

1606 脱線時の車両の逸脱防止に関する実台車走行試験

正 [機]	○角南	浩靖	(東海旅客鉄道)	正 [電]	石川	栄	(東海旅客鉄道)
正 [機]	足立	昌仁	(東海旅客鉄道)	正 [機]	坂上	啓	(東海旅客鉄道)
正 [機]	南	善徳	(東海旅客鉄道)	正 [土]	渡邊	康人	(東海旅客鉄道)
正 [土]	曾田	祥信	(東海旅客鉄道)				

Experiment on Test Track for Preventing the Derailed Vehicle from Veering off the Track

Hironobu Sunami, Central Japan Railway Company, 1545-33, Ohyama, Komaki-shi, Aichi

Sakae Ishikawa, Central Japan Railway Company

Masahito Adachi, Central Japan Railway Company

Kei Sakanoue, Central Japan Railway Company

Yoshinori Minami, Central Japan Railway Company

Yasuhito Watanabe, Central Japan Railway Company

Yoshinobu Soda, Central Japan Railway Company

Considering anti earthquake measures for vehicles, preventing vehicles from derailment is the most important. To minimize the risk of fatal accidents, it is also essential to consider preventing derailed vehicles from veering off the track as a secondary measure. Central Japan Railway Company has developed anti-derailing guard rails as the primary measure and post derailment stopper as the secondary. For the development of the stopper, we conducted running tests in the condition of derailment using real bogies and tracks. Through the series of running tests, we observed the stopper prevented the derailed vehicle from veering off the track and verified the effectiveness of the stopper.

Keywords : vehicle, earthquake, derailment, running test, stopper

1. はじめに

平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震により、上越新幹線の浦佐～長岡間を走行中のとき 325 号が、ロッキング脱線により脱線するという事象が発生した。

この事故を受け、平成 16 年 10 月 25 日に国土交通省鉄道局が設置した「新幹線脱線対策協議会」に当社も参画し、施設面、車両面で当面とり得る対策の可能性等について検討を進めてきた。具体的には、実験、解析及び試験敷設により、各対策の機能確認等を実施した。これらの検討結果に基づき、当社では、地震時の脱線・逸脱防止に有効であり、保守上においても支障のない対策を確立した¹⁾。

本報告では、それらの対策のうち、脱線後の逸脱を防ぐ対策として開発を進めてきた逸脱防止ストッパについて、その概要を記すとともに、実台車をを用いた脱線走行試験により、逸脱防止効果を実証したので、その結果を報告する。

2. 逸脱防止ストッパの概要

2.1 目的および機能

地震時における車両の脱線対策については、当社では、実台車振動台実験²⁾、模型による実験^{3,4)}および数値シミュレーション^{5,6)}等により、脱線のメカニズムを解明するとともに、その対策として脱線防止ガードを開発した⁷⁾。これは車輪と脱線防止ガードが接触することにより脱線そのものを極力防止する対策である。一方、それでも万が一脱線にいたった場合には、二重系の対策として、脱線後の逸脱を防ぐ対策が重要となる。そこで、著者らは二重系の対策として逸脱防止ストッパを開発した。その機能は、万が一脱線にいたった場合に、台車に取付けられた逸脱防止ストッパが脱線防止ガードの背面と接触することにより、車両の逸脱を極力防ごうというものである。(図 1)

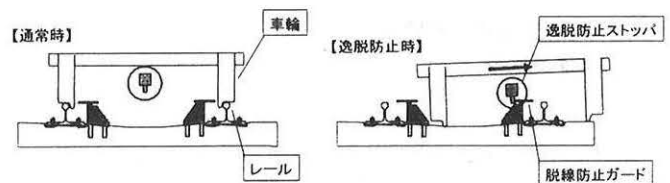


図 1 逸脱防止ストッパの機能

2.2 構造および仕様

脱線走行時には、車輪が枕木およびバラスト上を走行するため、台車ばね間には上下動およびピッチングが生じる。そこで、逸脱防止ストッパを台車枠中央に取付けることにより、台車ばね間のピッチングの影響を極力小さくする構成とした。また、既存の台車枠においても対応可能な構成とすることを前提に、ボルトにて締結する方式とした。(図 2)

