

橋梁点検用マルチコプタ（ドローン）の運用の多様性に関する一検証

大日本コンサルタント（株）

正会員 ○平山 博 正会員 小林 大

川田テクノロジーズ（株）

フェロー会員 越後 滋 金平 徳之

国立研究開発法人産業技術総合研究所 加藤 晋

1. はじめに

道路橋においては、道路法施行規則の一部を改正する省令・告示に基づき、5年に1回の近接目視が基本とされた。その結果、毎年およそ14万橋の近接目視点検を行なうこととなったが、点検橋梁の急増に対して予算不足や技術者不足が顕在化することとなった。このような社会問題の解決策として、著者らは橋梁点検用マルチコプタ（ドローン）の開発を進めてきた¹⁾。本稿は、開発中の橋梁点検用マルチコプタの運用の多様性について、実橋を用いて検証した事例を報告するものである。なお、本検証は、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」助成事業の内容の一つとして、大日本コンサルタント株式会社、川田テクノロジーズ株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所の3社で共同して実施したものである。

2. 検証対象橋脚及び検討内容

2.1 検証対象橋脚

著者らが開発中の橋梁点検用マルチコプタは、離れた場所や高所にある部材に対してある程度の間隔を保持しながら飛行し、搭載された光学カメラにより画像（4K 動画）を撮影するものであることから、開放的な空間に面した部材への適用が好ましいと考えている。そのため桁端部など狭隘部への適用が難しく、従来点検と組み合わせた、あるいは一体的な運用を想定している。本検証においては、山中の橋脚や水上橋脚を有する橋梁に対して、上部構造などは橋梁点検車を用いて近接目視を行ない、橋脚柱については図-1 に示すように橋梁点検車バケットを離発着場所として橋梁点検用マルチコプタを運用するケースを想定し、図-2 に示す RC 橋脚を検証対象とした。なお、橋脚の地上部高さは16m程度、柱断面寸法は2.3m×3.6mである。

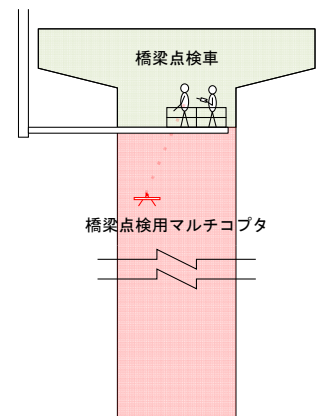


図-1 橋梁点検用マルチコプタ適用状況

2.2 検証内容

検証内容は、橋梁点検車バケットを離発着場所とした橋梁点検用マルチコプタの運用性及び経済性について確認するものとし、従来点検手法としてロープ高所作業との比較を行なった。具体的には、図-2 に示す検証対象 RC 橋脚のうち橋梁点検車のポストストロークより下方の柱に対して「①橋梁点検用マルチコプタによる画像撮影、画像目視及び損傷図・損傷写真帳作成」「②ロープ高所作業による近接目視及び損傷図・損傷写真帳作成」を実際に行ない、それぞれに要した時間を計測して総人日数を算出した。なお、橋梁点検用マルチコプタの適用にあたり、橋脚基部については、橋梁点検用マルチコプタの離発着は困難であるが人間が立ち入ることは可能であったため、人間による地上・梯子からの近接目視点検とした。



図-2 検証対象 RC 橋脚

(1) 使用したマルチコプタ

使用したマルチコプタは、図-3 に示す著者らが開発中の橋梁点検用マルチコプタ「マルコ TM」である。本マルチコプタは、橋の周囲に発生する複雑な風の変化のなかで安定した飛行が可能となるように、ガバナー（調速機）

付き可変ピッチ型ローターを装備している。また、撮影画像の精細さを均一とするため、機体と被写体の間隔を自動で一定に保持する機能などの飛行支援機能を実装し、被写体の照度が不足する場合のために照明装置を装備している。なお、「マルコ TM」は、橋梁点検車バケットなどからの離発着を考慮して、機体外形（ロータガード）寸法を 900mm×900mm に抑えている。



図-3 マルコ TM

(2) 橋梁点検車バケットを離発着場所とした撮影飛行

撮影飛行にあたっては、カメラと橋脚柱の間隔が 1m となるように飛行支援機能を設定した。これは、0.1 ミリ幅のひびわれが検出可能なレベルであり、写る範囲は 900mm×520mm となる。また、隣り合う撮影飛行コース間の画像重複度は 50%とし、撮影飛行速さは目測により 0.5m/s を目安とした。橋梁点検車バケット上には、図-4 に示すように人間とマルチコプタの接触を防ぐ防護も兼ねた離発着台を設置した。



図-4 防護兼離発着台

3. 検証結果

表-1 マルチコプタ総人日

3.1 橋梁点検用マルチコプタ

橋梁点検車バケットからの離発着及び撮影飛行にあたっては問題なく、本検証ケースに対して橋梁点検用マルチコプタの運用性が確認できた。図-5 に撮影飛行状況を示す。また、総人日は、表-1 に示すように撮影飛行、画像目視から損傷図・損傷写真帳作成まで 4.2 人日であった。本検証ケースは、路上に設置した橋梁点検車上からマルチコプタを運用するケースであり、通行規制に係る人日を計上している。なお、画像目視に用いる全体画像作成（画像合成）時間を含んでいない。

	人	日	人日
【外業】			
点検班（マルチコプタ撮影飛行）	3	0.3	0.9
点検班（地上・梯子からの近接目視）	3	0.1	0.3
規制班（マルチコプタ設置飛行時）	5	0.3	1.5
【内業】			
点検班（画像目視）	1	0.5	0.5
点検班（損傷図・損傷写真帳作成）	1	1.0	1.0
		Σ＝	4.2



図-5 撮影飛行状況

3.2 ロープ高所作業

ロープ高所作業を適用した場合の総人日は、表-2 に示すように近接目視から損傷図・損傷写真帳作成まで 2.5 日であった。図-6 にロープ高所作業状況を示す。

3.3 考察

橋梁点検車バケットを離発着場所として橋梁点検用マルチコプタを運用する場合、総人日は 4.2 人日となり、ロープ高所作業に比較して 1.7 人日多く、1.68 倍であった。これは、通行規制が必要であったことの影響が大きい。一方、橋脚基部から橋梁点検用マルチコプタの運用が可能な場合は通行規制が不要となるため、総人日は 2.7 人日となりロープ高所作業と同等となる。ロープ高所作業の外業は近接目視の実時間を計上しているが、対象橋脚が 1 基の場合は 1 日拘束となることから外業が 3 人日、総人日が 4 人日となり、今回検証した橋梁点検用マルチコプタの場合と同等となる。

表-2 ロープ高所作業総人日

	人	日	人日
【外業】			
点検班（ロープ高所作業による近接目視）	3	0.5	1.5
【内業】			
点検班（損傷図・損傷写真帳作成）	1	1.0	1.0
		Σ＝	2.5



図-6 ロープ高所作業状況

4. まとめ

本検証により橋梁点検車バケットを離発着場所とした橋梁点検用マルチコプタの運用性が確認できたとともに、多様な運用の可能性について検証することができた。

参考文献など

1) 小林 大：マルチコプタ（ドローン）の橋梁点検への展開，H29 年度土木学会 第 72 回年次学術講演会