

新幹線車両の地震時の脱線後を含む高速走行シミュレーション

071109 高橋 竜司

1. はじめに

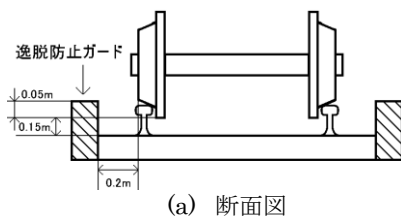
近年、シミュレーション技術が様々な産業分野で製品設計の手段として日常的に利用されている。新幹線の開発では、我国は地震国であることから、地震に対しても安全な鉄道構造の構築はきわめて重要となっている。そこで、本研究では新幹線の高速走行のシミュレーションプログラム DIASTARS¹⁾により、地震時での車両と線路構造間の動的連成挙動を解明し、地震時に万一脱線しても安全に走行できる新しい軌道構造について検討する。

2. 新幹線の高速走行時の車両と線路構造間の連成応答解析プログラム DIASTARS

DIASTARS は、新幹線の高速走行時の新幹線編成車両と線路構造間の連成応答解析を行うコンピュータプログラムである。ここでは、車両は車体、台車、輪軸の剛体要素がバネとダンパーで結合するものとして、その運動はマルチボディダイナミクスで表現され 1 車両あたり 31 自由度の運動方程式を、また、線路構造は、はり、シェル、ソリッドなどの各種の有限要素でモデル化し、その運動方程式を得て、車輪とレール間の接触条件のもとで、時間増分ごとに解くことにより高速走行時の連成応答を得ている。そこで、地震時に万一新幹線が脱線しても脱線しないで安全に走行する逸脱防止ガード付きの軌道を考え、そのシミュレーションにより地震時での新幹線と軌道構造の連成現象の解明とその有効性を検討した。

3. 逸脱防止ガード

図 1 は、地震時に万一脱線しても新幹線車両が逸脱しないようにレールと平行なガードを付けた逸脱防止ガード付きのラダー軌道²⁾を表している。この軌道は、ラダー軌道のレールの 20cm 外側に、高さ 20cm のガードを取り付け、地震に対しても安全な走行が(脱線後の)期待できる、新しい地震対策軌道である。



(a) 断面図
(b) 実物モデル
図 1 逸脱防止ガード付きのラダー軌道

4. 地震時の新幹線車両の逸脱防止ガード付きラダー軌道を有する 3 径間標準高架橋上の高速走行シミュレーション

図 2 は、逸脱防止ガードを有する、全長 45m、高さ 10m の 3 径間標準高架橋上を新幹線が時速 300km で走行中に、最大加速度 420gal の sin 波 5 波の地震波を横方向(線路直角方向)から与える問題を表している。

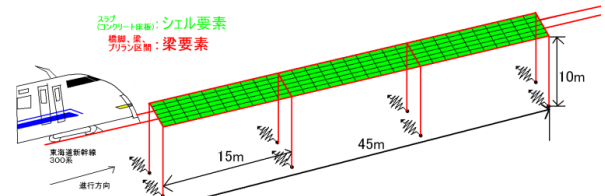
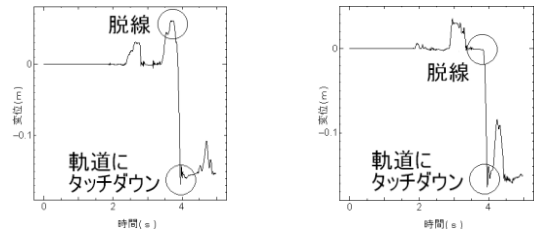
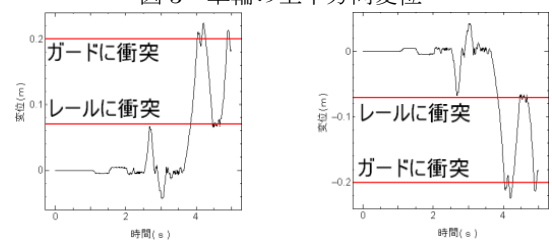


図 2 地震時の新幹線車両の走行シミュレーション

図 3 は DIASTARS によって得られた進行方向左右車輪の上下方向の変位応答を表し、時刻 $t=3.7$ 秒で脱線していることがわかる。また、図 4 は、車輪とレール間の左右方向の相対変位 δy で、左輪の δy が 7cm で脱線し、20cm でガードに衝突し、そのあとリバウンドし、レールに衝突した後はね返り、またガードに衝突し、ガードとレール間を走行し、軌道から逸脱しないで走行していることがわかる。このシミュレーションにより、逸脱防止ガード付きのラダー軌道はこの地震に対し新幹線の軌道からの逸脱を防止しきわめて有効であることがわかる。



(a)左輪 (b)右輪
図 3 車輪の上下方向変位



(a)左輪 (b)右輪
図 4 車輪とレール間の相対変位 δy

5. おわりに

DIASTARS により、新幹線車両の逸脱防止ガード付きのラダー軌道を用いた 3 径間標準高架橋上の高速走行シミュレーションを行い、地震時での新幹線の動的挙動を知ることができた。また、逸脱防止ガード付きのラダー軌道は、地震に対して有効で、脱線しても脱線しないで安全な走行が可能となる事が知られた。今後は様々な地震時の問題に適用し、地震時での新幹線と線路構造間の連成挙動を調べ、地震に対して安全な軌道構造の設計に役立てる事が出来よう。

参考文献

- 1) DIASTARS 使用説明書, 神奈川工科大学. 2010
- 2) 浅沼潔他, 逸脱防止機能を有するバラスト・ラダー軌道の開発, 鉄道総研報告, 23-2, 27/32(2009)
(指導教員 田辺 誠教授)