

自己評価報告書

平成23年 4月 8日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20560230

研究課題名（和文）地震時の脱線後の鉄道車両と線路構造間の連成振動・衝撃解析の数値計算法の開発

研究課題名（英文）Development of the numerical method to solve the dynamic interaction between a train and railway structure after derailment during an earthquake

研究代表者

田辺 誠 (TANABE MAKOTO)

神奈川工科大学・工学部・教授

研究者番号：20179815

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・機械力学・制御

キーワード：非線形動力学

1. 研究計画の概要

鉄道車両が高速走行中に大きな地震が発生すると、車両と線路構造間に複雑な連成振動・衝撃現象が生じ脱線となる。本研究は、脱線後の走行車両と線路構造間の連成振動・衝撃現象を表わす効果的な力学モデルと数値計算法を明らかにして、地震時の編成車両の脱線後までの一貫した線路構造上の高速走行のシミュレーションを可能にし、脱線後の複雑で激しい連成振動・衝撃現象を数値的に解明し、脱線しても軌道内を逸脱しないで走行する逸脱防止機能を有する鉄道構造の設計に学術的に役立てることを目的としている。その4カ年の研究計画は以下のとおりである。

(1) 平成20年度は、車両は Multibody Dynamics (MD) により、線路構造は有限要素法 (FEM) によりその非線形運動方程式を誘導する。ここでは、地震時の脱線後の車両と逸脱防止機能 (ガード) を持つ長大な軌道構造との連成振動・衝撃現象を効果的に表すため、MD と FEM を併用した効果的な力学モデルを明らかにする。

(2) 脱線後の車両と線路構造間の連成振動・衝撃現象は地震による構造全体の低周波振動に、車輪と軌道構造間の接触・衝撃による1kHz以上の高周波振動が加わるマルチスケール問題となることから、平成21年度は、この車両と線路構造のマルチスケール非線形運動方程式を数値的に解くための、筆者が提案のモーダル法と厳密積分法を応用したその安定した数値積分法を確立する。

(3) 平成22年度は、平成20、21年度の研究で明らかにした力学モデルと数値計算法に基づき、地震時の編成車両の線路構造上の脱線後を含む高速走行のシミュレーシ

ョンプログラムの開発を行う。

(4) 平成23年度は、本法を逸脱防止ガードを設置した高架橋に適用し、地震時の高速走行車両とその線路構造間の脱線後の連成振動・衝撃現象を数値的に解明しその構造設計に利用できるようにする。

2. 研究の進捗状況

平成20年度に、地震時の脱線後の走行輪の軌道面へ落下衝突や逸脱防止ガードへの衝突等の脱線後の車輪と軌道構造間の接触衝撃現象を表す、MD と FEM を併用したシミュレーションで効果的な力学モデルが開発されその非線形運動方程式の定式化が得られた。

平成21年度は、地震による線路構造全体の低周波振動と脱線後の車輪と軌道構造間の衝撃による1kHz以上の高周波振動が加わったマルチスケールの振動衝撃現象を表す非線形運動方程式を数値的に安定して解くためモーダル法と厳密積分を組み合わせた新たな数値積分法の定式化を行い、テストプログラムにより脱線後の車輪と軌道構造間の衝撃による1kHz以上高周波振動が安定して解けることを確認した。

平成22年度は、平成20年度と21年度の成果であるMDとFEMを併用した力学モデルと数値計算法に基づき、地震時の編成車両の線路構造上の脱線後を含む高速走行のシミュレーションプログラムの開発を行った。ここでは、田辺がすでに開発した、地震時の高速走行鉄道車両と線路構造の脱線にいたるまでの連成振動・衝撃解析プログラムと線路構造の衝撃解析プログラムを基にして、それらを活用・拡張し効果的に開発を行い、様々な例題を通して地震時

の脱線後を含む新幹線車両と線路構造間の連成振動・衝撃解析が行われることを確認した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

