

# 透視度に影響されない水中構造物点検技術 『音響カメラ搭載型ROV』

株式会社本間組 土木事業本部 技術部 技術開発研究室

安藤 恭平

## 1 はじめに

我が国の総人口は二〇一〇年の一億二八〇六万人をピークに減少が始まり、近年横ばい傾向が見られるが二〇三五年には一億一六六四万人まで減少すると予測されている<sup>(1)</sup>。一方、六五歳以上が占める割合は上昇を続け二〇三五年には三人に一人が六五歳以上の高齢者となる予測もある。少子高齢化社会を迎え、建設業に従事する労働力も減少する中、生産性の向上は喫緊の課題である。図1に示す建設年度別港湾施設数によると、一九五〇年代半ばの高度経済成長初期から一九八〇年代まで施設数が増加し続け、一九九〇年代半ばまでほぼ横ばい、それ以降減少傾向にあることがわかる。また、建設後五〇年以上となる施設の割合が二〇二三年には三三%、二〇三三年には五八%と予測されており<sup>(2)</sup>、港湾施設の点検維持管理業務の増大も大きな問題となっている。従来は詳細定期点検診断時に潜水士による目視調査を実施しているが、港湾の施設の新しい点検技術として、「水中ドローンを使用した海洋構造物の点検」が潜水士に代わる水中部調査手法として提案されている<sup>(3)</sup>。しかしながら、通常のROVに標準搭載されている光学カメラでは濁水下や暗所での撮影が困難であり、水中の環境次第で調査効率が低下することが課題となっている。本報では、水中の透視度に影響されず水中構造物の点検が可能な「音響カメラ搭載型ROV」を使用した港湾施設の調査事例について報告する。

## 2 機器概要

ROVに標準搭載されている光学カメラでは濁水下での水中映像の撮影は難しく、また操縦においても視認性が悪いため、機体が構造物等に衝突し損傷するリスクを伴っている。ROVに音響カメラを搭載(図2)することで、濁水下、暗所においても水中が可視化され、海底や川底等の堆積物・落下物調査や岸壁等の鉛直面の調査・点検が可能となる。またROVと音響カメラは容易に着脱可能であり現場環境に合わせたオペレーションが可能である。以下にROV、音響カメラの仕様、特長について記載する。

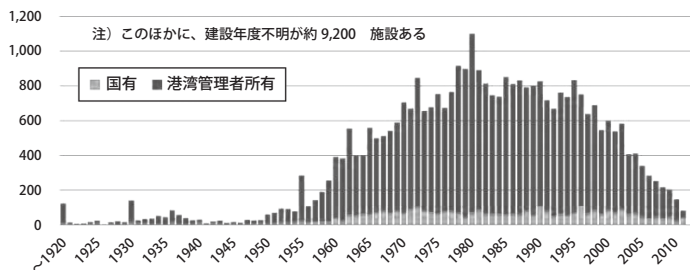


図1 建設年度別港湾施設数

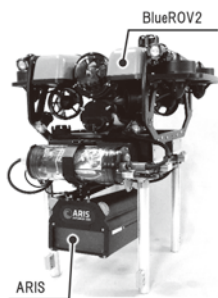


図2 音響カメラ搭載型ROV

### 特長

- ・濁水下での撮影が可能
- ・光学カメラ・音響カメラ同時撮影可能
- ・水中映像をリアルタイムに確認可能
- ・ROVとARISは着脱可能
- ・水深100mまで潜水可能

### ① ROV (Remotely Operated Vehicle) 「BlueROV2」

ROVは遠隔操作型無人探査機の総称であり、操作者は船上や陸上から遠隔操作による機体の操縦を行い、その場でリアルタイムにカメラ映像を確認できる。「BlueROV2」は機体重量が約一〇〇kgと小型であり、人力での運搬が容易にできる。

### ② 音響カメラ「ARIS」

ARIS (Adaptive Resolution Imaging Sonar, アリス) は、光学式水中カメラでは撮影不可能な濁水下や夜間での撮影を可能にする音響カメラである。

### ③ 現場適用事例

#### ① 矢板式岸壁の健全度調査

港湾工事において、ブロック積出岸壁として使用する矢板式の岸壁を対象に、「音響カメラ搭載型ROV」を用いて健全度調査を実施した(図3)。この調査は鋼矢板(水深三m×延長七〇m≒二一〇m)と岸壁前面の海底地盤を対象に表1に示す作業手順で調査を行った。なお、撮影時間は〇・五〜一時間程度であった。調査当日は水中透視度が一〇m以下であり、光学カメラで撮影するためには五〇cm程度まで対象物に近接する必要がある(図4)。また、鋼矢板には藻や海草などが繁茂しており、外観からは鋼矢板の健全度が確認できない状況であった。

