

脱線防止ガードが鉄道車両の地震時走行特性に与える効果に関する一考察

○ 芝浦工業大学大学院	学生員	竹内篤史
芝浦工業大学	正会員	松浦章夫
(財)鉄道総研	正会員	及川祐也

1. はじめに

1995年1月の兵庫県南部地震の発生が、早朝ではなく高速列車の運転中であつたなら、甚大な被害が出たであろうことは想像に難くない。我々はこのような場合を想定して、振動軌道上の鉄道車両の走行安全限界に関する基礎的な研究を進めていたが、その結果によれば通常の地震動に対する高速列車の走行安全限界はかなり低いものと判断されていた。直下型地震における高速列車の走行安全限界を向上する方法として、車両の振動特性や構造物の振動特性を改良する方法も考えられるが、何れによっても顕著な効果を得ることは期待できない。これに対して軌道の内側に脱線防止ガード（以下ガードと略す）を設置する方法が有力であると言われている。

(1) シミュレーション概要

本研究では地震等で振動する軌道上の車両走行安全限界を解析する実用的なシミュレーション手法を提案し、これに新規にガードの機能を付加したシミュレーション手法を追加し、直下型地震における高速列車の脱線限界を向上する一つの手法を提案するものである。

ガードの間隔によって脱線防止機能が異なることが予想されるため、ガードの設置はレールと一体になるように行ない、現在あるような独立して設置されているものではない(図1)．独立に設置される場合は、レールあるいはガードの横変位(小返り)の大きさや向きによるガードの間隔の変動が影響し、ガードの機能そのものの評価が不鮮明になる恐れがあるからである．つまり、ガードの間隔 u_g は結果に敏感に影響を及ぼすものと考えたからである．

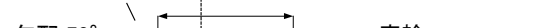


図1は、脱線防止ガードの設置位置と傾斜角を示す図解である。図には、レールとガードの間に70度の傾斜角が示され、ガードの間隔が示されている。図の右側には「車輪」というラベルがあり、左側には「脱線防止ガード間隔」というラベルがある。傾斜角は「勾配 70°」と表示されている。

このようなレールと一体になって運動する構造をもったガードは、現在のところは実在しないが、在来の「溝型レール」に類似した構造・形状を想定することができる。あるいは、レールに抱かせるような形で、結果として一体型になった脱線を防止するガードが付いたレールを想定することもできる。

本研究においては対象を高速鉄道に限定し、車両は代表的な高速車両の諸元、レールは新幹線 60 キロレール及びそれに対応する締結装置の諸元を用いた。その他の定数の標準値としてはレールと車輪間の摩擦係数 0.25、さらに数値計算に当たっては標準積分時間間隔 $1/1000$ 秒とする。

3. 解析結果

(1) 脱線防止ガードの最適設置位置(実地震動)

図2はガードの最適設置位置に関して、兵庫県南部地震神戸海洋気象台観測波形を、南北動及び上下動を軌道の水平横方向及び上下方向の運動として与えた場合の脱線限界を、前述の解析法を用いて解析したものである。この場合、地震動を倍率0.1倍毎に変化させ、またガードの間隔を5mm間隔に変化させて多くの計算を行ない、脱線と判定される

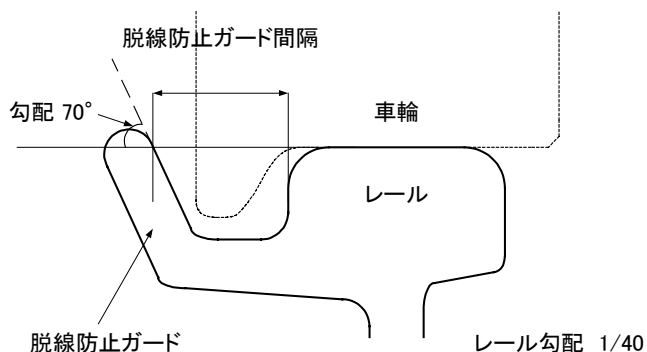


図1 脱線防止ガードの形状とその間隔

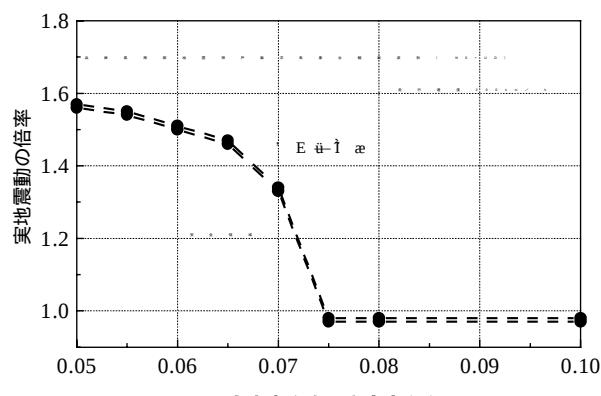


図2 実地震波の脱線限界

場合と安全走行と判定される場合の境界線をプロットしたものである。走行速度は代表値として200km/hとした。

ガードの効果は、間隔が75mm以上になると認められず、実地震動の0.98倍の振動で脱線領域に入る。しかし、間隔が70mm以下になると認められ、脱線領域に入る実地震動に対する振動の倍率は、ガードの間隔が小さくなる程大きい。ガード間隔は大きいほうが望ましいと考えれば、この場合の適正間隔は60～65mmであるといえる。この場合の脱線領域は実地震動の1.4倍以上の振動となる。

