

土木研究所資料

結氷する港湾に対応する 水中構造物点検技術に関する技術開発

平成24年12月

独立行政法人 土木研究所
寒地土木研究所
技術開発調整監付寒地機械技術チーム

Copyright © (2012 (西暦)) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

結氷する港湾に対応する 水中構造物点検技術に関する技術開発

技術開発調整監付寒地機械技術チーム 上席研究員 柳沢 雄二
総括主任研究員 片野 浩司
元主任研究員 国島 英樹^{※1}
研究員 五十嵐 匡
元研究員 長瀬 禎^{※2}
研究員 平 伴齊

※1：現 国土交通省北海道開発局留萌開発建設部施設整備課

※2：現 国土交通省北海道開発局小樽開発建設部施設整備課

要 旨

港湾及び漁港施設の水中部における健全度診断は、有効な手法が確立されておらず、潜水士による目視観察に頼っているのが現状である。一方、港内における堆砂の計測は測量船による深淺測量が主体である。このことから、点検・計測作業の効率化を図るため、港湾構造物水中部劣化診断装置、鋼矢板式岸壁点検装置、及び簡易堆砂計測装置を開発し、港湾及び漁港施設の機能保全に寄与する点検計測システムの検討を行った。

その結果、潜水士に頼らないで腐食等の状況把握ができることがわかった。

キーワード：港湾構造物点検, 音響カメラ, 非破壊検査, 水中地形計測, マルチビームソナー

結氷する港湾に対応する水中構造物点検技術に関する技術開発

目 次

1. はじめに	1
2. 港湾構造物水中部劣化診断装置の開発	2
2.1 背景	2
2.2 港湾構造物水中部劣化診断装置	3
2.3 音響カメラ	5
2.4 モザイク図の作成	6
2.5 撮影方法	8
2.6 撮影試験（平成 20、21 年度）	14
2.7 施工フロー	18
2.8 現地での適用性確認試験（平成 22 年度）	20
2.9 調査費の比較	22
2.10 その他検討事項	26
2.11 データ管理システムの作成	27
2.12 まとめ	29
3. 鋼矢板式岸壁点検装置の開発	31
3.1 背景	31
3.2 点検装置の開発目標	31
3.3 運用可能な点検技術の検討	32
3.4 探触子の検知能力の予備試験	34
3.5 超音波法（SH 波）の適応性の検証	37
3.6 探触子の試作・調整	41
3.7 基準波形の設定と現地試験	42
3.8 点検装置の試作と確認試験	45

3.9	まとめ	50
4.	簡易堆砂計測装置の開発	51
4.1	背景	51
4.2	計測方法及び検討事項	51
4.3	計測用架台の試作	53
4.4	計測試験	56
4.5	海氷下面計測	61
4.6	まとめ	63
5.	おわりに	64
	参考文献	65
	参考資料	67
	港湾構造物水中部劣化診断装置の開発	69
	鋼矢板式岸壁点検装置の開発	93
	簡易堆砂計測装置の開発	133

1. はじめに

港湾及び漁港施設の水中部における健全度診断は、潜水士による目視観察に頼っており、点検時期は船舶の出入りが少ない冬期に実施されている。しかし、冬期間の港湾施設は結氷や流氷等により損傷を受けることがあり、これらの影響で点検できる期間が短いことから、短時間で効率的な点検手法の開発が求められている。一方、港内における堆砂の計測は、測量船による深淺測量が主体であるが、上記と同様、海象条件が厳しく、冬期間は点検期間が制限されることから、短時間で簡易に計測可能な手法の開発が求められている。

以上のことから、港湾構造物水中部劣化診断装置、鋼矢板式岸壁点検装置、簡易堆砂計測装置を開発し、現状作業の効率化を図ることで、港湾及び漁港施設の機能保全に寄与する点検計測システムの検討を行った。

2. 港湾構造物水中部劣化診断装置の開発

2.1 背景

港湾及び漁港施設における水中構造物の健全度診断は、潜水士による目視観察に頼っているのが現状である。水中部の点検は、陸上で点検指示を行う技師と水中で実際に目視観察する潜水士の連携が重要である。また、海水の透明度による影響も大きく、視界の悪い箇所では潜水士が手探り状態で異常箇所を確認するなど、非効率で困難な作業となっている（写真-1）。

このため、潜水士を必要としない水中構造物の状況を撮影する技術、及び撮影データを蓄積して効率的に健全度診断を行うシステムで構成する「港湾構造物水中部劣化診断装置」の開発が求められている。

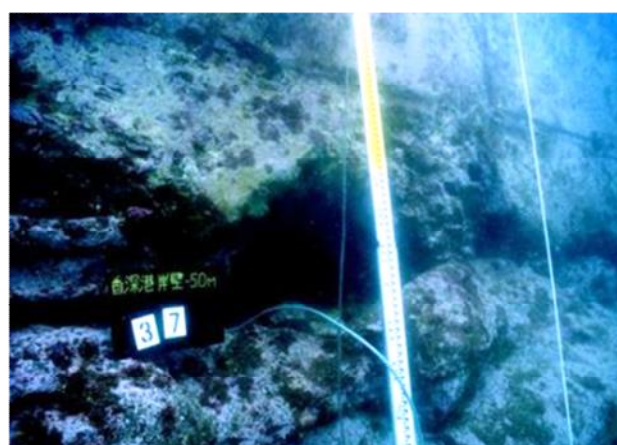


写真-1 潜水士の点検状況（上）、劣化状況の記録写真（下）

従来の点検業務に伴い作成される報告書を図-1 に示す。濁度の変化により、明るさが異なった写真の繋ぎ合わせで変状を把握しにくいものとなっている。

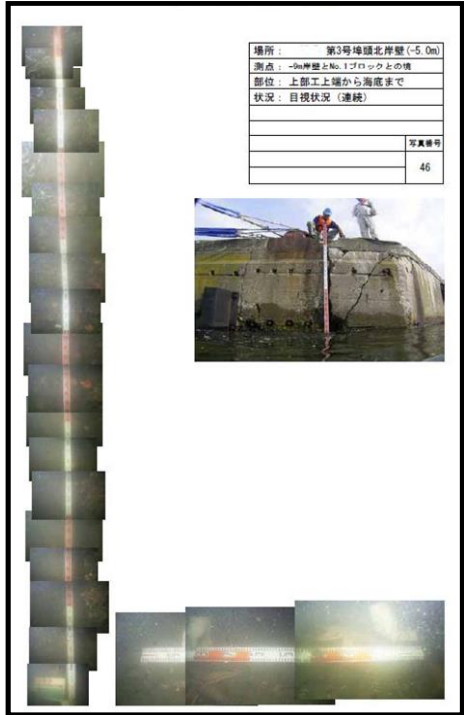


図-1 従来の点検報告書

2.2 港湾構造物水中部劣化診断装置

「港湾構造物水中部劣化診断装置」の構成を図-2に示す。また、本装置を用いた点検業務に伴い作成される報告書(案)を図-3に示す。

本技術の特徴は超音波式カメラ(以下、音響カメラという)を使用し、光学式水中カメラでは撮影不可能な濁水中での撮影を可能としている点である。



図-2 港湾構造物水中部劣化診断装置 (構成)

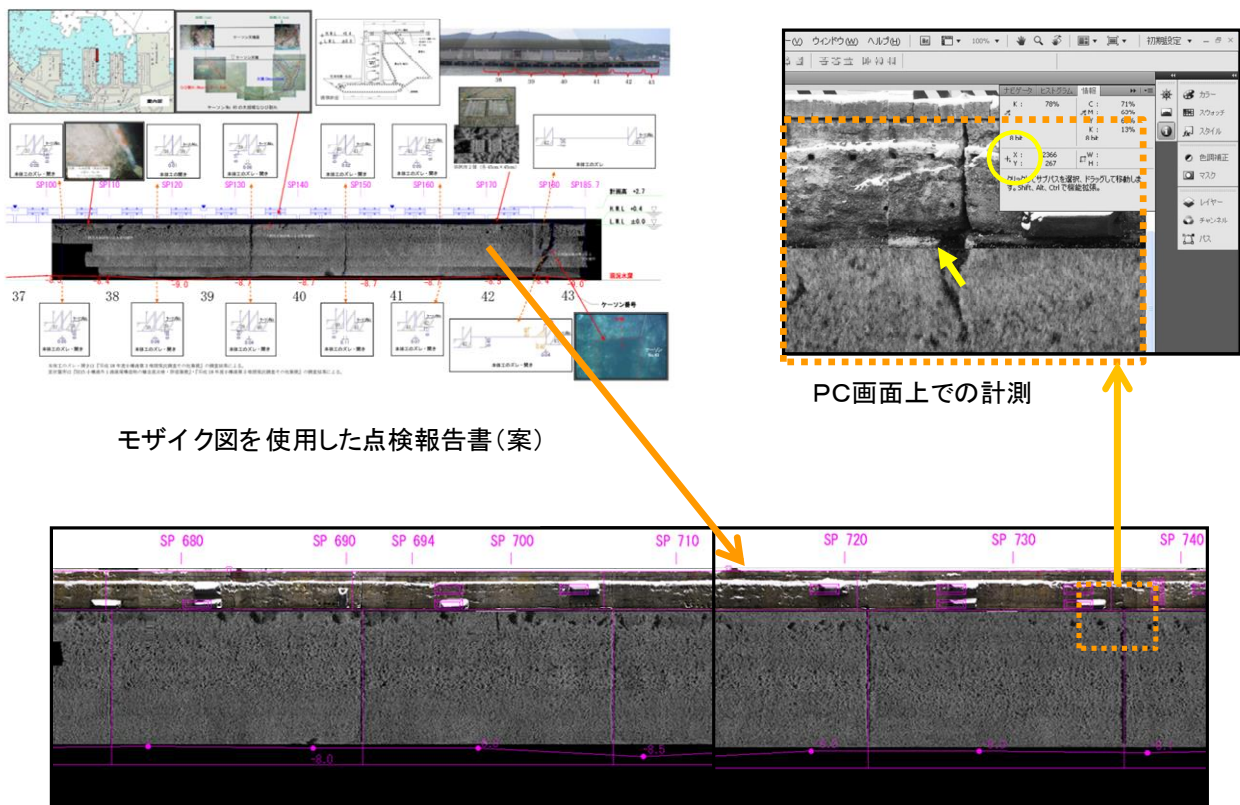


図-3 モザイク図を使用した点検報告書 (案)

音響カメラは米国サウンドメトリックス社製 DIDSON を使用し、撮影した画像 1 フレームの大きさは約 H 2.3 m×W 1.7 m 程度（撮影距離 5 m、撮影角度 45 度）であるが、本技術では、音響カメラを水深 10 m の位置まで固定可能な架装装置とそれに生じる水流抵抗に耐えうる艀装用架台を試作し、船舶を移動させながら水中構造物を連続撮影した。そして、得られた画像及び諸データから画像解析ソフトウェアで岸壁面全体の画像を作成した。画像解析ソフトウェアは位置情報やマッチング技術を使って、例えば H 11 m×W 100 m の岸壁面を約 6,000 枚程度の画像フレームを使い、シームレスで高い分解能、位置精度の全体画像を作成することができる。作成した画像をモザイク図と呼び、この画像からひび割れ、損傷などの変状箇所的位置、大きさを読み取ることができる。

2.3 音響カメラ

2.3.1 特徴

音響カメラは、超音波を使用しており、被写体に発射した音波の反射強度により画像化し、反射波が大きければ明るい光、小さければ薄暗い光にかえて白黒の映像を作り出す。従って、海水の濁度や周囲の明暗に関係なく撮影することができる。

本体を写真-2 に示す。外寸、重量は以下のとおりである。



外寸 : 32.5 cm×18.36 cm×22.4cm、重量 : 13.2 kg（空中）、5.4 kg（水中）

写真-2 音響カメラ本体

2.3.2 ビームパターン、撮影画像

音響カメラは、周波数 1.8 MHz（または、1.1 MHz）の音波を使用し、水平方向 29°（=幅 0.3°×96 ビーム）、垂直方向 14 度幅のビームパターンを形成する（図-4）。なお、周波数は、最大レンジ 15m を境

に、識別モード 1.8 MHz (15m 以下)、探知モード 1.1MHz (15m 以上) に自動的に切り替わる。

そして、8 回の送受信サイクルに分割したビーム画像ラインを張り合わせて 1 画像を形成し、毎秒 4~21 フレームの画像を提供する (写真-3)。

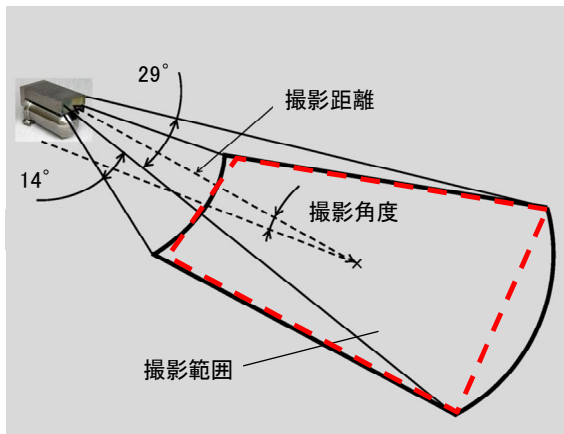


図-4 ビームパターン

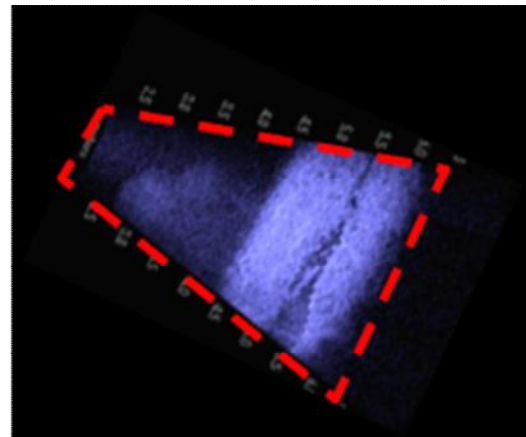


写真-3 音響カメラによる画像

2.3.3 分解能

音響カメラによる撮影試験を実海域において行い、以下について確認している。

実海域での岸壁面の撮影において、既存調査で報告されている変状箇所やケーソン目地を音響カメラで撮影した画像でも認識することができた。また、音響カメラでの撮影で見逃した欠損箇所がないか潜水目視観察を実施したが、新たな欠損箇所は見つからなかった。

