

鉄道コンクリート長大橋りょう検査における UAV 有効活用法に関する検討

九州旅客鉄道(株) 正会員 井上太郎, ○津山雅徳, 山口寛史
JR 九州コンサルタンツ(株) 中村圭佑, 濱島陽平

1. はじめに

鉄道土木構造物の老朽化対策は喫緊の課題であり、膨大な老朽設備を限られた予算で維持管理していくために、検査精度の確保と検査の効率化の双方が求められている。しかし、現状の検査は、近接目視困難箇所の変状把握や検査者の技量に依存した点検結果の差異、変状箇所の定量把握といった検査精度の確保に課題がある。また、生産年齢人口の減少による検査の担い手不足に対応していくためには、ICT 技術の活用等による検査の効率化は急務であると言える。これらの課題に対し、当社では橋りょう検査の全自動化（以下、全自動検査）を検討しており、全自動検査の将来的な導入に向けて、段階ごとに検討を進めている。

本稿では、近接目視が困難な河川上のコンクリート長大橋りょうを対象として、UAV による検査精度の向上や汎用画像計測技術を用いた検査効率化について検証を行ったので報告する。

2. 橋りょう検査への UAV 活用検討

将来的な全自動検査を最終形態（Lv.4）と位置づけ、導入に向けての段階的な指標を表-1 のように定めた。導入取組み当初を Lv.0 とすると現状の橋りょう検査は Lv.1 の段階であり、APP 活用により帳票整理は簡略化されている状況にある。一方で、検査精度の向上と更なる効率化を図るためには、UAV 活用による省力化（Lv.2）、遠隔での検査体制（Lv.3）、全自動検査（Lv.4）の導入に向けた現状での課題抽出が必要である。そこで本稿では橋りょうの近接目視困難箇所を対象に、UAV での置換による検査精度向上と画像計測技術の活用による効率化を検証した。

3. UAV を用いた検査導入に向けた実証実験

3.1 画像計測技術の精度検証

はじめに、画像計測技術のひび割れ検出性能の精度確認を実施した。対象構造物は、RC ラーメン高架橋の柱（0.63×0.70m）や桁受側面部（8.0m×1.2m）とし、カメラ（約 2400 万画素）により撮影した 32 枚程度の静止画から画像計測技術を用いてひび割れ幅を解析により算出した。本検討では鉄道構造物等維持管理標準¹⁾に基づき、ひび割れ幅の閾値を 0.2mm と設定し精度検証を行った。解析結果は、足場上での近接目視検査で抽出したひび割れ幅と比較した。比較結果を図-1、2 に示す。ひび割れの幅・

表-1 全自動検査に向けた導入段階

自動化Lv.	業務形態	導入状況
Lv.0	人々 + 帳票	目視 + 帳票整理
Lv.1	人々 + APP	目視 + APP活用
Lv.2	人々 + UAV + ソフトウェア	目視&UAV + ソフトウェア
Lv.3	人々 + UAV + ソフトウェア	判定人&UAV + ソフトウェア
Lv.4	UAV + 人工知能	UAV + 人工知能

