているが、自動車事故の際にそれらに作用する加速度も様々である。

特に衝突時の運転席まわりの小物部品については、数千 G (G: 重力加速度: 9.8 m/s²) の減速度が作用すると言われている。

超高加速度試験機は、数千 G といった減速度を物理的な衝突現象を伴わずに試験機のテーブル上で発生させ、テーブルに搭載した試験体の破損形態を確認するものである。

一般的に高加速度を再現させる試験装置では、ゴムパッドなどの緩衝体を用いて、衝撃作用時間を設定し、ピストンを打ち出す方式をとっている。今回製品化した超高加速度試験機においては、この緩衝体の役目をダンパー室内部のばね減衰特性に持たせることで、6000G 超の任意加速度をテーブル上で再



図6 超高加速度試験機の装置全景

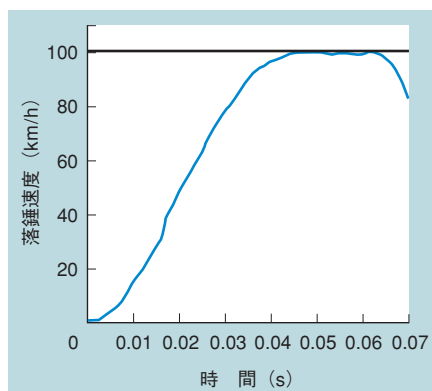


図7 落錐衝撃試験機の試験結果

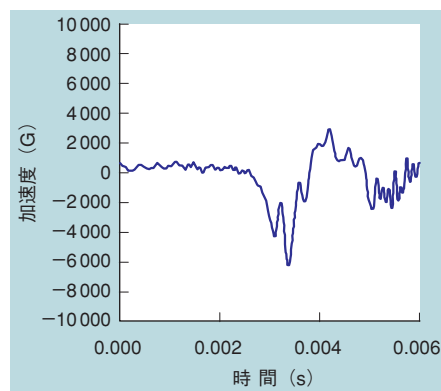


図9 超高加速度試験機の試験結果

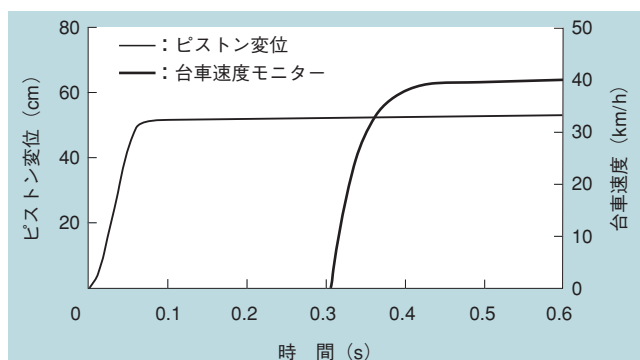


図8 台車衝突試験機の試験結果

現することを可能にした。目標加速度の設定には、ダンパー室内の油柱ばね剛性をコントロールすることで、任意に実現する仕組みである。

装置外観を図6に示す。

5. 試験結果

ここでは、前章で述べた3例の試験装置の性能である試験結果を示す。

(1) 落錐衝撃試験機

最高速度仕様である“時速 100 km”の場合の試験結果について図7に示す。

なお、計測された落錐の速度は落錐へ取り付けた変位検出器の出力を微分して算出したものであるが、約 0.04 秒の間に落錐を加速し、時速 100 km が達成できていることが分かる。

(2) 台車衝突試験機

代表性能である“台車質量 1.4 ton × 時速 40 km”の場合の試験結果について図8に示す。

なお、計測された台車速度は台車速度計測装置の出力によるものであり、この計測装置はその上を台車が通過することで速度計測を開始、表示する。

また、ピストン変位については、事前実施した数値シミュレーションの結果と一致して、約 0.05 秒でストローク 40 cm までピストンが延びて台車

を加速していることが分かる。

(3) 超高加速度試験機

この試験機についても、代表性能である 6000G が得られた加速度波形の計測結果を図9に示す。

6. まとめ

自動車部品用の衝撃試験機として、油圧式シリンダを用いたシステムで製品化した例を示した。

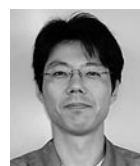
これは、今まで破壊型衝突試験として用いられてきた自由落下式やワイヤロープけん引式では実現できなかった省スペース、大パワーの試験ニーズを満足した点で優位性を持った技術であると考ええる。

自動車業界は日本を代表する産業となっており、今後もそのすそ野を広げて、市場と各種試験装置の必要性が維持されたいと考える。

このような状況で、試験装置事業の主力製品である自動車衝突シミュレータに加えて、ここで取り上げた衝撃試験装置が更に客先ニーズを満たす製品であると認知されるよう懸命に取り組んでいます。



時山 智



清水 将之



内田 満哉



中島 雅樹



末次 正幸



梶井 紳一郎