

軌道狂いを考慮した輪重横圧推定式の走行試験による検証

鉄道総合技術研究所 正会員 ○大澤純一郎
 鉄道総合技術研究所 正会員 古川 敦
 鉄道総合技術研究所 正会員 村松 浩成
 鉄道総合技術研究所 正会員 西垣 拓也

1. はじめに

輪重横圧推定式は、急曲線低速走行時の車両の乗り上がり脱線に対する安全性の評価手法として、日比谷線事故後の脱線防止ガード設置の判定等に使われている¹⁾。この推定式は、低速走行時には車両の動的な挙動は無視できるとの仮定のもとに力の釣合い条件から導かれ、線路の線形、車両諸元等を入力値としている。また、線路の線形は公称値、軌道狂いは便宜上一定値を見込んで入力するなど簡略化して使用している。本研究では、脱線防止の観点から、線路の線形に加えて軌道狂いを入力して輪重、横圧を推定し、得られた推定値と鉄道総研構内で実施された低速脱線走行試験（以下、走行試験）での実測値との比較を行い、改良推定式の評価をした結果を報告する。

2. 軌道狂いを考慮した輪重の推定

輪重推定フローを、図1に示す。このうち、遠心力による輪重増減は、カント・曲線半径の関数として表される。ここでは、設計値でなく、各地点の10m弦正矢通り狂いと水準狂いから曲線半径とカントを算出し、入力した。また、軌道面のねじれによる輪重増減は、カント逡減に伴う軌道面のねじれによる車両の枕ばねと軸ばねの3点支持の力の釣合いから導かれ、ばね定数と台車中心間・軸距平面性狂いの関数で表される。ここでは、平面性狂いに、実測値を用いた。

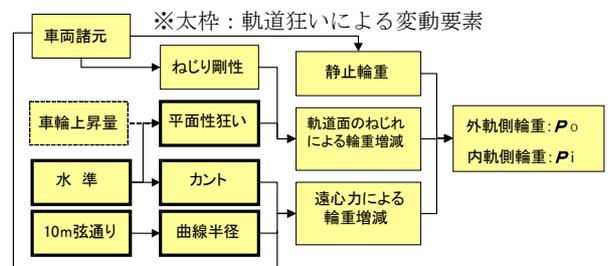


図1 輪重推定フロー

※太枠：軌道狂いによる変動要素

二重線枠：車両諸元で変化する要素

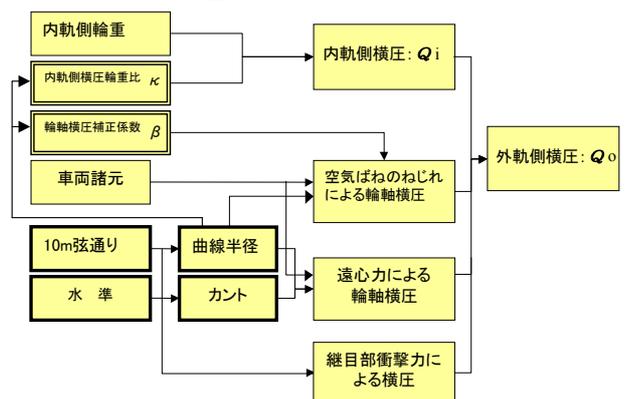


図2 横圧推定フロー

3. 軌道狂いを考慮した横圧の推定

横圧推定フローを図2に示す。二重線枠は車両諸元によって変化する要素である。内軌側横圧は、内軌輪重と内軌側横圧輪重比 κ の積で表される¹⁾。 κ は、曲率と車輪踏面形状を入力とするモデルで表される。走行試験によって得られた κ の実測値と、10m弦正矢通り狂いから得られる曲率を本モデルに入力して算定した推定値を比較したところ、両者はほぼ一致し、本モデルの妥当性が確認されている。

図2の横圧算定式中で空気ばねのねじれによる輪軸横圧は、枕ばねの前後剛性と台車の回転変位の積に補正係数 β ¹⁾ を乗じたものである。 β は、この輪軸横圧のうちの台車前軸の負担割合を表し、曲率、 κ 及び車輪踏面形状を入力とするモデルで表される。脱線防止ガード設置の判定には、営団03系諸元によるシミュレーション結果から得られるモデル（現行モデル）を適用している。曲率に10m弦正矢通り狂いから得られる値を算定に用いて、走行試験の実測値から β を逆算したところ、現行モデルより若干小さい値となった。 β は、車両諸元により異なるので車種に適合した補正モデルが必要である。ここでは、上記算定に基づく補正

モデルを作成して、推定に適用した。

以上の κ , β モデルを用いて、曲線半径とカントの関数で表される遠心力等の各推定式に、各地点の 10m 弦正矢通り狂い、水準狂いを用いて入力して図 2 のフローで横圧の推定をした。

4. 軌道狂いを考慮した限界脱線係数の推定

限界脱線係数推定フローを、図 3 に示す。限界脱線係数の推定式の中で、アタック角推定モデルは曲線半径とスラックの関数として表される。これに、前項同様、軌道狂いから得られる数値を入力した。