これらのことから、実海域において音響カメラを用いて撮影した画像の分解能は、潜水士の目視による判断程度を確保していることを確認した。

2.4 モザイク図の作成¹⁾

撮影画像の各フレームを重ね合わせて、モザイク図を作成する方法を検討した。

2.4.1 撮影画像の処理範囲

図-5 は撮影距離に対する反射強度の分布を表したものである。

フレーム (図-5 左) 中の数値は音響カメラからの距離 (撮影距離) を表す。設定した撮影範囲 (2.5~7.0m) 内で音波の反射強度が大きい部分が明るく写っている。これに対応して、撮影距離に対する反射強度の分布 (図-5 右) では、画像が鮮明となる反射強度のピーク付近が存在することがわかる。このピーク付近の部分処理範囲とし、各フレームで同様の処理を行い繋ぎ合わせを行う。

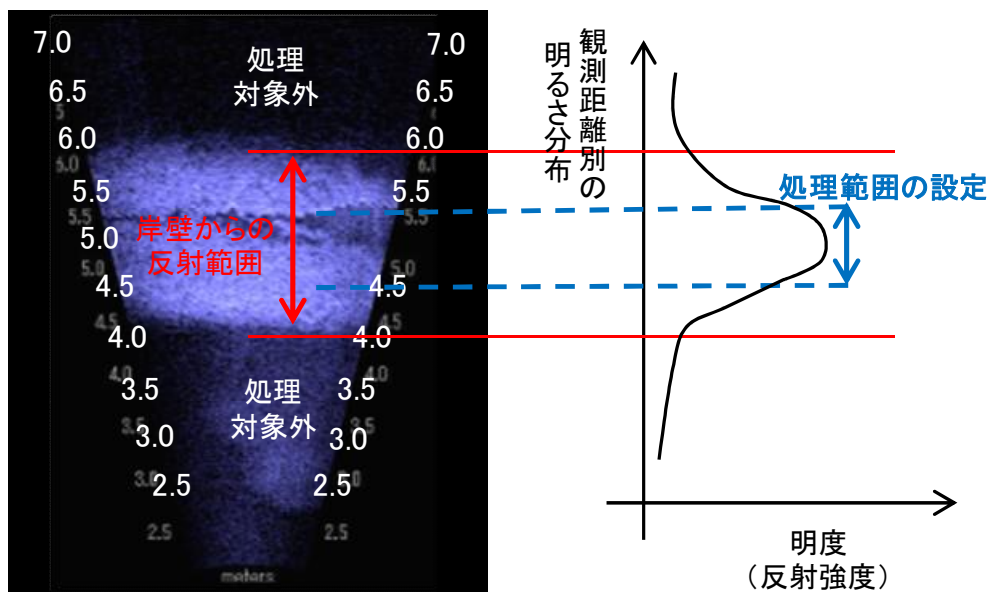


図-5 反射強度の分布と処理範囲

2.4.2 モザイク図の作成イメージ

1 測線分の画像は、撮影画像の各フレームを水平方向に繋ぎ合わせて作成する。次に、繋ぎ合わせた 1 測線分の画像を垂直方向に繋ぎ合わせ、モザイク図を作成する (図-6)。なお、この作業は開発した「画像解析ソフトウェア」にて行う。

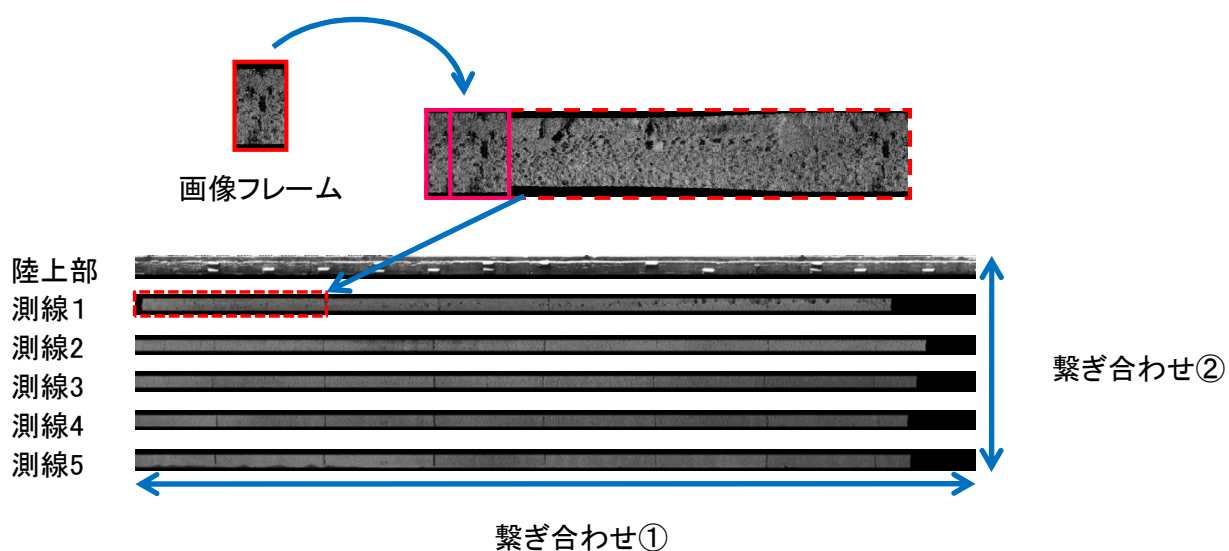


図-6 モザイク図の作成イメージ

本ソフトウェアの開発は、東京大学生産技術研究所 海中工学国際研究センター 浅田昭教授への委託研究にて実施した。

2.4.3 作成方法

モザイク図の作成方法は、①「幾何学的接合」と②「画像マッチング処理」の2つの方法がある。

①は、音響カメラの位置情報、姿勢情報等より、対象構造物との相対的な位置関係を用いて幾何学的に接合を行う方法であり、各フレームでの音響カメラ位置情報、姿勢情報（ロール、ピッチ、撮影方位）、音響カメラと対象構造物までの距離と、構造物の3次元情報が必要となる。

②は、得られた画像のみから接合を行う方法であり、1 測線上に隣り合う 2 フレームにおいて、画像中の特徴的な濃淡を示す領域が次フレームのどこにあるかを探して前後の画像を繋ぎ合わせる（図-7）。

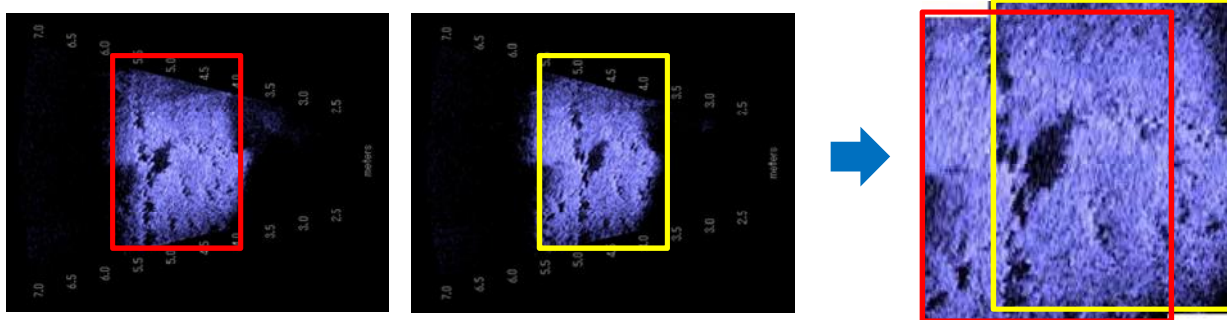


図-7 画像マッチング処理方法

2.4.4 特徴

前項 2.4.3 に示す①、②それぞれのモザイク図の作成方法の特徴として、以下の点があげられる。

①では、音響カメラの位置情報、姿勢情報等によるため、当然ながら位置精度は高いものとなる。

②では、位置精度は低い、得られた画像のみで接合を行うため、音響カメラの動揺による影響が小さいという利点があり、形状把握には有利といえる。

モザイク図の作成は①、②の両方を使用するが、以降においては、①の作成方法で必要となる、音響カメラの位置情報、姿勢情報等をリアルタイムに計測する方法について実海域試験を通じて検討した。

2.5 撮影方法

平成 20 年度に実海域で実施した撮影試験及びモザイク図作成について報告する。

2.5.1 撮影方法

高い分解能で岸壁面水中部全体を効率よく撮影する方法について検討した。

音響カメラは指向性の高い超音波を使用している。また、分解能を高めるために至近距離での撮影が必要となることから、撮影範囲（フットプリント）が狭くなり、岸壁面水中部全体を撮影するには連続的な撮影が必要となる。

そこで、水平方向に音響カメラを移動させながら、水深部を数回に分けて撮影する方法を検討した。

具体的な撮影方法を図-8 に示す。船舶に艀装したポール状の架装装置先端に音響カメラを取り付け、岸壁と一定距離に保ちながら船舶をゆっくりと航行させ撮影を行う。この作業を水深に応じて繰り返し、岸壁面水中部全体を撮影する。

このとき、航行の安全性を考慮して、船舶・岸壁間の距離を 3.5m に、また、過去の試験結果より撮影角度は 10~45 度が良好であるが、撮影距離は近距離ほど分解能が高くなることから、撮影角度は撮影距離が最短となる 45 度とし、撮影距離を 5m とした（図-8 左）。

なお、以上の条件の場合、水深方向に撮影幅 1.9m を確保できることから、重複部を考慮しても 1.5m 間隔で各水深部を撮影することができる（図-8 右）。

また、船速は可能な限り遅いほうが好ましいため、1 ノット程度で撮影試験を行った。

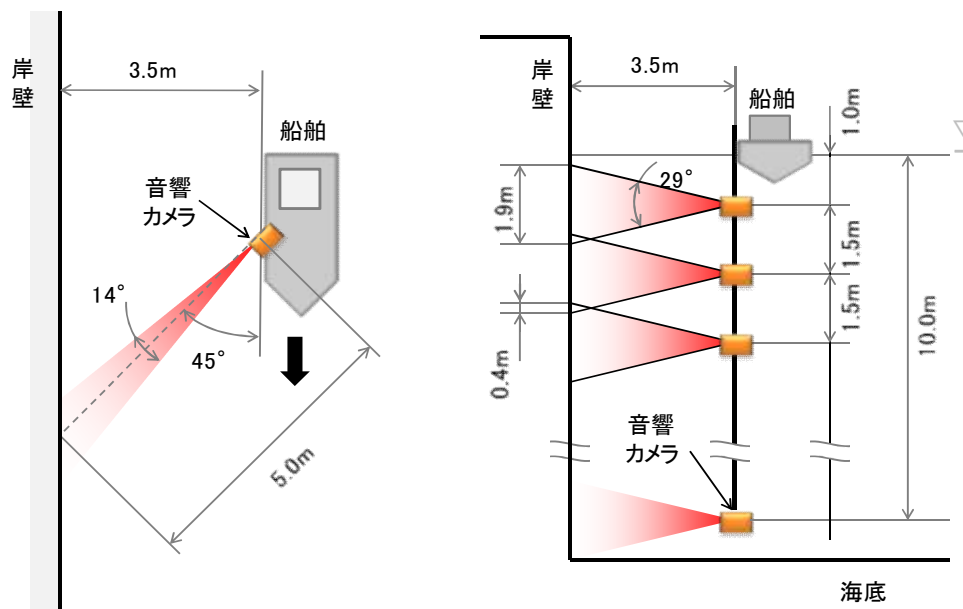


図-8 撮影方法

2.5.2 架装装置

架装装置は、前項の撮影条件を満たし、撮影時の水流抵抗に耐え、可搬性にも優れた図-9、10に示す装置を試作した。

主要部材であるポールは、撮影時には水面から10m程度伸ばすことが可能であり、また、可搬時には音響カメラを取り外して全長約2.76mまで縮めることが可能な伸縮構造としている。

また、ポールは水面下の長さ1~10mの範囲で手動のワイヤーロープ巻上機により調整可能であり、撮影位置にて音響カメラを固定する仕組みである。材質はステンレス製で、重量は150kg程度であり、小型船舶にも搭載可能である。

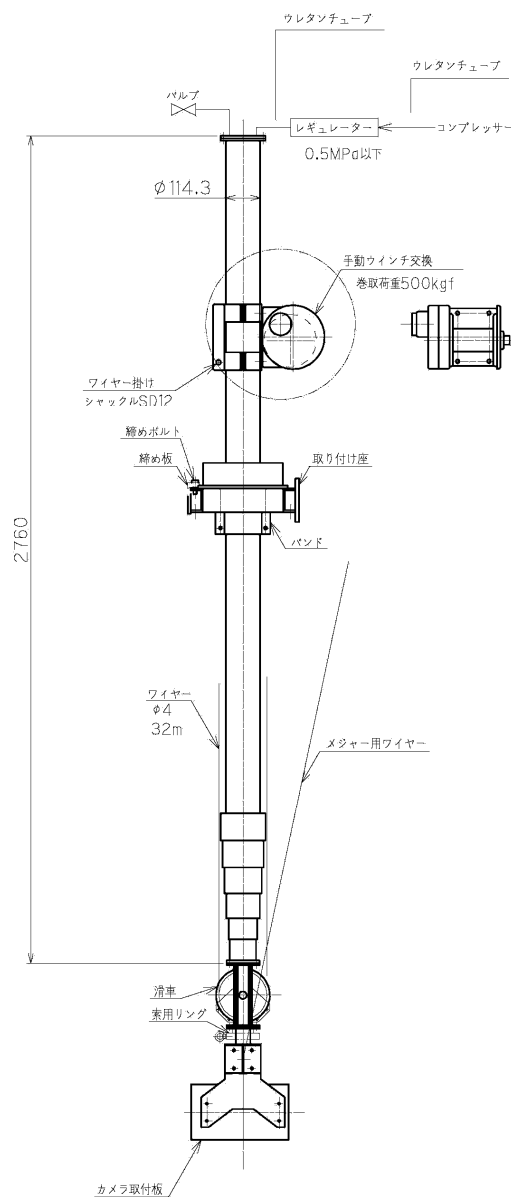


図-9 架装装置 (1)

