

各種道床形状における道床横抵抗力の一考察

JR 西日本 正会員 海老田 佳孝

1. はじめに

レール温度が上昇する時期に向け、レール張り出しが発生しないように線路を管理・保守することは、保線に携わる者として重要な業務の一つである。レール張り出しは、軌道構造・軌道管理および軌道作業の各種要因が重なり合って発生すると考えられ、レール張り出しに対する管理上、重要なことは次の5点と考えられる。

- 軌道構造(まくらぎ、道床等)を強化する。
- 遊間・ロングレール管理を強化し、適切な整備を実施する。
- 軌道構造弱点箇所(噴泥・浮きまくらぎ箇所等)を事前に整備する。
- 軌道作業等により道床を緩めない。

効率よく、適切なレール張り出し警備(夏期特別巡回)を実施し、重大事故を未然に防ぐ。

中でも については、場所(スポット)毎に徒歩巡回を実施しているため、多大な人工を要しながらその効果が不明確であり、しかも迅速性に欠けるという問題もある。そこで今回、各所で実施した道床横抵抗力測定結果から考えられる、より効率的な張り出し警備について考察する。

2. 道床横抵抗力試験結果

近年の気温上昇に伴い、夏期におけるレール温度も年々上昇傾向にある。レール張り出しを防止するため、特にロングレール区間においては大量の道床散布を実施し、十分な道床肩幅や余盛をつくっている。そこで現在の軌道構造における道床横抵抗力を把握するため、当社管内各所で引き抜き試験を実施した。当社管内のロングレール区間の一般的な道床横抵抗力を把握することを前提に実施したため、道床肩幅 400mm、道床余盛 100mm、PC まくらぎ区間からランダムに測定箇所を選出した。この結果は、一本引き道床横抵抗力試験の換算値より算出しており、その70%を実効値として計上している。道床横抵抗力は7.5kN/mを中心に分布しており、60k レールで管理すべき道床横抵抗力5.0 kN/mを大幅に上回っていることがわかる。平均値(m)は7.44kN/m、標準偏差(σ)は1.32kN/mであった。これらの測定結果は、ある程度の測定誤差を含んでいると考えられるものの、従来の安全度判定に用いる道床横抵抗力よりもかなり大きな値となっており、過去に比べて軌道構造上、レール張り出しに対する抵抗力が向上したと考えられる。これはこれまでの軌道構造強化策や適切な道床散布の実施、ならびにシグマ値管理の導入など軌道整備手法の改善とそれに伴う線路状態の著しい良化の結果といえる。

ここで所定の道床横抵抗力5.0kN/m(60k レール)における道床横抵抗力比(i)を1.0とした時、試験結果平均値7.44 kN/mにおける道床横抵抗力比(i)は1.48となる。また平均値(m) - 標準偏差(σ) = 6.12 kN/mにおける道床横抵抗力(i)は1.22となり、道床横抵抗力比(i)についてもこれまでの管理値よりも大きいことがわかる。

3. LR 区間における検討

ロングレール区間では安全度(β)が1.0以上1.2未満箇所においては、レール温度50(一律)が張り出し警備発令温度となっている。しかしながら、安全度(β)と許容レール温度(Ta)の関係は、式-1、式-2を用いて改めてより細かく算出した結果、換算付加温度(T)および道床横抵抗力比(i)からさらに細かく定めることができる。(表-3)

$$\text{安全度}(\beta) = 1.2 \cdot i^{0.535} \cdot 1 / (1 + T / t_{N_{\max}}) \dots \text{(式-1)}$$

$$\text{許容レール温度}(T_a) = T_{\max} - (1 - \beta / 1.2) \cdot (T + t_{N_{\max}}) \dots \text{(式-2)}$$

i: 道床横抵抗力比 T_{max}: 予想最高レール温度[] T: 換算付加温度[]

t_{N_{max}}: 35 設定温度は T_{max} よりこれ以上低くないとする温度[]とする

キーワード 道床横抵抗力、安全度、張り出し警備

連絡先 〒530-8341 大阪府北区芝田 2-4-24 西日本旅客鉄道株式会社 鉄道本部 施設部 TEL 06-6375-8960

例えば表 - 1 より、道床横抵抗力比 (i) = 1.0 の時 (60k レール所定の時) 安全度 () が 1.00 ~ 1.20 における許容レール温度 (Ta) は 53.0 ~ 60.0 の幅があるが、現行は一律でレール温度 50 で張り出し警備を発令している。このとき、安全度 () が 1.10 の箇所は 57.0 で発令しても現行と同様の安全度を保つことができるといえる。また、2 . で述べたとおり、道床横抵抗力測定結果の平均値 (m) - 標準偏差 () における道床横抵抗力 (i) は 1.22 (1.2) を用いると、あくまで机上レベルではあるが、現行管理の道床横抵抗力 (i) = 1.0 における安全度 () が 1.00 の箇所は表 - 1 より 56.6 発令、安全度 () が 1.09 (1.10) 以上の箇所は 60 発令とすることも可能ではないかと考えられる。

