

トンネル内におけるレール温度とレール軸力に関する一考察

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 豊巻 剛
 東京地下鉄(株) 鉄道本部 工務部 非会員 根岸 瑞希

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いる. トンネル内は温度変化が少なく, 温度変化に伴い発生するレール軸力の軌道への影響も小さいと考えられる. その為, 当社のロングレールはトンネル内に敷設する場合, 設定温度を設けずに敷設している. 当社では稀に冬季においてレール折損が発生している. このレール折損の要因はレール電食により断面積が減少し, レールに引張軸力が作用し, 折損に至ったと考えられていた. そこで, 今回はレール電食が発生しやすい千代田線北千住駅~町屋駅間のロングレール区間において, トンネル温度, レール温度及びレール軸力について測定・調査し, レール引張軸力によるレール折損への影響について報告する.

2. 測定概要

本測定では表 1 の測定箇所において, 2012 年 2 月~2013 年 2 月までの一年間に渡り, トンネル温度, レール温度, レール軸力の測定を行った. 測定区間は全て 50N レールを採用している. また, 当社ではトンネル内のロングレールは設定温度を設けていないため, 今回測定した各測定箇所のレール軸力は各々の測定開始時を基準としている. 今回の測定箇所は全てで 17 箇所あり, 各測定箇所は概ね 100m 間隔で設けてある. 測定 No. 1~No. 9, No. 12~No. 17 はそれぞれ一つのロングレールとして連続しており, 測定 No. 10, 11 は定尺レール区間に位置している. 当社ではトンネル内ロングレールに対しては伸縮継目を設けていない. 今回, 測定したロングレール区間の両端はそれぞれ普通継目となっている.

表 1: 測定箇所

測定No.	キロ程	レール敷設年月	左/右レール	その他
1	3k822m	H15年3月	左	3k800mに普通継目有り
2	3k881m	H15年3月	左	
3	3k945m	H15年3月	左	3k944mに換気口有り
4	4k000m	H15年3月	左	
5	4k101m	H15年3月	左	
6	4k220m	H15年2月	左	
7	4k310m	H15年2月	左	
8	4k392m	H15年2月	左	
9	4k520m	H15年2月	左	4k530mに普通継目有り
10	4k615m	H23年1月	左	定尺レール区間
11	4k700m	H20年7月	左	定尺レール区間
12	5k000m	H20年3月	右	4k880mに普通継目有り
13	5k100m	H20年3月	右	
14	5k200m	H20年3月	右	
15	5k300m	H20年3月	右	
16	5k439m	H20年3月	右	5k438mに換気口有り
17	5k516m	H20年3月	右	5k516mに換気口有り

3. トンネル内/レール温度の測定結果について

図 1 に各測定箇所におけるトンネル温度及びレール温度の最高値と最低値を示す. 各測定箇所共に各種温度が年間を通じて約 21 [°C] 程度の変動を示している. 測定 No. 3, No. 16, No. 17 においては, 換気口下に位置しているため, 地上部の外気の影響を受けているものと考えられるが, その温度変化幅は他の測定箇所の温度変化幅の 1 割増程度で

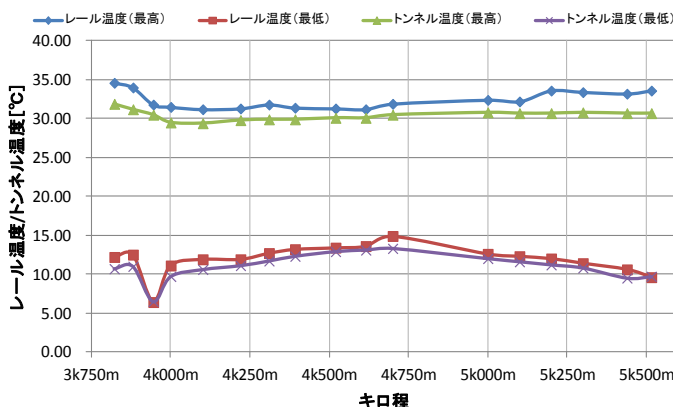


図 1: トンネル温度/レール温度

キーワード レール折損, トンネル温度, レール温度, レール軸力, 温度変化量, 軸力変化量

連絡先 〒169-0075 東京都新宿区高田馬場 1-1-17 東京地下鉄(株) TEL: 03-3207-3685

ある。故に換気口からの温度変化に対する影響は小さく、換気口から入り込む外気の影響範囲は測定 No. 2 及び測定 No. 4 の最低トンネル温度及びレール温度が測定 No. 3 に比べ高いことから、換気口から約 60m 以上の離れている場合、温度変化への影響はないものと考えられる。

