

30周年を迎えた鉄道総研の研究開発

低コスト化



佐藤 勉

Tsutomu Sato

研究開発推進部
主管研究員

【専門分野】コンクリート工学

鉄道は、安全性・利便性向上のための設備投資の割合が高く、多くの設備のメンテナンスを効率的に実施することが必要となるため、その低コスト化は重要な課題です。鉄道総研の基本計画RESEARCH2020における4つの研究の方向の1つである「低コスト化」に関する研究開発としては、メンテナンスの効率化、車両・設備・材料の長寿命化、補修法・リニューアル技術、新しい構造の開発などに取り組んできました。ここでは、これまでの研究成果を踏まえながら、現在の研究の取り組みと今後の展望を紹介します。

鉄道における低コスト化の必要性

鉄道システムは膨大な設備群から構成されており、これらの製造・新設やメンテナンスにかかるコストの低減は鉄道運営にとって非常に重要です。鉄道統計年報によると、鉄道の営業経費の構成は図1¹⁾に示す通りで、その中でもメンテナンス費(車両・電路・線路保存費)の割合は約38%と高く、電路と線路の地上設備の保存費だけでも約26%を占めています。今後の人口減少社会において鉄道利用者数の大幅な増加が期待できないことを考慮すると、鉄道におけるメンテナンス費の低減は、重要な課題であるといえます。

また、鉄道構造物のストック量は、トンネルが約4700本、橋りょうが約10万橋に及び、建設からの経過年数は平均で約60年となっています。道路などの社会基盤施設が約30年であることと比較すると、鉄道構造物の経年が進んでいます²⁾。鉄道構造物の建設は、戦前と高度経済成長期に2つのピークがあり、1つ目のピークである戦前に造られたものについては、100年といった当初の設計耐用年数を超えているものも数多くあります。このような構造物の取り替えには多大なコストが必要となります。一方、長い年月を経たものでも健全な状態にあるもの

から各種の変状が生じているものまで、個々の構造物で健全性が異なっているため、効率的で的確な検査診断技術や低コストなリニューアル技術の開発が求められているといえます。

鉄道総研では、年間300件程度の研究開発テーマを実施していますが、そのうち安全性の向上に関するテーマが約45%、低コスト化が約25%、利便性の向上が約15%、環境との調和が約10%、共通基盤技術の高度化が約5%といった構成比率です。低コスト化に関する研究開発テーマとしては、2015年度において図2に示すような研究の分類と構成比になっています。図2からわかるように、保全業務の効率化、車両・設備・材料の長寿命化、補修法・リニューアル技術といったメンテナンスに関わるテーマが低コスト化全体の70%以上を占めています。このように鉄道総研では、メンテナンス費の低減に重点を置いて研究を実施しており、鉄道営業経費に占めるメンテナンス費の割合が高いことを考えると、今後もその傾向は変わらない

