

IV-191 不連続条件下におけるロングレールの挙動について

○東京大学 正会員 家田 仁
国 鉄 平田和敏
国 鉄 山脇 浩

1. はじめに

ロングレールの利点は言うまでもなく、騒音対策、そして軌道保守量の軽減化にあり、ロングレール化を推進していく上ではその絶対量を増加させると共に、その利点を最大限生かすためにロングレール一本の長さを極力延ばす努力も合わせて必要となってくる。そこで、現在ロングレール長を制限している問題としては種々考えられるところであるが、本研究においては一般的なロングレール伸縮シミュレーション手法の開発を含めて、主としてロングレールの伸縮現象が中心となるトンネル-明かり区間、異種レール接続等の不連続条件下におけるロングレール化の可否についての検討を行なうものである。

2. ロングレール伸縮シミュレーション

2-1 開発条件

現在普及の著しいパソコンの使用を前提とし、次に示す条件のもとに開発を行なった。

- 1) レール断面積、伸縮抵抗力がロングレール内の場所により任意に指定できる。
- 2) レール温度の分布(設定温度を含む)が全長で均一ではなく、任意の形で与えることができる。
- 3) ロングレールの挙動は温度経歴に依存するため、レール温度の時系列変化に対応可能であること。
- 4) ロングレール全長のみならず部分的処理も可能であること。

2-2 伸縮理論

伸縮抵抗力の特性として、プログラミングの複雑さと演算時間等を考慮し、ここでは図-1のような完全塑性抵抗とした。伸縮シミュレーション理論を簡単に述べると次のようになる。

まず、時刻 t_1 でのレール温度分布を $T_1(i)$ 、レール軸力分布を $P_1(i)$ 、設定時を基準とするレールの移動量の分布を $D_1(i)$ とし、次の時刻 t_2 でのレール温度分布を $T_2(i)$ 、レール軸力分布を $P_2(i)$ 、レールの移動量の分布を $D_2(i)$ とする。

レールが完全に拘束されているとした時のレール温度変化に相当するレール軸力変化量は、

$$\Delta P_R(i) = E \cdot A(i) \cdot \beta \cdot (T_2(i) - T_1(i)) \quad (1)$$

となり、被拘束軸力分布 $P_{R2}(i)$ (レールが完全に拘束されていると仮定したもの)は

$$P_{R2}(i) = P_1(i) + \Delta P_R(i) \quad (2)$$

で与えられるが、実軸力分布 $P_2(i)$ は、

$$|P_{R2}(i) - P_{R2}(i-1)| > R(i) \text{ の時 } P_2(i) \approx P_{R2}(i) \quad (3)$$

$$|P_{R2}(i) - P_{R2}(i-1)| \leq R(i) \text{ の時 } P_2(i) = P_{R2}(i) \quad (4)$$

となり(図-2)、また(3)に該当する時は、移動量の算出時においてロングレールの始点側から計算しても、終点側から計算しても同一にならなければならないことから、

$$\sum_{i=0}^N (P_{R2}(i) - P_2(i)) / E \cdot A(i) = \sum_{i=0}^N (P_2(i) - P_{R2}(i)) / E \cdot A(i) \quad (5)$$

により当該区間の伸縮抵抗力勾配をもつ $P_2(i)$ として一意に決定することになる。

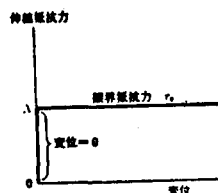


図-1 伸縮抵抗力の特性

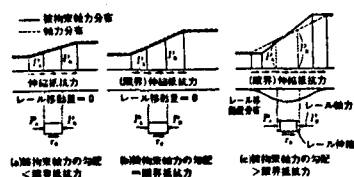


図-2 不均等な温度変化による軸力

端部が自由端とした時は、($P_{R2}(i) > 0$ の時)

