

② 脱線係数観測データを活用した営業車両による軌道状態の評価

交通システム研究領域 ※ 佐藤 安弘 大野 寛之 森 裕貴
東京地下鉄 荻野 智久 茨城大学 道辻 洋平
新日鐵住金 水野 将明 日鉄住金テクノロジー 谷本 益久

1. はじめに

従来、鉄道車両の走行安全性を評価する指標として重要な脱線係数の測定機は、新線開業や新形式車両導入時等、特定の場合に限られていた。

脱線係数は、外軌側を示す図1のとおり、レール・車輪間に働く力のうち、横方向力である「横圧」 Q と垂直方向力である「輪重」 P との比 Q/P により求められる。

特に急曲線における乗り上がり脱線については、中目黒事故(平成 12 年)の原因調査を通じて、脱線係数がレール・車輪間の摩擦係数に依存して大きく変化することなどが指摘され、脱線係数を頻繁に観測することの重要性が増してきた。

そこで、営業車両による常時観測を可能とする新たな脱線係数測定法の研究¹⁾を進め、営業車両による測定が実現した²⁾。これらの成果を基に、脱線係数の常時観測を前提とする安全性管理方法の確立等が求められていることから、昨年は観測データの新たな分析手法について提案した³⁾。さらに、従来の軌道変位などの管理指標と関連づけができれば、データを軌道の保守に活用しやすいため有意義である。そこで、軌道の平面性変位を算出する方法等について考察したので報告する。

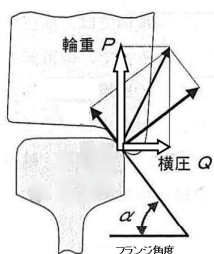


図1 レール・車輪間の力と脱線係数 Q/P

2. 常時観測に用いる脱線係数測定法¹⁾

本脱線係数測定法では、非接触センサを用い、輪重は、軸ばねたわみ量を、横圧は、車輪の曲げ変形量をそれぞれ検出することで求める。但し、軸受のガタに

よる影響を補正するなど、台車全体として測定精度を高める設計となっている。輪重測定用の磁歪式変位計及び横圧測定用の渦電流式変位計の設置位置を図2に示す。

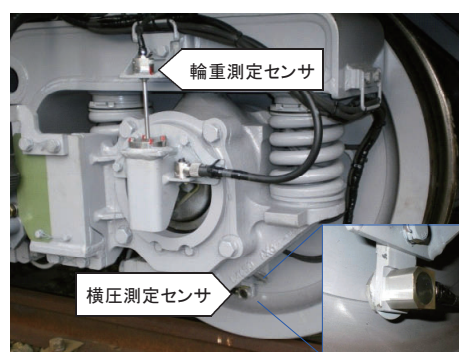


図2 脱線係数常時観測用台車及びセンサ

3. 脱線係数の常時観測により得られる情報

3. 1. 観測データ

脱線係数常時観測用台車(以下、本台車)では、安全性の評価に用いる前軸外軌側 Q/P のほか、内軌側では横圧輪重比(内軌 Q/P)を求めることができる。急曲線部における内軌 Q/P が摩擦係数に近似することから、塗油やレール表面の乾燥状態等による、レール・車輪間の摩擦係数の大小を評価することができる。また、各車輪で測定している P によって、輪重変動を評価することができる。

3. 2. 軌道変位への換算

軌道変位の整備基準値と走行安全性は必ずしも1:1に対応したものではないが、急曲線乗り上がり脱線には、平面性変位が大きく影響することが知られている。平面性変位は、軌道の平面に対するねじれの状態を表すものであり、軌道の長手方向に一定間隔を隔てた2点間の水準変位の差を意味する。また、水準変位は、軌道を構成する左右のレールの高さの差を意味する。

車輪とレールの接触点の平面座標(x - y 座標)と、軸ばねたわみによる鉛直座標(z 座標)を図3のよ

うに表す。4車輪それぞれのばねたわみは、輪重を軸ばね定数で除算して求めることができるが、本台車では、輪重を求めるため、もともと軸ばねたわみを測定している。4車輪の座標点のうち、いずれか3つの座標点(P1in, P2out, P2in)を通る平面を算出し、当該平面と残りの座標点(P1out)との距離 L は、平面性変位にほぼ等しいと考えられる。

