

振動変位及び不同変位に対する逸脱防止ガードの性能評価

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○後藤 恵一
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 曾我部 正道
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 浅沼 潔

1. 目的 大規模地震動により鉄道車両が脱線した際、その車両を反対線や線路外部に逸脱させないための各種逸脱防止装置の開発が進められている。しかしながら、これまで車両の脱線後挙動については十分な検討が行われておらず、逸脱防止装置の性能等について未解明な点が多い現状がある。そこで本研究では、逸脱防止装置の一つである逸脱防止ガードについて、脱線後の車両挙動を評価可能な数値解析手法により、振動変位及び不同変位に対する逸脱防止ガードの逸脱防止性能を検討する。

2. 解析手法 検討には、車両と構造との動的相互作用解析プログラム DIASTARS III を用いた。車両の解析モデルは、車体、台車、輪軸を剛体と仮定し、これらをばねとダンパで結合した構成した三次元モデルである。なお、実車には各構成要素間に相対変位抑制のためのストッパが設けられているため、ばねはバイリニア型の非線形ばねとした。

図-1 に逸脱防止ガードと車輪のモデル化の概念図を示す。脱線後の車両挙動を評価するために、MBD (Multi Body Dynamics) の手法により逸脱防止ガードを含む軌道構造と車輪をモデル化した。ここで、軌道構造は軌間内又は軌間外(以下、内側又は外側)に逸脱防止ガードを有する剛体断面モデルとし、車輪は解析の高速化を図るため区分的な直線(円錐台形)で近似するモデルとした。車輪と軌道構造部材との衝突は非線形の衝突ばねで表現した。脱線前は車輪とレールの精密な幾何形状を考慮した接触モデルを、脱線後は上記の脱線後モデルを車輪ごとに使い分けることとした。本検討では、図-2 に示すように車輪と逸脱防止ガードの離隔を400mmとし、逸脱防止ガードの軌道面からの高さを Case1 : 174mm (レール高さ)、Case2 : 87mm (レール高さの 1/2) の2ケースとした。

まず、振動変位に対する検討として、正弦波の左右加振による検討を実施した。入力正弦波は1波及び5波とし、各加振振動数における脱線及び逸脱限界振幅を見極めるために、加振振幅を線形に漸増させた。

