



# マルチスケール・マルチフィジックス解析システムを用いた構造物の ハイサイクルシミュレーション技術の開発とインフラメンテナンスサイクルの高度化

Development of High-Cycle Simulation Technology for Structures Using a Multi-Scale and Multi-Physics Analysis System and Advancement of Infrastructure Maintenance Cycles.

- 主たる研究担当者 1 石田 哲也 (東京大学大学院工学系研究科)
- 主たる研究担当者 2 米田 大樹 (前田建設工業(株))
- 主たる研究担当者 3 斉藤 成彦 (山梨大学)
- 主たる研究担当者 4 千々和 伸浩 (東京工業大学)
- 主たる研究担当者 5 牧 剛史 (埼玉大学)

## コンクリート構造物のフルスケール解析高度化技術を開発します Developing full-scale simulation technologies for infrastructures.

道路橋RC床版を中心に、コンクリート構造物のフルスケール解析を高速化し、劣化進行と補修効果を定量化する予防保全型維持管理技術の確立を進めています。猿投グリーンロードや直轄国道など対象に、並列計算とパラメトリックモデルにより、従来数か月を要した解析を数日規模に短縮しました。また、走行位置のばらつきや滞水分布が疲労寿命へ与える影響を評価し、荷重・環境条件の設定方法を高度化しました。さらに、たわみ計測によるモデル妥当性検証や、補修シナリオ比較による余寿命推定を実施し、構造物群全体への展開も進めています。これらにより、ライフサイクルシミュレーションを活用した実構造物の性能評価基盤を整備しました。

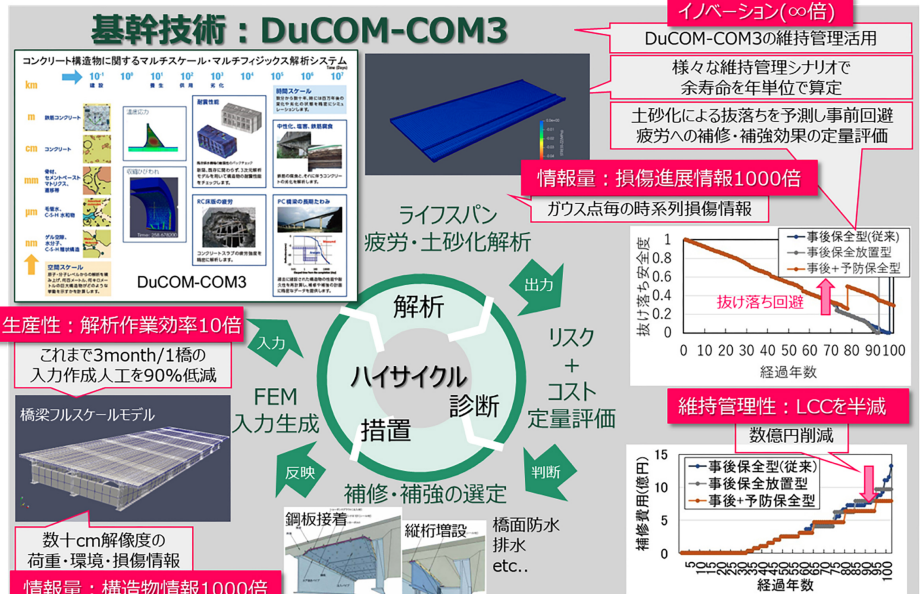
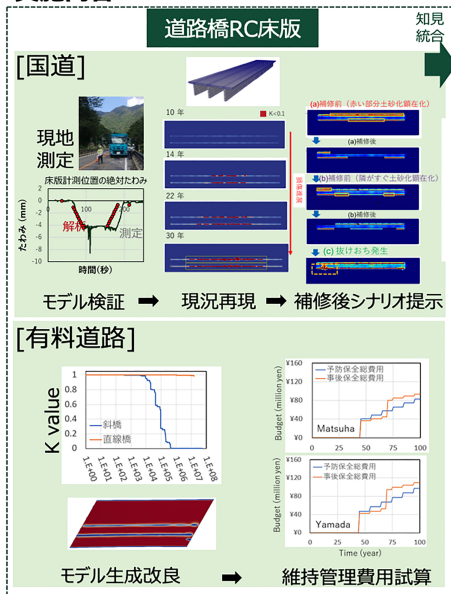
## 材料劣化を含めた長期構造物性能評価手法の確立を目指します Aiming to establish long-term performance assessment methods.

塩害が進んだ港湾栈橋、液状化で損傷したRCボックスカルバート、PC中空床版橋を対象に、劣化状況を3D計測・解析で再現し、残存性能の高精度評価に取り組みました。栈橋では、実桁から取得した鉄筋の3D形状を接合・補正して腐食分布を再現し、解析により残存耐力を評価した結果、腐食レベルに応じた荷重変位特性の再現性が確認されました。ボックスカルバートでは液状化解析により損傷再現と修復効果の定量化を行い、PC中空床版橋では塩分滞留を考慮した100年スケールの耐荷性能変化を解析しました。これらを通じ、多様な劣化を受けた構造物への解析手法ならびに活用方法の整備が進展しました。

## 維持管理実装と制度連携体制構築を達成しました Achieving implementation and institutional collaboration frameworks.

実装面では、愛知道路コンセッションをはじめ、直轄国道、県、政令市、電力会社など多様な管理者と連携し、解析結果を用いた維持管理判断の具体化を進めました。直轄国道では重点橋梁抽出、たわみ計測、補修比較による意思決定プロセス提示を行い、複数の地整へ実証対象も拡大しました。制度面では、国交省道路局・土研とSIP参画研究者との協議が始まり、点検要領などへの技術反映に向けた論点整理を進めています。社会発信では学会・講演会・書籍出版により広く周知し、大学・企業での学生参画による人材育成も進展しました。これらの成果により、解析活用型維持管理の実装基盤が強化されました。

### 実施内容



参画機関	東京大学、前田建設工業(株)、山梨大学、東京科学大学、埼玉大学
協力機関	(株)コムエンジニアリング、東京電力、(株)HRC研究所
問い合わせ先	TEL 03-5841-7498 Mail takahashi@concrete.t.u-tokyo.ac.jp
詳細リンク	http://concrete.t.u-tokyo.ac.jp/ja_2017/





# 腐食劣化が進行したPC長大橋への デジタルツインの試行とその効用の評価

Trial of Digital Twin for a Long-Span PC Bridge with Advanced Deterioration Due to Corrosion and Evaluation of its Effectiveness.

主たる研究担当者 田中 泰司(金沢工業大学)

## PC長大橋腐食評価高度化技術を開発します Developing advanced corrosion assessment technologies for long-span PC bridges.

本研究では、腐食が進んだPC長大橋を対象に、高出力X線・磁気計測・光ファイバー計測を統合したデジタルツイン技術を開発しています。2024年度は、妙高大橋旧橋の解体調査により内部鋼材の腐食状態を取得し、断面減少や素線損傷の実態を構造解析に反映しました。さらに载荷試験結果とファイバー解析を比較し、簡易モデルでも実挙動を捉えられることを確認しました。信頼性解析では、腐食情報がない場合は耐力が大きくばらつき危険側となる一方、腐食情報を反映することで破壊確率が明確に低下し、調査の価値を定量的に示すことができました。これらの成果は、腐食構造物の安全性評価の高度化に寄与します。

## 腐食情報統合型構造解析手法の確立を目指します Aiming to establish integrated structural analysis incorporating corrosion information.

今年度は、解体調査で得たシーす充填状況とストランド腐食分布を基に断面減少率を算定し、ファイバー解析により曲率-モーメント関係の評価しました。载荷試験との比較では、厳しめ側の構成則が実測値と整合し、劣化反映モデルの妥当性を確認しました。また、腐食情報を確率的に扱った解析では、調査未実施時は耐力が極端に下がるケースが目立つ一方、調査情報を反映するとばらつきが収まり、破壊確率と作用モーメントの関係が整理されました。動的荷重との比較によって安全余裕の有無も明確化し、今後の解析改良点も把握しました。

## 社会実装展開と制度反映体制整備を達成しました Achieving deployment and institutional integration for practical implementation.

2024年度は、北陸地方整備局や施工者と調整し、妙高大橋旧橋の切断面撮影や供試体採取を実施し、実構造物データの取得体制を確立しました。高出力X線は未充填部の把握に有効でしたが、腐食判定や多段配筋部では精度に課題があり、画像鮮明化技術の導入を東京大学と検討しています。磁気計測では破断検知の限界が明確となり、運用手順の標準化が必要であることを整理しました。制度面では、PC鋼材調査指針の改訂議論に参画し、新技術の位置付けを検討しています。講演会や国際会議での発信により社会的受容性も高まり、技術普及に向けた基盤が強化されました。



図1 対象橋梁(妙高大橋旧橋)

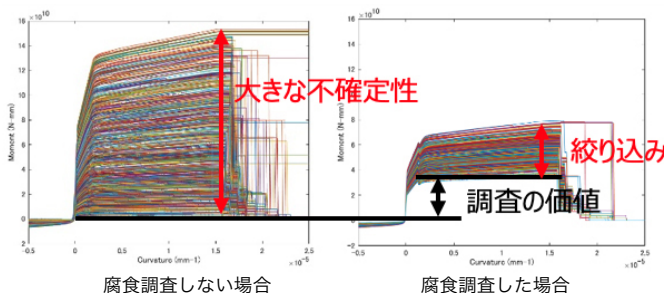


図4 信頼性解析

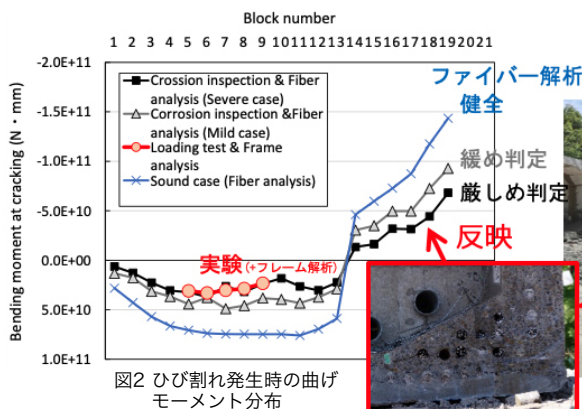


図2 ひび割れ発生時の曲げモーメント分布



図3 切断面の鋼材腐食調査

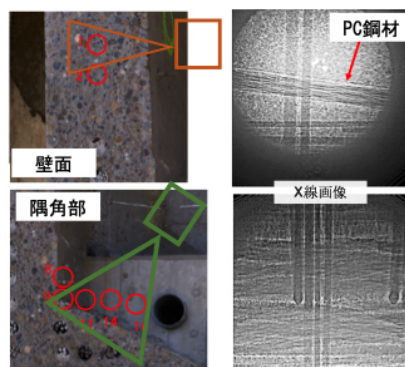


図5 切断面と高出力X線画像の比較

参画機関	金沢工業大学
協力機関	鹿島建設(株)、コニカミノルタ(株)、名古屋工業大学
問い合わせ先	TEL 076-274-7064 Mail ytanaka@neptune.kanazawa-it.ac.jp
詳細リンク	なし





# 画像診断を用いた外装仕上材の劣化度評価による鉄筋コンクリート造建築物の維持管理手法の高度化

Improving Maintenance Methods for Reinforced Concrete Buildings by Evaluating the Deterioration of Exterior Finishing Materials Using Image Diagnosis.

主たる研究担当者 中田 清史((国研)建築研究所)

## 外装仕上材画像診断AI高度化技術を開発します Developing advanced AI-based image diagnosis for exterior finishes.

本研究では、築年数が進んだマンションなどを対象に、外装仕上材の劣化度を専門技術者以外の一般の方でも評価できるAI画像診断アプリを開発し、マンションなどの維持管理の高度化を目指しています。2024年度は、つくば市内10棟を対象に劣化調査を実施し、外装仕上材として一般的な模様4種類について計10,933枚の教師データを整備し、AI学習に必要な均質なデータセットを構築しました。これを用いて再構築したAIの判定精度は全模様で90%以上となり、昨年度の約70%から大幅に向上しました。これにより、外装仕上材の劣化度を高精度に判定できる基盤技術を確立しました。

## 撮影条件最適化と診断支援手法の確立を目指します Aiming to establish optimized shooting conditions and diagnostic support methods.

2024年度は、AIの判定精度向上に直結する撮影条件の最適化を進めました。日射や影、写真の解像度が劣化度判定に影響することを踏まえ、撮影距離(15・30・45cm)と撮影時間(10・13・15時)の9パターンを設定して画像収集を行い、精度低下要因を定量化しました。また、AIの確信度を用いた判定品質評価を行い、確信度が閾値を下回る場合に再診断を促す仕組みを提案しました。加えて、劣化度と躯体保護性能の関係や補修方法の整理を進め、診断後の意思決定プロセスに活用できる情報体系を構築しました。これらにより、専門技術者以外でも使えるAI画像診断技術の確立に近づきました。

## 社会実装連携と普及体制整備を達成しました Aiming to establish optimized shooting conditions and diagnostic support methods.

2024年度は、日本建築仕上材工業会とAI画像診断アプリの活用方針について協議し、外装仕上材の劣化度と補修工法の対応整理を進めました。また、近隣の地方公共団体と連携し小中学校校舎での調査を実施し、2025年度以降の実証フィールド選定に向けた調整を進めました。マンションなどを管理する事業者とも調査候補物件について協議し、継続的なデータ取得体制を確立しています。社会的発信としては、建築研究所講演会やYouTube配信を通じ、劣化診断技術の重要性を広く共有し、研究成果の理解促進につなげました。さらに、国際会議での発表により国際的な認知を高め、技術普及に向けた基盤を整備しました。



図1 R6年度に調査を実施した建物の例

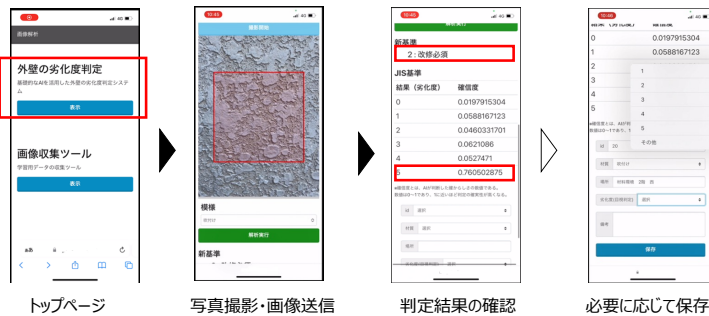


図2 開発したウェブアプリケーション

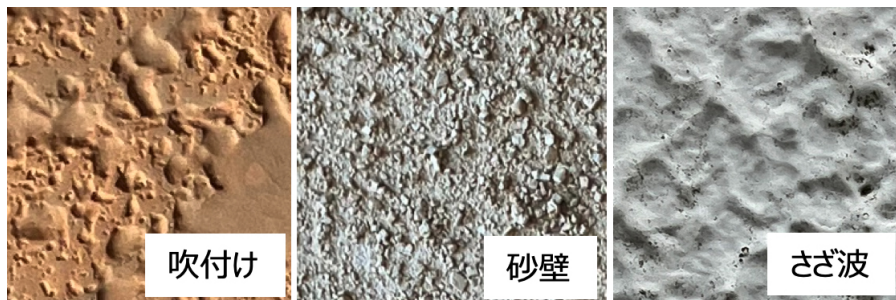


図3 取得した仕上材の模様(吹付、砂壁、さざ波)

参画機関	(国研)建築研究所
協力機関	国土交通省国土技術政策総合研究所、明治大学
問い合わせ先	TEL 029-879-0653 Mail nakada@kenken.go.jp
詳細リンク	<a href="https://www.kenken.go.jp/">https://www.kenken.go.jp/</a>





# 港湾構造物のメンテナンスのハイサイクル化に関する研究

Research into High-Cycle Maintenance of Port.

主たる研究担当者1 山路 徹 ((国研)海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所)  
主たる研究担当者2 宇野 州彦 (五洋建設・技術研究所)

## 腐食梁の性能評価モデル高度化技術を開発します Developing advanced performance models for corroded RC pier beams.

本研究では、海水環境で腐食が著しい港湾栈橋のRC梁を対象に、腐食状況に応じた梁の耐荷性能を再現できる数値解析モデルの高度化に取り組んでいます。2024年度は、撤去栈橋から実梁を切り出して载荷実験を行い、腐食程度の違いによる破壊形態の変化や耐荷力低下を詳細に把握しました。併せて、非線形有限要素解析COM3により実梁の事前予測解析を行い、せん断スパンと等曲げ区間を調整した破壊挙動の再現性を検証しました。さらに、得られた破壊モードを基に腐食度別の骨格モデルを整備し、腐食梁の構造解析への適用性を高めました。これらにより、腐食した栈橋梁の残存性能評価の基盤が強化されました。

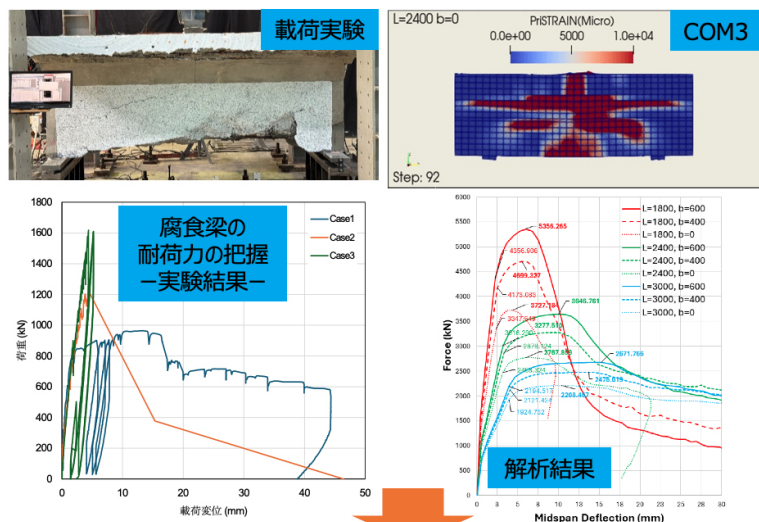
## 栈橋の残存性能評価手法の確立を目指します Aiming to establish practical evaluation methods for pier performance.