(2) 脱線防止ガードの最適設置位置(模擬地震動)

図3はガードの最適設置位置に関して、水平模擬地震波形を軌道の水平横方向の運動として与えた場合の脱線限界を、前述の解析法を用いて解析したものである。この場合、地震動の最大振動加速度を 0.1m/s^2 毎に変化させ、また地震動の振動数を0.6～1.6Hzの間を0.1Hz間隔に変化させ、さらにガードの間隔を60mmに固定して多くの計算を行ない、脱線と判断される場合と安全走行と判定される場合の境界線をプロットしたものである。こちらも走行速度は代表値として200km/hとした。

振動数が0.6～0.7Hzの場合は、ガードの効果は顕著には見られない。しかし、振動数が0.8～1.1Hzの場合、ガードが有るときはガードが無いときと比較すると、脱線領域に入る時の振動加速度は1.4倍程度となっている。さらに、振動数が1.2Hz以上の場合、ガードが有るときはガードが無いときと比較すると、この間の脱線領域に入る時のガードの効果を示す倍率は1.5倍程度に達している。

(3) その他のパラメータの影響

図4は、ガードが車両の走行速度の影響をどの程度受けるかを見るために、走行速度0(計算では2km/hとした)～400km/hに変化させた場合の、兵庫県南部地震神戸海洋気象台観測波形の南北動及び上下動を軌道の水平横方向及び上下方向の運動として与えた場合の脱線限界を、前述の解析法を用いて計算したものである。この場合、地震動を倍率0.1倍ごとに变化させた。

停止に近い状態での脱線領域に入る時の実地震動の倍率は、ガードの有無によつての違いが顕著ではないことがわかる。しかし、一旦走行を始めた車両の脱線領域に入る時の実地震動の倍率は、ガードが有る場合はない場合の1.5倍以上を保っていることがわかる。特に車両が200～400km/hの高速走行時においてガードがない場合は高速になるにつれ、脱線限界が下降するのにに対し、ガードが有る場合は速度を上げて同じ実地震動1.5倍で収まっていることがわかる。

4. 結論

脱線防止ガードの機能を付加したシミュレーションに基づいて、実測地震波形や構造物の振動特性を変化させて脱線限界を算出した。これらの結果は以下のように述べられる。実測地震波形、及び模擬地震波形に対して、何れにおいても脱線防止ガードの設置間隔をレールから60mm程度とすれば、最大振動加速度で表したときの脱線限界は40%程度向上することが明らかになった。

謝辞：本研究は、平成9、10、11年度の文部省科学研究費補助金・基礎研究(C)(2)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.

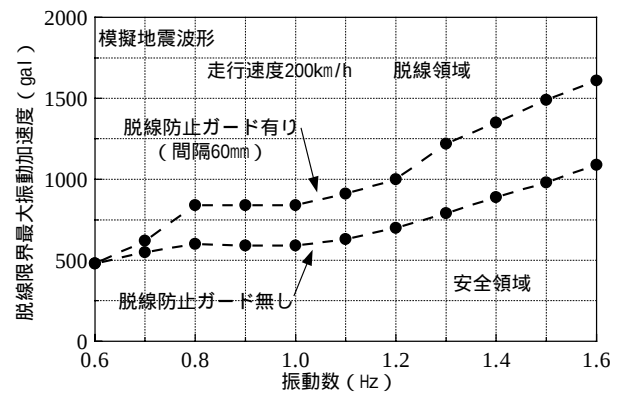


図3 模擬地震動の脱線限界

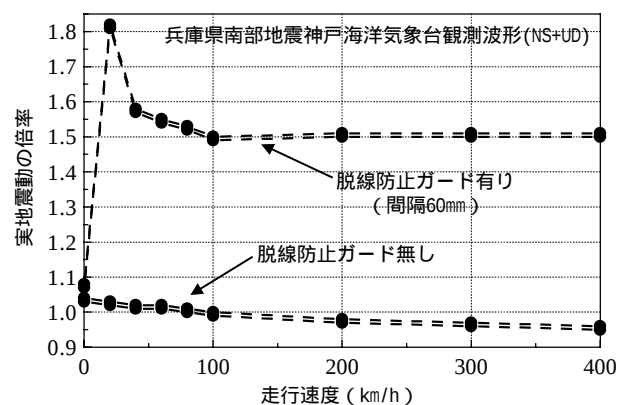


図4 走行速度による脱線限界