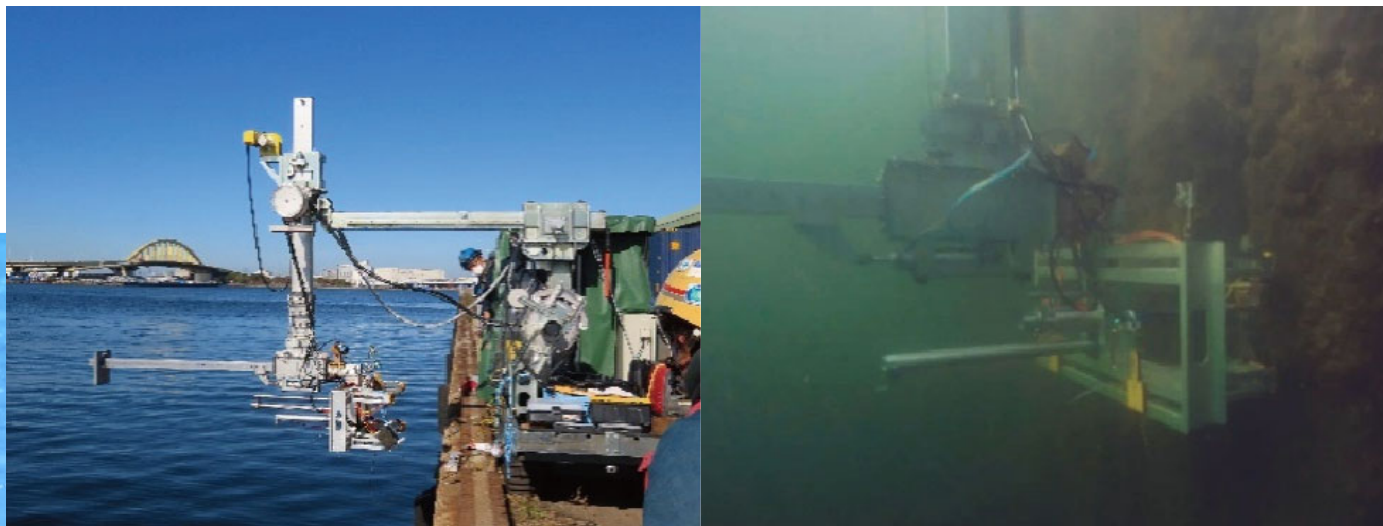


# 磁気センサープローブ(ELECT)を使用した 岸壁鋼矢板点検支援技術



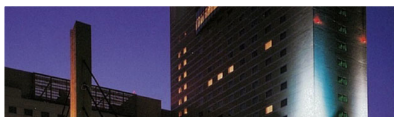
2023年9月26日  
ジビル調査設計株式会社

# ジビル調査設計の紹介

- 所在地 : 福井県福井市大願寺2-5-18
- 設立 : 1970年2月2日
- 資本金 : 2,200万円
- 社員数 : 54名



- 独自性 : 自社開発 橋梁点検支援ロボット「見る・診る」全国33都府県で580橋の点検実績



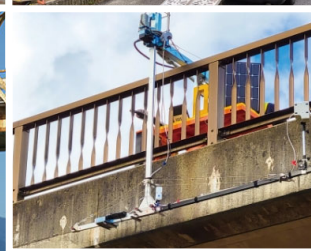
設計部門(橋梁・道路・河川)



調査部門(橋梁)



「見る診る」



「見る診る」mini



「MCS」

# 目次

1. 開発の経緯
2. ロボット開発の背景
3. 開発ロボットの概要
4. 実地検証結果

# 1. 開発の経緯

令和4年3月 大阪堺泉北港

## 関西大学・岡山大学との共同研究

### 令和4年度インフラメンテナンス優秀論文賞受賞

第2回 インフラメンテナンス・シンポジウム 2023.2.27

第2回 インフラメンテナンス・シンポジウム 2023.2.27



THINK×ACT  
KANSAI  
UNIVERSITY

#### 付着物除去不要な鋼矢板 の板厚計測の開発

関西大学  
岡山大学

石川 敏之  
塚田 啓二  
堺 健司  
紀和 利彦

日鉄建材

堀 謙吾

ジビル調査設計 福田 英徳

#### 鋼矢板の付着物の除去

- 水中での付着物を取り除くケレン処理は、手間と時間がかかる。
- 付着物を取り除く際に鋼材表面を削るため、その場所の腐食を加速させる可能性がある。



付着物のケレン作業時間と検査の作業性の改善が求められている。

# 1. 開発の経緯

令和4年3月 大阪堺泉北港

## 関西大学・岡山大学との共同研究



第2回 インフラメンテナンス・シンポジウム 2023.2.27

### 研究の目的

- 本研究では、付着物除去不要な鋼矢板の板厚計測を実現させるために、岡山大学で開発された極低周波渦電流探傷試験 (ELECT) を適用することを考えた。
- 付着物の厚みや磁気特性の違いによる影響を明らかにする。
- 実際の鋼矢板の計測を行い、ELECTの適用性を明らかにする。

