

50mレール敷設の急曲線区間における軌道管理について

四国旅客鉄道 正会員 ○長戸 正二
四国旅客鉄道 正会員 近藤 明生

1. はじめに

列車速度の向上に際して、軌道保守軽減及び乗り心地向上の観点から、レール継目の除去が望まれるところであるが、その一つの方法として50mレールの敷設がある。50mレールは温度伸縮量が大きく、酷暑期におけるレール張り出しや冬季における継目ボルト破断について、格別の配慮が必要となる。本研究は、特に急曲線区間に敷設した場合の軌道構造および軌道管理上の留意点について、報告するものである。

2. 現行の50mレールの敷設および管理について¹⁾

50mレールについては、昭和45年の国鉄事務連絡により、半径600m以上の箇所では敷設できるとされている。その後、破断側および座屈側に対する遊間管理手法が変更されており、それらの趣旨を採り入れた50mレールの敷設および管理について、遊間ループを念頭に検討を行う。

2.1 検討に用いたパラメータ

50Nレール($A=64.3\text{cm}^2$)、 $R=600\text{m}$ 、 g (道床横抵抗) $=40\text{N/cm}$ 、弾性係数: $E=2.1\times 10^5\text{N/cm}^2$ 、膨張係数: $\beta=1.14\times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ とする。

(1) 座屈に対する安全性(最低座屈強度: P_i)

有効道床抵抗力を70%、安全率1.2として、沼田式より最低座屈強度を求めて、 $P_i=510\text{kN}$

温度換算して $P=E A \beta \cdot \Delta t$ より、 $t_P=33.0^\circ\text{C}$

(2) 最大開口量(最大遊間量): $E_{\max}$

遊間管理手法で用いる「必要限度」を適用し

$E_{\max}=16.3\text{mm}$ 、温度換算して $t_E=28.6^\circ\text{C}$

(3) 継目板拘束力: R_t

同様に「必要限度」を適用し、 $R_t=90\text{kN}$

温度換算して $t_A=5.8^\circ\text{C}$

(4) クリープ抵抗力(縦抵抗力): r

道床縦抵抗力を考慮して $r=6\text{kN/m}$

(5) ボルト曲げ抵抗力: R_b

「必要限度」より $R_b=100\text{kN}$ 、温度換算して $t_B=6.5^\circ\text{C}$

2.2 遊間ループの検討

図1の遊間ループの成立条件は、最高・最低のレール温度差 73.7°C 以内の箇所である。今回、50mレールの敷設を予定している予讃線は、瀬戸内海に面する比較的温暖な気候条件の箇所であり、最高レール温度: $t_{\max}=60^\circ\text{C}$ 、最低レール温度: $t_{\min}=-10^\circ\text{C}$ と想定され、余裕温度 3.3°C となり、遊間ループは成立することとなる。

2.3 現行の設定遊間線の検証

座屈側の限度線は $P_i=rL/4\beta EA\beta(t_{\max}-t_e/(\beta L))$ で、破断側の限度線は $E_{\max}=e+(t-t_A-t_B-rL/(4EA\beta)-t_{\min})\beta L$ となる。これらに、前項の最高・最低レール温度およびパラメータを代入し、座屈側限度線および破断側限

