

鉄道一般

車両

施設

電気

運転・輸送

防災

環境

人間科学

浮上式鉄道

リニューアルした 車両試験台

鉄道総研は2015(平成27)年3月までに車両試験台の大規模な改修工事を行いました。この改修工事では軌条輪駆動用電動機の交流化、制御装置の更新、安全性向上のための緊急ブレーキの導入などを行い、試験設備の不具合を防止することにより、試験装置の安定的な運用を可能にするとともに、高速走行安定性確認試験における安全性の向上を図りました。ここでは、改修工事の概要と、現在の車両試験台の機能や特性を概説するとともに、これにより対応可能な試験例や車両試験台を用いて得られた研究開発成果を紹介します。



石栗 航太郎
Kotaro Ishiguri
前 車両構造技術研究部
走り装置研究室
副主任研究員
[専門分野] 台車・車両
運動特性評価, 振動工
学, 油空圧技術

車両試験台

車両試験台とは、車両の走行状態を定置で再現する装置のことで、営業線では実施困難な高速走行や軌道変位を設定して、走行状態の模擬が可能な設備です。軌条輪と呼ばれる外縁部がレール頭頂部と同じ形状の回転円盤の上に車輪を載せて回転させることで、走行状態に近い条件を作り出します。

鉄道総研が現在使用している車両試

験台(図1)は、1990(平成2)年11月に高速車両試験装置として完成しました。それまで使用していた車両試験台(旧車両試験台)の最高速度が250km/h(車両)または350km/h(台車単体)であったのに対し、最高速度500km/hまでの試験が可能です。軌条輪を回転させただけで上下・左右・ローリング方向に加振する機能を備えており、これらを各輪軸に与えることで実際の走行状

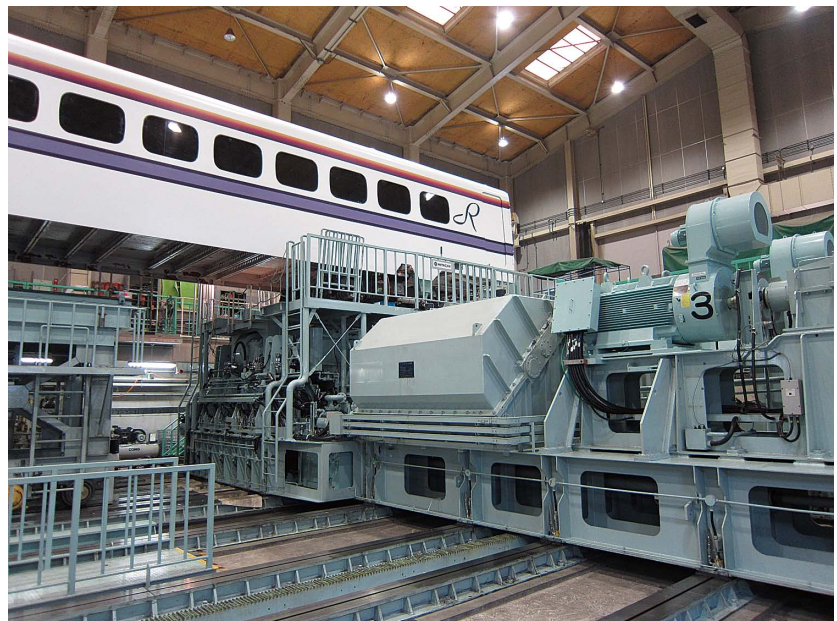


図1 車両試験台

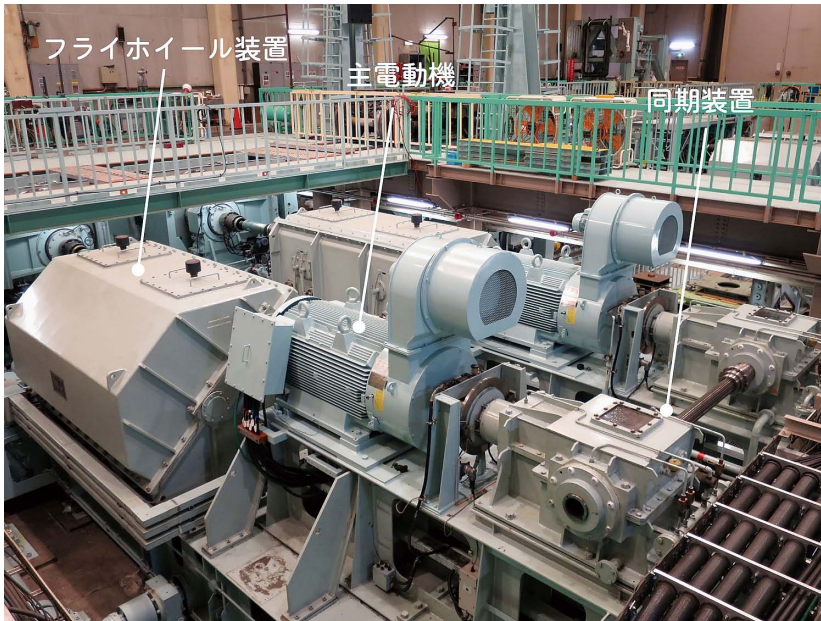


図2 更新した主電動機



図3 制動抵抗器

態に近い条件での試験が可能です。これまで車両試験台を使用した試験の結果は、JR各社の新幹線電車の台車設計をはじめ、鉄道車両の設計に反映されてきました^{1),2)}。

