

全可動ロングレール区間における TPC まくらぎ化の検討 (後編)

九州旅客鉄道株式会社 正会員 ○竹井 遼
九州旅客鉄道株式会社 正会員 猿木 雄三

1. はじめに

当社の豊肥本線において、乗り心地対策や列車騒音対策を目的に全可動ロングレールが敷設されているが、敷設条件として木まくらぎ及び犬くぎ締結となっている。しかし、現在当社では軌道保守省力化とライフサイクルコストの低減を図るため、ローカル線区における木まくらぎの TPC まくらぎ化が進められている。このことから、今後新たに全可動ロングレールを敷設する場合は TPC まくらぎ区間への敷設が必須となる。そこで今回、全可動ロングレール区間における TPC まくらぎ化の検討を行った。

2. TPC まくらぎ化の検討

当社の豊肥本線では、これまで 4 本に 1 本程度の割合で TPC まくらぎ化が進められてきたことから、今回も同様の割合で検討を行うこととする。

2. 1 最低座屈強度の算出

最低座屈強度 P_{tmin} を式 (1) により算出する。ただし、 J : レールの横剛性、 N_j : 軌きょう剛性、 g : 道床横抵抗力(実効値)とする。なお、レール : 50N、まくらぎ : 木、線形 : 直線の条件とし、安全率 : 1.2 として算出する。その結果、 P_{tmin} は 402.8kN となる。

$$P_{tmin} = (3.63 \times J^{0.383} \times N_j^{0.267} \times g^{0.535}) / 1.2 \times 9.8 \quad (1)$$

2. 2 ふく進抵抗力の算出

表 1 に各締結装置のふく進抵抗力を示す。犬くぎ締結の木まくらぎはレールがまくらぎ上を移動するため、ふく進抵抗は道床縦抵抗力より小さい摩擦抵抗力で受け持っている。一方で線ばね締結の TPC まくらぎは、レールとまくらぎが一体となり道床中を移動するため、ふく進抵抗は摩擦抵抗より小さい道床縦抵抗力で受け持っている。今回は木まくらぎと TPC まくらぎが混在するため、ふく進抵抗力を加重平均により算出することとする。なお、まくらぎ本数は 25m あたり 37 本とし、木まくらぎは 28 本、TPC まくらぎは 9 本とする。その結果、ふく進抵抗 γ は 2.2kN/m となる。

表 1 各締結装置のふく進抵抗力

締結装置種別	摩擦抵抗力		道床縦抵抗力
犬くぎ (木)	1.5 kN/m	<	4.5 kN/m
線ばね (TPC)	23.5 kN/m ¹⁾	>	4.5 kN/m

2. 3 敷設可能最大延長の算出

前 2.1 及び 2.2 項で算出した最低座屈強度とふく進抵抗を用いて式 (2) により敷設可能最大延長 L を算出する。その結果、4 本に 1 本の TPC まくらぎ化の場合、延長 366m 以下の全可動ロングレールであれば敷設可能となる。

$$L = P_{tmin} / \gamma \times 2 \quad (2)$$

3. TPC まくらぎ化施工

3. 1 施工概要

前 2 項の検討結果を踏まえ、平成 25 年 6 月に豊肥本線の全可動ロングレール区間において TPC まくらぎ化を施工した。なお、TPC まくらぎは 4 本に 1 本の割合とした。表 2 に施工箇所の概要を示す。

表 2 施工箇所の概要

延長	193 m
線形	直線
勾配	上り 9.1 ‰
レール種別	50N
まくらぎ総数	290 本
TPC まくらぎ	72 本
TPC 化率	25 %

豊肥本線に敷設されている全可動ロングレールはいずれも全長 366m 以下であるため、場所の選定はふく進量が小さい箇所とした。

3. 2 最大伸縮量

TPC まくらぎ化を実施した当該全可動ロングレール区間について、最大伸縮量を算出する。図 1 に最高レール温度時の軸力分布図を示す。一般にロングレール端の伸縮量は不動区間の軸力線と可動区間の軸力線との間に挟まれる面積を EA で除した値で示される。このため、不動区間を持たない全可動ロングレールにおいても不動区間

キーワード : 全可動ロングレール, TPC まくらぎ, 軸力分布, 伸縮量

連絡先 : 〒822-0034 福岡県直方市大字山部 301-1 九州旅客鉄道(株) 筑豊篠栗鉄道事業部 TEL 0949-22-0531

が発生する場合の軸力を用いて伸縮量を算出することとする。なお、想定されるレール温度は最高温度：60℃、最低温度：-10℃、中位温度は25℃とする。最高レール温度時に不動区間が発生する場合の軸力 $P_{\max}$ を式 (3)、その際の可動区間長 L' を式 (4) により算出する。ただし、 E ：レールの弾性係数、 A ：レール断面積、 β ：レールの線膨張係数、 Δt ：最高温度と中位温度の差 (35℃) とする。その結果、 $P_{\max}$ は 539kN、 L' は 245m となる。

$$P_{\max} = EA\beta\Delta t \quad (3)$$

$$L' = P_{\max} / \gamma \quad (4)$$

上記の結果より、 $\square abcd$ の面積 S は 41,770kNm となる。この面積を用いて式 (5) により、最高レール温度時における全可動ロングレール端の伸び量 ΔL を算出する。その結果、理論計算上の最大伸縮量は $\pm 30.9\text{mm}$ となり、当該全可動ロングレール端に敷設されている簡易伸縮継目の許容ストローク量 $\pm 64.5\text{mm}$ の範囲内である。

