

## 令和4年度 研究成果の概要(1/2)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 研究テーマ:「R4 モニタリング・点群データを活用した橋梁健全性の定量評価に関する技術研究開発」                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 研究代表者<br>・氏名(ふりがな):佐藤 靖彦(さとう やすひこ)<br>・所属、役職:早稲田大学 理工学術院 教授                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 研究期間:令和2年11月～令和5年3月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 研究参加メンバー(所属団体名のみ)<br>早稲田大学、(株)KSK、(株)IHI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 研究の背景・目的<br>橋梁健全度を正しく予測できれば、構造物を制御する、つまり、管理シナリオを描き、健全度に応じた具体的な維持管理行為を計画に落とし込むことができる。しかし、任意の時点における橋梁の残存耐力と余寿命を定量的に予測できる手法は未だ開発途上にある。そこで本研究は、モニタリング技術と外力・損傷機構推定技術を開発した上で、それらの技術を活用した健全度定量評価技術を開発する。                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 研究内容(研究の方法・項目等)<br><br>本研究では、モニタリング技術、外力・損傷機構推定技術、健全度定量評価技術を開発する。それぞれの技術において以下に示す研究項目を用意する。なお、3年という研究期間に鑑み、橋梁上部構造を対象に絞る。<br><br>モニタリング技術では、サンプリングモアレカメラによる変位計測技術とドローンを用いたモアレ法によるひび割れ幅振幅計測技術を開発する。その際、国土交通省関東地方整備局の管理する橋梁を試験フィールドとして活用する。<br><br>外力・損傷機構推定技術では、AIによるトラック荷重の推定法とAIによるアーチ橋の損傷機構の推定法の開発を行う。アーチ橋の損傷機構の推定法は、気仙沼大島大橋を対象としたモニタリング結果に基づき開発する。<br><br>健全度の定量評価では、外力・損傷機構推定とモニタリング技術の成果を活用しつつ、床版の残存耐力と余寿命予測法と鋼材腐食したRC・PC桁の残存耐力予測法、さらに、モニタリング・点群データを活用した耐荷力評価法を開発する。 |

モニタリング技術

FBGセンサによるひずみ計測技術

AIによるトラック荷重推定技術

サンプリングモアレカメラによる変位計測技術

モアレ法によるひび割れ幅振幅計測技術

試験フィールド（気仙沼大島大橋）

試験フィールド（関東地方整備局）

外力損傷推定技術  
（アーチ橋の複合損傷機構）

健全度評価技術  
（床版、RC桁、PC桁）

図 1 開発する技術

## 令和4年度 研究成果の概要(2/2)

### 研究成果の概要

3年間の研究期間において、当初の目標を上方や下方に修正しながら研究を行った。以下に、修正点を明確にしつつ、主たる研究成果の概要を示す。

#### モニタリング技術

サンプリングモアレカメラによる変位計測技術に関しては、高価なサンプリングモアレカメラを用いることなく、一般的な一眼レフカメラを用いて画像を取得し、その画像のモアレ解析により精度良く変位を同定できることを明らかにした。最終的に、一眼レフカメラと改良した後処理解析ソフト(図2)を用いた変位計測技術を開発できた。これは当初の目標を上回る成果である。

ドローンを用いたモアレ法によるひび割れ幅振幅計測技術に関しては、試験フィールドを用いた検討を通じて、安定して画像を得ることが極めて難しいことが判明した。環境条件など複数の理由があるが、その一つとして、構造物に貼り付けるモアレシートの構造的な問題があった。そこで、新しいモアレシートを考案した。コンピュータ上の仮想的な条件下での検証を通じて、簡易にかつ精度良くひび割れ幅振幅を計測できることを明らかにした。この新しいモアレシートの考案が大きな成果である。

#### 外力・損傷機構推定技術

AIによるトラック荷重推定法に関しては、試験フィールドで撮影した車両画像を用いて、改良したトラック荷重推定法の精度検証を行った。改良する前の予測精度は20%程度であったのに対し、改良後は50%程度まで向上した。しかし、撮影できた大型車両数が少なく、効果的に機械学習させることができなかった。精度の向上は今後の課題として残された。

アーチ橋の損傷機構の推定法の開発に関しては、当初目標を大きく上回る成果が得られた。具体的には、(1)ひずみ応答から自動で作用種別を判定し特徴量を記録するアルゴリズムをAIを用いることなく構築、(2)既存の累計疲労損傷算定式によるマクロスケール損傷の算出(図3)、(4)交通作用履歴の期間比較による構造性能の変化の把握、(5)地震作用時の実応答と限界値の比較による構造の安全性の即時判定、(6)想定する任意のシナリオに対する損傷予測、を可能とした。

#### 健全度の定量評価

健全度評価技術では、床版、RC桁、PC桁を対象としたが、実装段階まで進めることができた技術が、モニタリング技術で開発した変位計測技術を適用した床版の健全度評価技術である。具体的には、本研究において、面内のxy方向変位の標準偏差を用いることで健全度を定量化して視覚できる方法(図4参照)を開発できた。

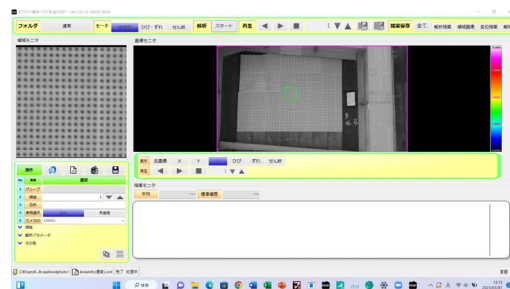


図2 改良した後処理解析ソフト

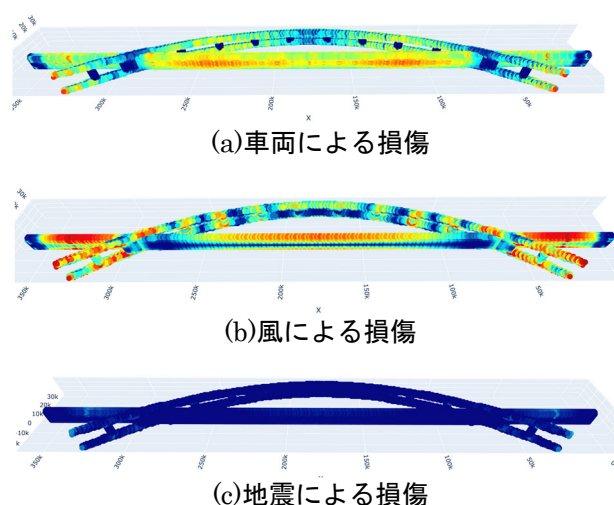


図3 作用別の損傷

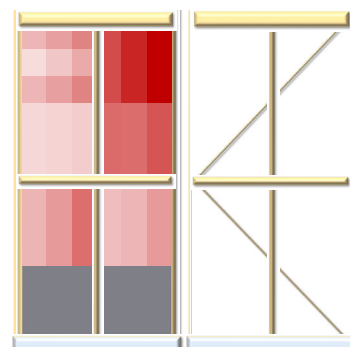


図4 床版の健全度マップ