第2回 インフラメンテナンス・シンポジウム 2023.2.27

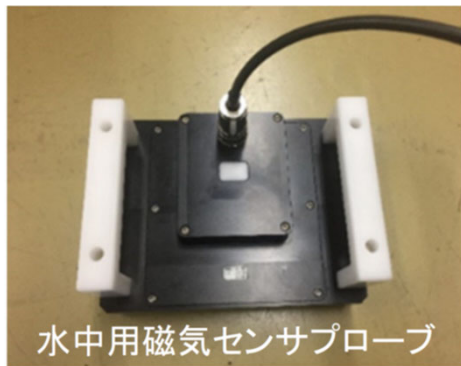
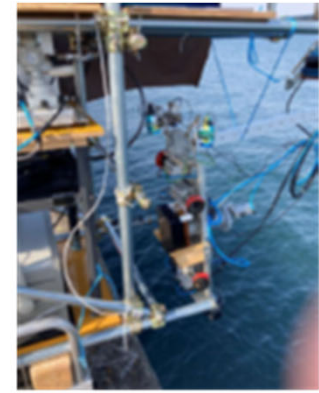
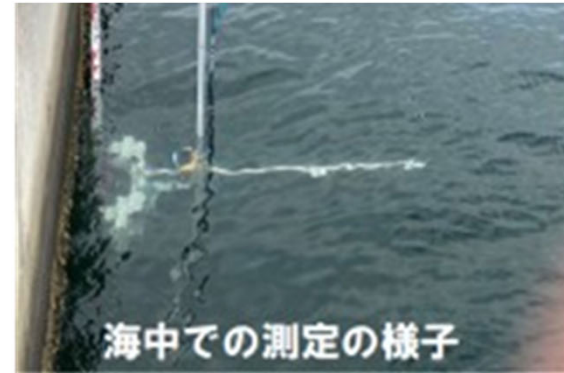
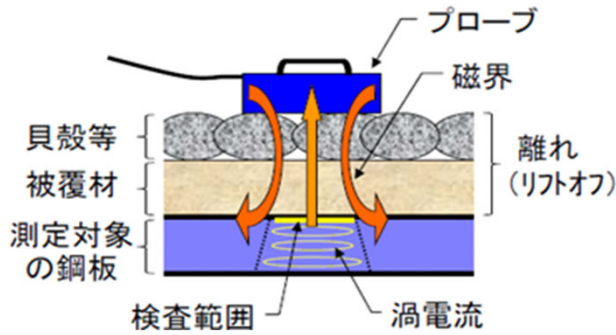
### ELECTによる計測の評価手順

- 付着物がある状態でELECTによる計測を実施
- 
- ケレン処理して超音波による計測を実施
- 
- 再度、ケレン個所をELECTによる計測を実施

# 1. 開発の経緯

令和4年3月 大阪堺泉北港

## 関西大学・岡山大学との共同研究



水中用磁気センサプローブ

印加コイル(正方形)サイズ  
100×100mm

印加コイルサイズ程度の面積の平均の板厚が計測

### 検証結果

			超音波		磁気計測 (ケレン前)		磁気計測 (ケレン後)		磁気計測 (機械アーム)	
			板厚平均値	標準誤差	板厚平均値	標準誤差	板厚平均値	標準誤差	板厚平均値	標準誤差
No. 102	設計板厚 16.1 mm	凸	16.54	0.07	16.94	0.25	16.56	0.16	16.61	0.12
		凹	16.93	0.11	16.26	0.18	16.2	0.27	16.9	0.05
No112	設計板厚 14.7 mm	凸	14.54	0.02	14.73	0.19	14.69	0.2	14.82	0.07
		凹	14.6	0.06	14.64	0.43	14.52	0.28	14.7	0.15

単位:mm

# 1. 開発の経緯

令和4年3月 大阪堺泉北港

## 関西大学・岡山大学との共同研究

第2回 インフラメンテナンス・シンポジウム 2023.2.27

### まとめ

- 極低周波渦電流探傷検査を用いて、鋼矢板から80mm程度リフトオフした状態で鋼矢板の板厚計測ができる装置を開発した。
- 実鋼矢板の計測を行い、開発した装置による板厚計測が、従来の超音波検査と同程度であることを示した。
- 陸上から機械アームを用いた計測を行うことができた。

前項の表からも超音波と磁気計測の間で、ほとんど差はなかった。また、同様に潜水士による手によるプロービングと機械アームによるプロービングにも差はなかった。ここで、3回測定した時のバラツキつまり標準誤差は**手によるプロービングでは最大0.43mmあったが、機械アームで最大0.15 mmと誤差が少なかった。**これは機械により磁気センサプローブが固定されるためであり、期待された通りであった。

