

1204 鉄道車両脱線時の逸脱防止対策の運動シミュレーション による検討

〔機〕〇津久井 英之 (㈱モーシヨンラボ) 正〔機〕 宮本 昌幸 (明星大)

正〔機〕 清水 信行 (㈱モーシヨンラボ)

Research of deviation prevention measures in the rolling stock derailment with dynamics simulation

Hideyuki Tsukui, MotionLabo Inc. 2-11-17 Chuoudai Iino, Iwaki City

Masayuki Miyamoto, Meisei Univ.

Nobuyuki Shimizu, MotionLabo Inc.

Studies on preventing deviation of vehicles from rails have studied after the derailment accident of Joetsu Shinkansen caused by the earthquake occurred on October 23, 2008. In this paper, the authors studied the motions of a bogie model with two-counter measures, "L type vehicle guide" of JR East and "Deviation prevention guard" of JR West, by using a general purpose multi-body dynamics software.

The authors obtained that the motions of bogies of railway vehicles after derailment can be properly analyzed by simulating computational models with MBD software without any large scale experiments.

Keywords : train vehicle, multi-body dynamics, safety, derailment, prevention of deviation

1. 序論

平成 16 年 10 月 23 日に起きた「新潟県中越地震による上越新幹線の脱線事故」で負傷者が一人も出なかった理由の一つとして、脱線直後に車両がスラブ軌道上から逸脱しなかったことが挙げられる。これは 1 両目の車輪と排障器がレールを挟むように脱線したことが理由である。それ以前にも事故拡大防止の研究はなされていたが⁽¹⁾、この脱線事故以降、脱線時に車両が軌道上から逸脱するのを防止する装置の研究が急速に進められた。

逸脱防止装置としては「L 型車両ガイド」(JR 東日本)、「逸脱防止ストッパー」(JR 東海)の車上対策、「逸脱防止ガード」(JR 西日本)の地上対策の設置が JR 各社で進められている。

前報⁽²⁾では模型実験による検討結果を報告したが、本報では、マルチボディダイナミクス (以下、MBD) 解析を、逸脱防止装置設置の有無による脱線後の挙動の違いを調べるツールとして用いる可能性を検討した。

2. 解析準備

2.1 解析対象物概要

第一段階の検討として、車両モデルは台車・車輪一体の新幹線台車単体とした。逸脱防止装置としては、「L 型車両ガイド」、「逸脱防止ガード」を対象とした。

2.2 解析モデル概要

(1) 半車両剛体モデル



図 1 半車両剛体モデル

計算に使用した汎用解析ソフトウェア RecurDyn 上で作成した解析モデルの外観を図 1 に示す。形状は台

車のみであるが、質量は台車上の車体半分の質量を加えた 20t とした。軸ばねはなく台車と一体の剛体である。

(2) 逸脱防止装置モデル

逸脱防止装置として、以下の 2 種類をモデル化した。

- ・L 型車両ガイド (図 2)
- ・逸脱防止ガード (図 3)

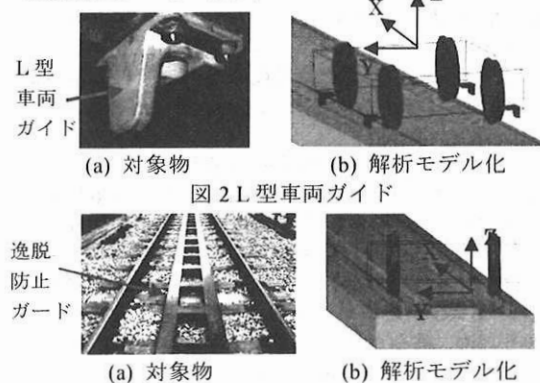


図 2 L 型車両ガイド

図 3 逸脱防止ガード

(3) モデル化条件

本解析で用いた MBD では、ボディ間の拘束、接触、力などの条件付けを行ってモデル化する。

ホイールは車体に回転ジョイントで拘束されている。またレールはスラブに完全に固定されており、ホイールとレール間、またフランジ部とスラブ間にはヘルツ接触を用いて接触条件を定義した。フランジは、左右方向の抵抗力として簡易的にモデル化した。フランジの左右方向の変位に対する抵抗力を図 4 に示す。この台車に、進

行方向と垂直な左右方向の外力（以下、左右力）を与えて脱線させる。左右力の作用点は、図5に示す点G、A、B、C、Dの5点とした。台車全体の重心点Gを初めとし、台車上部、台車底部、重心高さの前輪部、重心高さの後輪部である。

