

## 慣性正矢軌道検測装置のレール検出精度向上策の提案

石川智行 坪川洋友 大島崇史

慣性正矢軌道検測装置に用いられている2軸レール変位検出装置では、伸縮継目・分岐器等の軌道上の設備や降雨・降雪等の影響により、レールを正しく検出できなくなる光飛びと呼ばれる現象が発生しており、安定した軌道検測が行えないことが課題となっています。そこで、慣性正矢軌道検測装置のレール検出精度の向上のために、2軸レール変位検出装置に用いられているセンサの制御方式の改良およびレーザを投受光するためのガラス面への汚れの付着を防止する構造の提案を行いました。2軸レール変位検出装置の詳細な挙動を分析して、センサの制御方式の改良を行った結果、伸縮継目および分岐器の付近での光飛びが抑

制されていることを確認しました。また、ガラス面への汚れの付着を防止する構造については、現在運用されている装置にも着脱可能な汚れ防止カバーの設計検討を行い、流体シミュレーションと風洞試験により効果を確認しました。

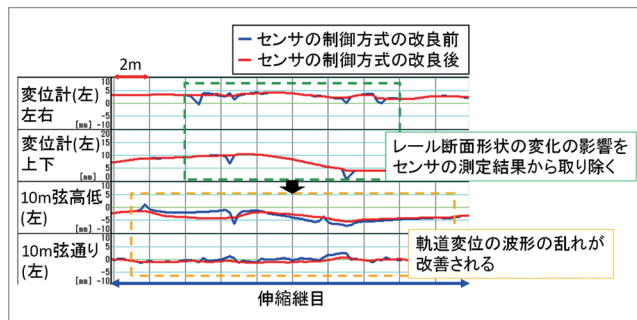


図 センサの制御方式の改良前後の波形の変化

## 理論・数値解析に基づくレール波状摩耗の成長機構と進展過程

網干光雄 田中博文

レール波状摩耗は、車両走行に伴ってレール頭頂面に規則的な波長の凹凸パターンが形成される現象で、振動や騒音の発生原因となっています。本論文では、理論解析モデルにより車両走行によるレール凹凸振幅の成長機構とその波長決定メカニズムを動力的観点から統一的に説明するとともに、数値モデルにより波状摩耗の進展過程を解析しました。その結果、凹凸振幅増幅係数が1以上で極大となる波長においてレール凹凸振幅が選択的に成長すること、波状摩耗の成長要因として、①軸距間でのレール波動の干渉、②軌道弾性支床の反共振現象、③軌道・車両全体系の反共振現象などによることを明らかにしました。また波状摩耗の進展過程として、形成期、成長期、飽和期の三段階

があると考えられること、さらに対策の方向性として、輪重変動や微小凹凸などの変動要因の抑制、摩耗進行の抑制、反共振現象の抑制、レール凹凸除去が挙げられることを示しました。

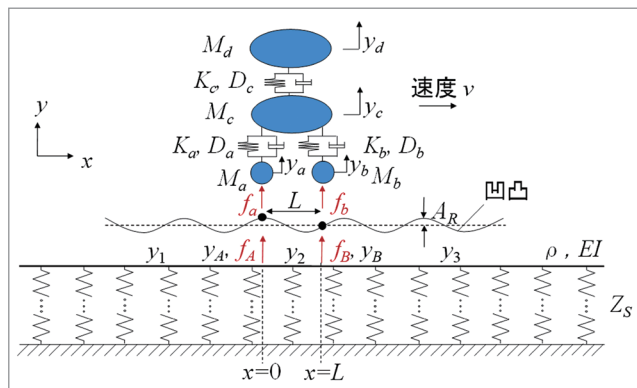


図 弾性支床梁とばね・質点系による解析モデル

## 営業線におけるレール波状摩耗の成長機構と進展過程の検証

田中博文 梶原和博 網干光雄

レール凹凸連続測定装置を用いて国内の営業線8路線15事例で波状摩耗の発生状況を計測し、理論解析結果と比較しました。その結果、営業線で確認された波状摩耗の波長は理論解析による計算値とほぼ一致することを確認しました(図)。また波状摩耗の成長要因として、①軸距間でのレール波動の干渉、②軌道弾性支床の反共振現象、③軌道・車両全体系の反共振現象によるものを特定しました。一方、波状摩耗の凹凸振幅が飽和傾向にある箇所があること、また高次の空間周波数成分が見られるなど、数値解析で予測した現象を現地でも確認しました。以上のことから、先に示した波状摩耗の成長機構と進展過程は妥当なものと考えられます。