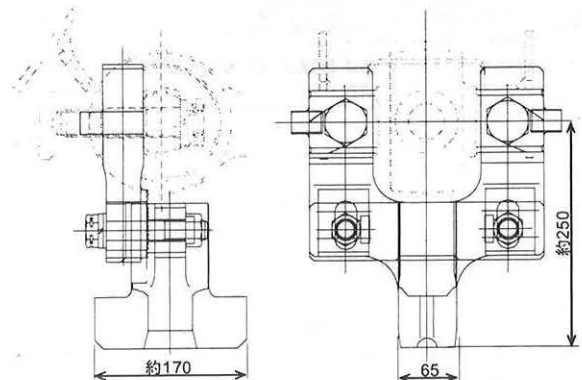


図 2 逸脱防止ストッパ

主な仕様として、脱線防止ガード接触時に生じる左右

荷重については、実台車振動台実験のデータ等をもとに最大 200kN を見込み、これを設計荷重とした。また、形状・材質については、脱線防止ガードと接触して走行する場合の摩耗を考慮し、極力前後長さを大きくして脱線防止ガードとの接触面積を確保するとともに、脱線防止ガードとの接触部には SCM 材を採用した。

逸脱防止ストッパの取付高さについては、脱線静止状態にて、その下面がレール面高さに位置するように決定した。これは、後述するように、逸脱防止ストッパ下面の上下動を許容範囲内におさめて逸脱防止機能を確保するとともに、分岐器通過時に分岐側のレールとの支障を回避することを目的としている。

なお、平成 17 年度よりプロトタイプを試作し、上記の実台車振動台実験にて基本的な機能、発生荷重等の確認を行った。また、営業車の台車に取り付けて約 1 年間の本線走行試験を行い、営業使用時において逸脱防止ストッパの取付に問題がないことを確認した。

3. 実台車走行試験の概要

3.1 目的

逸脱防止ストッパ付車両が実際に脱線走行した際、逸脱防止ストッパが実際に機能を発揮するかどうかを確認するため、平成 19 年度および平成 20 年度に実際の台車、軌道を用いた実台車走行試験を実施した。加えて、逸脱防止ストッパ付車両が分岐器を通過する際の挙動を確認するため、分岐器通過試験をあわせて行った。本節では、それらの試験概要を記す。

3.2 試験線および試験車両

(1) 試験線概要

図 3 に試験概要図を示す。当社の小牧研究開発施設内に東海道新幹線の本線と同じ軌道構造を再現した。試験線全長は約 600m であり、加速区間 470m、脱線防止ガードが実際に敷設されている試験区間 72m、減速区間 50m により構成される。

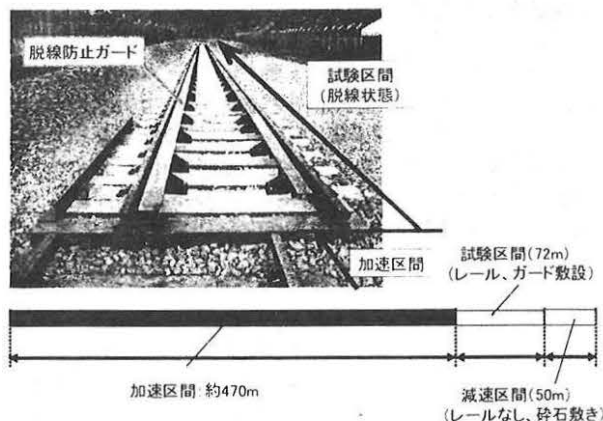


図 3 試験概要図

試験実施時には、加速区間にて、オンレール状態の試験車両をトラックにより推進、加速し、試験区間の手前でトラックは減速、試験車両を突放する。

このとき、加速区間に対して左右方向にレールをずらした試験区間に試験車両が突入することにより、逸脱防止ストッパが脱線防止ガードと接触しながら脱線走行する状態を模擬した。突放時の最高速度は 60km/h である。

