

新幹線脱線対策用レール転倒防止装置の開発

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○野本 耕一
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 手代木 卓也
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 山根 寛史
 (財) 鉄道総合技術研究所 若月 修

1. はじめに

平成 16 年 10 月 23 日、新潟県中越地震を原因とする新幹線の脱線事故が発生した。この事故を受け、地震の際の列車脱線に対する被害軽減対策について、様々な軌道構造に対応する脱線対策技術の開発に取り組んでいる。本稿にて報告する「A-55、AF-55 軌道スラブ用レール転倒防止装置」(以下「転倒防止装置」という。)は、この開発の一環として行った新幹線地震脱線対策の一つである。

2. レール転倒防止装置の概要

図 1 に、今回開発した転倒防止装置を示す。レール締結装置がすべて破壊された場合でも、レールの底部を押さえることでレールの転倒と横移動を抑制し、JR 東日本の新幹線車両に対策として取付けられている L 型車両ガイドと共に機能することで、脱線車両の大幅な逸脱を防止することを目的とした装置である。設置間隔は、レールの曲げ剛性等に関する検討から、線路方向に 5m 間隔とした。

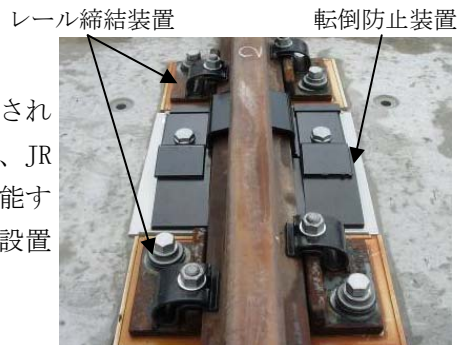


図 1 転倒防止装置

3. 要求される性能

転倒防止装置に要求される性能と、設計の前提条件を以下に示す。

3.1 転倒防止性能

図 2 に、脱線した車両とレールの位置関係を示す。図のようにレールは L 型車両ガイドを介して脱線車両から荷重を受けるため、レール締結装置が破壊された場合、5m 間隔で設置した転倒防止装置の間では、たわみによってレールの横移動量が大きくなる。転倒防止性能とは、このような場合にも、レールの横移動を 195 mm 以下に抑え、脱線した車両が軌道から逸脱しないようにレールを保持する性能のことである。

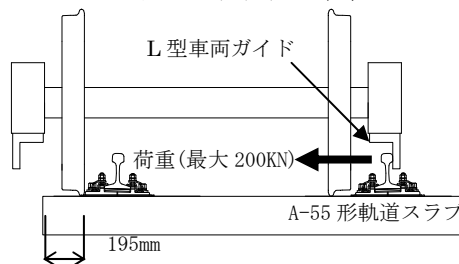


図 2 輪軸とレールの位置関係

スラブ軌道を想定した反力条件に基づいたシミュレーションと実験結果から、車輪がレールに与える水平方向の最大荷重が 200 kN と算定されたため、この荷重に相当する衝撃载荷で転倒防止性能を満たすことを設計条件とした。

3.2 衝突耐久性能

衝突耐久性能とは、脱輪した車輪が転倒防止装置の上を踏み越えて通過していく場合でも、装置自体が破壊せず、転倒防止性能を維持できる性能のことである。開発にあたっては、時速 360km で走行する車輪の通過でも破壊されないことを設計条件とした。

3.3 電気絶縁性能

軌道回路を構成する上で必要な基本条件の 1 つに漏れコンダクタンスに関する目標値がある。新幹線における漏れコンダクタンス設計値より安全率を算定し目標値を 0.2S/km とし、これに相当する軌道スラブ 1 枚あたりに必要な絶縁抵抗値 1.0k Ω を設計条件とした。

4. 性能確認

前章で述べた各性能が満たされていることを以下により確認した。

4.1 衝撃载荷試験

転倒防止性能の確認として衝撃载荷試験を行った。図 3 に試験装置の概要を示す。この試験は、荷重計を取付けた重錘によりレール頭部側面に衝撃荷重を载荷し、レール頭部の水平変位量および転倒防止装置の挙動を確認する試験である。

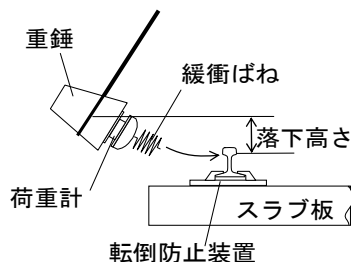


図 3 試験装置の概要

レール転倒防止装置、脱線、転倒防止性能、衝突耐久性能、電気絶縁性能、衝撃载荷

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 軌道構造 TEL 042-573-7275

試験の結果、転倒防止装置を 5m 間隔で取り付けた軌道であれば、仮にレール締結装置がすべて破壊されたとしても、レールの転倒や横移動が抑制できることが確認された。図 4 に試験結果の一例を示す。図より、転倒防止装置間に载荷した場合、レール頭部の横移動量は 195 mm よりも小さかった。また、転倒防止装置の損傷もなく、車両の逸脱を防止する転倒防止性能を有することが確認できた。

