

メンテナンスの革新

佐藤 勉

研究開発推進室
(主管研究員
将来指向課題リーダー)

土屋 隆司

輸送情報技術研究部
(部長)

舘山 勝

構造物技術研究部
(部長)



さとう つとむ



つちや りゅうじ



たてやま まさる

はじめに

安全で安定した鉄道サービスを提供するためには、多数の鉄道設備や構造物のメンテナンスを継続的かつ的確に実施することが求められます。鉄道のメンテナンスの重要性はますます高くなっており、鉄道設備や構造物の長寿命化、検査・対策の効率化などのコスト低減への要請も大きいと言えます。

鉄道のメンテナンスに関する研究開発は、これまで劣化・損傷メカニズムの解明、検査・診断技術の精度向上、効率的な補修・補強技術、メンテナンスフリー構造の開発と材料の長寿命化に関するものなどが行われてきました。最近では、IT技術の利用による検査の自動化・省力化、さらには設備の状態監視といった研究開発が各分野で行われつつあります。

鉄道総研では、2010年度から2014年度までの現基本計画 RESEARCH2010 における将来指向課題として、5つの大課題に取り組んでいますが、このうち「メンテナンスの革新」では、各種鉄道設備や構造物の健全性の維持とメンテナンスコストの低減を目的として、「新しい状態監視保全技術」と「構造物のリニューアル技術の革新」の2つの個別課題を設定しています。「新しい状態監視保全技術」では、新しいセンサ技術などを用いたメンテナンス対象物の状態監視手法や異常検知・診断方法などに関する研究を行う予定です。また、「構造物のリニューアル技術の革新」では、老朽化が進んだ構造物の再生や駅の高度利用・空間創造のため大規模改良を必要とする構造物のリニューアル技術に関する研究に取り組めます。(図1)

以下に、個別課題それぞれについて、研究計画の概要を紹介いたします。

新しい状態監視保全技術

鉄道総研では、これまでも様々な設備を対象とした個別センサの開発、および伝送方法、データベースなど共通して利用可能なモニタリングシステムの研究を行ってきました。その中では、主に、設備の特定部位や変状箇所に焦点を絞ったモニタリングおよび地上設置のセンサによるセンシングなどについて研究してきましたが、設備全体の状態を継続して監視することや、軌道・電車線などに対しては車上からのセンシングも、メンテナンスの効率化のためには有効と考えられます。モニタリングシステムの運用の観点からは、大量のセンサを含む実運用規模での適応性の確保も課題と言えます。また、これまでに開発してきた各種センサの計測精度の向上、対象物の動的な挙動の計測技術の確立や、計測データに基づく状態変化予測が必要な場合もあり対象設備に特化した検討の深度化も求められています。

「新しい状態監視保全技術」では、鉄道設備の状態変化を中長期にわたって継続的に監視するため、センサの耐久性向上および更新作業の容易化を図るとともに、保守情報ネットワーク設計・運用の最適化技術、さらに各設備の状態変化のモデルに基づく経年変化予測法を検討し、監視頻