## 2. ロボット開発の背景

維持管理の主要潜水士の現状

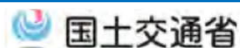
**潜水士の不足**

- 我が国の玄関口である港湾・海上空港の整備、水産業の拠点である漁港、漁場などの海洋インフラの整備にかかる水中工事、海洋エネルギー・資源開発、海上災害救助・サルベージ、海洋調査等の海洋に関する諸事の実施には、潜水士による作業が不可欠
- 我が国の潜水士は、**高齢化により離職者が増加**する中で、これを補い得るだけの**若手後継者の確保が困難**な現状にあり、その総数は、**長期にわたって減少**しているものと考えられています



# 2. ロボット開発の背景

## 海上・海中部の点検診断の効率化に向けた技術

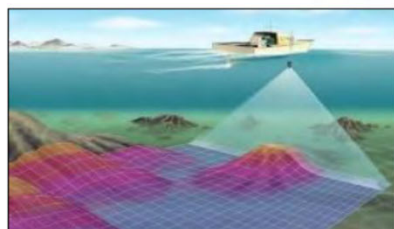
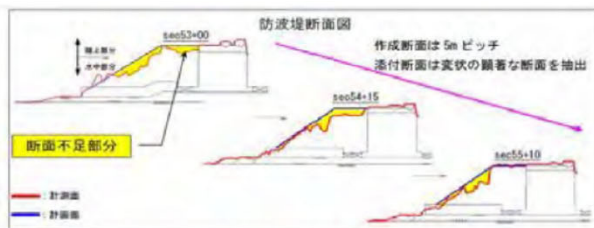


### ドローンおよびナローマルチビームによる3次元測量

水上部についてはドローンを、水中部についてはナローマルチビームを使った3次元測量



ドローンによる空中撮影

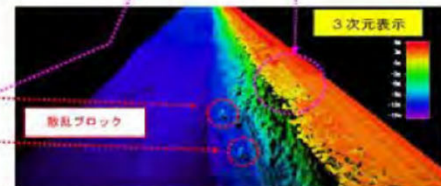
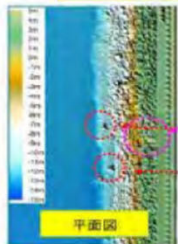