最縮長時

最伸長時

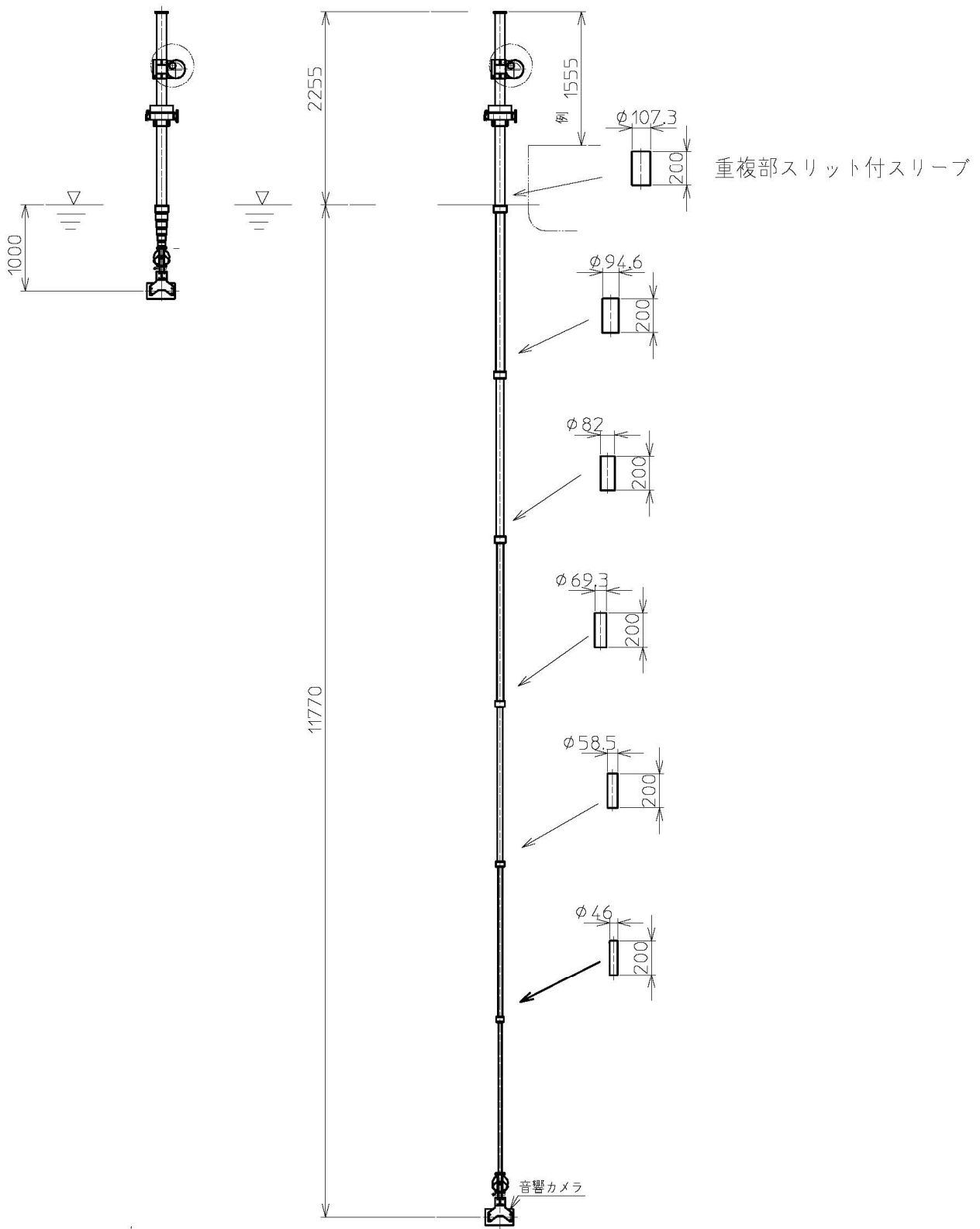


図-10 架装装置 (2)

さらに、架装装置を船舷に固定するため、艀装用架台を製作した（図-11）。

艀装用架台は、左右船舷間に設置し船舶の幅に応じて架台の幅を変更することが可能である。

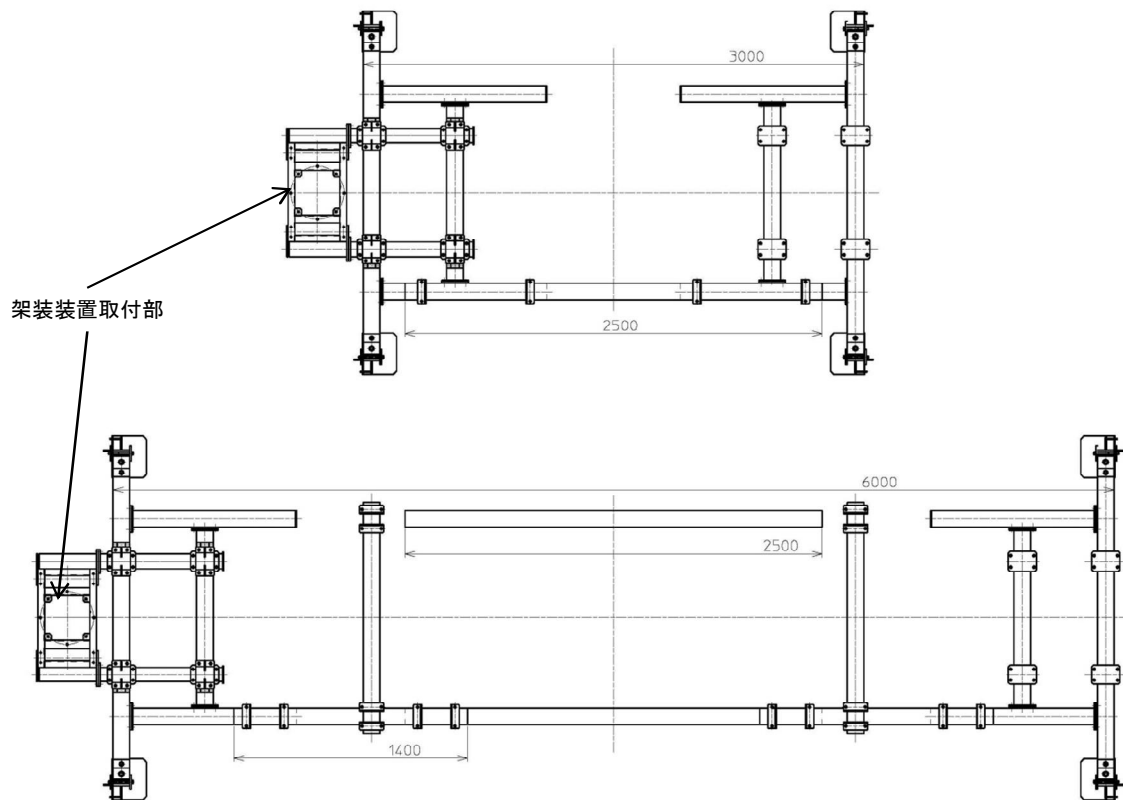


図-11 艀装用架台

2.5.3 計測機器

前述の①「幾何学的接合」によるモザイク図の作成においては、音響カメラでの撮影で得られる各画像データ（数フレーム/秒）に対し、それらが岸壁面上でのどの位置の画像であるかを把握する必要がある。

このため、撮影においては、音響カメラと岸壁間の距離をリアルタイムに計測し、同時に音響カメラの動揺による補正を行う。

なお、撮影では音響カメラのほか、音響カメラの位置情報、姿勢情報を把握するため、RTK-GPS 装置、モーションセンサーのほか、音響カメラと岸壁との距離を計測する音響測深機等の機器類を使用してデータを取得した。

架装装置の艀装状態と各計測機器類の取付状態を図-12、写真-4 に示す。

また、計測した各データは、画像取得用に1台、各データ取得用に1台の計2台のPCで取得し、取得時刻はGPS時刻データにより同期した。

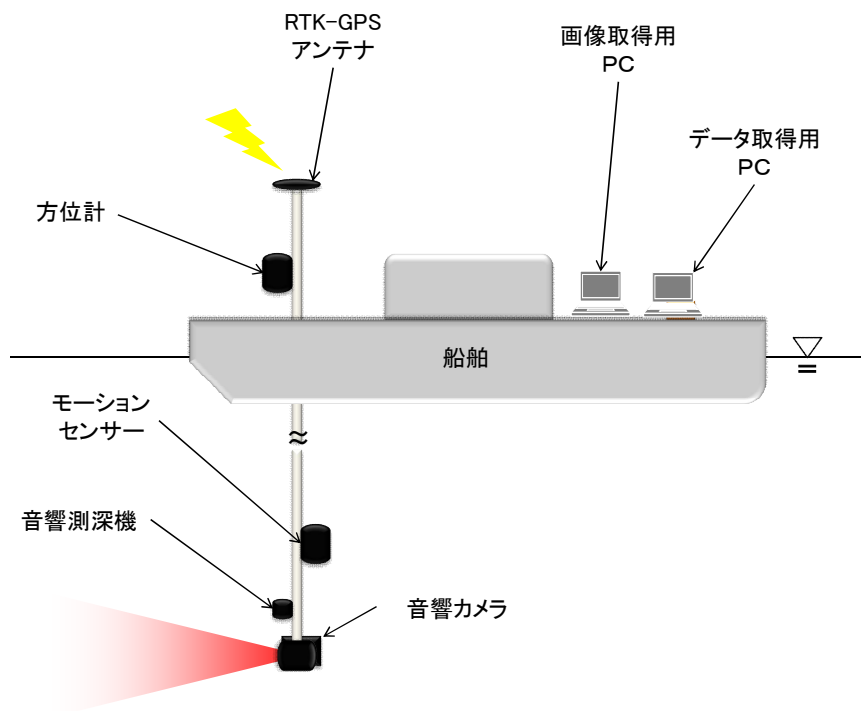


図-12 各計測機器類

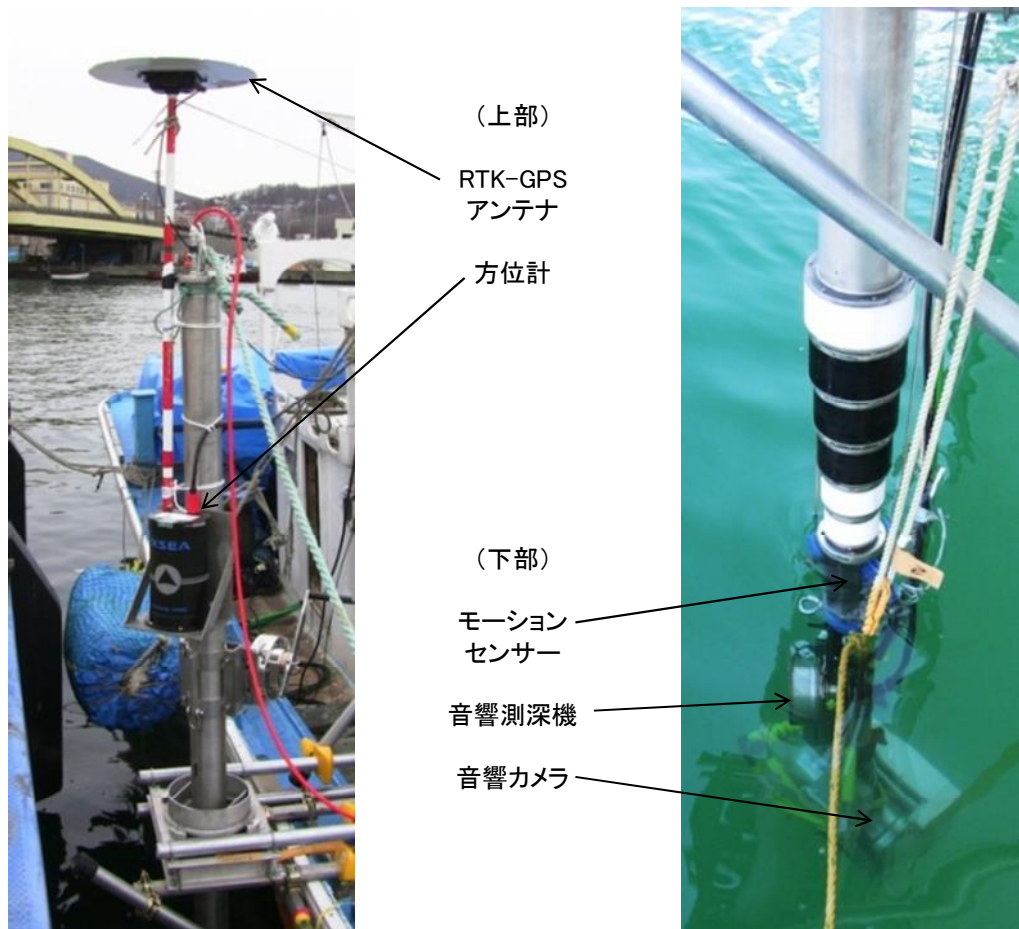


写真-4 各計測機器類の取付状態

2.6 撮影試験（平成 20、21 年度）

平成 20、21 年度に撮影試験を実施し、架装装置の振動、モザイク図の分解能及び位置精度について確認した。

2.6.1 架装装置の評価

架装装置は、岸壁面水中部全体を効率よく撮影するために試作した伸縮式のポールである。過年度の現地試験では-8.5m 以深の深水部を撮影した際ポールに振動が発生したため、艀装用架台を試作し、ポール取付座の補強を行っている（写真-5）。

