

無人航空機を用いた河川維持管理への 利活用について

畠山 則一¹・高田 貴子²

¹近畿地方整備局 近畿技術事務所 防災・技術課 (〒573-0166 大阪府枚方市山田池北町11-1)

²近畿地方整備局 近畿技術事務所 防災・技術課 (〒573-0166 大阪府枚方市山田池北町11-1)

新技術である近畿技術事務所保有の小型無人航空機（以下、「UAV」という。）の活用により、河川維持管理に必要となる河川巡視や定期点検等で効率的・効果的な情報（映像や画像）提供をするための活用方法、撮影方法等について現地実証調査をもとに検討を行った。

本検討では、現地実証調査により、河川堤防・護岸、自然河岸、中洲等をUAVにより撮影を行い、従来の河川巡視や定期点検の中で有効な情報（映像や画像）やその取得方法を検討したので、その内容を報告する。なお、本検討内容は、最終年度である令和2年度の検討内容も加えた上で、河川維持管理への利活用についての活用提案書（案）をとりまとめる予定である。

キーワード 河川維持管理, UAV, 利活用手法

1. はじめに

河川巡視は、通常、パトロール車や人により河川全体にわたる概括的な状況を点検し、河川維持管理を支援するデータベースシステム（RiMaD1S）に現場情報が蓄積・整理されている。また、河川点検は、個々の河川管理施設の治水上の機能について、異常や変化等を発見・観察・計測等を行うことが目的とされ、点検結果は、変状箇所ごと・施設ごとに機能低下の状態評価の基礎資料として利用されている。

本検討では、河川維持管理の中でUAVを活用していくにあたり、変状発見精度、作業性に着目して現地実証調査を実施し、活用の可能性を検証した。また、撮影方法については、UAVの活用を広く普及させるため、専門技術者による撮影手法ではなく、UAVの操縦経験が浅い技術者を対象とした。

2. 調査で使ったUAV機種

UAVは、従来の人による巡視・点検作業の効率化（労力軽減）を補助することが基本となる。

このため、近畿技術事務所が保有しているUAVの中から今回使用するUAV機種は、作業性の観点から、小型かつ軽量で容易に持ち運びができ、操縦も初心者向きで細かな飛行が可能な Phantom4-pro (図-1(a)参照) を基本とし、大型ではあるものの、画像の判読性能、飛行の安定性の観点から、防水機能（全天候型）、ズーム機能（望遠機能）を有している NEO (図-1(b)参照) についても検証を行った。

【(a) Phantom4-pro】



搭載カメラ
・有効画素数2000万
・焦点距離8.8mm
・重量 1390g

【(b) NEO(全天候型)】



搭載カメラ
・有効画素数2000万
・焦点距離4~14mm(光学ズーム)
・重量 10000g

図-1 現地実証調査で使ったUAV機種

3. UAVの撮影方法

河川巡視・点検を目的とした撮影方法は、1画郭に収まる範囲や作業労力を低減する観点、特別な操縦技術を求めないとの観点から、表-4に示す方法を推奨する。

(1) ホバリング撮影

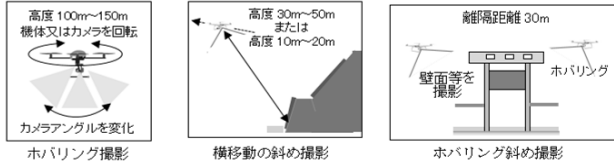
この撮影方法は、上空の定点（河道中央等）に止まって機体を回転させて撮影する方法である。この方法は、UAVに装備されている位置固定機能により容易に定点に止まることができる。

(2) 斜め撮影（垂直撮影）

この撮影方法は、UAVの基本的な飛行方法である。また、近年、市販されているUAVには予め決めたコースを自動飛行するシステムが装備されており、この自動飛行システムの利用により、容易に撮影が可能である。