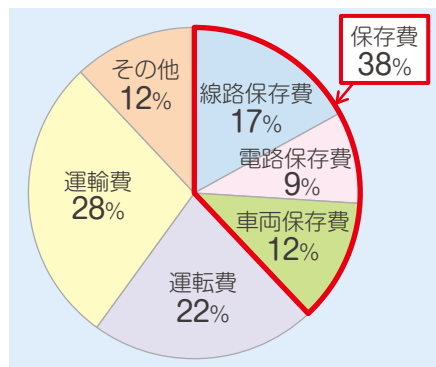


図1 鉄道事業の営業経費の割合¹⁾

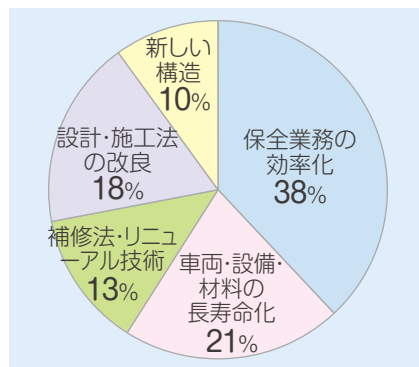


図2 低コスト化関連テーマの分類と構成比

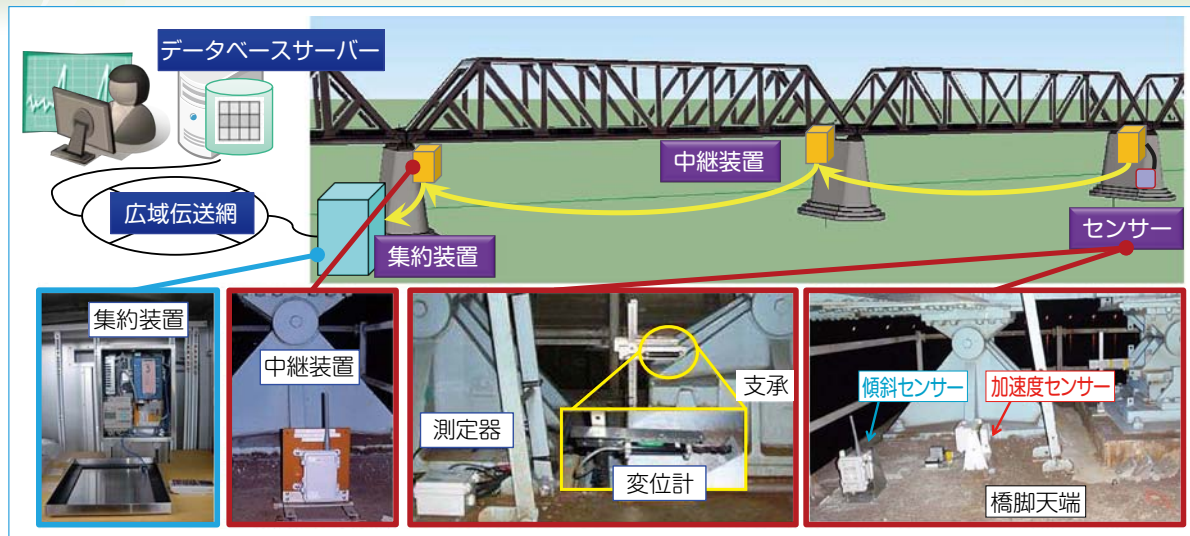


図3 無線センサーネットワークによる橋りょうの状態監視

ものと思われます。

低コスト化を議論する場合、イニシャルコストとランニングコストを合わせたライフサイクルコストで評価する必要があることはいうまでもありません。また、鉄道設備は、土木構造物などの固定設備と、車両、軌道、電力設備などの取り替え設備、そのほか分野の複合システムで構成されており、設備の供用期間や特性を考慮して的確にメンテナンスしていく必要があります。さらに、鉄道の安全・安定輸送に対する要求の高度化、高齢化、人口減少、技術断層への対応など、鉄道を取り巻く社会環境の変化を見据え、より戦略的にメンテナンスを実施していくことが求められています。そのためには、近年進歩の著しい情報通信技術（ICT）などを活用した状態監視保全、アセットマネジメントやライフサイクルマネジメントによる設備の更新、リニューアル技術など、低コスト化に資する技術革新が求められているといえます。

これまでの研究開発成果

これまでの低コスト化に関する鉄道総研の研究開発成果に関しては、本誌RRRの1997年5月号、2003年9月号

や2010年7月号などで、特集記事として紹介していますので参考にしてください。ここでは、2010～2014年度に実施した「鉄道の将来に向けた研究開発」のうち、メンテナンスの低コスト化に関する研究を紹介します。

(1) 地上設備の状態監視保全技術

「地上設備の状態監視保全技術」では、低コストなメンテナンス手法の提案を目的として、各種地上設備や構造物の状態変化を中長期に渡って継続的に監視するためのセンサー開発および保守情報ネットワークの設計・運用方法などについて研究開発を行いました³⁾。構造物に関して、健全度診断を効率的かつ的確に行うためには、構造物の長期に渡る状態を精度良く監視することが重要となります。このため、耐久性に優れたセンサーを開発するとともに状態監視システムを構築しています(図3)。たとえば、橋脚の健全度診断手法として、列車通過時の加速度や常時微動から橋脚の固有振動数を推定する手法を提案しています。この手法は一度センサーを取り付ければ、測定に要する労力が大幅に軽減されるとともに、状態の変化を高頻度かつ迅速に監視することができます。また、この

