

Point

多くの漁港施設は高度経済成長期に建設されて老朽化が進行しており、長寿命化を図るためには点検が重要です。従来の潜水士による水中部の点検を代替する技術として、(国研)水産研究・教育機構、(一社)水産土木建設技術センターと共同で水中ドローンを用いた点検手法を確立しました。

水中ドローンによる漁港施設水中部の点検

環境調査事業本部 技術開発室 古殿 太郎、西林 健一郎、西 翔太郎

はじめに

インフラ水中部の点検は潜水士による目視で実施されてきましたが、近年は潜水士の不足や高齢化が進んでおり、効率的な潜水目視代替技術が求められています。当社はこれまで、水中3Dスキャナやマルチビームソナー等の音響機器を用いたインフラ水中部の点検技術を開発し、漁港や港湾、河川、橋脚等幅広い分野で活用してきました。しかし、音響機器では10cm未満の変状を確認することが困難であり、ひび割れ(クラック)や発錆、小規模な損傷等は把握できませんでした。そこで、水中ドローンによる画像撮影を漁港施設点検に活用することを検討し、(国研)水産研究・教育機構、(一社)水産土木建設技術センターと共同で点検手法を確立しました。

使用した水中ドローンと撮影対象

(1)水中ドローン

一般的に有線で操作する水中ロボットは「ROV(遠隔操作型無人潜水機)」と呼ばれていましたが、近年、UAV(空を飛ぶドローン)の技術を転用した高度な姿勢制御により操作が容易となった小型の水中ロボットが市販され「水中ドローン」と呼ばれています。

本技術開発では広く普及している水中ロボットとしてBlueROV^{※1}とFIFISH^{※2}(写真1)を選定し室内試験、現地試験を実施しました。BlueROVは錘とフロートのバランスで水中姿勢が水平となるように調整されたROVで、カメラや機材を取り付けるペイロード(搭載スペース)が広いのが特徴です。FIFISHは流線型で流れの影響を受けにくく、UAV技術によりスラスター(推進装置)で水中姿勢を制御するため、機動性が高く操作も容易な水中ドローンです。



写真1 BlueROV(左)とFIFISH(右)

※1 BlueRobotics社製 BlueROV2

※2 QYSEA社製 FIFISH(ファイフィッシュ) V6 PLUS

(2)撮影対象とする変状

水産庁のガイドラインでは、水中部の点検は定期点検のなかで実施することが推奨されており、コンクリートの劣化・損傷、鋼材の亀裂・損傷、電気防食陽極の不具合等の変状が対象となります。点検内容は比較的大きな変状を対象とした「簡易潜水目視」と、老朽化要因の特定等を目的としたより小さな変状を対象とする「詳細潜水目視」があり、それぞれ老朽化度a、b、c、dの判定が求められます。老朽化度は基準に従い、性能に著しい影響を及ぼす損傷がa、損傷なしがdとなります。水中ドローンにより老朽化度の判定が可能を確認するために、室内と現地で実証試験を実施しました。

室内試験

(1)濁度

実験水槽内にひび割れや開孔を模した板(変状模型)を設置し、濁度や撮影距離を調整して変状が視認できる条件を確認しました。その結果、点検対象から1m離れたところからの撮影が効率的であること、コンクリートの老朽化度cに相当する幅3mmのひび割れを検出するには濁度が7度以下でなければならないことが明らかとなりました。

(2)流速

(国研)水産研究・教育機構水産技術研究所の回流水槽で、水中ドローンによる撮影がどの程度の流速まで可能か確認しました(写真2)。その結果、箱型のBlueROVは0.3m/sec、流線型のFIFISHは0.5m/secまで撮影が可能でした。

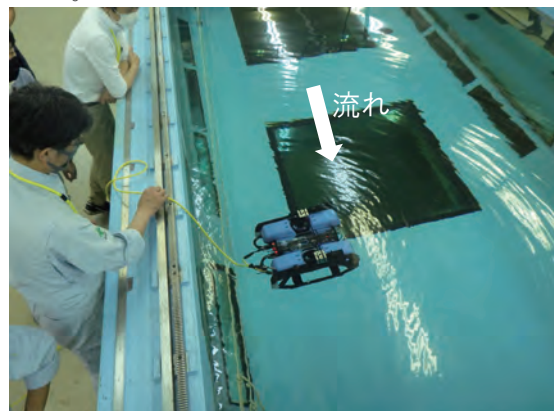


写真2 水平移動撮影を想定した流速室内試験

現地試験

現地試験は日本各地の漁港で、これまで点検が実施されていない漁港施設を広く簡易点検することを想定した「面的撮影」と、過去すでに確認されている変状の経年変化を確認する詳細点検を想定した「スポット撮影」を実施しました。

(1)面的撮影

面的撮影では水中ドローンを水平または鉛直方向に移動させながら、点検対象となる水中構造物を連続的に撮影しました。水中ドローンの画像から、漁港施設老朽化度a、bに相当する比較的規模の大きい変状や、音響機器では確認できない発錆を把握できたことから、簡易点検では潜水目視の代替が可能であると考えられます(写真3)。また、得られた動画から数百枚の静止画を切り出して画像処理ソフトで結合することにより、点検対象区域全体を1枚の画像とした「結合画像」を作成することができました。矢板護岸では電気防食陽極の状況や配置が明確に確認でき(図1)、結合画像は変状の位置や経年変化を把握するうえで非常に有効です。

