

## プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| プロジェクト:「PC 橋の健全性に関する評価手法の総合的研究および維持管理における有効性の提案」                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| プロジェクトリーダー<br>・氏名(ふりがな):杉浦邦征(すぎうらくにとも)<br>・所属・役職:京都大学大学院工学研究科、教授                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 研究期間:令和 6 年 7 月～令和 7 年 3 月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)<br>京都大学、岐阜大学、(株)日本構造分析舎、NEXCO 西日本インノベーションズ(株)、(財)阪神高速先進技術研究所、高田機工(株)、(株)HRC 研究所、(株)日本ピーエス、パシフィックコンサルタンツ(株)、<br>オブザーバー:長岡技術科学大学名誉教授                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等)<br>コンクリートは、材料的安定性に富み、耐久性に優れ、安価であるために多くの構造物で採用されてきている。しかし、施工不良や劣化因子の侵入などにより、部分的な損傷により著しく耐久性・耐荷性能が低下し、構造物としての機能を失ってしまうことが知られている。その際に、ひび割れや剥落のように構造物表面に損傷が顕在化する場合、点検などにより発見することが可能であるが、コンクリート躯体内部に損傷がある場合、損傷の発見が遅れ著しく危険性が増すことがある。<br><b>【解決すべき課題】</b><br>課題①:損傷が外部から確認できない場合がある。<br>コンクリート橋、特に PC 橋においては、近年 PC グラウトの未充填などによる PC ケーブルの破断が生じており、コンクリート表面に損傷が見えずに進行するケースが報告されていることに大きな懸念がある。<br>課題②:点検員による評価が定性的である。<br>橋梁の点検が点検員による近接目視、打音検査など、専門家の経験値や感覚に頼った定性的評価であり、橋梁の損傷などによる機能低下を評価した結果とはなっていない。そのために、点検者が安全側に評価を行うことや点検員間での結果のばらつきが生じているとの報告がある。さらに、近年の少子高齢化によるベテラン専門家の不足など、将来的な持続可能な維持管理を考えると、新しい管理方法の必要性がある。<br><b>【研究の目標】</b><br>本研究では、PC 橋が発する物理量(振動、支間たわみや支点回転角、支点反力など)に基づき、PC 橋の健全性を総合的に評価する手法を対象として、技術者による法令点検に基づく構造物の劣化判断に対して、見えない損傷の「見える化」を行い、合理的な維持管理に資する指標を示すことを提案する。また、「異常」判断において、シミュレーションモデルのアップデートにより損傷の要因を特定することまでを最終目標とする。 |
| プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)<br>研究においては PC 橋におけるケーブル軸力の評価が重要となるが、そのために PC 構造物に先立ち、基本となるコンクリート構造物としての終局状態を本研究が対象とする計測値に基づく評価方法で確認できるかを調査しておくことから提案評価手法の検証を進めることとする。<br>研究は以下のグループに分けて実施する。<br><b>第1G:実験検証グループ</b><br>① RC 構造物における使用状態、終局状態の物理量の計測と評価方法の確認(R5 年度)<br>② PC 構造物における PC ケーブルの破断における構造応答の変化に関する実験(R6 年度)<br>③ 実際の PC 橋梁における現場計測(R5-7 年度)<br>④ (追加)損傷を補修した PC 橋の再劣化を模式した PC 梁による評価試験(R7 年度)<br><b>第2G:データ評価検証グループ</b><br>① 実験の事前解析(R5,6 年度)<br>② 実験検証 G の計測データに対する解析的検証(R6,7 年度)<br>③ 実際の PC 橋の計測データによる健全性評価手法および劣化損傷の判定法の検証(R7 年度)<br><b>第3G:有効性評価グループ</b><br>① 計測されたデジタルデータによる PC 橋の評価方法の「運用」に関する課題の調査(R6 年度)<br>② 第1, 2G における評価結果のまとめおよび「適用技術」に関する課題の抽出(R7 年度)<br>③ 社会実装に関する有効性の提案(マニュアルの作成)(R7 年度)                                                                                                                                                              |

## プロジェクト・研究成果の概要(2/2)

プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)  
令和6年度の研究成果

## (1) PC 桁における PC ケーブルの破断試験

## 1)SAFE 値による評価

図-1 に示すように本 PC 梁の載荷実験では、PCケーブルを70kNまでの繰り返し載荷しながら、1本切断した状態でもPC梁は弾性挙動を示した。図-2 の SAFE 値における評価は、例えば100kN 時点のように、劣化が進んだ状態を明確に示すことができるような評価値であることを明らかにした。

## 2)画像相関法(DIC)を用いたひずみ分布の検討

図-3 では、DIC の結果として曲げひび割れの発生が水平ひずみの大きい範囲として確認できる。図-4 のように引張ひずみの外縁に補助線を引くと、黒点線と赤点線の交点からひび割れの進展とともに中立軸の位置が特定できた。