研究では、センサーデータの収集・伝送のための保守情報ネットワーク設計の最適化手法、センサーの更新に柔軟に対応可能なセンサー管理手法、中長期にわたる継続性のあるデータ管理を効率的に実現する手法などを開発しました。これまで開発した状態監視技術は、実際の鉄道橋りょうで試験的に導入され、その有効性も確認されています。

(2) 構造物のリニューアル技術

これまで経年劣化した構造物に対しては、検査による監視を行い、劣化や損傷が進んだ箇所は補修による延命化措置を施し、さらに劣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替えが行われてきました。しかし、構造物の高経年化が進む状況において、既設構造物の機能や性能の大幅向上を目的とした低コストなりニューアル技術の必要性が今後ますます高まるものと考えられます。そこで、「構造物のリニューアル技術」では、鋼橋りょうの支承部をなくして鋼桁・橋台を一体化し、橋台・背面盛土を補強材で連結する「鋼桁・橋台・盛土一体化工法」(図4(a))や、高架橋の柱などの部分取り替え技術、スラブ・はり・基礎などの新たな補強技術(図4(b))を提案しました。また駅

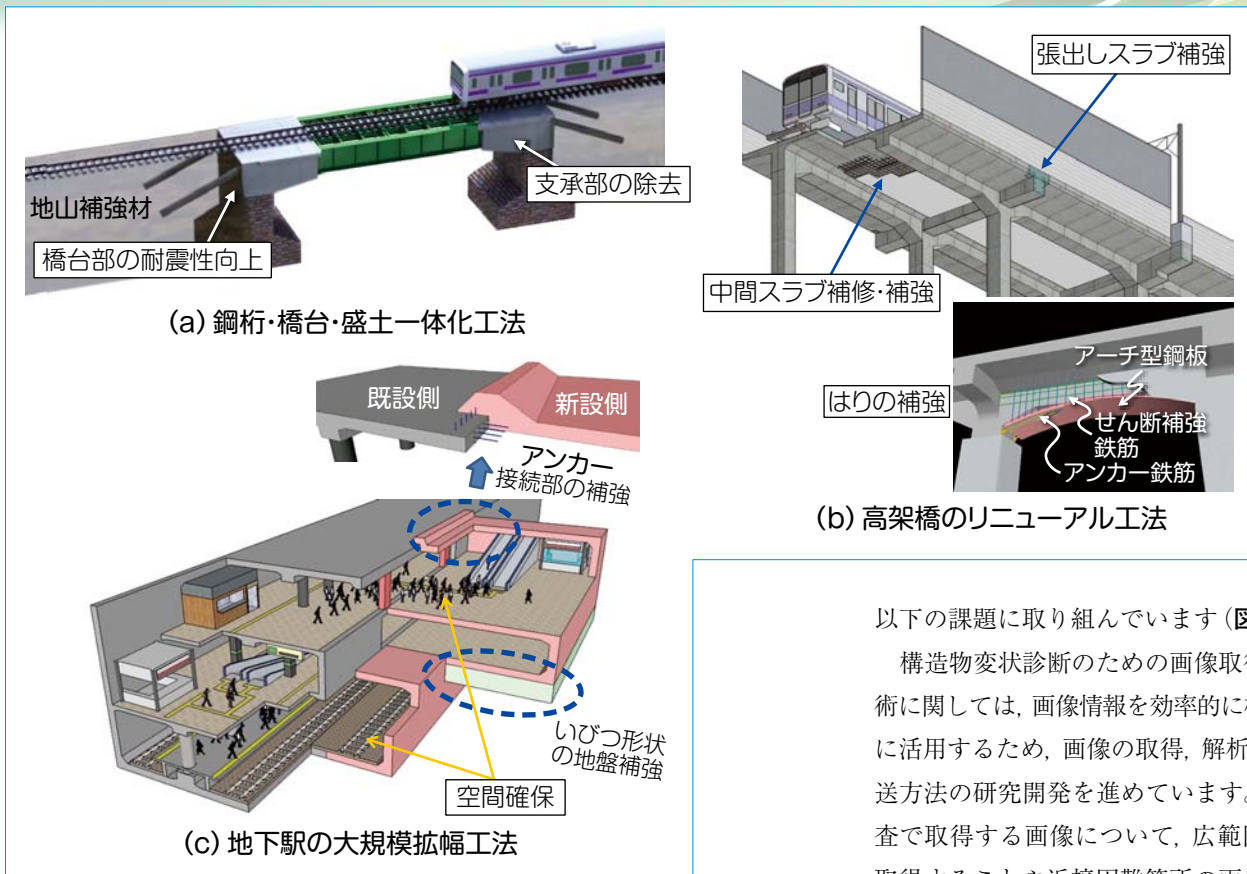


図4 構造物のリニューアル技術の例

部においては、地下空間や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も行いました⁴⁾。

一例として、地下駅空間のリニューアル技術について紹介します。地下駅においては、駅機能の複合化や混雑緩和などのため、地下空間を拡張することがあります。この場合、地下空間の部分的な開口や拡幅の設計において、新設と既設の部材接続部の性能や、三次元挙動を考慮した設計法が示されていないという課題がありました。そこで、拡幅規模や施工順序、既設部材の劣化状態を考慮した設計法を提案するとともに、効果的な接続構造や補強法についても提案しました(図4(c))。接続部は、逆ばりで既設く体を抱き込み、十字配置のアンカーで接続する構造です。これは、線路方向に対しては逆ばりの効果で、線路横断方向に対しては新旧く体が一体となって抵抗する

ことで、従来工法では旅客流動阻害の原因となっていた新旧接続部の柱断面の縮小や間隔を広げることを可能とする工法です。さらに接続部の漏水やび割れ防止にも効果的です。この工法は、従来工法に比べてコストダウンと工期短縮を図ることができます。