4.2 衝突試験

衝突耐久性能を確認するために衝突試験を行った。この試験は、実車体重量に相当する重錘を載せた実台車を軌道モーターカーで推進により加速し、時速 60km に達した後に突放して、地上に取り付けた転倒防止装置上を通過させる試験である。図 5 に衝突試験の状況を示す。

時速 60 km までの試験において、脱線した車輪がレール転倒防止装置上を踏み越えて通過しても破壊されなかった。そのため、時速 60 km までの速度に対しては衝突耐久性能を確認できた。

4.3 衝突解析

前項の衝突試験では、時速 60 km までの衝突耐久性能の評価であったので、さらに高速域での性能を評価するため、有限要素法による数値解析 (LS-DYNA) により、時速 360 km 相当での衝突耐久性能の評価を行った。

(1) 解析精度の検証

前項の衝突試験を想定した条件で衝突解析を行い、解析結果と衝突試験の結果を照合した。その結果、衝突解析は十分な精度であり、実現象を説明する手段として有効であることを確認した。

(2) 解析結果

図 6 に解析モデルの概略図を示す。モデルは、軸ばね、まくらばねおよび 1 輪あたりに相当する荷重を考慮した車両モデルと軌道スラブおよびその上に設置された転倒防止装置で構成される軌道モデルからなる。中越地震の脱線現場状況を考慮し、衝突解析では、図 6 に示す通りタイププレート上を車輪が走行した後に転倒防止装置に衝突する条件とした。

図 7 に解析結果の一例を示す。解析の結果、脱線した車輪が時速 360 km で転倒防止装置上を通過した場合、転倒防止装置およびアンカーボルト頭部に一部圧縮変形が認められたが破壊することはない、衝突耐久性能を満足することを確認した。

4.4 絶縁抵抗試験

開発した転倒防止装置の電気絶縁性能を確認するため、絶縁抵抗試験を実施した。試験では、転倒防止装置を取付けた軌道スラブ (5m の軌きょう) について、左右レール間に交流 10V を印加した場合の絶縁抵抗値を測定した。測定時の環境条件は、乾燥状態および時雨量 100mm 相当を想定した降雨状態、降雨後を想定して散水停止から 1 分後の 3 通りとした。図 8 に試験結果を示す。降雨状態と降雨状態 1 分後を考慮しても転倒防止装置の有無が絶縁抵抗値に及ぼす影響はほとんど無く、目標値を満足したため、電気絶縁性能上の問題はない。

5. おわりに

転倒防止装置の営業線への適用にあたっては、現地敷設試験により信号設備や日常保守への影響を確認する必要がある。最後に、本研究開発の実施にあたっては、JR 各社および鉄道総研で構成されるレール転倒防止WGでの議論をもとに開発を行った。協力を頂いた各社の関係者に感謝申し上げる次第である。

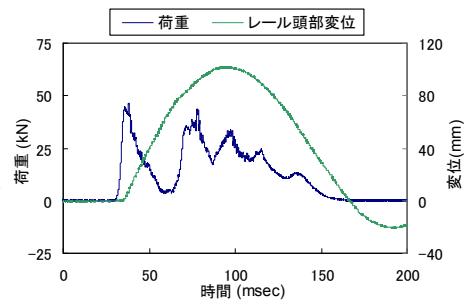


図 4 試験結果の一例



図 5 衝突試験の状況

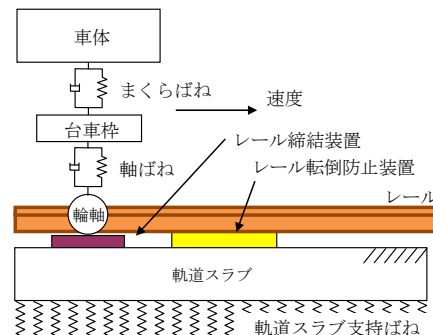


図 6 解析モデルの概要

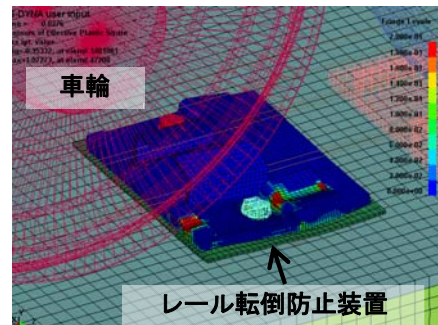


図 7 解析結果の一例

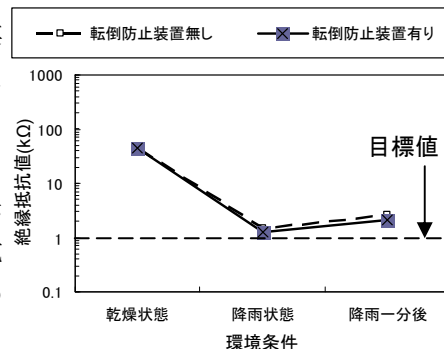


図 8 電気絶縁抵抗試験結果