

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

軌道の弱点箇所解消に関する取り組み



片岡 宏夫
Hiroo Kataoka
軌道技術研究部長

軌道は列車荷重を受けて変形や劣化を生じ、その維持管理には多くの労力が割かれています。構造上弱点となりやすい箇所がありますが、これを的確にとらえ措置を行うことにより、安全性を確保しつつ効率的に軌道を維持していくことができます。ここでは、軌道の弱点となりうる箇所やその特徴を述べ、それらを解消していくための取り組みについて紹介します。

はじめに

列車の走行を支える軌道は、列車荷重を繰り返し受けるため、変形や劣化を生じていきます。これを適切に保守していくことにより、車両の安全な運行が支えられています。

軌道の変形や劣化の生じる速度は構造上の理由により異なり、速い箇所は修繕してもまた早期に劣化していくため保守の頻度を多く必要とします。

一方、曲線半径などの線形や通過する車両の特性により、走行安全性に対する余裕度は一様ではありません。

近年の少子高齢化などの社会情勢の変化を踏まえ、省力化や低コスト化を推進していく必要がありますが、そこではなるべく手間を要する箇所の保守頻度を減らす、また、その中で列車の走行安全性を効率的に確保する工夫が必要となります。

そこで、ここではこのような構造上弱点となりうる箇所を解消していくための取り組みを紹介します。

軌道の弱点箇所とは

弱点箇所という言葉の明確な定義は

ありませんが、ここでは、①安全上の弱点になりうる箇所、②保守上の弱点箇所（保守頻度が多い、補修の手間がかかる）の2つに大別することとします。

軌道の維持管理では、軌道のゆがみである軌道変位を整備基準値内に入るように管理し、構成部材を適切に維持管理することにより走行安全性を確保しています。しかし、長大な設備を有する中ですべてのリスクを0にすることは困難であり、必要により脱線を防止する設備または被害を軽減するための設備を設置することとしています。これは弱点箇所の保安度を向上させる対策と位置づけることができます。

保守上の弱点箇所については、補修

しても早期にまた状態が悪くなってしまふような箇所がおもに弱点箇所と認識されます。

代表的な例としてはレールとレールを継目板を介して接続するレール継目部があげられます。列車走行時の衝撃が大きくなり、図1に示すようにバラストが細粒化して噴泥することにより軌道変位進みが大きくなり、頻繁に補修が必要となります。

弱点箇所の解消とは、安全性が低下する要因を的確にみつけ優先的に保守していくこと、保守頻度の高い箇所を低コストに補修・強化していく、それらの積み重ねにより安全性を確保しつつ省力化を図ることといえます。



図1 噴泥の生じたバラスト軌道の例



図2 腐食した木まくらぎの例



図3 低コスト軌道検測システムの入換機関車への搭載例

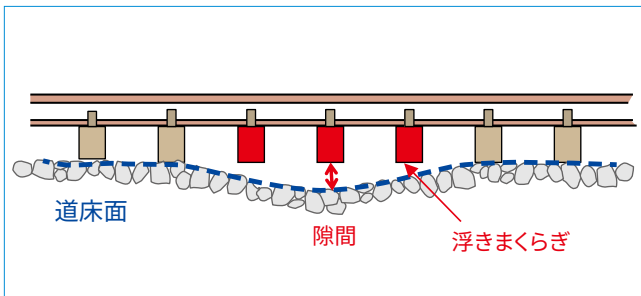


図4 浮きまくらぎの概念図

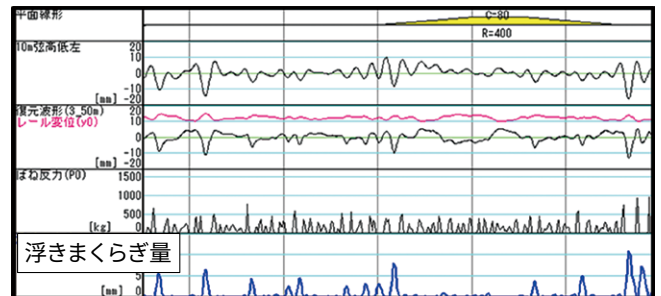


図5 浮きまくらぎの算出例

安全上の弱点箇所の解消

保守上注意を要する項目の一つとして木まくらぎの劣化があります(図2)。締結部が腐食により機能を失っている箇所、また、局所的な浮きが大きく平面性変位(軌道面のねじれ)が大きくなる箇所では走行安全性が低下し、これが近年の脱線事故の原因の一つとなっています。

見た目では大きな軌道変位が生じていないような箇所でも、車両走行時に動的に変形している場合があります。専用の軌道検測車では動的な軌道変位の不良箇所を抽出できますが、検測車が高価であるため地域鉄道や構内線、側線に適用するのは難しい側面があります。

そこで、検測の項目を通常軌道検測の対象とする5つの測定項目の中から、軌間(レールとレールの間隔)と平面性に絞り、より安価に動的な軌道変位を測定できる低コスト軌道検測システム(Track²er:トラックトラッカー)