(2) 試験車両

図 4 に試験車両を示す。300 系新幹線電車の台車を用いた一車両とし、実際の車両状態を極力再現するため、車体については、ウエイトを搭載して軸重を調整するとともに、空気タンクを搭載し、空気ばねを作動させることにした。ただし、台車中心間距離については、車両重量、トラックの加速性能等を考慮し、実際の新幹線車両よりも短く 7.5m とした。

台車条件については、台車種別(電動台車、付随台車)、車輪径別に試験を行うとともに、逸脱防止ストッパについても仕様の最適化を図るため、形状、取付高さ等を随時変更して試験を行った。



図 4 試験車両

(3) 測定

逸脱防止ストッパの動的挙動を把握するため、高速度カメラにより逸脱防止ストッパと脱線防止ガードの接触状態を撮影した。また、脱線走行試験という貴重な試験のため、台車、車体各部の挙動を把握すべく、各部に振動加速度計、変位計等を設置した。

4. 試験内容および結果

4.1 機能確認試験

(1) 試験目的および内容

機能確認試験の目的は、脱線走行状態における逸脱防止ストッパの有効性を確認することにある。ここで、逸脱防止ストッパが有効に機能するためには、図 5 に示すように、逸脱防止ストッパ下面の上下動を脱線防止ガード上面から脱線防止ガードを支持する締結金具の上端の間におさえる必要があり、その許容範囲は 45mm である。

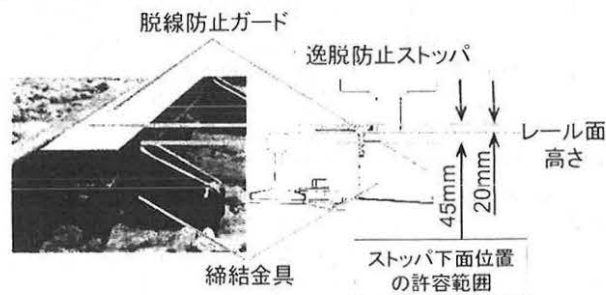


図 5 逸脱防止ストッパと脱線防止ガードの関係

そこで、本試験では、脱線開始から停止に至るまでの車両の走行状態を確認するとともに、逸脱防止ストッパの上下動に着目して試験を行った。

(2) 試験結果

図6に走行中の逸脱防止ストッパと脱線防止ガードの接触の状況について、ビデオ映像を抜粋して示す。また、図7に脱線停止後の台車および脱線防止ガードの状況を示す。これらの図より、逸脱防止ストッパと脱線防止ガードが接触していることが確認できる。このことから、脱線状態にあっても、車両は軌道に沿って走行して停止に至り、逸脱防止ストッパが有効に機能したことがわかる。加えて、逸脱防止ストッパの前後に位置する主電動機（ばね間部品）が脱線防止ガードに接触している（いわゆるソフトランディング）ことが確認された。この状況は脱線走行時において台車が安定した姿勢を保持するのに寄与しているものと考えられる（図8）。



軌間内車輪が枕木上を走行

（後方より進行方向側をビデオ撮影）



（正面より撮影）

（横方向から撮影）

図6 脱線走行中のストッパとガードの接触状況

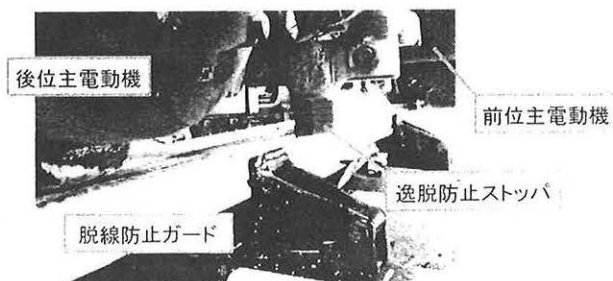


図7 脱線停止後の車両と軌道状態

図9にレール面高さを基準とした場合の逸脱防止ストッパの下面の上下変位測定結果を示す。図より、逸脱防止ストッパの下面の上下変位はレール面高さを中心に分布していて、速度40km/h以下の低速域においては、やや上下動が大きくなる傾向が認められるものの、その変