表-4 UAVによる撮影方法（推奨例）

巡視・点検目的	確認事項	撮影方法	撮影高度
河川概要の把握	・河岸・河道の概要 ・砂洲・植生分布等 ・河川利用状況等	ホバリング撮影 (旋回斜め撮影)	100m ～ 150m
河岸、護岸・堤防の状況把握	河岸、工作物等の大きな異常(変状)	斜め撮影 (施設に沿った撮影) (河道に沿った撮影)	30m ～ 50m
工作物(水門等)の状況把握	工作物の大きな異常(変状)	ホバリング斜め撮影 (確認箇所を撮影)	30m (離隔距離)
工作物の詳細調査	工作物の細かな変状	斜め撮影 ホバリング撮影	10m ～ 20m (離隔距離)



注1) 撮影モードは、動画を推奨するが、1点に絞った撮影となる工作物等では、静止画での撮影を推奨する。
注2) 機種は軽量かつ細かな飛行が容易な「Phantom4-pro」を基本とするが、現場状況に応じて、ホバリング撮影では機体の安定性、ズーム機能がある NEO を活用する。

(3) 時系列変化の把握

河道や構造物の変状について、時系列的に分布や形状を把握するためには、複数枚の画像比較が容易な同一アングルでの撮影が望ましい。

特に、前進のみで範囲を往復して撮影する場合、往路と復路では画像の上下が反転するため、画像方向を統一するためには、図-2に示すとおり、往路で前進、復路で後退とすることが望ましい。

また、複数の画像を対比する場合、対比する画像に写真から判読できる同一の目標物が写っている必要があり、できれば2点以上あると画像を整合させることが容易となる。

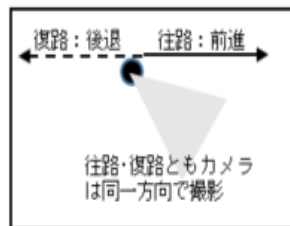


図-2 画像方向を統一する方法

4. 検証場所及び検証内容

現地実証調査は、木津川上流河川事務所管内のフィールドを使用して、河川の特徴、調査の必要性や安全性を考慮しながら、木津川(58.8k~62.2k)及び柘植川から8か所を選定し、主に表-1に示す内容を検証した。

表-1 検証項目と検証内容

項目	検証内容	使用機種	
		Phantom4	NEO
河道の状況	河岸地形、中洲、瀬・淵、滞筋等の地形	○	
河岸の状況	天然河岸における侵食、洗堀状況	○	○
河道閉塞・洗堀の状況	堰、橋梁周辺の堆砂・洗堀状況		○
砂洲の堆積状況	合流部や河岸の砂洲の状況、時系列変化	○	○
樹木群の生育状況	樹木繁茂状況	○	○
河川	堤防の状況	○	○
管理	水門等の状況	○	○
施設	護岸の状況	○	○
	根固め等の状況	○	○
河川工事	工事の進捗状況		○
遊水地、堤内地	遊水地、堤内地の利用状況		○

5. UAVによる検証結果

(1) 河道の状況

面的に河川の植生、河岸の傾斜、河道の滞筋、瀬・淵の分布状況が確認でき、対象とする区間の河道状況の概要が視覚的に把握することができる。(写真-1)

特に、人の立ち入りが困難な渓谷部では有効である。



写真-1 河道状況の確認

(2) 河岸の状況(掘込河道)

自然河岸の多くは、渓谷部や植生が繁茂する場所であり、人が容易に立ち入ることが困難な場所も存在する。河岸の斜め撮影画像では、河岸の連続的な確認が河道側から容易にでき、河岸状況を把握することができる。(写真-2)

