

UAV 橋梁点検における様々な飛行撮影方法によるひびわれ検出精度の検証

中日本建設コンサルタント株式会社 正会員 ○森田祐樹, 八木孝行
株式会社デンソー 正会員 河内山聡, 近藤英昭
愛知道路コンセッション株式会社 正会員 中島良光, 正会員 山本和範

1. 背景・目的

多くの社会インフラが老朽化を迎える中、道路橋は平成26年から「5年に1回」、「近接目視」により定期点検を行うことが義務付けられ、多くの橋梁をかかえる道路管理者にとっては、そのための予算確保や技術者不足といった問題に直面しており、安価で効率的な点検システムの実現が早急に求められている。

(株)デンソー及び中日本建設コンサルタント(株)は、点検用 UAV (unmanned aerial vehicle, 無人航空機) を用いた道路橋の定期点検を実施・支援する技術の共同研究を進めている。これまで、岐阜大学 SIP 実装プロジェクト等での実証フィールド試験を通じ、一定の立地環境下でのコンクリート構造物に対しては、ひびわれ等の劣化・損傷の検出及び一定精度の計測が可能であることが実証されている¹⁾。一方、このような研究段階から実業務における点検現場への本格導入を見据えると、実際にはまだ多くの課題が残っている。そこで今回の実証では、本格的な実務導入の早期実現のため、実務上の課題に着目し、検証することを目的とした。

2. 今回の実証課題

橋梁点検現場への本格導入にあたり、解決すべき課題としては、例えば、劣化・損傷の検出、計測のための撮影写真データ及び画像解析データ等の総データ量の問題がある。各務原大橋(10 径間連続 PC フィンバック橋、各務原市)の実証では、上部工 1 径間及び下部工 1 基の点検に要したデータ量が 44GB¹⁾であった。このような長大橋では 1 橋分の点検結果を整理・作成するだけでも、点検後の作業やデータ保管に支障をきたしていくと思われる。このほか、橋梁が多数の部材で構成された構造であること、橋梁によって部材の大きさも異なること等のため、現場によっては UAV が対象構造物に「正対」して撮影することが難しいという問題もある。このような場合では斜め方向から撮影(あおり撮影)をすることとなるが、このあおり撮影時においても、劣化・損傷の検出・計測精度を正対したときと同等に確保する必要がある。

以上をふまえ、今回の実証では、これまで検証が不十分であった次の事項を課題とし、取り組むこととした。

【課題】

- ①撮影距離及び飛行速度の異なる飛行撮影ケースの試行によるひびわれ検出精度の検証
- ②斜め方向からの撮影(あおり撮影)によるひびわれ検出精度の検証

3. 実証フィールド

今回の実証は、愛知県の一般有料道路「猿投グリーンロード」の高架橋(RC 連続中空床版橋、写真-1)にて実施した。猿投グリーンロードは、道路分野で日本初となるコンセッション方式により運営されている愛知県の有料道路の一つであり、愛知道路コンセッション(株)が点検・補修等の維持管理を担っている。

実施対象は上部工 1 径間及び下部工 2 基(P1, P2)の RC 部材とし、対象部材に対し 1.5~4m 程度の距離まで UAV を飛行・接近させ、搭載カメラで飛行撮影し、RC 部材に生じているひびわれ等を検出・判定した(写真-2)。



写真-1 実証橋梁

〈橋梁諸元〉
路線名: 猿投グリーンロード
橋梁形式:
RC 連続中空床版橋
RC 壁式橋脚
橋長: 151.95m
(径間長 16.7m)
幅員: 10.5m
供用開始: S47.4
管理者: 愛知県道路公社
運営者: 愛知道路
コンセッション(株)



写真-2 実証状況

〈デンソーUAV〉
〈機体諸元〉
体格: 1530x1500x525mm
プロペラ径: 18 インチ x6 ローター
重量: 約 10kg
(バッテリー重量込み)
ペイロード: 約 2kg
耐風性能: 10m/s
飛行時間: 15 分

キーワード 橋梁点検, UAV, 飛行撮影, ひびわれ, 点検業務, 維持管理技術

連絡先 〒460-0003 名古屋市中区錦一丁目 8 番 6 号 ONEST 名古屋錦スクエア TEL052-232-6033

4. 実証結果

(1) 撮影距離及び飛行速度の異なる飛行撮影ケースの試行によるひびわれ検出精度の検証結果

本実証は、主桁下面 1 箇所にあらかじめ指標（クラックスケール）を貼り付け、指標に対し撮影距離及び飛行速度の異なる 3 つの飛行撮影ケースを試行し（図-1）、ひびわれ幅の精度の確認及び各ケースでの写真枚数、飛行時間を検証したものである。検証結果を表-1 に示す。