動幅は許容範囲内におさまっている。本図からも逸脱防止ストッパが有効に機能したことが確認できる。なお、逸脱防止ストッパに作用する左右荷重についても設計荷重200kN以内であった。これらの試験結果より、脱線状態にて逸脱防止ストッパが脱線防止ガードと接触した場合には、その機能が有効に発揮されることを実証した。

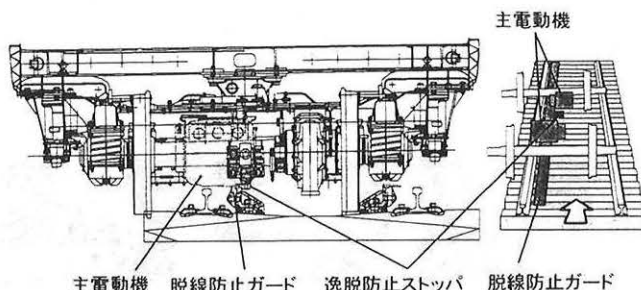


図8 主電動機、ストッパ、ガードの位置関係

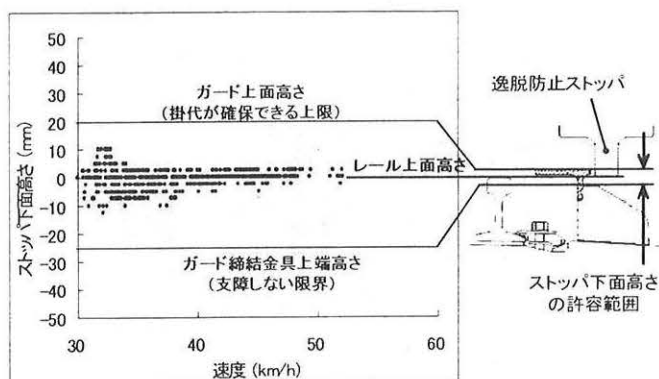


図9 ストッパ下面高さ上下変位

4.2 分岐器通過試験

(1) 試験目的および内容

図10に東海道新幹線の本線で用いられている分岐器の構成を示す。逸脱防止ストッパ付車両が分岐器に進入する場合、分岐器中間のリード部にて逸脱防止ストッパとリードレールが支障して被害が拡大する恐れがある。既に記した通り、この被害を回避するために、脱線走行時においては、逸脱防止ストッパは、その下面がレール上面高さを中心に位置するよう取付高さを設定している。そこで、逸脱防止ストッパ付車両が分岐器に進入した場合の影響を確認するために、東海道新幹線の本線と同仕様の分岐器を試験区間に敷設して試験を行なった。

なお、今回の試験では、逸脱防止ストッパとリードレールを確実に支障させるため、機能確認試験時よりも逸脱防止ストッパの取付位置を下にして試験を行った。

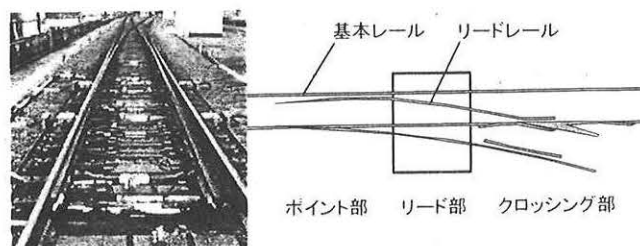


図10 分岐器構成図

(2) 試験結果

図 11 に走行中の逸脱防止ストッパとリードレールの接触の状況を示す。図より、逸脱防止ストッパはリードレールに支障した後、乗り越えたことが確認できる。図 12 に台車とリードレールの位置関係を示す。基本レールとリードレールをはさむことにより、逸脱防止ストッパと歯車箱には大きな左右荷重が作用する。これにより輪軸の左右運動は拘束されるとともに、台車枠にはロールモーメントが作用して、逸脱防止ストッパはリードレールを乗り越える。

