

軌きょう剛性増加によるレール張出し防止手法の検討

西日本旅客鉄道株式会社	正会員	○池内	三津喜
西日本旅客鉄道株式会社	正会員	高尾	賢一
西日本旅客鉄道株式会社	正会員	辰己	新太郎

1. はじめに

多大な費用と労力を要する線路保守周期の延伸や省力化を目的に最も構造的弱点となるレール継目を除去するロングレール化が推し進められている。ロングレール化は保守低減に寄与する一方で、管理を誤ればレールが座屈し大事故に繋がるリスクを有する。また、在来線においては橋梁や踏切等の構造物が多数介在することや急曲線も多く存在し、ロングレール管理上特段の配慮が必要となる。ここでは、座屈に対する余裕が小さい急曲線ロングレールにおける局所的な弱点箇所となる構造物前後の安全性向上策について述べる。

2. 課題認識

(1) 座屈に対する弱点

ロングレールにおける温度上昇量と座屈発生点や最低座屈強度の関係を図-1に示す。これをみると、曲線半径が小さくなるほど座屈発生温度が低下し、ロングレールの安全度評価基準となる最低座屈強度に対する余裕が小さくなるのがわかる。また構造物前後は支持条件が変わり輪重変動が生じ易く浮まくらぎが発生し易いことから、道床横抵抗力の大幅低減による座屈に対する弱点箇所となる。

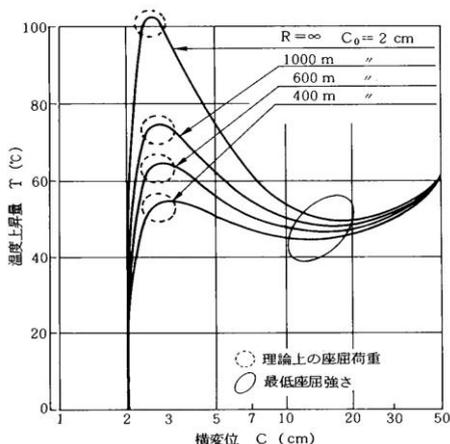


図-1 温度上昇量と軌道横変位

(2) 道床横抵抗力の確保

当社では、急曲線ロングレールの対座屈性能向上を目的に座屈防止板を設置することとしており、これによる道床横抵抗力の増加で最低座屈強度を2割程度向上させている。但し、座屈防止板は、取付けボルトの緩み等でまくらぎと一体化されないと大幅に機能低下してしまう。また、前述のとおり道床そのものの横抵抗力についても、浮まくらぎや軌道保守等の影響を受け易い等の特徴を有する。このように道床横抵抗力を安定的かつ持続的に確保するため、夏期間中は常時状態監視に努めている。

(3) 軌きょう剛性増加による対座屈性能向上

安全度判定には最低座屈強度と最大発生軸力を用いている。最低座屈強度を求めるためには道床横抵抗力の評価が必要であるが、道床横抵抗力は実際に現場で測定することは実用的でないため、バラスト肩幅・余盛等の外観寸法から判断している。そのため、浮まくらぎや座屈防止板にボルトの緩み等がある場合の道床横抵抗力の減少分を安全度評価に反映できないリスクがある。そこで、管理といった人的依存性を極力排して安定的に最低座屈強度増加が期待できる軌きょう剛性を増加させる手法に着目した。

軌きょう剛性を増加させる手法としては、軌道に横剛性の高い部材を付加することが考えられる。当社ではPCまくらぎに設置可能な既存材料として改良型橋梁ガード等があるため、これの使用を検討するとともにより安価に軌きょう剛性を増加する方法を検討することとした。

