

令和3年度 研究成果の概要(1/2)

研究テーマ:「モニタリング・点群データを活用した橋梁健全度の定量評価に関する技術研究開発」
研究代表者 ・氏名(ふりがな):佐藤靖彦(さとうやすひこ) ・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) 早稲田大学、(株)KSK、(株)IHI
研究の背景・目標 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) 3年計画の2年目である今年度は、以下の8つの研究内容を計画し、試験フィールドでの計測、室内試験、線形及び非線形有限要素解析、機械学習などの種々の手法を組み合わせることで研究を実施した。 (1) AIによるトラック荷重推定技術として、試験フィールドで計測した結果に基づき改良したトラック荷重推定法と実測された変位との関係性を検証する。 (2) FBG センサによるひずみ計測技術として、実橋の構造全体を対象に FBG センサによるひずみ計測を継続し、得られた値から、風作用と温度変化が損傷度(応力振幅と頻度)に及ぼす影響を把握する。 (3) サンプルングモアレカメラによる変位計測技術として、昨年度取得した計測結果の解析を進め、床版の健全度を表すことができる指標を特定するとともに、その指標値を得るために再度実橋床版のサンプルングモアレカメラによる変位計測を行う。 (4) モアレ法によるひび割れ幅振幅計測技術として、簡易計測法のシステムを構築する。精緻な計測法の処理プログラムの改良を行う。室内実験を通じて、モアレ法によるひび割れ幅振幅の精度検証と視覚化手法を見出す。 (5) アーチ橋の損傷機構として、温度と風による応答の有限要素解析による再現精度の向上を図る。また、損傷推定 AI の開発に着手する。 (6) 床版の残存耐力・余寿命予測として、土砂化再現試験を実施し、2軸圧縮応力下の土砂化破壊基準に関する検討を行う。 (7) 鋼材腐食した RC・PC 桁の残存耐力予測として、腐食促進試験を継続し、データベースの充実を図るとともに、それを用いた Machine Learning のアプローチにより、腐食ひび割れ幅・分布の情報から RC 部材の曲げ耐荷力の確率密度関数の取得を試みる。 (8) モニタリング・点群データを活用した耐力評価として、点群データから有限要素モデルを作成するシステムを構築する。また、点群データの精度が鋼桁の耐荷力に与える影響について、解析的な検討を実施する。

令和3年度 研究成果の概要(2/2)

研究成果の概要

今年度の研究で得られた主たる成果を、研究計画における研究項目ごとに示す。

FBG センサによるひずみ計測技術とアーチ橋の複合損傷機構

- ・ 気仙沼大橋に設置した FBG センサから得られたひずみ挙動と 3次元有限要素解析結果を比較することで、橋梁の全体モデル(図 1)に対して温度と風の影響を再現できる妥当な作用のモデル化手法を見出した。



図 1 アーチ橋の 3 次元モデル

サンプリングモアレカメラによる変位計測技術と床版の残存耐力・余寿命予測

- ・ 一般的な一眼レフカメラを用いたモアレ解析による RC 床版(写真 1)の変位計測の精度を明らかにした。桁の変形を含む床版の面外方向変位は床版の損傷度指標としては適していないこと、変形の形状は、損傷度を表しえる可能性が高いことを見出した。



写真 1 計測対象の RC 床版

モアレ法によるひび割れ幅計測技術と鋼材腐食したコンクリート桁の残存耐力予測

- ・ 既存のオフライン解析ソフトを改良(図 2)し、ひび割れ幅を連続的かつ簡単に解析処理できるようにした。
- ・ 劣化 RC 部材の点検から腐食ひび割れ幅を得ることで、軸方向および軸直角方向に相関性を有する 2次元鉄筋腐食分布を推定可能にした。そして、推定された鉄筋腐食分布から MCS と 3次元 NLFEA を用いて曲げ耐力の確率密度分布が算出される。ケーススタディでは、与えられる腐食ひび割れ幅分布の違いが劣化 RC 部材の耐力の確率密度関数に影響を及ぼすことが確かめられた。

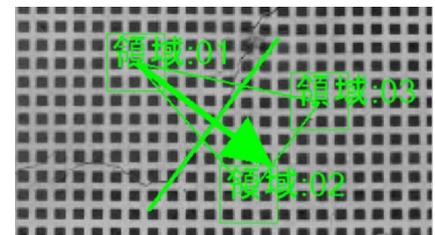


図 2 改良ソフトによるひび割れ計測

モニタリング・点群データを活用した耐力評価

- ・ 鋼コンクリート合成桁に作用する断面力、誤差を与える箇所によって、その耐力に与える影響が異なることが判明した。
- ・ 既設構造物の性能の把握に向けた有限要素解析には、点群データを計測し、点群を接合し面を作成する段階もしくはポリゴンデータのポリゴン数を削減する段階で、有限要素解析に適した面の形状を持ったポリゴンデータに編集し DIANA に出力することが現状での妥当な方法であることを明らかにした。