を開発しています¹⁾。図3に示すように、本装置はセンサーユニットを営業車または保守用車に搭載して走行時に自動的にデータを取得する構成としています。これにより優先度をつけたまくらぎ交換が可能となり、線区の保安度を向上させることが期待されます。

保守上の弱点箇所の解消

ここでは、保守上多くの労力を要しているバラスト軌道やレールの保守に関するいくつかの取り組みを紹介します。

浮きまくらぎの抽出

バラスト軌道では、しばしば図4に示すようなまくらぎの浮きがみられます。浮きまくらぎは列車通過時の衝撃が大きい継目部や、橋台裏や踏切前後など支持構造が変化する箇所、路盤条件が悪い箇所でも多く発生します。そのような箇所では材料の劣化をとめない、軌道変位進みが速くなります。

浮きまくらぎそのものがすぐに安全

性を低下させるわけではありませんが、例えば夏季のレールの左右方向の著大な通り変位や、トンネル内の腐食レールの損傷などを引き起こす一因にもなります。そのため、そのような要注意箇所の抽出が容易にできれば、保守を優先的に行い異常を未然に防止することができます。

局所的な軌道変位の評価には、軌道検測データを加工した5m弦の軌道変位(レールに沿って5mの糸を張った場合の中央点のレールとの離れ)のデータ活用があげられ、浮きまくらぎ箇所の抽出のために現場で用いられていることもあります。

最近では、軌道変位の波形から自重解析を用いて浮きまくらぎの量や範囲を算出する手法を開発しており、本特集号で紹介しています(図5)。定量的な評価が可能となり、管理の効率化に寄与することが期待されます。

保守頻度の高い箇所の構造強化

浮きまくらぎ箇所ではバラストが細



図6 ポリマー安定処理工法の施工状況

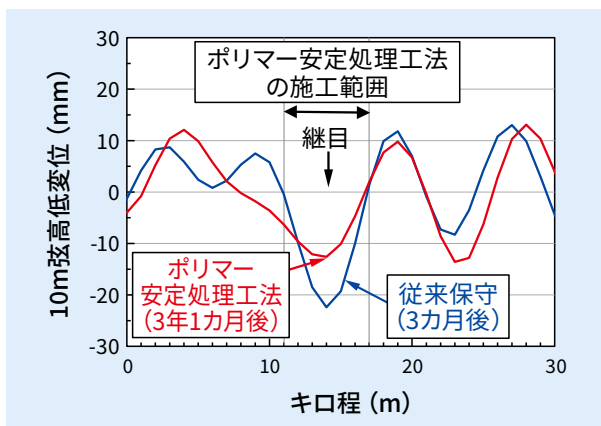


図7 ポリマー安定処理工法による軌道状態の改善例



図8 浮きまくらぎの自動補正装置

粒化し、路盤土の混入により排水性が悪化し、しばしば噴泥に至ります。

対策としては道床交換を行うことや、軟弱な路盤では路盤表層を良質な材料に置き換えるなどの路盤改良を行うことが推奨されますが、コストを要するため、ローカル線では十分な対策を施すことができません。

そこで、より低廉に補修する方法として、図6に示すような生分解性ポリマーによるバラストの安定処理工法を提案しています²⁾。本手法は経年で細粒化したバラストに、反応促進剤および生分解性ポリマーからなる補修材を混入することで、バラストの強度を高めてバラスト軌道の沈下を低減するものです。補修効果も確認され、現場に広く展開しています(図7)。

そのほか、浮きまくらぎそのものを

防止する方法として浮きまくらぎの自動補正装置(レベルキーパー)を実用展開しています(図8)。

橋台裏や踏切前後などでは、構造変化により局所的な軌道の沈下が生じますが、本装置では独自の機構により、装置がバラストの沈下に追従してレール高さを保持するため、軌道を安定して支持することができます。

レールへの衝撃の緩和

レール継目部ではレール端部が車輪によりたたかれて変形を生じ、バッターとよばれる局所的な落ち込みが形成されます。これにより、列車通過時の衝撃荷重が増大し、バラストの細粒化や軌道変位進みを助長します。

これに対しては、矯正によりレール端部を曲げ上げ、さらにレール削正を施すことにより頭頂面を平滑化し、衝

撃荷重を低減する方法も有効性が確認されています。

継目部の抜本的な解決策としてはロングレール化により継目をなくすことが望ましいですが、木まくらぎ主体の地域鉄道では、軌道の横方向安定性を確保するためのまくらぎの道床横抵抗力が不足します。そこで、これを低コストで実現するために、土砂混入バラストにセメントを加えて安定処理を行う増強工により必要な横抵抗力を確保する構造を提案しています(図9)³⁾。