今年度は、川崎港栈橋を対象に、簡易モデルと3D構造解析を組み合わせた残存性能評価技術の試行を行いました。簡易モデルでは、現地点検結果から得られた劣化度を用いて、船舶の接岸・牽引力や地震動に対する損傷の発生位置を迅速に推定できる仕組みを構築しました。3D構造解析では、詳細モデルにより各外力を想定した損傷状況を分析し、簡易モデルとの整合性を確認しました。特に地震動においては法線直角方向の梁が損傷しやすい傾向にあるため、補修優先度の判断材料として有効であることが示されました。これらの成果により、解析ツールのグレードに応じた段階的評価手法の有効性が高まりました。

## 管理者連携強化と技術普及体制整備を達成しました Achieving collaboration and dissemination frameworks for practical implementation.

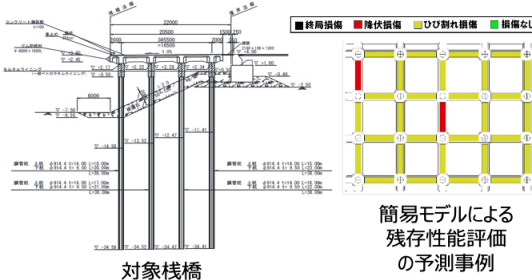
社会実装に向け、川崎市港湾局・国総研・港湾局との連携体制を強化し、実施点検への同行や技術適用に向けた意見交換を継続しました。特に川崎港では3施設を対象に開発技術の試行を行い、簡易モデルや構造解析を組み合わせた実務的な運用プロセスを整理しました。管理者からは、スクリーニング用途としての簡易モデルの有効性や、常時荷重に対する評価への拡張ニーズが示され、実装指針づくりに向けた具体的方向性が共有されました。また研修会や学会発表など対外発信も進め、港湾施設のデジタル維持管理技術の普及に寄与しました。

### 劣化した梁を対象とした数値解析モデルの高度化

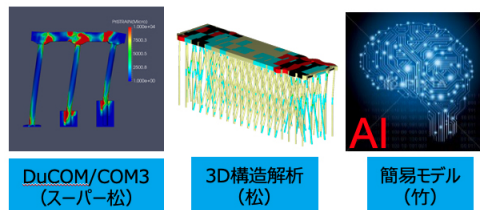


劣化部材を対象とした解析モデルの構築

### 港湾管理者への開発技術の社会実装 (川崎港栈橋)



### 解析ツールのグレードに応じた栈橋の残存性能評価手法の構築



DuCOM/COM3 (スーパー松)

3D構造解析 (松)

簡易モデル (竹)

参画機関 (国研) 港湾空港技術研究所、五洋建設(株)、東京科学大学

協力機関 国土交通省港湾局、国土技術政策総合研究所

問い合わせ先 TEL 046-844-5103 0287-39-2109 Mail yamaji-t@p.mpat.go.jp kunihiko.uno@mail.penta-ocean.co.jp

詳細リンク <https://www.pari.go.jp/> <https://www.penta-ocean.co.jp/>





# 鉄道コンクリート構造物の全体検査の周期延伸に関する検討

Study on Extending the Period for General Inspection of Railway Concrete Structures.

主たる研究担当者 渡辺 健 ((公財) 鉄道総合技術研究所)

## 鉄道構造物劣化予測高度化技術を開発します Developing advanced deterioration prediction for railway concrete structures.

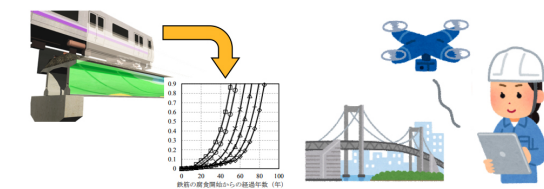
本研究では、鉄道コンクリート構造物の維持管理において、デジタル技術等を活用した状態基準や性能基準による効率的な維持管理体制の構築と検査周期の延伸を目的としています。鉄道事業者へ維持管理に関するアンケートを実施したところ、高所や支承部といった狭隘部の検査に苦慮しているという声が挙がりました。そこで、2024年度は、供用中の鉄道橋を対象に、非線形FEMを用いて支承の固着時期が支承部の変状に与える影響を解析的に検討しました。結果、架設までの管理や早期の支承固着を防止することで、桁の損傷や維持管理の負担を軽減できる可能性を確認しました。

## 検査効率化とUAV代替点検手法の確立を目指します Aiming to establish UAV-based efficient inspection methods.

2024年度は、UAV点検で必要となる撮影距離・露出・飛行条件を体系化し、鉄道構造物の点検効率向上を図りました。ひび割れ幅0.3mmに必要な撮影限界距離や露出設定を整理し、現場で撮影条件を検証した結果、UAV画像は0.3mm超のひび割れを高精度で視認できました。画像解析では±0.05mmの計測精度が得られ、地上目視を上回る結果となりました。また、UAV調査は地上目視に比べ作業量を約7割削減しました。また、目視に変わるUAV等カメラで、鉄道構造物の点検効率と品質確保の両立を図るために、デジタルカメラを用いた調査マニュアル(案)を作成しました。

## 制度整備と鉄道現場導入支援体制構築を達成しました Achieving institutional alignment and practical implementation frameworks.

2024年度は、UAV点検の導入に必要な制度・記録様式・技術要件を整理し、鉄道事業者との連携体制を強化しました。従来の目視中心の検査体系ではICT活用の扱いが限定的であったため、箱庭での現地試験を通じて撮影条件の標準化や代替技術の要件を明確化するとともに、事業者との意見交換を行いました。さらに講習会・セミナーにより技術者育成も促進し、UAV点検や非線形解析を扱える実務体制の整備が進展しました。



設計：FEM解析からノモグラムへ 検査：無人航空機による点検  
図1 設計と検査

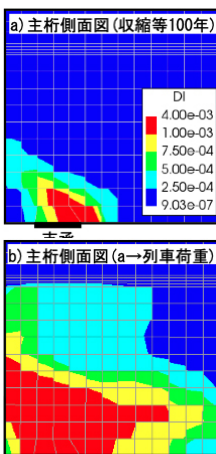
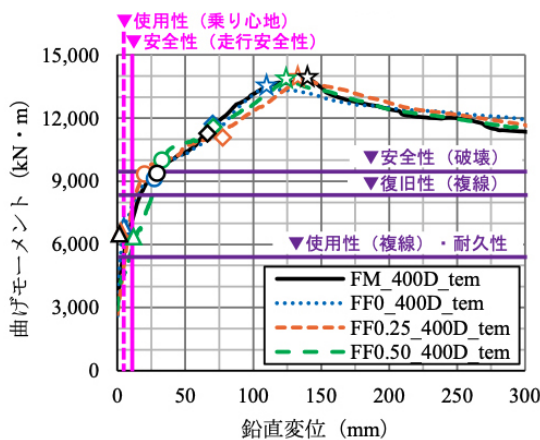


図2 非線形FEMによる支承部付近の変状(ひび割れ)再現と耐力評価

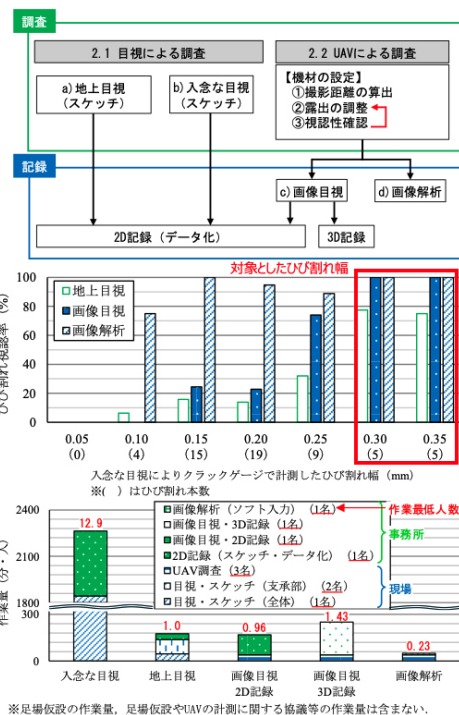


図3 目視を代替するUAVの飛行条件の設定フローとひび割れ視認率と作業の関係

参画機関	(公財) 鉄道総合技術研究所
協力機関	なし
問い合わせ先	TEL 042-573-7281 Mail watanabe.ken.08@rtri.or.jp
詳細リンク	なし





## 国・県・市町村における橋梁メンテナンスサイクルの高度化

Advancement of Bridge Maintenance Cycles at the National, Prefectural and Municipal Levels.

主たる研究担当者 岩城 一郎(日本大学工学部工学研究所)

### 橋梁群劣化発生予測モデル構築技術を開発します Developing bridge deterioration prediction models for regional networks.

本研究では、東北地方の多数の橋梁を対象に、機械学習を用いた劣化発生予測、仮想パーソントリップを活用した重要度評価、対策優先度に応じた措置方法の選定を統合した橋梁マネジメント技術の構築を進めています。2024年度は、東北地整管理橋梁に対し GEOTRA の仮想トリップデータを用いた迂回シミュレーションを行い、距離・時間・CO<sub>2</sub>排出量の増加を貨幣価値へ換算して社会影響度を算出しました。その結果、仙岩道路上の橋梁は通行止め時の損失が突出して大きく、東北地方で最も重要度が高いことを明確化しました。これらの成果により、橋梁群の劣化・重要度を俯瞰的に把握できる予測基盤が大きく強化されました。

### 仮想人流に基づく橋梁重要度評価手法の高度化を目指します Aiming to enhance bridge importance assessment using virtual mobility data.

2024年度は、仮想パーソントリップを用いた迂回シミュレーションを東北地方の直轄国道へ拡大適用し、橋梁ごとの社会影響度を網羅的に評価しました。移動距離・時間・CO<sub>2</sub>排出量の増加量を統合することで、交通量の多寡では把握できない「潜在的に重要な橋梁」を抽出できました。特に仙岩道路では、閉鎖時に多数のトリップが秋田道・国道107号へ流入し、経済損失が大きくなることから、東北地域で最優先の対策対象となることが再確認されました。これらにより、人流を踏まえたより実態的な優先度評価手法の高度化が実現しました。

### 社会実装連携体制の強化と実務展開基盤整備を達成しました Achieving stronger implementation partnerships and practical deployment frameworks.

今年度は、東北地方整備局および郡山市との協働を通じ、予測モデル・重要度評価結果を共有し、修繕計画や重点路線選定への具体的反映に向けた調整を進めました。仙岩道路では、重要度が極めて高いことを踏まえ、次年度以降の重点的な取り組みへシフトする方針が共有されました。また、GEOTRA のマッチングファンドにより精緻なトリップデータが活用可能となり、実務者が受容しやすい分析結果が提示できました。学会・国際会議での発表準備も進み、社会的発信と制度反映に向けた体制が整備されました。

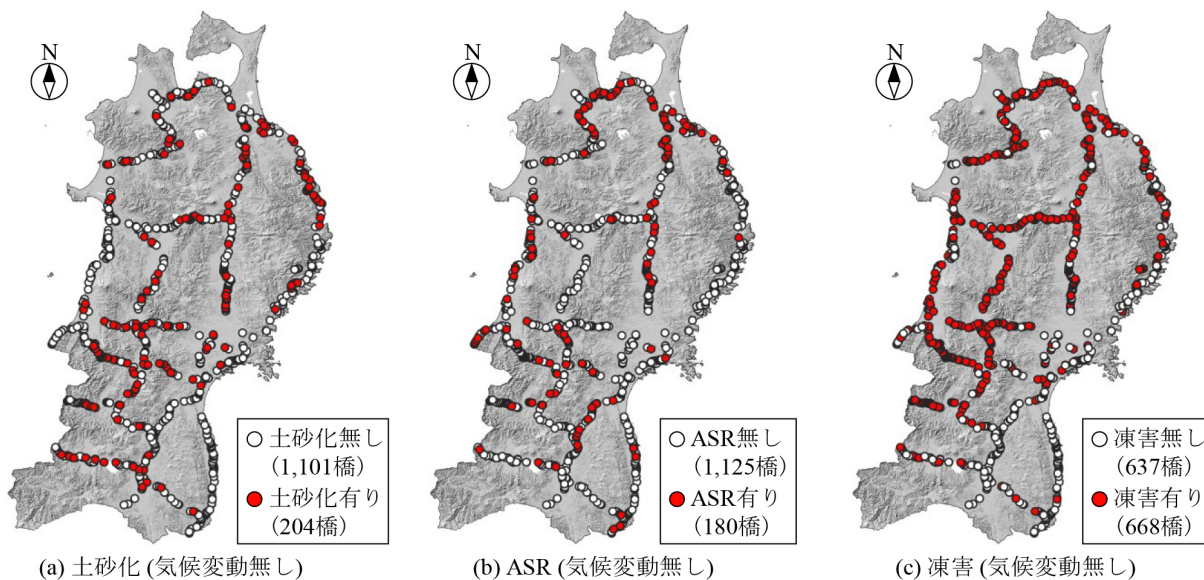


図1 2050年時点における東北地方に位置する橋梁の劣化発生分布予測結果

参画機関	日本大学
協力機関	国土交通省東北地方整備局、福島県、福島県郡山市、新潟県新潟市、東京大学、(株)復建技術コンサルタント、(株)GEOTRA、三井住友建設(株)
問い合わせ先	TEL 024-956-8716 Mail iwaki.ichirou@nihonu.ac.jp
詳細リンク	なし





# 小規模自治体における橋梁メンテナンスサイクルの高度化

Improving Bridge Maintenance Cycles in Small Municipalities.

主たる研究担当者1 岩城 一郎 (日本大学工学部工学研究所)  
 主たる研究担当者2 浅野 和香奈 (アスパル・ワークス)  
 主たる研究担当者3 石橋 奈都実 (日本大学工学部工学研究所)  
 主たる研究担当者4 井林 康 (長岡工業高等専門学校)

## 住民協働型予防保全モデル構築技術を開発します Developing a resident-collaborative preventive maintenance model.

本研究では、維持管理状況が自治体ごとに大きく異なる小規模自治体を対象に、予防保全と事後保全の両モデルを整備し、橋梁メンテナンスサイクルの高度化を図っています。2024年度は、福島県平田村で簡易点検アプリ「橋ログ」をアップデートし、住民による日常点検で得られた情報を定期点検結果や3Dモデルと統合して閲覧できる仕組みを構築しました。また、地域行事に合わせたセルフメンテナンス活動も継続され、住民による57橋の点検データを取得しました。アプリの操作性への評価は概ね良好で、写真枚数や案内機能など改善要望も確認しました。これらの成果により、地域主導で劣化を早期把握する予防保全型モデルの実装基盤が強化されました。

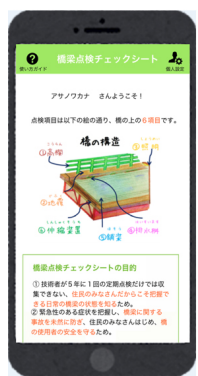
## 事後保全型戦略技術パッケージ確立を目指します Aiming to establish a strategic maintenance package for reactive management.

資源制約が大きく未措置橋梁が多い小規模自治体を対象に、事後保全段階に特化した維持管理手法の整理を進めました。2024年度は、III判定が多い福島県南会津町を対象に、外観情報から構造性能を推定し、措置優先度を分類する試行を行いました。簡易補修技術の現地講習や3Dモデル取得を通じて、自治体・建設業者・大学が連携した実務的運用を検証しました。さらに、全国の自治体データを基に分類を行った結果、事後保全型に該当する小規模自治体は全体の約2割であることが明らかとなり、今後の展開対象の把握につながりました。これらの成果は、限られた人材・予算で効率的に橋梁管理を進める技術体系の基盤となります。

## 橋ログ実装展開と教育・自治体連携強化を達成しました Achieving deployment of Bridge-Log and strengthening educational & municipal collaboration.

2024年度は、「橋ログ」を福島県平田村の住民に加え、宮城県、福島県、熊本県内の工業高校や中学校で実装され、教育現場と連携した点検実践が広がりました。高校生による十数橋～数十橋規模の点検活動が行われ、住民協働と若年層育成の双方で効果を確認しました。また、南会津町では自治体職員向けの補修講習を実施し、III判定の橋梁を措置済へ改善する事例も生まれました。平田村とは行政区長会・説明会を通じて合意形成を進め、データプラットフォームの利活用可能性も共有しました。広範な連携により、社会実装・普及に向けた基盤が大きく強化されました。

●橋ログのアップデート



●左：熊本県玉名工業高校による活用  
 ●下：福島県平田村での住民による活用



●左：福島県平田村での橋梁三次元モデル計測  
 ●下：三次元可視化システムInfra Walk



図1 アプリケーションの画面

図2 データプラットフォームのイメージ

参画機関	日本大学、長岡工業高等専門学校
協力機関	福島県平田村、福島県南会津町、新潟県新潟市、熊本県玉名市、東京大学、アスパル・ワークス、陸奥テックコンサルタント(株)
問い合わせ先	TEL 024-956-8716 Mail iwaki.ichirou@nihonu.ac.jp
詳細リンク	なし





# コンクリート構造物の表層近傍の物理的・化学的劣化の劣化予測技術の開発(b-1)

Development of Technology to Predict Physical and Chemical Deterioration Near the Surface of Concrete Structures.

