

正木ダムにおけるICT活用事例

徳島県西部総合県民局県土整備部〈三好〉 主事 松島 輝将^{てるまさ}
徳島県県土整備部東部県土整備局〈徳島〉 課長補佐 武田 直久
徳島県県土整備部運輸政策課 主査兼係長 田村 昭則

徳島県正木ダムでは、日常的な点検に加え、定期的な総合点検や検査を受けてきており、ダム本体の設備などについての経過を追ってきた。その中でもダム本体下流コンクリート面については、作業の安全性の観点から遠方目視により行われ、詳細な点検等は実施されていなかった。そのため、ダム維持管理計画に資する事を踏まえ、UAVによりダム本体下流コンクリート面の撮影を実施した。これによって得られた撮影画像についてクラック解析・抽出作業を行い、ダム本体下流コンクリート面のクラック（変状）分布について調査した。

キーワード UAV, 空撮, 画像解析, クラック調査, コンクリートダム

1. 沿革

勝浦川総合開発事業の一環として、昭和52年に現徳島県勝浦郡上勝町大字正木に建造、管理が開始された正木ダムは、勝浦川の治水と利水を担う多目的ダムであり、堤高67m、堤長210m、総集水面積110km²、総貯水量1,500万m³の直線重力式コンクリートダムである写真-1。

現在、正木ダムでは設備の保守点検業務等を委託しており、日常的には巡視や点検を正木ダム所員が行っている。また、3年に1度、国土交通省から職員を派遣頂き、技術的支援を受け、ダムの総合的な定期検査も行われている。

しかし、ダムのコンクリート面については、作業時の危険度などの点から、詳細な点検は今まで行われておらず、遠方からの目視しか方法がなかった。

そこで、ダムの下流コンクリート面の詳細な劣化状況を効率的に把握するために、UAV（小型無人航空機：ドローン）を使用したICT測量を実施した。

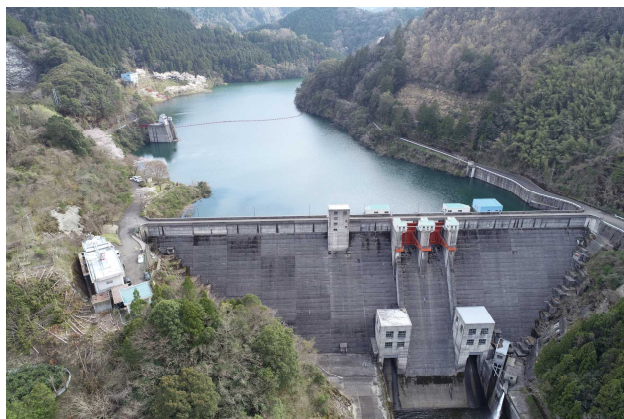


写真-1 正木ダム

2. 実施方針

(1) 業務目的

UAVを用いてダム下流コンクリート面を空中撮影し、得られた写真群を繋ぎ合わせた後に、画像解析によってクラックを抽出する。この結果に基づき、現在のダム下流コンクリート面の劣化状況を明らかにし、ダムの維持管理計画の基礎資料とすることを目的とする。

(2) 使用機器等

空中撮影を行うUAVには、写真-2に示す、DJI社製のMATRICE210RTK（重量6kg、限界高度3,000m、最大飛行時間24分、最大風圧抵抗12m/s）を使用し、搭載カメラには、Zenmuse X5S（2,080万画素、静止画解像度5,280×3,956、レンズDJI MFT 15mm/1.7 ASPH）を使用した写真-3。

位置座標の測位には、ニコン・トリンプル社製ネットワーク型RTK-GNSS測量機を使用し、画像処理には、オーク社製Agisoft Metashape、クラック抽出・解析には、倉敷紡績・GMC社製Kuraves-Actisを使用した。



写真-2 UAV

写真-3 空撮状況

3. 撮影

(1) 飛行計画

UAVによる空撮経路の選択や、空撮写真を繋ぎ合わせる際に目印として必要な標定点の設置およびカメラレンズの調整を現地にて行った。

(2) 空撮

コンクリート標準示方書における、鉄筋構造物の鋼材腐食が発生するおそれのある構造クラックは、0.5mm以上と定義されているため、ダムコンクリートはマスコンクリートであるが、今回はこれを準用した（ダムコンクリートについて、構造クラックは定義されていない）。