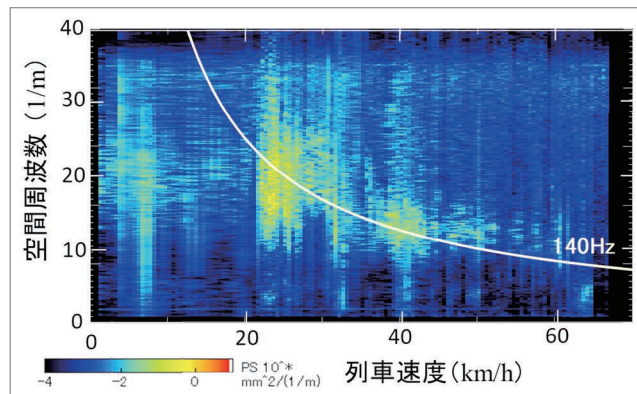


図 波状摩耗の空間周波数と列車速度との関係の一例  
※空間周波数は波長の逆数、図中の140Hzの曲線はこの事例における軌道弾性支床の反共振周波数を表します。

### 高繰り返し数領域の試験を反映した新たなレール交換周期

水谷淳 細田充 山本隆一

レールの疲労寿命は曲げ疲労試験によりレール発生応力と破断に至るまでの载荷繰り返し数の関係から推定されています。先行研究では、载荷繰り返し数200万回以下の領域における疲労強度に関するデータを蓄積してきました。しかしながら、実軌道ではこれよりも低い応力域(高繰り返し数領域)でレールが使用されています。より高精度な寿命推定を行うには実軌道により近い応力条件となる高繰り返し数領域での試験が必要となります。そこで、これまで実施されていない低い応力条件での曲げ疲労試験を実施し、一連の試験結果を用いて新たなS-N曲線を推定して、レール交換周期延

伸の可能性について検討しました。その結果、過去に推定したS-N曲線と比較して若干上回る傾向にあり、累積通過トン数によるレール交換周期延伸の可能性が認められました。また、定期的なレール削正によって更なるレール交換周期の延伸を図ることも可能です。

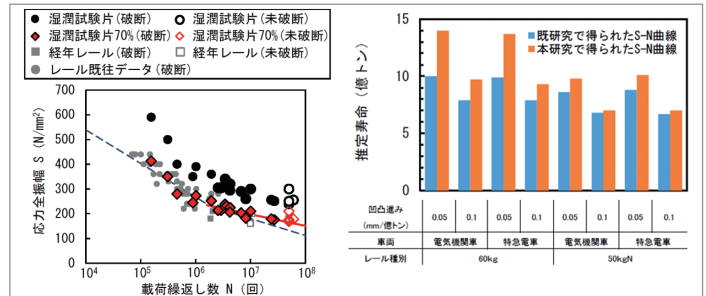


図 試験結果および寿命推定結果例

### 凍害環境下における経年PCまくらぎの性能評価

渡辺勉 後藤恵一 飯島亨 盛田慶

我が国にPCまくらぎが本格的に導入されてから50年以上が経過していますが、寒冷地などの凍害危険度の高い地域に敷設されたPCまくらぎについては、体系的な調査分析が行われていないのが実態です。そこで本研究では、これらの地域に敷設された経年40年程度のPCまくらぎを対象とし、凍害による劣化調査、耐荷力や耐凍害性評価に関する各種試験を行うとともに、数値解析により健全度に及ぼす各種パラメータの影響を評価しました。その結果、AEコンクリートを用いていないPCまくらぎは耐凍害性が低く、凍害による微細ひび割れやスケーリングなどの変状が散見され、特にレール位置断面においてこれらの変状が発生すると、曲げ耐荷力に関するJISの規格値を満足し