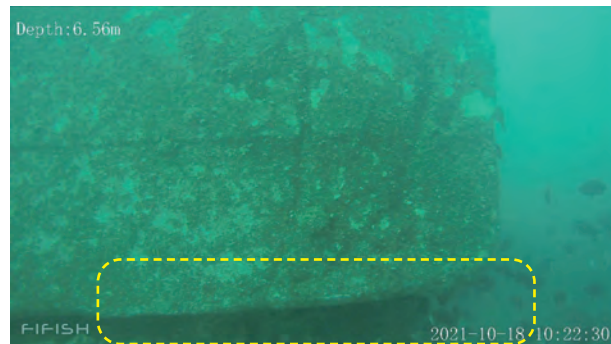
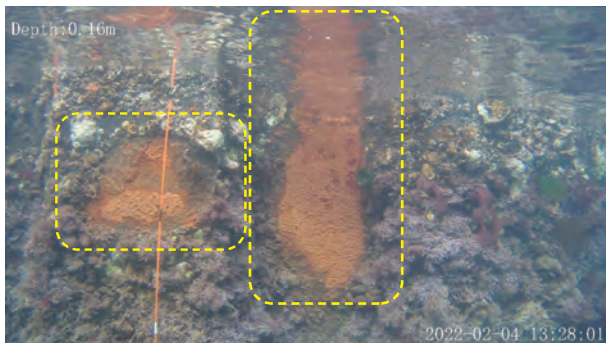


写真3 発錆(上)と基礎部洗堀(下)

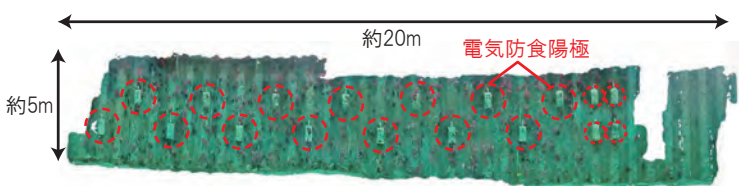


図1 矢板護岸の結合画像

(2)スポット撮影

詳細点検では比較的小さな変状の大きさを把握する必要があります。既知の変状の直近にスタッフ(物差し)を垂下して水中ドローンで撮影することにより、老朽化度cに相当する幅1~2mmのひび割れを確認しました(写真4上)。また、FIFISHでは搭載されているレーザースケイラーによりスタッフを用いずに変状の大きさを把握することができました(写真4下)。

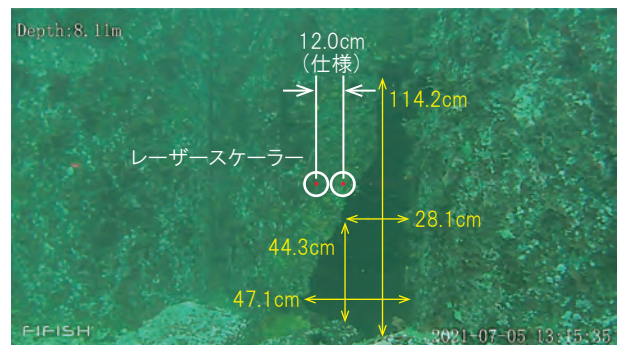
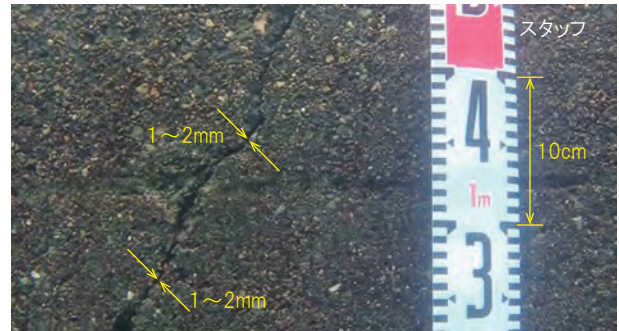


写真4 ひび割れ(上)と開孔(下)のサイズ計測

おわりに

本実証試験により、透明度の高い漁港では音響機器では把握できない小規模な変状を水中ドローンにより撮影することができ、潜水目視の代替として有効な技術であることが確認されました。本技術は漁港だけでなく、港湾や河川、ダム、橋脚等の水中インフラ点検にも応用できます。さらに潜水土による点検と費用を比較したところ、水中ドローンによる点検では2~3割程度安価となると試算されました。

一方で鋼構造物の点検では、付着生物を除去(ケレン)したうえで肉厚測定が必須ですが、安定的にケレン・肉厚測定ができる水中ドローンは開発されていません。今後は、ケレン・肉厚測定用の水中ドローンやAIを活用した変状箇所の自動抽出等の開発を進め、インフラ点検分野のDX(デジタル・トランスフォーメーション)に貢献してまいります。

〔参考文献〕

- 1) 大井邦昭ら(2022), 漁港施設水中部の点検効率化に向けた水中ドローンの活用方法と適用性について, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.78, No.2, p.17-112
- 2) 水産庁, 水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン(平成27年5月改訂)
- 3) 水産庁, 光学機器を活用した水産基盤施設の点検の手引き(令和4年3月)