平成 20、21、22 年度の研究は当初の計画に沿って順調に推移し、その研究成果は各年度で、この分野の権威のある国際会議やジャーナルで論文発表することができた。

4. 今後の研究の推進方策

平成 23 年度は、平成 20、21、22 年度の研究成果に基づき開発した、地震時の編成車両の線路構造上の脱線後を含む高速走行のシミュレーションプログラムを用い、逸脱防止ガードを設置した実際の高架橋に適用して、地震時の鉄道車両と線路構造間の脱線後の連成振動・衝撃現象を数値的に解明し、脱線しても逸脱しない地震に対しても安全な軌道構造の設計に利用できるようにする。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① M. Tanabe, H. Wakui, M. Sogabe, N. Matsumoto and Y. Tanabe, A Combined Multibody and Finite Element Approach for Dynamic Interaction Analysis of High-speed Train and Railway Structure including Post-derailment Behavior during an Earthquake, Material Science and Engineering 10, 012144, 1-10, 2010, 査読有り
- ② 田辺 誠, 涌井 一, 松本信之, 曾我部正道, MBD と FEM を併用した地震時の新幹線編成車両の線路構造上の高速走行シミュレーション、シミュレーション 第 29 巻第 2 号、28-33、2010、査読有り
- ③ M. Tanabe, H. Wakui, M. Sogabe, N. Matsumoto and Y. Tanabe, A combined multibody and finite element approach for railway dynamics during earthquake, Proceedings of 5th Asian Conference on Multibody Dynamics 2010, 8 pages, 2010, 査読無し
- ④ M. Tanabe, H. Wakui, N. Matsumoto, M. Sogabe, Interaction of High Speed Train and Railway Structure during an Earthquake, Proceedings of the Twelfth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, Paper 40, 1-17, Civil-Comp Press, September 2009, 査読有り

- ⑤ M. Tanabe, N. Matsumoto, H. Wakui, M. Sogabe and H. Okuda, Dynamic Interaction Analysis of High Speed Train and Railway Structure including Post-derailment Behaviour during an Earthquake, Proceedings of ECCOMAS Thematic Conference COMPDYN 2009 - 2nd International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, 1-13, June 2009, 査読無し
- ⑥ M. Tanabe, N. Matsumoto, H. Wakui, M. Sogabe and H. Okuda, A simple and efficient numerical method for dynamic interaction of a high-speed train and railway structure during an earthquake, Journal of Computational and Nonlinear Dynamics, Vol.3, 0410002, 1-8, 2008、査読有り

[学会発表] (計 5 件)

- ① M. Tanabe, H. Wakui, M. Sogabe, N. Matsumoto and Y. Tanabe, A combined multibody and finite element approach for railway dynamics during earthquake, Proceedings of 5th Asian Conference on Multibody Dynamics 2010, Kyoto, 2010.
- ② M. Tanabe, H. Wakui, M. Sogabe, N. Matsumoto and Y. Tanabe, A Combined Multibody and Finite Element Approach for Dynamic Interaction Analysis of High-speed Train and Railway Structure including Post-derailment Behavior during an Earthquake, Proceedings of the 9th World Congress on Computational Mechanics and 4th Asian Pacific, Sydney, July 2010.
- ③ M. Tanabe, H. Wakui, N. Matsumoto, M. Sogabe, Interaction of High Speed Train and Railway Structure during an Earthquake, Proceedings of the Twelfth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, Madeira, Portugal, September 2009.
- ④ M. Tanabe, N. Matsumoto, H. Wakui, M. Sogabe and H. Okuda, Dynamic Interaction Analysis of High Speed Train and Railway Structure including Post-derailment Behaviour during an Earthquake, Proceedings of ECCOMAS Thematic Conference COMPDYN 2009 - 2nd International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Rhodes, Greece, June 2009.
- ⑤ M. Tanabe, N. Matsumoto, H. Wakui and M. Sogabe, Dynamic interaction analysis of a Shinkansen train and railway structure after derailment during an earthquake, Proceedings of 8th World Congress on Computational

Mechanics WCCM8, Venice, Italy, June
2008.