主たる研究担当者1 中村 光 (名古屋大学大学院)  
主たる研究担当者2 戸本 悟史 ((株)建設技術研究所)

## 劣化状態のデジタルデータ化技術を開発します Developing digitalization technologies for deterioration on concrete surface.

本研究では、コンクリート構造物の表層に生じる物理的・化学的な劣化をデジタルデータ化し、コンクリートの劣化予測技術の構築を進めています。具体的には、物理的及び化学的な劣化の時間的な進展を模擬した供試体を多数作成し、劣化状態のデジタルデータを短期間かつ多量に蓄積しています。物理的劣化供試体は、静的破砕材を充填した金属パイプを鉄筋の代わりにコンクリート内に埋設することで、10日程度以内の短時間で自然腐食と同等の欠陥を再現する技術を応用して作成します。2024年度は、トンネル覆工の目地部に発生する損傷を供試体で再現し、損傷を再現する膨張圧を制御することで、損傷レベルを進展させることに成功しました。さらに、断面修復部の再劣化を想定し、断面修復後の鋼材の再腐食による膨張力の影響を簡易に再現することに成功しました。

## コンクリートの劣化予測システムを開発します Developing deterioration predictive evaluation methods of concrete structures.

蓄積した劣化状態のデジタルデータを用いて、供試体の劣化進展を実時間の時間軸に変換する劣化スケールの校正技術の開発を行い、実験室の劣化進展の知見と実構造物を結び付けます。2024年度は、損傷度の異なる供試体で鋼球落下試験とレーザー打音計測を行い、コンクリート表面の振動値と内部損傷の相関を整理しました。また、塩害が進んだ既設構造物(道路橋)の試料をSEM/EDSで分析し、Na・Clの比率が大きいことなどを確認し、中性化と塩害が進行していることが化学的なデジタルデータに基づき客観的に推測できることを明らかにしました。

## 維持管理の省力化を目指します Aiming to reduce maintenance costs of concrete structures.

2024年度は、各務原大橋・新太田川橋・鹿屋分水路トンネルなどで公開計測を実施し、劣化状態をデジタルデータ化することによる維持管理の省力化について、構造物の管理者へ説明しました。コンクリートの劣化予測技術は、従来点検を行う前のスクリーニングに活用し、点検員による打音範囲を縮小することにより、将来の人材不足を見据えた点検人員の省力化が期待できます。また、今後の予防保全に向けた修繕計画でも、定量的に優先順位を設定することが可能となります。

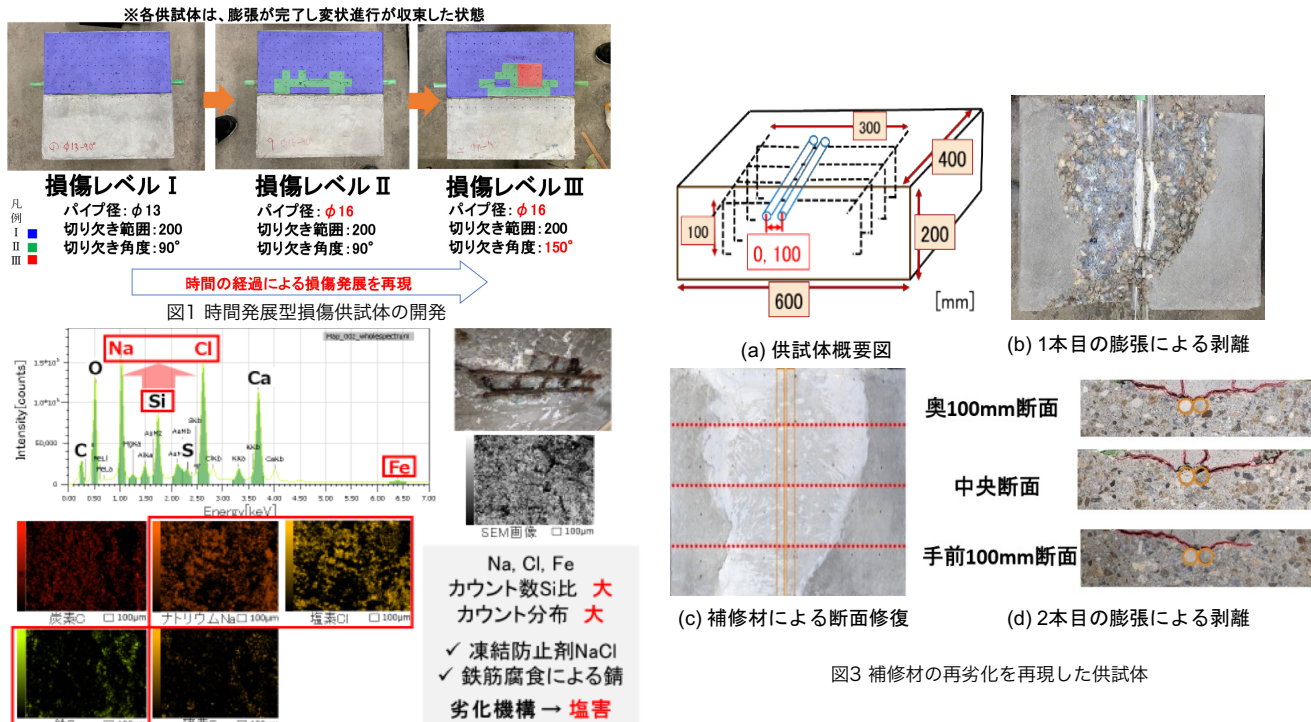


図2 SEM/EDSによる表面分析結果(例)

参画機関	名古屋大学大学院、(株)建設技術研究所 + ((国研)量子科学技術研究開発機構、(公財)レーザー技術総合研究所)
協力機関	なし
問い合わせ先	TEL 052-789-5690 Mail nakamura.hikaru.s7@f.mail.nagoyau.ac.jp
詳細リンク	なし





## 非破壊地下探査システムの開発および非破壊土質推定手法の開発、水道管路管理の予防保全推進のための社会実験

Development of a Non-Destructive Underground Exploration System and a Non-Destructive Soil Quality Estimation Method, and a Social Experiment to Promote Preventive Maintenance of Water Pipeline Management.

主たる研究担当者1 神宮寺 元治 (産業技術総合研究所)  
主たる研究担当者2 藤井 宏明 ((株)クボタ)  
主たる研究担当者3 北出 信 ((株)管総研)

### 非破壊電気探査高速化システム技術を開発します Developing high-speed nondestructive electrical survey systems.

本研究では、老朽化が進む鋳鉄製水道管の腐食リスクを把握し、予防保全型の管路管理を実現するため、非破壊電気探査技術の高度化を進めています。2024年度は、従来の断続測定で生じていたデータ欠損や無線伝送の不安定性を改善するため、送信アンプの改良とノイズ除去処理を行い、測定速度を300m/日から5000m/日へ大幅に向上させました。また、比抵抗データを大量取得することで、腐食リスクの高い埋設環境の抽出精度を高めました。これらの成果は、従来の掘削調査に比べ、調査コストを1/36まで低減し、調査効率も30倍へ改善するもので、水道管路の予防保全を支える重要な基盤技術となります。

### 非破壊土質推定アルゴリズム確立を目指します Aiming to establish nondestructive soil classification algorithms.

水道管の腐食リスクは比抵抗だけでは把握しきれないため、2024年度は比抵抗探査と弾性波探査を統合し、非破壊で土質を判定する手法を整理しました。特に、観測波長が短く浅層の分解能に優れたS波速度の測定装置を改良し、地表近くの土質特性をより高精度に判別できるようにしました。さらに、比抵抗・土質を基にした物理モデルによる腐食性土壌の判定方法の検討を行いました。神戸市の5地点で実測データの検証を行っています。

### 自治体連携と社会実装体制強化を達成しました Achieving strong municipal collaboration and implementation frameworks.

2024年度は、福岡市・神戸市、2025年度は横浜市を対象に非破壊探査の実証と協定締結を進め、水道管更新事業と連携した調査体制を構築しました。神戸市では4地区5地点で延べ1692mの探査を実施し、特徴的な比抵抗分布を把握しました。さらに、更新工事に合わせた土壌・管体サンプリングの準備を進め、非破壊探査結果との照合に向けた分析体制も整いました。また、全国150自治体へのアンケートで、予防保全導入に向けた課題を抽出し、技術仕様や社会実装要件の整理に反映しました。また、公開セミナー等での普及活動や学生参画を通じ、社会的受容性と人材確保の基盤も強化されました。

参画機関 (国研)産業技術総合研究所、(株)クボタ、(株)管総研

協力機関 日本物理探査(株)

問い合わせ先 TEL 050-3521-2103 Mail m.jinguuji@aist.go.jp

詳細リンク [https://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2025/pr20250829/pr20250829.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2025/pr20250829/pr20250829.html)





# デジタルデータ駆動型の インフラメンテナンスシステムの構築

Development of a Digital Data-Driven Infrastructure Maintenance System.

主たる研究担当者1 宮崎 文平((株)三菱総合研究所)

## データ駆動型インフラメンテナンスシステムの実現を目指します Developing data-driven infrastructure management system.

本研究では、デジタルデータ駆動型インフラメンテナンスシステムの実現に向けてサブ課題Bの全体像の整理と各共同研究開発機関による個別技術の社会実装を支援します。2024年度は、b-1~b-3の個別技術がデータで連携した場合の価値や業務変革の姿を体系化し、研究内容を統合的に俯瞰できる構造整理を行いました。また、社会実装責任者と連携し、各テーマの位置づけ・役割を明確化するための資料を整備し、横断的な連携強化を進めました。技術レベル指標（スーパー松・松・竹・梅）を導入し、利用者の成熟度に応じた技術選択の枠組みも提示しました。

## 社会実装の障壁の解消アプローチを検討します Aiming to establish approaches to overcome barriers for social implementation.

2024年度は、箱庭での社会実装が進む個別の共同研究開発へのヒアリングや文献調査等を行い、インフラ分野に共通する6つの社会実装の障壁を整理しました。障壁の検討にあたっては、当該障壁が生じるインフラ分野特有の背景（政策動向、業界構造、商習慣等）と紐づけて整理するとともに、障壁の解消のための有効なアプローチの洗い出しを行いました。検討した成果をサブ課題Bに所属する共同研究開発機関に共有し、各機関の社会実装に向けた取り組みを支援しました。

## 社会実装に向けた連携促進・情報発信を実施しました Promoting collaborations for social implementation.

今年度は、全国の箱庭（仙岩道路・国道6号・平田村など）を対象に連携状況を可視化し、分野横断での技術展開を促進しました。また、社会実装先への説明資料作成や、箱庭マップ更新を通じて共同研究機関間の情報共有を強化しました。また、5大ニーズ分類（床版、舗装、塩害、新材料・新工法、小規模自治体）に基づく、社会実装に向けた取り組みを支援するために、サブ課題Bの技術の位置づけを整理し、それぞれのチームでの議論を支援しました。さらに、対外発信・国際発信に向けたコンテンツ整理や英語化も進め、書籍出版やシンポジウム開催を支援することで、サブ課題B全体の社会的受容性向上へ貢献しました。

### 各共同研究開発機関に対するヒアリング、全体会議での議論

**連携付けの壁**  
インフラ事業者間の体制・業務により、新技術を導入するインセンティブが十分に多く、課題の第一歩が踏み出せない

**ニーズ理解の壁**  
技術に踏み出しても、技術提供者が「真のニーズ」を理解しきれない

**制度の壁**  
ニーズに合った技術があっても、適切な制度（法・基準等）がその活用を阻む

**公共調達への壁**  
制度が新技術活用を後押ししても公共調達の枠組みの中で調達できない

**予算確保の壁**  
調達できるものが位でも、予算の適正性や有効な財源を示せない

**ビジネスモデルの壁**  
予算が確保できても、サービスを事業（ビジネス）として維持できない

インフラメンテナ ンスの障壁	背景 (各観的な状況・要因)	課題 (問題解決のボトルネック)	社会実装の アプローチ
【課題】 発注者固有の 体制・環境により、 「挑戦」の第一歩 が踏み出せない	<ul style="list-style-type: none"> <li>【一】自治体職員数(絶対数)の不足</li> <li>【二】インフラ量の増大、過剰なインフラ量</li> <li>【三】中長期対応の必要性</li> <li>【四】専門知識・動向把握の必要性</li> <li>【五】短期での人事異動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【一】挑戦余力の少なさ</li> <li>【二】中長期的な挑戦意欲の少なさ</li> <li>【三】問題・課題把握の難しさ</li> </ul>	
【課題】 発注者が「挑戦」 しようとしても、 技術側が「真のニーズ」 を理解しきれない	<ul style="list-style-type: none"> <li>【一】潜在的市場の認知</li> <li>【二】国(国土省)施策の認知</li> <li>【三】既存業務の細部にニーズの可能性</li> <li>【四】発注者の営業取組</li> <li>【五】管理者ごとのばらつき</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【一】技術カテゴリーを見ても、技術が選択できない</li> <li>【二】潜在的ニーズに気づいていない</li> <li>【三】土木の専門知識の欠如により、ニーズを見つけない</li> <li>【四】ニーズ発掘機会の欠如</li> <li>【五】支払い意思判断の難しさ</li> <li>【六】ニーズ把握の難しさ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【シ】とにかく、「先行事例」をつくる</li> <li>【サ】対象構築物ごとに、導入すべき技術・プロセスの「パターン」を定式化する</li> <li>【ニ】新たな業務フローを定義する</li> <li>【ホ】自治体と大学の包括連携協定</li> </ul>

**アプローチのチェックリスト**

項目	実施済	未実施	実施済	未実施	実施済	未実施	実施済	未実施
【一】自治体職員数(絶対数)の不足								
【二】インフラ量の増大、過剰なインフラ量								
【三】中長期対応の必要性								
【四】専門知識・動向把握の必要性								
【五】短期での人事異動								
【六】潜在的市場の認知								
【七】国(国土省)施策の認知								
【八】既存業務の細部にニーズの可能性								
【九】発注者の営業取組								
【十】管理者ごとのばらつき								

インフラ分野における社会実装の障壁

6つの社会実装の障壁の背景、課題、社会実装に向けた有効なアプローチ



# マルチスケール・マルチフィジックス解析システムを用いた構造物のハイサイクルシミュレーション技術の開発とインフラメンテナンスサイクルの高度化

Development of High-Cycle Simulation Technology for Structures Using a Multi-Scale and Multi-Physics Analysis System and Advancement of Infrastructure Maintenance Cycles.

- 主たる研究担当者 1 石田 哲也 (東京大学大学院工学系研究科)
- 主たる研究担当者 2 米田 大樹 (前田建設工業(株))
- 主たる研究担当者 3 斉藤 成彦 (山梨大学)
- 主たる研究担当者 4 千々和 伸浩 (東京工業大学)
- 主たる研究担当者 5 牧 剛史 (埼玉大学)

## 舗装劣化予測データ統合技術を開発します Developing integrated data technologies for pavement deterioration prediction.

本研究では、アスファルト舗装における路盤以下層の損傷進行を非破壊で把握し、予防保全型の舗装メンテナンスを実現するため、データ駆動型の評価技術を開発しています。2024年度は、疲労抵抗性を多条件で評価するWT試験を実施し、路盤の締め固め度・含水状態・温度・バインダ種類が変形抵抗性に及ぼす影響を体系的に整理しました。また、局所振動試験による弾性波速度とFWD解析結果が概ね整合することを確認し、非破壊で弾性係数を推定する手法の信頼性を高めました。さらに、日本大学構内や土木研究所の実物大舗装フィールドでFWD・MWD・振動計測を組み合わせた評価を行い、従来より高精度に路盤健全性を把握できることを示しました。

## 非破壊計測とAI連携の舗装診断基盤確立を目指します Aiming to establish an AI-linked nondestructive pavement assessment platform.

2024年度は、FWD・MWD・局所振動試験の組合せによる多面的な劣化把握技術の検証を行い、取得データを疲労解析モデルに段階的に反映しました。特に、実物大舗装フィールドにおける長期走行試験では、損傷度の異なる工区で弾性係数の変化傾向を追跡し、FWDと振動試験で評価結果が乖離する条件を特定するなど、AI学習に有用な知見を得ました。さらに、路面性状データ(e2班)との連携により、国道4号の早期劣化区間を抽出し、非破壊技術による診断精度向上を図りました。これらにより、舗装内部の不可視損傷をデータ統合で高精度に評価するAI連携型基盤の構築が進展しました。

## 直轄国道展開と国際連携体制強化を達成しました Achieving deployment on national highways and strengthening international collaboration.

2024年度は、関東・東北地方整備局と連携し、国道4号を箱庭として各種非破壊検査・開削調査を実施し、MWDによる構造健全性評価が調査仕様書に反映されるなど、社会実装が加速しました。また、土木研究所・国総研との協議を重ね、点検結果をxROADへ反映する仕組みの構築を進めるとともに、静岡県など地方自治体にも適用対象を拡大しました。さらに、カンボジア国道での調査を継続し、路盤損傷予測モデルの国際展開に向けてMPWTと協議を重ねるなど、海外展開の基盤も整備されました。これらにより、国内外の舗装メンテナンス高度化に向けた連携体制が強化されました。



図1 本研究で目指す舗装のマネジメントサイクル(High intelligence Pavement Management System)

参画機関	東京大学、前田建設工業(株)、山梨大学、東京科学大学、埼玉大学
協力機関	(株)コムスエンジニアリング、東京電力、(株)HRC研究所
問い合わせ先	TEL 03-5841-7498 Mail takahashi@concrete.t.u-tokyo.ac.jp
詳細リンク	http://concrete.t.u-tokyo.ac.jp/ja_2017/





# 車載型地中レーダー・LiDAR統合解析による 大規模道路インフラ内部の高速三次元可視化に関する研究

Research on High-Speed 3D Visualization of the Interior of Large-Scale Road Infrastructure Using Integrated Analysis of Vehicle-Mounted Ground-Penetrating Radar and LiDAR.

