

急曲線低速走行に対する軌道狂い限度値算出方法の改良

前鉄道総研（現東京メトロ）正会員 ○大澤純一郎
 鉄道総研 正会員 古川 敦
 前鉄道総研（現J R 東海）正会員 村松 浩成
 鉄道総研 正会員 西垣 拓也

1. 研究の背景

著者らはこれまで、急曲線低速走行時の車両の乗り上がり脱線を考慮した軌道狂い管理手法として、輪重横圧推定式に基づく軌道狂いの限度値算出方法を提案した¹⁾。この中では、任意の軌道狂い波形を初期条件とし、推定脱線係数比が1.2となる時の軸距平面性狂いと10m弦正矢通り狂い、両者の組み合わせを算出した。しかし、この計算法では初期条件の軌道狂い波形により得られる限度値が異なるため、得られた解は必ずしも一般的なものとはいえなかった。本報告では、初期条件と限度値算出結果との関係に基づいて限度値算出方法を改良するとともに、文献1)で提案した限度値簡略解算式式の誤差の評価を試みる。

2. 現行の軌道狂い限度値算出の概略

軌道狂い限度値算出方法は、諸条件のもとで推定脱線係数比が1.2となる軌道狂いの値を求めることである。これを数学的に表現すると式(1)のようになる。

$$\frac{\text{限界脱線係数}}{\text{推定脱線係数}} = 1.2 \quad \cdots (1)$$

式(1)を解いて限度値を算出する際には、初期条件の軌道狂い波形を、位相を変化させず振幅のみを χ 倍して、推定脱線係数比が1.2となる時の「前軸位置の10m弦正矢通り狂い」と「軸距平面性狂い」の組み合わせを解とした（図1）。このような解法を用いたのは、前記の2つの軌道狂いが乗り上がり脱線に及ぼす影響が大きいことが確認できていることと、これら2種類以外の軌道狂いを自由に変化させると、式(1)の解の組み合わせが無数に存在するため、解を求めるにあたってなんらかの制約条件を加える必要があったためである。乗り上がり脱線に対する走行安全性がこれら2種類の狂いのみ依存するのであれば、初期条件に関わらず同じ限度値が得られるはずであるが、実際には前記2種類以外の軌道狂いの影響が無視できないため、初期条件によって異なる解が得られる。

表1 輪重横圧推定式を構成するパラメータ

軌道のパラメータ	車両のパラメータ
・前軸位置の10m弦正矢通り[mm]	・軸ばね定数[MN/m]
・車体中心の10m弦正矢通り[mm]	・枕ばね定数[MN/m]
・軸距平面性狂い[mm]	・静止輪重比
・台車間平面性狂い[mm]	・軸重[kN]
・軌間狂い[mm]	・重心高さ[m]
・曲線半径[m]	・軸距[m]
・カント(車体中心の水準)[mm]	・台車中心間距離[m]

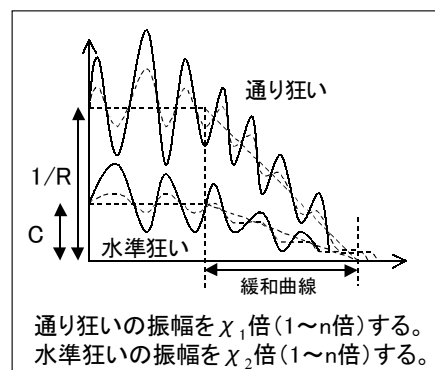


図1 軌道狂い振幅の増幅法

3. 現行の軌道狂い限度値算出の問題点と対策

上記計算法によって、3区間の軌道狂い波形について軌道狂いの限度値を求めた例を図2(a)に示す。区間1、3の結果はほぼ等しいが、区間2による結果が他と異なることから、得られた解は一般的なものとはいえない。これを解消するため、前述の解法を以下の点について改良した。

- ① 「車体中心位置の水準」が0となるように、水準波形全体の平均値を変化させる。これは、初期条件の水準を χ_2 倍することに伴う、見かけ上のカントが変化することを防止するためである。
- ② 「台車間平面性狂い」が0に近い点を初期条件とする。これは初期条件の台車平面性狂いが大きいと、水

キーワード 乗り上がり脱線、輪重横圧推定式、軌道狂い限度値、軸距平面性狂い、通り狂い

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL042-573-7278 FAX042-573-7296

準狂いを α_2 倍することに伴って、定数とみなした台車間平面性狂いの影響が無視できなくなるためである。

- ③「通り狂い（車体中心）」が0に近い点を初期条件とする。これは正矢法の性質上、通りの平均値を0とはできないため、通り狂いが比較的小さい箇所を初期条件として、振幅を α_1 倍する影響を極力小さくする必要があるためである。

