

レール軸力を用いた酷暑巡回基準に関する一考察

東京地下鉄株式会社 正会員 ○森 信治
 東京地下鉄株式会社 正会員 星 幸江
 東京地下鉄株式会社 金子 和久
 株式会社カネコ 正会員 福田 徹

1. はじめに

東京地下鉄では、乗り心地の向上、線路保守の軽減、騒音・振動の低減を目的にロングレール化を進めている。ロングレールはレール温度変化によって発生するレール軸力が定尺レールより大きい。そのため、レール温度が高くなることで発生する座屈やレール温度が低くなることで発生する破断が発生しやすい構造である。夏季には座屈の予防保全を目的とした酷暑巡回をレール温度 50℃を基準として行っている。今回は軌道の座屈安定性を軸力測定により評価し、軸力による酷暑巡回基準を検討したので紹介する。

2. 測定概要

本測定は東京メトロ有楽町線辰巳駅—新木場駅間のロングレール中点の不動区間左右レール 2 測点を選定した。当該箇所は曲線半径 $R=1,641$ 、勾配 34.5‰、ロングレール設定温度は 30℃である。測定期間は 2016 年 2 月～2017 年 2 月までの 1 年間で、測定間隔は 10 分である。

3. 測定結果

右レールの年間軸力分布図を図 1 に示す。点線が理論上の軸力分布である。今回の測定結果は年間を通してほぼ理論上の軸力分布に沿っており、不動区間の動きをしているといえる。

また、測定結果はロングレール設定温度である 30℃付近で軸力値 0 と交わっており、最大軸力値は約 50tf、最低軸力値は約 -60tf である。

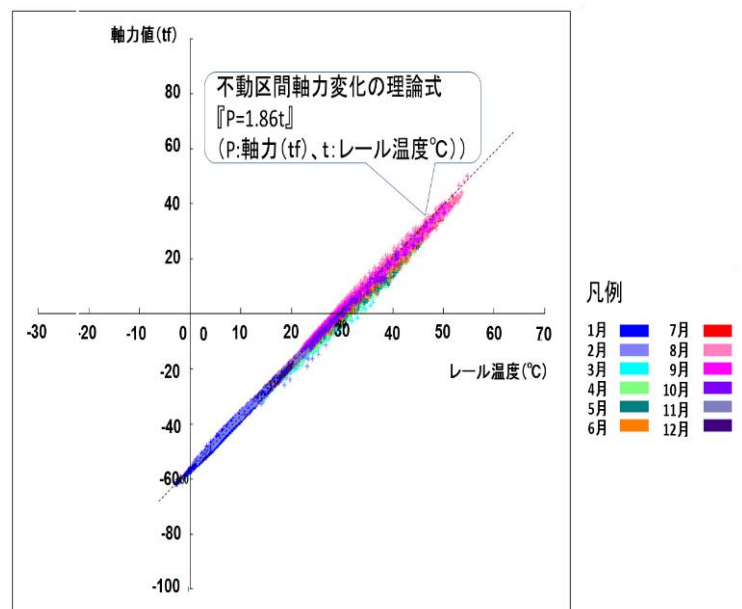


図 1 年間軸力分布図

4. 座屈安定性の評価方法

座屈安定性の評価方法は一般的に最低座屈強さ P_t を軸力値 P (理論値) で除した安全度 $\alpha = P_t/P$ を用いる。最低座屈強さ P_t は以下の概略式¹⁾ (1), (2) で、軸力値 P (理論値) は以下の式(3)で求めることができる。

$$R \geq R_0 \text{ のとき} \quad P_t = 3.63J^{0.383}g^{0.535}N_j^{0.267} \quad (1)$$

$$R < R_0 \text{ のとき} \quad P_t = 3.81J^{0.383}g^{0.535}N_j^{0.267} - 20.2J^{0.789}N_j^{0.600}\frac{1}{R} \quad (2)$$

$$\text{ただし,} \quad R_0 = \frac{112.2J^{0.406}N_j^{0.333}}{g^{0.535}}$$

J : レールの横剛性(cm^4) g : 道床横抵抗 (kgf/cm) R : 曲線半径(m)

