

ロングレール状態監視装置の開発

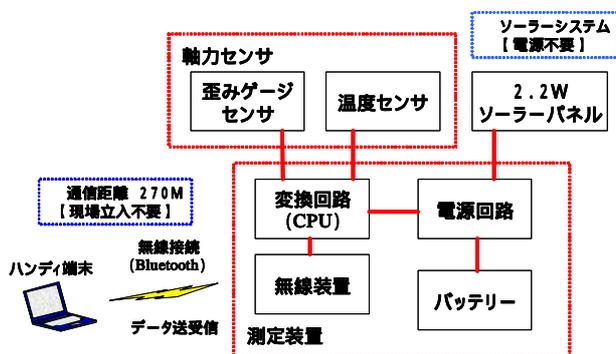
株式会社 カネコ 正会員 福田 徹

1. はじめに

敷設されたロングレールは、マクラギと道床の間の縦方向道床抵抗力に阻止されて、自由に伸縮できない状態になっている。そのために夏の高温時には縦方向に圧縮の熱応力が、冬の低温時には引張りの熱応力が蓄積される。この蓄積された力をレール軸力といい、この軸力が過大になるとレールは張出しを生じ、列車脱線等の重大事故が発生する危険がある。定尺レール区間では伸縮継目を設けることで、ロングレール区間では可動区間を除いた中央部分の軸力は均一であるとして、道床抵抗力強化、破断に対する溶接部の強化をすることで、軌道の軸力管理が行われている。しかしながら、ロングレール敷設時の設定温度のばらつき、道床更換、締結装置再緊締作業、ふく進変化などによって不動区間の軸力は均一ではなく、現在のレール温度測定等による管理方法では、きめ細かな軸力管理ができないことから、定期的に軸力測定を実施すべきと考える。今回、安全安定輸送の確保を目的とした高密度ロングレール軸力測定システムの策定、及び現場の状況に応じた的確かつ効率的なロングレール軸力管理手法を確立するため、ロングレール状態監視装置の開発を行った。

2. 装置概要

本測定装置は、主にロングレール区間において、軸力値とレール温度を連続的に測定する装置である。測定箇所に歪みゲージセンサと温度センサを内蔵した「軸力センサ」を貼付し、同測定位置に設置した「測定装置」で、自動測定、データ記憶等を行う。電力はソーラーパネルから供給することで外部電源を不要とし、データ通信に関しては無線方式を用いており、離れた位置からハンディ端末等で制御が可能な構成となっている【図1】。



【図1：装置構成ブロック図】

主な特徴:

- 装置CPU内蔵
- 任意設定及び自動連続測定可能
- ソーラーシステム
- 電源不要
- 無線伝送方式
- 現場立入不要
- 装置一体型
- 簡易設置可能
- 測定装置
- ケーブルレス構造
- ケーブル記録不要



【写真1：ロングレール状態監視装置】

3. 軸力測定手法及び測定理論

本測定装置は、レール中立軸に歪みゲージを貼付し測定する方法「直接歪み測定法」で軸力測定を行っている。直接歪み測定法は一般的に知られている手法ではあるが、歪みゲージの熱出力特性はセンサ個々のばらつきがあり、軸力測定に必要な測定精度を確保することは難しい。そこで、本測定装置は事前にセンサ個々の特性を正確に測定しておき、この値(自由伸縮時における温度変化に対するセンサ出力値： c_{app})を基準として、設置後の測定値(締結レールにおける温度変化に対するセンサ出力値： c)を差し引くことにより、伸縮できなかった量(=内部応力)を求め軸力値としている。

$$\begin{aligned} \text{軸力：} P &= EA \cdot t - EA \cdot c_{app} \\ &= EA \cdot (c - c_{app}) \end{aligned}$$

- E：レールの縦弾性係数 $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- A：レール断面積 60kg レール 77.5 cm^2
- ：レールの線膨張係数 11.4×10^{-6}
- ：ひずみ量 ($\mu \text{ m/m}$)
- c：伸縮できなかった量 ($\mu \text{ m/m}$)

