超高解像度カメラによる橋梁の点検の実施可能性の検討
～橋脚のひびわれ診断に着目して～

金沢大学大学院　自然科学研究科　環境デザイン学専攻　学生会員　○南　貴大
金沢大学　理工研究域　環境デザイン学系　正会員　藤生　慎
金沢大学　理工研究域　環境デザイン学系　フェロー　高山　純一

1. 背景・目的

日本では，橋長2m以上の橋梁が約73万橋あり，その多くが高度経済成長期に建設されている．今後高度経済成長期以降に建設された橋梁が一斉に老朽化し，建設後50年以上経過する高齢橋の割合が，2013年3月の約18%から，10年後には約43%, 20年後には約67%と加速度的に高くなることが見込まれている[1]. 緊急的に整備された箇所や立地条件の厳しい橋梁では老朽化が顕在化し，地方公共団体管理橋梁では2015年で約2300橋が通行規制を行っており，2008年から7年間で約2.4倍に増加している[2]. 一斉に老朽化するインフラを戦略的に維持管理・更新することが喫緊の課題である．

現状の近接目視点検では，アクセスの困難な桁下の部材を近接で目視するために足場の建設や，高所作業車・橋梁点検車を使用している．しかし足場の建設はコストや効率の問題が，高所作業車・橋梁点検車は非常に高価であり，レンタル料も高く，交通規制を伴うため経済損失の問題が生じる．そのため財源が不足している小さな自治体では定期的に近接目視点検を継続的に行うことが困難である．

本研究では，現状の近接目視点検に代替する手法の開発に向けて，超高解像度カメラで撮影された画像を用いた橋梁点検の実施可能性について検証することを目的とする．

2. 既往研究

近年，橋梁の近接目視点検の継続可能性について問題視されている中，近接目視点検に代替する新しい点検手法として遠隔撮影システムが期待されており，研究が蓄積され始めている．

西村ら[3]は，長大橋梁のRC製の主塔に発生しているひび割れ取得の可能性検証を目的に, 遠隔から計測が可能な3Dレーザー測量，自動撮影雲台を用いたギガピクセル画像撮影およびUAV搭載のカメラで撮影した画像で得られたデジタル情報を基に処理解析を行っている．また点検が困難な場所の点検技術を開発する有用性や課題について検証している．

本研究では，超高解像度カメラで撮影した1億画素の橋脚全景画像を用いることで，点検者が実際の点検現場で行う近接目視点検とほぼ同様の点検環境の構築を図る．また橋梁点検経験者が画像による点検・診断実験を行うことで, 診断可能性について検証を行った．本研究で用いた超高解像度カメラは, 拡大縮小機能を活用することで1枚の橋脚全景写真から，詳細な損傷部位までを一元的に把握することが可能である．また撮影した画像の明度, 彩度, コントラストなどを自由に調整することが可能であるため，光が入りにくく撮影が困難な桁下の撮影も容易である．

3. 点検現場における撮影実験

(1) 実験で使用した超高解像度カメラの概要

研究ではPhase One Industrial社製のiXU-RS 1000 AERIAL CAMERASを用いた．iXU-RS 1000 AERIAL CAMERAS[4]は，ダイナミックレンジ : 84db以上，ピクセルサイズ : 4.6ミクロン，光感度 : ISO : 50～6400，シャッター速度 : 最大1/1600秒の諸要素を持つ超高解像度カメラで100メガピクセル（11,608×8708）の写真の撮影が可能である．この超高解像度カメラで撮影された写真画像データは，1枚あたり約600MBの容量となり, 専用のソフトウェア（Capture ONE[4]）を用いることで閲覧でき明度，彩度，コントラストなどを自由に調整することが可能である．超高解像度カメラの大きさは，97.4×93×170.5 mm，重さは，930（g）であり持ち運びは容易で, UAVにも搭載することが可能であるため，橋梁点検車やボートでの点検が必要な点検員によるアプローチの難しい橋梁の写真も容易に撮影することが可能である．

(2) 撮影対象橋梁の概要

対象の橋梁は石川県羽咋市にかかる橋長41.30m, 全幅員4.70m，2径間の鋼溶接橋I桁（非合成）の橋梁である．分析対象部材としてはT型橋脚（RC）である．1967年に架設され，2016年11月には定期点検が行われており，対象部材である橋脚は判定区分IIで評価され，ひび割れ，漏水・滞水が確認されている. 路下条件が河川であるため2016年の定期点検は通行規制を行い，橋梁点検車を利用している．

