

ALFA-X台車への地震対策左右動ダンパの搭載および評価



高杉 誠^{*1}



山下 忠志^{*2}



北村 賢一^{*3}



江戸 義博^{*4}



岩波 健^{*5}

Installation and evaluation of the earthquake countermeasures lateral damper on ALFA-X bogies

Makoto TAKASUGI^{*1}, Tadashi YAMASHITA^{*2}, Kenichi KITAMURA^{*3}, Yoshihiro EDO^{*4} and Ken IWANAMI^{*5}

^{*1} Researcher, ^{*3} Assistant chief researcher, ^{*5} Senior researcher, Advanced Railway System Development Center, Research and Development Center of JR East Group

^{*2} Assistant manager, Rolling Stock Section, Transport Dept., Chiba Branch Office ^{*4} Manager, Rolling Stock Section, Transport Dept., Yokohama Branch Office

Abstract

Improvement of the safety of the Shinkansen vehicles in case of an earthquake is imperative. To improve performance of anti-derailment of Shinkansen bogies, we have developed the "earthquake countermeasures lateral damper" that suppresses vibration of the railway car body during an earthquake. The developed damper satisfied the basic performance in the bench test, and was evaluated by installing in all the bogies of the high-speed test train ALFA-X. In the running test of ALFA-X, it was confirmed that the damping performance of the damper satisfied required specifications.

●**Keywords:** Bogie, Earthquake, Derailment, Running safety, High-speed test train

^{*1}^{*5}JR東日本研究開発センター 先端鉄道システム開発センター
^{*2}千葉支社 運輸部 車両課 ^{*4}横浜支社 運輸部 車両課

1. 緒言

当社は、数々の災害を契機にさらなる安全性の向上をめざし、新幹線車両への地震対策に取り組んできた。2004年の新潟県中越地震を第一の契機とし、新幹線全車両への逸脱防止ガイド¹⁾の搭載やブレーキ停止距離の短縮等の安全対策を行ってきた。2011年に東日本大震災が発生し、再び当社管内において甚大な被害を受け、最近ではその余震とみられる地震の発生も多く、さらに脱線しにくい台車を開発することが急務となっている。

地震時の車両挙動シミュレーションにより、比較的高い加振周波数帯の地震動によって車両が振動すると、車体が台車の左右動ストッパに衝撃することで、著大横圧、台車のロール等の影響により車輪がフランジ高さ以上に跳び上がり、脱線に至ることが明らかになっている²⁾。東日本大震災発生の際、当社で2例目となった新幹線車両脱線も、上記のメカニズムによるものと考えられ、左右動ストッパゴムに強く衝撃したことによる取付部の顕著な変形も確認されている³⁾。地震時の脱線対策としては、地震時の車体の揺れを抑制することが有効であることが知られており⁴⁾、営業車に搭載されている左右動ダンパをベースに、地震動に対応できる性能を付加した「地震対策左右動ダンパ」の開発に着手⁵⁾し推進してきた。

本報告では、地震対策左右動ダンパの定置試験における基本的な性能の確認結果、および新幹線高速試験電車ALFA-Xの全台車に搭載し、地震時以外の通常走行時における性能を確認した結果を報告する。また、営業車への搭載に向けた地震対策左右動ダンパの開発についても概要を報告する。

2. 開発品の概要

先述のとおり、地震発生時に脱線しにくい台車を実現するためには、車体の揺れを抑制することが有効である。その実現のため、「地震対策左右動ダンパ」の開発を実施した。過去の文献より、地震に対する走行安全性を向上させるには、左右動ダンパの減衰特性を変更し、地震発生時等の異常時のみ大きな減衰力を発生させる特性を付加することが有効であることが報告されている⁶⁾。したがって本開発品では、当社の新幹線車両であるE5系、E6系に搭載されている2段切替左右動ダンパの性能をベースとし、

