

トポロジー最適化による トラス橋モデルの損傷推定に関する数値実験

- 橋梁モデルの損傷箇所を一定以上の精度で推定
- 有限要素解析と最適化解析の組合せは、橋梁デジタルツインの構築・運用に有効
- 有限要素解析が適用できる構造物であれば、その形態を問わず損傷推定可能

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、様々な手法が提案されてきた。

既往手法は、自由度が比較的小さい橋梁モデルの損傷有無・程度を推定する逆問題に帰着する場合が多い。本研究で用いるトポロジー最適化(SIMP法)に基づく損傷推定手法は、損傷の位置・程度が有限要素単位で設定できること、高速な感度解析を含むことから既往研究に比べて自由度が大きい有限要素モデルについて損傷推定を実施できる利点がある。現時点で部材スケールでの損傷推定事例は確認できるが、構造体スケールでの損傷推定事例はほとんどない。ここでは数値実験として、任意部材の剛性を低下させた有限要素トラス橋モデルについてトポロジー最適化に基づく損傷推定手法を開発・適用し、その損傷推定精度を検討した。

研究内容

損傷を有する橋梁モデルにおいて複数位置で変位が計測されたとき、計測変位から橋梁モデルの損傷位置をトポロジー最適化の枠組を用いて推定できるように定式化した(竿本ほか、土木学会全国大会2022)。図1で示したw1からw14の鉛直変位からの情報から橋梁モデルの損傷(正解既知)が正しく推定できるかどうかの数値実験(ブラインドテスト)を実施した。結果、トラス橋モデルの斜材が損傷している場合は正しく損傷位置が求まった(図2)。一方、垂直材が損傷している場合は、正解部材近くの斜材で損傷が検出された(誤検出であるが大きく位置が外れるものではない)。

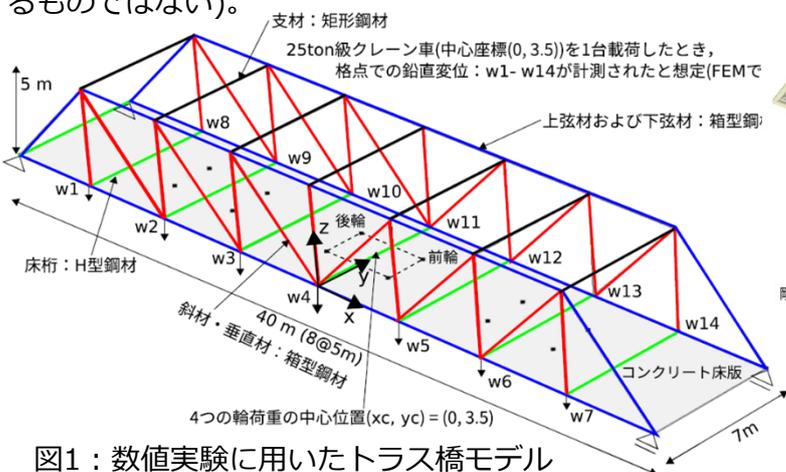


図1: 数値実験に用いたトラス橋モデル

連携可能な技術・知財

- 各種有限要素解析 (企業との共同研究, 2018fy-2019fy)
- 有限要素解析と最適化解析の組合せによる製品の性能向上支援 (企業との共同研究, 2016)
- 機械学習モデル構築 (竿本・宮本: 土木学会論文集, 2022)
- 機械学習を用いたシミュレーションの高速化
- トポロジー最適化による部材レベルでの損傷推定 (竿本ほか: 土木学会論文集, 2015; Saito, Suigai, Wang, Saomoto: JSV, 2022)

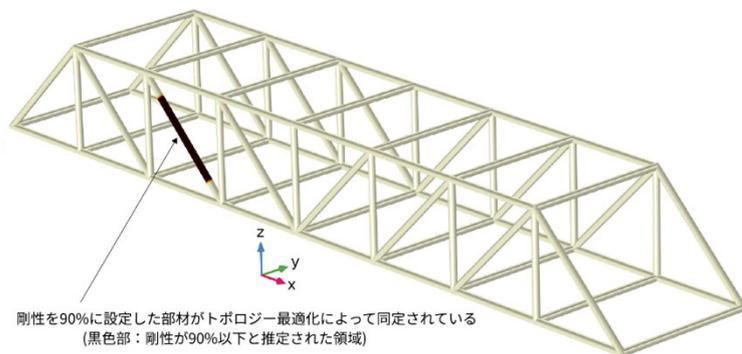


図2: 黒色の斜材の剛性を90%とした場合の鉛直変位情報(w1-w14)のみを用いて損傷推定を実施した結果 (正解の損傷部材を検出)

- キーワード: 橋梁、有限要素解析、トポロジー最適化、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