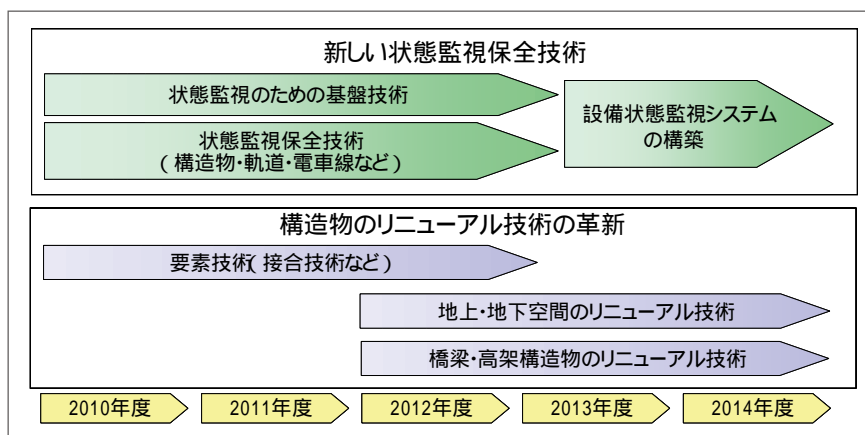


図1 「メンテナンスの革新」全体計画

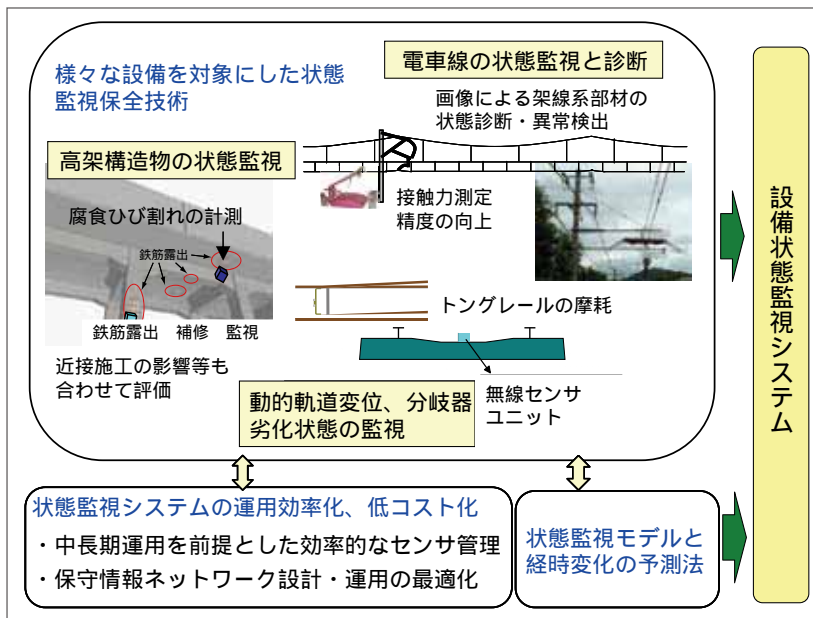


図2 新しい状態監視保全技術

度の適正化など、合理的な保全手法の提案に繋がたいと考えています。(図2)

高架構造物の状態監視

老朽化した鉄道高架構造物の健全度診断を効率的に実施するためには、構造物の状態を精度良く監視することが重要です。高架構造物の状態監視は、屋外にて長期間の状態把握が必要となります。そこで、この研究では、既設の高架構造物の健全度評価の精度を向上させることを目的として、高架構造物の経時変化に伴う変状因子を抽出し、変状因子を把握するための耐久性に優れたセンサの開発、および近接施工などの影響による周辺条件の変化も含め、高架構造物の経時変化を捉えた状態監視システムの構築を目指します。

軌道の動的変位、分岐器の劣化状態の監視

線路近接工事箇所や軌道弱点箇所などを重点的に監視する場合には、軌道の静的な変位に加えて列車通過時の動的変位を監視することが有効と考えられます。この研究では、地上側で軌道の動的変位を簡易に監視するシステムを開発し、合理的な力学モデルを適用することで、軌道や路盤の状態を精度よく評価することを目的としています。

また、分岐器においてトングレールの摩耗は走行安全性の観点から重要な検査項目ですが、現状の人力による摩耗管理には多くの労力を要しています。そこで、車上から摩耗状態をモニタリングすることで検査の効率化を図ることができると考えられます。また、材料の損傷や緩みなどの取り付け状態をモニタリングすることにより、検査精度の

向上を図ることができます。分岐器におけるトングレール摩耗など、材料劣化状態のモニタリング方法を開発し、安全性の向上および検査の効率化を目指します。

電車線の状態監視と診断

近年、産業界の様々な分野で異常状態の検出や日常の保守に、画像解析を用いた手法が導入されつつあります。電車線設備では、トロリ線を除いて導入事例がほとんどないのが現状です。電気検測車で検測できない設備に関しては、保守要員が巡回または至近距離での検査において目視・打検査などにより異常の判別を行っています。保守要員の手作業による検査を代替可能な計測システムがあれば、検査の省力化、検査周期の高頻度化が可能となります。画像の