ナローマルチビーム測深



測量結果

測量結果を重ねることで、安全で効率よく3次元の全体形状を正確に把握することができる。



ドローンによる測量データ（水上部）とナローマルチビームによる測量データ（水中部）により形状図を作成

### 水中部ドローン(ROV)



栈橋下を航行・撮影中のROV



ROVによる床板裏の画像

水中可視化技術の支援

水中部位鋼矢板肉厚測定

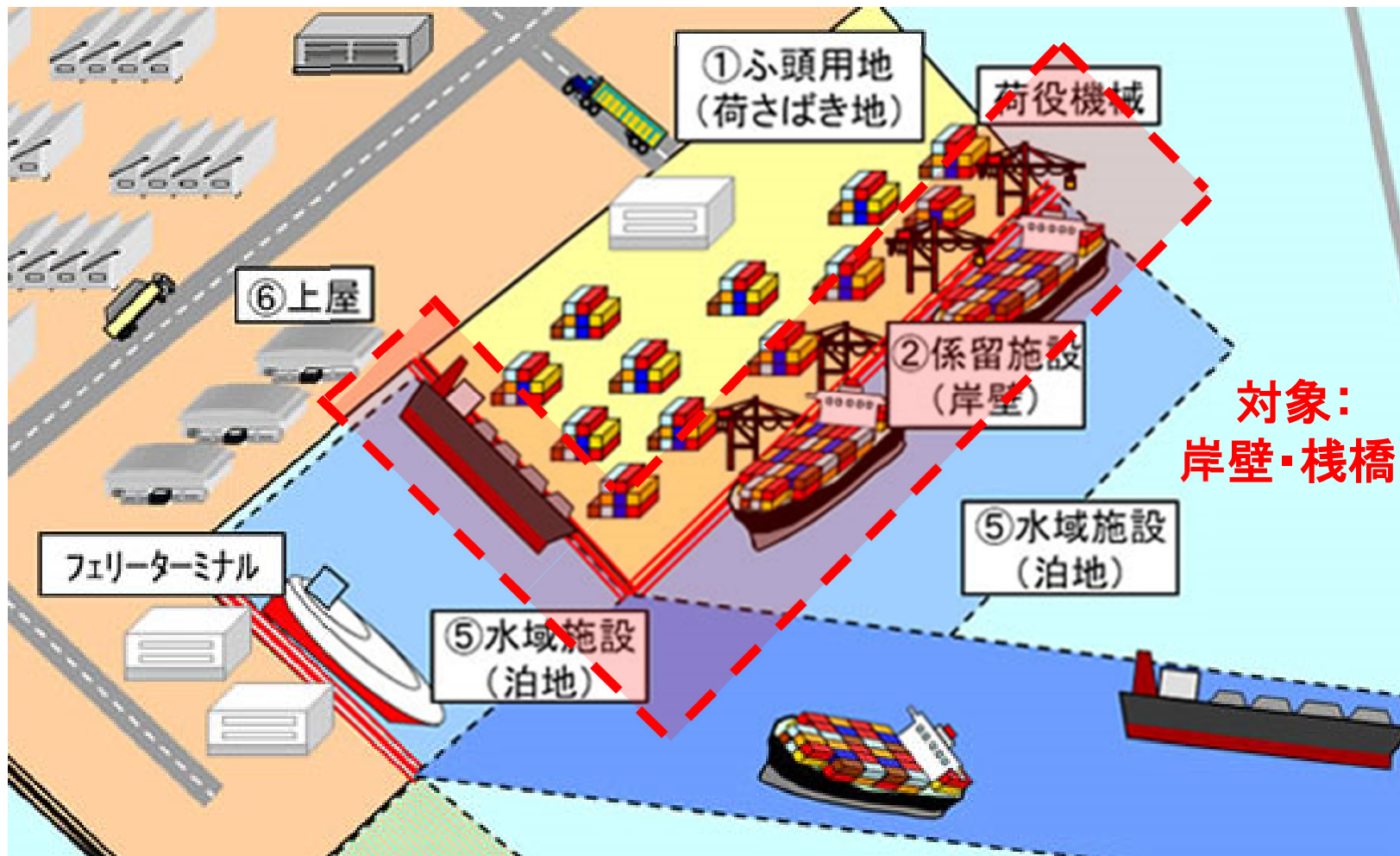


肉厚測定機の開発

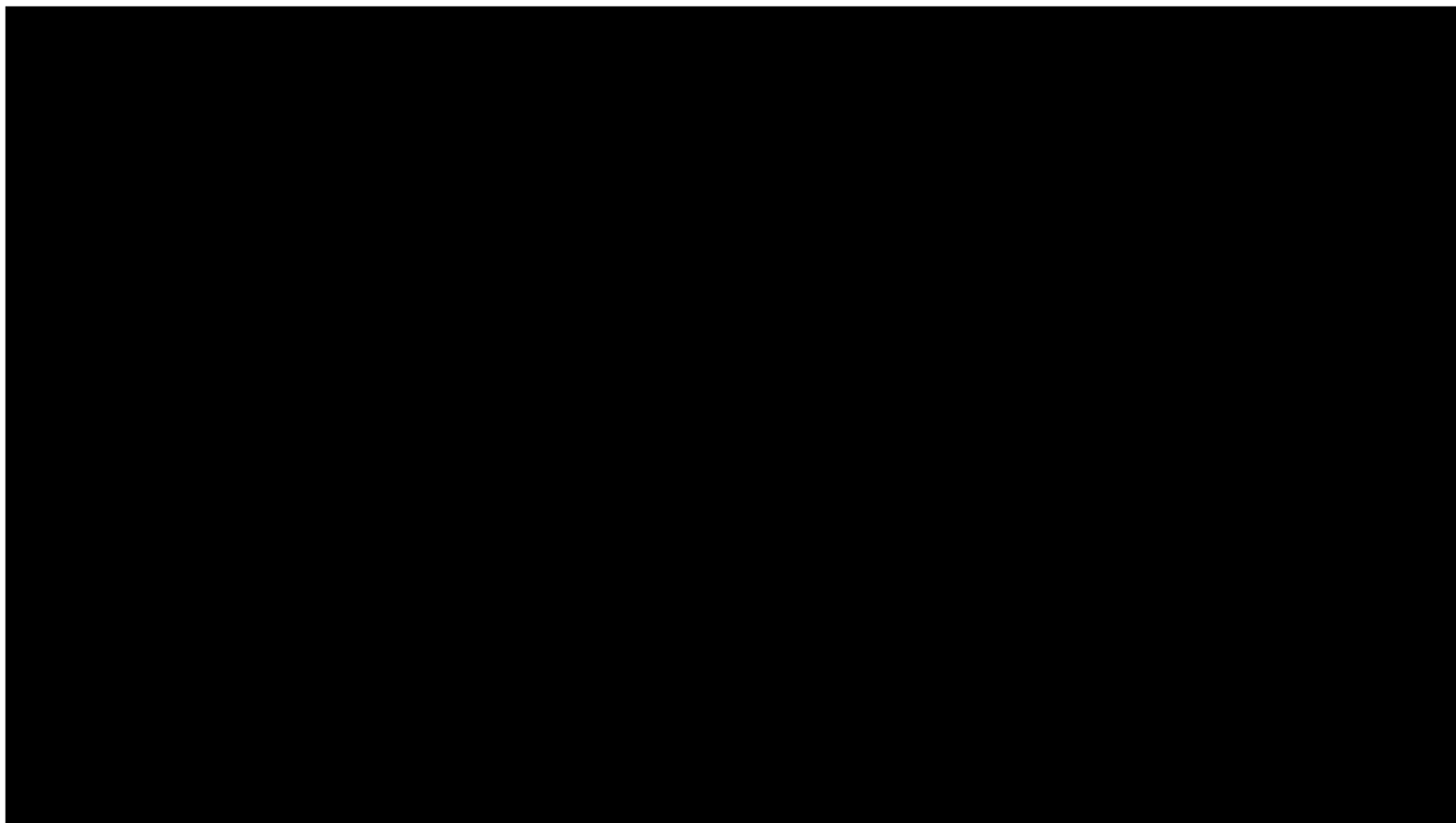


潜水士不足を補完支援

### 3. 点検対象施設

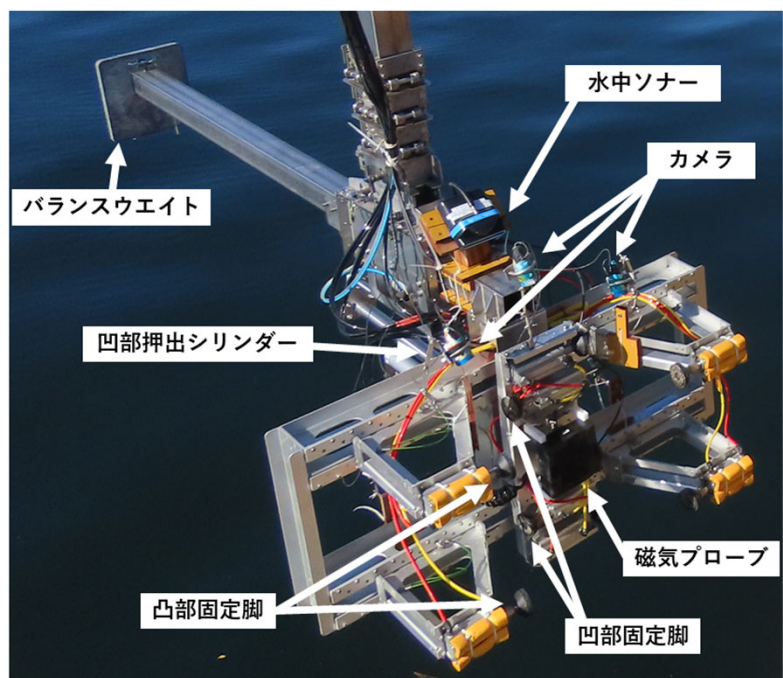


