

任意の線形に対応した架線およびパンタグラフモデルの開発

小山達弥 長尾恭平 池田充

架線・パンタグラフ系の動的挙動解析シミュレーターは、架空電車線やパンタグラフの設計、開発を行う上でなくてはならないツールであり、種々な改良が継続的に行われてきました。しかし、これまでに開発されたシミュレーション手法は全て直線区間を前提としたものであり、架線の左右偏位は再現可能であるものの、曲線区間などの任意の軌道形状に対してはシミュレーションを行うことができませんでした。そこで、従来の架空電車線の静構造計算アルゴリズムを改良し、任意の軌道形状に対する架線の3次元有限要素モデルを作成するプログラムを作成しました。また、従来のパンタグラフモデルを改良し、構成要素の弾性

変形やねじり変形などを考慮可能な3次元のパンタグラフモデルを作成しました。本稿では、開発した3次元の架線モデルおよびパンタグラフモデルについて概説するとともに、これらを用いた計算事例を紹介します。

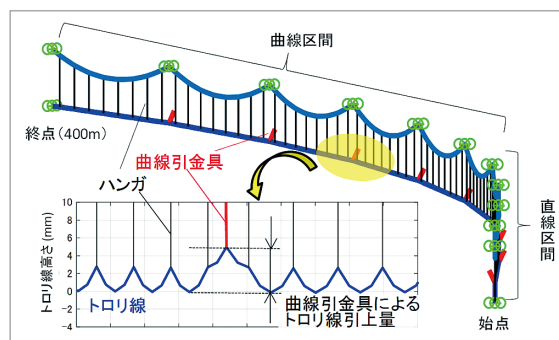


図 曲線区間上の架線モデル

多自由度架線モデルを用いた集電系ハイブリッドシミュレーション手法

小林樹幸 山下義隆 白田隆之 David P. STOTEN

架線とパンタグラフ間の動的相互作用を考慮した上でパンタグラフの性能を実験室レベルで評価できる試験手法である、集電系ハイブリッドシミュレーション (HS) 手法を開発しました。HSとは実機パンタグラフ、リアルタイムシミュレータおよび加振装置とを組み合わせた試験手法であり、架線の数値計算をリアルタイムに実行し、その結果に基づいて加振装置が架線の振動を再現するものです (図1)。本報告ではパンタグラフの走行に伴い架線に作用する接触力の移動を

表現可能な架線モデルへDynamically Substructured System (DSS) 手法を適用することで、従来よりも高精度かつ安定的に動作するHS手法を実現しました。通常集電系のシミュレーション結果とHS試験結果を比較することで、ハンガ到来周波数である約20Hzまでの周波数範囲において集電系の動的挙動を高精度に表現できることを示しました (図2)。

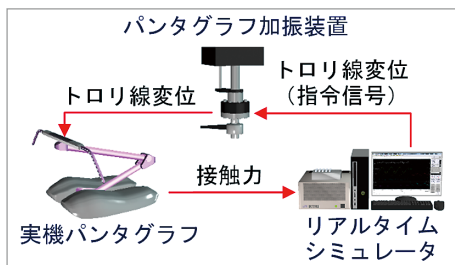


図1 DSSを用いることで安定的に動作する集電系HSの概念図

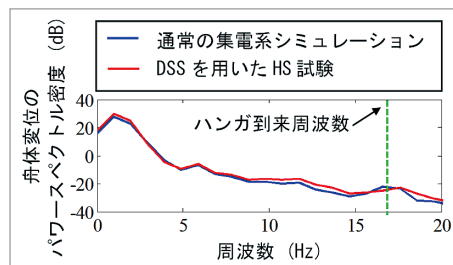


図2 通常集電系シミュレーションとHS試験の比較

輪重減少抑制台車の実用速度域での性能確認

鈴木貢 土井久代 中嶋大智 田中隆之 本堂貴敏 遠竹隆行

車輪がレールから外れる脱線現象の一つの形態に乗り上がり脱線があります。乗り上がり脱線は、車輪とレールの間に作用する輪重と横圧の大小関係がある一定の状態になると発生危険性が増大すると考えられています。この乗り上がり脱線を防止するためには、輪重を小さくさせないこと、横圧を大きくさせないこと、が重要です。輪重を小さくさせないこと、つまり輪重減少を抑制することで、乗り上がり脱線を防止するという観点から、輪重減少を抑制可能な構造を有する在来線用台車を試作しました。これまでに、鉄道総研の車両試験台および所内試験線において基本性能を確認する試験を実施してきました。次の開発ステップとして、実軌道上における実用速度域での輪重減少抑制台車の台車性能を調査す

るため、外部の試験線において走行試験を実施しました。試験の結果、急曲線出口側緩和曲線部における輪重減少抑制台車の輪重減少率は、一般的な構造の台車に比べ実用速度域においても約3~4割程度小さくなることを確認しました。併せて、輪重減少抑制台車の実用速度域での振動乗り心地、走行安定性を調査し、一般的な構造の台車と同程度であることを確認しました。