主たる研究担当者 水谷 司 (東京大学 生産技術研究所)  
社会実装担当者 井口 達也 (東京大学 生産技術研究所)

## 地中レーダー自動解析高度化技術を開発します Developing advanced automatic analysis technologies for GPR data.

本研究では、三次元地中レーダーとLiDARを統合し、道路内部の状況を非接触で高精度に把握する技術を開発しています。2024年度は、教師なしドメイン適応型深層学習を用いてアスファルト厚さの推定を行い、比誘電率分布を広範囲に再構築しました。また、地中レーダーとリモートセンシング結果を一元的にマッピングし、複数センシング技術を融合しています。

さらに、長野県・千曲市と協定を締結してデータ連携体制を整え、実道路の取得データをもとに解析結果を共有しました。これらにより、道路内部情報を自動・高速に取得する基盤が着実に強化されました。

## 高解像度道路内部可視化モデル確立を目指します Aiming to establish high-resolution internal visualization models for road infrastructure.

基礎技術として、深層学習による三次元誘電率分布を推定により不可視部の3次元的な物質同定手法を開発しました。埋設管・マンホール位置推定アルゴリズムと統合することで、地中構造の自動マッピングを実現しました。仙岩道路では、橋梁部床版を対象に比誘電率の三次元推定を行い、余寿命予測チームへ情報提供するなど、b-1との連携も進展しました。これらの成果は、道路内部の不可視領域を一体的に可視化する高解像度モデルの構築に寄与し、予兆検知や予防保全への応用可能性を広げました。社会的受容の高い地中空洞検出についても研究を進めており、地表～地中の統合可視化を目指します。

## 自治体連携強化と社会的受容性向上を達成しました Achieving stronger municipal collaboration and improved social acceptance.

2024年度は、長野県・千曲市・名取市・仙岩道路など多数の自治体と連携し、協定締結やデモ調査を通じて実証フィールドを拡大しました。特に長野県では実道路128kmの解析結果を共有し、新技術導入に向けた制度・予算面の課題について議論を続けています。2025年度には長野県の協力により、自動解析によって検出された空洞について3か所で削孔による検証を行い、技術の信頼性を実証しました。また、社会インフラテックやWeb媒体での情報発信、国際会議での成果報告を通じ、技術への理解と受容性が向上しました。

図1 レーダー・LiDAR  
統合調査イメージ▶



推定結果

誘電率分布

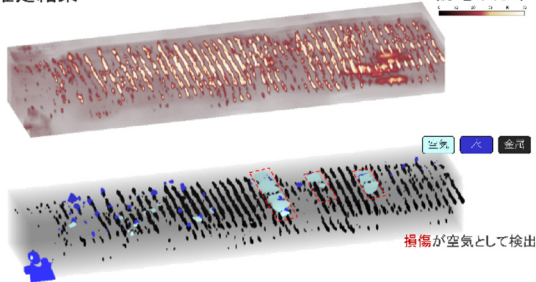


図2 実物大床版モデルの3次元誘電率推定結果

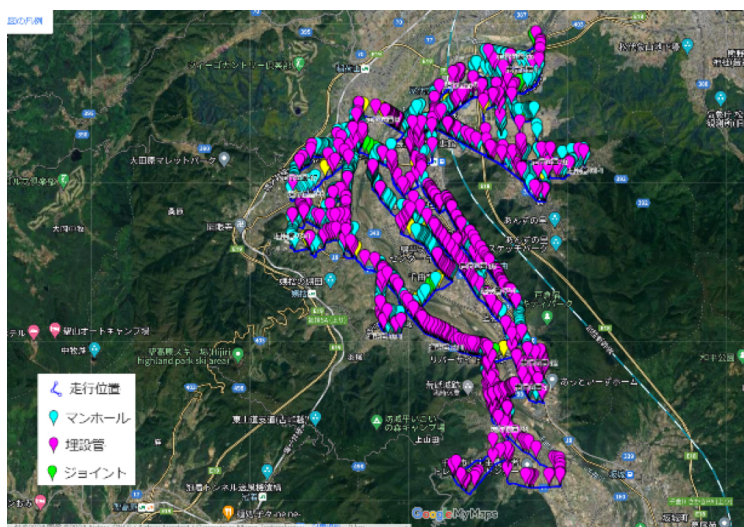


図3 長野県千曲市における128kmの実道路解析結果

参画機関	東京大学 生産技術研究所 水谷研究室
協力機関	(株)土木管理総合試験所、長野県、山口県、長野県千曲市、宮城県名取市 ほか
問い合わせ先	TEL 03-5452-6671 Mail mizu-t@iis.u-tokyo.ac.jp
詳細リンク	<a href="https://mizutanilab.iis.u-tokyo.ac.jp">https://mizutanilab.iis.u-tokyo.ac.jp</a>





## リモートセンシングによるインフラのモニタリング技術

Remote Sensing Infrastructure Monitoring Technology.

主たる研究担当者1 竹内 渉 (東大生研)  
 主たる研究担当者2 桑野 玲子 (東大生研)  
 主たる研究担当者3 水谷 司 (東大生研)

## 広域変状検知InSAR解析基盤を開発します Developing a wide-area InSAR-based deformation detection platform.

本研究では、リモートセンシングを活用してインフラの変状や予兆を広域かつ均一に把握するため、時系列InSAR解析の全自動処理システムと可視化基盤を構築しています。2024年度は、9年分の全国SARデータを50kmメッシュで連続処理し、約3分の1の領域で道路変状分布図を生成しました。地滑りブロックや不適切盛土の変動計測にも対応しております。WebダッシュボードとしてJ-GMSを無料公開し、現場のタブレット端末から時系列変化を参照できる仕組みとデータ活用講習に利用可能なマニュアルを整備しました。Drone LiDARや表面波探査との連携も進め、地表データと地中データを統合した4次元空間情報の構築に成功しました。

## 地中・地表統合による高精度診断モデル確立を目指します Aiming to establish high-precision diagnostic models integrating subsurface and surface data.

2024年度は、InSARと車載型LiDARを統合した鉛直データ融合により、橋梁ジョイント・埋設管・マンホールなどの地表構造物と地盤変動を一体的に解析する枠組みを構築しました。長野県・静岡県・秋田県など複数地域で解析を進め、旧河道や軟弱地盤に由来する沈下など、従来の点検では把握しづらい変形傾向を高解像度で抽出しました。さらに、海外事例としてバングラデシュ新規鉄道建設区間でのInSAR解析を実施し、年間4mm程度の沈下領域を特定するなど、国際展開への応用性も確認しました。これらは、時系列・空間情報を統合した高精度診断モデルの確立に向けた重要な成果となりました。

## 自治体協働と国際連携の拡大を達成しました Achieving expanded collaboration with municipalities and international partners.

2024年度は、長野県・千曲市・仙岩道路など多数の自治体と連携し、協定締結やデモ調査を通じて実証フィールドを拡大しました。特に長野県では実道路128kmの解析結果を共有し、新技術導入に向けた制度・予算面の課題を議論しました。地表・地中データの説明に良好な反応が得られた一方、実業務化に向けて発注手続きの課題が示され、解決策検討を進めています。また、社会インフラテックやWeb媒体での情報発信、国際会議での成果報告を通じ、技術への理解と受容性が向上しました。

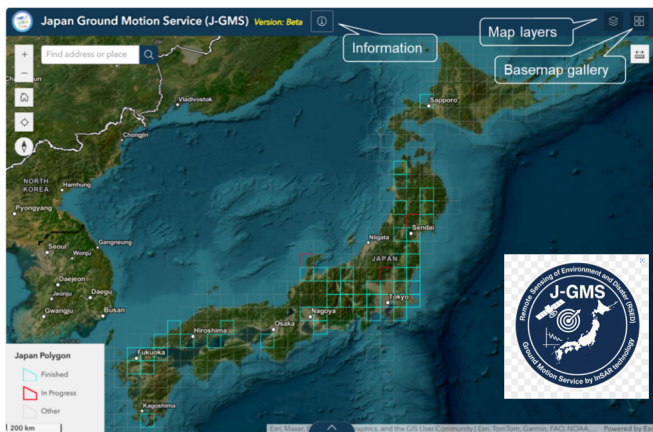


図1: Japan Ground Motion Service (J-GMS)のインターフェース  
<https://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/J-GMS>

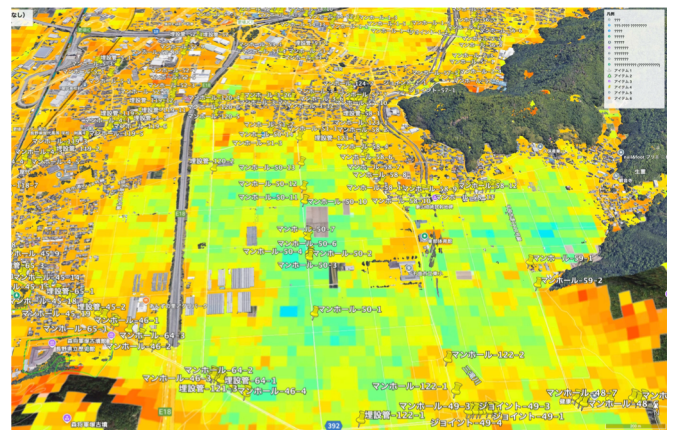


図2 衛星InSARと車載LiDAR測定による4次元空間データセット



図3 地滑りブロック変動計測



図4 不適切盛土変動計測



図5 バングラデシュ Kashani新規鉄道建設エリアの現場調査

参画機関	東京大学生産技術研究所
協力機関	(国研) 土木研究所
問い合わせ先	TEL 03-5452-6409 Mail wataru@iis.u-tokyo.ac.jp
詳細リンク	<a href="https://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/">https://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/</a>





# 電磁的手法による吊材ボルトの劣化損傷手法の開発に関する研究

Research on the Development of Electromagnetic Methods for Detecting Deterioration and Damage to Suspension Bolts.

主たる研究担当者 塩谷 智基 (京都大学)

## 電磁式ボルト健全度診断基盤技術を開発します Developing electromagnetic diagnosis technologies for bolt integrity.

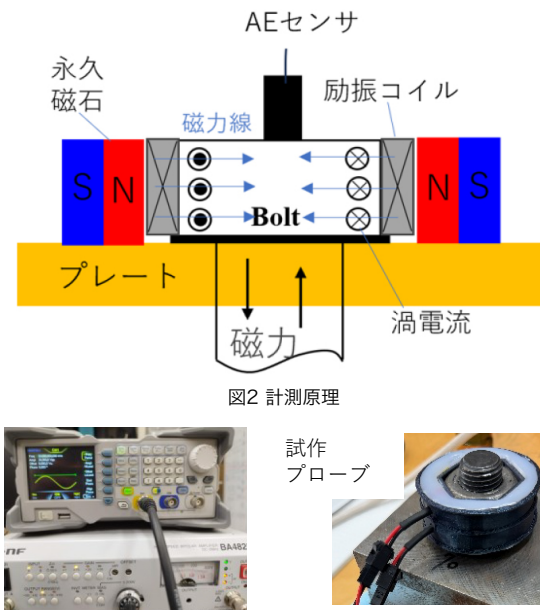
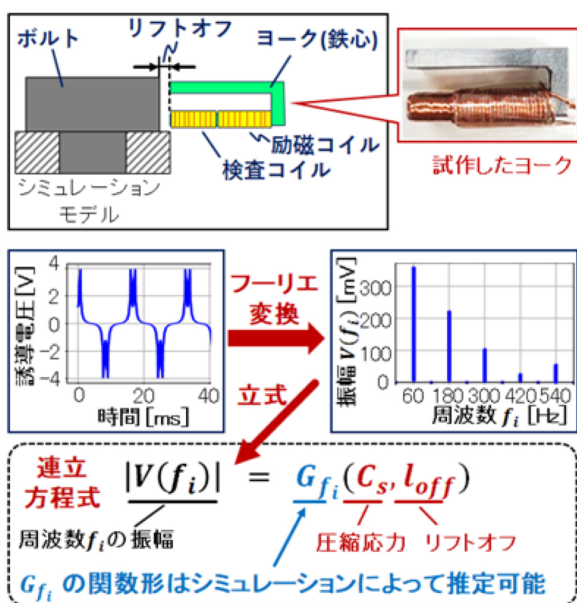
本研究では、橋梁の吊材ボルトなど外観では把握しにくい損傷を非破壊で評価する電磁的診断手法を開発しています。2024年度は、比透磁率が圧縮応力に応じて変化する点に着目し、誘導電圧波形から軸力を推定する新手法を整理しました。特に、ボルト頭部との微小隙間（リフトオフ）が診断精度へ与える影響を理論的に補正できることを示し、リフトオフ影響を最小化できる手法を開発しました。さらに、プロトタイプである試作プローブと解析ソフトを開発し、実ボルトでの適用性を確認しました。

## 電磁加振法による高精度軸力評価モデル確立を目指します Aiming to establish high-precision diagnostic models integrating subsurface and surface data.

2024年度は、新たなアプローチとして電磁加振法による軸力推定の基礎検討を進め、共振周波数がボルト軸力の変化に応じて推移する現象を確認しました。F10Tボルトを用いた供試体実験では、標準軸力の0%・50%・100%で共振周波数が明確に異なることをAEセンサにより把握し、軸力と周波数の定量関係を構築できる見通しを得ました。また、複数ボルトを同時評価するマルチチャンネル化の可能性も整理し、実橋梁での適用に向けた検討項目を抽出しました。これらの成果は、既存のトルク法や超音波法の課題を補完し、分解不要・短時間で実施できる軸力診断モデルの確立につながるものです。

## 連携体制強化と実装準備プロセスの前進を達成しました Achieving progress in collaboration and implementation frameworks.

本年度は、インフラ先端技術コンソーシアムを軸に、京都府・長野県・静岡県・富山市など複数自治体、点検企業、鋼橋設計企業、ボルト製造企業との意見交換を継続し、短期点検や面評価を含む将来の点検フロー像を共有しました。さらに、近畿地方整備局の協力により、2025年度の社会実装に向けた対象鋼橋の選定を開始するなど、実証フィールドの確保が進展しました。また、SIP連携クラスタ会議を通じて課題共有と実装リスクの整理を行い、劣化基準策定や標準化に向けた検討も深まりました。これらの取り組みは、診断技術の社会実装に向けた信頼性確保と実運用体制の構築を強く後押しする成果です。



参画機関	京都大学 成長戦略本部 インフラ先端技術産学共同研究部門
協力機関	静岡大学 電子工学研究所、電力中央研究所、京都大学 大学院情報学研究所、地方自治体、橋梁製造企業、鋼橋用ボルトメーカー
問い合わせ先	TEL 075-383-2855 Mail shiotani.tomoki.2v@kyoto-u.jp
詳細リンク	なし





# 移 式たわみ測定装置 (MWD) を用いた 舗装内部の健全度評価技術の開発

Development of Technology for Structural Soundness Evaluation Using  
Moving Wheel Deflectometer (MWD).

