

Feature Article

特集論文

車両空力開発用風洞天秤システム

Hans Vogt

風洞天秤は車両空力の最適化のために使用される試験設備である。風洞試験では車両は天秤システムである測定プラットフォーム上に設置される。HORIBA風洞天秤では空気の流れによって生じる3方向の力と3方向のモーメントを正確に測定することができる。さらに、車両下側と車輪周辺の空気の流れをより現実に近いものにするため、“動く路面”(ムービンググラウンド)システムを設置することが可能である。このムービンググラウンドシステムは、車体下側において風速に追従して動くセンターベルト(ローリングロード)と風速に同期して車輪を回転させる4つのホイールスピナベルトから構成されている。また、4つのホイールスピナベルトが天秤の測定システムの上に設置され、最高速度は250 km/hまで可能である。

はじめに

車両開発の1ステップとして、風洞設備内での車両空力(エアロダイナミクス)最適化が行われる。車両空力の改良は、燃費、運転快適性、性能、音響特性を最適化するために重要だからである。その対象項目の多くは数学的に算出できるが、実際の車両周りの空気の流れをシミュレーションした実車試験も不可欠である。

風洞内では車両下側の空気の流れを完全に再現することは難しい。その理由は、風洞内の車両はその場を動かないが、現実の車は路面に対して移動しているからである。また風洞内では測定フロアの終端近くに境界層が存在している。そのため最新の風洞内では、車両下側における空気の流れを改善するための特別な方法や装置が使用されている。

現在、車両下側の空気の流れをシミュレーションでき、かつ高精度の力測定が可能な最新式風洞設備への需要が世界的に高まっている。その中で、“動く路面”(ムービンググラウンド)システムを備えたHORIBA風洞天秤(図1)はこれらの要求を十分に満たすものである。次にHORIBA風洞天秤の概要を紹介する。

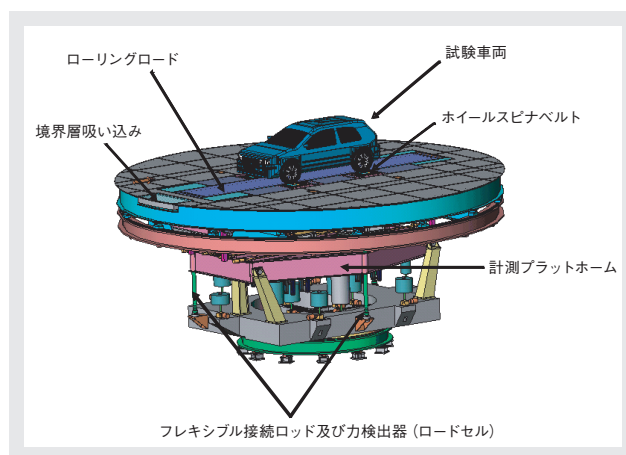


図1 ターンテーブルとローリングロードシステムを備えたHORIBA風洞天秤

風洞天秤

HORIBA風洞天秤はプラットフォーム型である。剛体のプラットフォームが6点で固定されており、これら6点のうち、3点は水平方向、3点は垂直方向にフレキシブル接続ロッドでフレームに固定されている。各ロッドの端部にはそれぞれ力検出器(ロードセル)が組み込まれている。6つのロードセルの信号から、コンピュータプログラムを用いて、 F_x (縦力)、 F_y (横力)、 F_z (鉛直力)の3方向の力、および M_x (ロールモーメント)、 M_y (ピッチモーメント)、 M_z (ヨーモーメント)の3方向のモーメントが算出される。