地震動に対応するために高速度高減衰力特性を付加している。筐体は量産実績のある溶接構造とし、使用温度範囲は-30℃～40℃とした。図1に今回開発した地震対策左右動ダンパの写真を示す。



図1 Earthquake countermeasures lateral damper

図2に地震対策左右動ダンパの減衰力特性の概念図を示す。地震動に対応するために、通常のダンパ使用領域範囲を超えた高速度域においてのみ高減衰力が生じる特性を付加した。また、想定以上の地震が発生した場合の台車および中心ピンのダンパ取付部の破損を防ぐために、高圧リリーフ特性を付加している。電磁弁のON/OFFによって、低減衰力および地震発生時には高減衰力に切り替えることを可能としている。

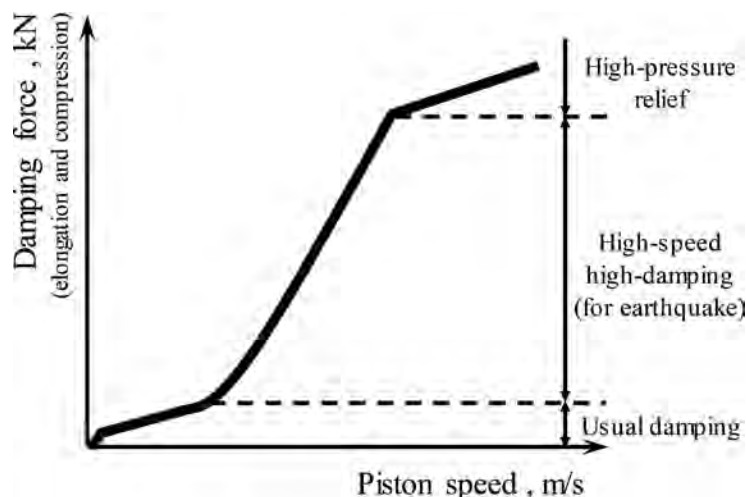


図2 Damping force characteristics of developed damper

3. 定置試験結果

実際の車両への搭載に向け、定置試験により各種性能を確認した。

3・1 速度－減衰力特性試験

出荷試験を実施した全ての地震対策左右動ダンパにおいて、減衰力の検査規格を満足したことを確認した。

また、地震動を想定して高速度－高減衰力試験も実施した。低い速度から段階的に速度を上げ、高速度時においても減衰力特性を満足することを確認した。

3・2 耐久試験

作動耐久試験、振動耐久試験および衝撃動試験を実施し、実施前後の特性を比較した。比較した結果、各種試験項目について減衰力は初期値に対し大きな変化は見られず、構成部品に損傷や油漏れはなく良好であった。

3・3 低温試験

新幹線ネットワークの札幌延伸を見据え、低温下での特性試験を実施した。3段階の温度（-20、-25、-30℃）に冷却した後、減衰力を測定した。低温下においても減衰力に大きな変化は見られず、構成部品に損傷や油漏れはなく良好であった。

3・4 耐水試験

耐水試験2種 (JIS E 4034) により試験を実施した。試験後の作動油と新油との水分を比較した結果、試験後の作動油は新油より水分値が小さかったため、水分の侵入はないと判断した。

4. 現車試験結果

高速走行試験電車ALFA-Xに開発品を搭載し、走行速度320~400km/hの現車走行試験にて、2019年5月~12月にかけて、地震時以外の通常走行時における性能を確認した。

測定は仙台~北上間で実施し、ALFA-Xの3、6号車にて、地震対策左右動ダンパのストローク量、減衰力についてのデータを取得した。図3に開発品の搭載位置を示す。

図4に測定区間における減衰力の最大値の検出状況を示す。試験結果から、ストロークの最大値および減衰力の最大値の検出は地点に依存し、ストロークの最大値は、伸側、縮側ともに曲線付近での検出が多く、減衰力の最大値についても同様の結果となった。

