

I - B 502

地震時における高速車両の脱線限界の向上に関する研究

○ 芝浦工業大学大学院 学生員 竹内篤史
 芝浦工業大学大学院 学生員 伊藤亮一
 芝浦工業大学 正会員 松浦章夫
 芝浦工業大学大学院 学生員 及川祐也

1. はじめに

直下型地震等においては、軌道の大きな揺れによる高速車両の脱線が心配される。本研究では、振動軌道上の車両走行安全限界を解析するシミュレーション¹⁾に、新たに脱線防止ガード（以下単にガードと言う）の機能を付加して、大地震における高速鉄道車両の脱線限界を向上することが可能か否かを解析的に検討する。

2. 解析の方法と特徴

ここで用いる鉄道車両は、41自由度のモデルで、車両の各部に働く力や、軌道の弾性変形特性、車体・台車枠のローリング角に伴う非線型効果等を考慮し、地震波等により振動する軌道を走行する車両の解析モデルである。そして、レールと車輪の接触部における力の伝達は、カルカーの非線型理論に基づいて求めており、これによって、車両の安全走行から脱線までの挙動を逐次追うことができる。図1には、ここで提案するテーパの付いた脱線防止ガードとレール及び車輪の初期設定の位置を示す。なお、レールとガードの間隔は、50mm～100mmとする。

3. シミュレーション解析例

兵庫県南部地震の神戸海洋気象台で観測された南北成分、上下成分の地震波形を使用して、ガードの有無による車輪の挙動の違いを調べる。車両の走行速度は200km/h、継続時間は15秒間である。また、本シミュレーションでは、車輪の水平変位が初期設定の位置より50mm以上移動した時を脱線であると判定する。図2には、ガードが無い場合を示し、南北水平成分変位の主要動のピーク発生時（この場合計算を始めてから5.24秒後）付近で、右車輪が約30mm飛び上がり、5.29秒に車輪のフランジがレール頭部に落下し、そのまま外側に移動して、5.35秒に脱輪している。一方、図3は、ガードが有る時（レールとガードの間隔60mm）の結果で、このように5.35秒直前までは無い時と同じ挙動を示しているが、左車輪がガードに接触し乗り上がろうとするところを、5.35秒に右車輪の脱輪寸前に、その脱輪が左側のガードに押さえられ、さらに、7.98秒では、右車輪が飛び上がっているが、左車輪のフランジ部分がレールに接触して、その飛び上がりによる水平変位を押さええて安定走行を保っている。このように脱線防止ガードの効果が車輪の挙動を調べることに

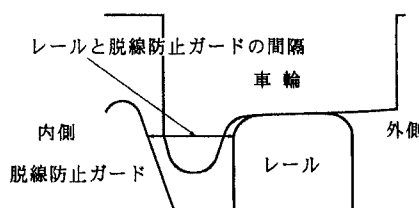


図1 脱線防止ガードの形態

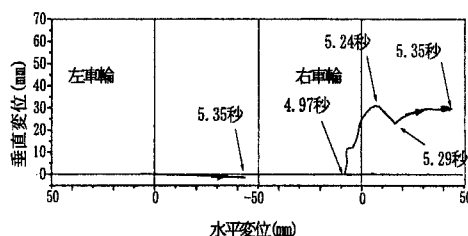


図2 脱線防止ガードが無い時の車輪の水平変位と垂直変位

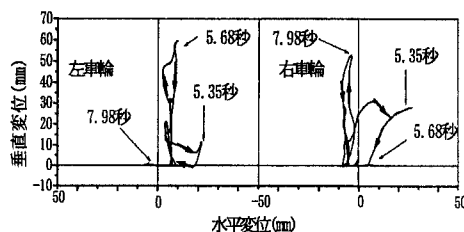


図3 脱線防止ガードが有る時の車輪の水平変位と垂直変位

キーワード 車両走行安全、耐震設計、脱線防止ガード

連絡先: 〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14 TEL: 03-5476-3047 Fax: 03-5476-3166 email: matuura@sic.shibaura-it.ac.jp