改良した解法によって得られた限度値を図2(b)に示す。図2(a)と比較すると、区間

が異なってもほぼ等しい結果が得られたことから、この結果は当該条件における標準的な軌道狂い限度値を示しているといえる。

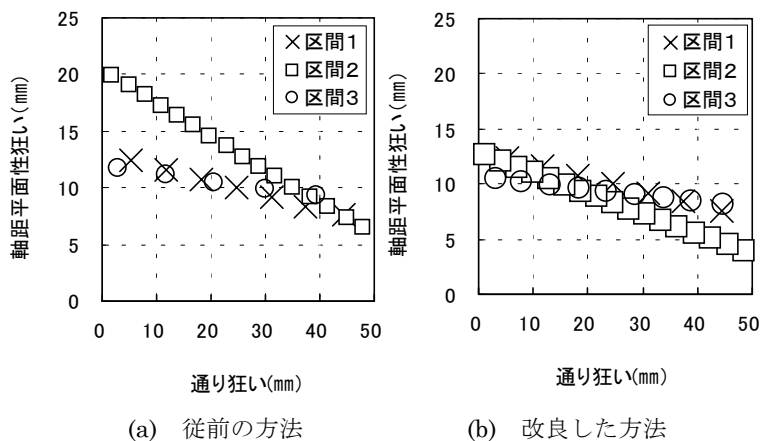


図2 軌道狂い限度値算出例

4. 軌道狂い限度値の簡略式と精度の定量的評価

上記限度値は、輪重横圧推定式を用いて、(1)式を位相不変という制約条件の下で解けば得られる（得られた解を「解析解」という）。しかしこのような方法を一般の軌道保守に適用することは困難であるので、解析解を平均的に近似する簡略式を算出した（式(2)）。算出方法は文献1)と同じであるが、ここでは解析解の算出の際に前章で述べた改良を行うとともに、初期条件を増やして解の一般性を高めた。

7種類の初期条件に対する解析解と簡略式を図3に併記して示す。また通り狂い限度値30mm及び20mmに

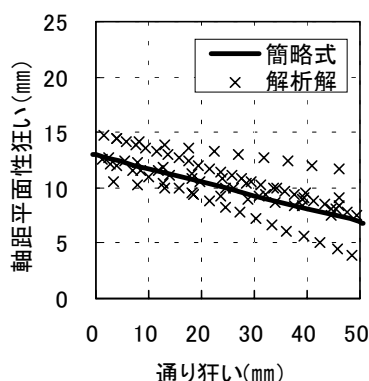


図3 解析解と簡略解との比較

$$TWa = \frac{54.33\gamma - 0.11C + 0.048R - 0.17AL - 41.18}{k} \quad \dots(2)$$

TWa : 軸距許容平面性狂い [mm], k : 軸ばね定数 [MN/m]

γ : 外軌側静止輪重比, C : カント (設計値) [mm]

R : 曲線半径 (設計値) [m], AL : 通り狂い [mm]

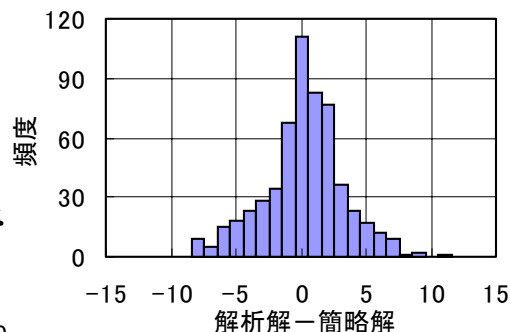


図4 軸距平面性狂いの解析解と簡略解の差の頻度分布

対応する軸距平面性限度値の簡略式による解（以下「簡略解」という）と解析解との差の頻度分布を図4に示す。解析解は90%以上の確率で「簡略解-4mm」の範囲にあったが、その差が8mmを超えるものもあった。そこで、両者の差が大きい場合においても簡略解によって走行安全性が確保できるかどうかを確認した。具体的には、解析解に対する8mmの差が推定脱線係数比に換算してどの程度の差になるかを確認した。

解析解と簡略解との差が8mmのときの条件で、推定脱線係数比が1.2および1.0としたときの、軌道狂いの限度値の例を図5に示す。同図から、推定脱線係数比を1.0とすると、推定脱線係数比1.2の場合と比較して、通り狂い20mmに対応する軸距平面性限度値は8mm以上緩和される。このことから、簡略解と解析解との差が大きい場合でも推定脱線係数比が1.0を下回る確率は極めて小さいため、式(2)を軌道狂いの評価式とすることによって、走行安全性は確保できると考えられる。

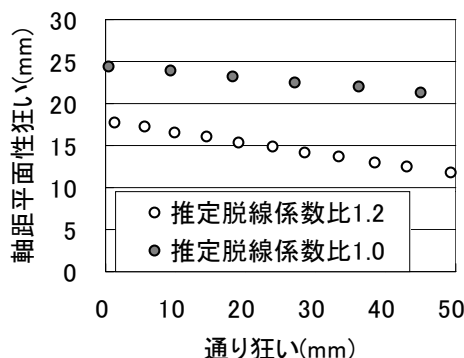


図5 推定脱線係数比1.2と1.0のときの軌道狂い限度値の比較の例

〔文献〕1) 大澤他, J-Rail 2003, pp.473-476.