ロングレール端では、通常レールを斜めに加工して接続する伸縮継目を用いて温度変化によるレールの伸縮を吸収しますが、これを低廉化した遊間付伸縮継目構造を開発しました(図10)。通過トン数の低い線区で使用することを想定しており、現在試験敷設中です。

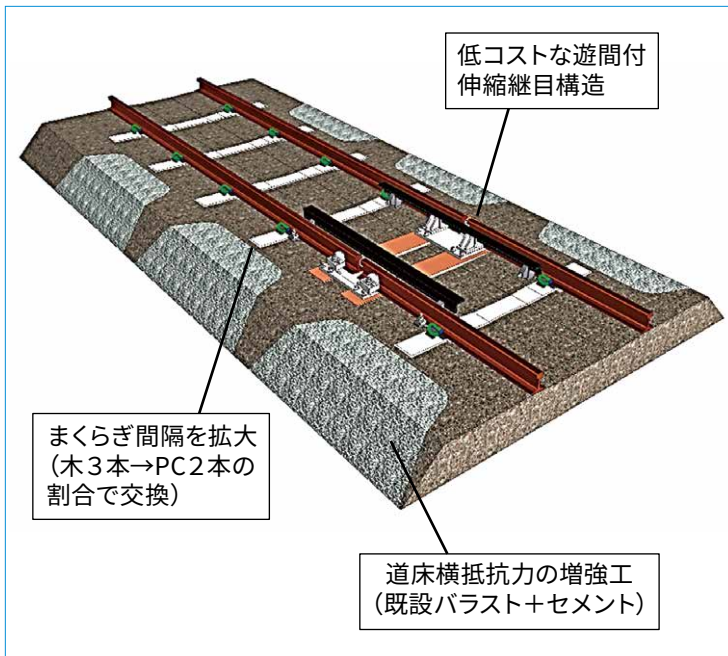


図9 低コストロングレール軌道



図10 遊間付伸縮継目構造

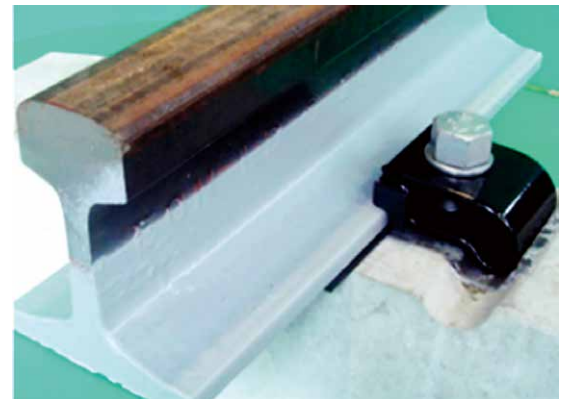


図11 レールの防食工法

なお、100m程度のレールを無遊間継目として接続し、その両端にこの装置を設置することにより、保守が必要な継目数を減らすことも可能です。

レール継目部については、コストが大きなハードルとなっており、低廉な補修方法をさらに追求していく必要があります。

レールの保守上の弱点箇所

レールの保守管理で手間がかかっている事象の一つとして波状摩耗があげられます。波状摩耗はレールの振動や騒音を増加させるため、とくに都市部などで定期的なレールの削正が行われています。多くの要因が絡み合う複雑な問題ですが、本特集号でもそのメカニズムの解明に向けた取り組みを紹介しています。

腐食環境下のレールの管理は腐食の程度の評価が難しいためしばしば早め

の交換が行われています。これに対しては超音波探傷によりレールの減肉の大きさを調べる手法があり、腐食の程度を大まかに判断することができます。

対策としてレールの防食工法を開発しています(図11)⁴⁾。本工法はレール締結装置との擦れによる防食塗膜の損傷に配慮し、耐久性を向上させています。

近年、さびの厚さに着目した測定法にも取り組んでおり、精度の高い評価手法やより廉価な防食工法に取り組んでいきたいと考えています。

おわりに

鉄道は多くの経験の中で信頼性の高い仕組みを構築してきました。一方で、社会を取り巻く環境の変化から最新の技術を用いて業務を改革していくことが必要となっています。弱点箇所の解

消は其中で鉄道を持続していくために欠かせない課題であり、今後とも取り組みを進めていきたいと考えています。

なお、本研究の一部は、国土交通省鉄道技術開発費補助金を受けて実施したものです。[RRR]

文献

- 1) 坪川洋友, 石川智行: 車両走行時の軌道の変形を診る, RRR, Vol.76, No.2, pp.20-23, 2019
- 2) 桃谷尚嗣, 中村貴久, 伊藤壺記: バラスト軌道の維持管理を低コスト化する, RRR, Vol.74, No.6, pp.12-15, 2017
- 3) 西宮裕騎: 地域鉄道に適したロングレール軌道構造の開発, 第329回鉄道総研月例発表会講演要旨, 2019
- 4) 細田充, 坂本達朗: トンネル内のレールの腐食を防止する, RRR, Vol.74, No.9, pp.12-15, 2017