

台車の改良による地震時の車両走行安全性向上

鉄道力学研究部 車両力学

主任研究員 宮本岳史

1. はじめに

地震時の脱線の多くは構造物や軌道が著大な地震動によって破壊された場所で発生している。これに対し鉄道構造物の耐震補強が行われ、構造物の耐震設計法や安全性を高める技術基準が見直されてきた。一方で、軌道が変形していないところで異常の無い車両が脱線したケースもあり、この場合は地震による軌道の振動によって脱線した可能性が高いと考えられる。

鉄道総研では、1995年の兵庫県南部地震以降、地震によって軌道が振動し、車両が大きく揺れて車両各部が大きく変位するような場合でも解析可能な車両運動シミュレーションプログラムVDSを開発し、地震時の車両挙動解析を行っている。また、大型振動台上にレール、新幹線の実台車および模擬車体(半車体)を載せて大きく加振する試験を実施し、シミュレーション計算の妥当性を検証してきた。

これまで培ったシミュレーション技術を活用し、台車を改良することで地震時の走行安全性向上を図る技術方策を検討したので、これを報告する。

2. VDS(Vehicle Dynamics Simulator)について

VDSは通常の車両走行シミュレーション機能に加えて、レール支持部から振動を入力し、車輪がレールから離れて跳び上がったり、車両が大きくロール変位する動きなどを精度よく解析する機能を持つ。VDS内では、新幹線電車を図1に示す1つの車体、2つの台車、4本の輪軸を剛体として、それら剛体間をばねやダンパなどで接続した車両モデルとした。車輪を支えるレールは1車輪ずつ独立に軌道からばね・ダンパで支えられている。地震時の走行安全性を検討するために、車輪とレール間の相対左右変位が70mmに達したときを走行安全限界と定義した。この相対左右変位が70mm未満であれば、たとえ車輪がレールから跳び上がっても安全限界内である(脱線していない)と判断した。一般化した入力振動として正弦波振動を用い、一定周波数、一定振幅で5波の左右変位をレール支持部に入力して1回のシミュレーション計算を実行し、ひとつの加振周波数に対し加振振幅を大きくしながらシミュレーション計算を繰り返し実行して脱線発生の有無を判別する。各加振周波数における脱線しない最大の加振振幅を安全限界振幅として図2に示す正弦波振動に対する走行安全限界線図を求めた。この走行安全限界線図を用いることで、大変位で振動する軌道上を走行する車両の走行安全性を比較することができる。