表 - 1 安全度と許容レール温度

安全度 ()									許容レール温度 (Ta)								
換算付加	道床横抵抗力比 (i)								換算付加	道床横抵抗力比 (i)							
温度 (T)	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15	1.1	1.05	1.0	温度 (T)	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15	1.1	1.05	1.0
0.0	1.49	1.44	1.38	1.32	1.29	1.26	1.23	1.20	0.0	68.5	66.9	65.3	63.6	62.7	61.8	60.9	60.0
0.5	1.47	1.42	1.36	1.30	1.27	1.24	1.21	1.18	0.5	68.0	66.4	64.8	63.1	62.2	61.3	60.4	59.5
1.0	1.45	1.40	1.34	1.29	1.26	1.23	1.20	1.17	1.0	67.5	65.9	64.3	62.6	61.7	60.8	59.9	59.0
1.5	1.43	1.38	1.32	1.27	1.24	1.21	1.18	1.15	1.5	67.0	65.4	63.8	62.1	61.2	60.3	59.4	58.5
2.0	1.41	1.36	1.31	1.25	1.22	1.19	1.17	1.14	2.0	66.5	64.9	63.3	61.6	60.7	59.8	58.9	58.0
2.5	1.39	1.34	1.29	1.23	1.21	1.18	1.15	1.12	2.5	66.0	64.4	62.8	61.1	60.2	59.3	58.4	57.5
3.0	1.37	1.32	1.27	1.22	1.19	1.16	1.13	1.11	3.0	65.5	63.9	62.3	60.6	59.7	58.8	57.9	57.0
3.5	1.36	1.31	1.26	1.20	1.18	1.15	1.12	1.09	3.5	65.0	63.4	61.8	60.1	59.2	58.3	57.4	56.5
4.0	1.34	1.29	1.24	1.19	1.16	1.13	1.11	1.08	4.0	64.5	62.9	61.3	59.6	58.7	57.8	56.9	56.0
4.5	1.32	1.27	1.22	1.17	1.15	1.12	1.09	1.06	4.5	64.0	62.4	60.8	59.1	58.2	57.3	56.4	55.5
5.0	1.30	1.25	1.21	1.16	1.13	1.10	1.08	1.05	5.0	63.5	61.9	60.3	58.6	57.7	56.8	55.9	55.0
5.5	1.29	1.24	1.19	1.14	1.12	1.09	1.06	1.04	5.5	63.0	61.4	59.8	58.1	57.2	56.3	55.4	54.5
6.0	1.27	1.23	1.18	1.13	1.10	1.08	1.05	1.02	6.0	62.5	60.9	59.3	57.6	56.7	55.8	54.9	54.0
6.5	1.26	1.21	1.16	1.12	1.09	1.06	1.04	1.01	6.5	62.0	60.4	58.8	57.1	56.2	55.3	54.4	53.5
7.0	1.24	1.20	1.15	1.10	1.08	1.05	1.03	1.00	7.0	61.5	59.9	58.3	56.6	55.7	54.8	53.9	53.0
7.5	1.23	1.18	1.14	1.09	1.06	1.04	1.01	0.99	7.5	61.0	59.4	57.8	56.1	55.2	54.3	53.4	52.5
8.0	1.21	1.17	1.12	1.08	1.05	1.03	1.00	0.98	8.0	60.5	58.9	57.3	55.6	54.7	53.8	52.9	52.0

4 . 定尺区間における検討

LR 区間と同様に、定尺区間においても道床横抵抗力を把握するため、代表箇所として小浜線 (道床肩幅 400mm、木まくらぎ区間) において引き抜き試験を実施した。その結果、道床横抵抗力は 5.6kN/m を中心に分布しており、遊間管理上で区分する諸条件の道床横抵抗力 2kN/m ~ 4kN/m を上回っていることが分かった。平均値 (m) は 5.67kN/m、標準偏差 () は 1.41kN/m であった。これらの測定結果は、ある程度の測定誤差を含んでいると考えられるが、70%実効値で評価しているため、相当な安全率を見込んでいる。現在の遊間管理では、安全率を最低座屈強度 (Pt) を用いて算出しており、最低座屈強度は、式 - 3 を用いて求めることができる。

$$R \geq R_0 \text{ の場合} \quad Pt_2^* = 3.63J^{0.383} g^{0.535} Nj^{0.265}$$

$$R < R_0 \text{ の場合} \quad Pt_1^* = 3.81J^{0.383} g^{0.535} Nj^{0.267} - 20.2J^{0.789} Nj^{0.600} \frac{1}{R} \quad R_0 = \frac{112.2J^{0.406} Nj^{0.333}}{g^{0.535}} \quad \dots \text{(式 - 3)}$$

今回、道床横抵抗力を測定した区間は、現在の遊間管理区分の - 2 にあたり、道床横抵抗力測定結果の平均値 (m) - 標準偏差 () = 4.26kN/m を用いると、最低座屈強度 (Pt) は、表 - 2 のように計算できる。いずれも、最低座屈強度は大きくなり、その差 Pt (tf) から温度換算値を T () を求めると、約 9 程度の安全度をもっているといえ、現在よりも約 9 高い 59 発令とすることも可能ではないかと考えられる。

表 - 2 最低座屈強度の比較

区分	曲線半径	道床横抵抗力	軌きょう剛性	60K	50N	40N
- 2	1,000 R	300kg/m	1.0	70	60	52
	500 R < 1,000			68	58	51
	300 R < 500			63	54	49
- 2	1,000 R	426kg/m	1.0	86	73	63
	500 R < 1,000			84	72	63
	300 R < 500			81	70	61

5 . おわりに

今回の検討は、レール張り出し警備をより効果的に実施するために、今回得られた道床横抵抗力の実測データとこれまでのロングレール理論・遊間理論、そして近年の気温上昇を鑑みてシミュレーションした結果である。今回の検討内容を実際の管理面に反映するには、さらなる現場データの蓄積やシミュレーション等より慎重な検証が必要不可欠となる。今後、更なる検討を加えていきたいと考える。

なお、併せて各道床形状毎の道床横抵抗力についても現場検証を重ね、検討していく。