特に、植生が繁茂して人の立ち入りが困難な河岸、渓谷部や河岸が直立する場所等では有効である。

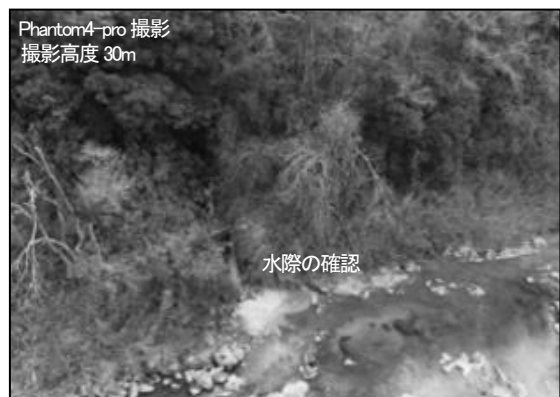


写真-2 河岸状況の確認

(3) 河道閉塞・洗掘の状況

橋脚部や堰の斜め撮影画像では、これら構造物周辺の土砂の堆積・侵食区域が容易に確認でき、構造物周辺の陸上地形の分布を把握することができる。（写真-3）

特に、人の立ち入りが困難な中洲上に存在する橋脚部では有効である。

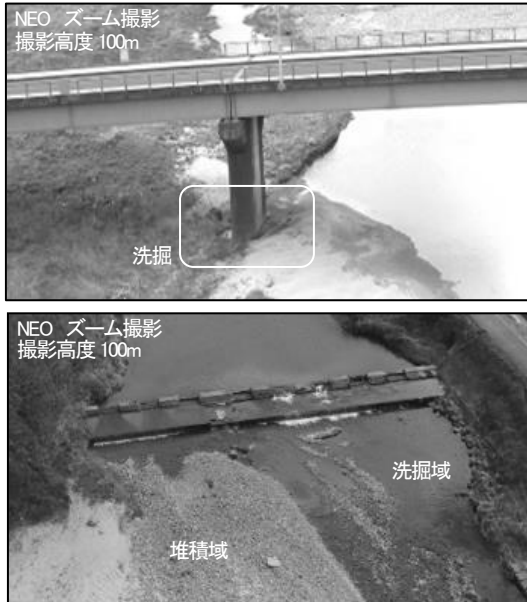


写真-3 河道閉塞・洗掘の確認

(4) 砂洲の堆積状況

合流部に形成されている砂洲の一部を撮影時期の異なる画像で比較すると、合流部の砂洲は、堆積・侵食区域が明瞭に確認でき、時系列での変化状況が把握できる。複数時期で同一範囲を撮影することで、砂洲の時系列変化を把握するうえで有効である。（写真-4）

ただし、砂洲の形状は、撮影時の水位によって異なるため、2時期の砂洲の標高差が小さい場合は、撮影時の水位を考慮したうえで形状変化を判断する必要がある。

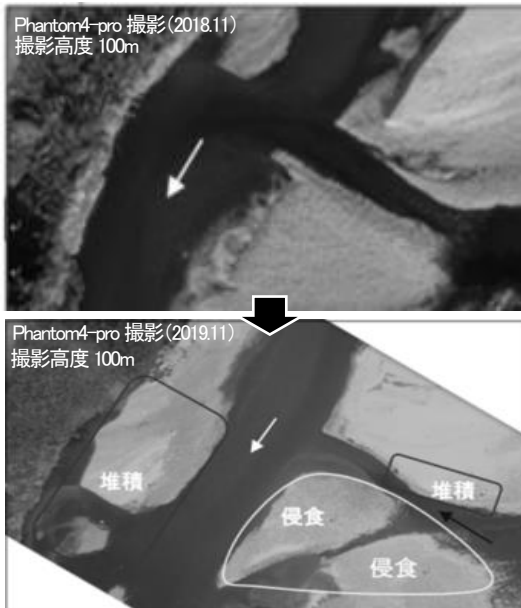


写真-4 砂洲の時系列変化の確認

(5) 樹木群の生育状況（繁茂状況）

樹木域の垂直撮影画像及び斜め撮影画像からは、樹木の繁茂範囲や概ねの繁茂密度が確認できる。定量的な繁茂範囲は把握することはできないが、周辺施設との対比による概ねの範囲を把握することは可能である。陸上からでは面的な樹林帯の広がりを確認することは困難であるが、河道内の樹林繁茂状況を面的に把握することができる。（写真-5）

