

高頻度動揺データを用いた軌道状態把握手法の検討

JR 西日本 正会員 ○横川 雅成

JR 西日本 正会員 原田 祐樹

1. 目的

線路の巡視や検査は、列車の運転条件や構造、重要度等に応じて適切に軌道状態を維持できる頻度を設定して実施する TBM (Time Based Maintenance) を基本としたメンテナンスを実施してきた。しかしながら、少子高齢化による生産年齢人口の減少からもメンテナンスのさらなる省人化・省力化が求められており、CBM (Condition Based Maintenance) への転換が急がれている。また、安全性(線路異常の早期発見による輸送障害防止等)の観点からもその必要性が高まっている。

一方で CBM を導入するためには状態監視のための設備投資が必要になるが、コロナ禍による経営環境の悪化を受け、設備投資の低廉化が求められている。

現在、当社の営業列車には、脱線検知を目的とした車両挙動監視装置¹⁾の設置が進んでおり、本装置からは頻度の高い列車動揺データ(以下、「高頻度動揺データ」という)の取得が可能である。よって、この高頻度動揺データを用いて軌道の状態を把握することができれば、少額投資による CBM の実現が可能となる。

そこで、本研究ではメンテナンスの省人化、省力化ならびに安全性の向上を目的に、高頻度動揺データを用いた軌道状態把握の可能性について検証を進めることとした。

2. 高頻度動揺データの収録および処理

車両挙動監視装置から得られる振動加速度データを 200Hz のサンプリングレートで収録する。その収録データに対して 1.5~8Hz の BPF をかけ、速度情報をもとに 0.25m 間隔に距離化を実施する。

3. 分析対象データ

3-1. 高頻度動揺データ

分析対象列車は、特急形電車 287 系の 2 編成(HC602, HC606)で、京都~新宮間のデータを分析対象とした。分析対象期間は 2019 年 9 月 1 日から 2020 年 10 月 25 日の約 1 年間のデータとし、概ね 3 日に 1 回の動揺デ

ータを使用し分析することとした。なお、本分析では上下動揺データを対象として取り扱うこととした。

3-2. 軌道検測データ

軌道検測データには、軌道検測車(キヤ 141 系)の定期検測のデータを使用した。

4. 高頻度動揺データの特徴

既往の研究²⁾では、列車速度による影響と車両編成による影響についての検証がされているため、今回の検討では測定位置(前頭後部)による影響についての検証をすることとした。

4-1. 前頭車両と後部車両の動揺値の比較

紀勢線(新宮~白浜間)の約 95km の測定データを元に、0.25m 間隔の動揺絶対値を 100m ロット間で平均した値を前頭車両データと最後部車両データで比較を行った(図-1)。なお、比較対象とするデータは、同一列車のデータとし、運行パターンの異なる 2 種類のデータ(左図:列車番号 70M, 右図:列車番号 62M)で確認を行った。結果、動揺値の乖離は最大で 0.04g、平均で 0.006g あった。また、後部車両のデータは前頭車両のデータに比べて平均で約 2 割大きな値を示していた。

以上のことから高頻度動揺データの挙動を追う際には、測定位置(前頭後部)の影響も考慮する必要があることが確認された。

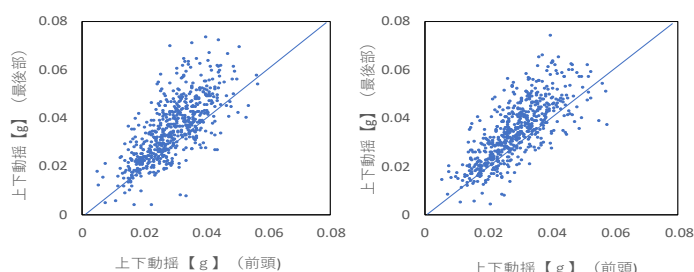


図-1 前頭車両と最後部車両の動揺値の比較

5. 高頻度動揺を用いた軌道状態把握の可能性

5章の分析にあたっては、車両編成による影響、測定位置による影響ならびに列車速度による影響を極力取り除くため、車両については同一編成、測定位置につい

キーワード CBM, モニタリング, 高頻度動揺, 軌道状態把握

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田2丁目4番24号 西日本旅客鉄道株式会社 施設部 TEL 06-6375-2156

ては前頭部，列車速度については検証対象箇所中央値から±5 km/h 以内のものを対象としてデータの選定を行った。また，動揺値については全振幅を使用することとした。

5-1. MTT 施工後の軌道状態把握

紀勢線（周参見～切目間）で施工された 2020 年度 MTT 施工（14 件）に対して，高低狂いと動揺値の推移について確認を行った。その内，MTT 施工後に軌道が良化し，かつ良化された状態が維持できている箇所と，MTT 施工後に軌道が良化するも，良化状態が維持できなかった箇所の推移を図-2 と図-3 に示す。