撮影、記録、解析の技術は年々進歩しており、今後はこのような手法が広く普及すると考えられます。そこで、この研究では、線条や金具類の画像解析を活用した監視システムを構築し、車載することを目標とし、実用化へ向けた要素技術の開発を行う予定です。

また、架線・パンタグラフ系にかかわる動的挙動の計測精度向上、動的挙動の数値予測精度向上も必要です。鉄道総研では、接触力を捉えることによって架線の劣化、損傷を診断、推定する手法を開発し、これをメンテナンスに活用する研究を進めてきたところです。これらをより有効なものとするため、接触力測定に基づく電車線状態診断手法の精度向上および接触力の数値予測手法の精度向上を行い、より効率的で合理的な電車線メンテナンス手法の提案に繋がたいと考えています。

設備状態監視のための保守情報ネットワークの設計

この研究では、センサデータの収集・伝送のための保守情報ネットワーク設計の最適化を図るとともに、センサの更新に柔軟に対応可能なセンサ管理手法、中長期にわたる継続性のあるデータ管理を実現するデータアーカイブ技術の開発を目指します。

従来のセンサネットワークの研究では、各機器の消費電力といった単一評価指標による最適化が主流でした。しかし、鉄道現場への適用にあたっては、ネットワークの導入から運用までを考慮したトータルでの検討や、経済性、信頼性などの複数指標を考慮した最適化も重要です。このような複雑な最適化問題に対して、その解法アルゴリズムを

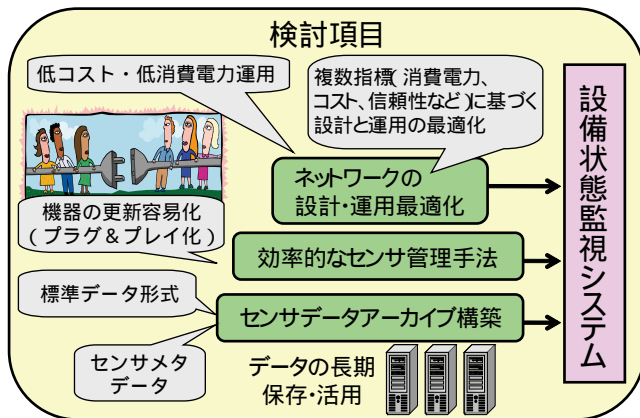


図3 設備状態監視のための保守情報ネットワークの設計

開発することができれば、費用対効果の高い保守情報ネットワークの実現に資することができます。

また、センシング対象である設備に比べてセンサの寿命は相対的に短く、技術進歩によるセンサの更新の可能性が高いこと、時間経過とともに対象設備を取り巻く環境や測定条件が変化する可能性もあることなどから、異なる仕様（計測方法・精度など）のセンサや異なる測定条件下で取得したデータを長期にわたって整合性のあるデータとして保存・管理するための仕組みも求められます。さらに、センサの接続や更新をより簡単に行うことができるセンサ管理手法（例えば、センサのプラグ&プレイ化）の構築も必要と考えられます。（図3）

観測データに基づいて、各種設備の経年変化を規定する数理モデルを構築し、センシング頻度・タイミングなどをより適切に設定することも必要です。さらに、状態監視システムの信頼性確保のためには、センサや中継機器を含めた状態監視ネットワーク自体の自己診断機能も必要です。これらも視野に入れた状態監視システムの検討を行う予定です。

構造物のリニューアル技術の革新

これまで老朽構造物に対しては、検査による監視を行い、劣化や損傷が進む部材に対しては補修による延命化処置を施し、さらに老朽化が進んだ場合には機能回復の観点から部分的補強や取り換えが行われてきました。また、これらに対応するため、鉄道総研でもトンネルや高架橋、鋼橋などを対象とした補修・補強マニュアルの整備などを行ってきました。