特に、人が容易に立ち入ることができない中洲等の状況を把握する場合に有効である。



写真-5 樹木繁茂の状況確認

(6) 堤防の状況

斜め撮影画像では、堤防の損傷や堤防法面、天端面を画像により連続して確認することができ、法面の腹み出し、天端面の起伏（陥没等）の変状を確認することが可能で、画像をデータとして残すこともできる。（写真-6）

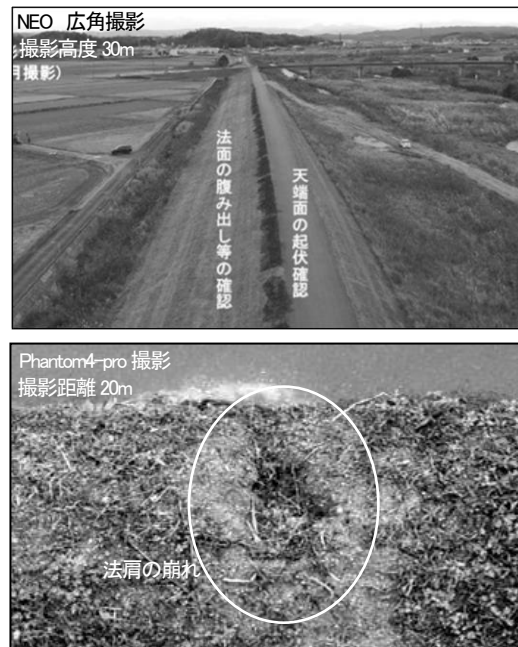


写真-6 堤防の状況確認

(7) 水門等の状況

水門の一部に接近した撮影画像では、取付部等の詳細を確認することが可能と思われる。現時点では、確認できる具体的損傷等を検証していないため、今後、検証していく必要があるが、UAVの活用は、陸上からは確認

しづらい壁面等の変状を確認することが可能と思われる。また、人が近寄り難い排出口の状況（侵食・堆積等）を面的に確認することができる。これらのことから、水門等の巡視・点検の効率化を図るうえで有効である。（写真-7）ただし、構造物に近接した飛行となるため、飛行にあたっては障害物回避システムの装備が望ましい。



写真-7 水門の状況確認

(8) 護岸の状況

a) コンクリート護岸

直立護岸の撮影画像では、損傷、植生の侵入を確認できた。コンクリート護岸において変状等を効率的に確認することができる。（写真-8(1)）

特に、河道側からの撮影が可能であるため、人が目視確認しづらい急勾配の法面、直立壁で有効である。

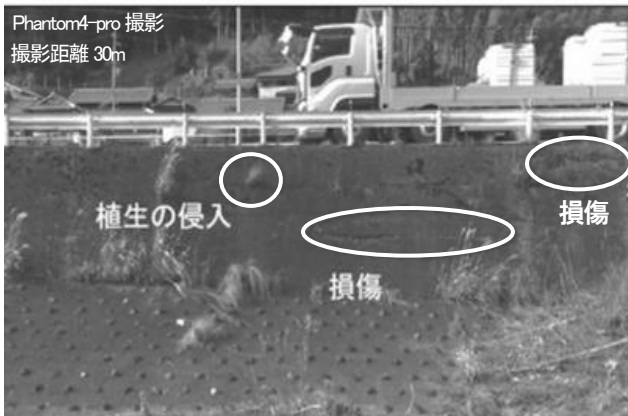


写真-8(1) コンクリート護岸の状況確認

b) ブロック護岸

撮影画像からは、目地の開き・破損、取付部法面の浸食を確認した。前面が水部となっている護岸では、陸上から容易に確認できないため、ブロック護岸においても変状等を効率的に確認することができる。（写真-8(2)）