(図2)。この“コンピュータ分力検出”方式は、従来の機械的分力方式に比べて機械的ロスがなく高精度である。また構造が単純で可動部がないことも利点である。

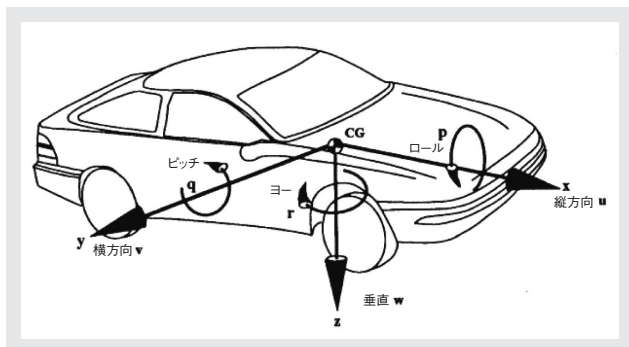


図2 風洞天秤で測定される3方向の力とモーメント

HORIBA天秤システムは、非常に高剛性でシンプルかつ安定性も良く、メンテナンスフリーの構造を特長とする。レバーシステムや油圧システムは使用されていない。また、車体質量補正システムは不要である。1 N程度の小さい分力を測定することが可能である一方、天秤のプラットフォーム質量・ホイールスピナベルト質量と車両質量の合計値で鉛直方向に静的初荷重約150000 Nをかけることができる。高品質ロードセルと正確な高解像度デジタル増幅システムを用いて、全測定範囲で0.02%~0.05%という極めて高い測定精度を達成している。鉛直力の測定範囲は最大15000 Nである。加えて、分力間の相互干渉については、独自の校正方法とデータ処理によってキャンセルされている。

HORIBA風洞天秤は、3種類のモデル試験用サイズを標準としているが、実車両試験用に任意の寸法での製作も可能である。また、航空機・船舶のモデルや二輪車その他の試験対象にも使用できる。

天秤の全機能は、イーサネットTCP/IP接続によりホストコンピュータから簡単に遠隔操作できる。さらに、専用プログラムによりスタンドアローンでのオペレーションも可能である。

図3に組み立て中の天秤プラットフォームを示す。プラットフォームはフレキシブルロッドによってフレームに固定されている。プラットフォームの上に取り付けられているのはホイールスピナベルト用のサーボモータである。



図3 固定された天秤プラットフォーム

ターンテーブルおよび車両リフトシステム

鉛直Z軸まわりに車両を回転させるため、風洞天秤およびターンテーブルも回転可能となっている。さらに、最高1800 mmまで車両を持ち上げられるリフトシステムが組み込まれ、車両下部の改造作業が風洞内で実施できる。図4にターンテーブルとリフトシステムの例を示す。リフトシステムはホイールスピナの周囲に組み込まれている。



図4 車両リフトシステム

ローリングロードシステムとホイールスピナ

ムービンググラウンドシステム(5ベルトシステム)は、風速に同期して動く車両下側のセンターベルト(ローリングロード)と、同じく風速に同期して車輪を回転させる4つのホイールスピナベルトから構成されている。センターベルトは天秤プラットフォームとは独立しておりターンテーブルの中に組み込まれている。試験車の車輪はプラットフォームに組み込まれたホイールスピナベルト上に設置される。車両に働く空力は、ホイールスピナベルトおよび車両位置固定用のロッカーパネルを介して天秤プラット

Feature Article 特集論文 車両空力開発用風洞天秤システム

フォームに伝達される。システムのオプションとして境界層吸い込み装置をセンターベルトの手前に取り付けることができる。図5に風洞内でターンテーブル上に車両を設置した例を示す。車両は4つのロッカーパネル固定システムによって固定されている。

センターベルトとして使用されている樹脂製ベルトは、最大出力250 kWの2式のサーボドライブで駆動される。また、横方向のベルト位置はレーザ式位置センサで検知される。ベルトの横方向位置と張力については、2式のサーボドライブによって駆動される追跡ステーションによって自動的に制御・調整される。空力により発生する車両下側の陰圧によってベルトが持ち上げられるのを防ぐため、センターベルトのフレームに8個程度の吸引チャンバを設けてベルトを吸引している。樹脂製センターベルトの場合、最高速度は250 km/hまで可能である。樹脂製ベルトの代替としてHORIBAではスチール製ベルトによるセンターベルトも提供している。このスチール製ベルトを使用した場合、最高速度300 km/hまで対応できる。

ホイールスピナにはV字溝付きの樹脂製ベルトが使用されている。ベルトはドラム上のV字溝によって駆動されるためベルトシステムのガイドは不要である(図6)。



図5 ターンテーブルに固定された車両



図6 ホイールスピナによる車輪の回転

おわりに

HORIBA風洞天秤は抜群の信頼性と測定精度で定評がある。シミュレーション品質、測定精度、強剛性、取り扱いやすさを兼ね備えた最新型の自動車用風洞設備である。HORIBA風洞天秤としては、ローリングロードシステムを備えたタイプのものが2基、ドイツおよびフランスへ納入されすでに稼動している。2007年末には中国に3基目が納入された。



Hans Vogt

HORIBA Europe GmbH
Business Unit Brake & Windtunnel
Ph.D.