主たる研究担当者 竹内 康 (東京農業大学)

## 舗装内部健全度予測モデル構築技術を開発します Developing predictive models for pavement internal condition.

本研究では、走行しながら舗装内部の健全度を把握する移動式たわみ測定装置 (MWD) の高度化を進めています。2024年度は、サブ課題e-2と連携し国道4号で路面性状データを用いた早期劣化区間抽出を行い、ひび割れ進行速度に基づく選定手法を整理しました。さらに、FWD調査データに静岡県内の補助国道を加え676区間で分析し、路盤圧縮ひずみを取り入れた簡便な健全度評価法を確立しました。加えて、国道337号線および苫小牧試験走路でMWDの計測精度を検証し、ドップラー振動計の設置条件による精度向上効果を確認しました。これらにより、FWDとMWDの高い相関性を踏まえ、MWDを中心とした舗装内部診断の実務適用が前進しました。

## 早期劣化抽出と非破壊診断連携高度化を目指します Aiming to enhance early deterioration detection and integrated nondestructive evaluation.

2024年度は、国道4号の広域区間を対象にスマートフォン路面性状調査とxROADデータの差分分析により、ひび割れ進行速度から外れ値区間を早期劣化として抽出しました。また、アスコン層の弾性係数、载荷たわみD0,20、路盤圧縮ひずみ $\epsilon_{bc,20}$ を組み合わせた健全度判定図を作成し、既存評価指標の課題を補完できることを示しました。さらに、修繕後区間に対してFWD・MWD・電磁波レーダを用いた非破壊検査を実施し、表層切削のみでは改善が不十分な箇所を特定するなど、層間はく離の残存影響も確認しました。これらの成果は、表層から路盤まで一体的に診断する統合的アプローチの確立につながります。

## 社会実装推進と自治体連携拡大を達成しました Achieving expanded municipal collaboration and practical deployment.

2024年度は、関東・東北地方整備局と連携し、国道4号を中心としたMFWD・MWD調査の運用体制を構築しました。特に、MWDによる健全度評価手法が関東地整の特記仕様書へ記載され、社会実装の初期段階を正式にクリアしたことが大きな成果です。また、北海道の国道337号線や苫小牧試験走路でも走行実験を実施し、舗装厚が異なる条件でも高い測定安定性が得られることを確認しました。さらに、静岡県など地方自治体と新たに協議を進め、直轄国道に限らない広域展開の基盤が整備されました。技術基準改訂WGや若手委員会での発信を通じ、人材育成と制度面での浸透も進展しました。

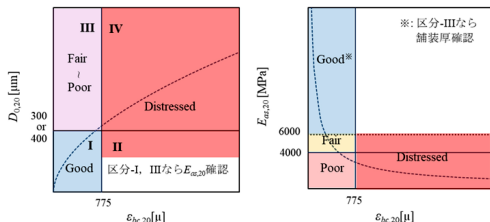


図1 路盤の圧縮ひずみを取り入れた健全度評価法

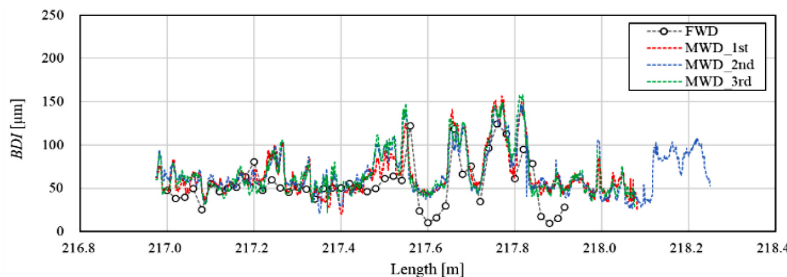


図3 直轄国道20号線でのMWD調査とFWD調査によるBDIの比較

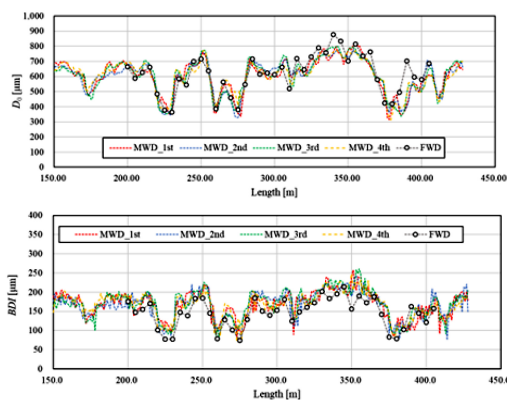


図2 MWDの計測精度向上の取り組み (国道337号線)

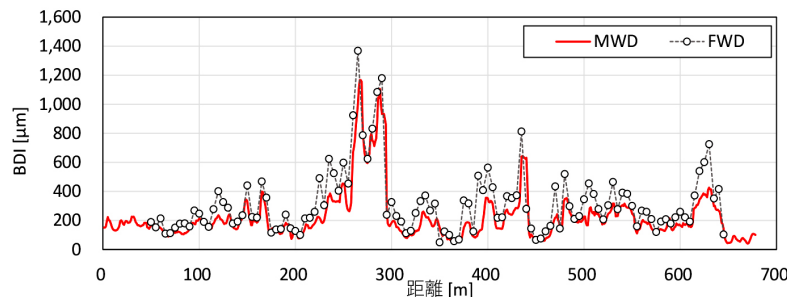


図4 土研研究所構内でのMWD調査とFWD調査によるBDIの比較

参画機関	東京農業大学
協力機関	(国研) 土研研究所、東亜道路工業 (株)、ニチレキ (株)、出光興産 (株)、国際航空 (株)、関東地方整備局、東北地方整備局、国土技術政策総合研究所
問い合わせ先	TEL 03-5477-5947 Mail bamboo@nodai.ac.jp
詳細リンク	なし





# 高出力X線を用いたコンクリート構造物内部の透視技術の開発

Development of a Technology for Viewing Inside Concrete Structures Using High-Power X-Rays.

主たる研究担当者 長谷川 秀一(東京大学)

## 高出力X線透視による内部診断技術を開発します Developing high-energy X-ray internal imaging technologies.

本研究では、橋梁内部の鋼材配置やグラウト充填状況を非破壊で把握するため、高出力X線の実用化を進めています。2024年度は、GEANT4でX線-物質相互作用を再現し、実験結果と比較して撮像条件の最適化を行いました。また、コーンビーム特有の強度むらを補正する画像平坦化手法を改良し、多数の鋼材が重なる供試体でも境界識別が向上しました。さらに手取川橋試験体や橋梁模擬試験体で撮像を行い、グラウト未充填部の視認性や鋼棒の位置把握が改善されました。部分角度CTの試行では、深さ方向の推定可能性も確認され、現場適用に向けた撮影条件や装置配置の指針づくりが前進しました。2025年度は、グラウト未充填部のある橋梁模擬試験体をさらに撮影し、未充填部を検出する画像解析方法の検討を進めています。

## 高精度画像処理と解析連携手法の確立を目指します Aiming to establish high-accuracy image processing and analysis integration.

2024年度は、高出力X線画像の質を左右する濃淡むら補正やX線透過シミュレーション方法を改良し、鋼材密度の高い部位でも鋼材境界を明瞭に判読できるようになりました。特に多重構造部でのコントラストが大きく改善し、補修判断に必要なグラウト未充填領域の抽出精度が向上しました。またX線画像とシミュレーション解析を照合し、撮影画像と解析結果を相互補完しながらグラウト未充填量や鋼材位置の差異を評価できる統合手法の構築が進展しました。2025年度は、それら評価の信頼性を向上させるため、撮影画像の鮮明化とAIを活用したグラウト未充填部の抽出方法を検討しています。

## ユーザとの連携強化と現場適用体制構築を達成しました Achieving stronger collaboration and field implementation frameworks.

2024年度は、ユーザであるNEXCO(高速道路管理者)関連会社と連携し、実橋梁模擬試験体で高出力X線の撮像実証を行い、現場特有の課題を整理しました。装置配置や照射方向に加え、作業空間の確保や遮蔽措置など運用面の要件も具体化され、実橋梁での適用条件が明瞭になりました。また撮像・解析結果をユーザと共有し、グラウト未充填領域の把握が補修範囲設定や施工計画の合理化に有効である点を確認しました。2025年度も引き続き、関連学会やシンポジウム等を通じて、社会的理解を深め、実装へ向けた合意形成を着実に進めています。

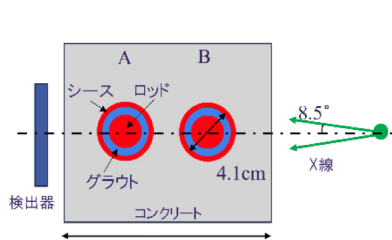


図1 シース・鋼棒(ロッド)・グラウト設定例

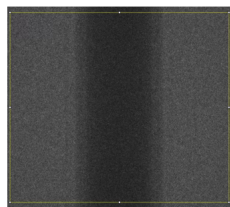


図2 シミュレーション取得画像

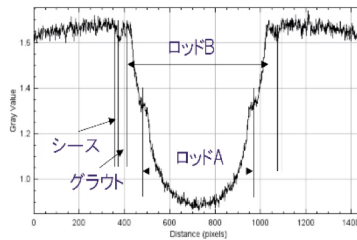


図3 取得画像のグレー値

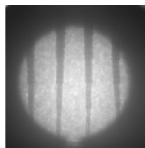


図4 透過画像例

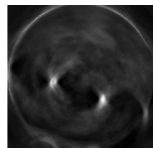


図5 BPによる再構築画像

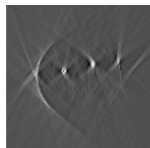


図6 FDKによる再構築

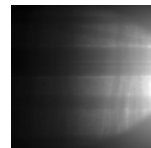


図7 複数の鋼材が混在する試験体画像例

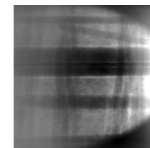


図8 左図画像の強度平坦化



図9 調査した試験体一例

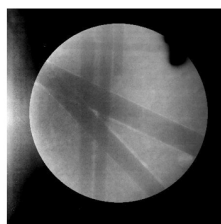


図10 撮像例

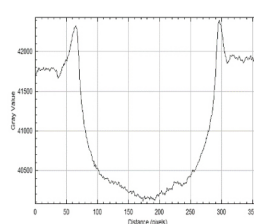


図11 撮像画像の強度

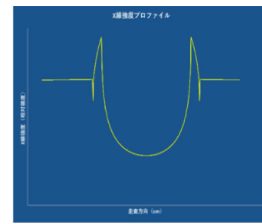


図12 強度プロファイルの計算例

参画機関	東京大学
協力機関	NEXCO 総研
問い合わせ先	TEL 029-287-8494 Mail hasegawa@tokai.t.u-tokyo.ac.jp
詳細リンク	<a href="https://www.sh.t.u-tokyo.ac.jp">https://www.sh.t.u-tokyo.ac.jp</a>





## 中性子線による非破壊検査技術の開発と社会実装

Development and Social Implementation of Non-Destructive Testing Technology Using Neutron Beams.

主たる研究担当者 大竹 淑恵 ((国研) 理化学研究所)

### 可搬型中性子源システムによる非破壊内部可視化技術を開発します

Developing non-destructive internal visualization technologies by transportable neutron system.

本研究では、斜張橋ケーブル定着部や床版内部の滞水・空洞を非破壊で可視化するため、中性子後方散乱イメージングの高度化を進めています。2024年度は、RANS-II を用いて高密度ポリエチレン被覆ケーブルへ斜入射照射を行い、断面積比1.1%の滞水を検出することに成功しました。また、RANS-III 用建屋（中性子工学施設北棟）が2025年1月に竣工し、加速器搭載トレーラーの格納後、中性子の発生に成功し、試験準備が整いました。さらに、中性子塩分計（RANS- $\mu$ ）の高度化と現場計測も継続し、橋梁内部診断の実用化に向けた基盤が強化されました。

### 道路上からの中性子計測モデル確立を目指します

Aiming to establish road-surface neutron measurement models.

2024年度は、道路面からケーブル定着部へ中性子を入射する実橋想定モデルを構築し、入射方向を45度に設定したRANS-II 実験を実施しました。高密度ポリエチレン被覆越しでも滞水部の中性子検出数が健全時に対して10%以上増加し、被覆材越しの滞水可視化が可能であることを確認しました。さらに、中性子の散乱挙動や検出数の変化をピクセルごとに解析し、滞水範囲の推定精度が向上しました。また、RANS-III に向けた小型加速器・遮蔽体の軽量化設計も進み、屋外で安全に運用できる実用条件の整理が進展しました。

### RANS-III 社会実装準備と連携体制強化を達成しました

Achieving implementation readiness and strengthened collaboration for RANS-III.

2024年度は、RANS-III の屋外利用に向け、中性子工学施設北棟の建設、加速器試運転、原子力規制庁への変更許可申請など、実装に必要な環境整備の第一段階を終えました。また、NEXCO中日本との共同研究では、実橋と同等の供試体を用いた検証を継続し、現場点検の実用化に向けた議論を深めました。さらに、BRIDGEで進めてきた中性子塩分計 RANS- $\mu$  の成果を踏まえ、床版下滞水・舗装層間滞水の可視化へ応用範囲を拡大しました。シンポジウムや国際会議での発表も活発に行い、中性子技術の社会的認知と受容性が大きく向上しました。

※検出器投影箇所：A点=◎、B点=×

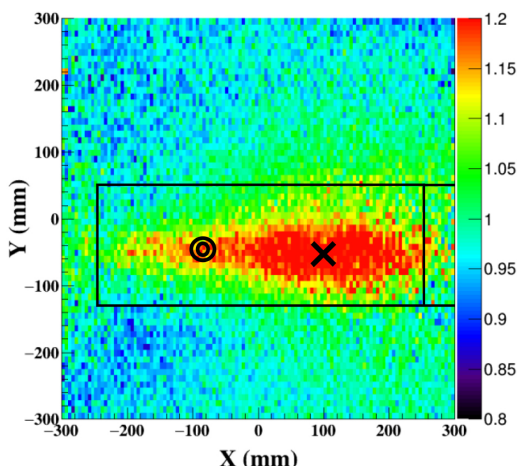


図1 イメージング結果（カラーバーは正常ケーブルに対する中性子検出数比）

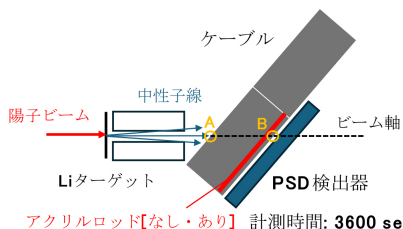


図2 RANS-IIIでの計測を想定した実験セットアップ



図3 中性子工学施設北棟に入庫するトレーラー



図4 中性子発生用加速器及び付帯設備の設置状況

参画機関	(国研) 理化学研究所
協力機関	中日本高速道路(株)
問い合わせ先	TEL 050-3502-6098 Mail yotake@riken.jp
詳細リンク	<a href="https://rans.riken.jp/">https://rans.riken.jp/</a>



# センサー等による橋梁基礎洗掘の河床計測技術の開発

Development of Riverbed Measurement Technology for Bridge Foundation Scouring Using Sensors, etc.

主たる研究担当者 西田 秀明((国研)土木研究所)

## 河床計測と三次元化技術を開発します Developing riverbed measurement and 3D visualization technologies.

本研究では、橋梁基礎洗掘の予兆を早期に捉えるため、河床を連続的・空間的に計測できる技術として、橋上から簡便かつ三次元的に河床形状を把握できる技術の開発を行っています。2024年度は、魚群探知機センサーを活用して河床形状を捉えられることを定量的に評価するために、国土交通省近畿地方整備局大阪国道事務所での現場試行を行いました。既往の計測手法の一つであるレッドロープ計測と比較から、魚群探知機センサーを活用することで河床位置を精度よく検知できることを確認しました。また、魚群探知機で取得される二次元の音響画像から三次元モデル作成し、河床形状を三次元的に可視化できるようになりました。引き続き、三次元モデル作成の自動化やGUI化を目指したソフト開発を行っています(図1)。

## 治具改良による高度化を目指します Aiming to enhance measurement tools.

橋梁洗掘調査において、水中に入ったり船から計測する場合に比べて河床計測の効率化を図ることができるように、橋上から直接操作でき、簡易に多方向の計測が可能な軽量治具を試作しました(図2)。2025年度は、この治具を用いて橋上から水面まで2m程度の茨城県稲敷市管理橋梁1橋及び橋上から水面まで6mを超える富山市管理橋梁2橋で現地計測を行い、橋上からの操作で計測ができることを確認しました。この現地計測を踏まえて、引き続き治具の操作性向上など、現場適用へ向けたさらなる改良に取り組んでいます。

## 実装準備と自治体連携拡大を達成しました Achieved implementation readiness and expanded local government collaboration

富山市や熊本県など道路管理者との意見交換を通じて、橋梁基礎の洗掘発生メカニズムや点検時の留意点を共有し、実装先との連携体制を強化しました。また、河床計測技術の普及に向けて、計測方法や計測結果の活用に応じた留意点を整理した「マルチビームソナーを活用した調査マニュアル(素案)」を作成しました。さらに、CAESAR講演会や技術協議での説明を通じて社会的受容性を高め、JICA研修で海外道路管理者へ情報発信するなど、国際的な展開可能性も示しました。これらの活動により、現場実装へ向けた環境整備が着実に進展しました。



図1 河床形状の三次元モデルでの可視化

図2 改良治具による桁上からの計測の様子(富山市管理橋梁での試行)

参画機関	(国研)土木研究所構造物メンテナンス研究センター
協力機関	なし
問い合わせ先	TEL 029-879-6773 Mail nishida-h573co@pwri.go.jp
詳細リンク	<a href="https://www.pwri.go.jp/">https://www.pwri.go.jp/</a>





# 振動計測に基づく構造デジタルモデルの構築手法および使用環境分析の検討

Development of Construction Methods of Structural Digital Model Based on Vibration Measurement and Analysis of Usage environment.

