

輪重横圧推定式を用いた通り狂いと水準狂いの安全限度の試算

鉄道総合技術研究所	正会員	坂 宏二
西日本旅客鉄道	正会員	植村 宏二
西日本旅客鉄道	正会員	山口 義信
鉄道総合技術研究所	正会員	高井 秀之

1. はじめに

現在、軌道狂いの整備限度として整備基準値が定められているが、複合狂い以外は必ずしも走行安全性の検討結果から直接的に得られたものではない。一方、速度向上試験等には、走行安全性の評価指標として、脱線係数や輪重減少率が用いられている。本報告では、現車試験により測定された輪重横圧と既往の研究により提案された輪重横圧推定式との比較を行い、脱線係数を評価指標として整備基準値(通り狂い・水準狂い)の安全限度の試算を行った。

2. 輪重・横圧の推定手法

既往の研究において、各種条件を入力し輪重横圧を推定する方法として輪重横圧推定式が提案¹⁾されている。推定式の構造は図1に示すように輪重、横圧それぞれの定常分および変動分を算定し加算するものである。

輪重と横圧推定式(図2)の内軌横圧定常分を示す(2)式は推定式をそのまま用いることとしたが、輪軸横圧の定常分を示す(3)式はその後の研究等²⁾により改良されており、今回は実測値から回帰した式を用いた。横圧変動分を示す(4)式も(3)式同様実測値を用いて推定することとした。

(3) 式第1項は超過遠心力の影響による横圧増加分であり推定式をそのまま用いることとし、第2項を走行試験での実測値を用いて曲線半径ごとに回帰した値を使うこととした。

実測された輪軸横圧定常分(=外軌側横圧定常分-内軌側横圧定常分)とカント不足量の関係の一例(曲線半径600m)図3に示す。実線は(3)式を $a=0$ としたもので、破線が回帰したものを示している。

軌道狂いに起因する輪軸横圧変動分の推定式(4)と実測値(最大横圧-外軌横圧定常分)との比較(速度40km/h)を図4に示す。実測値は10m波長の狂いがsin波で3波連続設定した箇所にて測定された値である。

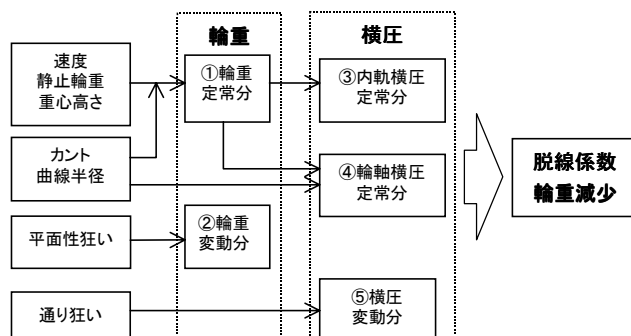


図1 輪重横圧推定手法

$$Q_{o\max} = \bar{Q}_i + \Delta Q_{AS} + \Delta Q_{AD} + Q_{unsp} \quad (1)$$

$$\bar{Q}_i = \kappa P_i \quad (2)$$

$$\Delta Q_{AS} = W_0 \cdot \left(\frac{Cd}{G} + \frac{a}{R} \right) \quad (3)$$

$$\Delta Q_{AD} = 3W_0 k_Q \sigma_z v \quad (4)$$

$Q_{o\max}$: 外軌側横圧最大値(kN) $\bar{Q}_i$: 内軌側横圧定常分(kN)
 ΔQ_{AS} : 輪軸横圧定常分(kN) ΔQ_{AD} : 輪軸横圧変動分(kN)
 Q_{unsp} : 継目部の横圧変動分(kN) κ : 内軌側横圧輪重比
 P_i : 内軌側輪重(kN) W_0 : 静的軸重(kN) G : 軌間(m)
 Cd : カント不足量(mm) R : 曲線半径(m)
 σ_z : 通り狂い標準偏差(mm) a : 係数
 k_Q : 輪軸横圧変動係数(1/mm/(km/h))

図2 横圧推定式

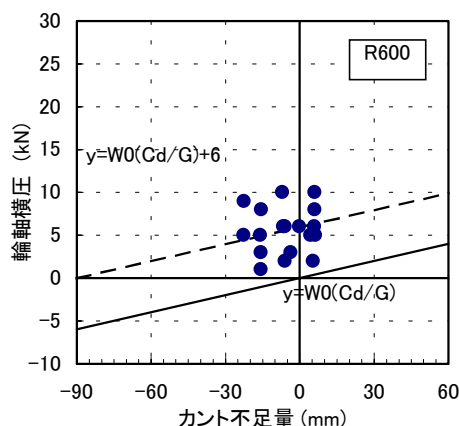


図3 輪軸横圧定常分とカント不足量との関係

キーワード：軌道狂い、安全限度、輪重横圧推定式、脱線係数

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel.042-573-7278 Fax.042-573-7296

