

常時没水している構造物等を可視化し
施設の管理効率化に資する技術（水中可視化）

現場試行について

1 ニーズ・シーズの確認

港湾施設の従来点検診断における課題

- ・ 写真撮影が困難
- ・ 点検費用
- ・ 診断のばらつき
- ・ 作業の効率化

解決策

常時没水している構造物等の効率的かつ効果的な可視化

効率的かつ効果的な施設管理のために、水中部を可視化する技術の実装が不可欠

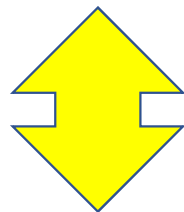
解決のための新技術のご提案

①水中音響カメラ&②マルチビーム音響測深機
による可視化技術のご提案



ニーズ（鋼矢板形式岸壁）・・・新技術に求めるもの・期待すること

- ◆ 常時没水している「鋼矢板」の腐食、亀裂、損傷等の変状を効率的に把握したい
- ◆ 「詳細定期点検」に適用可能な精度がほしい
- ◆ 透明度が確保されていない場合でも対応が可能
- ◆ 現地調査を短時間で終えたい



シーズ（提案新技術）

◆ 水中音響カメラ

超音波を使用して、水中の濁度や明暗に関係なく画像取得ができるカメラ

◆ マルチビーム音響測深機

数百の音響ビームにより水部の微地形を3次元データとして取得できる測深機

詳細定期点検項目（鋼矢板等）

- ☒ 鋼矢板の劣化度判定
（鋼材の腐食、亀裂、損傷）
- ✕ 肉厚測定 本提案新技術による実施は困難
- ☒ 電気防食工の劣化度判定
（現存状況の確認）
- ☒ 陽極消耗量調査
- ✕ 電位測定 本提案新技術による実施は困難
- ☒ 海底地盤の劣化度判定
（海底面の起伏、洗掘・体積）

新技術導入プラン

鋼矢板全面を水中音響カメラを用いて撮影。
撮影した画像から鋼材の腐食、亀裂、損傷を把握し、劣化度を判定。同撮影画像から陽極の現存状況を把握して劣化度の判定も行う。
また、画像データから陽極の寸法を計測。計測結果から消耗量を算出する。

マルチビーム音響測深機を用いて鋼矢板前面の海底地形の3次元データを取得。
取得した3次元データより作成する深淺図、等深線図、鯨瞰図から海底地盤の劣化度判定を行う。
また、設計横断面図と作成する横断面図との比較により海底地盤の経年変化を把握する。

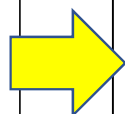


2 現場試行実施概要

新技術の現場試行を「詳細定期点検診断」として位置付けし実施することにより、得られた結果を維持管理計画書への反映を最終目的とする。また新技術実装に際する課題の抽出も本試行において行う。

新技術により・・・

- ✓ 鋼板の状態確認
- ✓ 陽極の状態及び消耗量の確認
- ✓ 海底地盤の確認



維持管理計画書への・・・

[総合評価]－[維持管理方針]

鋼板の状態、陽極の状態と残余命のコメント追加
電極の大きさによる残余命の算定と対策時期の推定
海底地盤の状態と周辺矢板の因果関係の考察

[維持補修計画]

陽極更新の推定時期の記載
鋼板補修の必要性の有無
補修計画（案）の更新

<試行概要>

■末広物揚場（－4.0m）

鋼矢板全般を可視化し、孔食等を把握。また鋼矢板前面の海底地形を3次元化し、状況を把握。

■末広岸壁（－5.0m）

鋼矢板全般を可視化し、孔食等、電気防食の状況を把握。また鋼矢板前面の海底地形を3次元化し、状況を把握。

2-1 使用機器「水中音響カメラ」

水中音響カメラとは高周波で多数の指向性の狭い音響ビームを水中で発信し、反射される音の強弱を濃淡に変換し、画像化するシステムである。光学カメラより波長が長いため濁りの影響を受けにくい特徴をもつ。本試行で使用する水中音響カメラは米Sound Metrics社製のARIS Explorer 1800で、仕様の諸言を表1に示す。