主たる研究担当者 佐々木 栄一(東京科学大学)

## 振動計測活用のデジタルモデル技術を開発します Developing vibration-based structural digital modeling technologies.

本研究では、振動計測データから構造パラメータを推定し、高精度な構造デジタルモデル（デジタルツイン）を構築する技術を開発しています。2024年度は、長期モニタリングデータを活用し、季節変動に応じて変化する振動数と剛性の関係を分析し、温度変化に追従してパラメータ更新が可能なNN-PSOアルゴリズムを構築しました。また、腐食・補強履歴を有する鋼管柱に点群データを適用し、形状を再現した構造モデルの作成に成功しました。さらに、吊形式橋梁を対象とした簡易モデリング技術の検討も開始し、国内外の管理者との連携を進めています。

## 季節変動対応モデリングと構造解析精度向上を目指します Aiming to improve seasonal modeling and structural analysis accuracy.

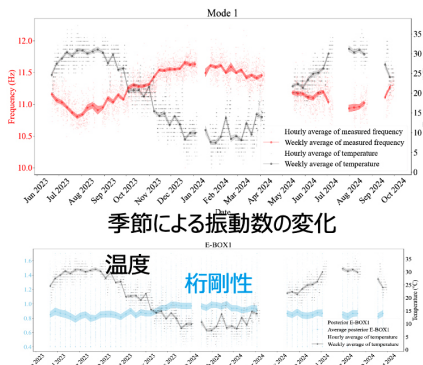
2024年度は、季節による振動特性変化に対応するため、気温と振動数の相関を詳細に分析し、温度変化に伴う剛性パラメータの連続推定を可能とするNN-PSOモデルを構築しました。本手法は動的・静的応答の両方を用いてパラメータ推定ができ、橋梁の季節変動を高精度に再現できる点が特徴です。また、補修・補強履歴を持つ鋼管柱では点群データから立体形状を復元し、腐食により楕円化した断面を忠実に再現したモデルを作成しました。さらに、斜張橋など複雑構造への展開に向け、ケーブルモデル化を含む応用的手法の整理も進めました。

## 管理者連携拡大と社会実装に向けた体制整備を達成しました Achieving expanded collaboration and implementation frameworks.

2024年度は、東京科学大学内の橋梁・トンネルを対象に、目黒区・大田区および鉄道事業者と連携し、長期振動モニタリング体制の運用を継続しました。また、東京国際空港施設との次世代マネジメントプランにも参画し、吊形式橋梁のデジタルモデル適用に向けた検討を深めました。海外では、タイ国交通省との協力により、斜張橋デジタルモデルの構築を開始し、ケーブル張力評価など新たな研究項目も共有しました。さらに、国際学会・論文投稿を通じた外部発信や学生向け演習を実施し、人材育成と社会的理解の向上にも貢献しました。



多くのPC桁が連結されたコンクリート橋  
(目視点検では内部状況が把握困難な構造)



季節による振動数の変化  
季節による振動数の変化に対応する  
桁の剛性の変化を分析できるプログラムを開発

図1 季節変動に対応した構造デジタルモデル

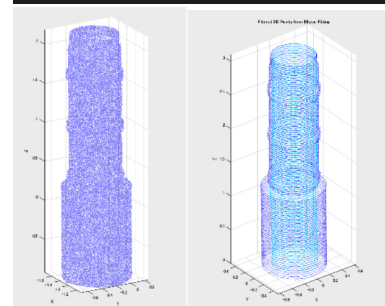


図3 点群データ(上)から構造デジタルモデルを作成するアルゴリズムを開発し、構造解析に適用可能なモデル(右)を作成(当て板、コンクリート巻き立て補強を有する栈橋鋼管柱への応用例)

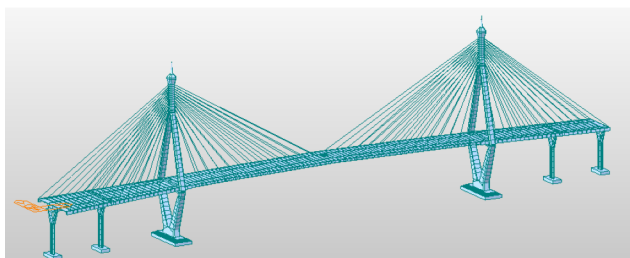


図2 タイ国交通省地方道路局が管理するBhumibol Bridge 1への構造デジタルツインモデル構築手法の適用

参画機関	東京科学大学
協力機関	なし
問い合わせ先	TEL 03-5734-3099 Mail sasaki.e.ab@m.titech.ac.jp
詳細リンク	なし





## 損傷検知を目的とした非破壊評価・データ分析技術の構築

Development of Non-Destructive Evaluation and Data Analysis Technology for Damage Detection.

主たる研究担当者 佐々木 栄一(東京科学大学)

## 非破壊分析による目視困難損傷検知技術を開発します Developing nondestructive data-driven damage detection technologies.

本研究では、鋼構造物における目視困難な損傷を非破壊で検知するため、パルス渦電流計測と位相空間分析を組み合わせた手法の高度化を進めています。2024年度は、鋼床版デッキプレートのルートき裂検知を対象に、アスファルト厚の影響評価や溶接継手位置のデジタル墨出し、計測支援ロボットの開発を行い、現場計測の基礎データを取得しました。また、高力ボルトの軸力低下についてパルス波適用性を確認し、内部鋼板の腐食状態把握に向けた基礎実験でも適用可能性を示しました。

## 微小変化解析と複数損傷への適用拡大を目指します Aiming to expand micro-change analysis to multiple damage modes.

2024年度は、パルス渦電流により得られる検出波形の微小変化を位相空間分析で抽出し、き裂の早期検知精度を高めました。特に、アスファルト舗装80mm越しの計測条件で得た波形の分布を解析し、板厚貫通前のき裂発生に伴う特徴量変化を識別できることを確認しました。高力ボルトについては、軸力に伴うボルト頭部形状変化がリフトオフ差として現れ、パルス波でも20%程度の軸力差を検出できることを基礎実験で把握しました。さらに、点群データと連携し、腐食や補強履歴を有する鋼板内部の状態把握にも応用可能である見通しを得ました。

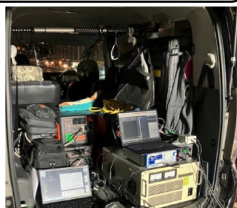
## 実装に向けた調整強化と社会的受容性向上を達成しました Achieving stronger implementation alignment and improved social acceptance.

2024年度は、東京都管理の鋼床版橋梁で現場試行を行い、溶接部位置の把握からロボット制御、データ収集まで一連の計測作業を実施しました。これにより、現場環境に応じたシステム改良点が明確となり、再試行に向けた改善方針を整理しました。また、管理者や計測企業との意見交換を通じ、視認困難部の状態把握技術として実務的価値が高いとの評価を得ました。国際学会・論文投稿も進展し、若手研究者や留学生の参画による人材育成にも寄与するなど、研究成果の社会的受容性が一段と高まりました。

- ・アスファルト舗装厚の影響評価
- ・路面上での溶接継手部の位置出し(デジタル墨出し)検計
- ・計測位置制御のための測定支援ロボットの開発



デジタル墨出し

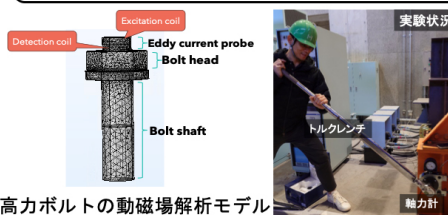


橋梁上における現場計測のための渦電流計測システム

開発した測定支援ロボット

現場試行の結果、得られた知見に基づき、システムを改良して、再度試行する予定である。

- ・動磁場解析によるパルス渦電流計測の可能性検討
- ・軸力計を用いた様々なボルト軸力レベルでの計測



高力ボルトの動磁場解析モデル



実験状況

新たに検討したパルス波を用いた計測においてもボルト軸力の計測の可能性を確認。

- ・様々なすき間量(腐食状態やモルタル補強を想定した板厚間)を考慮した実験で可能性を確認

渦電流プローブ



様々なすき間量を考慮した供試体での基礎実験



実験状況

図1 鋼床版デッキプレートにおけるルートき裂の検出(検討内容:現場への適用・実装のためのシステム構築)

図2 高力ボルトの導入軸力の低下検出(検討内容:パルス渦電流計測の適用性の検討)

図3 内部鋼板の腐食状態の把握(検討内容:パルス渦電流計測の適用性の検討)

参画機関	東京科学大学
協力機関	なし
問い合わせ先	TEL 03-5734-3099 Mail sasaki.e.ab@m.titech.ac.jp
詳細リンク	なし





# コンクリート構造物の表層近傍の 物理的・化学的劣化の劣化予測技術の開発

Development of Technology to Predict Physical and Chemical Deterioration  
Near the Surface of Concrete Structures.

主たる研究担当者1 長谷川 登 ((国研)量子科学技術研究開発機構)  
主たる研究担当者2 染川 智弘 ((公財)レーザー技術総合研究所)

## 表層劣化を可視化する遠隔レーザー診断技術を開発します

Developing remote laser-based diagnosis for surface degradation.

本研究では、コンクリート構造物の表層近傍に生じる物理的・化学的劣化を遠隔でデジタル化し、劣化予測へ活用する技術を開発しています。2024年度は、打音検査をデジタル化するレーザー打音検査装置の小型版の試作を進め、従来の車載型より大幅に小型化しつつ、3 m以上離れた位置から従来と同等の欠陥検知を可能としました。また、塩害を把握するためのダブルパルスLIBS装置を開発し、表層近傍の塩分濃度を遠隔で測定できることを実証しました。さらに、蒲原高架橋や各務原大橋で実証試験を行い、実構造物の表層劣化のデジタル化を開始しました。

## 小型装置の高度化と化学データ連携による劣化評価精度向上を目指します

Aiming to enhance miniaturized devices and integrate chemical data for accurate evaluation.

2024年度は、3 m離れた位置からの打音検査を想定した小型レーザー打音検査装置を試作し、小型の振動励起用レーザーと小型機用に再設計した振動計測レーザーにより、従来装置と同等の欠陥検知性能を実現しました。深さ10～30 mmの欠陥に対し、垂直・斜入射の両条件で内部欠陥に起因した共鳴振動を確認し、道路トンネル点検要領のレベルⅡ・Ⅲ相当の欠陥を安定して検知できました。また、化学的劣化診断ではダブルパルスLIBS装置を開発し、NaやClの輝線を捉えることで、塩分濃度の違いを遠隔で識別できることを実証しました。これらの物理・化学データを名大・建設技術研究所が構築する劣化進展供試体と連携させ、将来の劣化予測モデル構築に向けた基盤整備も進展しました。

## 自治体連携と公開実証の拡大により社会実装基盤を達成しました

Achieving implementation foundations through expanded collaboration and public demonstrations.

2024年度は、各務原市・中部地方整備局などと連携し、蒲原高架橋や各務原大橋で小型レーザー打音検査装置およびDP-LIBS装置によるデジタルデータ化を実施しました。塩害や浮き等の計測結果は管理者へ共有され、継続計測に同意を得るなど箱庭ハイサイクルの形成が開始されました。また、計5回以上の見学会・研修会の開催に加え、民間企業との協力によるトンネル及び橋梁の点検業務への試験的な導入を複数回実施する等、遠隔・非接触検査への評価が高まり、省力化やスクリーニング利用への期待が示されました。さらに、BSフジ、NHK、新聞、国際会議での発信も活発に行い、新技術の認知度向上と社会的受容性を高める成果を挙げました。



図1 ダブルパルスLIBS装置

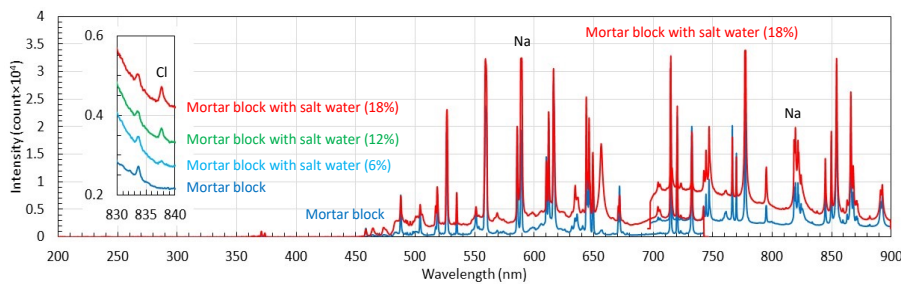


図2 ダブルパルスレーザーを利用した塩水付着コンクリートのLIBSスペクトル

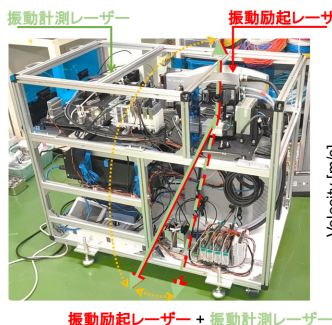


図3 小型レーザー打音検査装置

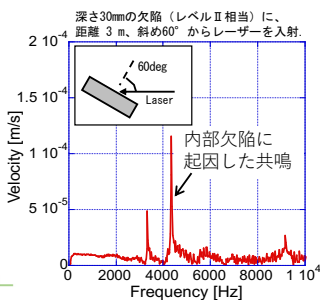


図4 小型レーザー打音検査装置で取得したレベルⅡ欠陥の振動



図5 箱庭ハイサイクル実証試験の様子

参画機関	名古屋大学大学院、(株)建設技術研究所 + ((国研)量子科学技術研究開発機構、(公財)レーザー技術総合研究所)
協力機関	なし
問い合わせ先	TEL 052-789-5690 Mail nakamura.hikaru.s7@f.mail.nagoyau.ac.jp
詳細リンク	なし





# 非破壊鉄筋腐食検出システムの開発

Development of a Non-Destructive Rebar Corrosion Detection System.

主たる研究担当者 何東風((国研)物質・材料研究機構)

## 高感度・携帯型の非破壊腐食評価システムを開発します Developing compact system to evaluate the corrosion of steel rebar and cable.

本研究プロジェクトでは、インフラ構造物の長期健全性を左右する鋼材腐食に着目し、渦流探傷（ECT）法を用いた高感度・携帯型の非破壊腐食評価システムの開発を目的としている。特に、橋梁ケーブルやRC構造物中の鉄筋を対象とし、現場で迅速かつ簡便に腐食状態を評価できる実用的デバイスの実現を目指している。従来のECTシステムは、大型・重量化や測定準備の煩雑さ、微小な点状腐食（孔食）に対する感度不足といった課題を有していた。本プロジェクトでは、PCを必要としない小型システムやワイヤレスデータ転送技術の導入により、測定作業の大幅な効率化を図るとともに、均一腐食だけでなく初期段階の点錆びにも高感度に応答可能な新型プローブの開発を進めている。

## 軽量コンパクト鉄筋腐食検出システムの構築を目指します Developing compact portable system for steel rebar corrosion evaluation.

2025年度は、開発した小型（コンパクト）ECTシステムに関する成果として、現場適用性と腐食検出性能の両立が実証された。本システムはPCを必要としない構成とし、装置全体の重量を1kg未満に抑えることで高い携帯性を実現した。ケーブル表面をスキャンするだけで測定が可能であり、測定準備時間が大幅に短縮され、2人での操作や交通遮断を伴わない現場計測が可能であることを確認した。

## 制度化準備と社会実装連携の強化を達成しました Achieving institutional alignment and practical implementation frameworks.

2025年度は、開発技術の社会実装および制度化を見据え、制度化準備と社会実装に向けた連携強化を重点的に進めた。具体的には、ケミカル工事、本四高速道路ブリッジエンジニア（と連携し、実用デバイスの開発および製品化を視野に入れた研究開発を推進している。あわせて、現場実証試験を通じて得られた測定結果や運用知見を整理し、将来的な評価手法の標準化や運用指針の策定に資する基盤整備を進めた。これらの取り組みにより、研究成果を実際のインフラ維持管理へ円滑に展開するための体制が構築され、社会実装および制度化に向けた具体的な道筋を明確化した。



図1 System with a PC

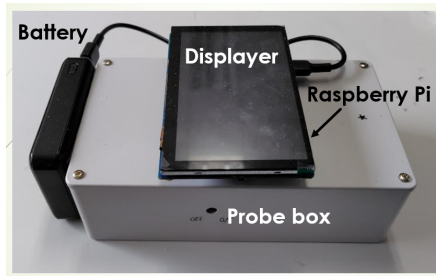


図2 System without PC

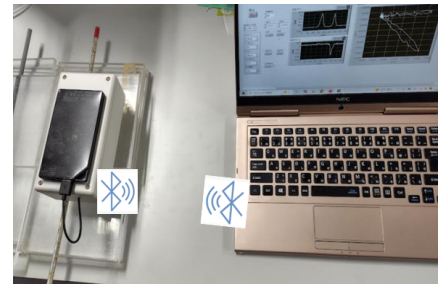


図3 Wireless system

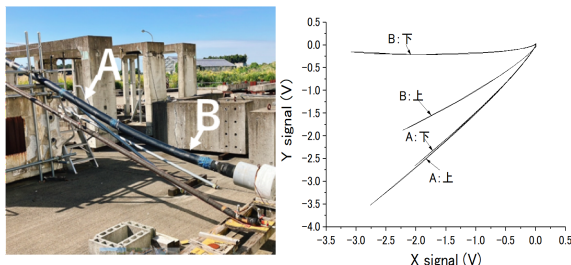


図4 橋梁ケーブルの腐食評価：位置Aと比べ、水の溜まりやすい位置Bで上面と下面の両方に腐食が見られ下面がより深刻

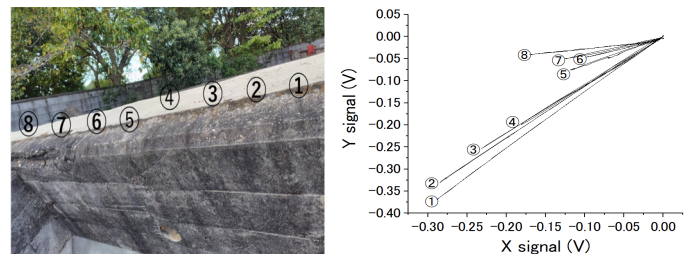


図5 RC構造中の鉄筋の腐食評価：異なる位置の鉄筋では、信号の違いが観察される。

参画機関	(国研) 物質・材料研究機構
協力機関	ケミカル工事、本四高速道路ブリッジエンジニア(株)
問い合わせ先	TEL 029-859-2533 Mail HE.Dongfeng@nims.go.jp
詳細リンク	なし





## 3Dプリンティング技術による構造物構築技術の開発

Development of 3D Printing-based Construction Methods.