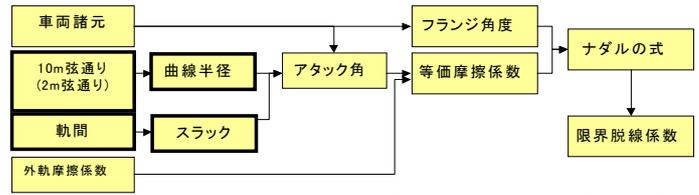


図 3 限界脱線係数推定フロー

このモデルの妥当性検証のため、走行試験における実測値と推定値との比較を行った。図 4 で、継目部などの局所的な角折れ箇所が実測値と一致していることから、モデルの妥当性が確認できる。

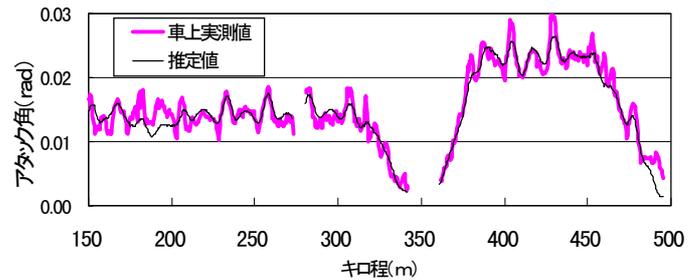


図 4 アタック角の実測値と推定値との比較

5. 推定脱線係数の算出

推定脱線係数は、推定した横圧と輪重の比で求められる。走行試験における輪重、横圧、脱線係数の実測値と推定値の比較及び限界脱線係数の推定値を図 5 に示す。同図で、各推定値は、実測値とほぼ一致しているといえる。また、○で囲んだ箇所では脱線係数推定値が限界脱線係数推定値を上回り、乗り上がりの可能性がある

と判定されるが、走行試験では※印の箇所では乗り上がりが実際に発生しており、この推定式は、走行安全性を適切に評価できているといえる。

6. おわりに

静的な力の釣合い条件から定められた輪重横圧推定式は、線路の線形に加えて軌道狂いを入力したことにより、推定精度が高まることが確認できた。

この推定結果に基づき、図 5 の○で囲んだ条件の箇所から保守を行えば、走行安全管理上、合理的である。

なお、構内走行試験は国土交通省の補助金を受けて実施した。

〔参考文献〕

1) 運輸省事故調査検討会：「帝都高速鉄道交通営団日比谷線中目黒駅構内列車脱線衝突事故に関する調査報告書」2000年10月

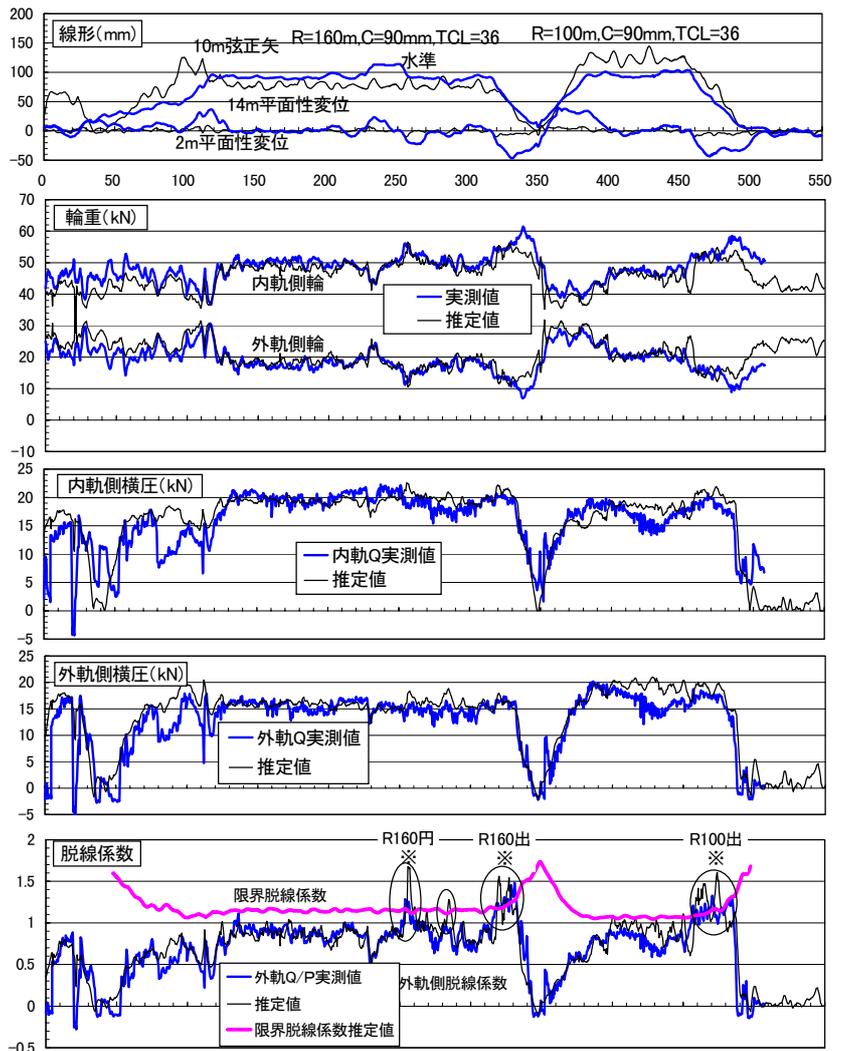


図 5 輪重横圧推定式による輪重、横圧、脱線係数等の推定例