現地試験では、振動対策の効果を検証し、実運用時の注意事項を取りまとめた。

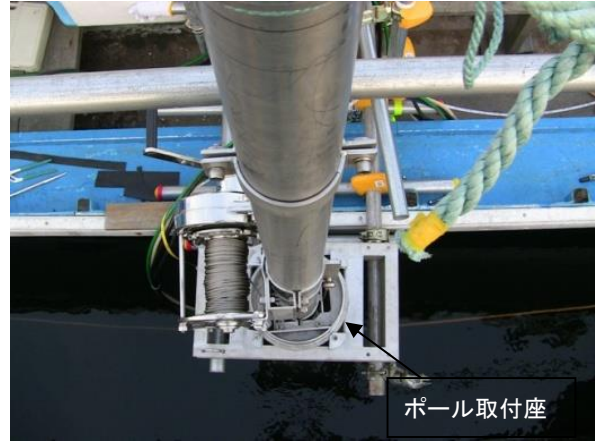


写真-5 架装装置の改造

艀装用架台の試作（左）、ポール取付座の補強（右）

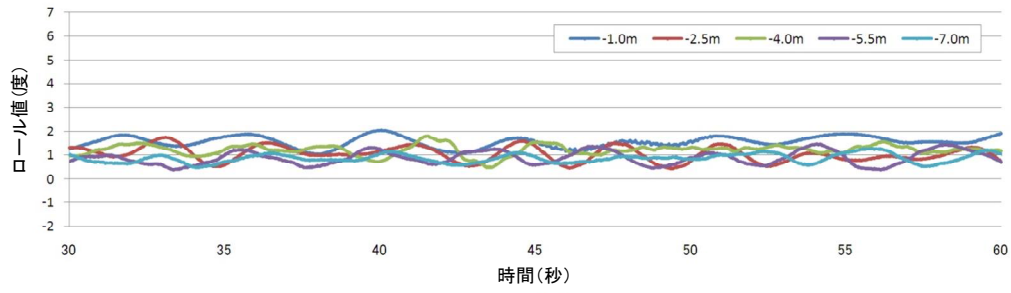
これまでの現地試験において、各水深で音響カメラ近傍の振動の計測、及び画像解析ソフトウェアによるモザイク図の作成を行った。

図-13、14 は音響カメラ近傍の振動を計測した結果である。

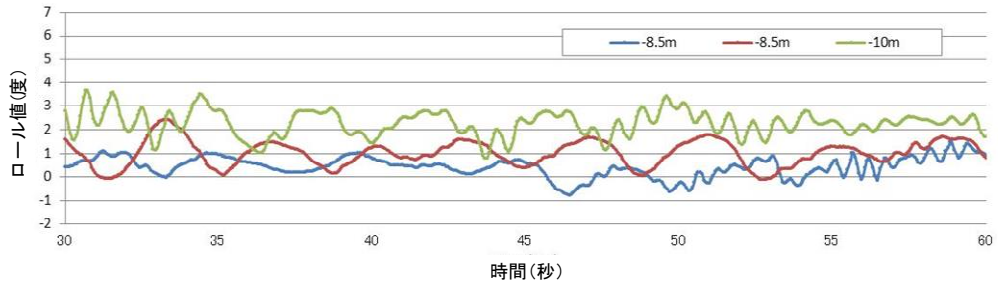
音響カメラ位置の水深が-1.0m、-2.5m、-4.0m、-5.5m、-7.0m では振幅の小さい振動が僅かに計測されただけで画像解析ソフトウェアによるモザイク図作成には支障はなく、-8.5m、-10.0m でも振幅のやや大きな振動が計測されたがモザイク図作成に問題はなかった。以上より、通常船速（1kt）では-10.0m 迄の水深でモザイク図の作成が可能である。

次に、撮影調査の効率化を目的として船速を2倍（2kt）とした試験を実施した。音響カメラ位置の水深が-1.0m、-2.5m では、通常船速（1kt）の場合と状況は変わらなかったが、-7.0m では、周期が短い振動が連続的に計測され、画像解析ソフトウェアでの処理作業に影響があった。

また、音響カメラは時間差のある多数のビームを使って画像を作成しており、移動しながらの撮影を行うことで画像に歪みを生じ、船速を2倍とした場合に特に分解能が低下した。以上より、1ktを通常速度として運用することが望ましく、撮影結果も概ね良好であった。

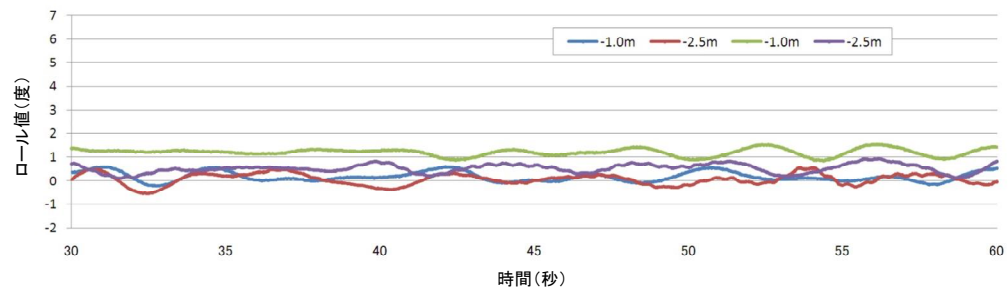


音響カメラ近傍の動揺データ例(船速1kt、水深-1.0m、-2.5m、-4.0m、-5.5m、-7.0m)

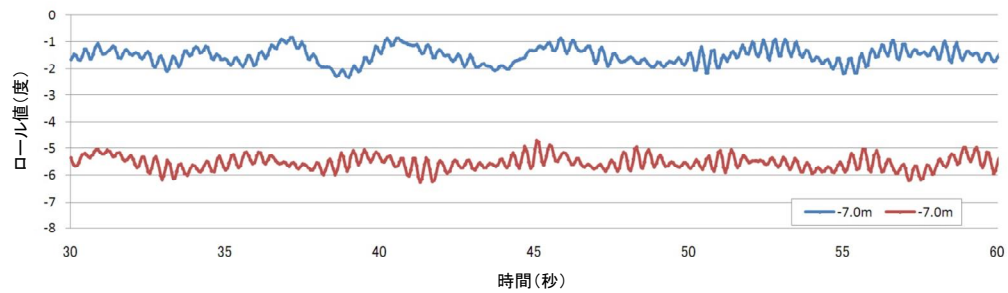


音響カメラ近傍の動揺データ例(船速1kt、水深-8.5m、-10.0m)

図-13 音響カメラ近傍の振動



音響カメラ近傍の動揺データ例(船速2kt、水深-1.0m、-2.5m)



音響カメラ近傍の動揺(船速2kt、水深-7.0m)

図-14 音響カメラ近傍の振動

架装装置（及び艀装用架台）の試作、改造、検証を実施し、船速 1kt でカメラ位置水深-10.0m 迄の撮影が可能となった。

次に、これまでの現地試験により、ポールの振動の要因として以下が考えられるため、実運用時の船舶の選定時には注意が必要である。

- ・ポールへの機器類の取付状況は航行方向に対し左右対称ではないため、水流抵抗を大きく受ける。
- ・ポールの艀装位置が船体前部に限定されることが多く、船首からの水流を直接受ける。また、船体後部ではスクリューによる気泡が撮影に影響する。
- ・船舷の形状によっては、艀装用架台の取付が不安定となり、船体側に加工が必要な場合もある。
- ・波面から加わる力を考慮すると、取付座とポールの喫水部との距離は短い方が望ましい。

また、艀装用架台は小型船に対応するよう設計しており船幅が 3～6 m の範囲で対応可能である。しかしながら、時期や場所によっては使用可能な船舶に限られるため、上記のように艀装しづらい船舶の場合、船体側に加工が必要な場合も考えられる（写真－6）。



写真－6 艀装用架台設置 平成 21 年度（左）、平成 22 年度（右）

2.6.2 分解能、位置精度の確認

撮影試験により取得したデータより、モザイク図を作成するにあたり、分解能、位置精度を確認するため、予めコンクリート平板表面にクラックを疑似再現した供試体を製作し、各水深で岸壁面水平方向同位置に設置した（図－15）。

分解能の確認方法は、供試体とその撮影画像を比較した。また、位置精度の確認方法は、撮影試験時に各撮影水深で同位置に設置した供試体が、作成したモザイク図において、左右（水平）方向に撮影された範囲とした。

撮影画像の分解能は、供試体の撮影画像と疑似クラックの比較から、約 3cm の分解能を確認しており、

潜水士の目視による判断程度を確保している。

また、モザイク図作成における個々の撮影画像の位置関係について、位置精度は 10～20cm 程度となった。

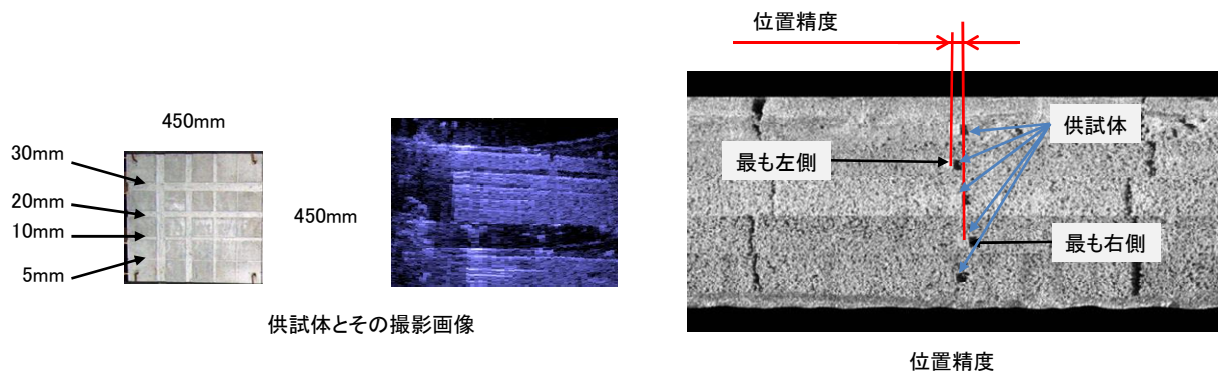


図-15 分解能、位置精度の確認

以上より、音響カメラを用いて撮影した画像の分解能は、潜水士の目視による判断程度を確保しており、港湾及び漁港施設における水中構造物の健全度診断において、音響カメラを使用した点検手法は有効である。

この点検手法は、港湾及び漁港施設における現地調査項目のうち本体工水中部の目視調査に適用できる（表-1）。

表-1 現地調査項目（例：「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」による）

施設種別	点検施設／点検項目		点検方法
重力式係船岸	本体工	コンクリートの劣化、 損傷	目視調査 ・ひび割れ、剥離、損傷 ・鉄筋露出 ・劣化の兆候

2.7 施工フロー

これまでの撮影試験で本技術を用いた水中構造物点検の施工フローを確立した（図-16）。また、作業状況を写真-7に示す。

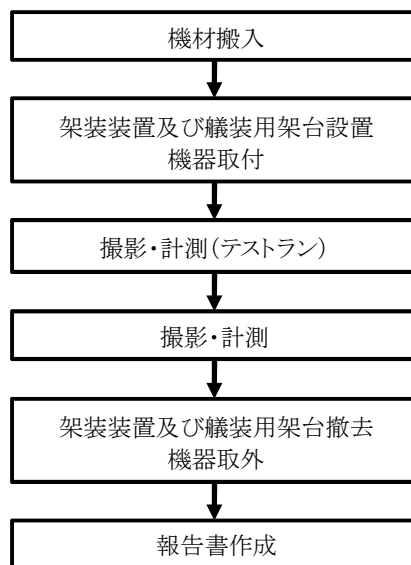


図-16 本技術を用いた水中構造物点検の施工フロー

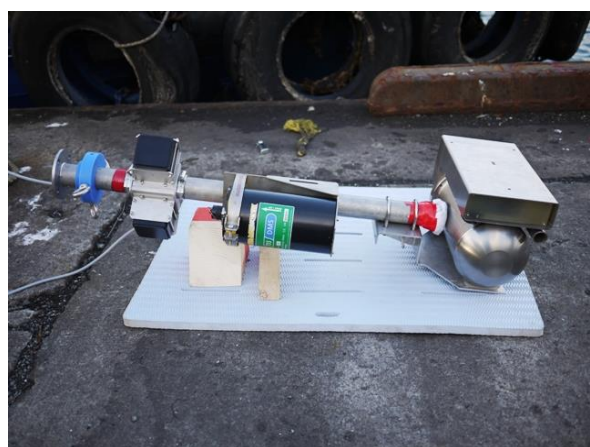


写真-7 艀装用架台組立 (左上)、架台設置 (右上)、機器取付 (左下)、撮影計測 (右下)

2.8 現地での適用性確認試験（平成 22 年度）

前述の調査方法にて、実運用を見据えた現地試験を国土交通省北海道開発局稚内港湾事務所の協力を得て実施した（図-17、18）。現地試験では撮影方法及び架装装置の評価を行い、また、本技術と従来の点検方法との調査費の比較を行い、また、データ管理システムを作成した。

