

車両逸脱防止 L型ガイドの開発



梶谷 泰史*



加藤 博之*



浅野 浩二*

新潟県中越地震の発生により、新幹線の営業列車で史上初めて200系新幹線電車が脱線した。脱線した際、先頭車に取り付けている台車排障器と車輪との間にレールを挟みこんだ状態となり、車両が大きく逸脱することなく停止し、被害を最小限に抑えることができた。

新幹線車両が地震などにより脱線した場合に被害拡大を防ぐために、車両が軌道面から大きく逸脱することを防ぐ必要がある。このため、車両の左右変位（左右方向の大変位）を抑制する車両逸脱防止L型ガイドの開発を行った。

本開発にあたり、構成スペース・形状の検討、FEM解析・荷重試験による強度検証および、台車試験装置による試験と現車試験を行い、強度上問題ないこと、台車性能に影響を及ぼさないことを確認した。この結果を受けて、車両逸脱防止L型ガイドが新幹線営業車全編成に搭載された。

●キーワード：車両逸脱防止L型ガイド、台車排障器、FEM解析

1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震により、新幹線の営業列車で史上初めて200系新幹線電車が脱線したが、先頭車両の台車に取り付けている台車排障器と車輪との間にレールを挟み込んだ状態となり、先頭車が軌道面を大きく逸脱しなかったため、編成内の各車両とも大きく逸脱することなく停止した。図1に脱線した200系新幹線電車先頭車の写真、図2に台車排障器と車輪のレール挟み込み状態を示す。



図1 脱線した200系新幹線電車の先頭車

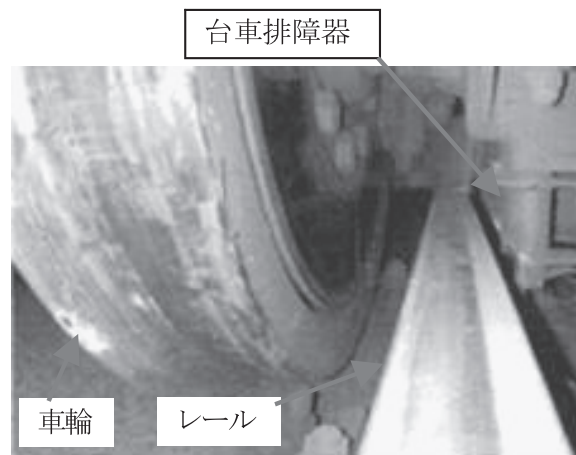


図2 台車排障器と車輪によるレールの挟み込み状態

そこで、新幹線車両が地震などの発生により脱線した場合でも車両がレールから大きく逸脱することを防止するガイド（車両逸脱防止L型ガイド、以下、「L型ガイド」という）の開発を行うこととした。

L型ガイドの開発にあたっては、図面による形状・寸法検討、数値解析による強度検討を行うとともに、試作品を製作して定置試験や現車試験による強度評価や台車性能への影響を確認した。

2. 開発概要

2.1 形状

2.1.1 構成・構造

L型ガイドは車両限界内で構成する必要があり、台車軸箱下面に取り付けて車両の左右変位を抑制する構造とした。

L型ガイドの高さ寸法、左右寸法はレール締結装置、車両限界などとの位置関係を考慮して決定した。

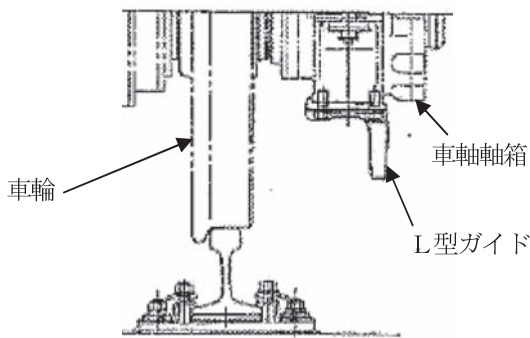
L型ガイドの主な諸元を表1に、L型ガイドによる逸脱防止の作用を図3に、外観を図4にそれぞれ示す。車輪がレールから外れた（脱線した）場合、軸箱下部に取り付けられたガイドがレール側面に接触し、それ以上の車両の左右方向への変位を制限（抑制）する。

なお、L型ガイドは、別に開発したレール転倒防止装置と組み合わせる使用することにより、機能を発揮することができる。

表1 車両逸脱防止L型ガイドの諸元

	諸元
大きさ	約230mm(奥行)×約170mm(幅)×約150mm(高さ)
重量	8.6kg
材質	特殊合金鋼

(正常状態)



(脱線状態)

L型ガイドがレール側面に接触し、引っかかることにより逸脱を防止する。

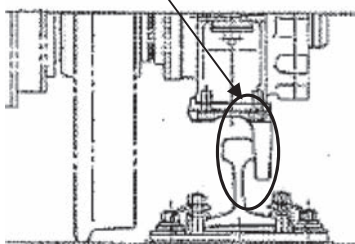


図3 車両逸脱防止L型ガイドによる逸脱防止の作用



図4 車両逸脱防止L型ガイドの外観

2.1.2 FEM解析※

L型ガイドの製作にあたり、FEM解析を実施し、計画形状の強度を確認した。既存車両用L型ガイドのFEM解析結果例を図5に示す。その結果、脱線時にL型ガイドとレールの間に発生すると想定される力に対して、強度上問題ない構成が可能であることが分かった。