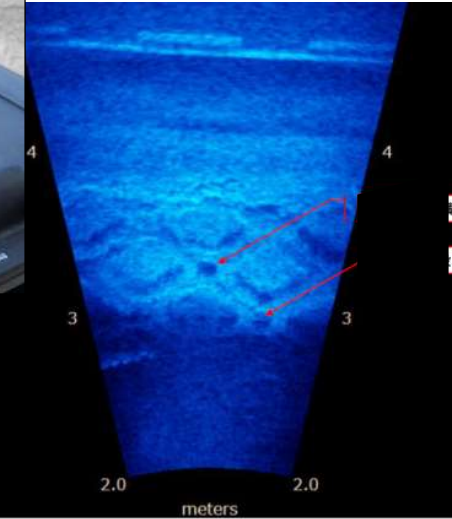


図1 上：ARIS1800本体
右：ARIS撮影画像例

表1 ARIS 1800 仕様

仕 様	識別モード	検出モード
周波数	1.8 MHz	1.1 MHz
ビーム幅	水平 0.3°	水平 0.5°
	垂直 14°	
ビーム数	96本	48本
レンジ	～15 m	～35 m
視野角	28° × 14°	
寸 法	31 × 17 × 14cm	
重 量	空中：5.90kg 水中：1.06kg	



2-1 使用機器「マルチビーム音響測深機」

マルチビーム音響測深機とは数百の音響ビームを扇状に発受信し、水部の地形を面的なデータとして取得するシステムである。音波が地面にぶつかってはね返ってくるまでの時間で水深を算出する。広範囲のデータを効率的に取得でき、微地形まで把握することが可能である。本試行に使用するマルチビーム音響測深機はR2Sonic社製のSonic2024で、仕様の諸言を表2に示す。

表2 SONIC2024 仕様

機器名称	仕 様
SONIC2024	発振周波数：200～400kHz レンジ分解能：1.25cm スワ幅：10°～160° 可変 最大水深レンジ：500m 測深ビーム幅：1.0°（前後方向） 測深ビーム幅：0.5°（直交方向）