音響カメラ映像による調査の結果、鋼矢

表1 音響カメラを活用した調査手順

①岸壁と正対し、10~15m程度の離隔を保ちながら平行移動
②一定の深度を保ち、測線間を移動したら下降し、また一定の深度で測線間を移動
③音響カメラの映像から損傷部を確認
④損傷部を確認したら近接し、光学カメラにより細部を撮影

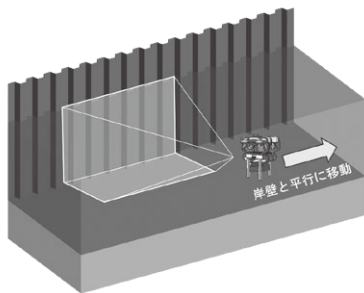


図3 調査イメージ

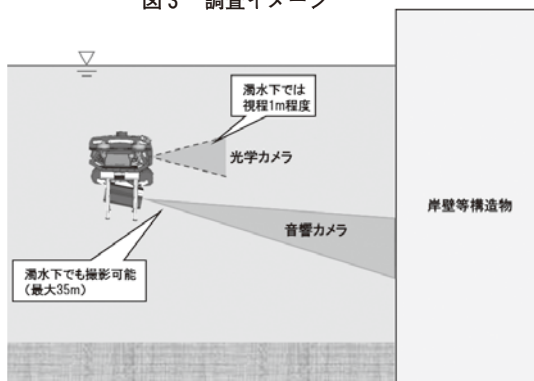


図4 濁水下における調査イメージ

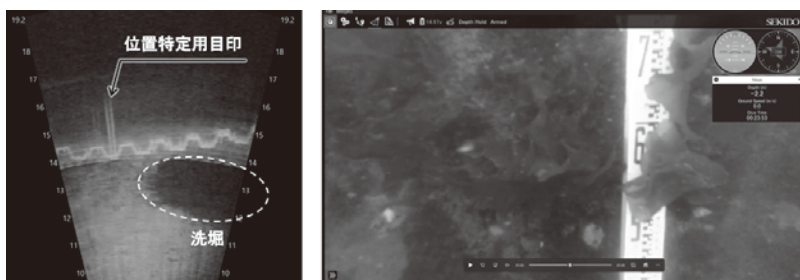


図5 撮影映像 (左: 音響カメラ、右: 光学カメラ)

板に大きな欠損及び裏埋材の吸出しがないこと、及び岸壁前面の海底地盤が一部洗堀されていることが確認できた(図5)。従来の潜水士による港湾施設の定期点検診断における調査(表2)と比較すると、付着物の除去が必要な肉厚測定や鋼材の腐食状況確認などの調査項目はROVで代替することは出来ないが、変状や欠損、海底地盤の調査はROVに替えることが可能であり、濁水下においては効率的になることが示された。

#### ② 海底障害物調査

作業船を係留予定の岸壁前面の海底にH鋼杭、鋼矢板が残留されていることが判明したが、位置や延長、突出高などは不明であった。岸壁前面の水深は四m程度と浅く、障害物が船舶係船時に船底が衝突する恐れがあるため「音響カメラ搭載型ROV」を用いて調査を実施した(図6)。

係留岸壁と平行に延長約一〇〇mの範囲について音響カメラを用いて撮影し、その後対象物に近接して光学カメラを用いて撮影を行った。撮影時間は〇・五〜一時間程度であった。調査の結果、岸壁から一五〜一七m程度離れた位置に一定間隔でH鋼杭及び鋼矢板が残留されていることが確認できた(図7)。音響カメラの活用により俯瞰して対象物を確認できるため、障害物の位置関係の把握が容易であった。また音響カメラの映像で認識された対象物を注視しながら近接し、光学カメラによる撮影を実施した(図8)。対