N_j : 軌きょうの曲げ剛性。レール単体の N_j 倍と定義する。

$$P = EA\beta\Delta t \quad (3)$$

キーワード 軸力, 酷暑巡回, 最低座屈強さ, ロングレール, 座屈安定性

連絡先 110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄(株) TEL 03-3837-7094

5. 酷暑巡回の新基準の検討

(1) 現状の酷暑巡回基準

表1 現状の酷暑巡回実施安全度

東京メトロでは酷暑巡回基準をレール温度 50℃に設定している。対象箇所の最低座屈強さ、レール温度 50℃の時の軸力値（理論値）

最低座屈強さ P_t	軸力値 P (理論値)	安全度 $\alpha = P_t/P$
94.7(t)	37.1(t)	2.55

は表1のようになる。つまり、安全度が2.55となるときに酷暑巡回を実施していることになる。なお、最低座屈強さを算出する際に用いた道床横抵抗力は弊社規程の最低道床横抵抗力である5kN/mを使用している。

(2) 軸力（測定値）を用いた酷暑巡回基準

測定箇所の軸力値（測定値）は軸力値（理論値）と比較すると若干の相違が存在した。それは、レール締結状態や勾配等によって、軸力の偏りが発生しているからだと考えられる。したがって、安全度 α を算出する際に軸力値（理論値）よりも軸力値（測定値）を用いる方がより現場状態を反映しているといえる。そこで、2016年7月～2016年9月において軸力値（理論値）と軸力値（測定値）でどれだけ酷暑巡回実施回数が増えるかを算出し、表2に示す。また、安全度を2.4、2.3、2.2、2.0としたときをそれぞれ基準案1、2、3、4として同様に算出した。

表2 各安全度における酷暑巡回実施回数の変化

基準	安全度	7月	8月	9月	合計
レール温度 50℃時の軸力値（理論値）	2.55	8日	13日	5日	26日
レール温度 50℃時の軸力値（測定値）	2.55	7日	13日	4日	24日
基準案1（測定値）	2.4	5日	7日	3日	15日
基準案2（測定値）	2.3	4日	6日	0日	10日
基準案3（測定値）	2.2	0日	3日	0日	3日
基準案4（測定値）	2.0	0日	1日	0日	1日

(3) 考察

測定箇所はほぼ理論通りの軸力分布をしていたため、軸力値（理論値）と軸力値（測定値）で酷暑巡回回数にほとんど変化がなかった。また、安全度を2.4に下げると11日間、2.3に下げると16日間、2.2に下げると23日間、2.0に下げると25日間酷暑巡回回数が減少するとわかった。

最低座屈強さの算出ではレール締結や道床横抵抗力の不均一等の不整を安全側に評価している。しかし、軸力値（測定値）の場合は不整のいくらかを織り込んでいるため、安全度を下げられるのではないかと考えられる。

6. まとめ

今回はロングレールの不動区間で1年間の軸力測定を行い、軸力値（測定値）を用いて酷暑巡回基準の検討をした。測定箇所は理論値に近い挙動をしていたため、軸力値（理論値）と軸力値（測定値）で酷暑巡回回数に変化はほぼなかった。そこで、軸力値（測定値）は最低座屈強さ算出の際の安全をいくらか担保していると仮定して、安全度を下げた際の酷暑巡回回数も算出した。軸力値（理論値）では安全度2.55で26日/3ヶ月のところ、安全度2.4では15日/3ヶ月、安全度2.3では10日/3ヶ月、安全度2.2では3日/3ヶ月という結果になった。

今後は安全度を下げられる根拠を理論、実績両面からアプローチし、軸力を用いた酷暑巡回基準を発展させていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 佐藤吉彦，小林悟：60kg レールの最低座屈強さの簡略式，鉄道技術研究報告 No.759，1971年10月。