計測されている最大の減衰力については3号車、6号車いずれもダンパの減衰力規格以下であったことから、強度および耐久性について問題はないと考えられる。最大動作速度については3号車で0.19m/s、6号車で0.33m/sであった。これらの結果は、通常使用範囲で発生する動作速度であり、設計減衰力と最大荷重を比較した結果、ほぼ設計通りの減衰力が発生していることが確認できた。開発品は現在もALFA-Xに搭載中であり、引き続き性能評価を実施していく。

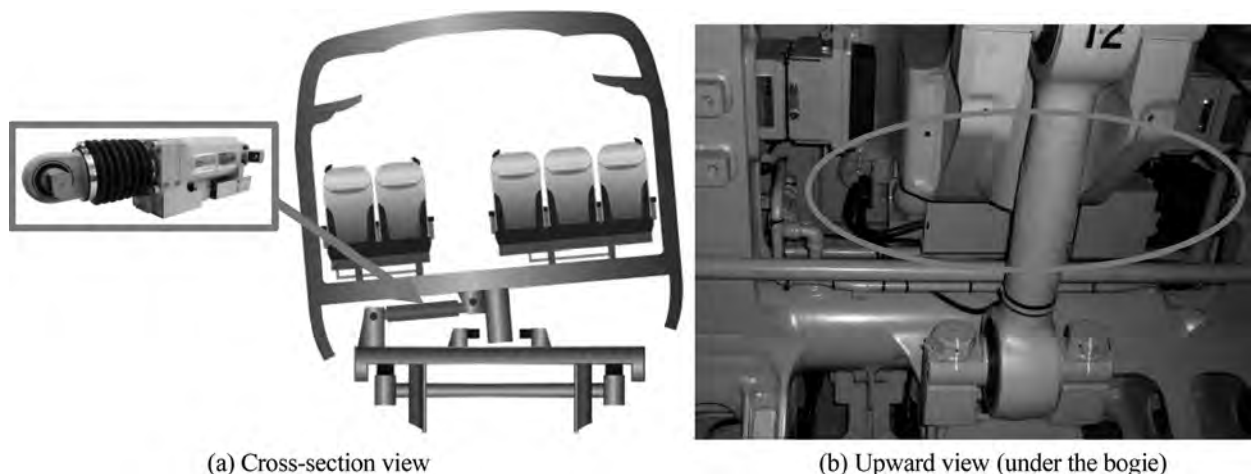


図3 Mounting position of developed damper

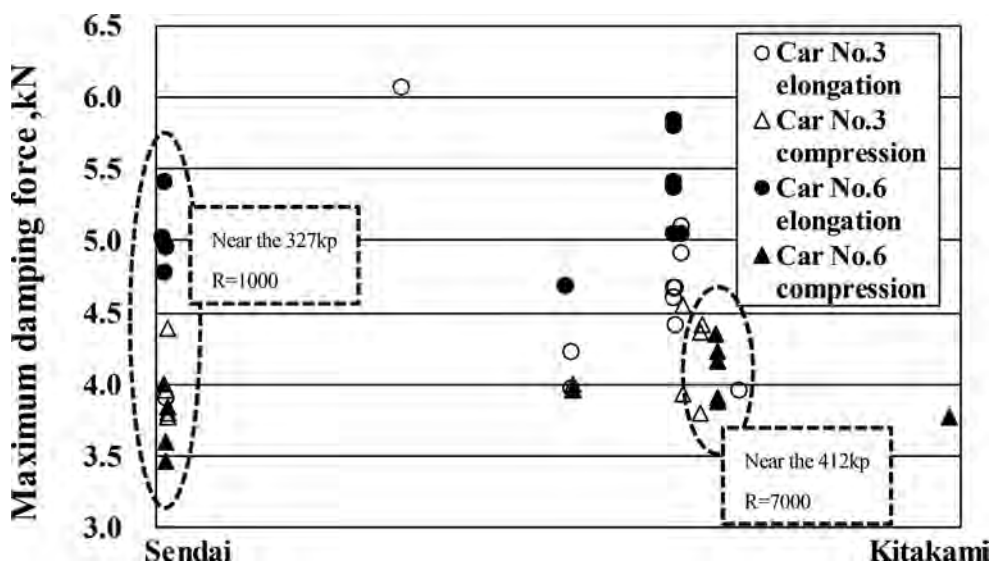


図4 Detection spot of maximum damping force

5. 営業車搭載に向けた開発

試験車向け地震対策左右動ダンパの開発と同時に、当社の新幹線車両であるE5系、E6系向けの地震対策左右動ダンパの開発を実施してきた。試験車向けのものと同じのダンパ性能かつ、E5系、E6系に搭載可能な形状にすることを条件とし、ダンパの新規設計、試作および定置試験を実施した。併せて、油圧回路を見直すことで、試験車向け開発品より性能をさらに良くする検討も実施した。

図5に開発したE5系、E6系向け地震対策左右動ダンパの写真を示す。設計したダンパ形状は、台車メーカーにて干渉がないか検討し、E5系、E6系に搭載可能であることを確認している。また、現行の左右動ダンパに比べて大型になるため、可能な限りの軽量化を図った。性能確認として、通常使用域・高速度域での減衰力の確認、振動試験を実施し、試験車向け開発品の性能改善確認も含め、結果は良好であった。



図5 Earthquake countermeasures lateral damper for series E5 and E6

6. 結言

地震発生時に脱線しにくい台車とするために、車体の揺れを抑制する「地震対策左右動ダンパ」を開発し、定置試験および現在走行試験中のALFA-Xの全台車に搭載して現車試験を行い、以下の結果を得た。