次に、不同変位に対する検討として、図-3 に示す角折れ及び目違いに対する

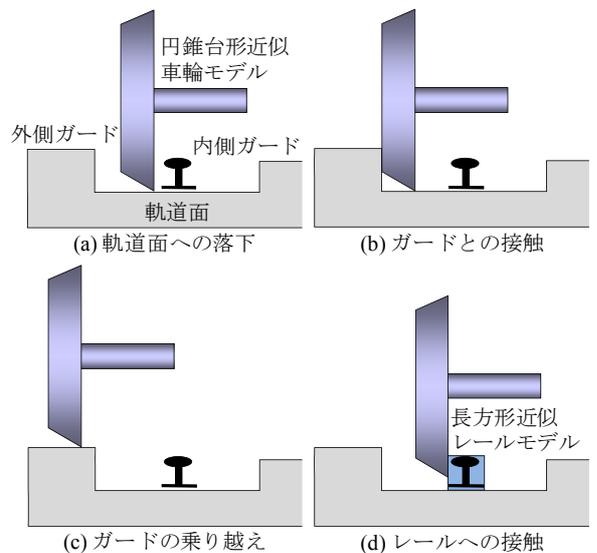


図-1 逸脱防止ガードと車輪のモデル化

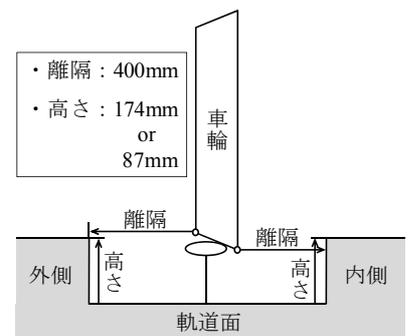


図-2 逸脱防止ガードの設定

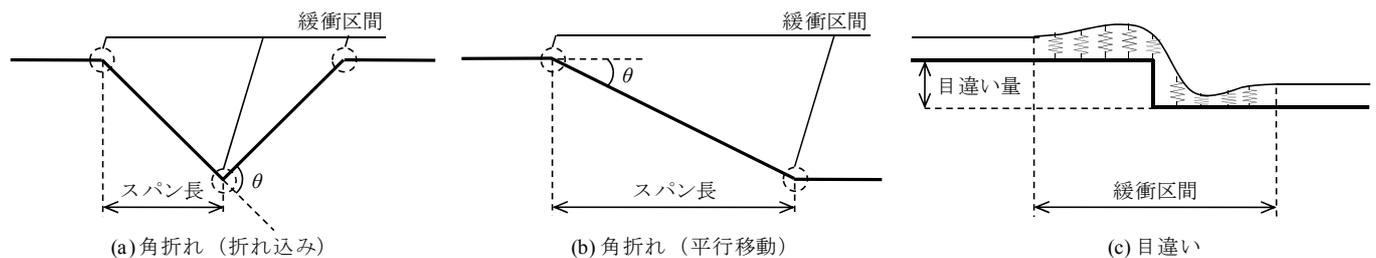


図-3 不同変位の形状

キーワード：鉄道，地震，脱線，逸脱防止ガード，動的相互作用，Multi Body Dynamics，振動変位，不同変位

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 鉄道力学研究部 構造力学 TEL:042-573-7290

る検討を実施した. 不同変位は解析中常に固定される静的な左右の角折れ・目違いとしてモデル化し, 不同変位が生じる桁端前後には, 曲率の不連続を解消するために緩衝区間を設けた. 具体的な不同変位の形状は, 設計標準¹⁾に準じて定めた.

脱線限界の目安値には, 車輪のフランジがレールから外れて水平に移動した量の限界として 70mm を適用した¹⁾. また, 逸脱限界の目安は, 車輪が逸脱防止ガードを乗り越えた場合とした.

3. 解析結果 図-4 に振動変位に対する逸脱限界振幅を示す. 図には脱線限界振幅も併せて示した. 図-4(a)より正弦波1波の場合, 逸脱防止ガードの効果により, 一部の加振振動数を除き全体的に逸脱限界が向上していることが確認できる. 逸脱防止ガードの高さの違い (Case1 と Case2) に着目すると, 逸脱防止ガードの高さが高い Case1 で逸脱防止効果が大きくなった. また, 逸脱防止ガードの設置位置の違い (内側と外側) に着目すると, 0.5~0.7Hz では外側, 0.8~3.0Hz では内側で逸脱防止効果が大きくなる傾向にあった. これは, 脱線モードに起因するものであると考えられる.

図-4(b)より正弦波5波の場合も, 逸脱防止ガードの効果により逸脱限界が向上していることが確認できる. しかし, 外側の場合では低振動数領域で限界値が向上していない領域が存在することも分かる. 逸脱防止ガードの高さの違い (Case1 と Case2) に着目すると, 逸脱防止ガードの高さが高い Case1 で逸脱防止効果が見られるが, Case2 の低振動数領域では内側及び外側の両者において限界値の向上は見られない. このことから, 正弦波5波については逸脱防止ガードにある程度の高さがなければ逸脱限界の向上を見込めない可能性があることが分かった.

図-5 に列車速度 270km/h での不同変位に対する逸脱限界を示す. 図-5(a) (b) より, 角折れに関しては, 折れ込み及び平行移動の両者について逸脱防止ガードの効果により限界値が大きく向上していることが確認できる. また, 逸脱防止ガードの高さが高いほどその効果も大きいことが分かる. 逸脱防止ガードの設置位置の違い (内側と外側) については, 大きな差は見られなかった.