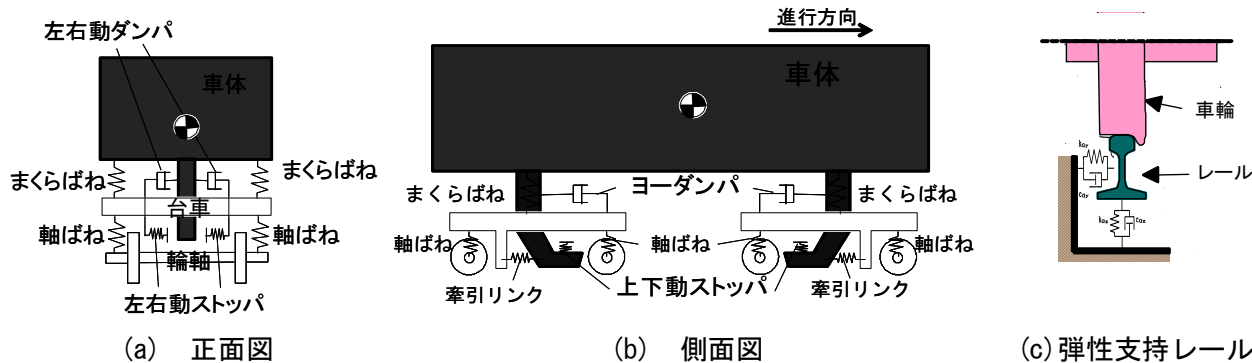


図1 シミュレーションの車両モデル

3. 地震時の安全性向上策の検討

地震時の安全性向上を目的として、車両諸元の変更や新たな機構を導入する方策など、さまざまな検討を行った。その結果、通常の台車に装備されているばねやダンパ、ストップ類を個々に変更するだけでは走行安全限界線図に示している周波数全域で安全性を向上することは出来なかった。しかし、左右動ダンパやまくらばねの減衰を大きくし、ストップ間隔を広げるなど複数の諸元を組合せて変更することで、安全限界を高める可能性があることが分かった。ただし、台車の基本性能を決定している諸元を変更することは、通常の走行性能や他の安全性能との関係を考慮せねばならないため容易ではない。そこで、大きな地震が発生した場合には、車両各部は通常とは異なった大きな動きとなるという特徴を活かして、大きな地震の時にだけ機能する対策をいくつか考案し、その効果をシミュレーションによって検討した。その中のひとつとして高速度高減衰力左右動ダンパを紹介する。ここで提案する高速時高減衰力ダンパは図3に示す性能を有し、通常時のダンパ使用速度範囲0.2m/secを超えたときに、減衰力がダンパ速度の2乗に比例して大きくなる特性とした。ダンパ速度に対する切り替えはダンパ内部の油圧回路で実現出来ると考えられる。すなわち、この高速度高減衰力ダンパは通常時の走行性能に影響を及ぼすことなく、かつ特殊な切り替え機構も不要にして、ダンパ速度が高速となる異常時のみ作動するものである。提案した高速時高減衰力ダンパを用いた場合には図2に示すように、加振周波数0.6Hz以上の広い範囲で走行安全限界が高くなり、地震時の走行安全性を向上する効果があることが分かった。

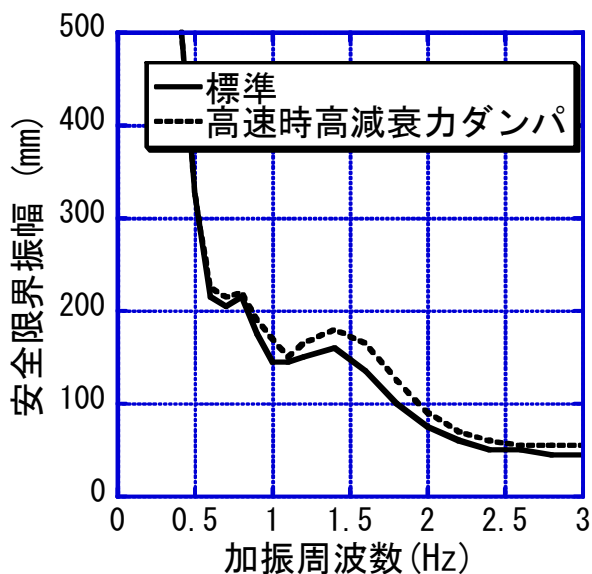


図2 走行安全限界線図
(高速時高減衰力左右動ダンパの効果)

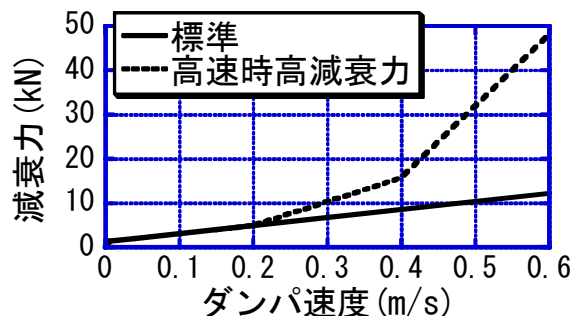


図3 高速時高減衰力左右動ダンパの特性

4. おわりに

地震時の鉄道の安全性を向上する方策については、現在さまざまな検討が進められている。ここでは計算機シミュレーションにより、車両側で取り得る地震対策の可能性を示した。今後は、実物で有効に機能する安全性向上策を作りあげるべく、実証的な研究を進めていきたいと考えている。