リニューアルの経緯

これまで車両試験台の軌条輪を回転

させる主電動機には直流電動機が、電動機の制御方法としてサイリスター制御が使用されてきました。導入当時は主流であった直流電動機ですが、消耗品のカーボンブラシを使用しているため交換、調整といった定期的なメンテナンスが欠かせません。また、完成から25年を経て、主電動機制御装

置の部品に入手の困難な物が出てきました。車両試験台の稼働率は非常に高く、装置に不具合が発生した場合に復旧に時間を要すると研究開発、受託試験などのスケジュールに影響をおよぼすことが懸念されていました。そこで、2015(平成27)年3月までに大規模リニューアルとして主電動機の交流化(図2)と主電動機制御装置の更新、受電設備の更新、安全性向上のための緊急ブレーキの導入、設備異常などの早期発見のための状態監視システムの機能向上を行いました。今回のリニューアルにおいて主電動機制御装置をインバーター制御方式に変更しました。

これまでの車両試験台には、軌条輪を高速運転する場合の非常停止に適したブレーキシステムはありませんでした。そこで、リニューアルに合わせて電動機の制御システムを更新し、非常停止を行うための制動抵抗器(図3)と制御装置を導入しました。最高速度500km/hから停止までに発生する電力を送電系統に戻した場合は悪影響が想定されたため、制動用の抵抗器を導入して熱エネルギーとして放出する方式としています。制動抵抗器は通常運転時の速度制御にも利用するように構成されているため、通常運転時においてもこれまでよりも高い減速度を得ることができるようになりました。その結果、減速、停止にかかる時間を短縮でき、高速度域での試験の安全性を向上させることができました。また、これまでの試験装置は停電時に減速させることができませんでした。今回のリニューアルに伴い、バックアップ用の電源を確保し、主電動機の回生電力を制動抵抗器へと導くよう制御することで、停電時においても抵抗制動へ移行させることができるようになっていました。大規模地震発生時や異常時に、停

表1 車両試験台における試験の例

試験名称	内容
高速走行安定性確認試験	高速走行時に台車や車体が大きく振動する蛇行動と呼ばれる不安定現象の発生速度の確認試験，蛇行動試験とも呼ばれる
防振性能試験	走行中の車体やばね装置の軌道変位による動的応答の確認 実稼働状態における部品の特性推定
本線走行模擬試験	軌道検測車などによる測定データから実際の軌道変位を模擬し，本線走行時の車両の安全性や乗り心地を評価
駆動性能試験	車両に搭載した主電動機などで駆動し，試験台からは走行抵抗を与えることで，加減速性能やエネルギー消費量などを確認
車体外力付与試験	超過遠心力や横風による空気力に相当する外力を車体に直接与え，車両の走行安全性や挙動を確認
仮想編成走行試験	仮想的な隣接車両の運動をリアルタイムに計算し，その動きを車体間運動模擬装置で再現することによる車両間の相互作用を考慮した台上編成走行試験

止操作を行ってから停止までにかかる時間を短縮することで，安全性の向上を図ることができました。なお，全体の制御を行う中央操作盤，電動機の回転・減速に関わる制御系統についてもバックアップ電源を装備しており，電源喪失時にも緊急停止操作ができるようになっています。

車両試験台を利用した試験

鉄道総研の車両試験台は，供試車両に応じて軌間に相当する軌条輪の左右の間隔と軸距を調整することで，さまざまな在来線車両と新幹線車両それぞれに対応することができます。また，軌条輪を回転させて走行状態を再現した上で，軌条輪を上下・左右に運動させることで台車や車体を上下・左右・ローリング方向に加振することができます。ここでは，表1に示す車両試験台により行う試験の代表的な例を紹介します。

高速走行安定性確認試験

高速走行時に台車や車体が大きく振動する，蛇行動（☞参照）と呼ばれる

不安定現象があります。この不安定現象の発生速度が，実際に運転する速度よりも高いことを確認するために行われる試験です。ヨーダンパーなど一部の部品に異常が発生している場合においても，実際に運転する速度において不安定現象が発生しないことも確認します。

今回のリニューアルにより，緊急減速の性能が向上し，蛇行動の発生を確認してから減速操作を行い，不安定領域を抜けるまでに要する時間を短縮でき，高速走行安定性確認試験における安全性向上を図ることができました。新幹線のさらなる高速化といった課題に取り組む際に活用が期待されます。

防振性能試験

走行中の車体やばね装置は，軌道変位により振動しますが，その動的応答

を確認します。軌条輪を回転させて走行状態を再現した上で，軌条輪を上下・左右に加振することで台車・車体が運動する様子を確認する試験です。走行安全性が確保されていることを確認するとともに，乗り心地の評価も行います。実稼働状態において鉄道車両に搭載されているばね，ダンパー，ゴム部品などの特性推定にも活用し，諸元の最適化や制御パラメーターの決定に活用しています。