過年度からの現地試験も含め、確認・検討事項は以下のとおりである。

- ・潜水調査と撮影調査の結果
- ・調査費の比較
- ・運用後の成果品管理（データ管理システムの作成）

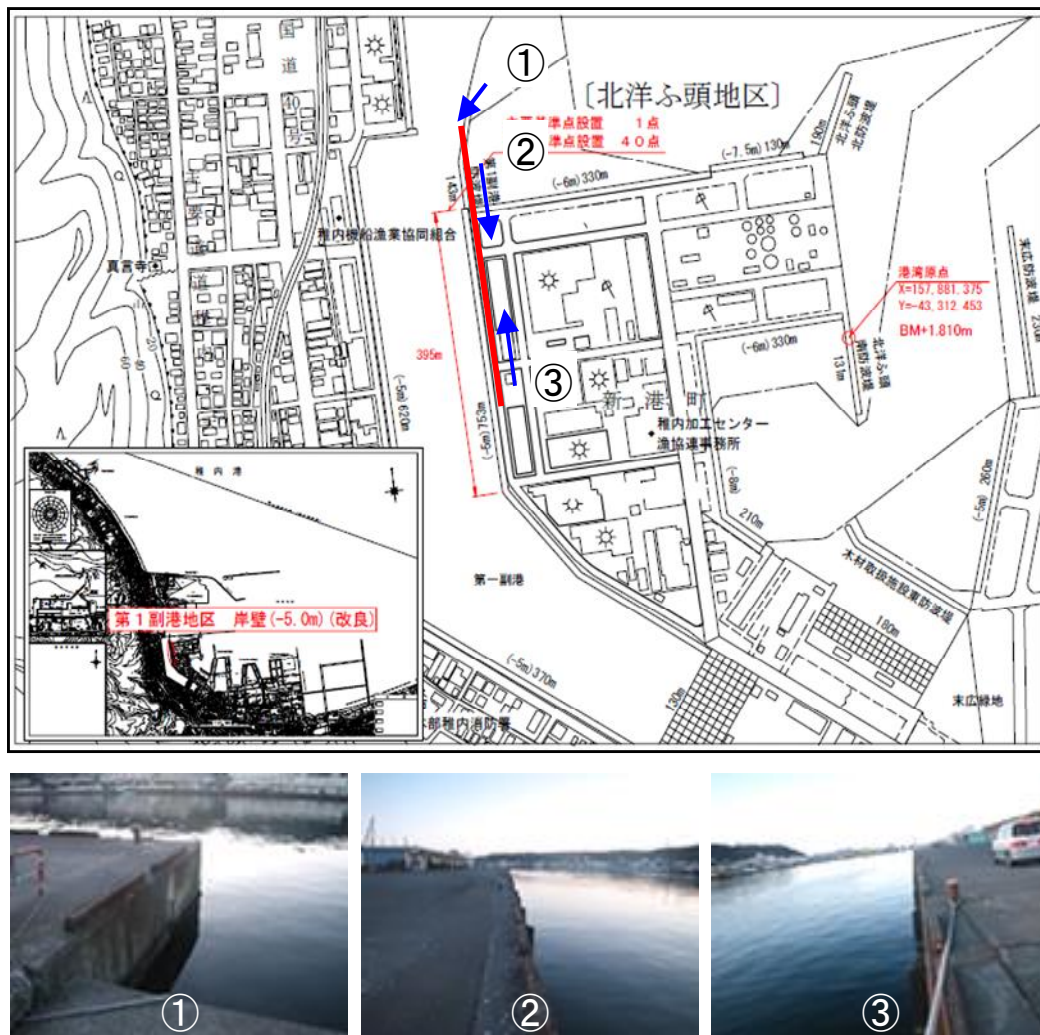
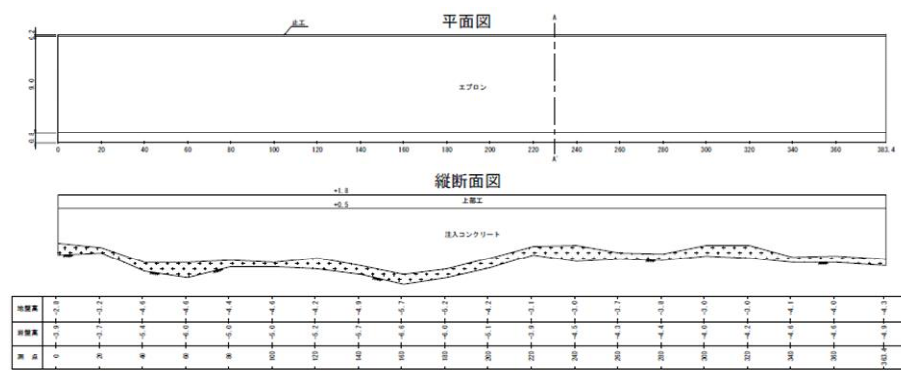
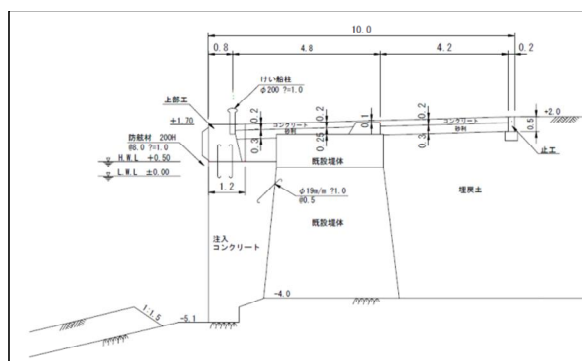


図-17 実施箇所（稚内港第1埠頭地区岸壁（-5.0m））



平面図(上)、縦断面図(下)



横断面図

図-18 平面図、縦断面図、横断面図

2.8.1 潜水調査と撮影調査の結果

潜水調査による点検結果を写真-8 に、モザイク図を使用した点検報告書(案)を図-19 に示す。

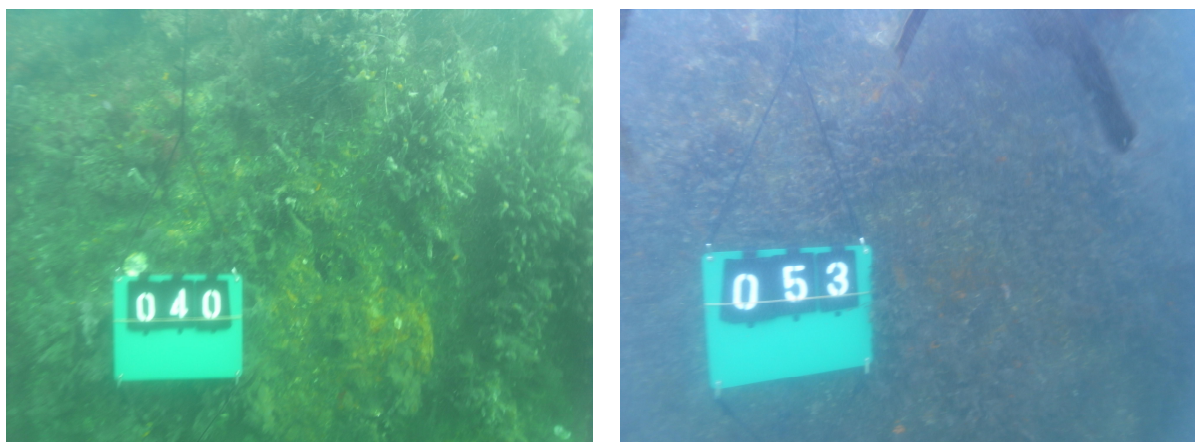


写真-8 潜水調査による点検結果

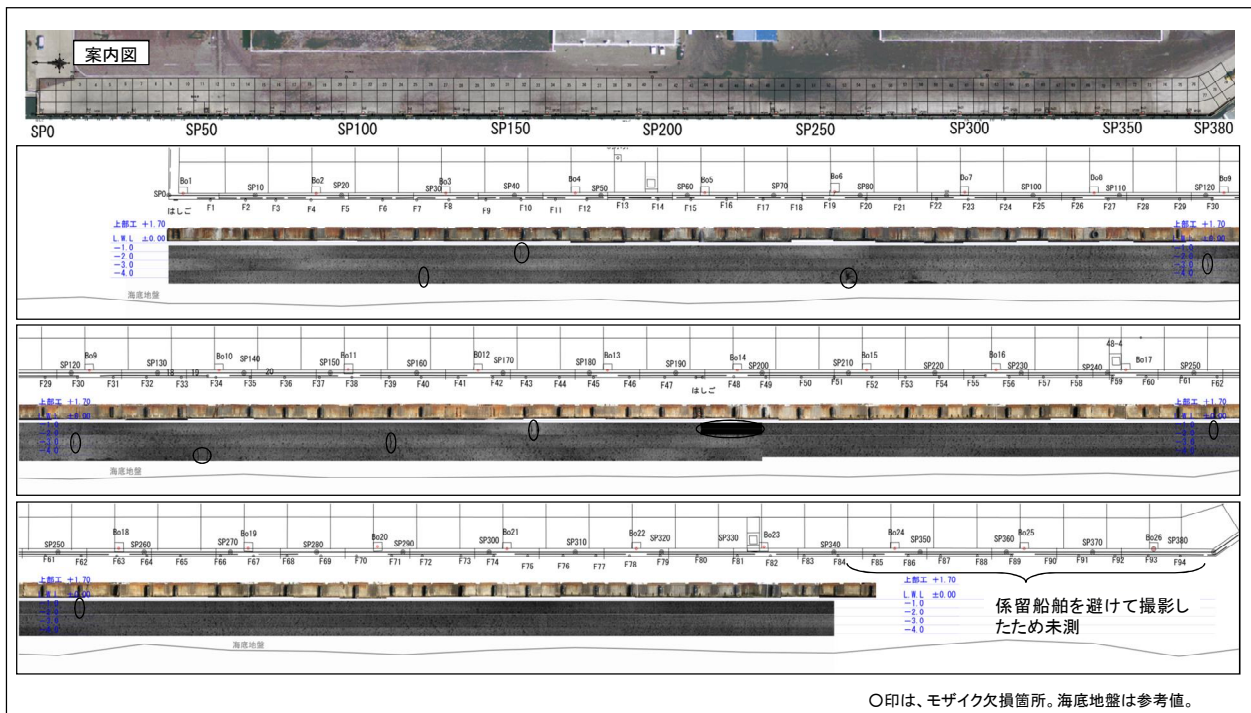


図-19 モザイク図を使用した点検報告書（案）

2.9 調査費の比較²⁾

2.9.1 日当たり撮影面積

国土交通省の積算基準（暫定案）※によると、従来の標準的な点検作業では、潜水士 2 人で約 1,200m²/日の調査面積となっている。

本技術を用いた場合の日当たり撮影面積の算出については、終日撮影を実施した平成 22 年度現地試験（11 月 24 日 作業時間：8:00～16:00）のデータを参考とした。

当日の撮影パターンを図-20 に示す。撮影・計測は約 180～200m 単位で行い、撮影・計測と回送を繰り返す。途中で、前方・後方撮影などのため撮影方向（音響カメラの向き）の切り替えを行った。

※維持管理計画書策定のための現地調査費（暫定案）：国土交通省

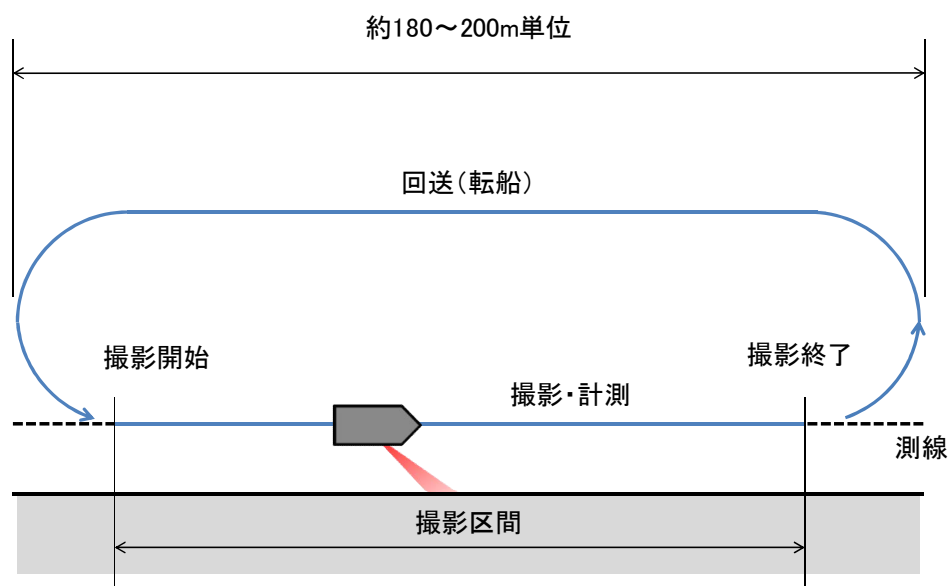


図-20 撮影パターン

なお、撮影速度は1ktを目標とし、回送時も架装装置への負荷を考慮し同程度の速度で航行した。また、撮影カメラ位置の変更は回送時に行った。

現地試験では図-19の測線に沿った撮影を17回(有効回数)行い、カメラの撮影方向を4回変更した。撮影形態を表-2に示す。

これらより撮影面積を試算すると、1回の撮影で225 m² (H 1.5 m×W 150 m) となり、17回の撮影で約3,800 m² となった。

表-2 撮影形態

	開始時刻	終了時刻	撮影時間 (秒)	距離 (m)	カメラ 方向 切換え 時間 (分:秒)	有効 回数	備考
1	9:00:24	9:04:25	241	180		◎	
2	9:09:33	9:13:11	218	180		◎	
3	9:18:25	9:20:05	100	180		◎	
4	9:24:20	9:27:20	180	180		◎	
					17:52		
5	9:45:12	9:49:10	238	180		◎	
6	9:52:08	9:53:21	73	180			
7	9:53:22	9:55:35	133	180			
8	10:01:52	10:06:29	277	180		◎	
9	10:14:16	10:18:54	278	180		◎	
					71:59		
10	11:30:53	11:35:03	250	180		◎	
11	11:40:00	11:44:10	250	180		◎	
12	11:49:33	11:54:13	280	180		◎	
13	12:03:00	12:07:02	242	180		◎	
					123:56		
14	14:10:58	14:16:25	327	200		◎	
15	14:19:17	14:21:33	136	200			
16	14:28:44	14:34:35	351	200		◎	
17	14:43:01	14:49:09	368	200		◎	
					13:11		
18	15:02:20	15:08:08	348	200		◎	
19	15:15:41	15:21:36	355	200		◎	
20	15:29:52	15:35:24	332	200		◎	

但し、海象条件や航行状況、架装装置の振動などの影響で撮影画像や計測データが後の画像解析装置での処理に適さないと判断される場合は再測を行い、これらの時間的損失で撮影面積は減少する。