ないことなどが明らかになりました。以上の調査分析を踏まえて、凍害によるスケーリング範囲に着目した経年PCまくらぎの健全度評価方法の例を提案しました。

健全度	まくらぎの状態	措置の例
A	<p>PC鋼線露出 全体的にスケーリング・断面欠損</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PCまくらぎ全体にスケーリング、断面欠損が発生</li> <li>PC鋼線が露出</li> </ul>	交換
B	<p>スケーリング・断面欠損</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PCまくらぎ端部にスケーリング、断面欠損が発生</li> </ul>	経過観察
C	<p>スケーリング</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PCまくらぎのこく一部にスケーリングが見られる</li> </ul>	経過観察

図 スケーリング範囲に着目した経年PCまくらぎの健全度評価方法の例

### まくらぎ直結軌道用伸縮継目の弾性支持構造の提案

清水紗希 及川祐也 弟子丸将 本村裕基 佐藤慎司

まくらぎ直結軌道用伸縮継目は、新幹線のスラブ軌道区間におけるロングレール端で使用されており、まくらぎをコンクリート道床で直接支持する構造となっています。基本的な構造はバラスト軌道用のものと同様で、レールの温度変化に伴う伸縮を吸収する機能を有しています。まくらぎ直結軌道は、バラスト軌道より剛に支持されている一方で、新幹線のスラブ軌道区間では低弾性のレール締結装置が採用されていることから、前後の一般区間と軌道の支持ばねに大きな差が

生じています。そこで、まくらぎ直結軌道用伸縮継目に適用できる弾性支持構造を開発しました。

弾性支持構造は床板の下に弾性材を配置し、板ばねで締結した2重弾性締結方式です。前後の一般区間(スラブ軌道、30MN/mの軌道パッドを使用した直結8形レール締結装置)と同等の軌道支持ばねを実現しています。また、現行品と置き換えが可能で、床板から上部は現行品のままです。

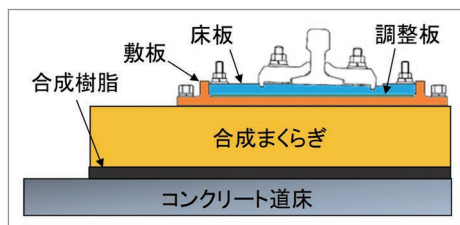


図1 まくらぎ直結軌道と現行の伸縮継目の支持構造

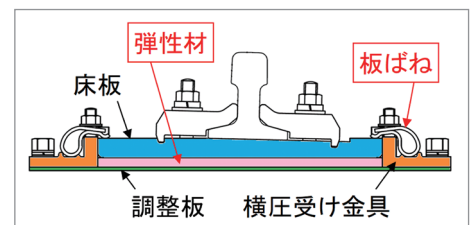


図2 弾性支持構造

## 既設線省力化軌道と同時に施工可能な路盤改良工法の開発

伊藤孝記 桃谷尚嗣 木次谷一平

軟弱な路盤上に敷設された既設線省力化軌道の一部では、雨水の排水不良等により、供用後数年で補修が必要となる場合があります。これまでの経験から既設線省力化軌道を新たに敷設する際は、排水設備の設置が必須とされているものの、軟弱路盤への対策として有効であると考えられる路盤改良については実施されていない現状があります。その理由として、既設線省力化軌道の施工と同時に施工可能な路盤改良工法が無かったことが挙げられます。

そこで、本研究では上記を解決するため、グラウト充填路盤改良工法（あと充填方式）を開発しました。さらに、実物大軌道模型を用いた繰返し荷重試験および路床土の繰

返し三軸圧縮試験を行い、路盤改良後の既設線省力化軌道の変形特性を把握しました。その結果、繰返し三軸圧縮試験から求めたひずみの推定式を適用することで、路盤改良を適用した場合の既設線省力化軌道の塑性沈下量を概ね評価できることを確認しました。