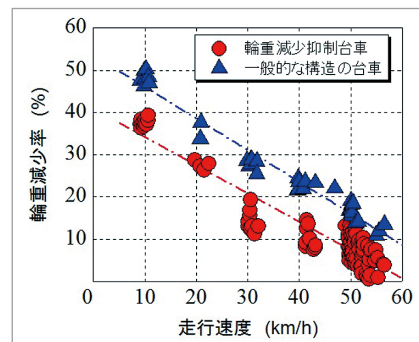


図 外部試験線の急曲線出口側緩和曲線部での輪重減少率の比較
曲線半径160m, カント107mm, 緩和曲線長60m

サーモグラフィカメラを用いた車輪とレールの接触位置の特定

山本大輔

走行中の車輪とレールの接触位置を知ることが、車両の運動特性を詳細に理解する上で必要です。しかしながら、接触位置を確認するには視線をレール面高さまで下げる必要があります。走行中は軌道設備との接触が懸念されるため確認することができませんでした。本研究では、文献で提唱された、接触位置で生じる摩擦熱の残像をサーモグラフィカメラで熱画像として可視化し目視で判別する方法を参考に、正しい接触位置を得るのに必要な機器の設置方法および熱画像をくし歯状の校正目盛りで数値化し接触位置を計算機上で精度良く特定する手法を新たに提案しました。さらに、車輪とレール

の接触位置特定実験を所内走行試験で実施した結果、曲線など車輪とレールの間にすべり摩擦力が生じる条件で、直射日光の影響が小さく、接触位置周辺の表面温度が低く温度むらが少ない環境のとき、走行中の内外軌の車輪とレールの接触位置を精度良く特定できることが分かりました。

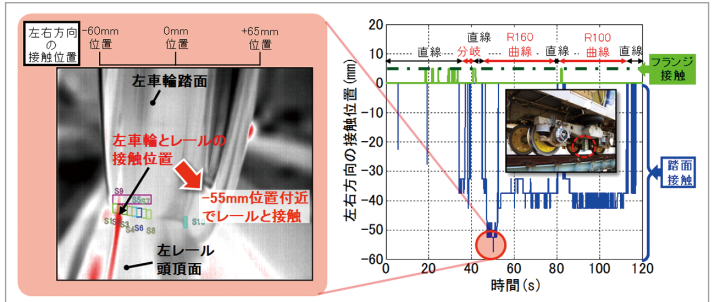


図1 走行中の左車輪(内軌側)のレールとの接触位置

加振周波数に着目したまくらぎ底面粘弾性材の道床振動抑制効果の評価

河野昭子 鈴木実 浦川文寛

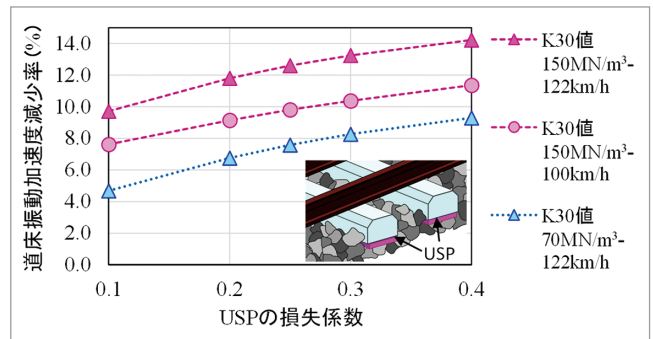
近年、有道床弾性まくらぎの底面材(以下、USP)に、発泡ゴム(ウレタン)を使用した新たな弾性まくらぎの導入が進められています。

この発泡ゴム製USPは低反発な粘弾性体から成り、バラスト碎石の食い込みに対して適度な塑性変形を許容することで、まくらぎ底面と道床バラスト層の接触面が安定化する特徴を有しています。よって、発泡ゴム製USPによる道床沈下・劣化の抑制効果を検証する上では、USPの変形速度や外力の周波数に着目する必要があります。

そこで本研究では、USP材の動的粘弾性を考慮した材料物性・特性を評価し、加えて、道床バラスト層内部の挙動に与える影響について、加振周波数に着目した実験や車

両走行速度に着目した解析を行いました。

その結果、発泡ゴム製USPは道床振動加速度の低減効果が大きく、特に車両走行速度が速く(解析条件の最高速度は122km/h)、路盤剛性が高い条件において効果が顕著で、解析条件により10%以上の減少率を示す結果が得られました。



荷重環境の実態調査に基づく低廉な縦まくらぎの開発

渡辺勉 箕浦慎太郎 面高陽紀 神津大輔

近年の車両の軽量化、ロングレール化、軌道および車両整備技術の向上等によりまくらぎに対する荷重環境が改善されているという報告があります。このことを踏まえて、本研究では、在来線の直線ロングレール区間を対象とした輪重の長期計測を実施し、まくらぎに作用する荷重環境の実態を調査しました。その結果、縦まくらぎの使用性の設計照査に用いる変動輪重係数として、機関車が走行する線区では2.0を、比較的軽量の通勤車両のみが走行する線区では1.6を新たに提案しました。これらの変動輪重係数とパラメータ解析の結果を踏まえて設計条件を変更した、従来のラゲーマクラギの断面高さ(165mm)よりも10mmおよび20mmだけ薄型化した2種類の縦まくらぎを開発しました。これらの