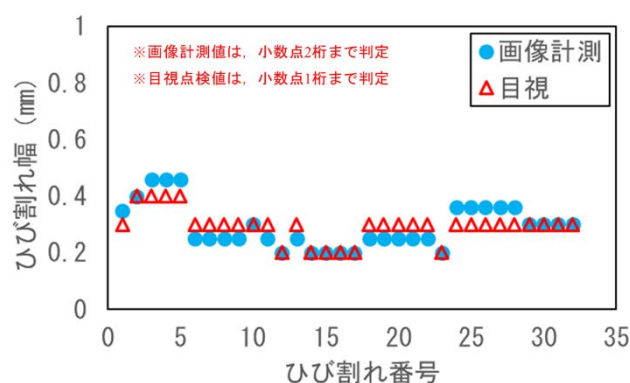


図-1 画像診断技術の有用性検証（ひび割れ幅）

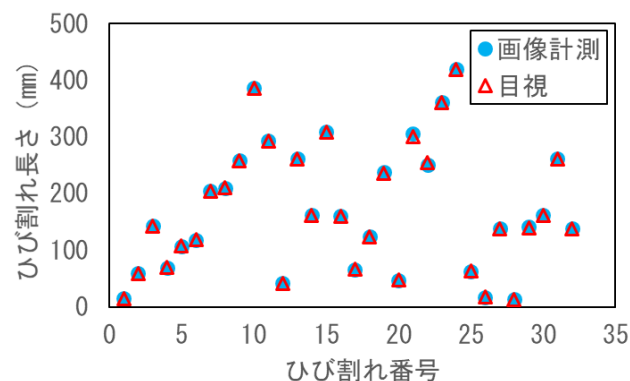


図-2 画像診断技術の有用性検証（ひび割れ長さ）

キーワード UAV, 橋りょう検査, 長大橋りょう, 画像処理技術, 鉄道土木構造物

連絡先 〒840-0805 佐賀県佐賀市神野西1丁目8-4 九州旅客鉄道株式会社佐賀鉄道事業部 TEL 0952-23-2939

長さともに近接目視検査結果と概ね一致し、0.2 mm 程度のひび割れの判定漏れがないことから画像計測技術の一定の有用性が確認できた。

3.2 UAV を活用した撮影による目視点検

次に、近接目視困難箇所に対して UAV を活用した検査の有用性を検証した。対象構造物は一級河川に架かる 8 径間の上路 PC 桁（橋長 535.4m）である。使用する UAV の機体性能を表-2 に示す。当該箇所は、河口付近に位置するコンクリート長大橋りょうであり、桁下・桁側面・橋脚側面は検査足場からの目視点検となり近接目視困難箇所である。今回は社内規程に基づき、営業線の安全性を考慮し軌道中心から 8m 以上の離隔距離（以下、営業線近接範囲外）を保持し飛行させた。撮影した画像（図-3）からは、ズーム機能等を使用することで、近接目視困難箇所においても近接目視相当の検査が可能であり、通常全般検査の置換可能性が示唆された。加えて、営業線近接範囲外で飛行可能なため、安全且つ保安要員の配置を不要とした検査が可能である。

3.3 河川上の鉄道コンクリート長大橋りょう画像診断技術の活用

全自動検査導入に向けて、UAV を用いて撮影した画像に対して現段階でのひび割れ検出精度を検証した。ひび割れ解析の精度検証には 3.1 と同様の汎用画像計測技術を使用した。検証方法は、検査足場から近接目視可能箇所において事前に測定したひび割れ幅との比較とした。比較結果を表-3 に示す。離隔距離が近づくほど測定誤差が大きくなっていることから、誤判定していることがわかる。誤判定の原因として当該橋りょう上の風速が 5m/s 程度と強かったことが一因として考えられたため、風速 1m/s 程度の条件の他高架橋を対象に同様の検証を実施した。検証結果を表-4 に示す。風速が弱い場所においても精度が確保されなかった。要因としては、UAV 自身が飛行時に発する風により撮影時のブレに繋がっていることが考えられる。

4. 導入検討

前章までの検証により、将来的な全自動検査に対して現状では Lv.2 の段階であることがわかった。一方で、従来のヒトの目視による検査方法に UAV を加えることで、近接目視困難箇所の検査精度の向上が示唆された。したがって、現時点では、近接範囲外からでも UAV 活用ができることから、検査足場付近は人による検査、近接目視困難箇所については、UAV による検査として併用することで検査精度の向上に加えて、安全性の追加も図れる。しかし、導入に向けた課題として、気象条件に左右されること、UAV のバッテリーの耐久性等のハード面の課題や、鉄道上空の飛行に関する制度整備等のソフト面の課題も解消していく必要がある。

5. おわりに

本稿では、コンクリート長大橋りょう検査での UAV 有効活用法に関する検討を行った。検討結果より、近接目視困難箇所においては検査精度が向上することが示唆され、UAV 活用は検査精度向上に寄与し、省力化も図れる。しかし、現状では、バッテリーの耐久性や飛行に関する制度整備等の課題が確認された。今後も段階的に導入に関する検討を行い、導入効果を再検討し検査方法の手引きの策定が必要である。

参考文献：1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）コンクリート構造物，2007。

表-2 使用した機材

使用機材	
機材名	MATRIC300 RTK(DJI社)
サイズ	810 × 670 × 430mm
重量	約6.3 kg
最大風圧抵抗	15m/s



図-3 変状把握（左：ズームなし，右：ズームあり）

表-3 クラック解析（PC 桁，風速 5m/s 程度）

離隔距離	ひび割れ幅	ひび割れ解析値
1.5m	0.20mm	0.53mm
2m		0.52mm
3m		0.23mm
4m		測定不可

表-4 クラック解析（ラーメン高架橋，風速 1m/s 程度）

離隔距離	ひび割れ幅	ひび割れ解析値
2m	0.10mm	0.33mm
3m		0.31mm
4m		0.38mm
2m	0.20mm	0.55mm
3m		0.77mm
4m		測定不可