

地下鉄トンネル内におけるレール温度等の変動によるロングレールへの影響について

東京地下鉄(株) 鉄道本部 工務部 ○正会員 星子 遼
 東京地下鉄(株) 鉄道本部 工務部 非会員 浅野 直人
 東京地下鉄(株) 鉄道本部 工務部 非会員 豊巻 剛

1. はじめに

都市部重要線路の軌道においては振動・騒音の抑制, 乗心地の改善及び軌道保守の省力化の観点から, ロングレールを採用することが一般的となっている. ロングレールはレールの温度変化によってレール軸力が発生するため, 管理する上ではレール温度の変化を把握することが重要である. 当社の軌道の約 85%はトンネル内に敷設されており, トンネル内において曲線半径が 160m 以上の区間では伸縮継目を敷設せずにロングレール化を行っている. これまで営業線においてロングレール特有のレール張出しやレール破断時の著大な開口は発生していない. しかし, トンネル内のレール温度変化によるロングレールへの影響を定量的に確認した例もない. 本稿ではトンネル内のレール温度, トンネル内温度及び地上の外気温度の変動を測定し, これらの温度変化がロングレールに与える影響について確認したので報告する.

2. 測定概要

本測定は表 1 に示す各測点において実施した. 測点については, トンネル内で外気の影響を受けやすく温度変化が大きい坑口部, 換気口部並びにそれら以外の温度変化が小さい箇所を選定し, 各種温度を測定した. 外気温度は丸ノ内線茗荷谷駅付近の事務所の屋上に設置してある百葉箱にて測定した. 測定期間は平成 22 年 7 月~平成 23 年 7 月までの 1 年間とし, 各測定項目を 10 分間隔で記録した.

表 1 測点一覧表

測点	路線	軌道諸元		換気口/坑口からの距離	備考
		線形	道床		
1	銀座線	直線	バラスト	173[m]	換気口
2		直線	バラスト	0[m]	換気口
3	丸ノ内線	緩和曲線	コンクリート	0[m]	換気口
4		R=251	コンクリート	75[m]	換気口/坑口
5		緩和曲線	コンクリート	1[m]	坑口
6	千代田線	緩和曲線	コンクリート	46[m]	換気口
7		R=400	コンクリート	0[m]	換気口

3. 測定結果

3. 1 トンネル内温度の季節変動

図 1 にトンネル内温度及び外気温度の季節変動を示す. トンネル内温度及び外気温度は 1 週間毎の平均値を用いた. トンネル内においては, 外気温度と同様に季節に応じた変動がみられるが, その変動は地上部の温度変化に比べ, 安定していることが分かる. 全測点の中で変動幅が最大となったのは測点 5 の坑口部であり, 変動幅は約 40 [°C] となった. 坑口部では外気温度とほぼ同様な値となった. 一方で変動幅が最小となったのは, 換気口から最も離れている測点 1 であり, 変動幅は約 20 [°C] となり, 外気温度の変動幅の半分以下となった. 全測点でのトンネル内温度の変動幅を比較した場合, 概ね坑口部>換気口部>その他の順となることから, トンネル内温度は外気の影響度合いに依存していることが分かる. また, 測点 2 において, 10 月~11 月時に一時トンネル内温度が約 6 [°C] 上昇し,

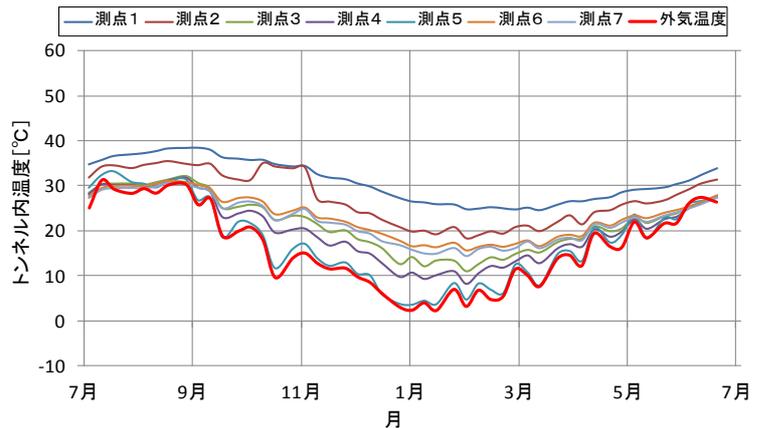


図 1 トンネル内温度の季節変動

キーワード レール温度, トンネル内温度, 外気温度, 破断時開口量, 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