## 4. 開発ロボットの概要



# 4. 開発ロボットの概要

水中安定化装置＋鋼板腐食検査器  
で潜水計測を軽減します



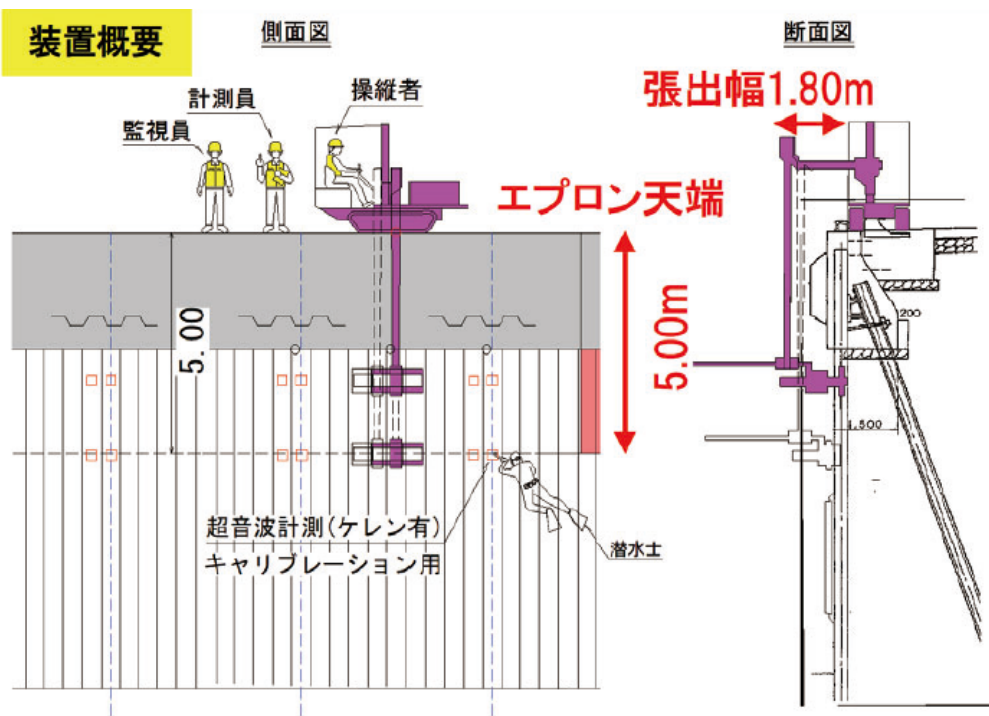
安定化装置概要

## 岸壁矢板点検支援ロボット「見る診る」仕様

台車 寸法・重量	全長/全幅/全高	3.35m/1.25m/2.25m
	重量	2.5t
安定化装置	全長/全幅/全高	3.50m/1.10m/0.60m
主要計測機器	磁気プローブ	Actuni社製 SPEC-01
	水中イメージングソナー (音響)	BlueView社製 Oculus1200d
固定・動作方式	エア方式	SMC社製
運搬・組立	運搬車両	3tセルフローダー
	組立スペース	3.0m×5.0m
	組立時間	50分

