

輪重横圧推定式の保守用車への適用に関する一考察

○鉄道総合技術研究所 正会員 村松 浩成
東海旅客鉄道 馬淵 行博
鉄道総合技術研究所 石田 弘明
鉄道総合技術研究所 正会員 古川 敦

1. はじめに

営団中目黒駅構内で発生した脱線衝突事故の調査報告書¹⁾（以下「中目黒報告書」という。）において、推定脱線係数比を評価指標とする脱線防止ガードの設置基準が提言された。しかし、推定脱線係数比の算定に用いる輪重横圧推定式^{1),2)}は旅客車を対象に構築されており、保守用車は適用外となっている。そこで、本研究では、軌道モーターカーやマルチプルタイタンバ等の保守用車を対象に、輪重横圧推定式の適用と推定脱線係数比の算定結果に基づく脱線防止ガードの設置に関する検討を行った。

2. 輪重横圧推定式の保守用車への適用

2.1 輪重推定式

(1) 外軌側車輪の静止輪重比

中目黒報告書に示された手法により旅客車の推定脱線係数比を算定する際、外軌側車輪の静止輪重比には、各事業者の管理値（例えば、JRでは0.85）が用いられる。

保守用車の新製時における静止輪重比の実測結果例を図1に示す。これより、本研究では、保守用車の外軌側車輪の静止輪重比には0.90を用いた。

(2) 超過遠心力による輪重増減

この要素は、車両を1軸あたりの断面に置き換え、そこに作用する力の釣り合い式に基づき算定するため、保守用車にも同じモデルを用いた。

(3) 軌道面のねじれによる輪重増減

この要素は、軸ばねや枕ばねの上下ばね定数で構成される回転ばね定数と、平面性狂いによる軌道面のねじれ角から算定するため、保守用車にも同じモデルを用いた。なお、2軸の保守用車は軸間のねじれのみを考慮する。

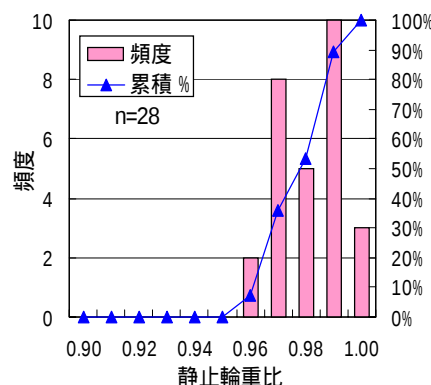


図1 保守用車の静止輪重比の実測結果例

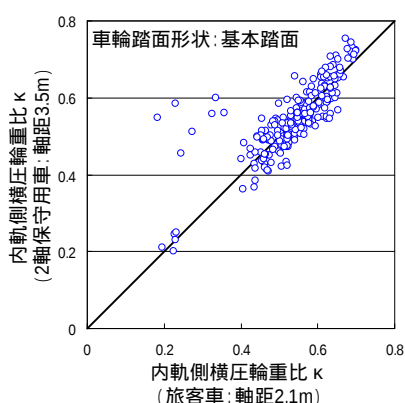


図2 旅客車と2軸の保守用車のκの関係

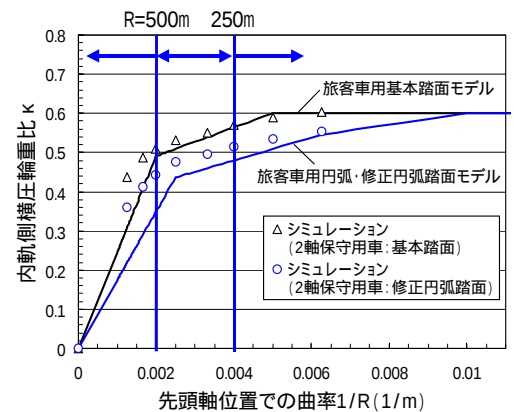


図3 曲率と2軸の保守用車のκの関係

2.2 横圧推定式

(1) 内軌側横圧輪重比κから算定される転向横圧

κは車両の転向性能に影響されるため、軸距が長く、軸箱が前後方向に拘束される場合の多い2軸の保守用車に、旅客車用のκのモデルが適用できるかを検討する必要がある。なお、2軸ボギーの保守用車は、軸距が短く、軸箱支持方式が旅客車と類似している場合が多いため、旅客車と同じκのモデルを用いれば安全側の判定になる。