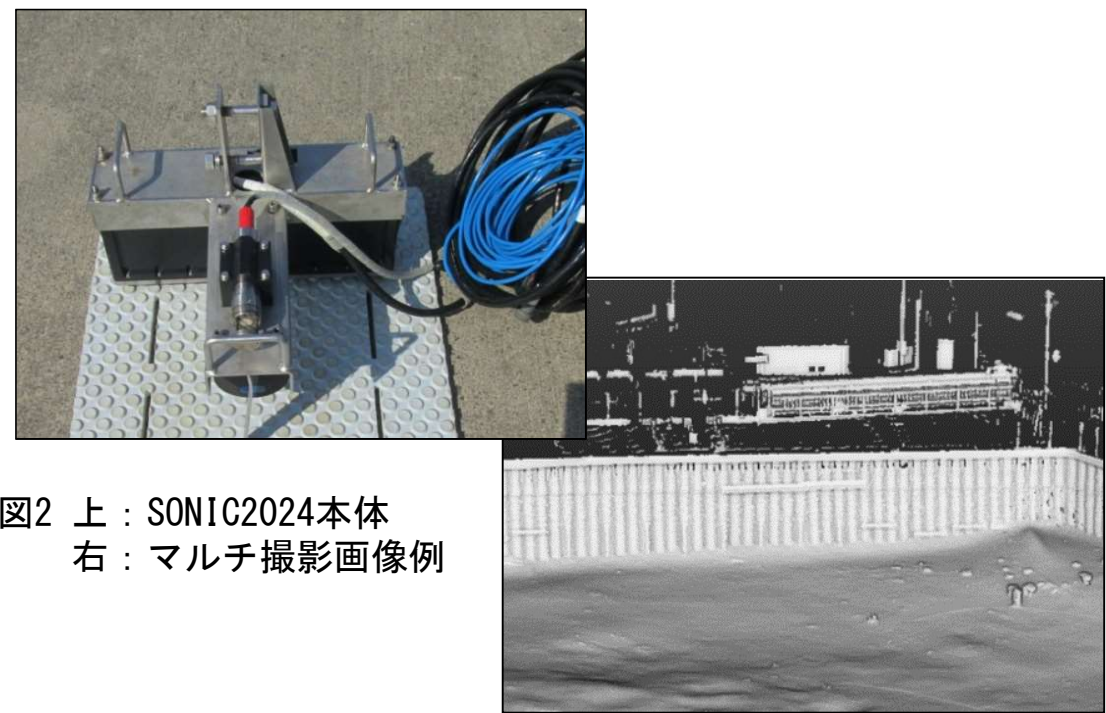


図2 上：SONIC2024本体
右：マルチ撮影画像例



2-2 試行場所

重要港湾 徳島小松島港 末広地区（徳島市南末広町）

「末広岸壁（-5.0m）」 「末広物揚場（-4.0m）」 それぞれ範囲は100mとする。

※但し、作業台船等が着岸している場合はその範囲は調査対象外とする。

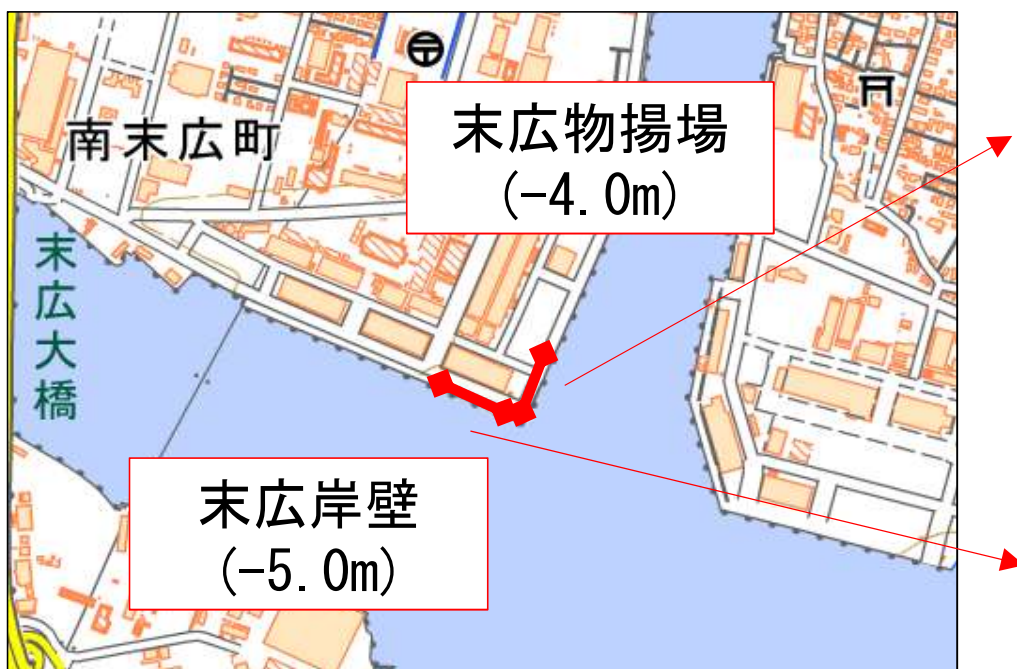


図3-1 試行場所位置図

※国土地理院・地理院地図を使用



図3-2 試行場所 現地写真

3 試行概要

①鋼矢板全般の可視化、孔食（電気防食の残存）等の把握

対象：「末広岸壁（-5.0m）」 & 「末広物揚場（-4.0m）」

方法：ARIS 通常レンズ/縦置き 護岸平行に移動 水深を変えて4往復