$$\Delta L = S / EA \quad (5)$$

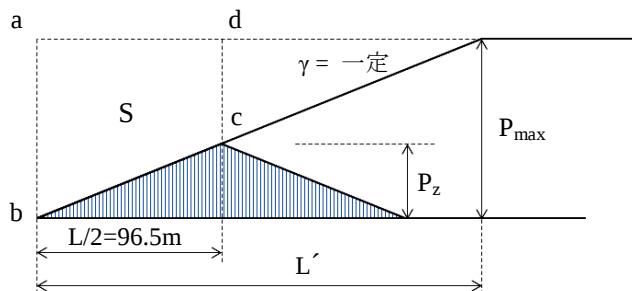


図1 最高レール温度時の軸力分布図

3. 3 温度変化に伴う軸力分布及び理論伸縮量

温度変化に伴う軸力分布図を用いて伸縮ループ図を算出する。図2に温度変化に伴う全可動ロングレールの軸力分布図を示す。この軸力分布図から面積計算により、TPC まくらぎ化施工した全可動ロングレール端の伸縮ループを算出した結果が図3となる。敷設以後、定期的に伸縮継目のストローク量を測定しているが、図に示すように理論値と実測値に大きな差異は見られない。

4. まとめ

全可動ロングレール区間における TPC まくらぎ化の検討を行い、以下の結果が得られた。

- ・ 4本に1本のTPC まくらぎ化の場合、延長366m以下の全可動ロングレールであれば敷設が可能である。
- ・ 延長193mの全可動ロングレール区間で実施工した結果、軸力が溜まることなく概ね理論通りの伸縮を示す。

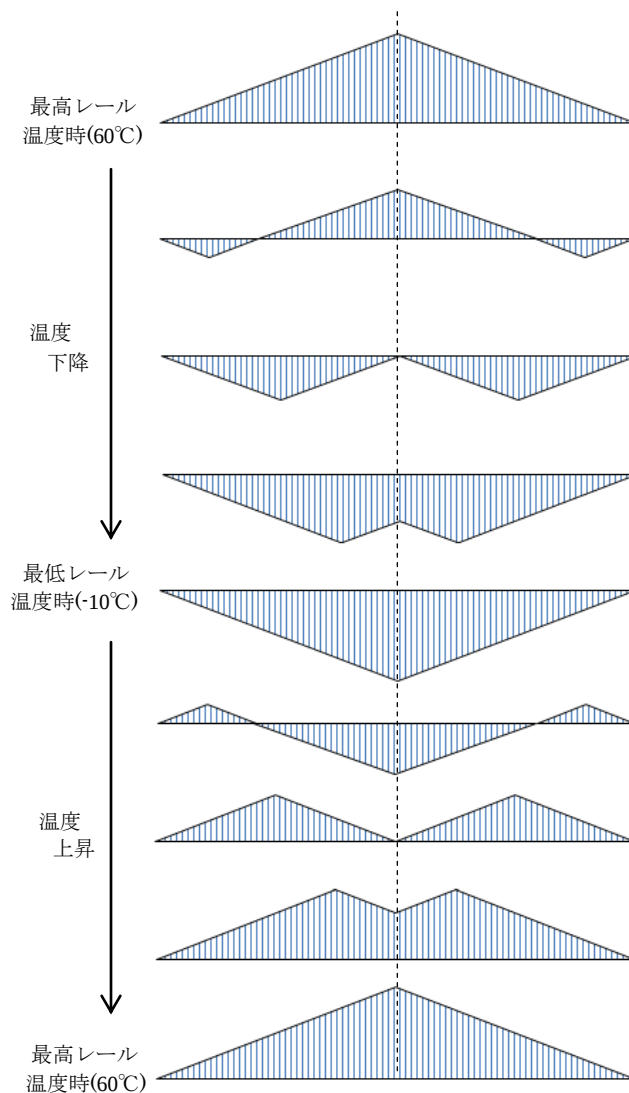


図2 温度変化に伴う軸力分布図

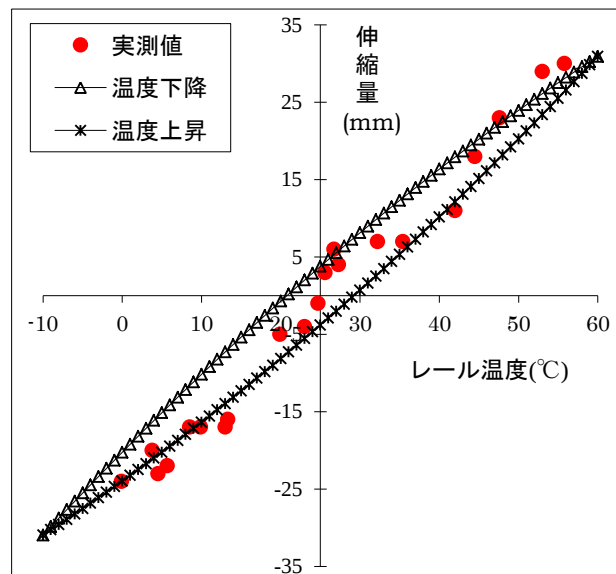


図3 伸縮ループ図

参考文献

- 1) 新版 軌道材料編集委員会：新版軌道材料，p.286，2011.5