

地方鉄道を対象とした軌道状態診断システムの開発と運用

○ [機] 鈴木 湧也 (日本大学大学院) [機] 綱島 均 (日本大学)

[機] 森 裕貴 (交通安全環境研究所) [電] 高田 哲也 (京三製作所)

Development and Operation of Track Condition Monitoring System for Regional Railway

○Yuya Suzuki, (Graduate school of Nihon University)

Hitoshi Tsunashima, (Nihon University)

Hiroataka Mori, (National Traffic Safety and Environment Laboratory)

Tetsuya Takata, (KYOSAN ELECTRIC MFG. CO., LTD.)

Condition monitoring of railway tracks is effective for improving safety of regional railways. A track condition monitoring system that uses a compact on-board sensing device has been developed for regional railways. This paper describes the long term monitoring result of a regional railway track using the developed system.

キーワード: 鉄道, 状態監視, 軌道不整, 車体振動加速度

Key Words: Railway, Condition monitoring, Track irregularity, Car-body acceleration

1. はじめに

鉄道においては, 車輪を支持・案内するための軌道の管理は, 安全性の面から非常に重要である. そのため, 保線係員や軌道検測車を用いた軌道管理が行われている. しかし, これらの方法は人員と費用がかかり, 地方鉄道では軌道の管理を十分に行うことが難しいという現状がある.

このような問題に対し, 営業車両に車体動揺計測装置を営業車両に設置することで車体の振動加速度を常時測定し, 振動から軌道の状態を監視するシステムの開発が行われている^①. このシステムでは車体の振動加速度から, 短時間の実効値 (RMS 値) を算出することで軌道異常の診断を行っている. しかし, 車体上下振動加速度は, 走行速度に大きな影響を受けるが, 従来のシステムでは速度の影響を考慮していないという問題がある.

本稿では, 長期間の計測データを用いて, 走行速度が車体上下振動加速度に与える影響を評価し, 速度の影響を受けにくい軌道状態診断方法の提案を行う.

2. 軌道状態診断システム

軌道状態診断システムでは, 3 軸加速度センサ, レートジャイロなどのセンサ類からなる車体動揺計測装置を営業車両に搭載し, 計測したデータを, 携帯回線を通じてサー

バーへと伝送する. サーバに伝送されたデータは, 解析ソフトを用いて軌道の状態を診断し, 鉄道事業者へとフィードバックされ, 軌道の保守計画立案などに活用される.

3. 診断手法および結果

3.1 車体動揺の計測

地方鉄道において, 2017 年 1 月から 2020 年 8 月まで車体動揺計測装置を営業車両に設置し, 実車走行試験を実施した. ただし, 全般検査等の理由により 2018 年 10 月から 2018 年 12 月と 2020 年 4 月から 2020 年 5 月のデータは計測されていない. 本稿では, この試験で得た車体上下加速度を用いて軌道状態の評価を行った. また軌道状態の評価指標として, 車体上下振動加速度の RMS 値を用いて診断を行った^②.

3.2 速度の影響を低減する軌道状態診断手法

著大な振動が発生している箇所を含む区間として, キロ程 27.2[km]から 27.7[km]間の軌道状態図を図 1 に示す. 図 1 上図は, 同日に計測した最大の RMS 値による軌道の状態図を示す. なお, 軌道状態は 10[m]区間における最大 RMS 値をその区間の代表値として, カラー表示した. 図 1 下図は, 全ての走行データから $1[\text{m/s}^2]$ を超過した回数を

全走行回数で除した頻度を示している。

図 1 より、27.5[km]付近において、高い RMS 値が高頻度で計測されていることがわかる。次に、前述区間における走行速度と最大の RMS 値との相関を図 2 に示す。さらに、最小二乗法によりこれらのデータの近似直線を、次のように求めた。

$$\hat{a}_{rms} = 0.12V + 0.026 \quad (1)$$

ここで、 $\hat{a}_{rms}$ は速度データから予測される上下振動加速度の最大 RMS 値である。

図 2 から、速度が増加すれば、軌道が正常であっても最大 RMS 値がある程度上昇することがわかる。しかし、この直線から大きく上側に離れる、すなわち、速度の影響を考慮しても、さらに大きい RMS 値が存在することがわかる。これは、軌道の状態悪化によるものであると考えられる。

そこで、速度の影響を受けにくい軌道状態指標として、次の指標を提案する。

$$R = \frac{a_{rms}}{\hat{a}_{rms}} \quad (2)$$

ここで a_{rms} は計測した最大 RMS 値、 $\hat{a}_{rms}$ は式(1)より算出した予測値で R は速度補正後の評価値である。

図 3(a)に計測した最大 RMS 値を用いた軌道状態図、図 3(b)に新しい指標による軌道状態図を示す。図 3(a)では振動加速度を 1[m/s²]を超えたものについて、0.5[m/s²]刻みで色付けを変えている。一方、図 3(b)においては、 R の値を 0.8 から 0.2 刻みで色付けを変えている。

