

【様式 3】

「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」（令和 6 年度採択）
研究概要

番号	研究課題名	研究代表者
No. 2023-4	劣化イメージング技術と磁気・電気化学的技術の融合によるコンクリート橋梁の維持管理システムの開発	香川大学 教授 岡崎慎一郎

持続可能で的確な橋梁の維持管理を実現するため、非破壊検査によりコンクリート表面の劣化イメージング技術と、磁気・電気化学的技術を融合させたシステムの構築を研究目的として、それぞれの要素技術の精度検証とこれらの技術をシステムとして統合させる研究開発。

1. 研究の背景や動機、目的および目標等

国内外で橋梁の老朽化は深刻であり、橋梁の崩壊や、崩壊に伴う 2 次被害が懸念されている。RC および PC 橋梁の内部の状態は、鋼材腐食が進行し腐食ひび割れが生じないと近接目視では把握できない。構造物表面の劣化因子の評価による劣化進行の評価や、内部鋼材の腐食や、腐食による破断の有無を容易に迅速に評価する手法が求められている。

1. 中赤外分光イメージング機によりコンクリートの表面の塩化物イオン濃度を定量化する手法
 2. 劣化懸念箇所付近における内部鋼材の腐食速度を分極抵抗法に基づき非破壊で評価する手法
 3. 磁気センシング技術に基づくデバイスで鋼材破断を検知する手法
- という 3 手法を融合した方法の適用性を検討するとともに、国内外の実装を目標とする。

RC や PC 橋梁等コンクリート構造物の劣化懸念箇所のイメージング技術、内部の鋼材の腐食速度評価、鋼材の破断の有無の検知といった 3 つの手法を融合させることで橋梁の高度な維持管理システムを開発する。

2. 研究内容

A 中赤外分光イメージングデバイス塩化物イオン計測計測手法の構築

香川大学は、独自に開発した赤外分光イメージングデバイスにより、室内でのコンクリート表面の塩化物イオン濃度のイメージングに成功した。本研究では屋外における本手法の適用性を検討する。

目標：①屋外用のデバイス試作、②屋外にあるコンクリート試験体の表面塩化物イオン濃度の精度確認を行う。コンクリートの表面塩化物イオン濃度を精度±10%で計測する。

B 電気化学的手法によるコンクリート中の鋼材の腐食速度を定量化する技術開発

真の分極抵抗を評価するため、香川大学が開発した電流分散範囲を特定できるアルゴリズムを基に、種々の条件を考慮できる手法を開発する。現場での適用性を評価する。

目標：①コンクリート中の含水率一様でない場合における真の分極抵抗の評価アルゴリズムの開発、②試作機の完成、③鋼材腐食が懸念される屋外にある試験体および実橋梁においての適用性の検討。目標は、室内試験における測定精度に対して、鉄筋腐食速度精度を±20%とする。

C 磁気センシングに基づく鋼材破断検知デバイスの高度化

コニカミノルタ社の研究グループが開発した磁気センシング技術は、スターラップの存在や、格子状の配筋により判定精度が低下する。そこで、現状の漏洩磁束法の着磁にパルス着磁法を適用し、破断の検知に最も適した機械学習アルゴリズムを選択する。

目標：鋼材腐食が生じ、破断が懸念される屋外にある試験体および実橋梁において、本手法の適用性を検討する。特に実構造物においては、スターラップ間隔が一様ではない等設計図とは大きく異なるケースが生じるため、①この影響を考慮できるアルゴリズムを構築する。目標は、かぶり15cm まで評価可能であり、スターラップが存在しても鋼材の破断の検知精度を90%とする。