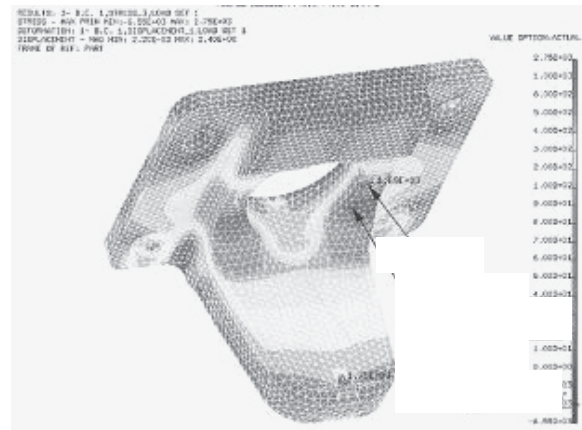


図5 既存車両用L型ガイドのFEM解析結果例

※ FEM解析 (Finite Element Method) とは応力や温度などの数値解析法のひとつで有限要素法とも呼ばれ、複雑な形状や性質を持つ物体を単純化するまで小さく分割し、それぞれの部分の計算結果を足し合わせることで全体の挙動を近似値として求める手法である。

2.2 性能試験

2.2.1 静荷重試験

脱線時にL型ガイドに作用すると考えられる左右荷重相当200kNを静荷重試験機によりレール接触部に加え、L型ガイド各部の応力を確認した。その結果、材料の耐力以下で問題ないことを確認した。静荷重試験時の試験風景を図6に示す。

車両逸脱防止L型ガイド

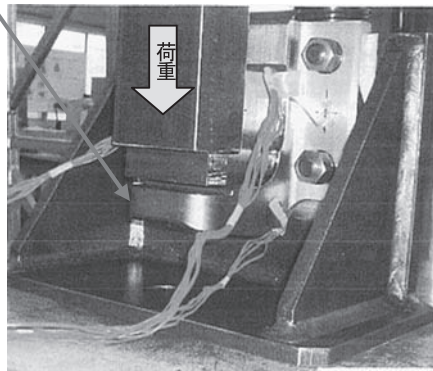
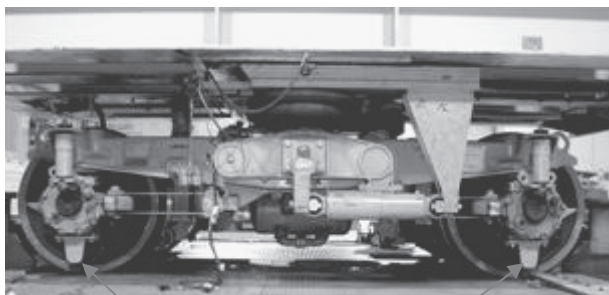


図6 静荷重試験風景

2.2.2 台車試験装置による定置試験

L型ガイドを装備した条件での台車性能と、走行中にL型ガイドに発生する応力を確認するため、実軌道条件による模擬走行試験が可能な台車試験装置で試験を実施した。台車試験装置による試験風景を図7に示す。



車両逸脱防止L型ガイド

図7 台車試験装置による試験風景

その結果、360km/hを超える速度までL型ガイド装着によるバネ下重量増加の影響がないことを確認した。

併せて、L型ガイドの発生応力に問題ないことを確認した。

2.2.3 現車走行試験

台車試験装置による試験を踏まえ、E954形式新幹線高速試験電車（以下、E954形式）の1台車にL型ガイドを装備し、高速走行試験を実施した。

その結果、365km/h走行時でも走行性能に問題ないことを確認した。

E954形式へのL型ガイドの取り付け状態を図8に示す。

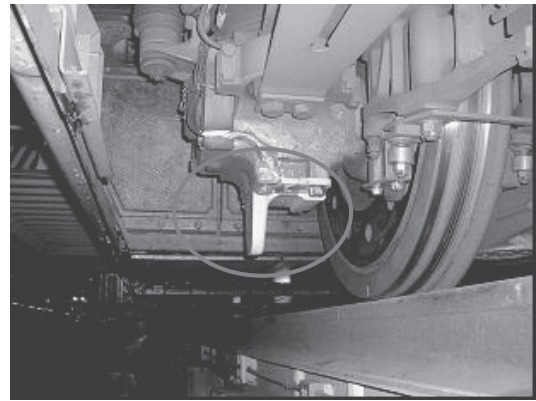


図8 L型ガイドのE954形式への取り付け状態

2.2.4 営業車での検証

E954形式での走行試験結果を受けて、営業車による検証をE2系新幹線電車（東京～八戸間）およびE3系新幹線電車（仙台～盛岡間、盛岡～秋田間）で実施した。

その結果、L型ガイドの有無で台車性能に影響せず、問題ないことを確認した。

営業車での検証において問題ないことが確認できたことから、2006年1月から営業車全編成への搭載工事（台車排障器取り付け部位を除く）を全般検査・台車検査入場に合わせて実施し、2008年度上期に取り付けを完了した。

