

**「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(平成28年度採択)
研究概要**

番号	研究課題名	研究代表者
No. 28-9	市町村のニーズに応える革新的な点検支援システムに関する研究開発	愛媛大学 教授 氏家 勲

市町村の狭小橋梁の点検・診断の支援を実現するため、簡易移動式足場、人工知能による点検支援システム、橋梁3次元形状復元手法の開発を研究目的として、足場の設計およびプロトタイプ作製、人工知能学習のためのデータ収集、人工知能・画像解析ベースのシステム構築を実施する研究開発。

1. 研究の背景・目的

平成26年から全国70万橋の橋梁で5年毎の近接目視点検が実施されている。しかし、多くの市町村が管理する狭小幅員橋梁(有効幅員4m以下)においては、橋梁点検車使用時に通行止めが発生すること、点検を実施しても損傷の評価や対応の要否評価が難しいことが課題として顕在化している。

本研究は、市町村の狭小橋梁の点検において、点検時の通行止めを伴わない簡易な移動式足場を開発し、また、透気試験や表面形状測定試験、超音波試験、圧縮強度(コンクリートテスター)試験や、画像解析などにより人工知能の枠組みで損傷の程度や進行性や対応の適否を評価する手法、および三次元画像モデルとして復元された橋梁に損傷をマッピングする技術を用いて点検を支援するシステムを開発し、その迅速化、高機能化の提案を行うことを目的とした。

2. 研究内容

1) 簡易移動式足場の開発

簡易移動式足場に必要性能を把握するため、既存足場の問題点や課題、安全性や作業性の面で必要とする性能について、道路管理者・点検業者・工事業者に対してヒアリングを実施した。また、簡易移動式足場上で作業を行うにあたり、安全衛生法で要求される機能・措置を整理し、これらの結果を要求性能として取りまとめた。また、その要求性能に基づき、簡易移動式足場の設計及び製作を、構造計算をもとに行った。

2) 人工知能ベース損傷評価支援システム

供試体に人工的に損傷を与えた上で、損傷箇所および健全箇所において非破壊試験を行い、非破壊試験結果と損傷の程度の関係性を調査し、調査結果から得られた関係性を人工知能手法によりコンピュータに学習させることにより、コンピュータが非破壊試験結果から損傷を判定することが出来る手法を開発した。加えて、人工知能手法および画像解析手法の活用により、コンクリートのひび割れを自動で検出する手法の開発も行った。

3) 橋梁三次元マッピングシステムの開発

撮影画像を橋梁の三次元データにマッピングし、コンピュータ内に擬似的に三次元モデルを再現した上で、再現した三次元モデルに2)で得られる損傷をマッピング出来るシステムを、Structure from Motion(SfM)技術をもとに開発した。

3. 研究成果

1) 簡易移動式足場

簡易移動式足場について、香川・高知労働局との協議、および道路管理者・点検業者・工事業者からのヒアリングをもとに要求性能を定め、それを満たす構造の設計を行った(図1)。また、高知県安芸市に架設されているシリグロ橋において既に実橋検証も行った(図2)。実橋検証では、作業性およびコンクリート舗装面での移動性、安全性の検証を行った。実橋検証の結果、2トン移動式クレーンでの輸送と架設、点検作業(打音検査、非破壊試

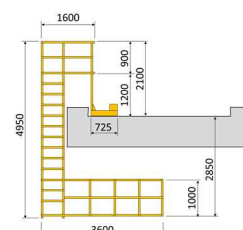


図1 構造設計結果

験)、足場の移動に大きな問題はなく、市町村の最も大きなニーズである「点検作業時の通行止めの低減」に寄与できることが実橋においても検証された。

2) 人工知能ベース損傷評価支援システム

本システムは、複数の非破壊検査の計測結果や画像解析などにより、人工知能の枠組みで損傷やその進行状況を把握することを目指した。まず、損傷が生じた際に、どのような非破壊検査結果が得られるか、損傷を促進させた小型供試体を作製し検討した。これらの計測結果から、損傷の進行度を評価するシステムを人工知能技術の一手法である Random Forest 法を用いて構築した。図3は腐食損傷予測の例であり、正解との二乗平均平方根誤差および R^2 値は、それぞれ 0.54、0.95 という性能が得られている。

また、コンクリートからひび割れを自動検出するシステムの構築も行った。本手法についても画像解析に Random Forest 法を組み合わせる。検出例を図4に示す。また、F 値 0.759、正解率 0.999 という結果が得られており、これらは同目的の他手法と比較して非常に高い性能の手法となっている。

3) 橋梁三次元マッピングシステムの開発

本研究では、画像解析技術の一種である SfM の活用により橋梁 3 次元モデルを復元し、そこに損傷評価結果をマッピングするシステムの開発を行った。加えて、3次元モデルの信頼性を評価するため、ひび割れ検出の指標として、感度・適合率・F 値による指標を提案した。

図5に、本手法の適用例として高知県香美市の柿城橋の復元結果を示す。下図はひび割れ検出結果を3次元モデルにプロットしたものを拡大表示したものである。また上記の指標に照らせば、ひび割れについては感度 0.63、適合率 0.86、F 値 0.73、面的損傷については感度 1.0、適合率 1.0、F 値 1.0 という精度で復元ができています。

4. 主な発表論文

・全 邦釘, 嶋本 ゆり, 大窪 和明, 三輪 知寛, 大賀 水田生: ディープラーニングおよび Random Forest によるコンクリートのひび割れ自動検出手法, 土木学会論文集 F3, 73(2), I_297-I_307, 2017 年

5. 今後の展望

簡易移動式足場、人工知能による点検システム、橋梁 3 次元復元手法、それぞれについて目標としていた成果は得られたが、今後の活用のためには低コスト化および適用条件・撮影条件の精緻化が求められる。

6. 道路政策の質の向上への寄与

簡易移動式足場は点検時の通行止めを回避するための 1 つの新たな選択肢を示したものであり、橋梁の架設環境などを総合的に判断した上での、点検手段の選択の幅を広げる。人工知能による点検支援システムは、近接目視点検における適切なサポート役となることが期待でき、点検精度の向上に繋がる。またこの手法で定期的に構造物を記録・解析すれば、損傷の進展を評価することも可能である。特に、道路橋定期点検要領の「5 (1) 部材単位の健全性の診断」「5 (2) 道路橋毎の健全性の診断」の支援を視野に入れている。さらに、橋梁三次元復元手法により、検出された損傷の適切な取り扱いが可能となり、記録の高度化、低コスト化に寄与できる。本手法によれば、例えば室内でも点検を検証可能であり、また損傷判定に困った場合には専門家の助言を仰ぐことも容易となる。

7. ホームページ等

該当なし



図2 実証試験の様子

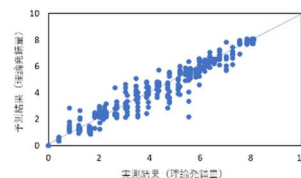


図3 損傷予測結果

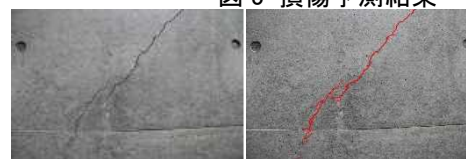


図4 ひび割れ検出結果

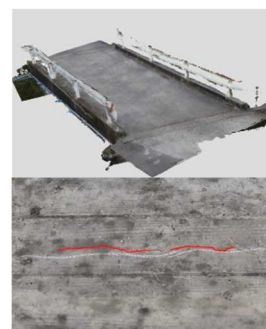


図5 柿城橋復元結果