$$P_2(0) = 0 \quad (P_2(N) = 0)$$

$$P_2(1) = P_2(0) + R(1)$$

$$P_2(i) = P_2(i-1) + R(i) \quad (6)$$

と逐次、軸力分布を $P_2(i) \geq P_{R2}(i)$ まで計算すればよい。

また、移動量の算出は、 $t_1 - t_2$ の間における変化量を $\Delta D(i)$ として、終点側への移動を正として、

$$\begin{aligned} \Delta D(i) &= -\sum_{j=i}^{i_s} (P_{R2}(j) - P_2(j)) \cdot \Delta / E \cdot A(i) & i < i_s \\ &= \sum_{j=i}^{i_s} (P_{R2}(j) - P_2(j)) \cdot \Delta / E \cdot A(i) & i > i_s \end{aligned}$$

$$D_2(i) = D_1(i) + \Delta D(i) \quad \text{により得られる。} \quad (7) \quad i_s \text{ は不動点位置}$$

3. 実測値(レール温度分布)との照合

実測(昭和60年度国鉄軌道調査の一環)は昭和60年8月13日国鉄大阪鉄道管理局管内東海道本線山科-京都間上り内側線511k900m付近(東山トンネル京都方口)で行なわれ、早朝の設定替えに引き続きレール軸力測定器により、レール軸力・レール温度等が検測された。これにより得られた実測値とシミュレーションによる推定値との比較照合を行なった結果、概ね整合し、上記の伸縮理論の妥当性が把握された。

4. 不連続条件下における基礎的検討

今、不連続条件として不均一なレール温度分布が与えられた場合を考えてみる。図-3のように設定温度 T_0 から L_0 を介してレール温度が T_1 、 T_2 になると、この時の軸力線はBで示される(Aはこの時の被拘束軸力線)。例えば、60k レールで設定温度 20°C 、 T_1 を 25°C 、 T_2 を 50°C とすると、 ΔP は 46.4t 、 LX は 77.3m 、最大移動量は 2.0mm となる。次に、再び設定温度に戻ると軸力は、Eで示され不均等軸力が形成されることになり、さらに T_1 、 T_2 になると軸力はH線で示され、先のB線と一致する。この不均等軸力の大きさは ΔP の $1/4$ となり、実務においてはこのことを考慮し、設定温度可能域の制限等の対策を立てる必要がある。

5. 結論及び今後の課題

本研究により、不連続条件下における伸縮挙動の大意について把握されたものと考えられる。不連続条件として取

り扱った、1) 不均一なレール温度分布 2) 異種レールの接続 3) 伸縮抵抗力分布の存在等のケースにおいても、若干の対策を講ずることによりロングレール化は十分可能なものと思われ、トンネル-明かり区間の接続、近接異種ロングレールの接続、スラブ-有道床軌道区間のロングレール化等によるロングレール長延伸化が期待されるところである。

実施に当たっての留意点等としては、

- 1) "不動区間"内に"可動区間"が存在するという認識の基に両端部の可動区間と同様に、レール移動量や、締結装置緊縮トルク等の管理を行なう。
- 2) 一部不均等軸力等の存在が考えられるので、この対策としては許容設定温度可能域の制限、差を設けた設定温度、高い道床抵抗力の確保等がある。
- 3) 各種環境条件(伸縮抵抗力、最大レール温度分布差、最高・最低レール温度等)の把握があげられよう。

また、"不動区間"内に"可動区間"が存在することによる長期的な影響等については今後検討を加えていかねばならないであろう。

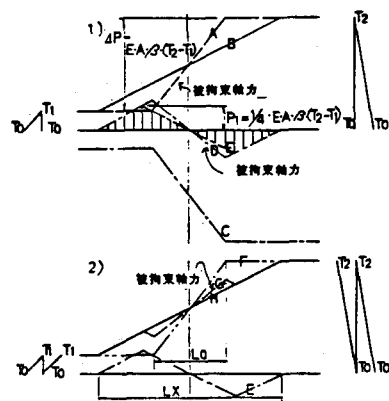


図-3 時系列的温度変化の検討(軸力図)