本線走行模擬試験

軌道検測車などによる測定データから実際の軌道変位を模擬し，軌条輪装置を上下・左右に加振することにより本線走行時の車両の安全性や乗り心地を評価する試験です³⁾。軌条輪装置の各軸の加振に走行速度に応じた位相差を与えることで，各車軸が同一軌道変

☞ 蛇行動

車両がレール上を走行する場合に生じる自励振動のことで，蛇がくねって進むように運動するため蛇行動と呼ばれます。車輪に踏面勾配があるために起こる現象で，輪軸蛇行動，台車蛇行動，車体蛇行動があります。通常の運転速度より高い速度まで台車蛇行動が発生しないように車両を設計する必要があります。

位箇所を順に通過していく状況を再現します。

駆動性能試験

車両に搭載した主電動機やエンジンにより車輪を駆動し、車両試験台からは勾配の影響などを模擬した走行抵抗を軌条輪に与えることで、車両の加減速性能やエネルギー消費量などを確認します。

車体外力付与試験

供試車両の車体に取り付けたワイヤーロープを地上側から引っ張ることにより、超過遠心力や横風による空気力に相当する外力を直接与え、車両の走行安全性や挙動を確認します⁴⁾。

仮想編成走行試験

仮想的な隣接車両の運動をコンピューター上でリアルタイムに計算し、その動きを車体間運動模擬装置(☞参照)で再現することにより、隣接車両間の相互作用を考慮した台上編成走行試験を行うことができます。実物の車両は車両試験台上の1両ですが、複数の車両が連結されて走行している状態を作り出すことができます⁵⁾。

得られた研究開発成果

車両試験台が完成して間もない頃は、高速走行安定性確認のために利用されることが多く、新幹線の高速化に貢献してきました。現在でもこの試験の重要性は変わらず、高速車両の開発のみならず、新たな台車方式の確認試験な

どが行われています。

その後は、実稼働状態において車両に搭載されているばね、ダンパー、ゴム部品などの特性推定に活用されることも多くなりました。諸元の最適化や制御パラメーターの決定にも活用され、部品単体での特性試験では得られなかった実稼働条件における部品特性を把握することができ、各種シミュレーションの精度向上を支えてきました。

最近は乗り心地向上のための試験が行われることも多く、振動を抑制するための可変減衰ダンパーなどの各種制御装置を取り付けた場合の性能の確認と調整、車体弾性振動低減のための研究開発などへと活用の幅も広がっています。

車両試験台を用いた試験の方法は、時代の要請に応じて改良が加えられ、対応する試験の幅を広げてきました。近年実現した編成車両による運動を模擬する仮想編成走行試験もそのひとつで、台上の試験車両と、コンピューター上のシミュレーションモデル、隣接車両の運動を模擬する装置を組み合わせる技術を取り込み改良を加えることで、鉄道総研の車両試験台は、今後も研究開発に活用されます。

おわりに

ここでは、車両試験台のリニューアルの概要とその性能、実際に行われる

試験の例について紹介しました。

さまざまなシミュレーション技術や試験設備が整備されている現在ですが、営業路線を利用して実際の車両を用いる走行試験の重要性は変わりません。しかしながら、営業列車の合間をぬって行われることや、試験条件に対して制約があるため、試験のすべてを走行試験で行うことはできません。そこで利用されるのが車両試験台です。実際の営業路線を利用した走行試験を完全に再現することはできませんが、車両試験台を用いた試験結果を実際の走行試験結果に読み替える技術や試験方法の工夫、シミュレーション技術との組み合わせをはじめとするさまざまな改良を重ねることで日々その性能を向上させてきました。

鉄道総研では、今回リニューアルした車両試験台を活用して、これからも安全で、快適な車両を送り出すことができるよう研究開発に努めてまいります。**RRR**

文献

- 1) 一戸光一：高速車両試験台について，RRR, Vol.48, No.4, pp.25-27, 1991
- 2) 岡本勲：高速車両試験台を使う，RRR, Vol.48, No.4, pp.27-28, 1991
- 3) 山口輝也ほか：車両試験台でレール上の走行を模擬する，RRR, Vol.70, No.8, pp.8-11, 2013
- 4) 日比野有：横風に対する車両の転覆耐力を評価する，RRR, Vol.69, No.11, pp.24-27, 2012
- 5) 山口輝也：編成走行を模擬するHILSシステムの精度検証，鉄道総研報告, Vol.28, No.7, pp.29-34, 2014

☞ 車体間運動模擬装置

鉄道総研の車両試験台に設置した隣接車両の運動を模擬する装置。車両試験台上の実物車両とコンピューター上の計算モデルがリアルタイムで運動して動作し、この装置により隣接車両の動きを再現することで、複数の車両が連結されて走行している状態を作り出す装置です。これまで不可能であった編成走行状態を車両試験台上で再現できます。