低コスト化に関する研究開発の今後の取り組み

最初に述べましたように、鉄道における低コスト化としてとくにメンテナンスコストの低減は、鉄道にとって重要な課題です。地上設備のメンテナンス技術に関しては、今後も引き続き、目視検査の負担軽減、設備の劣化予測技術の高精度化、状態監視技術の高度化が求められると考えます。鉄道総研では、現基本計画の「鉄道の将来に向けた研究開発」で実施しているメンテナンスの低コスト化に関する研究として、

以下の課題に取り組んでいます(図5)。

構造物変状診断のための画像取得技術に関しては、画像情報を効率的に検査に活用するため、画像の取得、解析、伝送方法の研究開発を進めています。検査で取得する画像について、広範囲に取得することや近接困難箇所の画像を取得するための技術開発を行っています。また、取得した画像の統合、過去の記録との比較処理などの解析方法も研究しています。さらに、維持管理の記録は、図面上に情報が残されていると理解しやすくなるため、3次元CADをベースに構造物のライフサイクル情報を一元管理することで、記録を有効に活用し、構造物のメンテナンスをより効率的に行うことができると考えています。軌道に関しては、リスクに応じた効率的な保守や劣化状態判定の適正化による長寿命化など、交換周期の適正化や高精度劣化判定技術、高度状態監視技術に取り組んでいます。集電系設備に関しては、設備のリスク評価手法やコスト評価手法、新材料やレイアウトを考慮した省メンテナンスの設備、状態監視(画像、接触力など)による効率的なメンテナンス手法に取り組んでいます。さらに、車両システムについては、軸受損傷、輪軸き裂検知など車

2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度
電車線設備のリスク評価 ライフサイクルコスト算出手法		省メンテナンス電車線設備		
集電系の状態監視要素技術		電車線保全計画策定手法		
軌道のリスクベースメンテナンスモデル 疲労き裂検知手法,分岐器診断手法		LCCを最小とする軌道保守・ 更新計画策定手法		
構造物変状診断のための画像取得技術		画像を活用した全般検査手法		
コンクリート表層品質評価手法		RC構造物の変状予測に 基づく維持管理手法		
自律分散型台車状態監視システム 省メンテナンス台車				