3. 廃用レールを活用する方法の検討

剛性の高い身近な部材として真先に思い浮かぶのが、レールである。そこで廃用レールを利用して軌きょう剛性を増加させる方法を検討した。

キーワード 最低座屈強度, 有限要素法, 軌きょう剛性, レール張り出し防止対策, 廃用レール

連絡先 〒709-0442 岡山県和気郡和気町福富 523 西日本旅客鉄道株式会社 備前保線区和気管理室 TEL 086-993-0370

既存のPCまくらぎに廃用レールを設置するために、
 図-2に示すようにまくらぎ中央部にボルト穴を設けて、そこに締結する方法とした。

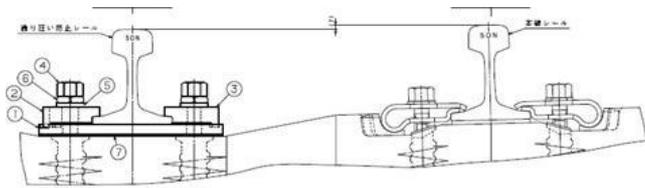


図-2 軌間内廃用レール設置状況

(1) 最低座屈強度の算出式

$$P_t = 3.63J^{0.383}g^{0.535}N_j^{0.267} \quad (1)$$

式(1)に最低座屈強度を求める算出式(略式)を示す。
 J : レールの横剛性, g : 道床横抵抗力, N_j : 軌きょう剛性。

(2) 有限要素法を用いた解析

本対策による軌きょう剛性の増加分を検討するため、有限要素法解析を行った。解析モデル(軌間内レール1本設置用)は図-3に、解析物性値は表-1に示す。走行用レールと廃用レールはともに50Nレール、まくらぎは3号PCまくらぎとし、モデルの延長は9m、その間のまくらぎ本数は13本とした。荷重はレール側面からの等分布荷重とし、拘束条件はレールとまくらぎの締結部は回転要素を拘束、レール端は完全拘束としている。

軌間内のレール設置本数を0本、1本、2本とした3ケース(以下、それぞれをケース0、ケース1、ケース2とする)でモデル中央部のたわみ量を比較した。結果を表-2に示す。

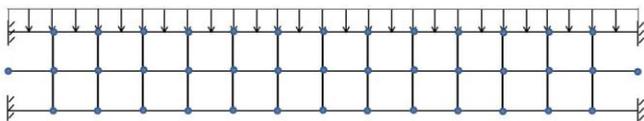


図-3 解析モデル

表-1 解析物性値

物性値	単位	値
レール断面積	mm ²	6420
断面2次モーメント(レール)	mm ⁴	3.22×10 ⁶
ヤング係数	N/mm ²	2.10×10 ⁵
ポアソン比	-	0.3

表-2 解析結果(たわみ量比)

レール設置本数	たわみ量(最大値)比	断面2次モーメント比	最低座屈強度比
0	1.00	1.00	1.00
1	0.61	1.65	1.14
2	0.44	2.30	1.24

(3) 解析結果の考察

表-2の結果をみると、レール設置本数が増えるとモデル中央部のたわみ量が小さくなるのがわかる。単純梁に等分布荷重が作用する時のたわみ量は断面2次モーメントに反比例することから、本解析ではモデルを1つの単純梁と仮定し、モデル中央部のたわみ量比は断面2次モーメント比に等しいとした。また、断面2次モーメント比は軌きょう剛性比に等しいと考えられるので、ケース0の最低座屈強度を1とすると、ケース1は1.14、ケース2は1.24と計算される。浮まくらぎが発生した場合の最低座屈強度の減少分は2割程度なので、ケース2では対策による最低座屈強度増加分が浮まくらぎによる減少分より大きくなる。

次にコストに関して、構造物前後の2箇所軌道延長約7m(まくらぎ本数10本分)施工する場合を考えてみると、ケース1の場合は約68万円と試算され、改良型橋梁ガードの設置(約94万円)と比べると効果・コストともに優位となる。

(4) 今後の取組み

本稿で述べたように有限要素法解析による本対策の効果は確認できたことから、実線路に敷設した場合の効果や挙動を継続して確認することとしたい。また、今回設計したのは、軌間内レール1本設置用であるが、一層の効果を発揮できるようにレール2本設置用についても設計し実用化を目指したいと考える。

7. おわりに

本稿では廃用レールを活用した軌きょう剛性増加による対座屈性能向上策について紹介した。本対策によって最低座屈強度増加が安定的に期待でき、急曲線部や構造物前後のレール張出しリスクを小さくできると考える。今後、更なる検討を重ねて、より効率的かつ効果的な手法を実現させたい。