しかしながら、既設構造物の機能や性能の大幅向上を目

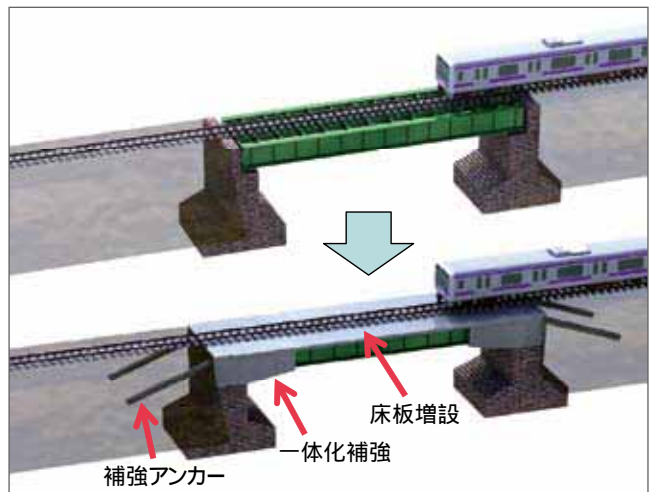


図4 鋼橋・橋台のリニューアル技術の例

的とした、大規模リニューアル技術は今のところ確立されているとは言えません。特に、構造形式を変更することにより発生応力を大幅に低減させる技術や、プレキャスト部材や異種部材を利用したリニューアル技術に関しては、設計・施工法の検討が不十分な状況です。また、地下空間、ホーム空間の高度利用も視野に入れた、既設地下駅の切掘り技術や駅旅客ホームのシェルター化技術などについても検討が必要と考えられます。

「構造物のリニューアル技術の革新」では、老朽化の進んだ鋼橋と橋台を構造変更し延命化を図る技術や、高架構造の柱などの部分取り替え技術、床版・梁などの補強技術を提案する予定です。また駅部においては、地下空間、ホーム空間の高度利用も視野に入れたリニューアル技術の提案を目指します。

鋼橋・橋台のリニューアル技術

在来鉄道の鋼橋の中には、建設から100年を超えるものもあり、半数以上が50年以上経過しています。老朽化が進むことで、災害に対して脆弱となりやすくなることから、簡易で効果的な鋼橋の延命化技術の開発が必要と考えられます。

このような問題を解決するため、仮線の構築や架け替えなどを行わず、営業線下で、老朽鋼橋をそのまま存置した状態で、橋桁と橋台躯体、さらには背面盛土との一体化を図ることにより、鋼橋の再生と合理的な強化を図ることができる工法の開発を目指します。工法開発に向け、接合部の各種性能確認試験や設計施工法の検討を進める予定です。（図4）

コンクリート高架橋のリニューアル技術

これまで経年劣化したコンクリート高架橋に対しては、

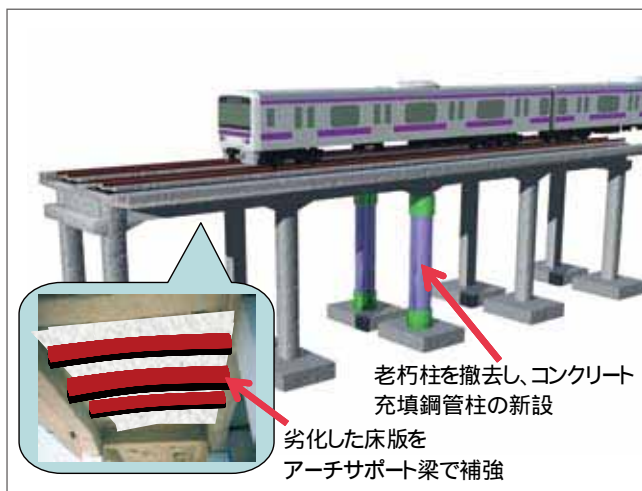


図5 コンクリート高架橋のリニューアル技術の例

部分的な補修や補強が行われてきましたが、再変状を生じる場合も見られます。また、さらに老朽化が進むと部分的な処置では対処できなくなることも予想されます。このように老朽化が著しい高架橋への対策としては、従来の補強方法とは異なった、抜本的で大規模なリニューアル化が求められます。

