

Special edition paper

実物大模擬設備を活用した新幹線大規模改修に向けた技術開発



栗林 健一*1



魚地 真道*2

Technology development for large-scale Shinkansen renovation utilizing full-scale simulated structures

Kenichi KURIBAYASHI*1, Masamichi UOCHI*2

*1 Research and Development of JR East Group Frontier Service Development Laboratory Chief Researcher

*2 Research and Development of JR East Group Technical Center Chief Researcher

Abstract

For the large scale innovation of Shinkansen (planned for a 10 year period after FY 2031), full-scale simulation facilities were established in the JR East General Training Center. The full-scale simulation facilities will be used for verification of innovative technologies such as ICT for improvement of productivity in daily maintenance and management works, as well as development of materials to be used for innovation and research for mechanization of works. This article describes the overview of the facilities and development process.

●**Keywords:** Large-scale renovation of Shinkansen infrastructure, Full-scale simulated structures

*1 JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 主幹研究員

*2 JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 主幹研究員

1. 緒言

JR東日本は、1982年に開業した東北新幹線(東京～盛岡間)および上越新幹線(大宮～新潟間)の合計約780kmの区間の橋りょうやトンネルなどの新幹線構造物を対象として、2031年度から大規模に改修することを計画している。この改修工事に向け、研究開発センター フロンティアサービス研究所では、図1に示す4つのコンセプトをもとに技術開発を進めている。これらの技術開発を促進するため、実物大の模擬設備(呼称: EASTstructure)の構築を行った。実物大模擬設備では、オープンイノベーション(公募)で選抜された材料の検証、機械化やICTの活用などの技術革新の検証に加え、新幹線設備の通常の維持管理業務や保守工事に関する技術開発や研修などの人材育成への活用も進めていく。本稿ではこれらの概要についての報告を行う。

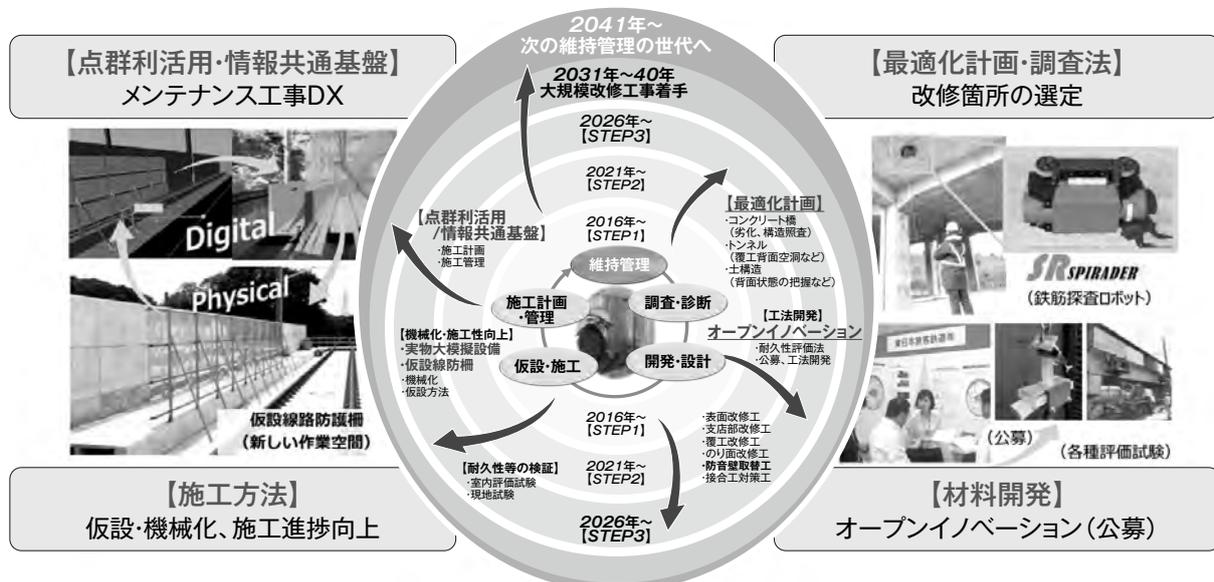


図1 新幹線大規模改修工事に向けた技術開発のコンセプト(フロンティアサービス研究所)

2. 模擬設備の概要

実物大模擬設備の全景を図2に示す。コンクリート橋の延長は約80mであり、背割り式高架橋とゲルバー式高架橋、調整桁からなる。既存の財産図を参考に設計を行い、地盤調査の結果をもとに杭基礎で構築を行った。

トンネルは複線断面を模擬し、延長は約30mである。トンネル覆工は工場製作のプレキャスト製で、機械化開発で施工条件を再現する目的からスラブ軌道部はカントを0~200mmまで調整可能な構造とした。また、土工は約30mであり、もたれ式土留壁と盛土(のり面工)で構成される。