図-5(c)より, 目違いに関しても, 逸脱防止ガードの設置により限界値が大きく向上していること確認できる. また, 逸脱防止ガードの高さが高いほどその効果も大きくなることが分かる. 逸脱防止ガードの設置位置の違いについては, 外側よりも内側の方が逸脱防止効果が高くなる傾向にあった.

4. まとめ ①振動変位及び不同変位に対する逸脱防止ガードの有効性を数値解析により確認した. ②逸脱防止ガードは外側よりも内側に設置した場合に効果が大きい傾向にあった. ③逸脱防止ガードはその高さが重要であることが分かった.

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (変位制限), 丸善, 2006.

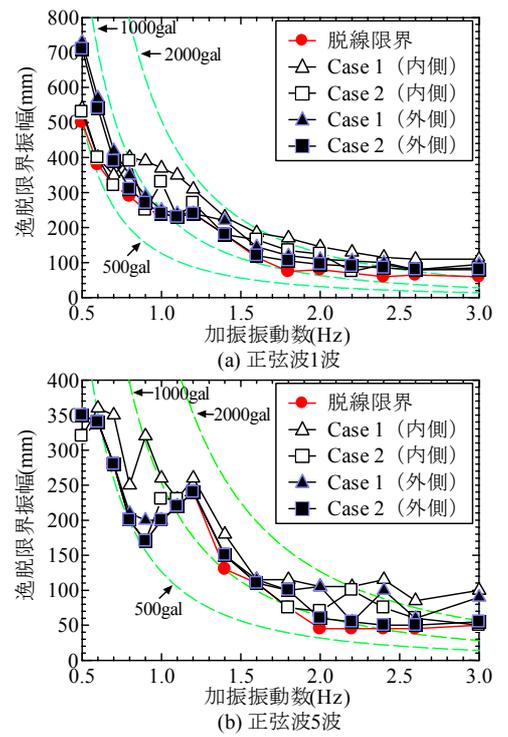


図-4 振動変位に対する逸脱限界

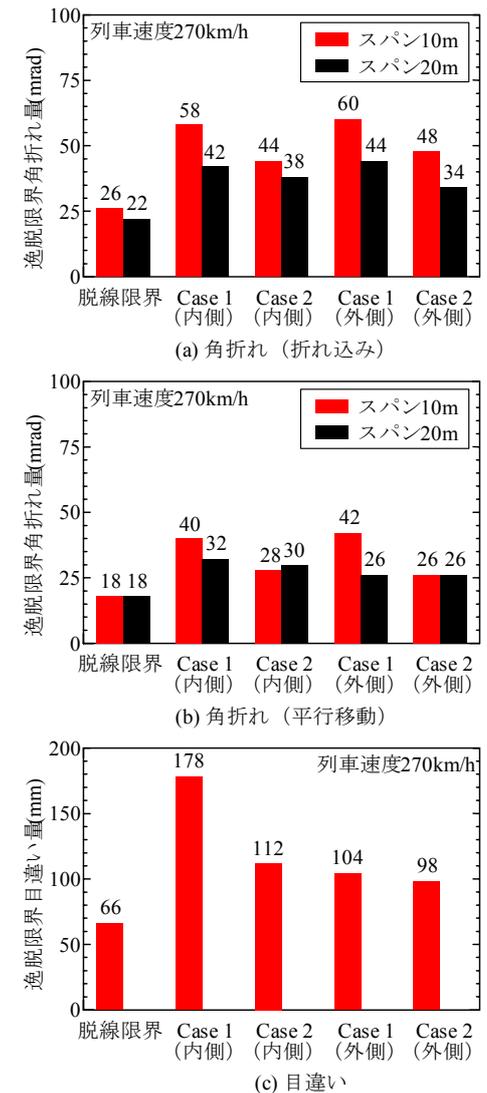


図-5 不同変位に対する逸脱限界