(3) 撮影実験の概要

写真撮影は平成29年10月27日（金），12時30分から15時の2時間30分で実施した．本研究で対象とした橋梁のすべての部位（上部工・下部工・支承部）を東西南北方向から撮影した．さらに，橋梁の全景写真および側面写真を撮影するために，超高解像度カメラをUAVに搭載し，河川上流方向・下流方向・橋梁直上の3方向から写真を撮影した．撮影実験時は河川敷が出水の後であったため足場が良くなかったため三脚ではなくテーブルを設置し，テーブルの上に超高解像度カメラを据え置き，画角を変えながら写真を撮影した．写真は，本研究で対象とした橋梁のすべての部位を網羅するために合計182枚の超高解像度写真を撮影した．

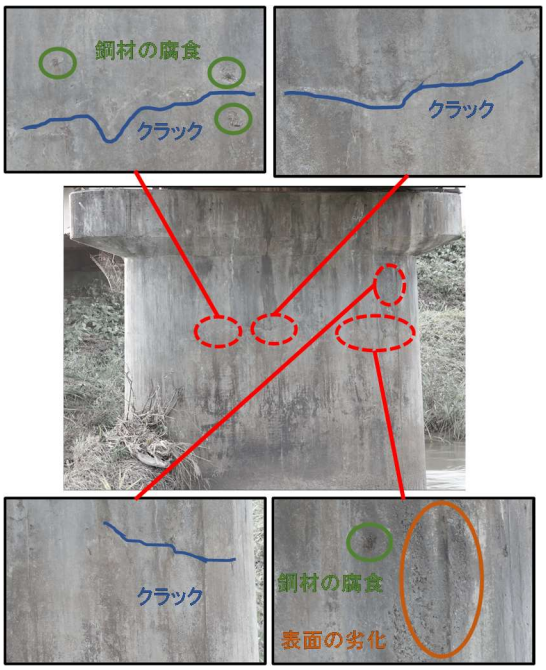

図-1　超高解像度カメラで撮影したひびわれや腐食

(4)　超高解像度カメラによる撮影結果

図-1 に超高解像度カメラで 10mの距離から撮影した橋脚と橋脚に生じているひびわれ・鋼材の腐食の一部を示す．赤の点線枠で囲まれた位置にひびわれや鋼材の腐食が生じている．橋脚の全景写真ではひびわれを確認ることはできないが，クローズアップすることにより，幅 0.1mm のひびわれや鋼材の腐食を明確に確認することができる．超高解像度カメラで撮影した画像は，クローズアップしても画素が荒くならないため，ひびわれや鋼材の腐食を確認することが可能である．

4.　超高解像度カメラで撮影された画像による診断実験

画像によるひび割れの診断を実際に橋梁点検の経験者が行っても可能であるか診断実験を行い，検証を行った．橋梁点検経験者はA氏（博士（工学），技術士（建設部門/鋼構造及びコンクリート），コンクリート診断士を有する者）に依頼し，PC上で橋脚全景写真の拡大縮小を繰り返し行い，目視によってひび割れであると確認できたものに関して，橋脚全景画像を印刷した A0 用紙に赤色でひび割れをなぞるように記入していただいた．画像による診断の様子を図-2，診断結果を図-3に示す．

画像による診断可能性に関して診断者にヒアリングを行った結果，ほとんど近接目視による点検と同じ感覚でひびわれを検出することが可能であるという意見をいただいた．また実際に点検業務に取り入れることが可能になれば，点検費用の削減や客観性を持たせた診断結果を得ることができるといった有用性についても評価していただいた．しかし，建設時の型枠の跡などひびわれであるか判断が困難なものが混在していること，画像だけでは診断が困難な損傷もあることが課題として残った．

図-2　画像による診断の様子

図-3　橋梁点検の経験者によるひびわれ診断結果

5.　まとめと今後の課題

研究では，実橋梁を対象に高解像度カメラを用いた写真撮影実験を行った．超高解像度カメラで撮影された写真は，明度・彩度・コントラストなどを自由に調整することが可能であるため，通常のデジタルカメラで撮影した画像や肉眼で確認することが困難な桁下の部材の撮影が可能であることが分かった．

今後の課題として，様々な架橋環境下における撮影可能性の検証を行う必要がある．またほかの部材・損傷についても診断可能性について検証する必要がある．

参考文献

1)　国土交通省　老朽化の現状・老朽化対策の課題，http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/torikumi.pdf 2017 年 7 月 17 日閲覧
2)　国土交通省　老朽化の現状・老朽化対策の課題，http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/torikumi.pdf 2017 年 7 月 17 日閲覧
3)　西村正三，木本啓介，松岡のどか，大谷仁志，緒方宇大，松田浩（2013）「橋梁維持管理における遠隔測定法の開発と評価」，応用測量論文集 24，52-61.
4)　例えば，Phase one industrial iXU-RS 1000 http://industrial.phaseone.com/iXU_camera_system.aspx?c=ixurs1000，2017 年 10 月 17 日閲覧