主たる研究担当者1 石田 哲也 (東京大学大学院工学系研究科)  
主たる研究担当者2 鎌田 太陽 ((株)Polyuse)  
主たる研究担当者3 木ノ村 幸士 (大成建設(株))  
主たる研究担当者4 小倉 大季 (清水建設(株))

### 3Dプリンタを活用した次世代の構造物構築技術を開発します Developing next-generation construction methods using 3D printing.

本研究では、インフラ構造物の補修・補強・更新の高度化に向け、3Dコンクリートプリンティング(3DCP)技術を活用した構造物構築技術の開発を進めています。2024年度は、RC柱に3DCP埋設型枠を用いることで、従来工法を上回る耐震性能を獲得できることを実証しました。また、屋外暴露した3DCP部材では、従来工法と同等以上の耐久性(表面吸水性、中性化深さ)が確認されました。構造性能および耐久性の双方において、懸念されていた積層界面の影響が限定的であることが示されました。さらに、阿南芸芸自動車道路のフーチング基礎で国内初となる3DCP埋設型枠の実工事適用を達成しました。

### 高品質なオンサイトプリント技術とデジタルツインの構築を目指します Developing on-site 3D printing and digital twin technologies.

2024年度は、3DCP埋設型枠を用いた大型RC柱の交番載荷試験をもとに、積層界面の力学特性が構造性能へ与える影響を数値解析で評価し、弱部があっても耐荷力の低下は限定的であることを明らかにしました。また、環境温度5~35°Cの条件で造形した部材を用いた暴露試験では、表面吸水速度や中性化進行が従来工法と同等以上であり、オンサイトでも安定した品質が得られることを示しました。さらに、バサルトFRPロッドと3DCPを組み合わせた巻立補強に関する公開実験では、耐震性能が大幅に向上することが示され、高い社会的評価を得ました。今後はデジタルツインと連携した設計・施工・維持管理手法の確立を進めます。

### 実証拡大と制度整備推進により社会実装体制を達成しました Achieving deployment framework through demonstrations and regulatory development.

2024年度は、阿南芸芸自動車道路のフーチング基礎に加え、日本製鉄の瀬戸内製鉄所や日本大学キャンパス内などで累計4件の実工事・検証を実施し、3DCP技術の適用範囲を着実に拡大しました。また、土木学会コンクリート委員会から、「建設用3Dプリント埋設型枠を用いたコンクリート構造物の技術指針(案)」が発表されました。公開実験や学会発表、国内外の展示会・講演を通じて社会的受容性も向上し、企業・自治体との連携による箱庭形成が加速しました。さらに、建設用3Dプリンタの量産計画も始動し、全国的な普及に向けた基盤整備が進んでいます。

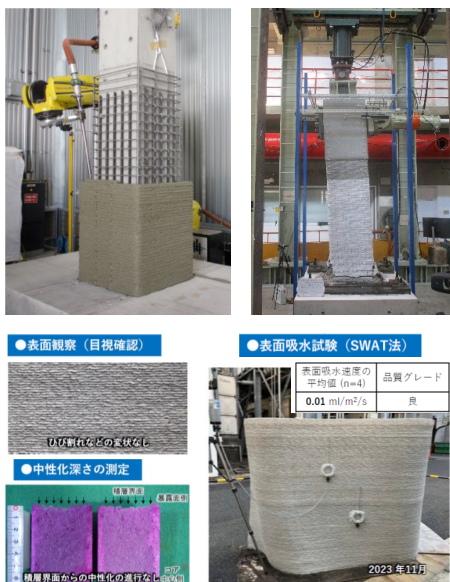


図1 3DCP構造物の構造性能および耐久性に関する実験的検討



図2 3DCP埋設型枠を用いたフーチング基礎



図3 3DCP埋設型枠とバサルトFRPロッドを用いたRC柱の公開実験の様子



図4 3DCPに関するガイドライン

参画機関 東京大学大学院工学系研究科、(株)Polyuse、大成建設(株)、清水建設(株)

協力機関 CalTa(株)

問い合わせ先 TEL 03-5841-7498 Mail contact@concrete.t.u-tokyo.ac.jp

詳細リンク [https://concrete.t.u-tokyo.ac.jp/ja\\_2017/](https://concrete.t.u-tokyo.ac.jp/ja_2017/)





# Additive Manufacturing(3DP)の品質評価手法の開発

Development of Quality Evaluation Methods for Additive Manufacturing (3DP).

主たる研究担当者 塩谷 智基 (京都大学)

## 3DP構造物の非破壊品質評価技術を開発します Developing nondestructive quality evaluation techniques for 3DP structures.

本研究では、3DP埋設型枠を用いたRC柱供試体に対し、破壊の進行を非破壊で可視化する技術の確立を目指しています。2024年度は、正負交番荷試験に合わせてAE法・表面波トモグラフィ・弾性波トモグラフィ・パルスエコー法を適用し、内部損傷の進展を多角的に把握しました。特に、通常RC柱に比べ3DP型枠柱ではAEイベント数が大幅に減少し、破壊進行が抑制されることを確認しました。また、表面波・弾性波トモグラフィでは、浮きや層間剥離に対応する低速度領域が明瞭に抽出され、損傷分布が三次元的に可視化されました。これらの知見は、実構造物での品質評価手法の確立に直結する成果です。

## 多手法連携による内部損傷推定高度化を目指します Aiming to enhance integrated estimation of internal damage using multiple NDT techniques.

2024年度は、3DP型枠柱と通常RC柱の比較荷試験を通じて、AE法ではイベント発生位置や周波数特性の違いから、3DP型枠が内部ひび割れ進展を抑制する効果を確認しました。3次元弾性波トモグラフィでは、case1 (通常RC) では2 $\delta$ 以降から明瞭な低速度領域が出現した一方、3DP型枠柱 (case2・3) では進展が緩やかで、損傷分布が上下非対称に進む特徴も把握しました。さらに、表面波トモグラフィでは印刷パターンによる速度コントラストが検出され、層間剥離の発生位置推定に有効であることが示されました。これら複数手法の統合により、構造内部の微細損傷を高精度に把握できる評価体系が形成されつつあります。

## 国際標準化の進展と社会実装準備を達成しました Achieving progress toward international standardization and implementation readiness.

2024年度は、3DP構造物の品質評価技術の国際標準化に向け、RILEM TC QPAを正式に立ち上げ、日本主導で非破壊評価基準の策定を進める体制を確立しました。また、阿南安芸自動車道で施工された3DPフーチング型枠に対し、複数NDT手法を適用し、現場における内部剥離検知・浮き評価の有効性を確認しました。さらに、京都府などの実装先と協定を結び、今後の適用対象構造物の提供体制を確保しました。IABSE202やConstruction and Building Materialsへの論文採択など国際発信も進み、技術の社会的受容性と普及の基盤が大きく前進しました。

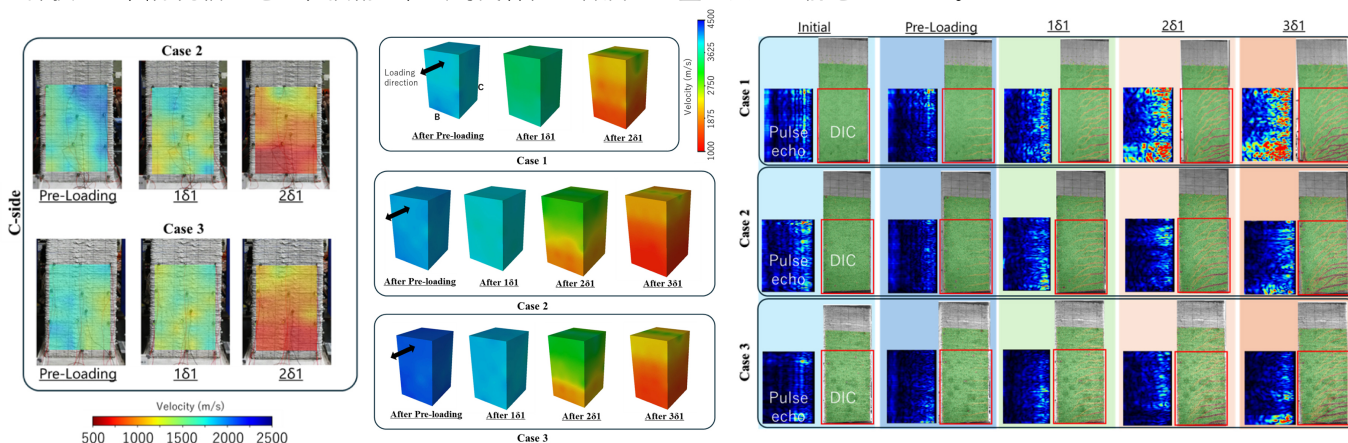


図1 3DCP埋設型枠柱供試体の破壊挙動の可視化

**International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures**

**Technical Committee (Newly approved)**

**Quality and performance assurance of additively manufactured cementitious composites by advanced non-invasive techniques**

Chair: **Tomoki Shiotani**, Kyoto University  
Deputy Chair/ Secretary: **Hwa Kian Chai**, The University of Edinburgh

**Subject Matter:**

- Rotational 3D printing of cementitious composites brings forth realization of the following:
  - Respoke, non-modular constructions with complex architecture geometries and material compositions
  - Material wastage reduction
  - High-precision, efficient construction process
- The technology enjoys multifaceted research advancements in:
  - Material and mixture development
  - Structural analysis and design
  - Printing equipment and operation
  - Product integrity and durability

**Ensuring initial quality is key to sustaining long-term performance and durability.**

**Versatile, Sustainable and Efficient**

**TC QPA: 3<sup>rd</sup> Meeting** Izmir, 26 Sept 2025

**Sub-committee Development**

**SC-1 Dynamic and Transport Properties**  
Innovative sensing and non-destructive evaluation methods aimed at clarifying the various factors that influence dynamic and transport properties of mixtures, at key locations including material feeder, mixer, extruder, pipe/ hose, and nozzle/ printing head. Sensor calibration and data correlation works will form a critical part of the development, in determining the relationships between sensing data (e.g. through waveform and parametric analysis) and mixture properties such as flowing density, uniformity, rheology, transport speed, and how the changes in these properties would affect printing quality characterised by material homogeneity, interlayer bond strength, compaction quality etc. Data correlation work will be underpinned by SC-2.

**SC-2 Fresh Printed and Initial Hardened Properties**  
Develop viable means for **on-site monitoring and instantaneous assessment of mixtures post-printing**, specifically in determining the implications of changing printing process/conditions on mixture workability and consolidation, uniformity, shape stability, early strength realisation, and interlayer bond integrity in fresh and initial hardening states. Data analysis emphasises on informing quantitative relationships with mid to long-term properties of the printed structure, i.e. in predicting structural integrity, serviceability and durability performance of the as-printed structure. Part of the data generated from this SC will complement analysis and correlation works in SC-1.



図2 RILEM TC QPA

参画機関	京都大学
協力機関	愛媛大学、徳島大学、立命館大学、(国研) 海洋研究開発機構、吉村建設工業 (株)
問い合わせ先	TEL 075-383-2855 Mail shiotani.tomoki.2v@kyoto-u.jp
詳細リンク	なし





# 建設用3Dプリンタ(3DCP)印刷物の水理的特性評価手法開発

Development of a Method for Evaluating the Hydraulic Properties of Construction 3D Printer (3DCP) Printed Materials.

主たる研究担当者 金森 拓也 ((国研)農業・食品産業技術総合研究機構)  
 社会実装担当者 黒田 清一郎((国研)農業・食品産業技術総合研究機構)

## 3DCP構造物の水理特性診断基盤技術を開発します Developing hydraulic property diagnostic foundations for 3DCP structures.

本研究では、農業水利施設への3DCP適用を見据え、水理特性や表面品質を非破壊で把握する技術開発を進めています。3DレーザスキャナおよびLiDAR搭載タブレットにより、積層構造特有の表面凹凸を3次元的に計測し、短時間で出来形を把握できることを確認しました。また、電磁波レーダ法では25cm以上の厚みでも良好な透過応答が得られ、ミリ波レーダでも反射特性から内部構造を把握できる可能性を示しました。さらに、促進摩耗試験により3DCP材料および積層体の耐摩耗性を評価し、評価手法整備に向けた基礎データを取得しました。

## 複雑形状への適用と内部診断の多角的高度化を目指します Aiming to enhance multi-faceted internal diagnostics for complex 3DCP structures.

3DCP導入時に重要となる形状把握と内部状態の可視化を効率化するため、3D計測と電磁波診断の高度化を進めました。3Dレーザスキャナ(3D-LS)は高精度形状取得、LiDAR搭載タブレットは短時間で積層凹凸を計測でき、複雑形状部でも実務的な形状確認が可能でした。内部診断では電磁波レーダにより厚肉部まで透過し、流動性材料の充填状況把握が可能であることを確認しました。さらに、ミリ波レーダでも10cm厚を透過し、反射応答から内部状態を抽出できる可能性を確認しました。これらを基に、設計・施工・維持管理を支援するデジタル情報基盤の構築に着手しました。

## 実装候補地調整と災害復旧場面への適用検討を達成しました Achieving coordination for implementation sites and application to disaster recovery.

福島県平田村や能登地域を対象に3DCP導入可能性を評価し、被災した固定堰や水路施設の補修・復旧への適用性を検討しました。平田村では共同調査を行い、水理構造物の個別形状に合わせた3DCP活用のニーズを整理しました。能登地域では豪雨災害後の河川施設の損傷に対し、数地区で導入可能性を調査し、3D測量を開始するなど現地条件把握を進めました。また、農研機構敷地内では貯水施設・河川施設・水路の3工種を想定した屋外試験の準備を進め、通水試験開始に向けた体制を整備しました。さらに、農業農村工学会での講演を通じ社会的理解が高まり、導入問い合わせも増加しました。

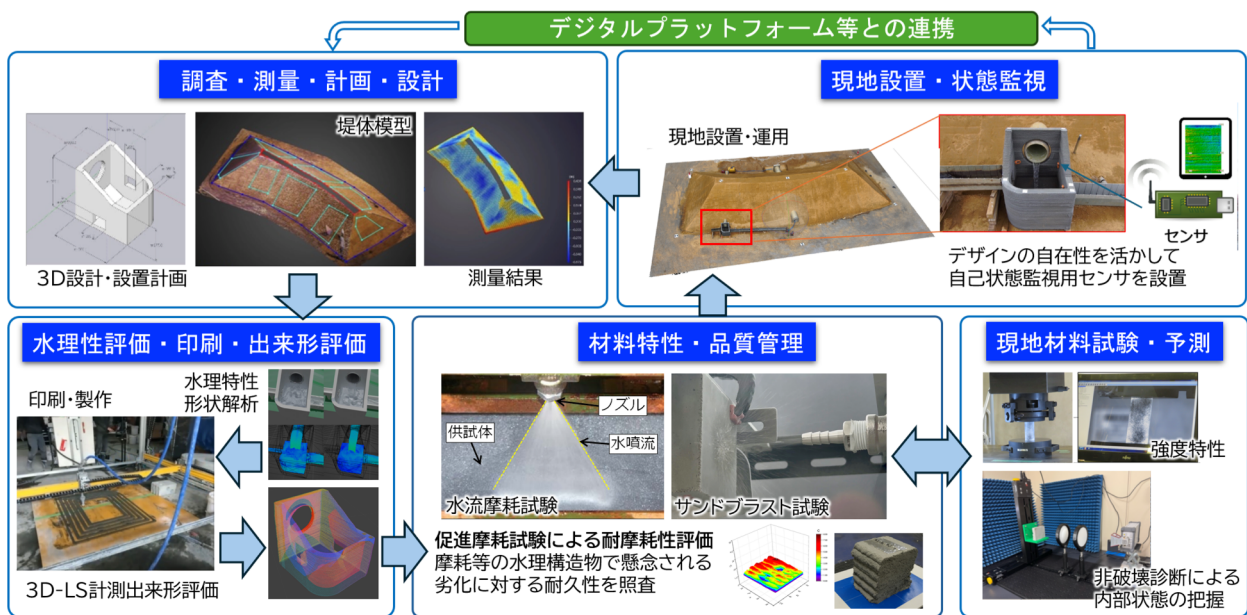


図1 デジタル情報を活用した3DCP導入支援システム

参画機関	(国研)農業・食品産業技術総合研究機構
協力機関	佐藤工業(株)、麗澤大学
問い合わせ先	<a href="https://www.naro.go.jp/inquiry/">https://www.naro.go.jp/inquiry/</a>
詳細リンク	<a href="https://www.naro.go.jp/">https://www.naro.go.jp/</a>





# バスルトFRPロッドを用いたコンクリート構造物の 高耐久化と性能評価手法の開発

Development of High Durability Concrete Structures Using Basalt FRP Rods and Performance Evaluation Methods.