スラブ軌道は、高架橋上約70m、土工区間約75m、トンネル区間約30mの敷設を行った。スラブは防振スラブを再現した区間、また緩衝材厚さは30,60,90mmの3種類を設置した。また、レール締結は直結4形と直結8形とした。また、軌陸車などを活用した施工性の検証のために、軌道上にアクセスするための斜路高架橋や搬入路(土工区間)、また電力設備(電化柱、下げ束)を設けた。



図2 実物大模擬設備全景

3. 技術開発

3・1 高欄取替工

従来の高欄取替工の騒音低減効果の評価は、現地に設置して騒音測定することが多かった。しかし気象や車両の走行状態の影響で統一的な条件で効果を求めることが難しいという課題があった。そこで、コンクリート橋に音響試験用の実物大車両模型(図3)を設置し、統一的な条件での騒音対策工の比較評価を行うこととした。車両模型部分は鋼製でE5系新幹線車両を線路方向に15mを再現している。図4に

示すように、音源は、集電系音、上部空力音、車両下部音にスピーカーを設置し、コンクリート橋の外側でマイクロフォンにより測定する。

実物大模擬設備では、オープンイノベーション(公募)で選ばれた取替候補材料の騒音低減効果、かさ上げによる低減効果、吸音材の貼り付け位置の最適化などの検証を行う。



図3 実物大車両模型(音響試験用)

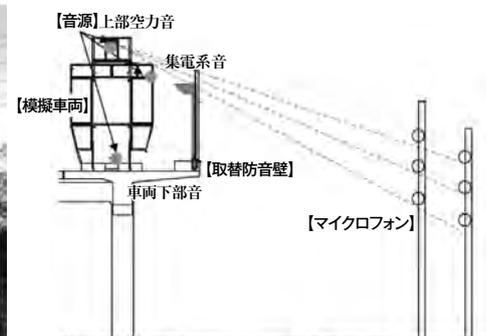


図4 騒音低減効果試験

3・2 表面改修工

鉄筋の腐食はコンクリート片の落下を引き起こす可能性があることから、新幹線大規模改修では表面改修工(防水・剥落防止)を行う。鉄筋の腐食はコンクリート表面から鉄筋までの距離(鉄筋かぶり)と関係が深いことから、表面改修工(防水・剥落防止)の施工箇所の計画策定に向け、鉄筋かぶりの探査を行う。従来の探査は人力が主であり、測定位置まで高所作業車などを移動し、据え付けを行うため時間がかかり、労力を要していた。そこで、探査作業の省力化を目的に遠隔操作で壁面や天井面を吸引走行しながら探査が可能な鉄筋探査ロボット(SPIRADER)を開発した。実物大模擬設備では使用性の検証(図5)に加え、コンクリート橋の下面へのアプローチ方法の開発を行う。



図5 鉄筋探査ロボット

また、前述に示すように、水の侵入により凍害劣化や鉄筋腐食が懸念されることから、新幹線大規模改修ではコンクリート橋の上面に表面改修工（防水）を行う。

実物大模擬設備には構築段階から水分計や熱電対などセンサを設置（図6）している。コンクリート打設直後からコンクリート内部の水の挙動や温度変化などの把握を行うとともに、オープンイノベーション（公募）で選抜された表面改修材料の防水効果の検証を行い、具体的な防水対策や凍害対策の計画を行う予定である。

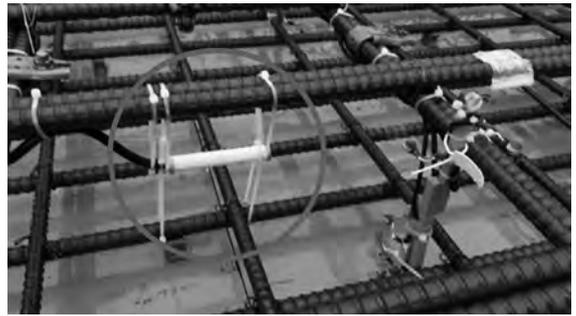


図6 埋設センサ

3・3 仮設工

新幹線大規模改修の対象延長は膨大である。2031年度から10年間で完了させるためには、従来の方法に捉われず、作業時間の確保、施工効率の向上、また作業環境の改善が必要となる。

これらの課題を解決するために、主に高欄取替工において、仮設線路防護柵（図7）の導入を目指している。軌道や架線などの点検を支障しないように透明のポリカボネート板を採用し、風荷重や車両からの飛雪塊に対する照査などをもとに開発を行った。実物大模擬設備では、仮設線路防護柵の施工性の検証や高欄取替工への導入効果の検証を行う。