2.9.2 調査費の比較

従来の点検方法（潜水調査）と本技術（撮影調査）の調査費を比較した。

・潜水調査

潜水調査は国土交通省の積算基準（暫定案）より「付着物除去を伴わない潜水調査」から施工費を算出した。

・撮影調査

図-16の施工フローに従い調査費を算出した。

計画準備、事前協議については従来の点検方法に準ずるが、報告書作成においては、画像解析装置を使用するため、データ解析・整理等の労務費を加えた工数とした。

機材運搬は、比較のため、調査会社が所在する最寄りの都市から調査現場までの運搬距離を最短に設定した。

現地調査では、労務工数は現地試験での実績値を採用し、機械経費は損料計上とした。

・比較結果

調査面積当りの直接業務費を比較した結果を図-21に示した。

撮影調査においては、架装装置・艀装用架台設置（撤去）、機器取付（取外）、撮影・計測（テストラン含む）といった撮影1回当りに必要な費用（固定費）は割高だが、撮影1日当りの調査面積が大きいため、調査面積が約12,000m²以上であれば全体的な施工費は安価となる試算となった。

また、調査面積当りの現地調査所要日数を比較した結果を図-22に示した。調査面積が小さい場合（約5,000m²以下）は潜水調査の所要日数は少なくて済み、調査面積が大きいくほど（約5,000m²以上）撮影調査の方が短期間で済むことになる。

潜水調査は、潜水土、機械共に現地での雇用・調達が可能場合は、小規模な調査に適しているといえる。

調査現場が遠方の場合、架装装置や機器が現地調達できないため、事前に運搬費等と撮影面積を考慮した上で調査方法を選択する必要がある。

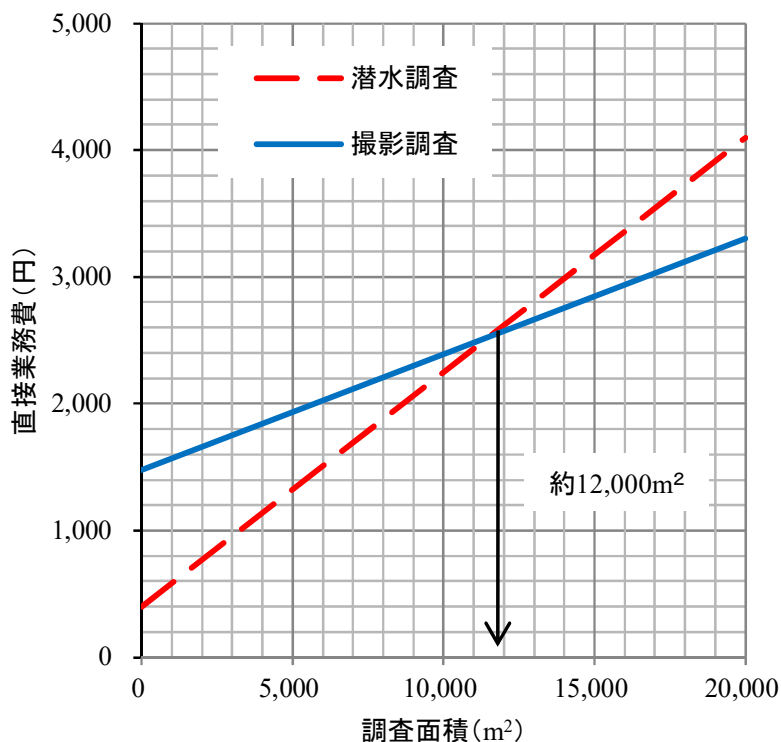


図-21 調査面積当りの直接業務費

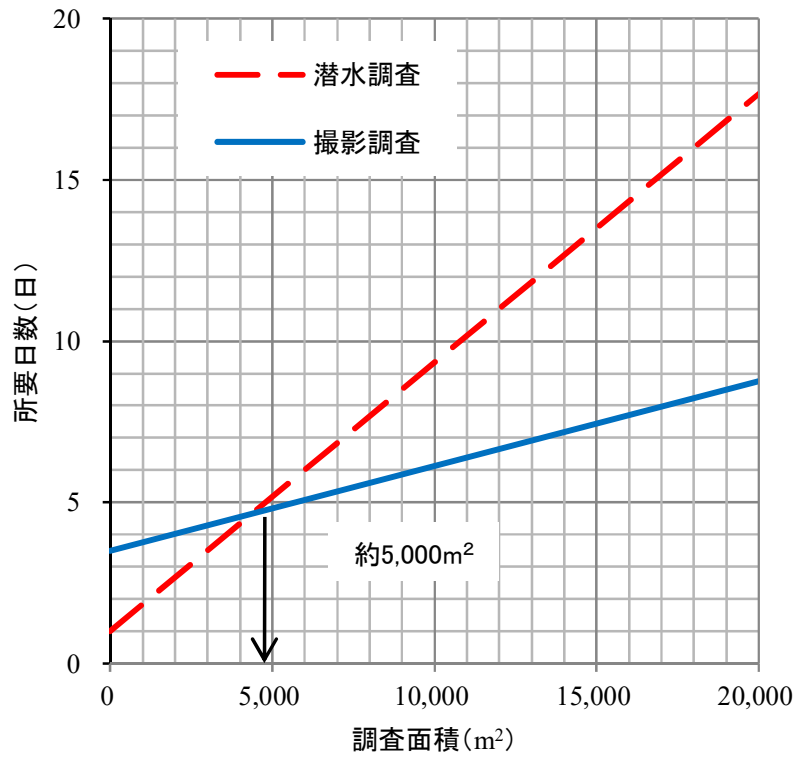


図-22 調査面積当りの所要日数

2.10 その他検討事項

2.10.1 撮影補助

各撮影水深部を水深（鉛直）方向に位置合わせする際が目印が必要となるため、撮影調査の補助作業として、陸上から先端に錘を取り付けたロープ（φ30mm）を係船柱（約 15 m 間隔）に固定し海中に投入した。

また、陸上部の目視点検も船上から可能であり、この場合、陸上部撮影（光学式カメラ）を補助するため、セーフティーコーンを一定間隔で設置した（写真-9）。



写真-9 ロープ投入、セーフティコーン設置

2.10.2 前方・後方撮影の有効性について

前方・後方撮影は、被写体の同一箇所を違った角度から撮影することで、変状の発見を容易にするものである。また、岸壁隅角部への撮影にも有効である。

今回の撮影試験では前・後両方向からの撮影結果に差異は無かった。通常時の変状箇所抽出においては撮影時間の短縮のため、一方向（前方または後方）からの撮影のみ行う。（写真-10）。

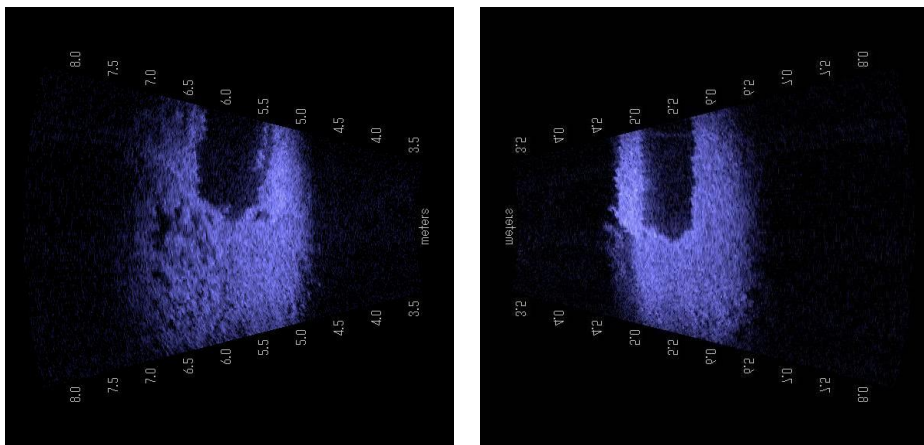


写真-10 供試体の撮影（前方撮影（左）、後方撮影（右））

2.11 データ管理システムの作成

港湾構造物の水中部劣化診断において、音響カメラ等が取得したデータから作成したモザイク図、及びCADデータとして作成された変状図の管理・閲覧を行うソフトウェアを作成した。

これは、各種調査報告書（帳票）作成の支援や、水中構造物の経年変化の把握を可能とし継続的な施設

の維持管理を実現することを目的としている（図-23）。

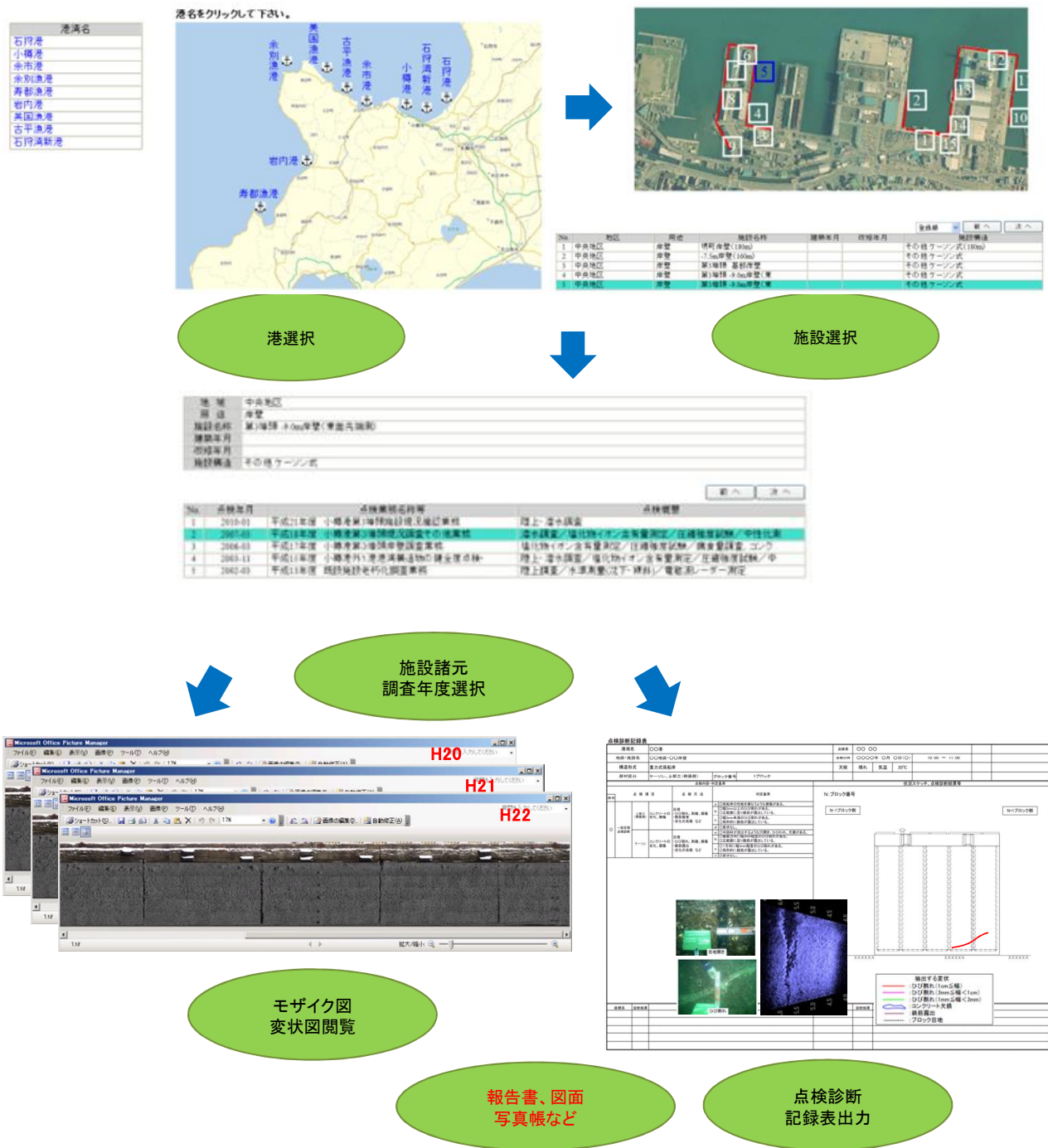


図-23 データ管理システム（利用画面）

本システムの運用範囲は港湾を管理する事務所等を単位とし、事務所等で同時に各個人用端末で閲覧可能である。管理用端末は、事務所等の既存 PC を利用し DB ソフトウェア、WEB サーバソフトウェアを

構築し、その他ソフトウェアも含め、いずれもフリーウェアで配布可能なもので構成した。また、これらは他の事務所等でも容易に適用可能なシステムとした（図-24）。

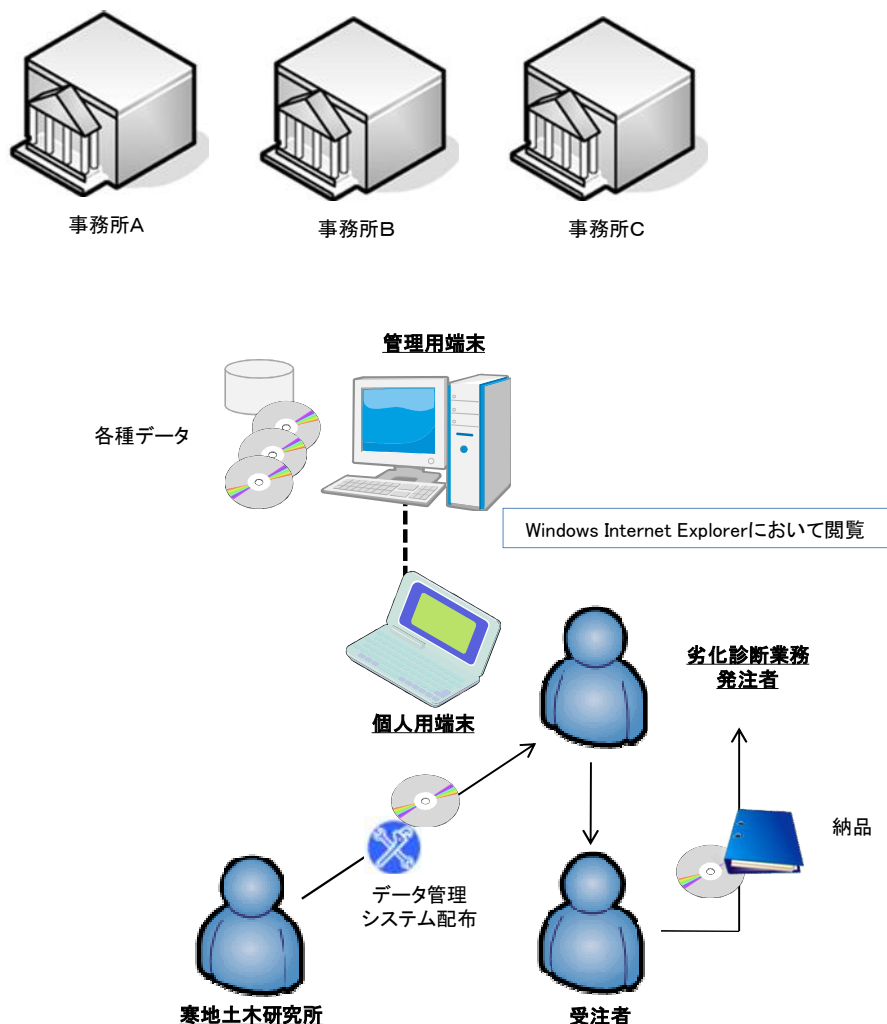


図-24 データ管理システム（システム概要）

2.12 まとめ

本研究において、水中部劣化診断システムの現場適合性を確認した。

潜水士の目視観察に替わる撮影画像の分解能は約3 cm となり、潜水士の目視程度以上であると判断した。また、モザイク図の位置精度は10～20 cm 程度であり、変状箇所的位置確認に支障はないと思われる。