D 統合システムの開発

目標：橋梁の点検結果に項目 A～C の内容を取り込み、劣化予測を行うシステムを構築する。

3. 研究成果

項目 A に関し、屋外用のデバイスを試作した。屋外にあるコンクリート試験体の表面塩化物イオン濃度を精度 $\pm 10\%$ で計測できた。



図 試作機



図 測定の様子

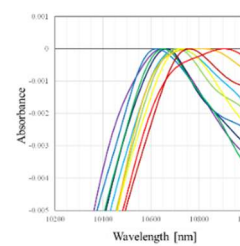


図 取得スペクトル

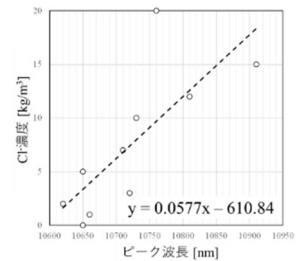


図 検量線

項目 B に関し、電流分散性状を考慮し、真の分極抵抗値を算定する手法を構築した。塩害劣化モデルを構築し、項目 A の結果と分極抵抗値の測定結果により、鋼材破断時期を推定できた。

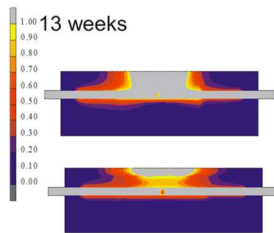


図 電流分散性状

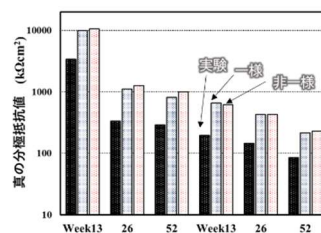


図 真の分極抵抗の算定値

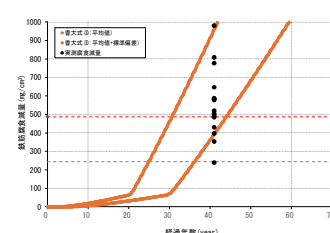


図 測定に基づく劣化予測

項目 C に関し、3 軸磁気計測装置に加え、着磁に開発した磁石を用い、取得波形に AI を援用することで、スターラップが存在しても 15cm までのかぶり厚さまで検知可能となった。



図 計測装置

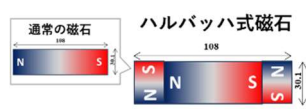


図 開発した磁石

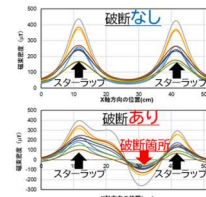


図 取得波形

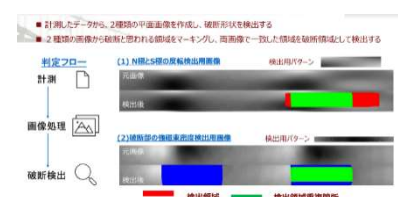


図 AI による破断検知

項目 D に関し、民間企業と共同で橋梁台帳システムにデータを格納する枠組みを構築している。

4. 主な発表論文

手嶋, 岡崎ら：漏洩磁束法で取得された波形に基づく PC 鋼材破断に対する自動判別技術の構築, コンクリート工学年次論文集, Vol.46, 1657-1662, 2024

角野, 岡崎ら：鋼材腐食の進行がコンクリート表面の変形状態に与える解析的検討, 第24回 コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレードシンポジウム, Vol.24, 617-622, 2024

K.Teshima S. Okazaki et al. : Establishment of Technology to Automatically Determine the Presence or Absence of Steel Wires by Magnetic Data of Pre-tensioned Girder PC Steel Using Non-destructive Testing Device, RILEM Bookseries 144-152, 2024

岡崎ら：材料や曝露環境が塩化物イオン拡散モデルの予測結果に与える影響要因分析, 土木学会論文集, Vol.80, No.10, 2024

5. 今後の展望

国土交通省四国地方整備局, 地方自治体, 建設会社, 建設コンサルタント等と協力し, 現場での計測結果を蓄積しつつ, 国外への実装を試みる。

6. 道路政策の質の向上への寄与

本研究の成果は, 橋梁の安全性向上, 維持管理コストの削減, 道路予算の効率的活用、そして持続可能な道路インフラの実現に貢献し, 国民の安全・安心な生活を支える道路政策の質の向上に大きく寄与するものと考えられる。

7. ホームページ等

項目 C に関して, <https://bic.konicaminolta.jp/hihakai/> にて紹介する。