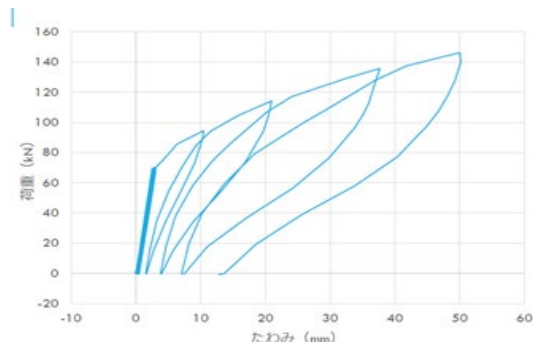


図-1 荷重変位曲線

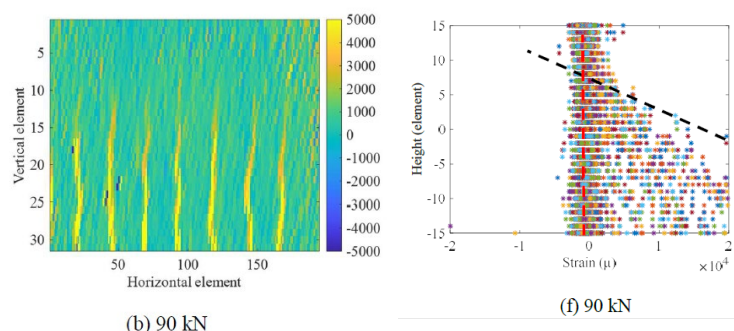


図-3 DIC 水平ひずみ図

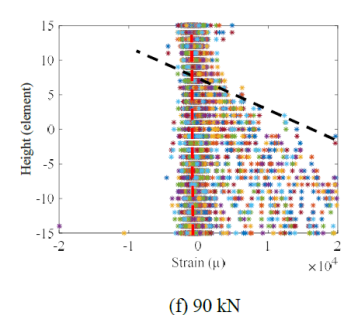


図-4 水平ひずみ高さ方向分布

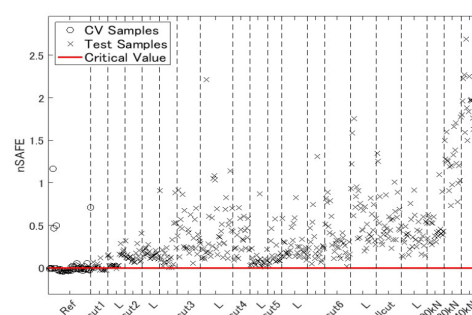


図-2 SAFE 値評価

## (2)実際の PC 橋における現場環境変化の情報収集

PC 橋における現場実験を昨年と同様に滋賀県高島市にある新安曇川大橋において実施し、提案している評価式の社会実装に関する環境条件の基礎情報の収集を行った。図-5 に現場橋梁を示す。昨年と含めて冬期 2 回、夏期 1 回のデータを収集した。

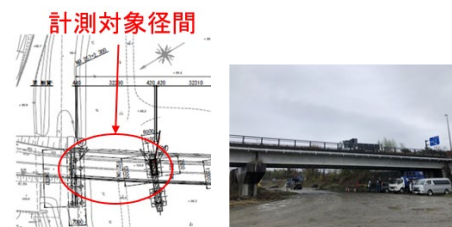


図-5 現場計測橋梁

画像によるたわみ計測については、レーザー変位計測と比較して精度の高い値を示すことができた。また、桁端の回転角によるたわみ計測については夏期において桁端が橋脚に干渉している状況が確認された。

## (3)実験検証 G の計測データ(RC 構造物)に伴う解析的検証

コンクリート構造物の専用ソフト (COM3) の解析と汎用解析を比較し、最終的には汎用解析コードによる PC 構造物のシミュレーションを目的とした。汎用解析においても非常に精度の高い解析結果を得られることを示した。ただし、汎用解析コードによる動的解析において、ひび割れモデルの新たなアルゴリズムを構築する必要があることを確認した。

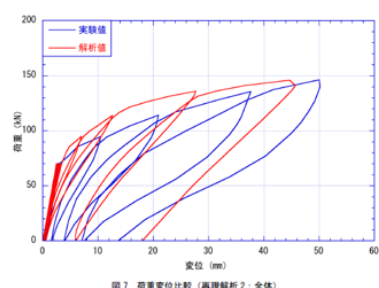


図-6 COM3による荷重変位曲線の解析

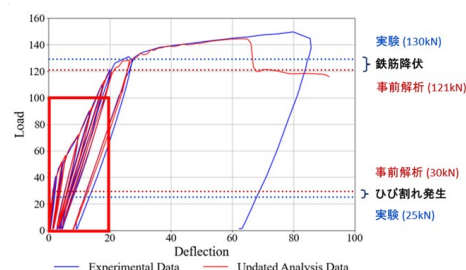


図-7 汎用解析による荷重変位曲線の解析

## (4)計測されたデジタルデータによる PC 橋の評価方法の「運用」に関する課題の調査

デジタルデータを用いた健全度評価を多くに自治体や施設管理者に社会実装を測るため、国などの取り組み、ビジネスモデル、導入に関する考え方の整理などについて確認できた。