図5 「ICT活用による保守の効率化」に関する研究計画

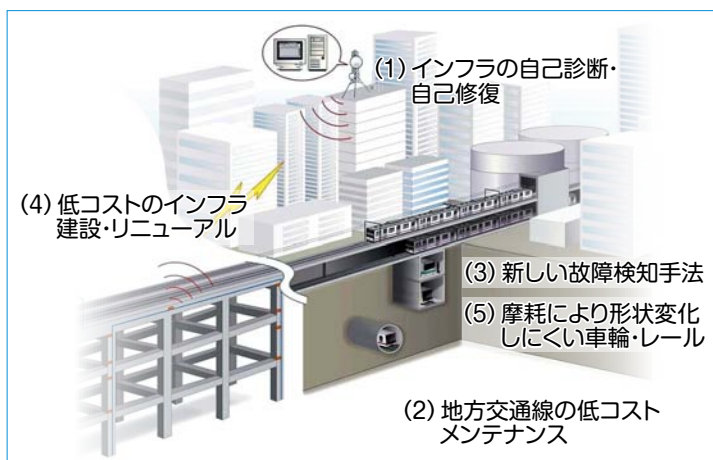


図6 リサーチマップ(保守・建設の効率化)

上モニタリングによる異常検知システム、構成品が少なくかつ検修時の工数の少ない安全性の高い省メンテナンス台車の開発などに取り組んでいます。

また、20年程度先の鉄道を取り巻く社会環境(社会や技術)の動向を見通し、鉄道会社に有用な技術で、鉄道総研の得意分野を活かせる技術であるといった視点から、研究開発の項目(リサーチマップ)をまとめています。そのうち、低コスト化に関する研究開発の項目(図6)を以下に紹介します。なお、リサーチマップは、社会環境の動向を注視しつつ、適宜見直しを行っています。

(1) インフラの自己診断・自己修復

保守量の低減・取り替え周期の延伸を実現し、保守の効率化を図りつつ信

頼度も向上させることを目的に、インフラの状態情報発信型のモニタリングシステム、知能材料による構造物の自己診断・自己修復技術などを主な開発課題としています。

(2) 地方交通線の低コストメンテナンス

低コストロングレール軌道の開発などにより、保守に要するコストを削減することを目的に、ロングレール理論の再構築、著大軌道変位に対する車両応答特性の把握などを主な開発課題としています。

(3) 新しい故障検知手法

営業運転時の故障を防止することを目的に、電気機器の絶縁状態監視手法・余寿命予測、車両床下機器音による機械的損傷の検知などを主な開発課題としています。

(4) 低コストのインフラ建設・リニューアル

低コストで高性能な新形式鉄道インフラの設計および建設技術の開発、また老朽インフラのリニューアルによる寿命延伸と保守コストの低減を図ることを目的に、異種構造物の接合技術、大深度地下鉄道・長大トンネルの建設技術、立体交差・超近接施工の影響評価、都市部・活線下でのリニューアル技術などを主な開発課題としています。

(5) 摩耗により形状変化しにくい

車輪・レール

車輪・レールの形状変化抑制法(摩耗により形状変化しにくい方策)の提案や、曲線通過性能と走行安定性を両立した操舵台車の開発を目的に、車輪・レールの摩耗進展形状の予測、新しい摩擦調整材と車上・地上散布制御、操舵台車の走行安定性向上などを主な開発課題としています。

今後の取り組み

低コスト化については、今後もメンテナンスの効率化や省メンテナンス設備などの研究開発が重要といえます。鉄道総研では、低コスト化に関して、高い品質の研究成果を創出し、より多く実用化につなげることを目指して引き続き取り組んでいきたいと考えております。

なお、本稿で紹介した研究の一部は、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。RRR

文献

- 1) 高井秀之：経年劣化の評価と克服に向けたメンテナンス技術，第26回鉄道総研講演会，pp.9-17，2013
- 2) 舘山勝：鉄道構造物の経年劣化克服に向けたリニューアル技術，第26回鉄道総研講演会，pp.51-58，2013
- 3) 平栗滋人：新しい状態監視保全技術，RRR，Vol.72，No.7，pp.32-35，2015
- 4) 谷村幸裕：構造物のリニューアル技術の革新，RRR，Vol.72，No.7，pp.36-39，2015