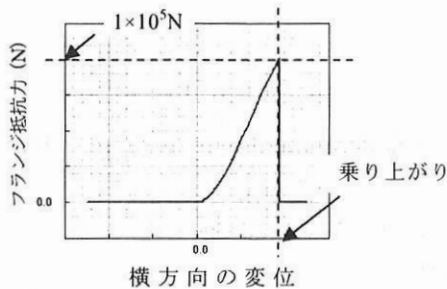


図4 フランジの左右方向の抵抗力

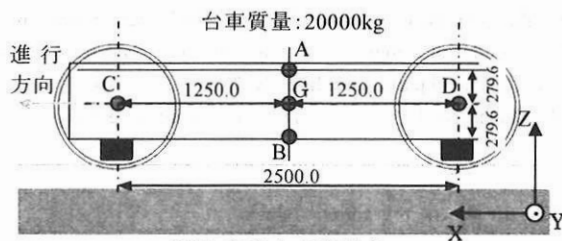


図5 左右力の作用点

3. 解析

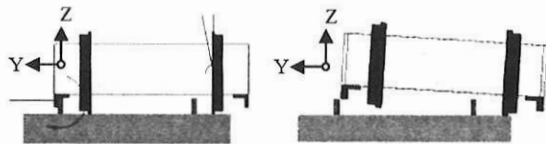
以下に、マルチボディダイナミクスでの解析結果を示す。

3.1 L型車両ガイド付きモデル

解析条件として、半車両剛体モデルの初速度270km/h (x方向)、0.3s後に左右力（-Y方向の一定力）を作用させた。作用点は図5の作用点5パターンである。横方向の力の作用時間を0.1秒間、0.2秒間、0.3秒間の3パターンとした場合の挙動を解析した。

(1) 直線のレールからの脱線後の挙動

半車両剛体モデルが脱線後の様子を図6に示す。図6左図は、台車重心点Gに左右力を0.1s間与えた結果である。脱線後、L型車両ガイドがレールに引っかかっていることがわかる。図6右図は、点Aに左右力を0.3s間与えた結果である。脱線後も左右力が継続されるため、重心点を中心にロール角が発生し、L型車両ガイドがレールに引っ掛からなかった。



左図 作用点：点G、 $2.0 \times 10^5 \text{ N}$ の左右力が0.1s間作用
右図 作用点：点A、 $2.0 \times 10^5 \text{ N}$ の左右力が0.3s間作用
図6 条件別での挙動の違い（L型車両ガイドモデル）

(2) 分岐器通過時の脱線後の挙動

角度5度仮想角折れ状分岐器を通過した際の脱線後の挙動を解析した結果を以下に示す。解析条件として、分岐器への進入速度を15km/hと20km/hとした。

進入速度15km/hの場合はフランジの抵抗によって脱線せず、分岐レール上へと乗り移った。

一方、進入速度20km/hで進入させた場合、前輪のフランジ部分を乗り越えて脱線し、その後L型車両ガイドがレールに引っかかり、逸脱することなく分岐レールに沿って進路を変えた。

解析結果を図7、図8に示す。

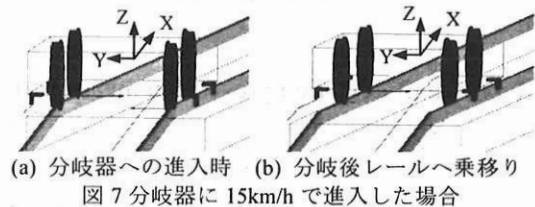


図7 分岐器に15km/hで進入した場合

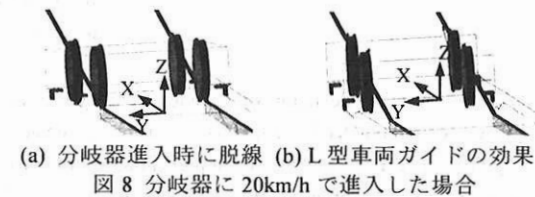
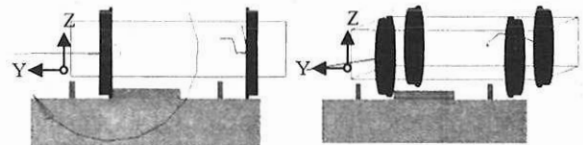


図8 分岐器に20km/hで進入した場合

3.2 逸脱防止ガード付きモデル

逸脱防止ガードモデルの直線レールからの脱線後の挙動を以下に示す。解析条件は3.1のものと同様である。

重心に力が作用した場合には前後両輪とも逸脱防止ガードに引っかかるが、前輪や後輪に力が作用し、台車にヨー角が発生した場合、前後輪の内、片方が引っかかり、もう片方がガードの上を越えてしまう挙動が見られた。



(a) 重心に力が加わる場合 (b) 前輪に力が加わる場合
図9 条件別での挙動の違い（逸脱防止ガードモデル）

4. 結論

重心点と離れた場所に力が作用した場合、台車に回転モーメントが生じ、前後輪両方または片方の逸脱防止装置が無効化されてしまう（車両ガイドが引っ掛からない、逸脱防止ガードを乗り越えてしまうという）可能性が見られた。しかし、本解析モデルでは台車のみを解析したことから、実際の1車両の挙動とは異なると思われる。

脱線後の事故拡大防止を研究するために、どこまでモデル化すれば良いかを考える必要はあるが、大掛かりな実験を行うことなく、脱線後の車両の挙動を解析できる可能性を見出すことができた。

5. 今後の課題

- (1) 1車両モデルへの拡張
- (2) 1次、2次サスペンションの考慮

参考文献

- 1) 宮本昌幸、香山義人：鉄道車両の脱線時の安全性の研究（鉄道防護柵の可能性）、J-RAIL2004、p531
- 2) 関口勇太、小泉功太郎他：鉄道車両脱線時の逸脱防止対策の研究、J-RAIL2011、p403