この他、潜水調査では陸上部、水中部を含めた施設全体の画像化は困難であるが、本システムを用いることにより画像化が容易となった。

以上より、本技術は港湾及び漁港施設における水中構造物の一次点検手段として有効であり、これによ

り異常箇所抽出が可能となる。

施工費を試算した結果、本技術は撮影 1 回当りに必要な費用（固定費）が割高であるが、撮影 1 日当りの調査面積が大きいことから、調査面積が大きければ全体的な施工費は潜水調査に比べ安価となる試算となった。

今後の検討課題として、調査費の低コスト化が必要である。例えば、調査全体に対して撮影・計測においては機器類の損料が占める割合が大きく、機械損料を低減する方策として方位計を GPS 装置のオプション機能で代用するなどの低コスト化が考えられる。

固定費については、艀装用架台は種々の船舶への対応が困難なことから、組立・設置に労務を要しており、組立方法の簡素化や艀装方法を事前に検討をするなどして設置時間の短縮は可能と考える。

3 カ年の現地試験を通して、各計測センサーを使用した取得データの解析手法を確立し、全体システムの性能要件を作成した。また、港湾施設における本技術の現場適合性を確認している。今後は、河川・ダム分野など、他分野での展開も望まれる。

3. 鋼矢板式岸壁点検装置の開発

3.1 背景

鋼矢板式岸壁を点検するため、水中部の腐食・劣化を潜水士に頼らず、簡易に点検できる装置の開発を行った。

開発した鋼矢板式岸壁点検装置は、探触子（SH波、SV波）、ケレン機構を備え、傾斜センサー、作業確認カメラによりバックホウ運転室から装置制御を可能としたバックホウ・アタッチメント部に取付可能な装置である。

そして、この鋼矢板式岸壁点検装置を用いて、室内、陸上フィールド及び現地（実海域）にて、測定試験を実施したので報告する。

3.2 点検装置の開発目標

本点検装置は、鋼矢板式岸壁の腐食が大きいとされる以下の箇所についての状況把握を目標とした。

港湾鋼構造物防食・補修マニュアル（改訂版）（平成9年4月、財団法人沿岸開発技術研究センター）では、「腐食した鋼材表面には、平均的に腐食が進行した平坦な部分と、大小の局部腐食が多数点在している部分があり、鋼材の健全度評価の精度を上げるためには、局部腐食による肉厚減少を調査し、局部腐食の実態を調査することが重要である」とされ、「鋼材の腐食の激しい部分は、H.W.L.付近以上の飛沫帯および平均干潮面付近～L.W.L.付近の部分である」としている。また、「水中で観察すべき水深は L.W.L.～2m 程度までが目安」として示されている。³⁾

また、港湾鋼構造物の一般的な腐食環境としては、腐食速度の標準値（港湾鋼構造物防食・補修マニュアル、平成9年）（表-3）や深度別の肉厚測定（海洋鋼構造物の腐食と防食対策、2002）（図-25）から、水面下から-1.0mまでの範囲が特に厳しい状況にあるとされている。

これらから、開発する装置は下記の状況を検出可能であることが必要である。

- ・腐食の形態：腐食孔、全面腐食・局部腐食
- ・腐食の位置：水上～L.W.L.-2m程度（または、防食塗装下端から2m程度まで）
- ・腐食の深さ：目安として3mm以上（または、経過年数×腐食速度）

表-3 港湾における鋼材の腐食速度の標準値

腐食環境	腐食速度 (mm/y)
1) H.W.L.以上	0.3
2) H.W.L.~L.W.L.-1.0m	0.1~0.3
3) 海水中	0.1~0.2
4) 海底土中部	0.03
5) 背面土中部	
a. 残留水位より上	0.03
b. 残留水位より下	0.02

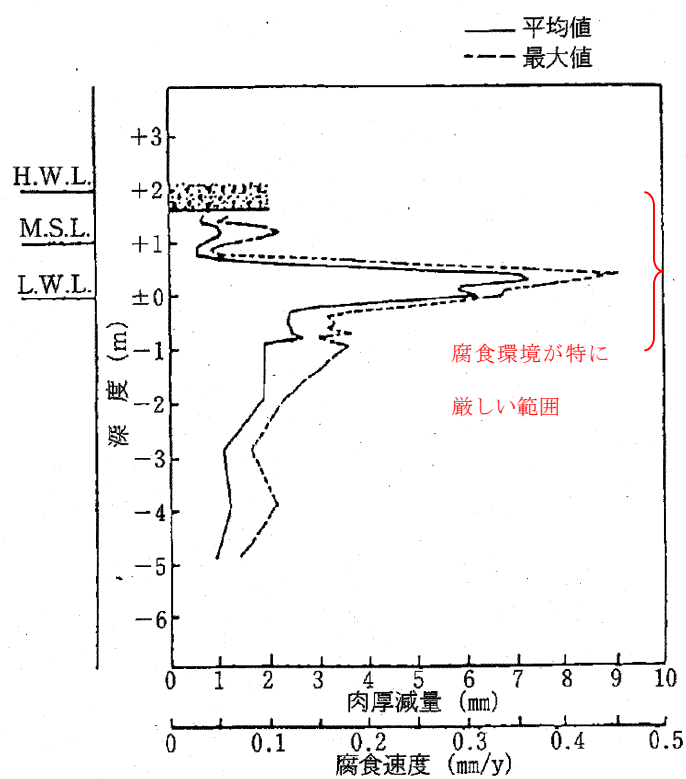


図-25 鋼管杭の深度別肉厚測定及び腐食速度

3.3 運用可能な点検技術の検討^{4), 5)}

既存の非破壊検査方法について、本装置への適用の可能性が高い技術について検討を行った。

鋼矢板式岸壁の腐食検査への適応条件を、表-4 の①~⑨とし、既往文献等を使って机上検討により適応性を判定した結果を表中に示す。

表-4 適応条件に対する非破壊検査法の適応性

適応条件		非破壊検査手法													
		写真撮影法	打音法 反発硬度法	超音波法 (SH波)	電気化学的 方法※1	赤外線法	弾性波 (衝撃)法	レーダ法	電磁誘導法	放射線法	A E法	レーザ法	渦流探傷法 ※2	磁粉探傷法	浸透探傷法
①	検査精度として詳細な結果は必要とせず、健全、腐食（小、大）程度の判定が可能	△	×	○	○	×	△	×	○	○	×	△	○	×	×
②	ダイバーを必要とせず遠隔操作にて実施可能	○	×	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	×
③	水中で背面に土砂が充填されている構造物が対象	○	×	○	△	×	△	○	○	×	△	○	○	×	×
④	簡易的かつ専門技術者を必要としない検査	○	○	△	△	△	△	△	△	×	△	△	△	×	○
⑤	表面に貝殻等の付着物が貼り付いていても可能	×	×	○	×	×	○	×	△	○	×	×	△	×	×
⑥	鋼矢板からある程度の離隔を確保して検査可能	○	×	○	○	○	○	○	△	○	×	○	×	×	×
⑦	送・受端子と検査体との離隔に対して厳密な精度を求めない	○	×	○	×	○	○	○	○	○	×	○	○	×	×
⑧	波浪による影響を受けない検査	○	△	○	×	×	○	○	○	○	×	×	○	×	×
⑨	比較的短時間に広範囲で検査可能	○	△	○	△	○	○	○	○	×	×	○	○	×	×
適応可能性				有			有		有						

注) ○：良 △：比較的良 ×：難あり

※1：自然電位、分極抵抗法 ※2：電磁誘導法と同様

このうち、適応条件の全項目で「良」または「比較的良」を満たした3案を適応可能性有りと判断した(表-5)。そして、鋼矢板式岸壁の縮小モデルを製作し、腐食部検出の予備実験を行った。

この結果、超音波法(SH波)の有効性を確認した。

表-5 腐食部検出結果

	1案：超音波法 (SH波)		2案：弾性波(衝撃)法		3案：電磁誘導法	
	検出率		検出率		検出率	
1. 測定結果の評価	75%	△	0%	×	67%	△
2. 気中、水中の信号受信影響度	影響小	○	影響大	×	センサーの水密性を要す	△
3. 信号の伝播距離&範囲	1地点接触で全域を網羅	○	1地点打撃で近傍のみ把握	×	1地点接触で近傍のみ把握	×
4. 矢板1枚の測定箇所数、時間	1箇所、約1分	○	複数箇所、約5分	△	複数箇所、約3分	△
5. 付着物の影響度	影響小	○	打撃部の影響有	△	離隔等の影響大	×
評価	適応可					

注) ○：良、△：やや難あり、×：不良

※測定時には装置のセット等、事前準備時間は含まない。

3.4 探触子の検知能力の予備試験^{5)、6)}

超音波法（SH波）において、水中で背後から土圧を受ける測定環境下での探触子の検知能力について検証した。

3.4.1 探傷試験

図-26のように、上端を鋼矢板式係船岸の天端と見立てた鋼矢板①～⑩に、図-27、28に示す模擬腐食及び付着物を施し（①は腐食なし）、それぞれの鋼矢板に対し超音波法（SH波）での検知能力を検証した。各鋼矢板においては、矢板下端を±0.0m、上端を+2.0mとし、水面（W.L.）を+1.7mとし水を満たした水槽内に設置した。また、腐食位置を+0.7m、探触子位置を水面上として+1.8m、水面下として+1.35mの位置とし、2箇所から測定を行った。

上記の鋼矢板①～⑩について、探触子の周波数（1.0MHz、0.5MHz）及び設置位置毎の感度を測定した結果を図-29に示す。0.5MHz探触子が、20dB程度に感度を抑えることが可能であり、有効性が高い。