特に、人が容易に目視確認できない水面付近の法面を確認するうえで有効である。

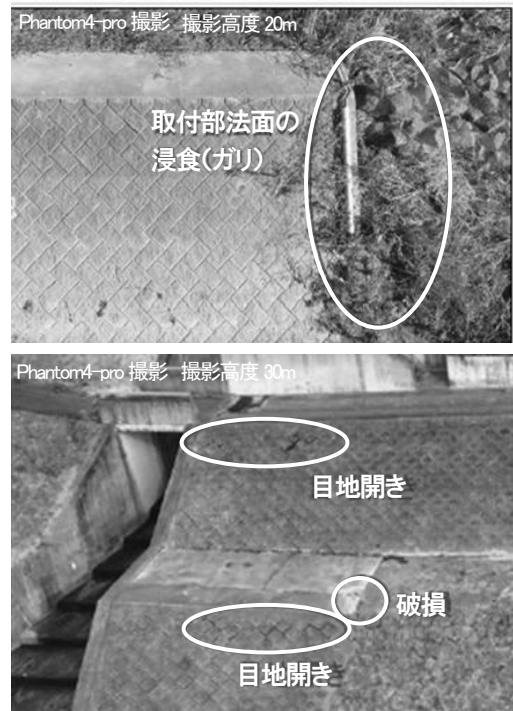


写真-8(2) ブロック護岸の状況確認

(9) 根固め等の状況

根固めブロック等は、水際に設置されており、陸上からの目視では設置状態の確認が難しいが、人が容易に目視確認できない水際のブロックを上空から撮影するため、ブロックの配列の乱れ、沈下の程度を確認するうえで有効である。（写真-9）



写真-9 根固めブロックの状況確認

(10) 河川工事（工事の進捗状況）

工事区域を撮影高度概ね100mから斜め撮影した画像からは、工事の施工区域全体が面的に確認でき、重機等が稼働している作業状況も把握できる。工事区域や作業状況を面的に把握することが容易に可能である。（写真-10）

特に、工事の進捗状況や作業状況を確認するうえで有効である。

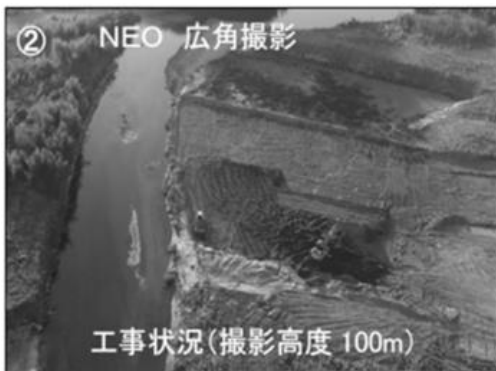
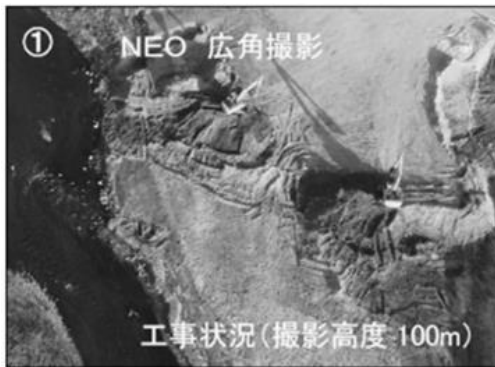


写真-10 工事作業状況の確認

(11) 遊水地、堤内地の状況

遊水地を撮影高度100mから広角撮影およびズーム撮影を行った撮影画像からは、遊水地の利用状況が面的に確認でき、不法構造物等の有無や、洪水の発生が予測され、越流堤からの河川水の流入が想定される場合には、遊水地内の人の利用等を迅速かつ効率的に把握することが可能である。（写真-11）