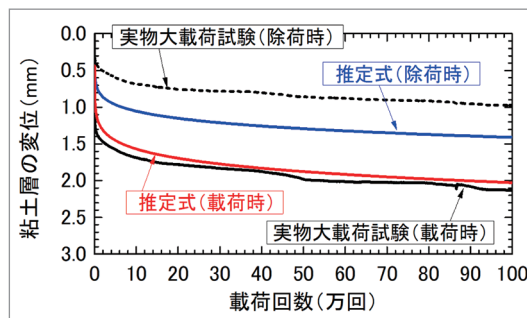


図 実物大荷重試験と推定式の変位の比較

## 高減衰スラブ軌道による高速走行時の地盤振動の低減効果

瀧上翔太 渡辺勉 横山秀史 高橋貴蔵 桃谷尚嗣

将来的に新幹線の走行速度がさらに増加した場合、周辺へ伝播する騒音や振動が増加する可能性があります。特に地盤振動の発生については車両、軌道、構造物および地盤等の複数の要素が関係しており、総合的な対策が求められます。本研究では、軌道による地盤振動対策を対象として、速度向上時に地盤振動レベルが現状以下となる軌道構造（以下、高減衰スラブ軌道）を提案するため、解析的および実験的な検討を行いました。車両走行時の地盤振動を再現可能な3次元動的応答解析モデルにより、地盤条件に応じて、走行速度を400km/hに向上しても地盤振動レベルが現状以下となる高減衰スラブ軌道の諸元を確認しました。また、大型起振機による実物大軌道の定点加振試験

を行った結果、高減衰スラブ軌道は普通スラブ軌道と比較して10Hz以上の周波数帯において地盤振動レベルが20～30dB低下することを確認しました。

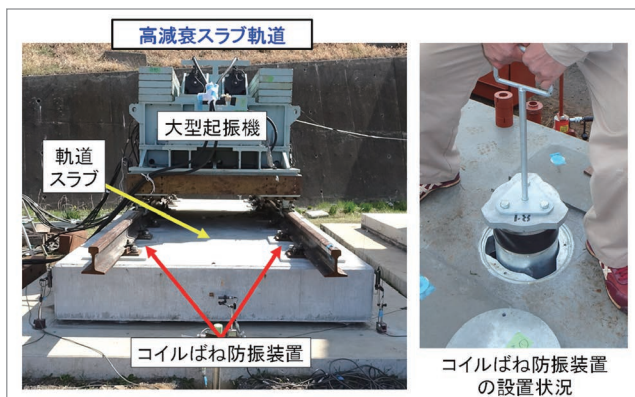


図 実物大軌道の加振試験

## GISデータを使用した広域レール温度予測法

浦川文寛 渡辺勉 木村成克

軌道座屈防止のためにはレール温度管理が重要となります。近年の温暖化に伴い、レール温度は上昇傾向にあると想定されます。他方、実線路では建物等の陰によるレール温度の低下が想定されます。これら気象及び地理的要因がレール温度に及ぼす影響を明確化し、レール温度管理に反映させるため、GISデータ（地形、建物、線路）と気象データ（気温、湿度、日射、風速）を入力値とした熱収支解析と熱伝導解析から、レール温度の日変動を1mピッチ、10分間隔で予測するシステム（右図参照）を開発しました。

予測精度の検証のため、営業線にてレール温度分布を測定し、予測値と比較しました。日陰箇所では周囲と比較して15℃前後のレール温度低下が観測されましたが、予測

計算でもこれを再現できました。また、レール温度の日変動についても、測定値と予測値がよく一致し、日最高温度を誤差2℃以下で予測することができました。

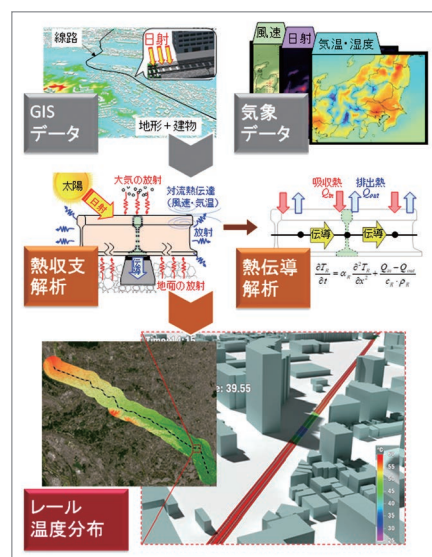


図 レール温度予測システム