2.3 320km/hでの現車耐久試験

E954形式による現車走行試験において365km/hでの走行時でも台車性能は問題なく、L型ガイドの強度にも問題がないことから、最高速度320km/hでの営業運転を行うE5系新幹線への搭載を考慮して検討を行った。E954形式の軸箱全部（台車排障器・粘着増加装置取り付け部位を除く）に搭載して320km/h走行での耐久試験を行った。

2.3.1 E954形式耐久試験用L型ガイドの開発

E954形式に装備されている台車は3方式あり、各方式台車で軸箱体の形状が異なるため、耐久試験を実施するにあたり各方式台車用のL型ガイドについて開発を行った。図9から図11に各方式台車用L型ガイドの外観を示す。FEM解析による強度検証と荷重試験による強度検証を実施した。図12にE954形式用L型ガイドのFEM解析結果例を示す。

各方式台車用のL型ガイドの発生応力は営業車用L型ガイド以下となり強度上問題ないことを確認した。

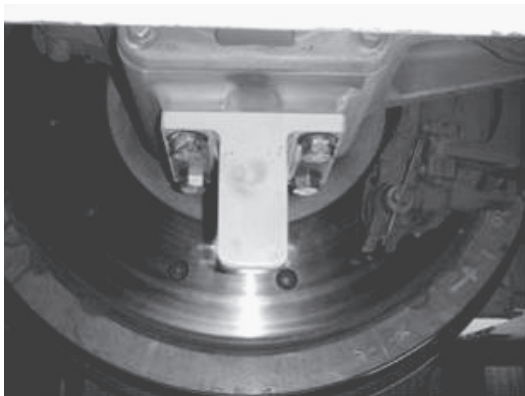


図9 A方式台車用

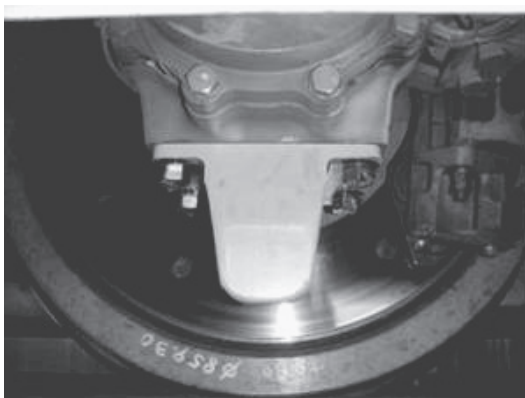


図10 B方式台車用

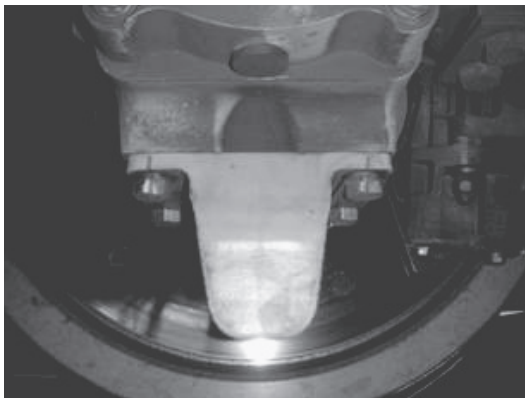


図11 C方式台車用

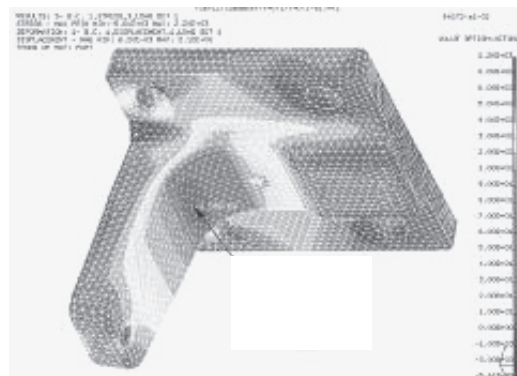


図12 E954形式用L型ガイドのFEM解析結果例

2.3.2 耐久走行試験

製作したL型ガイドをE954形式に平成21年1月から6月まで搭載し、約13万km走行した。

定期的に取り付け状態を点検し、異常のないことを確認した。また、E954形式は平成21年6月に耐久走行試験を終了し、現在、解体調査を進めている。L型ガイドの状態についても調査を行う予定である。

3. おわりに

L型ガイドに関して、以下の成果を得た。

- (1) 開発したL型ガイドは定置試験や現車試験において強度に問題ないこと、高速走行時の台車性能に影響を及ぼさないことを確認した。
- (2) L型ガイドは地上側のレール転倒防止装置と合わせて地震時の脱線対策として新幹線全編成に搭載された。
- (3) 営業最高速度320km/hで走行するE5系新幹線電車への搭載を考慮し、E954形式に搭載して耐久走行試験を実施し、取り付け状態など、異常の無いことを確認した。

今後は、E954形式の解体調査でL型ガイドの状態調査を行う予定である。