R=160、100mの円曲線中で得られた、旅客車と2軸の保守用車のκの関係を図2に示す。これより、両者のκに大きな差はないことがわかる。

軸箱の前後剛性が十分に大きい場合の、曲率と2軸の保守用車のκの関係を車輪踏面形状別に検討した結果を図3に示す。これより、修正円弧踏面を用いても、2軸の保守用車のκは、R=250～500mでは基本踏面モデルと円弧・修正円弧踏面モデルの中間に位置し、R=500m以上ではむしろ基本踏面モデルと良く一致することがわかる。

以上より、本研究では、2軸の保守用車のκには車輪踏面形状に関わらず基本踏面モデルを適用し、2軸ボギーの保守用車のκには、旅客車の場合と同様に、車輪踏面形状に応じたモデルを適用した。

(2) 超過遠心力による輪軸横圧

この要素は、車両を1軸あたりの断面に置き換え、そこに作用する超過遠心力から算定するため、保守用車にも同じモデルを用いた。

2.3 限界脱線係数の算定式

(1) ナダルの式

旅客車の限界脱線係数の算定に用いるナダルの式は、

キーワード：保守用車、輪重横圧推定式、推定脱線係数比

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 軌道管理
TEL 042-573-7278 FAX 042-573-7296

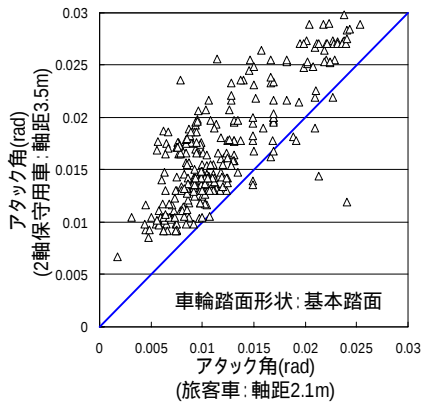


図4 旅客車と2軸の保守用車のアタック角の関係

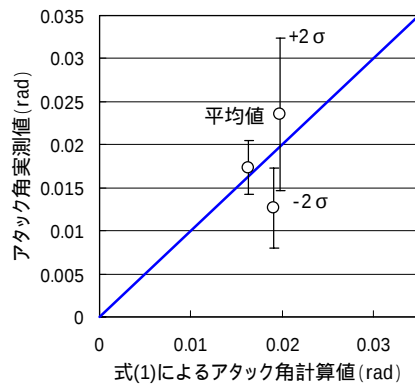


図5 アタック角の計算値と実測値の関係

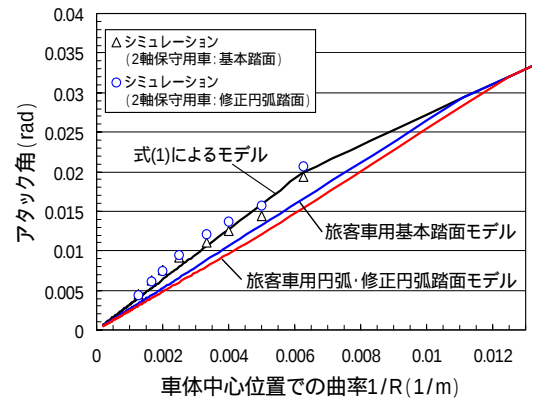


図6 曲率と2軸の保守用車のアタック角の関係

車輪とレールがフランジ部で1点接触する時の力の釣り合い式であり、保守用車にも適用できる。

(2)アタック角の設定方法

中目黒報告書に示された手法では、ナダルの式に用いる摩擦係数には、アタック角の関数となる等価摩擦係数を用いる。従って、2.2(1)に示した κ と同じく車両の轉向性能の観点から、旅客車のアタック角のモデルが、2軸の保守用車に適用できるかを検討する必要がある。また、2軸ボギーの保守用車のアタック角には、旅客車と同じモデルを用いれば安全側の判定になる。

