

インフラ構造物の変状調査とモニタリングのための遠隔測定法の開発と評価に関する研究

長崎大学大学院工学研究科
西村正三

わが国の高度経済成長期に建設された橋梁やトンネルなど膨大な量の構造物の劣化が急速に進む中で、その管理と評価技術の高度化が一層求められる状況にある。構造物の劣化を診断し余寿命を予測するためには、例えば鉄筋コンクリート構造物のひび割れの現状・進展状況を効率的・高精度に把握する必要がある。さらに、それらの情報をデータベース化しておけば、長期にわたる構造物の電子カルテが蓄積され、構造物の診断に活用することができる。

一方、2次元図面による設計が主流だった建設分野に3次元設計手法が導入されつつある。3Dレーザやデジタル写真測量から取得された現場のあるがままの3D点群データから作成した3Dモデルに各種点検時の画像情報などがシームレスに連携できれば電子カルテとして維持管理に利用できる。また構造物全体の3Dモデルに、ひび割れなどを3次元的に重畳表示し、それを俯瞰図など任意の箇所から可視化表示できれば、変状原因の推定判断を補助し、また説明補助システムとして有効と考える。

本研究は、これまで近代化産業遺産や土木構造物の維持管理を目的に適用してきた3Dレーザ計測やデジタル写真測量における各種課題を抽出し、基礎的研究として課題解決のための各検討、検証などを行い、その解決を図るとともに、さらに、ギガピクセル画像撮影システムやUAVなどの最新の遠隔計測機器を用いて、産業遺産の世界遺産暫定候補となっている軍艦島および島内のRC造建築物、さらには橋梁やトンネルなどのインフラ構造物のひび割れ等の点検検知手法の開発に関する研究に従事し、その成果を取りまとめたものである。以下に本論文の構成を示す。

第1章では、研究の背景・目的ならび本研究に関連する既往の研究を整理するとともに、本論文の構成について示した。

第2章では、研究で利用した光学的計測法であるデジタルカメラ計測・画像計測、3Dレーザ計測の原理やその特長について示した。そして、光学的計測法の適用事例として重要文化財2例および橋梁、トンネルの計4事例を挙げ、特に損傷部位の3次元可視化における課題を抽出した。

第3章では、抽出した課題を解決するため基礎的研究として以下の5事項を検討した。
①ひび割れ幅の算定、②走行型画像の検証、③ギガピクセル画像撮影の適用性、④3Dレーザのモニタリングへの活用、⑤AR(拡張現実)の連携である。ひび割れ幅の算定では、サブピクセルレベルでの解析検討結果からクラックインデックス〔CI〕という指標を設定す

ることで、クラック幅を算出できることを提示した。この〔CI〕を用いることで走行速度 50km/hr で撮影した画像から、0.3mm のひび割れも識別可能である。ギガピクセル画像撮影システムで縦・横計 100 枚を連続撮影した各画像を幾何補正処理することで、数十億画素のオルソ画像を作成し、維持管理（電子カルテ蓄積）への適用性について検討した。

第 4 章では、第 3 章で検討した各事項と UAV を用いた画像撮影を軍艦島 30 号棟、および護岸において、各手法の調査・モニタリングへの適用性について検討した。3D 点群の球体表示、稜線抽出、差分処理解析は破損図作成および崩落進展部位の特定が可能で、形状・損傷検出に有効であることを明らかにした。また、3D レーザと UAV 撮影画像からの写真解析は、護岸の損傷を 3 次元的に把握する上で有効である。UAV、ギガピクセル画像による全周パノラマ画像は、閲覧の自由度も高く、記録・保存としても有効である。さらに、AR 手法を用いることで、図面や写真上に自由な視点から 3DCG モデルを表示し、過去収集した膨大な画像情報などの記録、照合に応用できることを提示した。

第 5 章では、UAV、3D レーザ計測、ギガピクセル画像撮影システムの橋梁点検への適用性を検証した。結果、得られた画像から判読したひび割れの位置や幅は特殊高所作業（ロープアクセス）による近接目視調査とほぼ同等の精度が確かめられた。

また複雑に部材が交錯するトラス橋の点検調査の効率化を図るため、全方位カメラと走行型画像撮影装置を組み合わせ走行させながら撮影した。中小規模の橋梁であれば、高精細な全方位カメラだけでも、塗膜劣化に伴う鋼材の腐食程度は確認可能である。近接目視調査を元に行われてきたこれまでの健全度診断に加え、3D レーザスキャナによる全体形状の把握が加わることで、より多角的な視点からの健全度診断が可能となる。また橋梁全体と各部の損傷状態を視覚的に把握でき、関係者の中で共通のイメージを持ちながら原因の追究、補修の検討を進めることができ、将来の維持管理計画を支援できる。

第 6 章では、本研究の結果を総括し、今後の展望を示した。