調査範囲100m（片道約5分 1往復約10分 4往復 40分想定）

成果：孔食等変状図、判定基準への評価とする。

（-5.0m岸壁においては電気防食現存状態も記載）

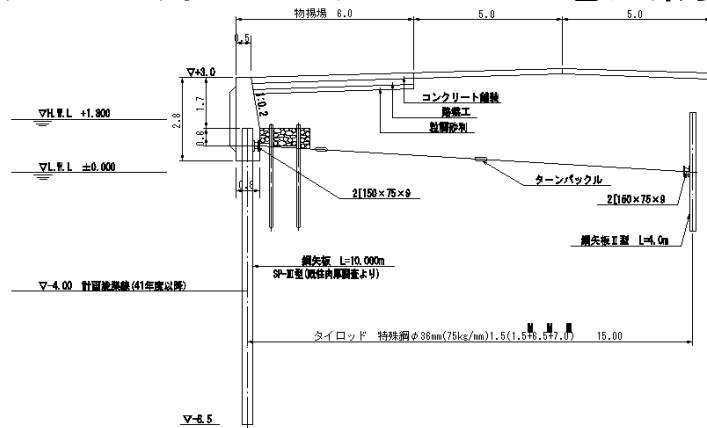


図4-1 末広物揚場（-4.0m）標準断面

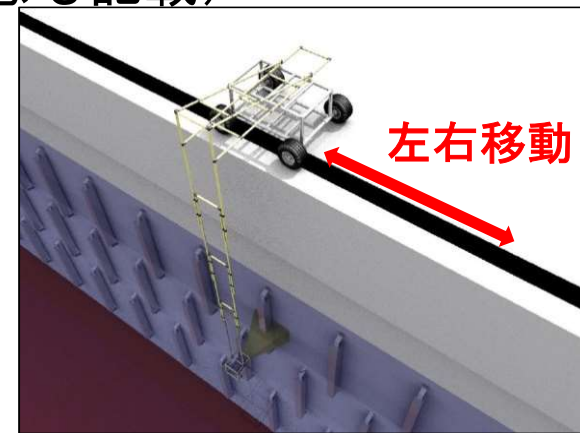


図4-2 ①調査イメージ

②電気防食の消耗量把握

対象：「末広岸壁（-5.0m）」

方法：ARIS 1° レンズ/横置き 護岸に垂直に上げ下げ

電極1本に付き電極正面、両側45°（計3回、3往復）実施
調査対象は電極5本（1往復約3分 カメラ角度付替え1回5分
（2回10分） 調査3回/本 約10分 電極5本 計約70分想定）