なお、これらの仮設工は、新幹線大規模改修だけではなく、通常の保守工事や図7に示すような電化柱工事などへの適用についても検討を進めている。



図7 仮設線路防護柵

3・4 トンネル・土工対策工

トンネルには油圧ジャッキにより軌道のカント量を再現できる装置（図8）を配備しているため、カーブ区間など様々な条件を模擬的に再現することができる。この装置を活用して、トンネル内側の壁の裏にある空洞を充填する機械や線路下沈下を抑える杭打設機械の開発を計画している。また、オープンイノベーション（公募）で選抜された剥落対策材料の施工性向上に関する開発を行う。

土工設備では排水機能回復を目的とした水抜き孔の改良を計画している。水抜き孔の打替えは人力にてコンクリートの壁を削孔しているが、より効率的な作業にするため、作業の機械化や足場の簡素化など施工方法に関する技術開発を実施する計画である。

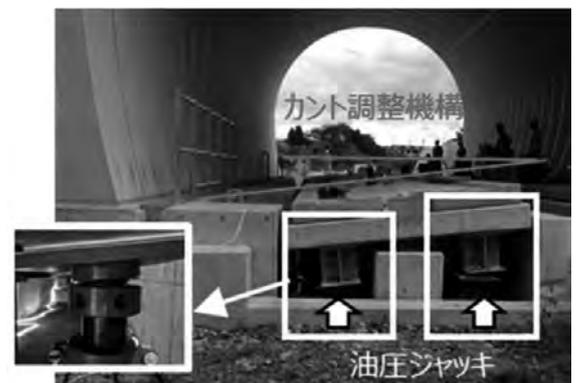


図8 トンネルスラブの可変装置

3・5 軌道対策工

軌道対策工では、軌道スラブ板下面と路盤面の間にある緩衝材（CAモルタル）の劣化部分を打ち替えることを計画している。

JR東日本研究開発センター テクニカルセンターでは、実物大模擬設備の軌道スラブ下面に、図9に示すように構築段階からあらかじめ隙間を設けている区間を配置しており、隙間把握手法の検証を行う。対象数量が膨大であることから、効率的な改修箇所の把握と施工の機械化に向けた性能試験などで活用していく。

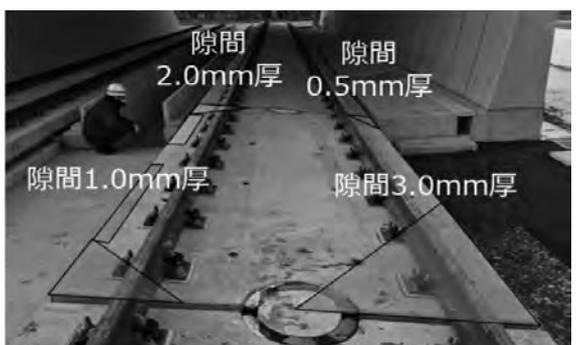


図9 軌道スラブ下側の隙間

3・6 設計、工事情報管理

前述のように、新幹線大規模改修の対象延長は膨大であり、限られた期間で完了させる必要がある。計画策定に向けた調査結果、また施工計画・管理といった工事に関わる情報管理の効率化やデータの可視化・共有化は、プロジェクトを成功に導く上で非常に重要と考えられる。

JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所では、新幹線設備の位置座標（点群データ）に基づく3Dモデルをプラットフォーム上に構築し、調査や計画や施工情報を一元的に蓄積、活用する仕組み（MIM：Maintenance Information Management）の開発を行ってきた。図10に示すように、実物大模擬設備においてもコミュニケーションツール（5GやAR等）を用いて、実空間（施工、点群）とデジタル空間（MIM）の融合による施工DXの検証を行い、メンテナンス工事のデジタル化を目指していきたい。



図10 施工DXに向けた実物大模擬設備の取り組み

4. 人材育成

実物大模擬設備は人材育成でも活用を行う。構築中には、維持管理に携わる社員がコンクリート橋の配筋やコンクリート打設、また軌道敷設を行った。今後は、新幹線大規模改修における従事者の確保や技能向上を見据えた各種教育や研修の場としての活用を行う。また、普段の業務では新幹線設備に立ち入る機会が多くない社員を含む研修での活用や、現場社員によるドローンによる点検方法の検証など、様々な用途での活用を積極的に進めていく。

5. 結言

実物大模擬設備の構築を行った。実物大の模擬設備では、新幹線大規模改修に向けた技術開発を進めるとともに、ICTなどを活用した技術革新の実現、また人材育成でも活用を進めていく。

営業線に影響のない実物大模擬設備では、新しい取り組みや開発品の検証が行いやすい環境である。柔軟な発想をもとに技術開発を進め、新幹線大規模改修のみならずメンテナンス業務の技術革新に繋げていきたい。

参考文献

- 1) 新幹線大規模改修に向けた技術開発～実物大の新幹線設備の新たな構築～JREA2021年8月号