検証の結果、様々な飛行撮影方法を試行することで画像品質のバリエーションを確かめることができた。検出・判定可能なひびわれ精度とデータ量等のバランスを考慮すると、本実証では Case2 が良いと判断する。しかし、実用性の観点ではより作業性の良い Case1 が望ましく、確実にひびわれを判定するために飛行速度を低くする等、作業条件や点検部材に応じて撮影条件を変えていくことで、Case1 の方法も活用できると考える。

(2) 斜め方向からの撮影（あおり撮影）によるひびわれ検出精度の検証結果

本実証は、UAV を撮影面に正対させることが困難な場合に、あおり撮影を行った場合でも同等の精度でひびわれを検出・判定できるかどうか検証したもので、今回は支承高さが低く、正対撮影が困難な橋脚壁面の天端付近を対象に実施した（図-2）。検証結果を写真-3 に示す。

検証の結果、橋脚天端付近に生じている鉛直方向のひびわれ（ひびわれ幅 0.2mm）を検出できた。これは近接目視点検と同じ結果であり、あおり撮影でも十分な精度でひびわれを検出・判定することがわかった。

5. 今後の課題

実業務への本格導入に向け、今後は今回結果をふまえた検証を引き続き行くとともに、未検証の橋種への実装やコストの精査等についても取り組む予定である。

【謝辞】本実証にあたりご指導をいただいた岐阜大学 羽田野英明先生及び実証フィールドのご提供、ご協力をいただいた愛知県道路公社の関係各位に深く感謝します。

【参考文献】1)各務原大橋点検方法検討会：各務原大橋点検方法検討会報告書, 岐阜大学 SIP 実装プロジェクト, 2018.4

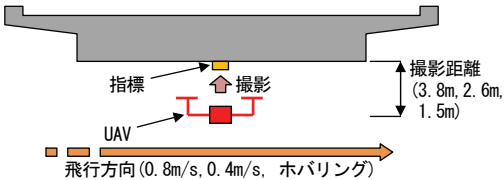


図-1 異なる飛行撮影ケースの試行概要図

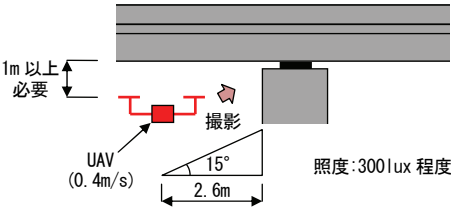


図-2 あおり撮影概要図

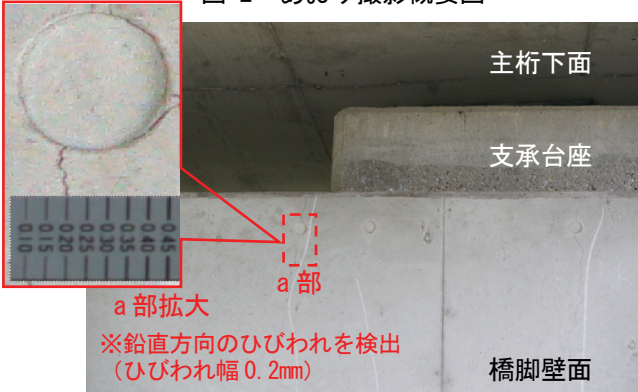


写真-3 あおり撮影によるひびわれ検出結果

表-1 撮影距離及び飛行速度の異なる飛行撮影ケースの試行によるひびわれ検出精度の検証結果

試行 ケース	Case1. 標準撮影 (0.3mm/px)	Case2. 高精度撮影 (0.2mm/px)	Case3. 超高精度撮影 (0.1mm/px)
	撮影距離：3.8m 飛行速度：0.8m/s	撮影距離：2.6m 飛行速度：0.4m/s	撮影距離：1.5m ホバリング飛行
撮影 写真			
撮影 写真 (拡大)			
作業性	写真枚数：少（点検面積A=55㎡あたり、220枚） 飛行時間：短（点検面積A=55㎡あたり、0.5h）	写真枚数：中（点検面積A=55㎡あたり、490枚） 飛行時間：中（点検面積A=55㎡あたり、1.0h）	写真枚数：多（点検面積A=55㎡あたり、1470枚） 飛行時間：長（点検面積A=55㎡あたり、5.0h以上）
点検への 適用性	・ひびわれ幅0.3mmまで判定できる。 ・好条件下では0.1mmまで検出できるケースも確認できたため、撮影条件に応じた対応により活用可能。 ・また、ひびわれ以外の損傷や広域的なマクロ点検では有効。	・ひびわれ幅0.2mmまで判定できる。 ・RC構造物のひびわれ判定には十分に対応可能。 ・0.1mm以下の判定が必要なPC構造物及び床版ひびわれに対しては注意が必要。	・ひびわれ幅0.1mmでも十分に判定できる。 ・RC、PC構造物のひびわれ及び床版ひびわれの判定に十分に対応可能。

注記) 点検面積は主桁下面(床板橋下面) 1径間の1/2程度。(A=LxW=7.4mx7.4m=55m²) / 搭載カメラ：ソニーα6500 (50mmレンズ) / 実施時の照度：約1,140lux (天候：曇り)