このように、遊水地や堤内地の状況を面的に把握することが容易に可能で、遊水地内の確認、堤内地の土地利用の確認を行ううえで有効である。

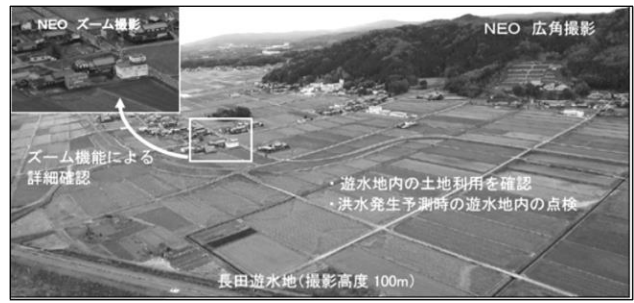


写真-11 遊水池の確認



写真-11 堤内地の確認

6. UAVの河川維持管理への適用性

UAVの現地実証調査により確認できた内容から、河川維持管理への適用の可能性を整理すると、表-2に示すとおりである。

UAVの撮影画像では、河川状況や工作物等の多くの変状項目の検出が可能であることが実証され、河川巡視への適用は可能であると考えられる。

ただし、撮影写真は歪等（特に斜め写真）の補正処理（標定等）を行っていないため、定期点検で行われている変状の計測については難しく、概ねの大きさが判明している周辺の地物等と比較した想定レベルとなる。

また、高さに関する変状（天端高、縦断形状等）を検出することはできない。

表-2 河川維持管理への適用性

項目	適用可能な内容（検証できた内容）
河道	河岸の傾斜、滞筋・瀬・洲・植生の分布
河岸	河岸斜面の崩壊・侵食、水際状況
河道閉塞・洗堀	橋脚、堰周辺の侵食・堆積区域 時系列の地形変化
砂洲の堆積・侵食	形成区域、形状の時系列変化 【条件】 ・時系列対比のための基準物標が必要 ・撮影時の河川水位が必要
樹木群の生育	相対的な繁茂範囲、密度、高さ 時系列変化（伐採直後の地形把握が有効）
堤防	法崩れ、ガリ等の変状 【条件】 ・位置特定のための物標が必要 ・細かな変状は高度な技能が必要
水門等	建屋の屋根、壁面等の概要、排出口付近の状況 【条件】 ・細かなひび割れ等は高度な技能が必要

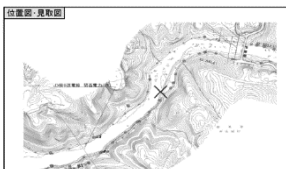

護岸	ひび割れ(幅2cm以上)、損傷(幅4cm)、目地開き、植生の侵入、アモニウムの分布 【条件】 ・変状位置特定のための物標が必要 ・細かなひび割れ等は高度な技能が必要
根固め等	ブロックの崩壊、沈下
遊水地や堤内地の利用	遊水地、堤内地の土地利用 洪水前(越流前)の遊水地内の点検
河川工事	工事の面的な進捗状況 工事作業の状況

7. 河川維持管理におけるUAVの活用方法

UAVの活用は、管理区間すべてにわたると撮影労力(時間)が多くなること、車の侵入や人の立ち入りが容易な場所では、UAVの活用による効率化等への効果が小さいことから、河岸や低水護岸、直立護岸、中洲、山付けの溪谷等、人が立ち入っての目視観察が困難な場所での活用が有効である。

河川巡視では、UAVで撮影した画像から対象区間の河川概要や変状種別、変状位置を把握することが可能であり、従来の手法による河川巡視や巡視日誌の作成での活用が可能であることを確認した。

表-3 UAV画像を活用した巡視日誌例

撮影日 2020年1月17日 記入者 (名) 大塚 健司 撮影機 河川維持管理の状況 変状種別 堤防のブロックの状況 区間 木津川 左岸 4.7 km 500 m ~ 4.7 km 400 m 観察のブロックの崩壊・沈下を発見 出発地の判断 撮影経過 撮影日 記入者 航機(対応) 当日 木津川左岸 航機なし 関係者・関係機関 関係者名 連絡先	 
--	--