主たる研究担当者1 石田 哲也(東京大学)  
主たる研究担当者2 岩田 秀治(東海旅客鉄道(株))  
主たる研究担当者3 中川 裕茂(中川産業(株))

## バスルトFRPロッドを活用した高耐久コンクリート構造を開発します Developing high-durable RC structure using basalt FRP bars.

本研究では、鉄筋腐食問題を根本的に解決するため、熱可塑性樹脂を用いたバスルトFRP (BF RTP) ロッドを活用した超高耐久コンクリート構造物の開発を進めています。太径・異形ロッドの開発により、D14からD32までのラインアップを揃え、付着強度が異形鉄筋と同等であることを確認しました。耐アルカリ性や温度変化に対する性能も良好です。トンネル路盤や工場路盤での実用を通じ、軽量性による施工省力化と大幅なコスト削減効果を得られました。更なる社会実装へ向けて、データの蓄積や構造設計手法の確立を進めています。

## 構造部材適用にむけ、耐荷メカニズム解明を目指します Aiming to apply to structural members and clarify mechanical mechanisms.

BF RTPロッドの構造部材適用に向け、実大RC柱およびRCはりの載荷試験を実施し、バスルトFRP-RCの構造挙動を整理しました。柱では、BF RTP-RCは残留変形が小さく、原点回帰性の強い特徴を有します。エネルギー吸収やリスクマネジメントとして、一部の補強筋で鉄筋を用いた併用、ハイブリッドRC構造は鋼材の塑性挙動とロッドの高強度の良いバランスによって、高い高井力とエネルギー吸収、復元力特性を併せ持つ構造形態であることが確認されました。耐荷メカニズムの解明に向け、数値解析モデルの開発も行っており、バスルトFRP-RC構造の性能評価に向けた知見を蓄積します。

## 社会実装拡大や制度設計に向けた基盤整備を行います Establishing the foundation for implementation and standardization.

JR東海フィールドにおいて実証実験を行い、供用中構造物からのモニタリングデータ取得も継続します。工場路盤や橋脚補修など新たな実装が進んでおり、道路・鉄道管理者や施工会社とも協議を重ねます。施工効率向上に関する課題を整理し、BF RTPロッド適用に関する制度面の検討も進展しました。国際会議での発表や論文賞受賞、メディア掲載等を通じ社会的認知が高まり、FRPロッド技術への関心が国内外で拡大しています。普及に向けた基盤が大きく前進しました。

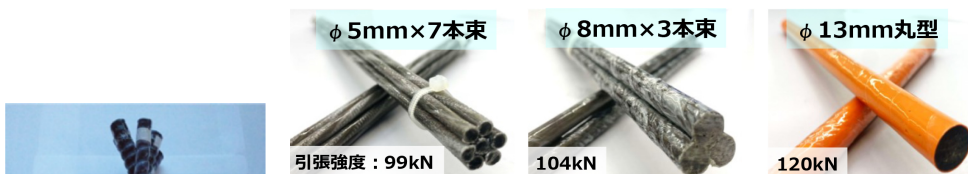


図1 バサルTPロッドの太径化



図2 ロッド開発 (太径・異形)

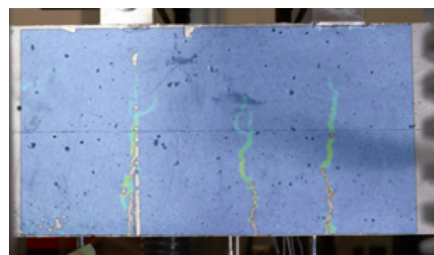


図3 実大柱/小型はりの載荷試験

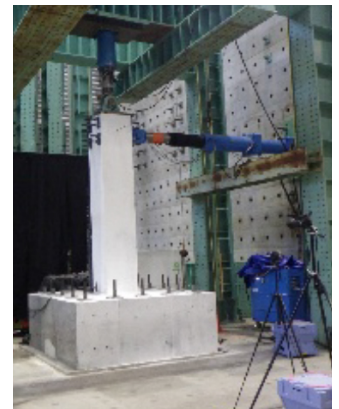


図5 社会実装

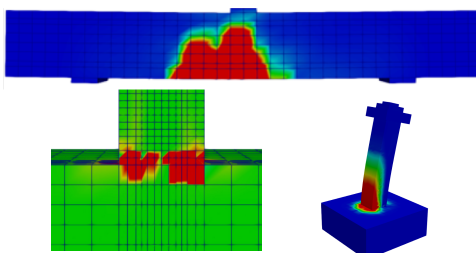


図4 数値解析によるメカニズム分析



参画機関	東京大学、東海旅客鉄道(株)、中川産業(株)
協力機関	なし
問い合わせ先	TEL 03-5841-7498 Mail contact@concrete.t.u-tokyo.ac.jp
詳細リンク	<a href="https://concrete.t.u-tokyo.ac.jp/ja_2017/">https://concrete.t.u-tokyo.ac.jp/ja_2017/</a>





## 高流動コンクリートの普及促進による メンテナンスの負担軽減に資する研究開発

Research and Development that Contributes to Reducing Maintenance Burden by Promoting the Use of High-Flow Concrete.

主たる研究担当者 岩城 一郎(日本大学工学研究所)

### コンクリート受入れ時の全量・自動の品質管理技術を開発します

 Developing automated full-volume QC technologies.

本研究では、施工の省人化と品質の安定化を目的に、高流動コンクリートを対象とした全量・全自動受入管理技術の開発を進めています。2024年度は、画像解析に基づき、スランプフローをリアルタイム推定するシステムを構築しました。本システムは、アジテータ車のシュートの3D形状をAIで自動特定する機能を有し、10秒間隔で連続的なスランプフローの推定が可能であり、従来50倍以上の頻度で品質確認が実施できます。NEXCO中日本との調整も進み、実工事での適用準備が整いつつあります。

### 品質管理技術を活用した施工合理化を目指します

 Aiming to automate acceptance tests and streamline construction.

2024・2025年度は、耐震補強工のうち橋脚のRC巻立てを模擬したモックアップ施工を実施しました。省人化・省力化、品質管理の高度化を目的に、3DPによる埋設型枠技術、高流動コンクリートの打込み方法および品質管理技術を組み合わせ、これら技術の適用性を検証しました。3DP埋設型枠を構造部材として考慮し、打込み管を用いて現場打ちの巻立て部を打設する手法により、従来工法と比較して大幅な省人化・生産性向上の効果が得られるとともに、全量かつ全自動でリアルタイムに高流動コンクリートのスランプフローを推定することで、品質変動を把握し、省人化しながらも確実に品質確保できることを実証しました。これらにより、耐震補強の施工合理化に向けた道筋を示しました。

### 社会実装連携強化と現場適用準備を達成しました

 Achieving strong implementation partnerships and field readiness.

NEXCO中日本の工事案件において、本システムの現場運用を開始し、全量自動受入れ管理の適用性を確認しました。また、上記モックアップの成果を踏まえ、砂防堰堤の補強工事において、3DP埋設型枠と高流動コンクリートを組み合わせた手法を適用し、実工事への社会実装を実現しました。これらにより、実工事へのさらなる展開に向けた社会的受容性と調整体制が大きく前進しました。

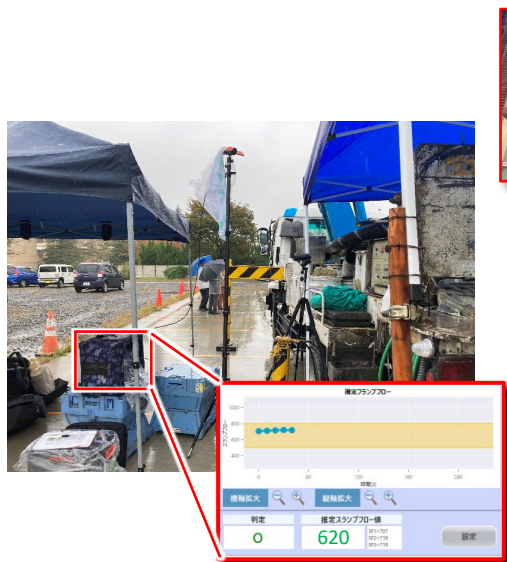


図1 システムの高度化

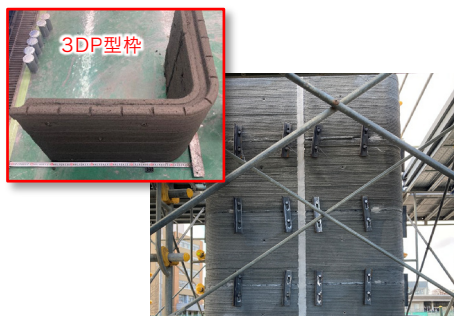


図2 耐震補強 (RC巻立て) のモックアップ



図3 社会実装

参画機関	日本大学工学部
協力機関	鹿島建設(株)
問い合わせ先	TEL 024-956-8716 Mail iwaki.ichirou@nihonu.ac.jp
詳細リンク	<a href="https://www.kajima.co.jp/tech/c_ict/construct_others/index.html#!body_01">https://www.kajima.co.jp/tech/c_ict/construct_others/index.html#!body_01</a>





# 機能性セラミックスによる鋼材用防食材料の開発

Development of Corrosion-Resistant Materials for Steel Using Functional Ceramics.

主たる研究担当者1 富山 禎仁(国研)土木研究所  
主たる研究担当者2 野本 淳一(産業技術総合研究所)

## 高耐久セラミック防錆塗装技術を開発します Developing highly durable ceramic anti-corrosion coatings.

本研究では、有機塗膜の劣化を克服し、紫外線でも性能低下しない高耐久セラミックコーティングを鋼橋へ適用することを目指しています。2025年度は、新材料の防錆性能向上と積層効果の検証を進め、光照射を必要としない加水分解型の新規複合インクを開発しました。塩水サイクル試験では、防錆+蓄光インクが従来材と同等以上の密着性と耐久性を示し、外観劣化も認められませんでした。また、フッ素樹脂面への上塗り塗装にも成功し、従来困難だった補修時のケレン不要化の可能性を確認しました。

## 防食塗装系の長寿命化と維持管理の効率化を目指します Aiming to advance service life and maintenance efficiency of coating systems.

2025年度は、鋼材防錆を支える膜品質の向上を目的に、光MOD法と新規インクを組み合わせた常温成膜技術の性能確認を行いました。鋼板・ステンレス板への塗布では膜厚の均一性と高い密着力が得られ、蓄光性も保持されました。また、複合サイクル腐食試験や促進耐候性試験により、従来のC-5塗装系と比較しても遜色ない防食性が確認されました。特にフッ素樹脂上への密着性向上は補修作業の省力化に直結する成果であり、塗装系の長寿命化と維持管理容易化に貢献することが示されました。

## 社会実装調整と産業連携体制を達成しました Achieving implementation coordination and industrial collaboration framework.

2025年度は、現地調査と構造物管理者への聞き取りにより、標識・橋梁・通信鉄塔などにおける紫外線劣化や塗膜剥離の課題を把握し、新規セラミック防錆材の適用可能性を整理しました。また、防錆インク量産化に向けて材料メーカー・塗料メーカー・施工会社と連携し、サプライチェーン形成を開始しました。さらに、NETIS登録準備や講演会発信を通じて社会的認知を高め、自治体・企業との実装候補地調整も進展しました。これにより、実現場での適用に向けた基盤整備が大きく進みました。

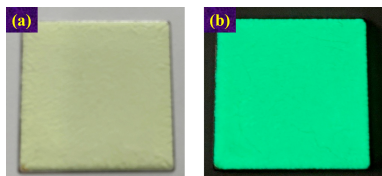


図1 【常温成膜】新規開発の加水分解反応による結晶化を利用した防錆+蓄光塗装



図2 【耐環境試験】防錆と発光効果を確認(左)試験前、(右)試験後



図3 【フッ素樹脂上への防錆コーティング】フッ素樹脂コーティング面への上塗り塗装に成功



図4 複合サイクル試験機によるサイクル腐食試験

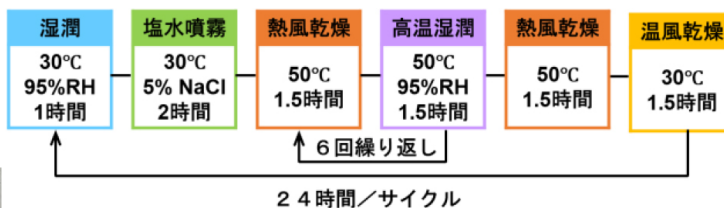


図5 複合サイクル腐食試験条件 (1サイクルあたり)

参画機関	(国研) 土木研究所、産業技術総合研究所
協力機関	なし
問い合わせ先	TEL 029-879-6762 029-862-6394 Mail tomiyama@pwri.go.jp nomoto.junichi@aist.go.jp
詳細リンク	なし





## 超耐食鉄筋の実環境における性能評価と実用化

Performance Evaluation and Practical Application of Ultra-Corrosion-Resistant Rebars in Real Environments.

主たる研究担当者 土井 康太郎 ((国研)物質・材料研究機構)

### 超耐食鉄筋の低コスト化設計技術を開発します Developing cost-effective design technologies for ultra-high corrosion-resistant rebar.

本研究では、Fe-Cr-Si-C合金を基盤とする超耐食鉄筋の実用化に向け、組成最適化と環境別性能評価を進めています。2024年度は、Si, Cr量を変化させた5種類のインゴットを作製・評価し、Si, Cr量の増加とともに耐孔食性が向上することを明らかにしました。また、すきま腐食・異種金属接触・曲げ加工といった特殊環境下でも保護性さびの形成により腐食の進行が抑えられ、性能維持が確認されました。さらに、2025年度は硫酸酸性環境での性能評価もを行い、超耐食鉄筋は硫酸酸性環境でも普通鉄筋を大きく上回る耐食性を発揮できることを示しました。これらの知見により、低コスト化と耐食性の両立に向けた指針を得ました。

### 実環境暴露と製造ライン適合性の確認を目指します Aiming to validate field exposure performance and production line compatibility.

2024年度は、石巻工場海側の敷地に超耐食鉄筋埋設試験体と裸鋼材の暴露を開始し、数年単位での耐環境性能評価へ移行しました。同時に、小型炉によるインゴット作製と実機圧延を実施し、既存の普通鉄筋製造ラインで加工可能であることを確認しました。これにより、製造コスト削減と量産化への道筋が明確になりました。2025年度には、會澤高圧コンクリートとの共同研究契約を締結し、飛来塩分環境下でのL型擁壁設置を社会実装第1号として位置づけ、実構造物での耐食性検証体制を構築しました。

### 制度化準備と社会実装連携の強化を達成しました Achieving progress in standardization preparation and social implementation partnerships.

2024年度から2025年度にかけて、大臣認定(土木)取得や示方書への掲載に向けたデータ整備を進め、制度面の基盤整備に着手しました。社会的受容性の向上に向けて、NIMSインフラ構造物材料パートナーシップを通じ企業ニーズ調査を実施し、普及を阻む課題(規格未整備・導入実績不足等)を整理しました。また、會澤高圧コンクリートとの共同研究により初の社会実装が具体化しました。さらに、研究会・講演会・サマースクール等での発信を通じ、人材育成と技術認知の向上も促進しました。2025年度には超耐食鉄筋に関する特許も出願しました。



図1 実機を用いた超耐食鉄筋の試作

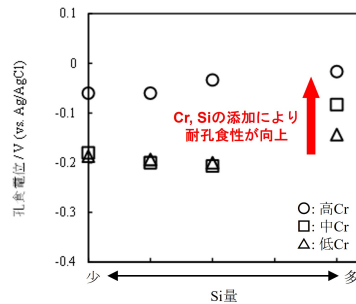


図2 Cr, Siの添加による局部腐食発生の抑制



図3 伊藤製鐵所石巻工場の敷地内においてコンクリート試験体の暴露試験開始

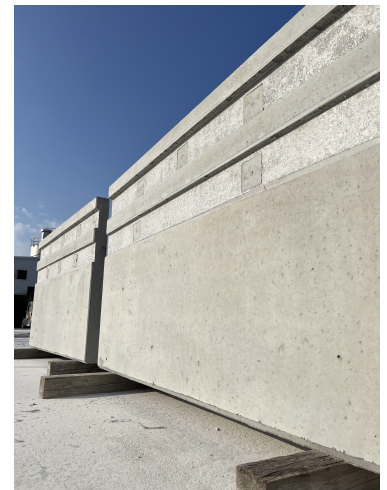


図4 會澤高圧コンクリート 鶴川工場内に設置された超耐食鉄筋埋設L型擁壁(社会実装第1号)

参画機関	(国研)物質・材料研究機構
協力機関	(株)伊藤製鐵所、(株)會澤高圧コンクリート
問い合わせ先	TEL 029-859-2159 Mail DOI.Kotaro@nims.go.jp
詳細リンク	なし