$R=160\text{m}$ の円曲線と出口側緩和曲線中で得られた、旅客車と2軸の保守用車のアタック角の関係を図4に示す。これより、2軸の保守用車のアタック角は旅客車よりも大きくなるのがわかる。そこで、2軸の保守用車のアタック角を式(1)によりモデル化し、実測値と比較した結果を図5に示す。これより、このモデルと実測値がほぼ一致することがわかる。

$$\psi = \frac{a}{R} - \psi_0, \quad \begin{cases} -\psi_0 = \frac{160\delta_1 + \delta_2}{R - 2a} & (R > 160) \\ -\psi_0 = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2a} & (R < 160) \end{cases} \quad \dots(1)$$

2a: 軸距(m)、R: 車体中心位置での曲線半径(m)

δ_1 : 横動遊間+前軸位置でのスラック/2(m)

δ_2 : 横動遊間+後軸位置でのスラック/2(m)

軸箱の前後剛性が十分に大きい場合の、曲率と2軸の保守用車のアタック角の関係を車輪踏面形状別に検討した結果を図6に示す。これより、車輪踏面形状に関わらず、2軸の保守用車のアタック角は式(1)によるモデルと良く一致することがわかる。

以上より、本研究では、2軸の保守用車のアタック角には車輪踏面形状に関わらず式(1)を適用し、2軸ボギーの保守用車のアタック角には、旅客車の場合と同様に、車輪踏面形状に応じたモデルを適用した。

3. 脱線防止ガードの設置に関する検討

2章に示した手法により、保守用車の推定脱線係数比が、車両が乗り上がり始める可能性のある1.0未満となる曲線諸元の組み合わせを試算した結果を図7に示す。同

図には、旅客車の推定脱線係数比が、中目黒報告書による脱線防止ガードの設置基準である1.2未満となる曲線諸元の組み合わせも併せて示す。なお、車両、線形以外の計算条件は、中目黒報告書に示された手法に基づいた。

図7より、今回設定した条件では、各保守用車の折れ線グラフが旅客車よりも上側に位置することがわかる。これは、保守用車が乗り上がり始める可能性のある曲線諸元の組み合わせが、旅客車を対象にした脱線防止ガードの既設範囲内に含まれることを表す。ただし、車両、線形条件の組み合わせによっては、何らかの対策が必要となる場合がある。

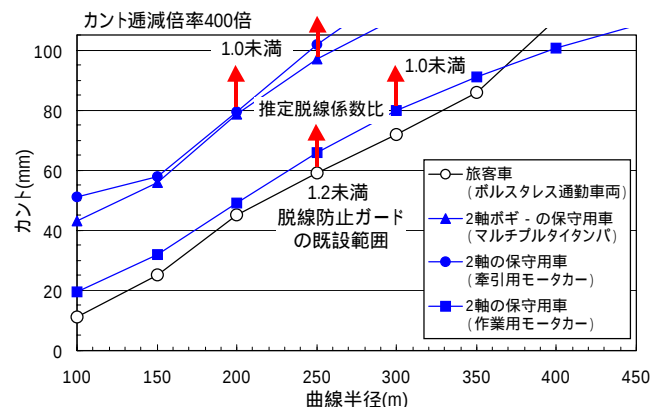


図7 保守用車の推定脱線係数比が1.0となる曲線諸元の組み合わせ

4. まとめ

- (1) 輪重横圧推定式の保守用車への適用に際して、
 - ・2軸の保守用車に対しては、車輪踏面形状に関わらず、 κ には基本踏面モデルを、アタック角には式(1)を適用し、その他の要素は旅客車と同じモデルとした。
 - ・2軸ボギーの保守用車に対しては、式を構成する各要素に旅客車と同じモデルを適用した。
- (2) 今回設定した条件では、保守用車が乗り上がり始める可能性のある曲線諸元の組み合わせは、脱線防止ガードの既設範囲内に含まれた。

[参考文献]

- 1) 事故調査検討会：帝都高速度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, 2000.10.26
- 2) 内田雅夫ほか：輪重横圧推定式による乗り上がり脱線に対する安全性評価, 鉄道総研報告, Vol.15, No.4, 2001.4