よって明らかにされる。

4. レールと脱線防止ガードの適正間隔について

神戸海洋気象台の南北、上下成分の地震波形を用いて、レールとガードの間隔による特性をレール及びガードに対する車輪の挙動を追跡することによって調べた結果について述べる。レールとガードの間隔が 80mm 以上の時の挙動は、ガードが無い時と全く同一であり、車輪がガードに接触することはない。すなわち、この場合は、ガードの効果はないと言える。レールとガードの間隔が 70mm の時は、車輪フランジがレール頭部に落下してから、0.02 秒後に左車輪のフランジがガードにいったん接触するが(その時の車輪の最大横圧 72kN)、ガードを乗り越えて脱輪する。レールとガードの間隔が 60mm の時は、図 3 に示したようにレールに落下すると同時に、フランジがガードに接触して(0.1 秒間)元に戻り、その後、地震動終了まで安定走行する。レールとガードの間隔が 50mm の時は、車輪が地震変位のピーク発生前に車輪がガードに接触し、その後左右の車輪が交互にガードに接触しながら走行する。以上のことから、この例ではレールと脱線防止ガードの適正間隔は、60mm 前後にあると考えられる。

5. 水平振動における脱線限界

水平振動における脱線限界を図 4 に示す。この時の条件として、車両の走行速度 200km/h、ガードが有る時はレールとガードの間隔が 60mm で、使用した地震波は図 5 に示すように、ある一定の振動数と変動する振幅を持った正弦波を水平成分として入力している。この図から、振動数が小さい時(0.6Hz)では、両者の差はなく、振動数が 0.9Hz~1.8Hz の範囲ではガードが有る時が無い時よりも脱線限界が大きくなり、その比率は 1.3~1.4 倍である。この領域では、ガードの効果を確認に示している。振動数が大きい時(2.1Hz~3.0Hz)では、小さい時と同様に両者の差が明確に見られない。

神戸海洋気象台の地震波形(南北成分)を用いて求めた減衰定数 5% の場合の変位応答スペクトルを図 6 に示す。これと図 4 に示した水平振動における脱線限界と比較すると以下のとおりになる。すなわち、振動数が 2Hz 以上の時では、脱線限界は、ガードの有無に関わらず 0.1m 程度で、変位応答スペクトルに極めて近い。振動数が 0.9Hz~1.8Hz の範囲では、脱線限界はガードによって上昇し、変位応答スペクトルの値に近づく。振動数が 0.6Hz の時では、ガードの効果はないが、脱線限界が元々変位応答スペクトルに近い値を有している。

6. あとがき

本研究では、脱線防止ガードを付けた時の地震時における高速車両の安全走行から脱線に至る現象を追うことができた。また、脱線防止ガードの効果としては、条件によっては、それが見られない時もあったが、特に重要になる軌道の水平動の振動数 1Hz 前後では、その効果が現れることも分かった。したがって、今後、より詳細に脱線防止ガードの効果の確認、特に脱線防止ガードとレールの間隔の検討を行う価値があるものと考えられる。

謝辞：本研究は、平成 10 年度の文部省科学研究費・基礎研究(C)(2)の補助を受けて行われたものである。

参考文献：1) Akio MATSUURA: Simulation for Analyzing Direct Derailment Limit of Running Vehicle on Oscillating Tracks, Structural Eng./Earthquake Eng., JSCE, Vol.15, No.1 1998 April.

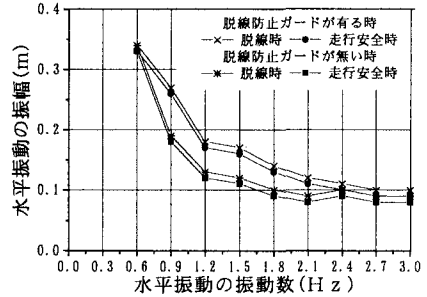


図 4 水平振動における脱線限界

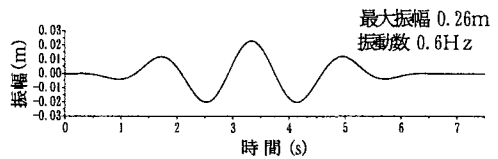


図 5 脱線限界の算出に用いた波形例

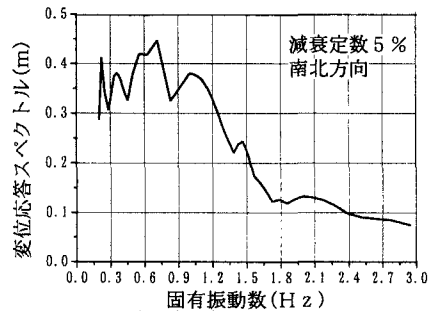


図 6 神戸海洋気象台の地震波形の変位応答スペクトル