さらに、0.5mm以上のクラックを判別できるように、空撮時にはダムコンクリート面から8.5mの離隔距離を設定した。

また、空撮によって得られた写真群は、隣り合った写真にも同じ対象が写っていないければ、上手く繋ぎ合わせる事が出来ないため、空撮時には上下方向

に60%、左右方向に70%のラップ率を設定した図-1。



図-1 横方向の撮影進度

4. 解析

(1) 画像処理

空撮によって得られた写真群に歪み等の補正を施した後、繋ぎ合わせてオルソ画像を作成した図-2。

その際、1画素あたりの寸法は2mmに統一した。

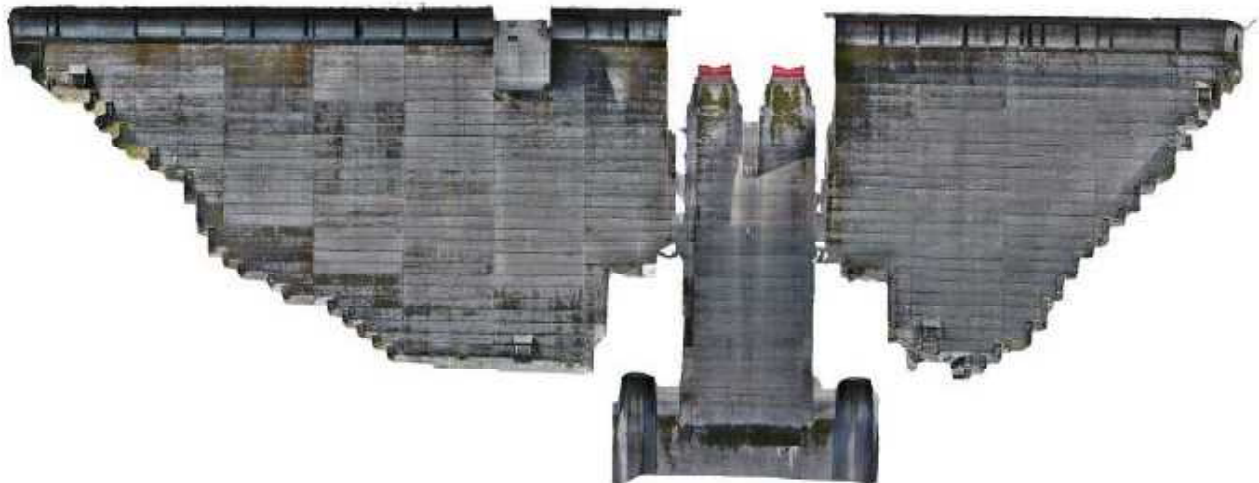


図-2 正木ダム堤体オルソ画像

(2) クラック抽出

a) 方法

解析用に処理されたオルソ画像からクラックの長さや幅を抽出する方法には、1画素ずつ白か黒の両極端に分類（2値化）する方法と、白から黒の間を256色に細分化（グレー階調）し分類する方法の2つがあり、本業務においては、使用するソフトの都合上、グレー階調による方法によりクラック抽出を行った。

b) 手順

①解析を行う画像の縮尺を設定し、②画像内の色調の変化（白寄りの単調な色調に不規則に混ざる黒寄りの色調）が任意の単位で連続する箇所をクラックと識別し、それらを抽出した後に、③抽出された画素の黒色濃度に応じてクラックの幅を求める図-3、図-4。

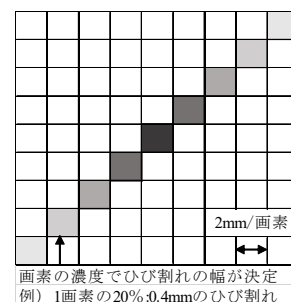


図-3 ひび割れの判定



図-4 クラック写真

5. 結果

(1) クラック抽出精度

精度検証のため、ダム下流コンクリート面の人が立ち入れる箇所にて、クラックスケール使用と画像解析によるクラック抽出結果との比較を行った。

解析により抽出されたクラックの幅は、クラックスケールにより測定されたクラックの幅に対して、80%の適合率であった表-1。

表-1 クラック抽出精度

		クラックスケール 測定箇所数	測定した箇所に 対する適合箇所数
閾値	0~0.5mm	0	0
	0.5mm~1.0mm	4	3
	1.0mm~2.5mm	12	10
	2.5mm~5.0mm	1	1
	5.0mm以上	0	0
計		17	14
結果			82%

(2) 変状分布 図-5, 表-2

a) 浮離石灰 (写真から直接判別)

特にダム越流部より右岸側の水平・縦打継目およびクラック部分に67箇所確認された。

ダム越流部より左岸側には、右岸側と比較して少ない傾向にあった。

b) 剥離 (写真から直接判別)

ブロック②および④の水平打継目付近に剥離が確

認されたが、規模の大きなものではない。

c) 剥落 (写真から直接判別)

ブロック③の水平打継目付近に水平方向へ剥落が確認された。

d) 漏水 (写真から直接判別)