以上の結果より、逸脱防止ストッパ付車両は、被害を拡大することなく分岐器を通過すると判断できる。

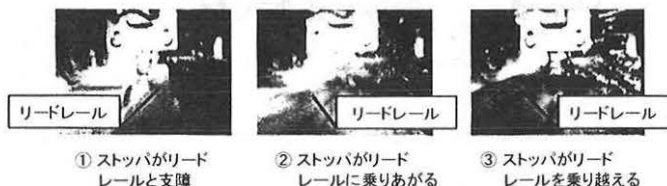


図 11 ストッパとリードレールの接触状況
(正面より後方に向かってビデオカメラで撮影)

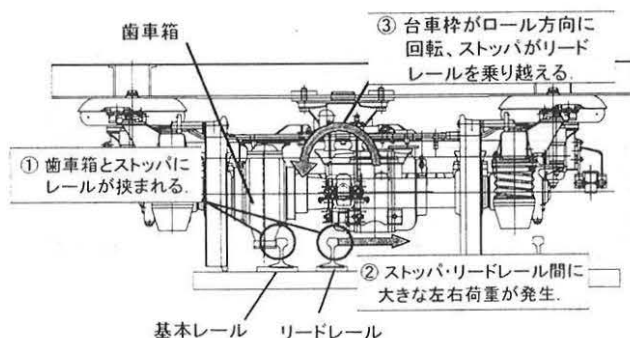


図 12 ストッパ、歯車箱とレールの関係

5. おわりに

逸脱防止ストッパの機能確認および分岐器通過時の影響確認を目的に、実台車を用いた脱線走行試験を行い、以下の事柄を実証した。

- (1) 逸脱防止ストッパにより、脱線状態においても、車両は軌道に沿って走行し、逸脱防止ストッパの機能は有効に作用する。また、主電動機が脱線防止ガードと接触することにより、台車はより安定した姿勢を保持する。
- (2) 逸脱防止ストッパの取付位置を下げて、逸脱防止ストッパ付車両による分岐器通過試験を行った結果、逸脱防止ストッパは、被害を拡大することなくリードレールを乗り越えた。

参考文献

- 1) 森村勉、関雅樹：新潟県中越地震後の東海道新幹線の地震対策について、J-Rail2009
- 2) 三輪昌弘、坂上啓、足立昌仁、村松浩成：実台車を用いた脱線防止ガードの効果確認試験、J-Rail2009
- 3) 足立昌仁、森村勉、石川栄、深田淳司、曄道佳明：地震時の脱線メカニズムと脱線防止ガード機能に関する研究(1/5 模型加振試験)、J-Rail2009
- 4) 西村和彦、曄道佳明、森村勉、深田淳司：回転軌条輪上での大変位加振時の脱線メカニズム(軌条輪上での 1/10 模型加振実験)、J-Rail2009

- 5) 西村和彦、曄道佳明、森村勉、曾我部潔：振動軌道上における高速鉄道車両の走行安全性に関する解析的研究、日本機械学会論文集(C編)、74 巻 744 号、pp.2023-2030、2008。
- 6) 森村勉、西村和彦、曄道佳明、曾我部潔：地震時の脱線メカニズムおよび脱線防止ガード機能に関する解析、J-Rail2009
- 7) 村松浩成、可知隆、三輪一弘、渡邊康人、船田智己、生田周史：実台車を用いた加振試験による脱線防止ガードの設計仕様の検討、J-Rail2009