# 4. 開発ロボットの概要

## 水中安定化装置＋鋼板腐食検査器で潜水計測を軽減します



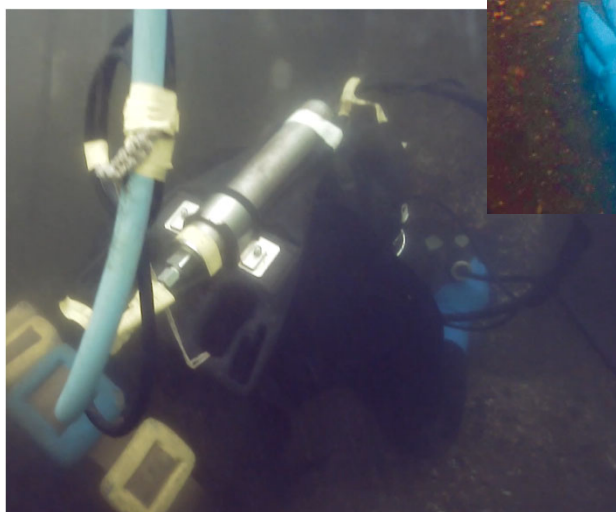
作業可能条件	
周辺条件	作業箇所に作業台車の搬入及び侵入が可能でかつ、荷役作業がないこと
作業範囲	測定域海中に漁網および係船ロープその他障害物がないこと
安全面への配慮	警戒船の配置、作業員の救命胴衣着用、海面へのロープ梯子、救命用浮輪の装備
現地への運搬方法	3t セルフローダーで運搬、当車搬入不可時は作業台車を降ろして搬入できれば可
気象海象条件	波高0.7m 以上、風速7m 以上は測定不可 水深が2.0m以上連続していれば可
水質条件	透明度2 ~ 3m 以下の場合は作業が困難

# 6. 実地検証結果

令和4年3月 大阪堺泉北港

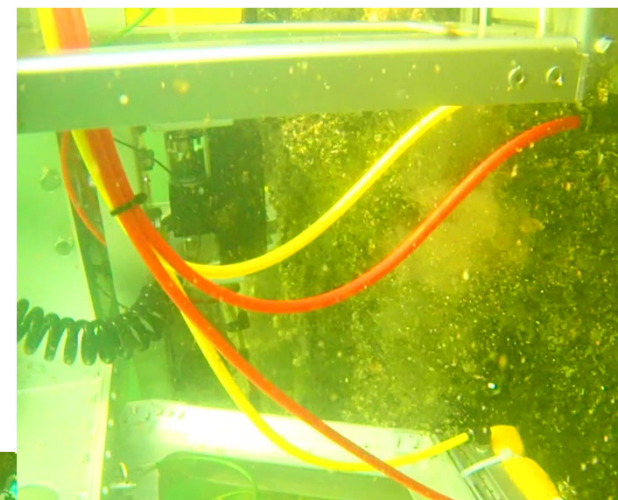
## 潜水士 と 安定化装置による計測

超音波計測 ↓

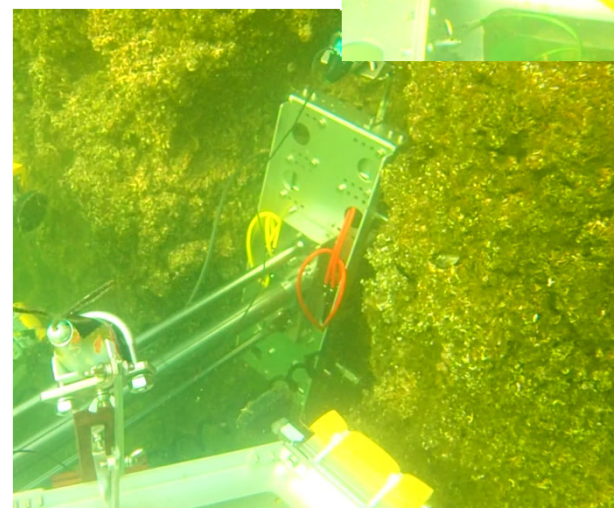


↑ 磁器プローブ計測  
ELECT  
SPEC-01

安定化装置  
凹部 ↓



安定化装置  
凸部 ↑



# 6. 実地検証結果

令和4年3月 大阪堺泉北港

## 鋼矢板 初期肉厚 12.2mm 水深0.75m

測定箇所	凸 or 凹		初期肉厚	水深	
No. 1	凹		12.2mm	0.75m	
超音波厚み計：潜水土					
探触子点No.	現有肉厚[mm]				超音波 平均値
	1回目	2回目	3回目	平均	
1	12.6	12.4	12.4	12.5	12.3
2	12.3	12.8	11.9	12.3	
3	12.2	12.2	12.3	12.2	
4	12.5	13.7	12.8	13.0	
5	11.7	11.7	11.6	11.7	
安定化装置：鋼板腐食検査器					
測定値[mm]					
ケレン前	1回目	2回目	3回目	平均	
推定板厚	12.4	12.3	12.3	12.3	
リフトオフ	45	45	45	45	
ケレン後	1回目	2回目	3回目	平均	
推定板厚	12.4	12.9	12.9	12.7	
リフトオフ	0	0	0	0	

