

推定脱線係数比を用いた軸距平面性変位における平面性管理値の検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○山根悠司
 鉄道総合技術研究所 正会員 松本麻美

1. はじめに

軌道の変位を表す指標として、軌間、水準、通り、高低、平面性の5項目があり、これらによって軌道の保守管理が行われている。このうち平面性変位は軌道のねじれ状態を表す指標で、在来線では5m当たりの水準変化量（以下、「5m平面性変位」という）と定義されている。これは、国鉄時代の在来線の最大固定軸距が二軸貨車の4.6mであることから規定されたものである。しかし、現在多くの鉄道事業者が有している台車の固定軸距は2.1~2.3m程度である。このため、乗り上がり脱線に対する走行安全性の評価には、台車の固定軸距に近い延長当たりの水準変化量を用いて平面性変位を管理することが合理的であると考えられる。

そこで本検討では、推定脱線係数比のシミュレーションによって、軸距平面性変位を平面性管理の指標とした場合の管理値の検討を行った。

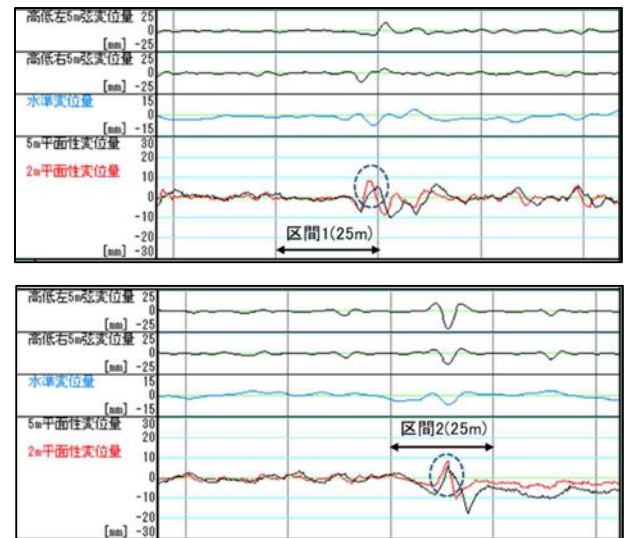


図2 軌道変位の波形(5m弦高低・水準・平面性)

2. 5m平面性変位と軸距平面性変位の比較

局所的な水準変位が存在する箇所では、輪軸が追従できるための平面性管理を考えると5m平面性変位より軸距平面性変位での管理が走行安全上は望ましいと考えられる。なおここでの軸距平面性変位は、軌道検測車等の測定間隔が0.25mであることから、2.0mあたりの水準変化量とした。

図1に、ある線区における5m平面性変位と軸距平面性変位の25mロット絶対値の最大値の関係を示す。

図1より、25m平面性変位と軸距平面性変位には相関があり、25mロット絶対値の最大値の多くは軸距平面性変位よりも5m平面性変位が大きいことが確認できる。一方、図中において、5m平面性変位よりも軸距平面性変位のほうが大きくなる区間も存在し、そのうちの区間1および区間2の軌道変位の波形を図2に示す。これより、本区間のように局所的な水準変位が存在する箇所においては5m平面性変位に比べて軸距平面性変位の方が、平面性変位量が大きくなる場合があることがわかった。

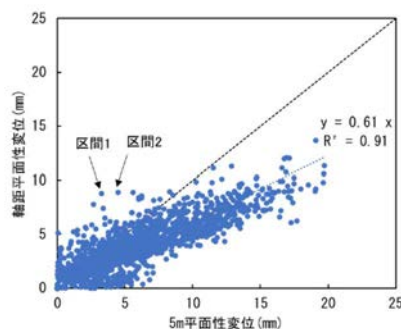


図1 5m平面性変位と軸距平面性変位の関係

3. シミュレーションによる軸距平面性管理の検討

1) 推定脱線係数比の概要

本検討では、軸距平面性変位の管理値（以下、「安全上の目安値」）を設定するために、乗り上がり脱線に対する走行安全性の評価指標である「推定脱線係数比」を用いる。「推定脱線係数比」とは、国土交通省鉄道局通達「急曲線における低速走行時の脱線防止対策について²⁾」に基づき、図3に示すように、ナダル¹⁾の式から求めた「限界脱線係数」と、曲線諸元や車両条件や軌道条件、軌道変位等から求めた「推定脱線係数」との比で求められ、その値が大きいほど乗り上がり脱線に対する余裕があることを示している。実務上は、安全率を見込んで推定脱線係数比が1.2以上であれば乗り上がり脱線に対する余裕が十分にあると考えて、脱線防止ガードの敷設は不要とされている。