そのため、経年劣化したコンクリート高架橋を対象として、既設部材同士の接合技術やプレキャスト部材を用いた接合技術を用いた大規模リニューアル技術を開発するとともに設計施工法の提案を目指します。(図5)

地上・地下空間のリニューアル技術

近年、駅空間の機能向上のため、駅施設を大規模に改良(取換え・改築など)するニーズが増えています。そこで、駅部プラットホーム空間の大規模リニューアル技術として、省メンテナンスおよび快適性に配慮したシェルター型プラットホームの開発などに取り組みます。現状のホーム空間は半屋外であることから、雨や雪の吹き込みがあるとともに、特に夏季や冬季においては快適な空間とはなりにくく、転落事故などの危険性や、列車風を受けるなど旅客が不快に感じる要素も残されています。シェルター型ホーム空間は、これらの課題解決に有効であると考えられます。

また、駅部などの地下空間においても、駅機能の複合化や避難経路の確保などに伴い、既設の地下空間を拡張することがあります。この場合、改良時の設計では、既設構造物の作用荷重、応力状態、劣化状態などが十分考慮されていないのが現状です。そのため、既設地下構造物の状態を定量的に評価する方法を提案し、新しい設計法とリニューアル技術の構築を目指します。(図6)

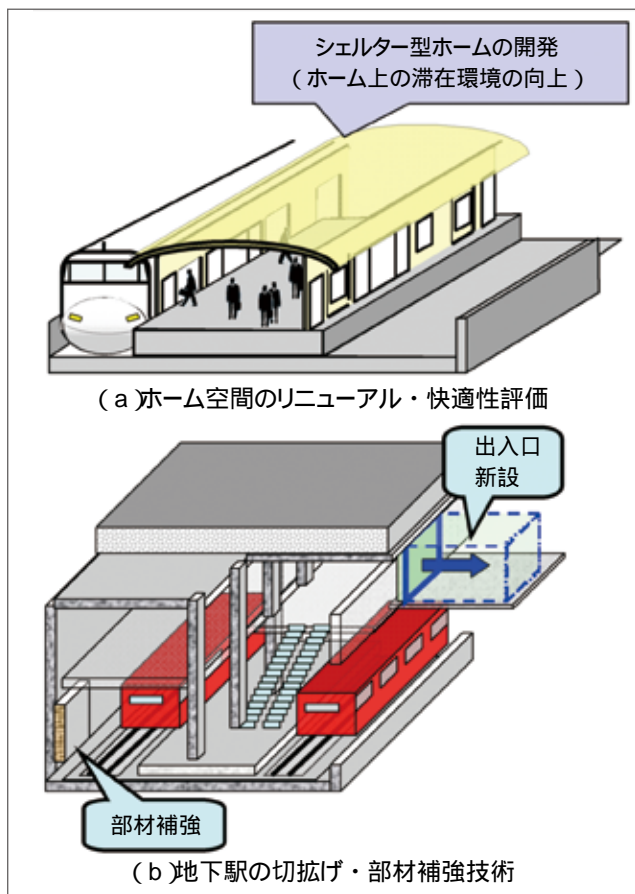


図6 地上・地下空間のリニューアル技術の例

おわりに

メンテナンスにおいては、技術者不足ならびに技術継承は大きな問題ですが、これらに対処するためには、検査のシステム化・省力化を推進することも必要です。しかし、様々な設備を対象としたモニタリングシステムは、計測技術の確立や計測データに基づく状態変化の予測が必要であり、対象設備ごとに検討の深度化が求められています。

また、構造物の構造形式を変更する技術やプレキャスト部材などを利用した老朽化した構造物の再生化、さらには既設地下駅の切詰めやホームの機能向上など、構造物の性能の大幅向上を目的とした大規模リニューアル技術は、今後一層必要になる技術と考えられます。

メンテナンスに関する研究は、現場の実態をよく理解し、実態に即した情報に基づいて進めていくことが特に重要と認識しています。このため、日常メンテナンス業務に努力されている鉄道事業者の皆様のご協力が必要であるとともに、現場データなどの情報が不可欠であると考えています。今後とも、ご支援を頂けますよう宜しくお願い致します。

RRR