成果：消費量計測結果及び残寿命の算定とする。

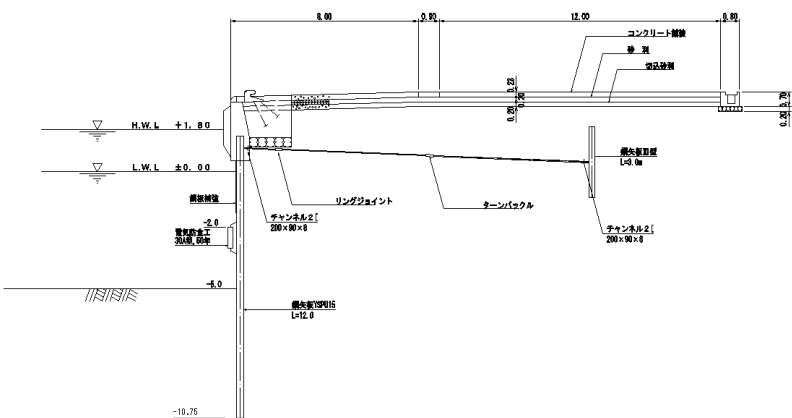


図5-1 末広岸壁 (-5.0m) 標準断面

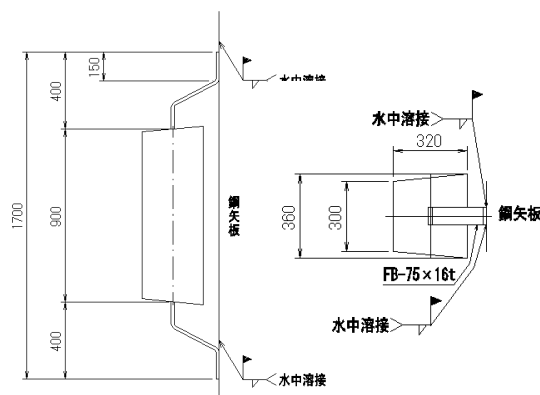


図5-2 陽極参考図

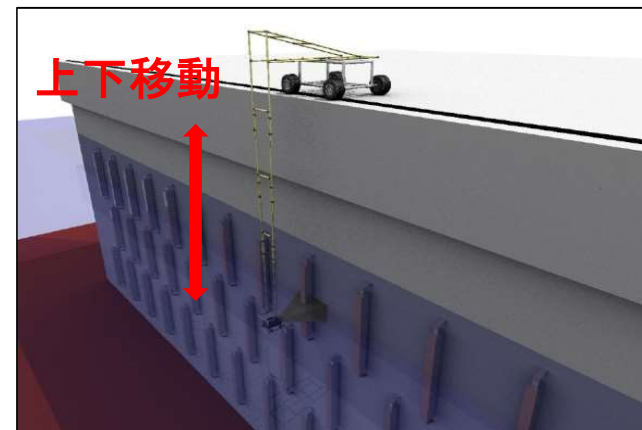


図5-3 ②調査イメージ

③海底地形の把握

対象：「末広岸壁（-5.0m）」 & 「末広物揚場（-4.0m）」

方法：Sonic2024を船に艀装して岸壁前面の海底地形を調査（測深）

調査対象は各岸壁前面（100m×20m）、測線間隔は8mを想定

（※陸部護岸撮影用に光学カメラ「GoPR0」実装予定）

成果：50cmメッシュXYZファイル、深浅図、等深線図、鳥瞰図

（海底面の起伏箇所記入）及び横断図と判定基準への評価とする。

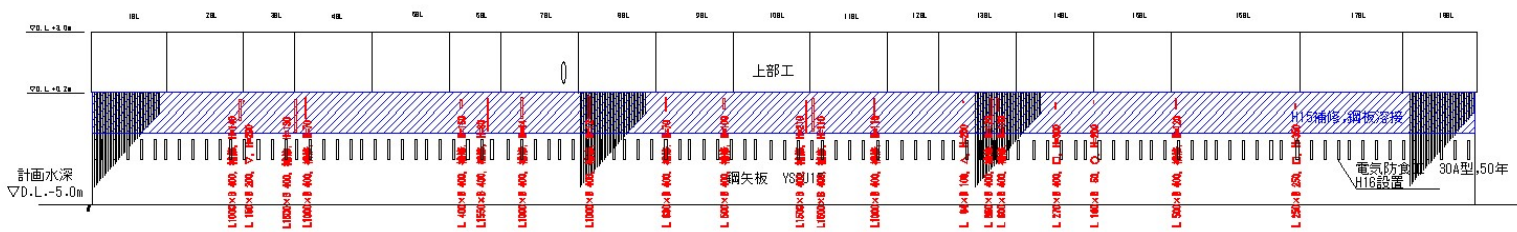


図6-1 末広岸壁（-5.0m）正面図

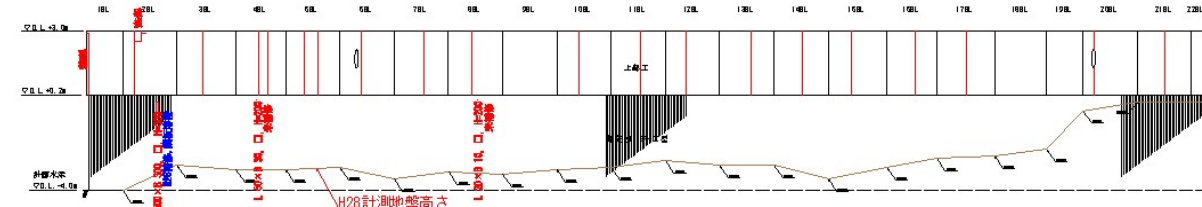


図6-2 末広物揚場（-4.0m）正面図

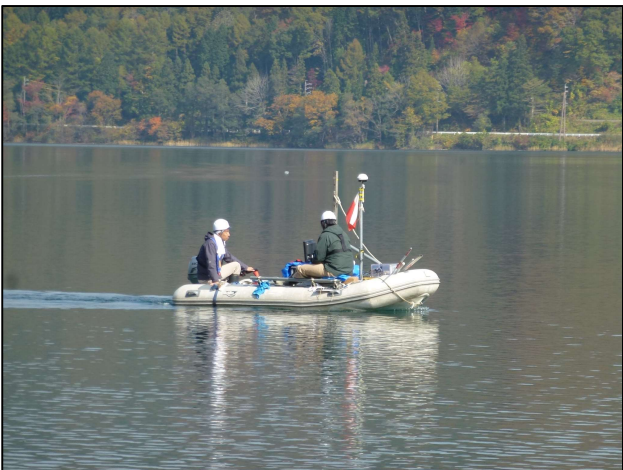


図6 海底地形調査イメージ



④潜水調査

新技術の精度及び作業効率の検証及び比較のため、潜水調査による詳細定期手点検診断の作業項目を実施する。

対象：「末広岸壁（-5.0m）」＆「末広物揚場（-4.0m）」

内容：潜水士による鋼矢板全般の目視観測及び陽極状況の目視観測。

潜水士による陽極の寸法計測。

鋼矢板全般（各1ブロック）のビデオ（写真）撮影。

陽極（2本）の全景のビデオ（写真）撮影。

成果：孔食等変状図、消耗量計測結果及び残寿命の算定、判定基準への評価とする。



図7 潜水調査イメージ

4 試行評価

本試行の結果より以下の項目について評価を行う。

I. 作業効率

Ⅲ. データ確度

Ⅱ. 作業コスト

Ⅳ. 安全性

I. 作業効率

新技術 水中音響カメラ & マルチビーム音響測深機それぞれにおいて本試行現場における作業工程、タイムスケジュールを作成し、作業効率（調査面積及び箇所数当たりの所要時間、スケールメリット）を算出する。

Ⅱ. 作業コスト

新技術 水中音響カメラ&マルチビーム音響測深機それぞれにおいて本試行現場において要した費用を算出する。

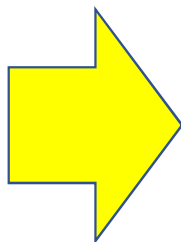
