

ひずみセンサを用いたロングレール管理の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○佐々木 智
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 椎名 貴彦
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 安藤 洋介

1. 背景

ロングレールは長い区間に亘ってマクラギに拘束されるため、伸縮レール近傍以外では外気温の影響を受けて大きなレール軸力が発生する。圧縮力による座屈や引張力によるレール折損を防止するため、レール軸力管理は軌道保守上、非常に重要である。

一般的なレール軸力管理では、軌道の両脇に設けた基準杭を用いて管理している。基準杭の間隔は100~200m程度である。基準杭を不動点とし、レールとの相対移動量からレール伸縮量を推定し、レール軸力に換算する事で軌道保守上の安全性を管理している。

この管理の測定は、主に人力によって測定される。弊社におけるロングレールの管理対象は約9,130Rkm（杭間数56,636箇所）であり、管理箇所数が膨大であるため労力面で大きな負担となっている。また、このロングレール管理の測定は目視による計測であるため、測定ミスや個人差が生じやすい。

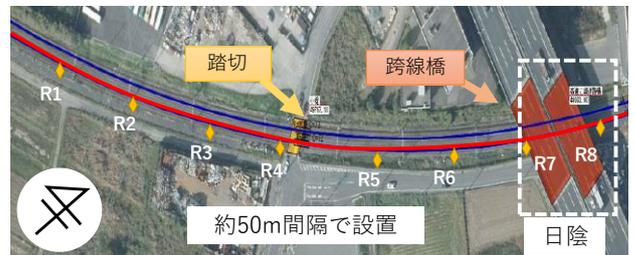
これらの課題解消のため、現在の管理手法の代替として、ひずみセンサによるレール軸力管理手法について検討を行った。

2. 試験内容

2.1 対象データおよび現場状況について

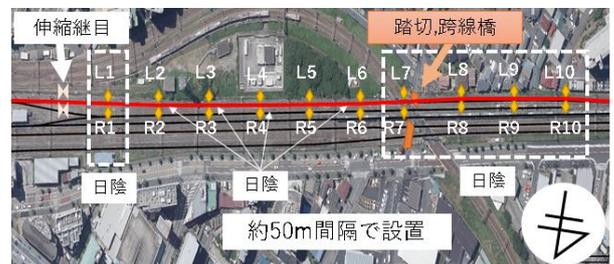
分析に用いたレールひずみ量およびレール温度のデータは、営業線で測定したデータである。対象とした箇所は、東京東部(A線)（測定期間：2012/6/25~2018/1/18）、および、東京西部(B線)（測定期間：2012/4/5~2017/3/28）とした。測定間隔は10分である。現場状況は図-1および図-2に示すとおりである。

それぞれの線形について、A線は50Nレール、設置は右レール(外軌)、R=800mの円曲線内である。B線は60kgレール、設置は左右レール、R=2000~3000mの曲線および直線である。



Copyright©NTT 空間情報 All Rights Reserved

図-1 A線 現場状況



Copyright©NTT 空間情報 All Rights Reserved

図-2 B線 現場状況

2.2 検討事項の説明

ひずみセンサを用いた保守管理を行う上で、設置間隔は保守面・費用面に関わる重要な要素である。費用の観点から、レールに設置するひずみセンサの設置間隔は長いほど望ましいと言える。一方で、ひずみセンサが示す値は局所的なレール軸力であるため、間隔が長いほど軸力の変動を捉えられない区間が発生してしまう。したがって、実導入を考慮した保守管理上の適切な設置間隔を検討する必要がある。

ここでは、隣接するセンサ同士のデータを比較することで、1個のひずみセンサが示す軸力が、1杭間(100~200m範囲のレール)の代表値として扱えるかを分析する。その結果をもって、適切な設置間隔を検討する。

3. 結果

隣接するセンサ同士において、軸力の相関係数を計算した(例. A線のR1-R2, R2-R3, R3-R4, …)。

キーワード 軌道座屈, レール軸力, ロングレール管理, ひずみセンサ

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市 北区日進町 2丁目 479番地

東日本旅客鉄道株式会社 JR 東日本研究開発センター テクニカルセンター TEL(048)651-2389

その結果を図-3 に示す。対象データを1年毎に分割し、それぞれにおける相関係数を平均化したものを図-3 の赤線として示す。黒い点線は誤差幅を示す。

特徴として、A線 R7~R8 は日陰区間である。B線は断続的に日陰区間が存在している。加えて、B線 L1, R1 側には伸縮レールが敷設されている(LR1~伸縮継目の離隔は53.5m)。

A線では R7-R8(日陰区間)を除く区間においてレール軸力の相関が高い。一方、B線は伸縮レール箇所隣接する L1-L2 および R1-R2 を除いて、軸力の相関係数の平均値は概ね高い。しかし、日陰の影響を受け、誤差幅が比較的大きくなっている。

次に、A線 R1, B線 L3 および R3 を基準として、遠方にある軸力センサとの相関係数を計算した(例、A線 R1-R3, R1-R4, R1-R5, ...)。その結果を図-4 に示す。補足として、B線 LR1, LR2 は、理論上の不動区間ではないため基準としなかった(可動区間長 $L=128.3\text{m} >$ 伸縮継目から LR2 の距離 103.5m)。