両図とも，MTT 施工後に動揺値が減少し，その後徐々に動揺値が上昇していることが確認できる。一方，高低狂いの推移からはこの変化を読み取ることはできない。しかしながら，上下動揺と高低狂いには一定の相関があるため³⁾ この間の高低狂いは，動揺値と同様の推移をしていると考えられる。つまりこれは，従来の手法では確認ができなかった軌道検測間の軌道状態推移を可視化できる可能性を示している。今回の例でいえば，図-2 の MTT 施工箇所は施工後少なくとも 3 カ月間は軌道の状態を良好に維持しているが，図-3 の施工箇所は施工後 2 週間程度で元の状態に戻っていることを示唆している。

以上のことから，高頻度動揺データを活用して軌道の状態把握を行えば，MTT 施工品質の向上や MTT 施工仕上がり確認へ応用できると考えられる。

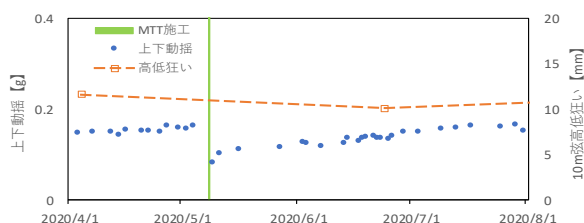


図-2 MTT 施工前後の動揺推移と軌道狂い推移（良化維持）

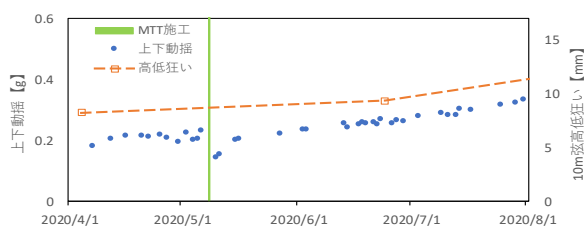


図-3 MTT 施工前後の動揺推移と軌道狂い推移（悪化）

5-2. 高低狂い急進箇所の軌道状態把握

紀勢線（新宮～白浜間）の軌道狂いデータ（2020 年 10 月 25 日）を対象に，10m 弦高低狂いが 20mm 以上の箇所（91 箇所）を抜粋したうえで，過去 9 ヶ月間の

データを遡りその推移を確認した。直近 2 回分の 10m 弦高低狂いデータから得られた狂い進み量 (mm/年) が，それ以前の狂い進み量 (mm/年) の 3 倍以上になっている箇所を急進箇所として捉え，今回の分析の対象とした。その結果，対象箇所は 1 箇所であり，その箇所の 10m 弦高低狂いと動揺値の推移を図-4 に示す。

10m 弦高低狂いの推移をみると，2 月～7 月にかけて 20mm 程度で推移したものが 11 月に 30mm 近くまで急進していることがわかる。一方で，動揺値（全振幅）の推移をみると，2 月～9 月にかけて 0.15g 程度で推移したものが，9 月 18 日以降に急進し 0.25g 近くまで進行していることが確認できた。つまりこれは，従来の手法では把握することができなかった軌道検測間での高低狂いの急伸を，タイムリーに把握することができる可能性を示している。

以上のことから，線路異常の早期発見による安全性の向上や工事計画策定における時間的猶予が生む効率的な保守方法の検討等に生かされると期待される。

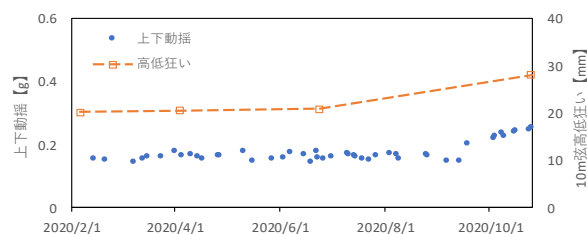


図-4 軌道狂いと高頻度動揺の推移（急進箇所）

6. まとめ

高頻度動揺データを用いた軌道状態把握手法の検討では，高頻度動揺データと軌道検測データの比較検証を行った結果，軌道検測間の軌道状態を把握できる可能性が確認でき，以下の点への活用が見込まれる。

- (1) MTT の施工品質向上や施工仕上がり確認
- (2) 線路異常の早期発見や効率的な工事の策定

7. 参考文献

- 1) 古賀進一郎，島田直人，宮川清明，影山真佐富：車両異常挙動検知システムの開発，第 22 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，No. 1610，2015
- 2) 原田祐樹，松村隆範，沢田悠，小林祐介：高頻度列車動揺の線路メンテナンスへの活用に向けた基礎的検討，鉄道工学シンポジウム論文，2020.6
- 3) 古川敦，元好茂，米澤秀剛，桶谷栄一，宮本山史：新たな軌道整備基準値の検討，鉄道総研研究開発テーマ報告 2007.3