測定箇所	凸 or 凹		初期肉厚	水深	
No. 1	凸		12.2mm	0.75 m	
超音波厚み計：潜水土					
探触子点No.	現有肉厚[mm]				超音波 平均値
	1回目	2回目	3回目	平均	
1	7.3	7.0	7.3	7.2	8.3
2	8.7	8.8	8.8	8.8	
3	9.0	9.9	9.9	9.6	
4	9.4	9.4	9.4	9.4	
5	6.4	6.4	6.4	6.4	
安定化装置：鋼板腐食検査器					
測定値[mm]					
ケレン前	1回目	2回目	3回目	平均	
推定板厚	8.7	8.6	8.7	8.7	
リフトオフ	45	45	45	45	
ケレン後	1回目	2回目	3回目	平均	
推定板厚	8.2	8.3	8.3	8.3	
リフトオフ	0	0	0	0	

# 6. 実地検証結果

令和4年3月 大阪堺泉北港

## 鋼矢板 初期肉厚 12.2mm 水深2.25m

測定箇所	凸 or 凹	初期肉厚	水深		
No. 1	凹	12.2mm	2.25 m		
超音波厚み計：潜水土					
探触子点No.	現有肉厚[mm]				超音波 平均値
	1回目	2回目	3回目	平均	
1	11.5	11.5	11.6	11.5	11.5
2	11.2	11.2	11.1	11.2	
3	11.1	11.1	11.1	11.1	
4	11.8	11.8	11.8	11.8	
5	11.8	11.8	11.8	11.8	
安定化装置：鋼板腐食検査器					
測定値[mm]					
ケレン前	1回目	2回目	3回目	平均	
推定板厚	12.4	12.2	12.4	12.3	
リフトオフ	40	40	40	40	
ケレン後	1回目	2回目	3回目	平均	
推定板厚	12.3	12.2	12.3	12.3	
リフトオフ	0	0	0	0	

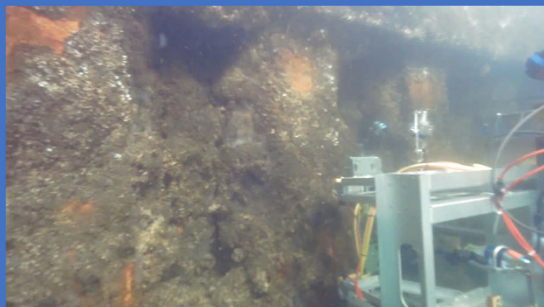
測定箇所	凸 or 凹	初期肉厚	水深		
No. 1	凸	12.2mm	2.25 m		
超音波厚み計：潜水土					
探触子点No.	現有肉厚[mm]				超音波 平均値
	1回目	2回目	3回目	平均	
1	11.5	11.5	11.4	11.5	10.8
2	10.9	10.9	10.8	10.9	
3	9.5	9.6	9.7	9.6	
4	11.1	11.1	11.0	11.1	
5	11.2	11.2	11.2	11.2	
安定化装置：鋼板腐食検査器					
測定値[mm]					
ケレン前	1回目	2回目	3回目	平均	
推定板厚	11.2	11.2	11.1	11.2	
リフトオフ	69	69	69	69	
ケレン後	1回目	2回目	3回目	平均	
推定板厚	10.9	10.8	10.8	10.8	
リフトオフ	0	0	0	0	