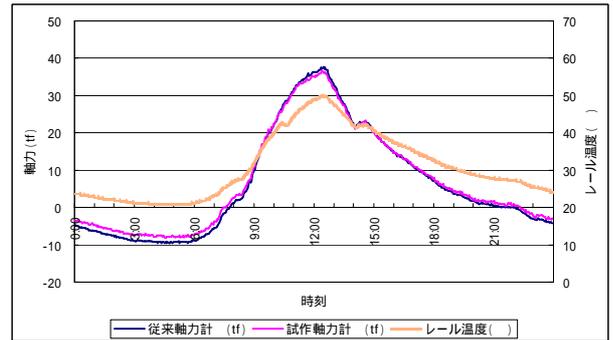
キーワード：ロングレール、軸力測定、状態監視装置、性能確認試験

連絡先：〒191-0065 東京都日野市旭が丘5丁目17-14

TEL 042-581-8611 FAX 042-582-2874

4. 主な仕様

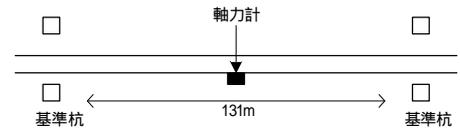
- ・測定項目：軸力値，レール温度
- ・測定分解能：軸力値 0.1tf，レール温度 0.1
- ・測定精度：軸力値 ±2.0tf，レール温度 ±1.0
- ・測定範囲：軸力値 -100tf ~ +100tf
レール温度 -30 ~ +70
- ・測定間隔：1分 ~ 60分（任意設定可能）
- ・測定レール種別：60kg, 50kgN（その他対応可能）
- ・通信距離：約 270M（見通し距離）



【図2：測定結果】

5. 測定装置性能確認試験

まず基礎試験として、短尺レールに軸力センサを貼付して、荷重に対する測定値を検証する加圧試験、及び、温度変化に対する測定値を検証する温度試験を行い、どちらも精度内（±2tf）で測定できていることを確認した。



【図3：設置概略図】

次に、本線試験として、以下の項目についての確認試験を行った。

- 試験方法 -

同測定位置に4台（従来軸力計2台）設置して互いの測定値を比較し、性能、測定精度及び耐久性の検証を行った。

2基準杭間中央に1台設置し、両側基準杭位置でふく進量を測定し、互いの測定値の相関関係を把握することで、性能、測定精度及び耐久性の検証を行った【図3】。

測定日	温度 (°C)	軸力 (tf)	温度差 (°C)	軸力変化量測定値 (tf)	温度変化理論値 (tf)	杭間伸縮量 (mm)	レール伸縮理論値 (tf)	- (tf)
8月6日目	最高	47.2	38.5	54.3	55.3	0.5	0.6	54.7
	最低	17.4	-15.8					
12月142日目	最高	26.4	1.8	53.8	58.3	1.5	1.9	56.4
	最低	-5.0	-52.0					

【図4：軸力測定値と理論値】

延長約 200M の区間に 10 台設置し、軸力分布を解析した【図5】。

- 測定結果 -

測定精度及び耐久性については、同測定位置に設置した計4個の測定器が約1年間の全測定日において、互いの測定精度内で測定できていることが確認された【図2】。

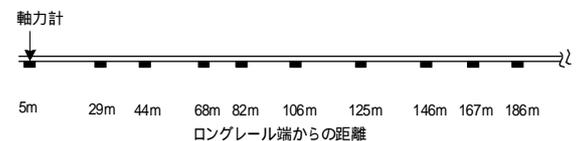
測定装置設置時の軸力値を0tfとして、夏から冬にかけて約6ヶ月間測定した結果の一例を【図4】に示す。

不動区間であるために、温度変化に対して、軸力がほぼ比例した関係にあることが確認された。また、杭間 1.5mm の伸び量により -1.9tf の軸力が発生すると計算できることから、レールの伸縮がレール内部の応力を消費させ、軸力に影響を与えていることが推察された。

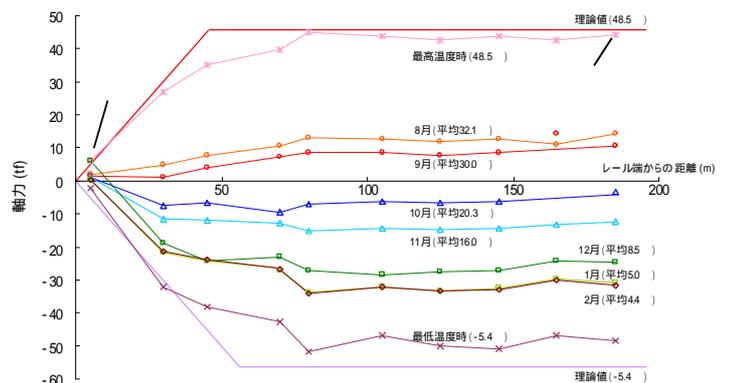
各測点における各月の平均軸力を求め、測定期間における軸力の変遷を【図6】に示す。また本測定期間の

最高温度時と最低温度時の測定値と、道床縦抵抗 1000kg/m/レールとした場合の理論値を同時に示す。

図から、ほぼ理論値の包らう線内で、軸力が変遷していることが確認された。



【図5：測定位置】



【図6：測定結果（軸力変遷図）】

6. おわりに

今回開発したロングレール状態監視装置を使用することで、実際のロングレールの挙動を明らかにでき、ロングレール管理をより効率的かつ確実に実施するために活用できるものとする。今後は、測定装置の耐久性・耐震性の向上、小型化、ソーラーパネル汚れ対策、及び確認車等によるデータ取得方法の検討を行っていきたいと考える。