4. レール軸力の測定結果について

表 2 に各測定箇所において記録されたレール軸力について示す。レール軸力の変化量が最も大きかった箇所は測定 No. 1 であり、その変化量は 41.4 [tf] であった。図 2 に測定 No. 1 及びレール軸力の変化量が最も小さかった測定 No. 10 のレール軸力の月毎の変動を示す。測定 No. 1 は継目付近であるがコンクリート道床であるため、不動区間として考えられる。図 3 に測定 No. 1 のレール温度に対するレール軸力の分布及び不動区間におけるレール軸力変化の理論式を示す。レール温度が上昇するにつれ、測定 No. 1 のレール軸力は理論式と乖離していくことが確認出来る。これはレール膨張時に 3k800m に位置する普通継目の遊間を十分に確保出来ておらず、レール内部にレール軸力が蓄積したためだと考えられる。

5. レール折損への影響について

当社ではトンネル内のロングレールは設定温度を設けていないため、今回測定したレール軸力が実際のレールに圧縮又は引張として作用しているかは精確には把握出来ない。しかし、レール軸力の変化量が最大であった測定 No. 1 のレール軸力：41.4 [tf] が全て引張軸力として作用した場合においても、レールに作用する最大引張応力は約 63.2 [N/mm²] である。これは JIS に定められているレールの引張強さ：800 [N/mm²] を対して、十分小さい値と言える。しかし、レール電食によりレール断面積が減少した場合の引張強さについては未検討のため、今後の課題として引き続き検討する必要がある。

6. おわりに

本測定を通して、トンネル内におけるトンネル温度、レール温度、レール軸力の分布及び挙動が把握出来た。レール電食により断面積が減少した場合のレール折損についてはレール軸力の引張作用以外にも列車通過に伴う繰り返し荷重、レール電食による大幅な断面積の減少等様々な要因¹⁾が複合し、発生すると思われる。今後は様々な条件下において、レール折損のメカニズムについて検討し、軌道保守の更なる向上を目指したい。

【参考文献】

1) 甲斐博之：レール折損の原因調査とその対策，鉄道技術連合シンポジウム講演論文集 J-RAIL，2002. 11

表 2：レール軸力測定結果

測定No.	キ口程	最大軸力[tf]	最小軸力[tf]	軸力変化量[tf]	平均軸力[tf]
1	3k822m	35.5	-5.9	41.4	16.0
2	3k881m	22.5	-6.8	29.3	9.2
3	3k945m	25.4	-2.1	27.5	13.7
4	4k000m	27.8	-5.1	32.9	13.0
5	4k101m	23.6	-7.8	31.4	9.3
6	4k220m	22.9	-7.2	30.1	9.0
7	4k310m	22.8	-6.9	29.7	8.8
8	4k392m	14.2	-5.7	19.9	4.3
9	4k520m	13.6	-4.9	18.5	4.3
10	4k615m	10.3	-3.2	13.5	2.8
11	4k700m	26.1	-8	26.9	13.7
12	5k000m	22.5	-3.8	26.3	10.0
13	5k100m	15.8	-3.5	19.3	6.2
14	5k200m	29.2	-3.5	32.7	12.8
15	5k300m	29.7	-3.0	32.7	13.3
16	5k439m	31.3	-3.8	35.1	14.2
17	5k516m	29.2	-3.9	33.1	13.4

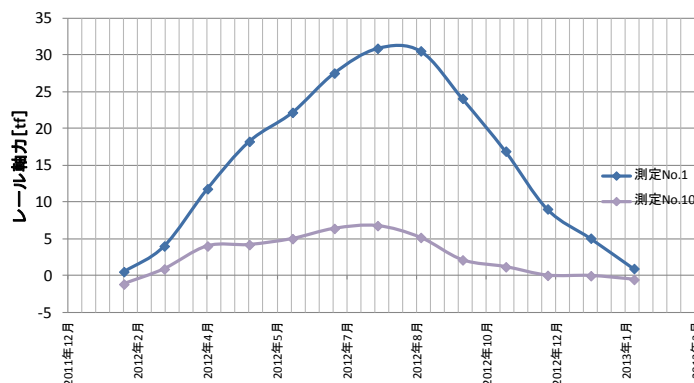


図 2：レール軸力の時間変動

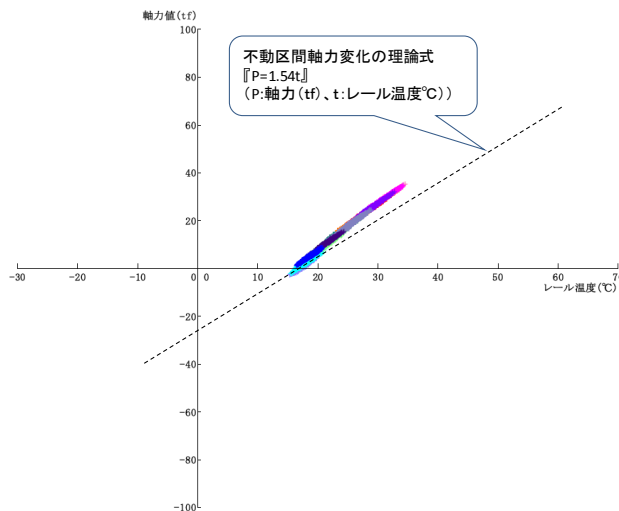


図 3：レール温度変化に対するレール軸力分布