縦まくらぎを鉄道総研試験線内に敷設し、列車走行試験を実施した結果、PC3号まくらぎに比べて25%程度動的上下変位の抑制効果があることなどの基本特性を把握しました。

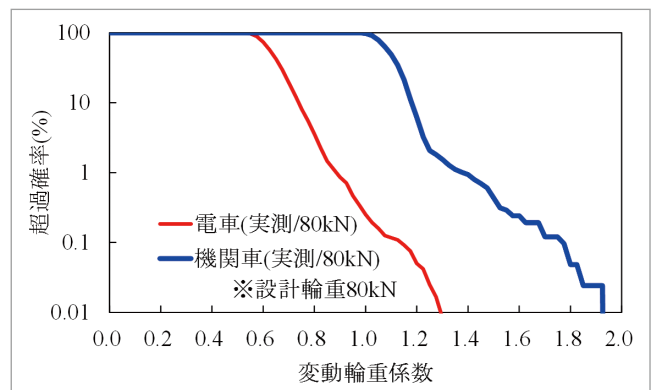


図 直線ロングレール区間における荷重環境の実態調査の結果

遠隔非接触計測による鉄道橋健全度の評価手法の開発

上半文昭

鉄道総研では、鉄道橋の健全度検査に、レーザードップラー振動計 (LDV) や無人航空機 (UAV) による遠隔位置からの非接触測定技術を応用することで、高所作業や線路内立入作業を省略し、検査を効率化する手法の開発に取り組んでいます。本報告では、既開発のLDVとUAVをさらに改良し、鉄道橋健全度の評価技術の向上と適用対象の拡大に向けた検討を行いました。LDVでは、長大橋計測用に開発した長距離型Uドップラーに、遠方に位置する測定対象を自動視準する機能を加える改良を施し、熟練者が測定を行う場合との比較で作業効率を約2倍向上しました。UAVでは、鉄道橋の桁下部検査用に開発した構造物検査用UAVに鉄筋探査機能を

追加し、コンクリートの剥落や内部鉄筋腐食の影響因子となるかぶり厚さを遠隔位置から測定できるようにしました。また、LDVとUAVを用いてコンクリートの強度や剛性と相関がある弾性波速度を遠隔測定する手法も提案しました。

なお、本研究の一部は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

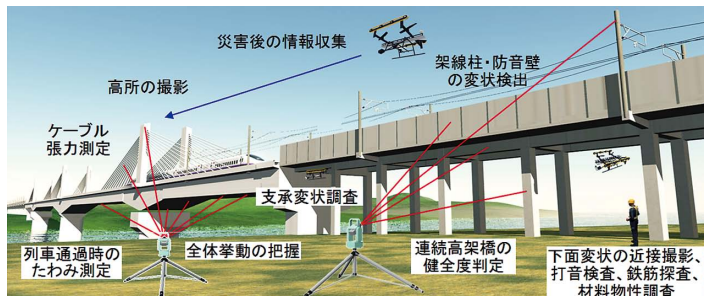


図 遠隔非接触計測による鉄道橋健全度の評価手法

大規模数値解析による鉄道駅舎に対する津波挙動の再現

室谷浩平

従来の3次元の津波解析で大きな問題になるのは、解析対象範囲の流入流出境界条件です。実際の津波は、数km～数十kmの幅の波が数十分以上もかけて押し寄せてきます。さらに、震源における断層のすべり量、海底と地上の地形、地上構造物の配置などの多くの要素が複雑に絡み合い、解析対象である地上構造物に対する津波の挙動を正確に再現することは困難とされています。そこで、本研究では、津波波源から対象となる地上構造物までを、マルチスケールに3段階に分けて解析を行う手法を開発し、津波がどのように市街地に押し寄せ、鉄道構造物がどのように被害を受けるかを評価することが可能となりました。解析例として、津波により周辺の殆どの構造物が倒壊する中、気仙

沼市街地の鹿折唐桑駅が津波による浸水被害を受けたにもかかわらず、ほぼ原型を留めて倒壊を免れた理由についての検証と考察を行います。

なお、本研究の一部は、JSPS科研費JP26390127の助成を受けたものです。

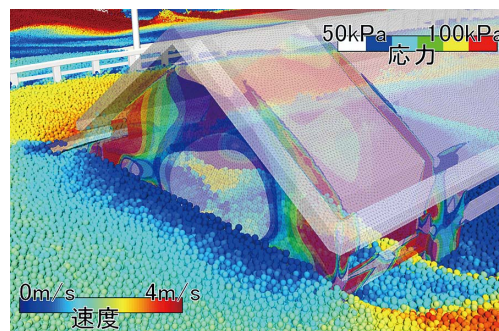


図 粒子法による津波解析と有限要素法による駅舎の構造解析の結果