また、定期点検では、UAVの護岸・堤防点検での適用性を検討するため、近畿技術事務所に築造されている不具合堤防の点検をUAV(Phantom4-pro)により点検を試行した。(写真-12)

UAVによる点検を試行して発見した変状は、評価要領に示されている要監視段階の事例と対比すると、撮影高度30mの撮影で、事例に示されている異常・変状は検出可能であると推察される。このことから、従来の定期点検での活用が可能であることを確認した。特に、人が立ち入って詳細な観察、計測が必要な箇所の抽出段階(スクリーニング)での活用が有効である。

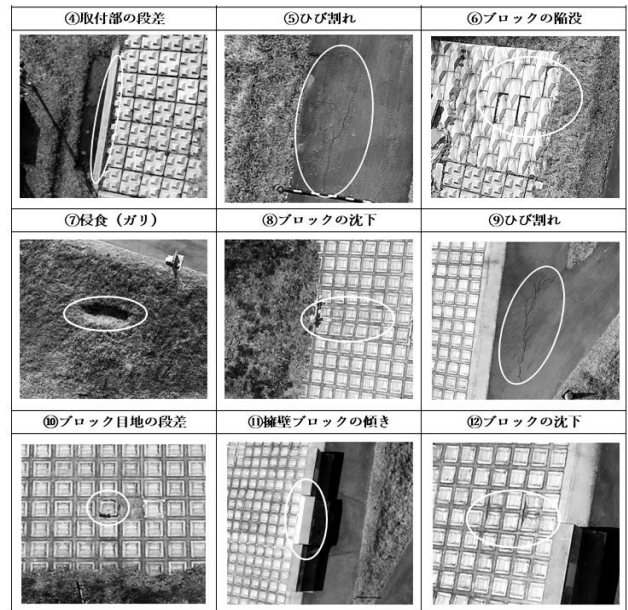
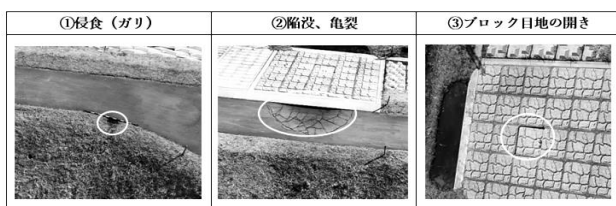


写真-12 模擬堤防で検出した変状

8. UAV有効活用に向けた今後の課題

(1) 活用提案書(案)の実務的な検証

河川・維持管理に係る活用方法は、2018年度、2019年度において試験フィールドでの撮影をもとに検討したが、最終年度である2020年度においては、日常の巡視・点検現場における実務的な活用検証を試行して実務利用からの課題や修正事項を検討し、より実務に有効な活用提案書(案)を作成していく必要がある。

(2) UAVを操縦できる技術者の育成

UAVを操縦できる技術者は限られており、被災状況調査や河川維持管理での利用を普及させるためには、まだまだ不足しているのが現状である。今後、講習会等多くの技術者を育成していくことが求められている。

(3) 河川維持管理DBシステム(RiMaDIS)との連携

河川巡視や点検では、現場にてタブレットを利用して写真撮影を行うとともに、必要事項を入力し、RiMaDISにオンラインで登録する手法でデータが蓄積・保存されている。

UAVを活用した場合、撮影した写真は、一旦、SDカード等に記録されるため、PC等を利用して編集した後に登録することとなる。RiMaDISと連携する編集作業を軽減するための手法も今後検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 近畿地方整備局：近畿地方整備局平常時河川巡視要領，平成25年6月
- 2) 国土交通省河川局河川環境課：河川カルテ作成要領について，平成23年5月
- 3) 国土交通省河川砂防技術基準維持管理編，平成27年3月改定
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局：堤防及び護岸点検結果評価要領(案)，平成27年3月