堤体天端付近に漏水痕が28箇所確認された。

e) クラック

ブロック②~⑧およびダム越流部に、鉛直方向に連続したクラックが15箇所確認されたが、クラックからの漏水は認められなかった。

また、ブロック⑦に水平方向に連続したクラックが1箇所確認された。

全体的にダム越流部付近から右岸側にかけて多く確認された。

f) 浮離石灰によるクラック

ダム越流部から左岸側にかけて24箇所確認された。特に、ダム越流部およびブロック⑩に比較的多く確認されたが、連続性は認められなかった。

EL (m)

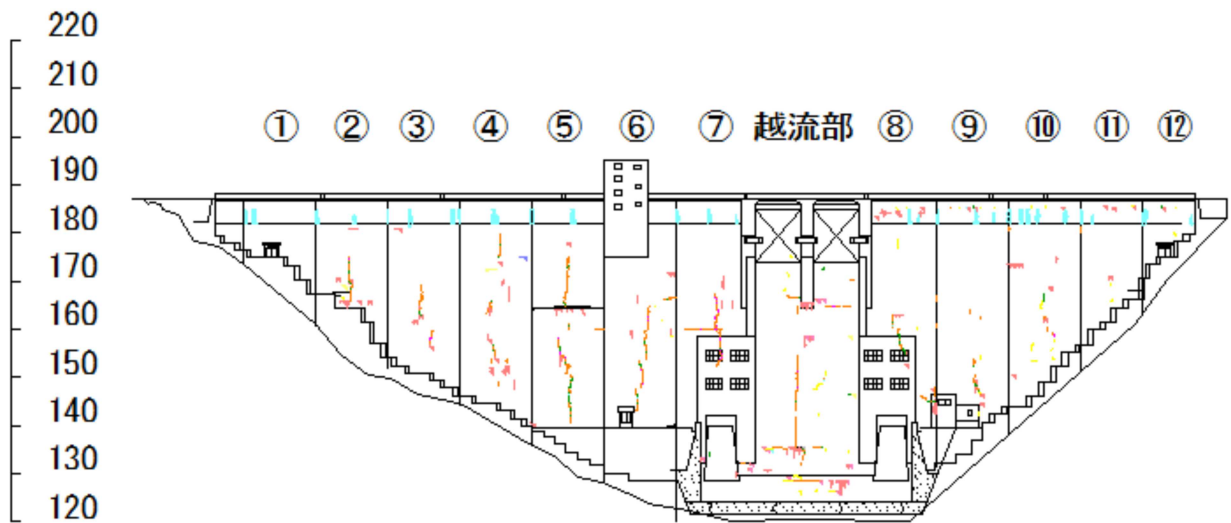


図-5 正木ダム下流コンクリート面における変状分布

表-2 変状総計

		箇所数	総延長(m)
遊離石灰		11	
剥離		2	
剥落		0	
漏水		7	
クラック幅	0~0.5mm	0	1.0
	0.5mm~1.0mm	7	33.3
	1.0mm~2.5mm	89	127.4
	2.5mm~5.0mm	41	9.9
	5.0mm以上	1	0.007
遊離石灰を伴う		29	18.4

(3) 評価

正木ダム堤体下流コンクリート面における、0.5mm以上のクラックを空撮から抽出まで自動で行うことができた。

ダム越流部より左岸側においては、漏水・剥離・剥落は少なく、連続性のあるクラックは確認されなかった。

ダム越流部から右岸側では、剥離・剥落については、ダム建造初期から確認されていた初期不良のため、有害な変状ではないと考えられる。鉛直方向に連続したクラックについては、これらから漏水が認められないことから、初期不良および経年劣化によるもので、有害な変状ではないと考えられる。

そのため、ダムコンクリートとしては概ね健全で、早急に補修・補強が必要な状態ではないと判断した。

また、ダム越流部より左岸側と比較して、ダム越流部から右岸側に変状の数が多かった理由としては、水平方向のブロック量の差と、それに伴うコンクリート量の差が影響していると考えられる。

6. UAVを使用したICT測量の有効性

既往の遠方目視による調査によって確認されていた変状は、本業務の調査でも確認することができた。それに加えて、遠方目視では確認されていなかった変状を、クラックだけでも今回新たに20箇所以上確認・記録することができた（調査量の増加）。

また、本業務の調査では、屋外での作業時間の短縮だけでなく、撮影したデータを持ち帰れるため、再度現地調査を行う必要はなく、室内作業のみで変状の抽出を行うことが可能になった（能率・経済性の向上）。

さらに、解析結果やオルソ画像などを電子データで保存することが可能となったことで、後に撮影画像と解析結果を見比べ、再度机上で判別し直す作業を行うことが可能になった（成果の品質・客観性の確保）。

本業務のUAVによる調査を、ロープワークによる目視および光波測量機によるひび割れ調査（クモノス）と比較した場合、クラックの深さの測定までは現時点の精度では出来ないものの、調査可能範囲や作業時の安全性、屋外での作業時間など、総合的にUAVによる調査方法が優れており、コストを抑えられることが分かった。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 設計編