測点1のトンネル内温度とほぼ同様の値を記録している。当時、測点2の換気口は閉鎖されていたため、外気の影響を受けなかった。しかし、測点1において、換気口の閉鎖前後で測点2のような急激なトンネル内温度の上昇は発生していない。故に測点1は年間を通して換気口からの影響は受けていなかったと考えられる。

3. 2 レール温度の季節変動

図2にレール温度の季節変動を示す。レール温度は1週間毎の最高値及び最低値を用いた。

なお、平成22年7月～平成23年7月に記録した地上部の最高レール温度は約55 [°C]、最低レール温度は約-1 [°C]であった。レール温度もトンネル内温度と同様に季節に応じた変動がみられる。変動幅についてもトンネル内温度と同様の傾向がみられ、レール温度の変動幅が最大となった坑口部の測点5では、変動幅は約40 [°C]となった。レール温度の変動幅が最小となったのは測点1となり、変動幅は約20 [°C]となった。測点1, 2のレール温度において、換気口閉鎖時はトンネル内温度と同様の現象が確認できる。本測定結果から、換気口から約170m以上の距離がある場合、外気の影響は受けなくなると考えられる。

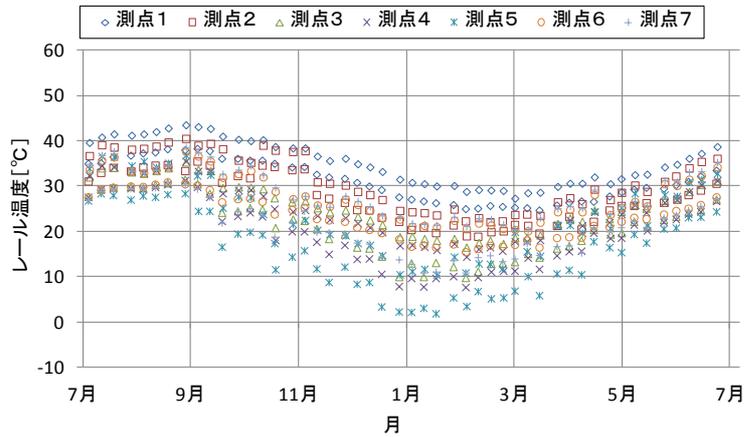


図2 レール温度の季節変動

4. 破断時開口量及び座屈安定性の試算

測定したレール温度を用いて、バラスト道床区間である測点1, 2のうちレール温度の変動幅が大きかった測点2における破断時開口量及び座屈安定性について確認した。レール温度の変動幅が最大であった測点5においても、道床をバラストとして仮定し、レール温度の変動に着目した計算を行った。当社はトンネル内においてはロングレールの設定温度を設けていない。レール温度変化量: Δt は各測点の年間最高レール温度から年間最低レール温度を引いた値とした。式1よりレール破断時開口量: D を計算し、式2より座屈安定性: α を計算した。^{1) ~3)}

$$D = EA(\beta\Delta t)^2/\gamma_0 \tag{式1}$$

$$\gamma_a \cdot \gamma_b \cdot \gamma_i \cdot P/P_t = \alpha \leq 1.0 \tag{式2}$$

表2に計算結果を示す。破断時開口量は測点2, 5ともに限度値である70 [mm]に対して、余裕が十分確保されている結果となった。座屈安定性についても、測点2, 5ともに最低座屈強さに対する軸力応答値の割合は小さく、座屈に対して安全性は十分確保されている結果となった。

表2 計算結果

測点	レール温度変化量	破断時開口量	座屈安定性
2	22.3[°C]	22.0[mm]	0.48
5	40.3[°C]	34.2[mm]	0.65

5. おわりに

本測定を通してレール温度、トンネル内温度及び外気温度の変動を定量的に把握し、ロングレールへの影響を確認することができた。破断時開口量及び座屈安定性に対しては温度変化による影響は少ないことが確認された。一方、当社では数年に一回であるが、冬季にレール折損が発生していることから、レール温度の低下に伴い、レールに働く引張軸力がレール折損に影響している可能性が考えられる。今後はトンネル内の温度変化を把握しつつ、軌道保守の更なる向上を目指していきたい。

【参考文献】

- 1) 沼田実：ロングレールの座屈強さ，鉄道技術研究報告，No. 721，1970.
- 2) 宮井徹：エネルギー法による軌道座屈の数値解析，鉄道技術研究報告，No. 1271，1984. 7.
- 3) 国土交通省監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造，2012. 1.