

水中ドローンを使用した 海洋構造物の調査

第8回 技術交流会
ポートコンサルタント(株)
内藤 輝



本日の発表内容

➤ 水中ドローンを使用して、矢板式護岸の海中部の点検を行った2事例の紹介

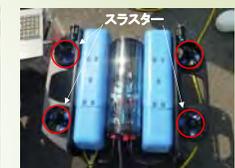
1. はじめに
2. 水中ドローンとは
3. 調査施設
4. 調査方法及び結果
5. その他の点検への活用(案)
6. まとめ

1. はじめに

- 水中部の海洋構造物：主に潜水士による目視
- 潜水調査は他調査に比べて費用が高い
- 詳細定期点検に位置付けられている。
- 点検頻度が少なくなり、必ずしも十分な調査がなされていない。

2. 水中ドローンとは

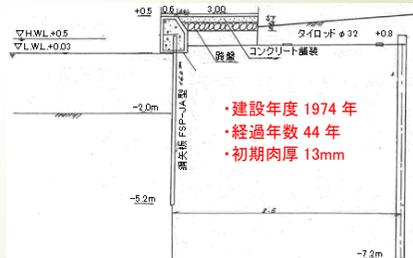
- 米国Blue Robotics社BlureROV2
- スラスター8基搭載(前後4基, 上下4基)
複雑な動き, 波浪や潮流で静止可能
- LED照明4基搭載(暗い水中でもOK)
- カメラ2台(モニター用, 高性能カメラ)
- 水深100mまで潜水可能
- バッテリー稼働時間4~6時間
- 重量約10kgなので, 人力で着水可能
- 最大速度2ノット(約1m/秒)



機体姿勢・向き・水深がモニター表示

3. 調査施設

事例①：A護岸（控え矢板式護岸） 腐食代で設計された無防食の護岸



- 隣接護岸の鋼矢板に腐食穴が多数発見
- 腐食代で設計されている当該施設も鋼矢板の腐食が懸念される
- 目的①：水中ドローンを用いて、劣化度判定や損傷図を作成する。

事例②：B護岸（構造不明） 無防食の護岸

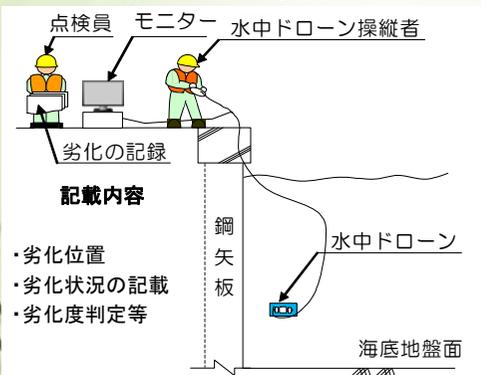


護岸背後の吸出し箇所

- 護岸の一部に吸出し箇所がある。
- この原因究明と他箇所の腐食状況を確認する。
- 目的②：水中ドローンを用いて、矢板構造物の腐食状況や吸出し箇所を効率的に把握する。

4. 調査方法及び結果

(1) 調査状況



モニタリング状況



点検記録状況

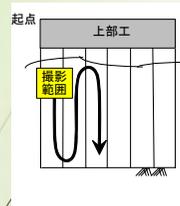
(2) 腐食・損傷個所の計測



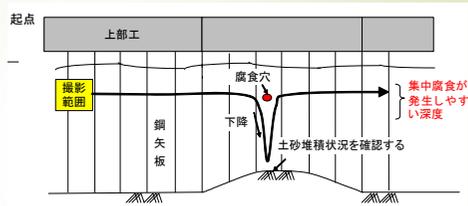
- 防護用のフレームを設置
- 腐食・損傷個所の計測は、防護フレームの内側にメモリ(1メモリ5cm)をつけて、直接鋼矢板に接触させて計測

(3) 水中ドローンの移動方法

事例①：A護岸の移動方法



事例②：B護岸の移動方法



- ▶ **A護岸の移動方法**：全ての鋼矢板を撮影するために、施設の起点から水中ドローンを上下に移動しながら法線方向へ移動する。
- ▶ **B護岸の移動方法**：施設全体の腐食・損傷等を効率的に把握するために、集中腐食が発生しやすい水深を法線平行方向に移動する

(4) 評価方法

事例①：A護岸の評価方法

- ▶ 水中ドローンからの映像で鋼矢板及び海底地盤の劣化度(a~d)を判定
- ▶ 腐食や開孔箇所等があった場合は、変状位置・寸法等を記載

劣化度aの判定例



腐食による開孔

劣化度bの判定例



かさぶたのような錆

○ 鋼矢板の一般定期点検項目及び判定基準

点検項目		判定基準
鋼矢板	鋼材の腐食、亀裂、損傷	a <input type="checkbox"/> 腐食による開孔や変形、その他著しい損傷がある。 <input type="checkbox"/> 開孔箇所から裏埋め材が流出している兆候がある。
		b <input type="checkbox"/> L.W.L付近に孔食がある。 <input type="checkbox"/> 膨れやかさぶたのような錆が発生している。
		c <input type="checkbox"/> 発錆がある。
		d <input type="checkbox"/> 付着物が見られるが、発錆・開孔・損傷は見られない。