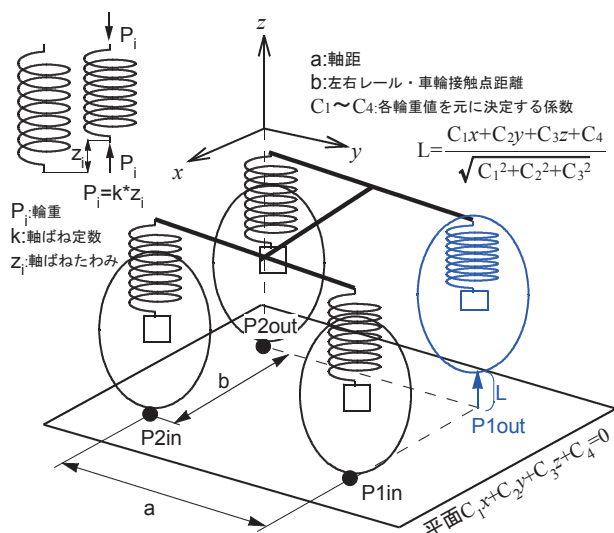


図3 軸ばねたわみによる平面性変位の算出

半径 160m の曲線区間において、昨年³⁾と同じレール交換前後のデータを用いて、平面性変位を求めた結果を図4及び図5にそれぞれ示す。

両図を比較すると、12.25km 付近に顕著な違いが見られる。この付近のレール継目から、キロポストの数字が小さくなる方向でレール交換を実施したことが確認されており、継目位置で新旧レール高さを合わせるためのレール高さ調整による影響が考えられる。さらに、両者の差分を取った図6では、平面性変位の変化箇所及び変化量が明確に示されている。

3. 3. 軌道の保守管理への活用方向性

本台車では、まず脱線係数や輪重変動を毎日把握でき、これらの値が大きくなる要注意箇所を抽出することができる。次に、昨年提案したデータの信号分解によって、摩擦係数などの要因ごとの影響を相対的に評価することができる。さらに、今回の算出法によって、平面性変位の大きな箇所、経時変化箇所及び変化量が把握できる。このようにして、脱線係数増大要因を絞り込むことができる。例えば、脱線係数の測定値が大きな箇所において、摩擦係数や平面性変位が小さい場合は、他の軌道変位、例えば通り変位の大きさを個別に確認するよう指示する等、

未然に脱線を防ぐ手順を示すことが可能となる。

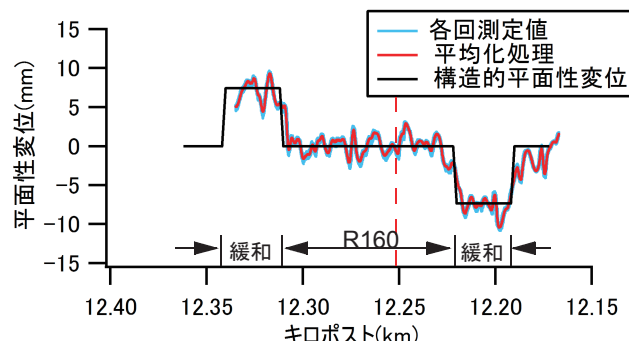


図4 平面性変位(①レール交換前)

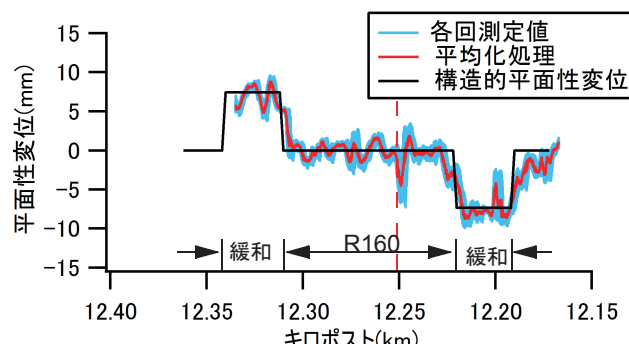


図5 平面性変位(②レール交換後)

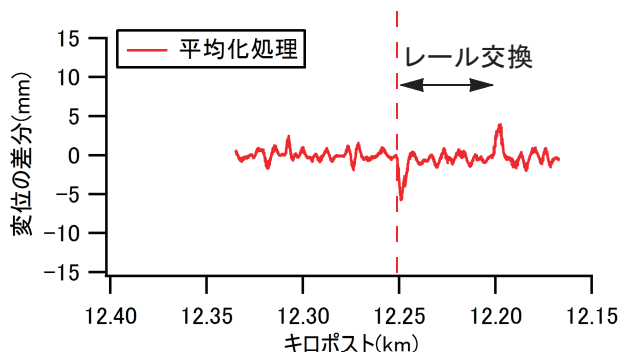


図6 平面性変位の差分(②-①)

4. まとめ

脱線係数観測データの軌道保守への活用を目標に考察を進めた結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 常時観測データを活用した平面性変位の算出手法を提案し、保守作業による影響の測定を通じて算出手法を検証した。
- (2) 昨年提案した信号分解手法とともに活用することで、脱線係数増大要因を絞り込むことができる。

今後の課題としては、軌道保守への活用のシステム化、異常警報のリアルタイム化等があげられる。

参考文献

- 1) 佐藤ほか; 交通研フォーラム 2009 講演概要, pp85-88
- 2) 佐藤ほか; 交通研フォーラム 2011 講演概要, pp107-108
- 3) 佐藤ほか; 交通研フォーラム 2012 講演概要, pp67-70