	計画・準備	現地踏査	計測 (準備・撤収含む)	データ解析	成果作成	合 計
直接人件費						
機器損料						
雑費						
その他						
合 計						

Ⅲ. データ確度

潜水調査と新技術により得られた結果を比較し、精度・客観性の観点からデータ確度を検証する。

潜水調査 実施項目

- 目視による孔食等の確認
- 目視による陽極現存状態の確認
- 岸壁全般の写真（動画）撮影
（水部、各1ブロック）
- 陽極寸法計測（陽極2本）
- 陽極全景 写真（動画）撮影
- 目視による海底面の起伏確認
- 岸壁からのレッド測深



比較・検証方法

- ✓ 変状状況の結果比較
- ✓ 陽極現存状態の結果比較
- ✓ 判定基準表結果の比較
- ✓ 陽極寸法計測値の比較
- ✓ 陽極残寿命算出値の比較
- ✓ レッド測深値との比較

水中音響カメラ

マルチビーム



○	鋼構造物 (鋼矢板)	鋼材の腐食、亀裂、 損傷	潜水目視 ・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	☐ 腐食による開孔や変形、その他著しい損傷がある。
				b	☐ 開孔箇所から裏埋材が流出している。
				c	☐ L.W.L.付近に孔食がある。
				d	☐ 全体的に発錆がある。
		鋼材の腐食、亀裂、損傷	鋼材の肉厚調査	e	☐ 部分的に発錆がある。
				f	☐ 付着物は見られるが、発錆、開孔、損傷は見られない。
		電気防食工	電位測定(電極ごとの 防食管理電位) ・飽和甘こう-800mV ・海水塩化銀-800mV ・飽和硫酸銅-850mV	g	孔食等を変状図として記録する。
				h	鋼材の減肉量を測定する。
				i	☐ 防食管理電位が維持されていない。
				j	☐ 防食管理電位が維持されている。
		潜水調査 ・現存状態の確認	電極の消耗量調査	k	☐ 陽極が脱落又は全消滅している。
				l	☐ 陽極取り付けに不具合がある。(ぶら下がり)
				m	☐ 脱落等の異常はない。
				n	陽極消耗量の測定値を記録し、残寿命を推定する。
		洗掘、堆積	潜水調査 ・海底面の起伏	o	☐ 岸壁全面で深さ1m以上の洗掘がある。
				p	☐ 洗掘に伴い、マウンド等や岸壁本体への影響が見られる。
				q	☐ 岸壁全面で深さ0.5m以上1m未満の洗掘がある。
				r	☐ 深さ0.5m未満の洗掘又は体積がある。
	海底地盤	洗掘、堆積	水中部形状調査、横断測量等	s	☐ 変状なし。
				t	測量データを記録し、根固工の移動、散乱、沈下が評価できる形で整理する。