図 3(a)と図 3(b)を比較すると、速度の影響が低減され、軌道に異常があると考えられる箇所が局在化していることがわかる。特に、27.5[km]付近の著大な RMS 値が、速度ではなく軌道の影響によるものであることが明確になった。これらの結果より、提案した軌道状態診断手法は、軌道異常が発生している箇所を特定するのに有効であることがわかった。

4. まとめ

本稿では、地方鉄道における長期間の車体振動加速度のモニタリングにより得られたデータから、走行速度と車体上下振動加速度の関係について、分析、評価した。さらに、速度の影響を低減する軌道状態診断手法の提案を行った。その結果、軌道異常が発生している箇所をより明確化することが可能になった。今後は、他の診断区間においても同様の解析を行い、軌道状態診断を行う予定である。

参 考 文 献

- 1) Tsunashima H., Mori H., Ogino M. and Asano A. Development of Track Condition Monitoring System Using Onboard Sensing Device. In: Zboinski, K. (ed.). Railway Research; IntechOpen; doi:10.5772/61077; 2015.
- 2) Tsunashima H. Condition Monitoring of Railway

Tracks from Car-Body Vibration Using a Machine Learning Technique. Appl. Sci. 2019, 9, 2734.

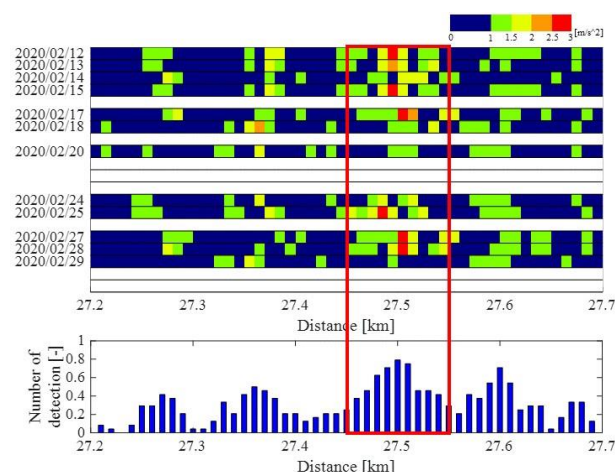


Fig.1 Track condition diagram for 27.2-27.7[km]
(February 2020)

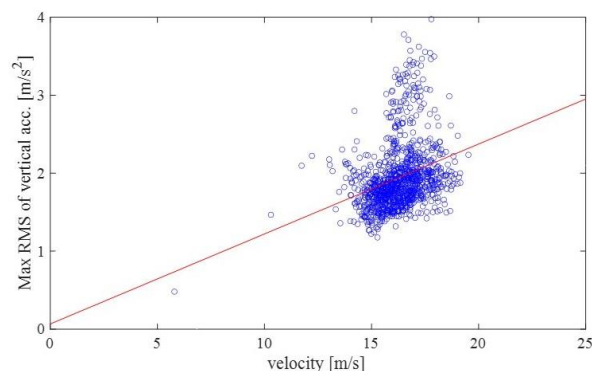
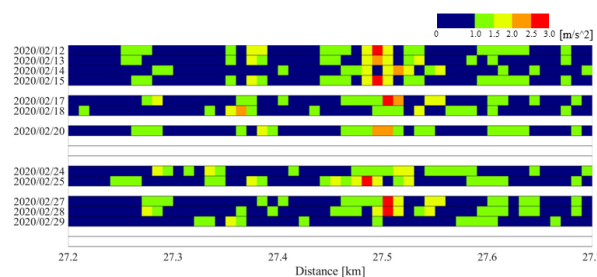
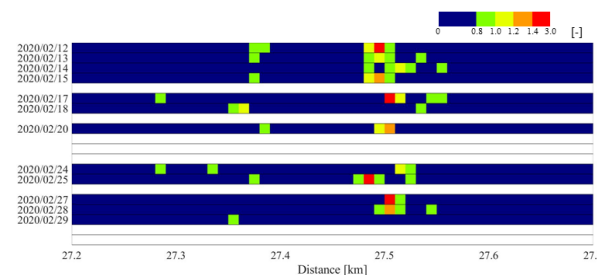


Fig.2 Correlation between velocity and max. RMS for
27.2-27.7[km] (January 2017-August 2020)



(a) Track condition diagram before speed correction



(b) Track condition diagram after speed correction

Fig3 Track condition diagram before and after speed correction