参考：H22 A県港湾施設長寿命化計画 点検評価基準(案)

事例②：B護岸の評価方法

- ▶ 矢板構造物の腐食状態を効率的に把握するために、①集中腐食の生じている深度を中心に調査する。
- ▶ 腐食穴があった場合は、②流出土砂を確認する。
- ▶ 腐食・開孔箇所及び流出土砂の位置・寸法等を記載



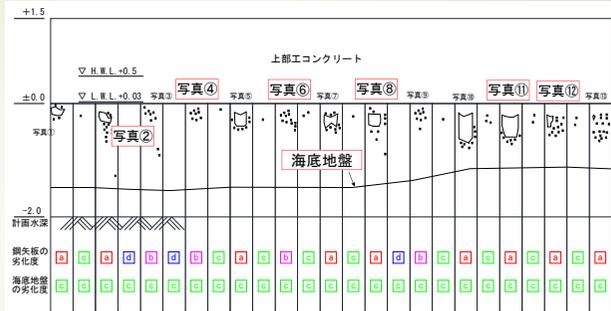
(5) 実際の調査状況



(6) 調査結果

事例①：A護岸

- 調査時間1ブロックは20分程度
- 海水の濁りは強かったが矢板に接近して調査可能
- 潜水土と同程度の劣化度判定や損傷図作成が可能



写真②



劣化度a：腐食による開孔あり、土砂流出の兆候あり

写真④



劣化度b：孔食あり、かきふたのような腐食あり

写真⑥



劣化度c：発錆あり

写真⑧



劣化度a：腐食による開孔あり、土砂流出の兆候あり

写真⑩



劣化度a：腐食による開孔あり、土砂流出の兆候あり

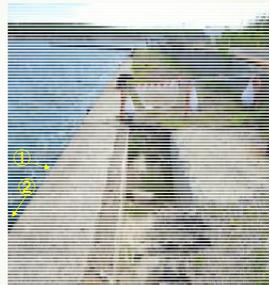
写真⑫



劣化度a：腐食による開孔あり

事例②：B護岸の調査結果

- 調査時間は1時間程度
- 波や潮流が強かったが、調査には影響がなかった。
- 吸出し直下の海中中部鋼矢板に腐食による穴があり、さらに海底地盤では砂が流出していた。
- 水中ドローンではこのような変状原因の究明や変状の早期発見に役立つ。



護岸背後の状況



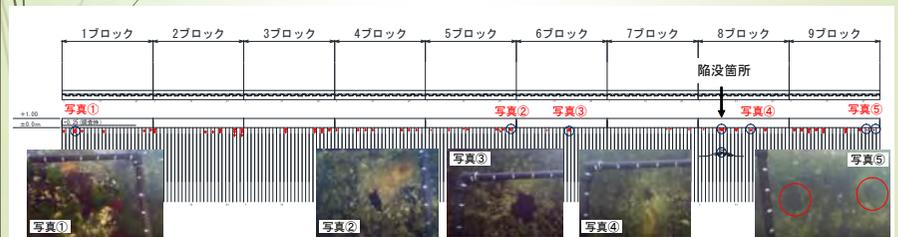
① 吸出し直下の鋼矢板の状況



② 吸出し直下の海底地盤の状況

事例②：B護岸の調査結果

- 他の腐食穴では海底地盤に堆積はない。
- 土砂流出箇所の砂は、粒径が揃った細砂である。
- 土砂流出は、背後地盤の粒径にも関係していることが伺える。



腐食穴の直下における海底地盤の堆積状況



(7) 今後の課題

- 移動中に矢板を見失う → 確認用のポール等を設置
- スラスターで海底砂が巻き上がる → 着底せずカメラ向きで対応
- どの程度の濁りまで可能か、事前に判断する方法が望まれる。
- 海水面より上の調査方法も課題となる。
- 最低2人でも調査可能。長距離になるとケーブルを廻す補助員が必要である。

5. その他の点検への活用(案) (1) 電気防食(流電陽極)の目視点検

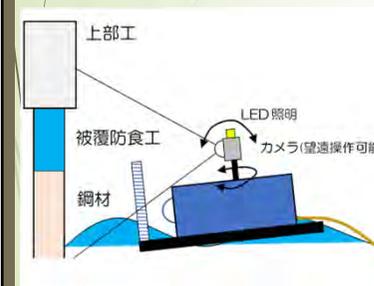


○ 流電陽極の一般定期点検項目及び判定基準

点検項目	点検方法	判定基準
鋼矢板 鋼管杭	電気防食工 (流電陽極 方式) 潜水調査 ・現存状況の確認(全数)	a <input type="checkbox"/> 陽極が脱落又は全消耗している。
		b <input type="checkbox"/> 陽極付近に不具合がある。(ぶら下がり)
		c - - -
		d <input type="checkbox"/> 脱落等の以上はない。