図8 判定基準（ガイドライン抜粋）

上：鋼構造物

下：海底地盤

赤枠：判定項目

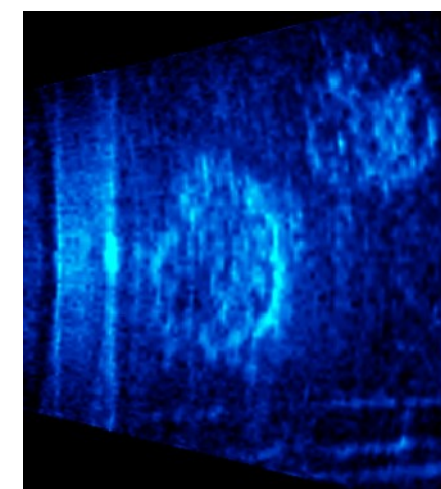
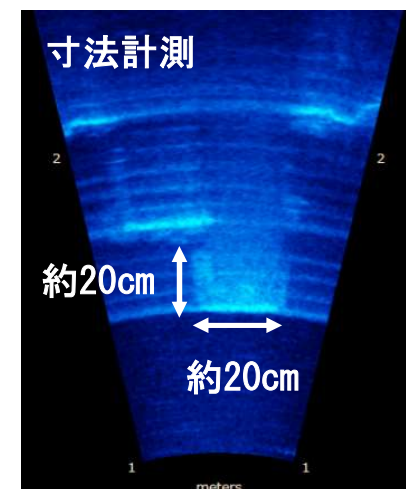


図9 左：ARIS撮影画像例（構造物 寸法計測） 右：ARIS撮影画像例（コンクリート剥離）



図10 ARIS撮影画像例（護岸モザイク）



矢板式係船岸	鋼矢板等	II	☐ 事前対策型 ☒ 予防保全型 ☐ 事後保全型	A 緊急的措置並びに応急的措置 B 計画的措置 C 経過観察措置 D 経過観察措置	鋼材の腐食、亀裂、損傷	I 類	目視 ・開孔の有無 ・表面の傷の状態 潜水調査	水中音響カメラ
					肉厚測定		超音波厚み計	
	鋼矢板等 (電気防食工)	II	☐ 事前対策型 ☒ 予防保全型 ☐ 事後保全型	A 緊急的措置並びに応急的措置 B 計画的措置 C 経過観察措置 D 経過観察措置	電位測定	II 類	電位測定(電極ごとの防食管理電位) ・飽和甘こう-800mV ・海水塩化銀-800mV ・飽和硫酸銅-850mV	マルチビーム
	上部工	III	☐ 事前対策型 ☐ 予防保全型 ☒ 事後保全型	A 緊急的措置並びに応急的措置 B 経過観察措置 C 経過観察措置 D 経過観察措置	コンクリートの劣化、損傷	II 類	目視 ・ひび割れ、剥離、損傷 ・鉄筋防食 ・劣化の兆候、等	
	海底地盤	III	☐ 事前対策型 ☐ 予防保全型 ☒ 事後保全型	A 緊急的措置並びに応急的措置 B 経過観察措置 C 経過観察措置 D 経過観察措置	洗掘、堆積	I 類	潜水調査、水準測量 ・海底面の起伏 ・洗掘傾向か堆積傾向か	

☐ 現場試行を行い評価する部位

図11 劣化度の判定及び性能低下度の評価

5 試行スケジュール

作業項目／日 時			現場一日目				
			8:00～10:00	10:00～12:00	12:00～13:00	13:00～15:00	15:00～17:00
機材準備					休憩		
機材・人員／移動・運搬							
調査準備、機材組立							
潜水作業準備							
「末広岸壁（- 5.0m）」	ARIS調査						
	潜水調査						
「末広物揚場（- 4.0m）」	ARIS調査						
	潜水調査						
機材撤収							

			現場二日目				
			8:00～10:00	10:00～12:00	12:00～13:00	13:00～15:00	15:00～17:00
マルチ艀装作業							
マルチ調査							
マルチ艀装解除							
ARIS調査 予備							
潜水調査 予備							

6 その他

その他準備・手配について

- 海上保安部等への手続き、関係機関への周知
- 潜水士の手配
- 警戒船、作業船の手配
- 使用潮位データについて