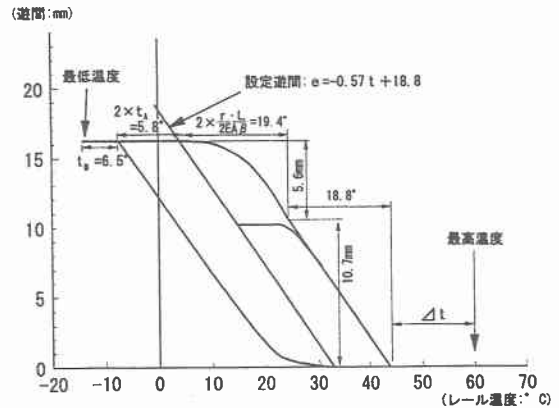


図1 遊間ループ図

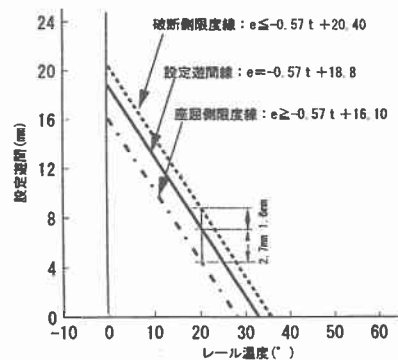


図2 50mレール設定遊間の余裕

度線を示したのが図2である。図2によると、現行の設定遊間線は、両限度線間に位置することになり、概ね妥当であると考えられる。

3. 急曲線区間への50mレールの敷設について

3.1 急曲線部における座屈に対する安全性の確保²⁾

急曲線ロングレールの座屈に対する安全性の確保は、鉄道総研より、次の通り報告されている。

(1) 道床横抵抗力の増加による場合

現行の半径600m($g = 40\text{N/cm}$)のロングレールと同等の安全率を確保するためには、半径500mの場合は $g = 45\text{N/cm}$ 、半径400mの場合は $g = 50\text{N/cm}$ 、それぞれ道床横抵抗力を確保することが必要とされている。

(2) 座屈阻止エネルギーを考慮した場合

急曲線部において座屈に対する安全性(安定性)が低下するのは、座屈阻止エネルギーの低下によるものである。これは、温度換算で、半径600mに比べて、半径500mで 5°C 、半径400mで 10°C の減少に相当する。

3.2 道床横抵抗力を増加させた場合の急曲線50mレールの遊間管理について

前項で述べた道床横抵抗力を確保した場合、半径600mの50mレールと同等の座屈に対する安全性が確保されたものとなる。ただし、遊間管理等で沼田式により最低座屈強度を算出する場合は、座屈阻止エネルギーの評価が異なるため、所定の道床横抵抗力が確保されていることを前提に、これを $g = 40\text{N/cm}$ と換算する必要がある。

3.3 現行の軌道構造($g = 40\text{N/cm}$)により急曲線50mレールを敷設する場合

この場合、座屈阻止エネルギーの低下を考慮し、最低座屈強度を半径500mの場合 430kN、半径400mの場合 360kN として検討する必要がある。この場合の座屈側限度線を図3に示す。この場合、破断側限度線と共有する領域がなく、50mレール敷設は不可能である。

ところで、これまで継目板拘束力を90kNとしてきたが、これは、継目板ボルトの締め付けトルクを $20\text{kN}\cdot\text{cm}$ と仮定した場合である。所定トルクは $50\text{kN}\cdot\text{cm}$ であるので、緩み等を考慮したトルクを $30\text{kN}\cdot\text{cm}$ と修正すると、継目板拘束力は160kNに増加する。この場合、半径500mの場合のみ、破断側限度線と共有する領域を持ち、敷設が可能となる。ただし、設定範囲の余裕が2mm程度と小さく、遊間管理手法の変更が必要である。また、レール温度が 10°C 程度以下の場合、最大遊間となりそれ以降のレール温度降下については、継目板拘束力およびボルト抵抗により補償することとなっている。このため、低温時の遊間が広く、冬季の継目部での軌道破壊の促進やレール端部損傷等についても、懸念される。

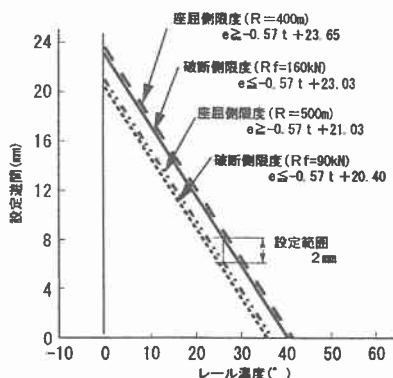


図3 急曲線50mレールの設定遊間

4. 終わりに

検討の結果、次の問題点が明らかになった。

- (1) 50mレールは温度伸縮量が大きく、座屈・破断に対する遊間管理をきめ細かく実施する必要がある。
- (2) 半径600m以下の急曲線の場合、ロングレールと同様に道床横抵抗力を増加させる必要がある。現行の軌道構造で敷設する場合、遊間設定幅に余裕がなく、遊間管理手法の見直しを行う必要がある。また、設定遊間が大きく、レール継目部での保守量増加について検討する必要がある。

[参考文献]

- 1) 佐藤、梅原：線路工学，日本鉄道施設協会，第6章等
- 2) 三浦、柳川：急曲線へのロングレールの適用，鉄道総研報告，1992. 1