参考：港湾の施設の点検診断ガイドライン

(2) 上部工や気中部鋼材での目視点検



○ 気中部鋼材の一般定期点検項目及び判定基準

点検項目	点検方法	判定基準
鋼矢板 鋼管杭	鋼材の腐食、亀裂、損傷 目視 ・開孔の有無 ・損傷の状況	a <input type="checkbox"/> 腐食による開孔や変形、その他著しい損傷がある
		b - - -
		c - - -
		d <input type="checkbox"/> 腐食による開孔や変形はない。

○ 被覆防食工の一般定期点検項目及び判定基準

点検項目	点検方法	判定基準
鋼矢板 鋼管杭	被覆防食工(重防食被覆) 目視 ・被覆の劣化	a <input type="checkbox"/> 重防食被覆の劣化が著しく、鋼材が腐食している状態
		b <input type="checkbox"/> 一部に鋼材まで達する被覆の劣化が生じ、鋼材の腐食が認められる
		c <input type="checkbox"/> 鋼材まで達しない被覆の損傷が多く認められる
		d <input type="checkbox"/> 変状なし

○ 上部工の一般定期点検項目及び判定基準

点検項目	点検方法	判定基準
上部工	コンクリートの劣化、損傷 目視 ・ひび割れ、剥離、損傷 ・鉄筋腐食 ・劣化の兆候等	a <input type="checkbox"/> 係船岸の性能を損なうような損傷がある
		b <input type="checkbox"/> 幅3mm以上のひび割れがある
		c <input type="checkbox"/> 広範囲にわたり鉄筋が露出している
		d <input type="checkbox"/> 幅3mm未満のひび割れがある

参考：港湾の施設の点検診断ガイドライン

(3) 栈橋上部工での 目視点検



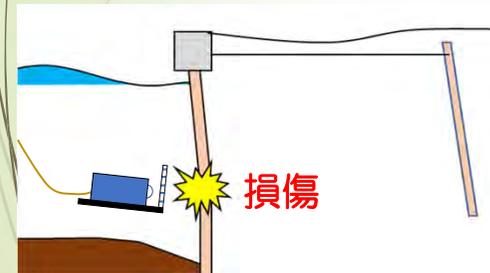
○栈橋上部工の一般定期点検項目及び判定基準

点検項目	点検方法	判定基準	
目視 ・ひび割れの発生 方向 栈橋RC 上部工 (下面部) ・ひび割れの本数、 長さ ・かぶりの剥落状 況 ・錆汁の発生状況 ・鉄筋の腐食状況	a	スラブ： <input type="checkbox"/> 網目状のひび割れが部材表面の50%以上ある <input type="checkbox"/> かぶりの剥落がある <input type="checkbox"/> 錆汁が広範囲に発生している はり・ハンチ <input type="checkbox"/> 幅3mm以上の鉄筋軸方向のひび割れがある <input type="checkbox"/> かぶりの剥落がある <input type="checkbox"/> 錆汁が広範囲に発生している	
		b	スラブ： <input type="checkbox"/> 網目状のひび割れが部材表面の50%未満である <input type="checkbox"/> 錆汁が部分的に発生している はり・ハンチ <input type="checkbox"/> 幅3mm未満の鉄筋軸方向のひび割れがある <input type="checkbox"/> 錆汁が部分的に発生している
		c	スラブ： <input type="checkbox"/> 一方向のひび割れ若しくは帯状又は線状のゲル 吐出物がある <input type="checkbox"/> 錆汁が点状に発生している はり・ハンチ <input type="checkbox"/> 軸と直角な方向のひび割れのみがある <input type="checkbox"/> 錆汁が点状に発生している
		d	<input type="checkbox"/> 変状なし

参考：港湾の施設の点検診断ガイドライン

(4) 海中部の被災状況の把握， 大規模災害時の岸壁の供用可否判断など

緊急輸送物資の拠点として使用可能か？



- 被災状況の把握が困難な海中部の点検
- 大規模災害時の岸壁の供用可否判断などへの利用

6. まとめ

- 「水中ドローン」で海中部の矢板構造物の劣化状況や劣化度判定が把握することができる。
- 現在の潜水士は3,300人程度で、20年後には、1,000人弱にまで減少する見込み
- 「ナローマルチビーム」や「水中3Dスキャナー」などの技術開発が進んでいる。
- 「水中ドローン」もその長所を生かして、海洋構造物の点検に貢献できればと考えています。



ご清聴ありがとうございました。