- (1) 各種設計条件に基づき設計を行い、地震対策左右動ダンパを製作した。開発品は各種定置試験において、基本性能を満足したことを確認した。
- (2) 現車走行試験において、規格を超えた減衰力の発生はなく、ほぼ設計通りの減衰力が発生しており、動作速度についても通常使用範囲内の値であったことから、強度および耐久性について問題ないと考えられる。
- (3) 地震対策左右動ダンパのストロークの最大値、減衰力の最大値の検出は曲線区間で発生しており、地点依存性を確認した。
- (4) 営業車向けの地震対策左右動ダンパの開発を実施し、定置試験により、良好な性能を確認した。

今後も、ALFA-Xでの開発品の評価を実施し、新幹線車両の地震に対するさらなる安全性の向上に向け、取組みを続けていく。

参考文献

- 1) 梶谷泰史, 加藤博之, 浅野浩二, 車両逸脱防止L型ガイドの開発, JR EAST Technical Review(in Japanese), No.29(2009), pp.27-30.
- 2) 宮本岳史, 石田弘明, 松尾雅樹, 地震時の鉄道車両の挙動解析, 日本機械学会論文集C編, Vol.64, No.626(1998), pp.1236-1243.
- 3) 堀岡健司, 東北地方太平洋沖地震における新幹線脱線メカニズム解明と地震対策について, JR EAST Technical Review (in Japanese), No.45(2013), pp.27-30.
- 4) 宮本岳史, 石田弘明, 台車改良による地震時走行安全性の向上に関する解析, 鉄道総研報告, Vol.21, No.12(2007), pp.35-40.
- 5) 小林秀次, 中嶋大智, 梶谷泰史, 鈴木貢, 岩波健, 島宗亮平, 宮本岳史, 地震対策左右動ダンパの通常時における走行状況の確認, 第21回鉄道技術・政策連合シンポジウム(J-RAIL), 2014
- 6) 鈴木貢, 飯田浩平, 宮本岳史, 中嶋大智, 遠竹隆行, 梶谷泰史, 鉄道車両の地震対策用左右動ダンパの開発, 鉄道総研報告, Vol.25, No.6(2011), pp.17-22.