輪軸横圧変動係数 (k_Q) 0.00015 としたときの推定値を実線で示している。×印は狂いを設定していない曲線区間の実測値である。狂いを設定した区間よりも値が大きいのは、狂い設定区間は継目部を避けているのに対し、この実測値は継目部を含む値であるためと考えられる。これらの値の包絡線（一点鎖線）を今回の推定に用いることとした。

一方、通り狂い同様水準狂いを sin 波で 3 波連続設定した箇所にて測定した例が図 5 である。実線は 2 軸ボギー車の静的輪重減少を計算式³⁾により求めたもので、実測値がそれを上回っているのは、水準狂いが連続したことによる車体ローリングの影響であると考えられる。また、速度 40km/h 時よりも速度 20km/h 時の方が輪重減少が大きいのは、水準狂い波長と車体ローリングとが共振する速度が 20km/h 程度であったためである。それぞれの速度の包絡線をその速度の輪重減少の推定に用いることとした。

3. 脱線係数を評価指標とした安全限度の試算

以上の手法を用いて脱線係数を推定し、曲線半径 600m のときの通り狂い、水準狂いと脱線係数の関係を図 6 に示す。今回の試算はそれぞれの軌道狂いを 3 波連続で設定しており、単独狂いの整備基準値と比較するには検討が必要であるが、脱線係数が速度向上マニュアルに示されている限界脱線係数⁴⁾となるときの狂い量を今回は安全限度と考えた。なお、整備基準値は安全限度から更に保守するまでの余裕を差し引いた値とするべきであり、それを考慮すると試算結果は現行の整備基準値と同等の値といえる。

4. 今後の課題

輪重横圧推定式と実測値を用いて安全限度を試算し、現行の整備基準値との比較を行ったが、今回は特に動的な要因に関しては特定の車両の実測に基づく脱線係数の推定であり、一般化するには至っていない。また、この手法によると速度や曲線半径及び一部車両条件により安全限度は変化するので、前提条件の整理が重要である。

【参考文献】

- 1) 内田他：急曲線における振子車両の走行特性と軌道管理手法，総研報告，1998.3
- 2) 運輸省鉄道事故調査検討会：帝都高速度交通営団日比谷線中目黒駅構内列車脱線事故に関する調査報告書，2000.10
- 3) 小柳志郎：二軸ボギー車の静的輪重配分，鉄道技術研究報告 No.505，1965.11
- 4) 鉄道総合技術研究所編：在来線鉄道運転速度向上マニュアル・解説，鉄道総合技術研究所，pp88-90，pp99-100，1993.5

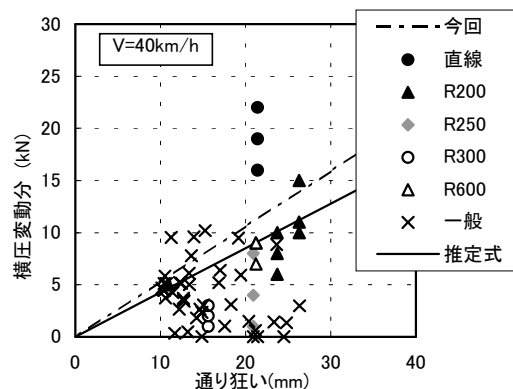


図 4 通り狂いと横圧変動分の関係

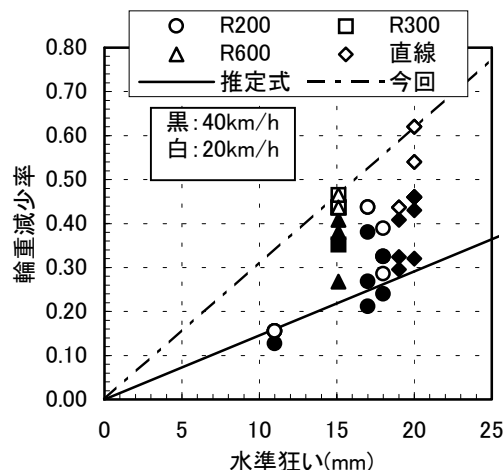


図 5 水準狂いと輪重減少率の関係

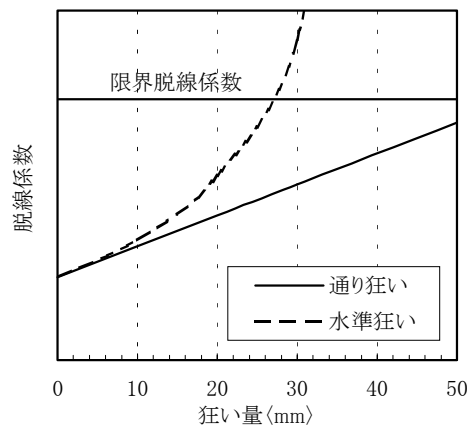


図 6 狂い量と脱線係数の関係