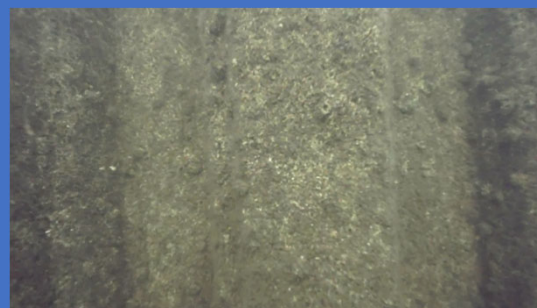
# 6. 実地検証結果

令和4年3月 大阪堺泉北港

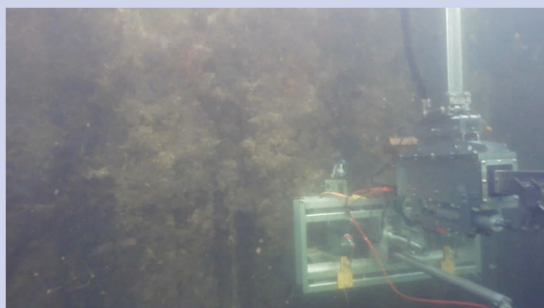
## 付着物による計測状況



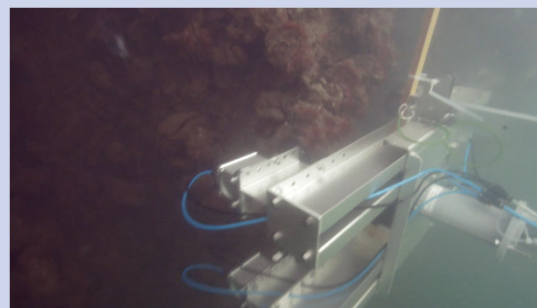
水深0.75m付近の状況  
付着物の厚みが6cmまで計測可能



河口付近の漁港  
矢板の形状が残る付着物(量)であり、計測は良好



水深2.25m付近の状況  
回収されていない陽極の心金が残っている。  
側面に設置されていたものもあり、計測位置を変える必要が生じた。



日本海側の港  
大粒の貝が付着しており、大まかな貝のはつりが必要。計測位置の付着状況で計測精度が左右される

# 6. 実地検証結果

令和4年3月 大阪堺泉北港

維持管理計画書策定のための現地調査積算基準（令和4年4月1日以降に入札を行う業務から適用）

国土交通省 > 港湾 > 積算基準等に係る情報より引用

※3-4-9 肉厚測定 の項を参考に算出(1日当たり50箇所を標準)

活用の効果の根拠

基準とする数量	400	単位	箇所
	新技術	従来技術	向上の程度
経済性	¥1,645,720	¥3,346,112	50.82
工程	5日	8日	37.50

1時間当たり16箇所の計測が可能であり、1日当たりの作業時間を5時間と定め、80箇所の計測が可能と算出しています。

当社新技術

項目	仕様	数量	単位	単価	金額	摘要
交通車		5	日	¥3,324	¥16,620	
測量技師補		5	人	¥32,400	¥162,000	
測量助手		5	人	¥31,100	¥155,500	
潜水士		5	人	¥49,500	¥247,500	
上廻り員		1	人	¥24,800	¥24,800	
船外船舶運転		5	日	¥46,388	¥231,940	
3t積載車(エアークンプレッサー含む)		5	日	¥38,352	¥191,760	
鋼板腐食検査装置		5	日	¥120,000	¥600,000	
雑材料		1	式	¥15,600	¥15,600	

¥1,645,720

従来技術

項目	仕様	数量	単位	単価	金額	摘要
交通車		8	日	¥3,324	¥26,592	
測量技師補		8	人	¥32,400	¥259,200	
測量助手		8	人	¥31,100	¥248,800	
潜水士		16	人	¥49,500	¥792,000	
潜水士補助員		16	人	¥49,500	¥792,000	
上廻り員		16	人	¥24,800	¥396,800	
船外船舶運転		8	日	¥46,388	¥371,104	
クレーン装置付 きトラック		8	日	¥38,352	¥306,816	
超音波肉厚測定器		8	日	¥15,000	¥120,000	
雑材料		1	式	¥32,800	¥32,800	

¥3,346,112

# 4. 開発ロボットの概要

令和5年3月 国土交通省 港湾局

## 港湾施設の新しい点検技術カタログ(案)に掲載

・カタログ式(令和5年3月現在)

カタログ表紙・目次等

技術名	開発者	活用状況 動画	掲載時期
機械点検技術			
<u>海中部の点検</u>			
<a href="#">水中ドローンを使用した海洋構造物の点検</a>	ポートコンサルタント株式会社		令和3年3月
<a href="#">水中3Dスキャナーによる水中構造物の形状把握システム</a>	いであ株式会社		〃
<a href="#">自律型無人潜水機AUVを使用した外郭施設(防波堤・護岸)の水中部可視化技術</a>	株式会社エイト日本技術開発		〃
<a href="#">ペトラタム被覆用防食効果判定センサ「ペトモニ」</a>	株式会社ナカボーテック		令和4年3月
<a href="#">スキャニングソナーとレーザースキャナによる3次元計測技術</a>	クモノスコーポレーション株式会社		〃
<a href="#">陸上から行う矢板式岸壁等点検支援ロボット視る・診る</a>	ジビル調査設計株式会社		令和5年3月
海上部の点検			
<a href="#">パノラマカメラを用いた構造物調査点検システム</a>	株式会社アプリコアMSIS		令和3年3月
<a href="#">i-Boat(無線 LAN ポート)を用いた港湾構造物の点検・診断システム</a>	五洋建設株式会社		〃
<a href="#">光波測量機「KUMONOS」及び高解像度カメラを組み合わせた高精度点検システム「シン・クモノス」</a>	クモノスコーポレーション株式会社		令和4年3月

# 陸上から行う 矢板式岸壁等点検支援ロボット視る・診る

ご清聴ありがとうございました

**ZiwiL**  
ジビル調査設計株式会社