

有限要素法と機械学習を用いた トラス橋モデルの損傷推定

- 機械学習により逆問題を解くことなく橋梁モデルの損傷箇所を高速に推定
- 有限要素解析と機械学習は橋梁デジタルツインの構築・運用に有効
- 有限要素解析が多数回実施できるケースであれば構造形態を問わず適用可能

研究のねらい

橋梁の老朽化に伴う損傷を精緻に同定することは保守の観点から重要であり、これまでに様々な手法が提案されてきた。既往手法は、少数の計測結果を説明するように別途用意した橋梁モデルの損傷位置・程度を推定する逆問題に帰着する場合が多い。この逆問題は、計測結果が少ない事や橋梁モデル化の程度等に起因して悪条件となるため、既往手法では逆問題を適切に解くための多大な工夫・試行錯誤がなされてきた。このような事情から、悪条件の逆問題を解くことなく橋梁モデルの損傷位置・程度を高い精度で推定することには一定の意義がある。本研究では、機械学習を橋梁モデルに対する多数の有限要素解析結果と組み合わせることで、逆問題を解くことなく高い精度で橋梁モデル内の損傷が推定できるかどうかを検討した。

研究内容

機械学習により損傷を推定するため、図-1に示す有限要素解析を、輪荷重位置と損傷部材箇所(1部材と仮定)を乱数で変化させて1万ケース実施し、教師データを作成した。機械学習タスクは以下のとおり。入力：輪荷重(クレーン車相当)の位置座標と計測値を想定した w_1 ~ w_{14} の鉛直変位、出力：垂直材・斜材(合計26部材)の剛性低下率。これらの関係を学習させたAIモデルを構築した。図-2は、部材毎の損傷推定精度(決定係数)を示している。力学的に感度が低い部材(色が濃い部材)の決定係数は0.6程度であり、これらの改善が課題である。その他の部材は決定係数が0.9以上であり、これらについての損傷推定精度は高い。(一般に決定係数が0.8以上で良い精度とされる)

連携可能な技術・知財

- (1) 各種有限要素解析
 - ・断層のずれによる地盤変形解析
 - ・コンクリート構造物の塩分含浸解析(企業との共同研究, 2018-2019)
- (2) 機械学習モデル構築
 - ・本課題(19種の機械学習アルゴリズムを検討)の結果を土木学会論文集に投稿中
- (3) 最適化解析
 - ・構造部材の寸法最適化(企業との共同研究, 2016)

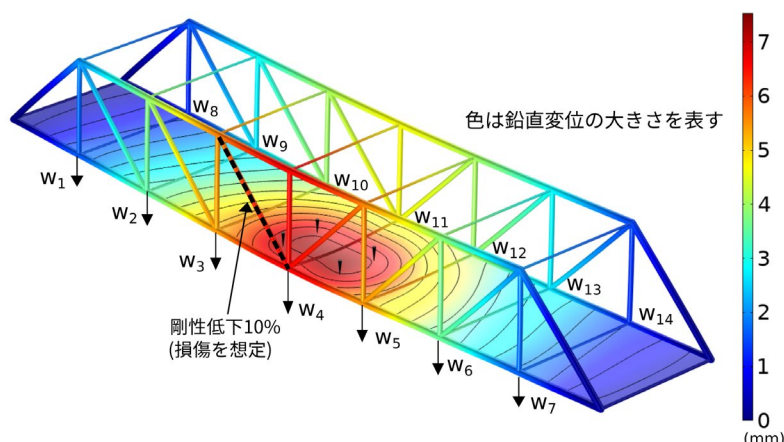


図-1: 教師データを作成するための有限要素解析の一例

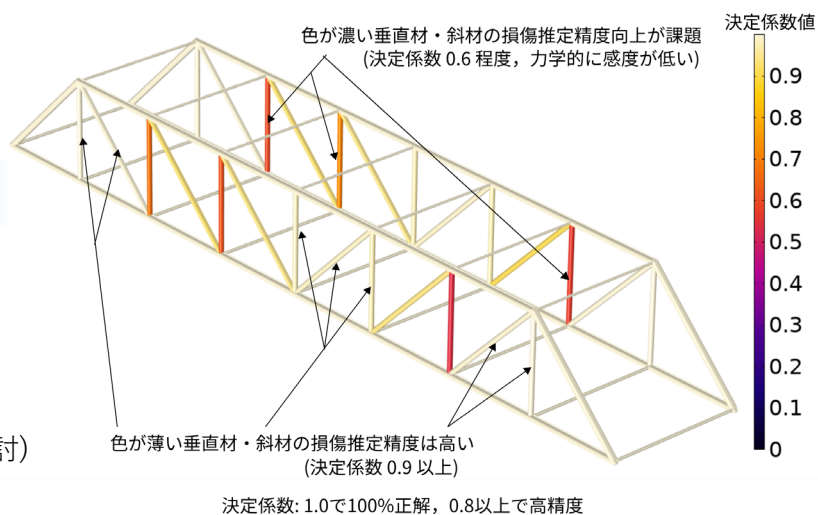


図-2: 部材毎の損傷推定精度(決定係数)の分布

- キーワード：橋梁、有限要素解析、機械学習、損傷推定、デジタルツイン
- 連携先業種：建設業、運輸業、製造業

竿本 英貴

インフラ長寿命化技術研究チーム

研究拠点：つくば

連絡先：サステナブルインフラ研究ラボ事務局： M-sirl-ml@aist.go.jp