基準としたセンサ位置から遠くなるほど緩やかに相関が低くなっている。また、1杭間の範囲で考えた場合、200m先(A線 R1~R6, B線 LR3~LR8)で相関係数が0.98以上となっている。

また、A線の R1 を基準に直接ひずみを比較したグラフを図-5 に示す。なお、ひずみ換算温度はひずみ量/線膨張係数で求める。R1~R3 (約100m 間隔), R1~R4 (約150m 間隔), R1~R5 (約200m 間隔)において、ひずみの変動が一致している。

4. まとめ

隣接する軸力センサが示す値は、日陰の影響がない限り相関関係が高く、1杭間程度(100m~200m)であれば、1つの軸力センサで代表させることが可能である。

一方、日陰が影響する箇所では、相関関係が0.04程低くなった。ひずみ換算温度では日向に比べて日陰区間のピーク値が9°C程度小さい結果となった(A線の条件で設定温度が33°Cの場合、安全度換算0.67程度の過小評価)。日陰区間の軸力と隣接箇所の軸力の相対的な軸力差によって、理論上の不動区間であっても微小なふく進をしている可能性がある。

よって、日陰にセンサを設置すると、軸力が1杭間の代表値としては過小評価されることが想定される。そのため、軸力センサの管理範囲内で最大軸力

を把握するためには、日陰区間とその隣接位置から十分な離隔をとる必要がある。

今後は、より長い延長に軸力センサを敷設し、構造物や日陰など多様な軌道条件下でのデータを取得することで本研究の適用性について検討していく。

参考文献

- 1) 阿部和久, 桑山卓也, 元好茂: 空間的・時間的な温度変化を受けるロングレールの軸力分布解析, 鉄道工学シンポジウム論文集, 2012.
- 2) 小木曾清高: レール軸力センサを用いたロングレール管理手法の研究状況, 協会誌 2016年7月号, 2016.

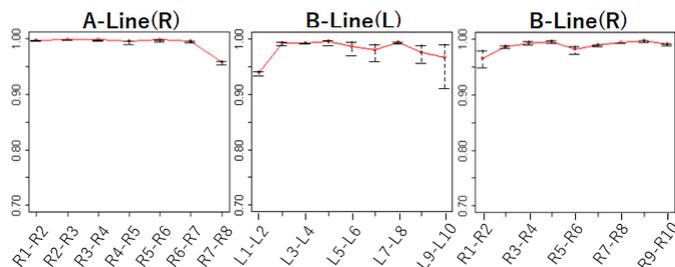


図-3 A線およびB線の相関係数(隣接位置)

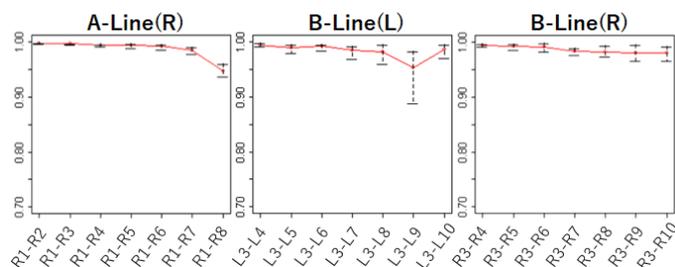


図-4 A線およびB線の相関関係(遠方位置)

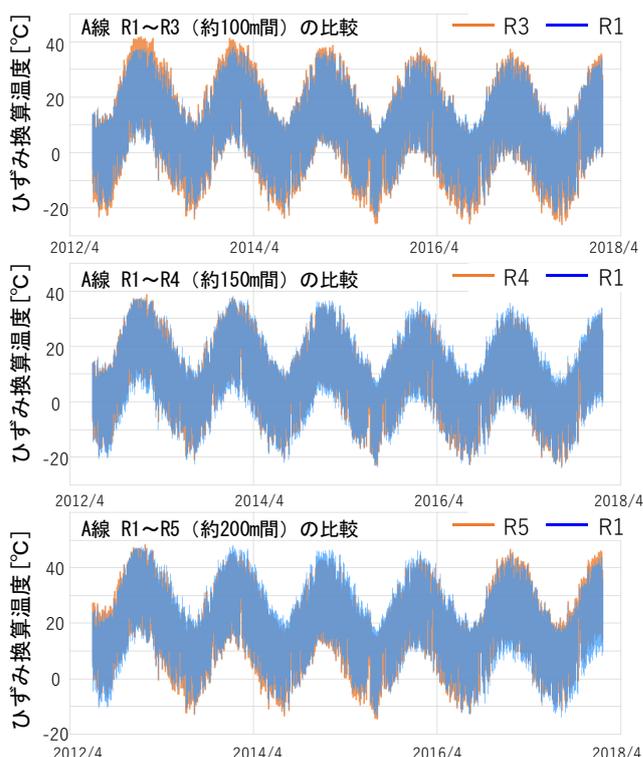


図-5 R1を基準としたひずみ変動の比較