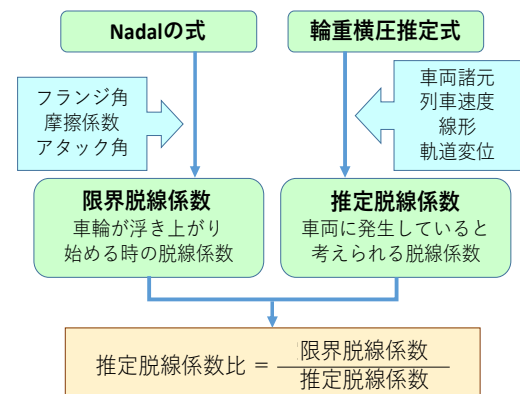


図3 推定脱線係数比の算出フロー

キーワード：平面性変位，推定脱線係数，限界脱線係数，推定脱線係数比

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 軌道管理研究室 TEL: 042-573-7277

2) 推定脱線係数比を用いた本検討内容

軸距平面性変位を管理指標とした場合の管理値の算出手順を図4に示す。

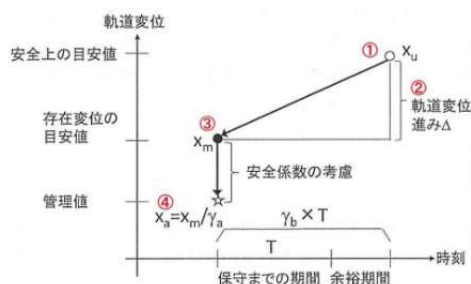


図4 管理値の算出手順

- ① 安全上の目安値 X_u を定める。
- ② 管理値の超過後、保守までの期間 T とさらに余裕期間を考慮した期間 ($\gamma_b \times T$) における軌道変位進み Δ を算出する。ここで、 γ_b は安全係数 (保守期間) である。
- ③ ①～②の進み量を減じて存在変位の目安値 X_m を算出する。
- ④ ③に余裕を見込んだ X_m/γ_a を管理値とする。ここで、 γ_a は安全係数 (管理値) である。

また本検討では、推定脱線係数比が 1.0 を下回る最小の軸距平面性変位を算出するが、この変位は緩和曲線における構造的な平面性を含まない平面性変位であるため、緩和曲線における構造的な平面性変位を加えた値を軸距平面性変位の安全上の目安値とする。また本検討で推定脱線係数比を算出する際の車両諸元は、走行安全性に不利な車両として輪重が小さく静止輪重比が大きい気動車の車両諸元を用いた。また曲線諸元については、半径 250m、カント 105mm、カント速減倍率 400 倍の走行安全性が不利な急曲線の諸元を使用した。

3) 検討結果

以上の条件で推定脱線係数比を算出した結果、推定脱線係数比が 1.0 を下回る最小の軸距平面性変位は当該曲線で 23.5 mm であった。図5に軸距平面性変位と推定脱線係数比の相関を示す。

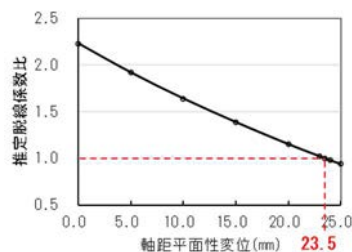


図5 軸距平面性変位と推定脱線係数比の相関

これより、推定脱線係数比が 1.0 を下回る最小の軸距平面性変位 23.5 mm に、当該曲線の緩和曲線中に存在する構造的な軸距平面性変位 5.0mm を加えた 28.5mm が、上記の曲線諸元および車両諸元における軸距平面性変位の安全上の目安値となった。

さらに管理値の設定については、安全係数 (保守期間) $\gamma_b=2.0$ 、安全係数 (基準値) $\gamma_a=1.2$ として平面

性変位進みの実測値から算出した結果、軸距平面性変位の管理値は 21mm となった。なお本検討においては、管理値の算出に用いられる安全係数のうち最も大きな値を用いた。以上より、推定脱線係数比から軸距平面性変位の管理値を求める本手法では、車両諸元または曲線諸元によって、推定脱線係数比が決定されるため、現場の実態 (車両や曲線) に応じた管理値の設定が可能となると考えられる。

4) 2.5m 軸距平面性における管理値の検討例

3 節では軸距平面性を 2.0m として安全上の目安値および管理値を検討した。しかし先述したように台車の固定軸距の多くは 2.1~2.3m 程度であることから、本節では軸距が 2.5m の車両における管理値の検討例を示す。

図6に、2章で示した線区における軸距平面性変位と 2.5m 平面性変位の 25m ロット絶対値の最大値の相関を示す。図6より、両指標間には一定の相関があり、2.5m 平面性変位は軸距平面性変位の約 1.12 倍となることがわかった。

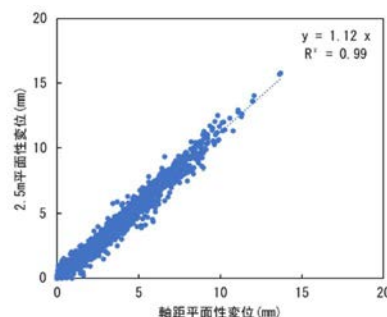


図6 軸距平面性変位と 2.5m 平面性変位の相関

以上の結果より、3 節で得られた軸距平面性変位の安全上の目安値である 28.5mm を 1.12 倍した 31.9mm が 2.5m 平面性変位の安全上の目安値となった。また、3 節と同様の安全係数として平面性変位進みの実測値から算出した結果、2.5m 軸距平面性変位の管理値は 24mm となった。

4. まとめ

推定脱線係数比の算出によるシミュレーションにより、固定軸距に近い延長当たりの水準変化量から求めた平面性変位の安全上の目安値および管理値を算出することができた。本検討で得られた管理値の妥当性について今後検証していくが、5.0m 平面性の安全限度値である $\pm 27\text{mm}^3$ よりも厳しい管理値であることが確認できた。一方、本手法では車両諸元または曲線諸元によって推定脱線係数比が決定され、条件によっては安全上の目安値が厳しい値となる恐れがあることから、導入線区の実情に応じて諸元や係数を設定する必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省鉄道局監修、鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物設計標準・同解説 (軌道構造)，2012.1
- 2) 国土交通省鉄道局：急曲線における低速走行時の脱線防止対策について，鉄保第 148 号，鉄施第 153 号，2000.11
- 3) 保線工学編集委員会：保線工学 (下)，鉄道現業社，p.17，2018.2