表2 港湾施設の定期点検診断項目例

一般定期点検診断項目【係留施設（矢板式）】					
点検項目	点検方法	判定基準案			
鋼矢板等 鋼材の腐食、亀裂、損傷 (防食工を施している場合)	目視 ・穴あきの有無 ・水面上の鋼材の腐食 ・表面の傷の状況 ・継手の腐食状況	a	<input type="checkbox"/> 付着物は見られるが、発錆、開孔、損傷は見られない。		
		b	<input type="checkbox"/> 部分的に発錆がある。		
		c	<input type="checkbox"/> L.W.L.付近に孔食がある。 <input type="checkbox"/> 全体的に発錆がある。		
		d	<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"/> 開孔箇所から裏埋材が流出している兆候がある。		
詳細定期点検診断項目【係留施設（矢板式）】					
点検種別	点検項目	点検方法	判定基準案		
目視調査（陸上・水上）	一般定期点検診断項目に準ずる				
潜水調査（本体工）	鋼矢板等 鋼材の腐食、亀裂、損傷 (防食工を施している場合)	潜水調査	a	<input type="checkbox"/> 変状なし。	
			b	<input type="checkbox"/> 部分的に発錆がある。	
			c	<input type="checkbox"/> L.W.L.付近に孔食がある。 <input type="checkbox"/> 全体的に発錆がある。	
			d	<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"/> 開孔箇所から裏埋材が流出している兆候がある。	
		局部腐食・変状の詳細	変状位置の記録、写真撮影等により状況を確認できる形で整理する。		
潜水調査（海底地盤）	海底地盤	洗堀、土砂の堆積	潜水調査 ・海底面の起伏 ・洗堀傾向か堆積傾向 か	a	<input type="checkbox"/> 変状なし。
				b	<input type="checkbox"/> 深さ0.5m未満の洗堀又は土砂の堆積がある。
				c	<input type="checkbox"/> 岸壁前面で深さ0.5m以上1m未満の洗堀がある。
				d	<input type="checkbox"/> 岸壁前面で深さ1m以上の洗堀がある。 <input type="checkbox"/> 洗堀に伴い、マウンド等や岸壁本体への影響が見られる。
鋼材調査	鋼矢板等	肉厚測定	超音波厚み計	測定値を記録する。	

新潟県港湾施設点検要領(案)<sup>4)</sup>より抜粋

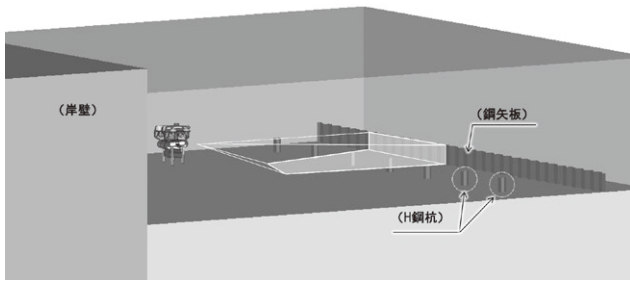


図6 調査イメージ

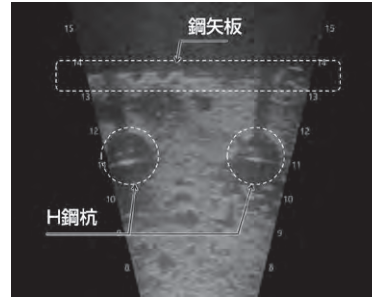


図7 音響カメラ映像例



図8 光学カメラ映像例（左：H鋼杭、右：鋼矢板）

象物には藻や海生生物が大量に付着しているため、光学カメラの映像のみでは種類、形状の判別が困難であったが音響カメラでは、H鋼杭、鋼矢板（鉄）と付着物の音波の反射強度の差により、鉄の方がより白く描画され、形状把握が可能となった。濁

#### 4 おわりに

本報では、「音響カメラ搭載型ROV」を用いた濁水下における水中構造物の調査事例を紹介した。ROV自体、従来の潜水士による調査・確認が必要な場面でも容易に水中状況を安全かつリアルタイムで映像取得でき、生産性向上に寄与できる技術であるが、さらに「音響カメラ搭載型ROV」を用いることで濁水下でも調査可能となり、さらなる点検作業の効率化が期待できる。現状では潜水士作業をすべて代行できるものではないが、併用することで担い手不足解消、潜水士の負担軽減に繋がると考える。

今後は機能を拡充し、点検業務の効率化・高度化の推進を図るとともに、より魅力ある建設現場が実現できるよう技術開発を継続して取り組んでゆきたい。

#### 参考文献

- 1 内閣府・令和五年度高齢社会白書（概要版）  
(<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2023/gaiyou/pdf/t1s1s.pdf>)
- 2 国土交通省・令和二年度国土交通白書 概要  
([https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit\\_r01/hakusho\\_r02/pdf/youshi.pdf](https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit_r01/hakusho_r02/pdf/youshi.pdf))
- 3 港湾の施設の新しい点検技術カタログ（案）、令和五年三月版  
(<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001597152.pdf>)
- 4 新潟県港湾施設点検要領（案）、平成二十一年三月