また、背後に土砂を有する条件下においても減衰は比較的小さく、大きな障害とはならないと考える。

しかしながら、腐食部の平面形状や断面形状が反射エコーに大きく影響し、②凸面50%腐食や⑩凸面50%円形腐食では検出が困難であった。

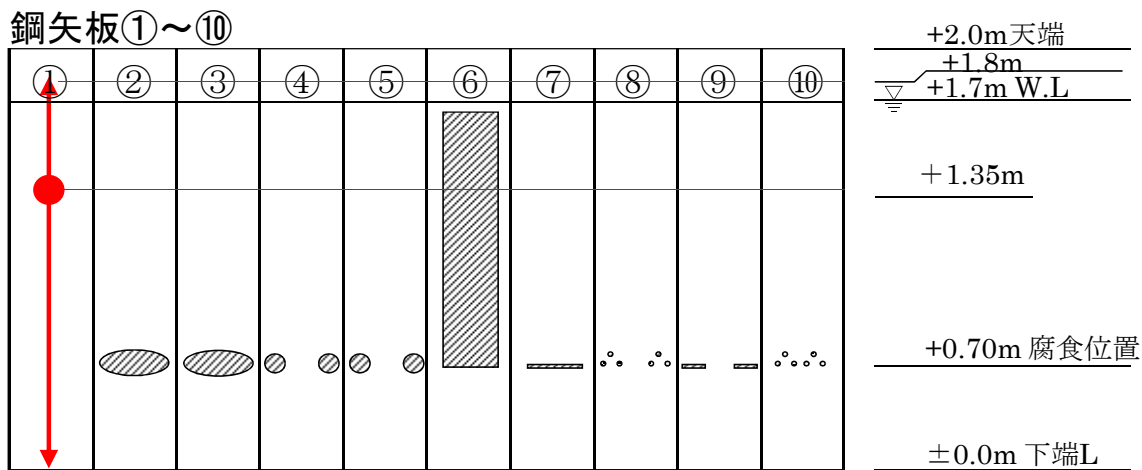


図-26 測定位置、模擬腐食等の位置

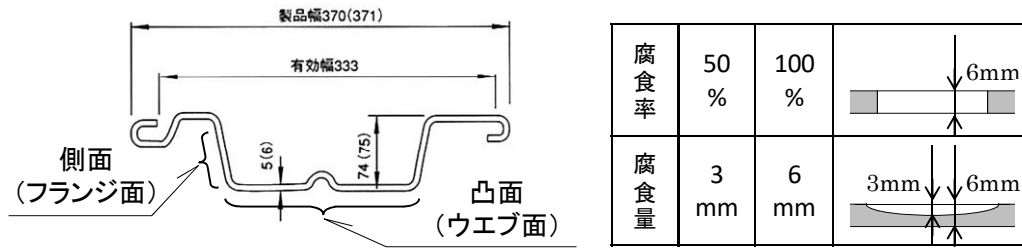


図-27 模擬腐食等の位置、腐食率



図-28 模擬腐食等の形態

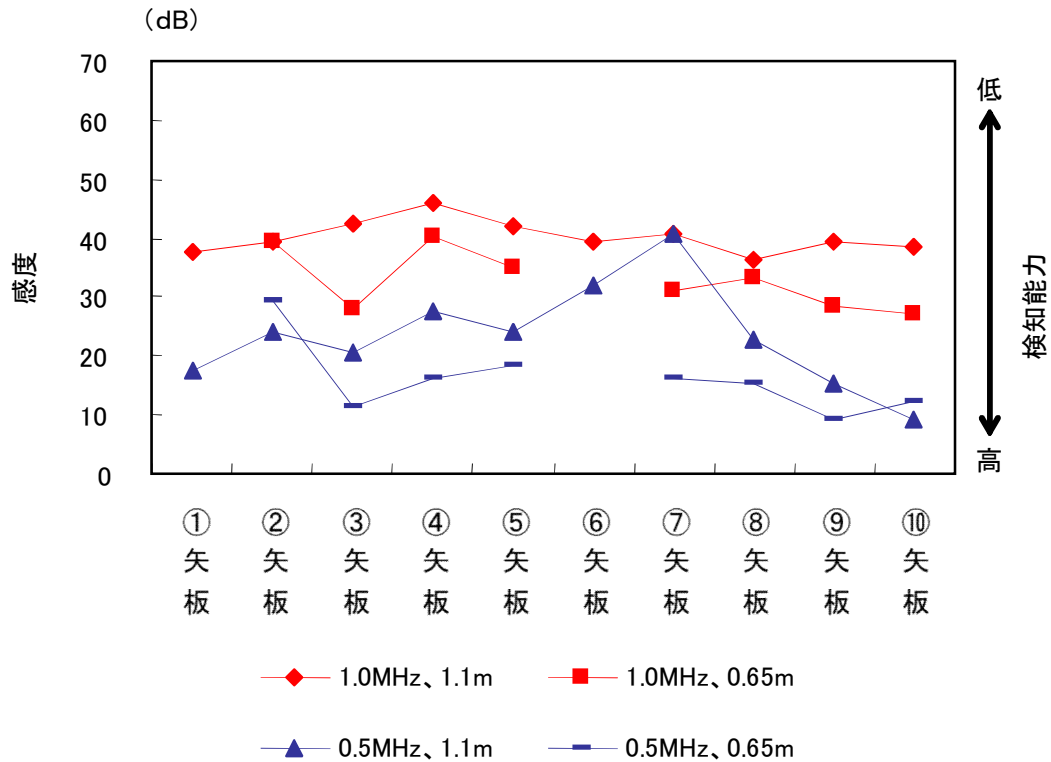


図-29 探触子位置別感度

3.4.2 探触子の大型化、複数化⁷⁾

検出が困難であった腐食への対応として、エコーの受信強度を向上させるため、探触子の大型化、複数化による超音波パルスの指向性向上を検討した。

距離 X における音圧 P_X の近似式を下記に示す。

ここで、 A_E は振動子の面積であり、面積の大きさに比例して、音圧が向上することになる。

$$P_X = \frac{A_E}{\lambda X} \cdot P_o$$

ここに、 P_X ; 距離 X における音圧

A_E ; 振動子の面積

λ ; 波長

P_o ; 振動子の接触部分の音圧

一方、指向角についても、振動子の直径が大きくなると指向角は狭くなる。

$$\phi_o = 57 \frac{C}{D_E' f} (\text{度})$$

ここに、 φ_0 ; 指向角

D_E' ; 斜角探触子中の振動子の見掛けの高さ

C ; 音速

f ; 周波数

探触子を複数とした場合には、振動子の面積の増加に比して感度の向上は期待されにくく、むしろ、それぞれの探触子の圧着や設置位置の管理などの作業性が低下し、現場への適応性は低いと判断される。大型化についても同様である。

そのため、探触子のインピーダンス調整により探傷器とのマッチングを行い、探触子単体の性能向上を図ることを検討することとした。

3.5 超音波法（SH波）の適応性の検証⁶⁾

3.5.1 点検方法

超音波法（SH波）による鋼矢板の点検方法は、探触子から発射した超音波を鋼矢板へ入力し、矢板表面付近を伝搬した超音波の反射エコーを探傷器により波形として取得することで、波形の形状から腐食の形態・位置を把握するものである。

一般的に、超音波法によって検査体を探傷した場合、きず（腐食）、底面（板端）の各エコーが得られ、不感帯が生じる（図-30）。

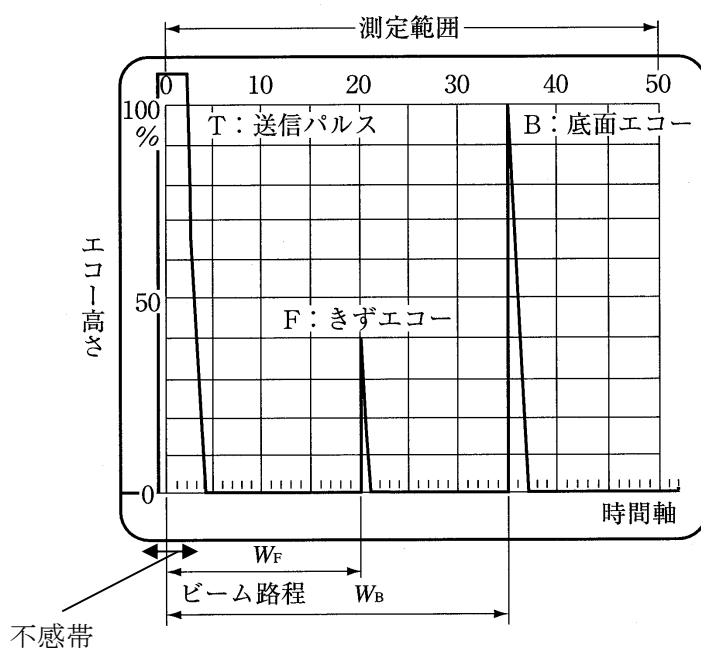


図-30 超音波探傷によるエコー⁸⁾

3.5.2 波形の特徴

超音波探傷試験において、評価対象とするきずエコーは、検出対象とするきずの寸法形状などによって変化する。

きずの形状が板の端面のように超音波の伝搬方向に対して垂直で、波長よりも十分に大きな場合には、送信波の多くが反射され、垂直に鋭く立ち上がったエコーが得られる。

一方、腐食の場合は、複雑な断面のため林状のエコーが無数に群立する特徴が共通して見られるが、エコーの高さや範囲、林状の数等は様々な形状を示す。

そのため、腐食については、エコー形状の腐食の種類による分類分けは困難である。但し、エコーの立ち上りの強さ、エコーの分布範囲、エコーの後の減衰の状況から、ある一定の目安となる特徴を想定することが可能と思われる。

3.5.3 基準波形の適用

探傷試験では、林状のエコーが無数に群立するため、波形データから腐食箇所を読み取るのは困難となる。そのため、きず（腐食）のない健全な鋼矢板（以下、サンプル矢板という）の基準波形を取得して腐食の判定ラインを設定することとした（図-31）。

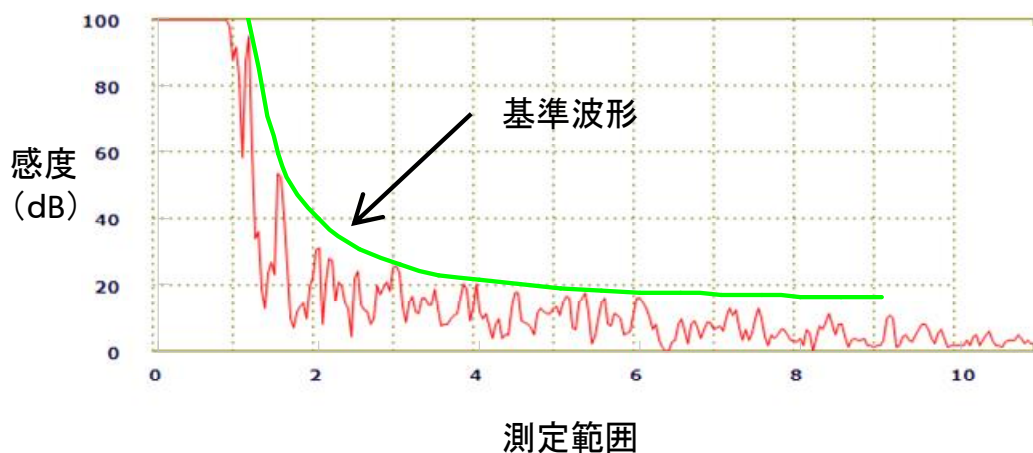


図-31 基準波形（例）

3.5.4 音波の伝搬に対する影響

鋼矢板に発生している腐食の超音波の伝搬に対する影響を確認するため、板厚（元厚）10.5mmで腐食形状（腐食量： t ）が異なる2種類の矢板について、平面音場を測定した結果を図-32に示す。

図中、矢板 A、B の上段は矢板面上の各位置における音の強さを色分けしたもので、探触子位置を基準としデシベル表示した。

矢板Aにおいて、探触子位置付近は $t=2\text{mm}$ 程度と比較的緩やかな腐食形態であり、それ以降の音の強さは比較的緩やかに減衰した。

一方、矢板Bのように探触子位置付近の腐食量が $t=4\sim 5\text{mm}$ 程度に集中する腐食形態では、それ以降、音の強さは急激に減衰した。

これらから、探触子付近の腐食条件（形態）が検知可能範囲に大きく影響することを確認した。

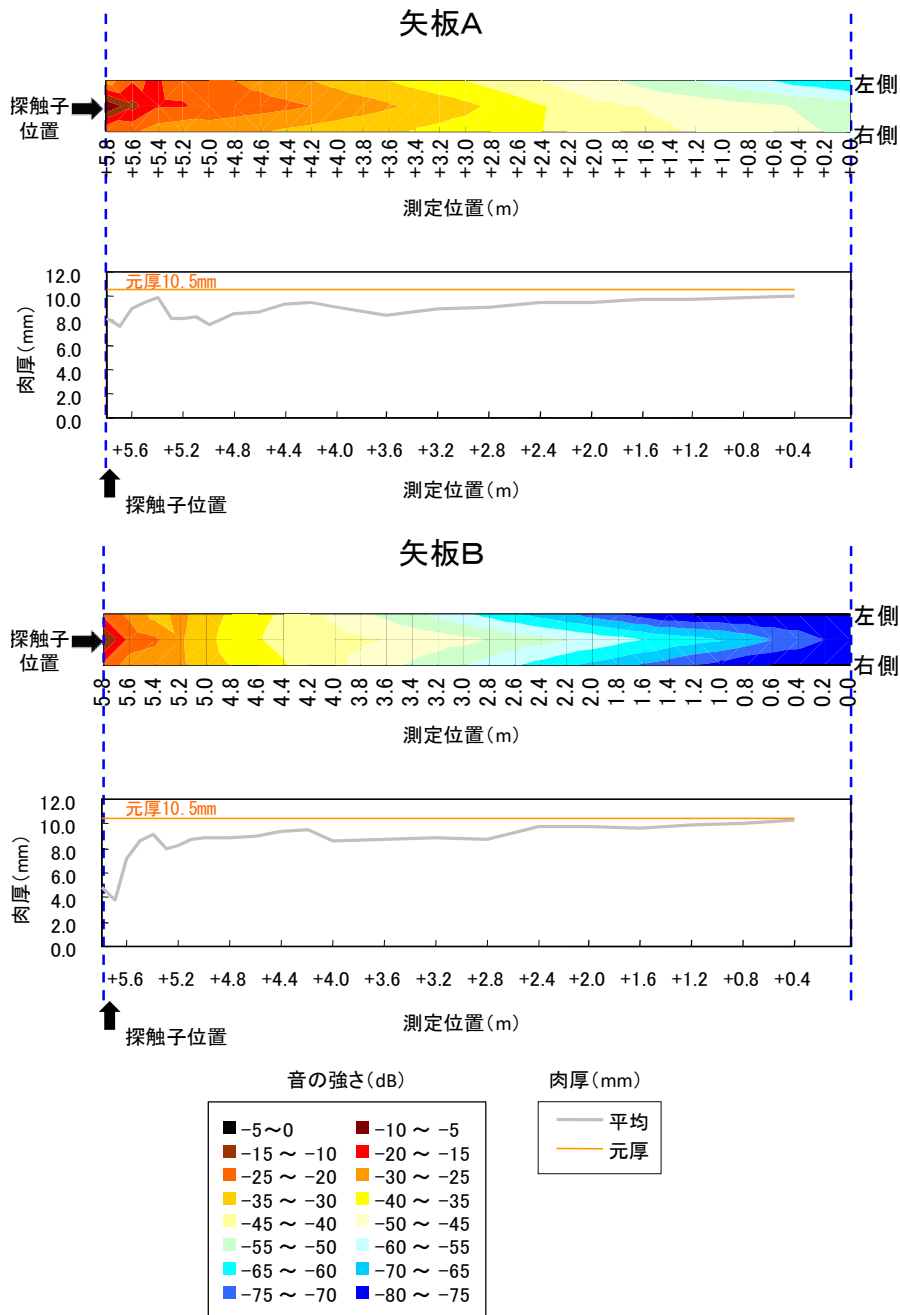


図-32 矢板A、Bの平面音場と肉厚

以上の結果を踏まえ、以後実施する現地試験では、現場矢板における超音波探傷に関して以下の点を考慮する必要がある。

- ・鋼矢板背面からの土圧、上載荷重、上部工の拘束、付着物、海水等の影響から、現場矢板はサンプル矢板に比べて感度が低くなることが想定される。

- ・現場矢板は腐食により探触子との接触面の凹凸が激しいため、超音波が入射されにくいことが考えられる。そのため、送信波の入波を確認できる機能（カップリングチェック）を組み込んだ探触子の試作が必要である。

- ・腐食エコーが不感帯内に重なり、腐食の検知が不能となることが想定されるため、接触部の板厚等を同時に確認する付加機能の追加が必要である。

- ・接触面の凹凸について、付着物の除去を目的としたケレン作業により接触面を平滑にすることで、良好な感度を得ることが可能であるが、作業による時間的な損失を踏まえると、ある一定の凹凸レベルを許容して感度補正を行うことが望ましい。

3.6 探触子の試作・調整

現地（実海域）試験で使用する SH 波探傷用探触子（防水型）を試作した（図-33）。本探触子は、カップリングチェック機能、板厚測定機能を付加している。

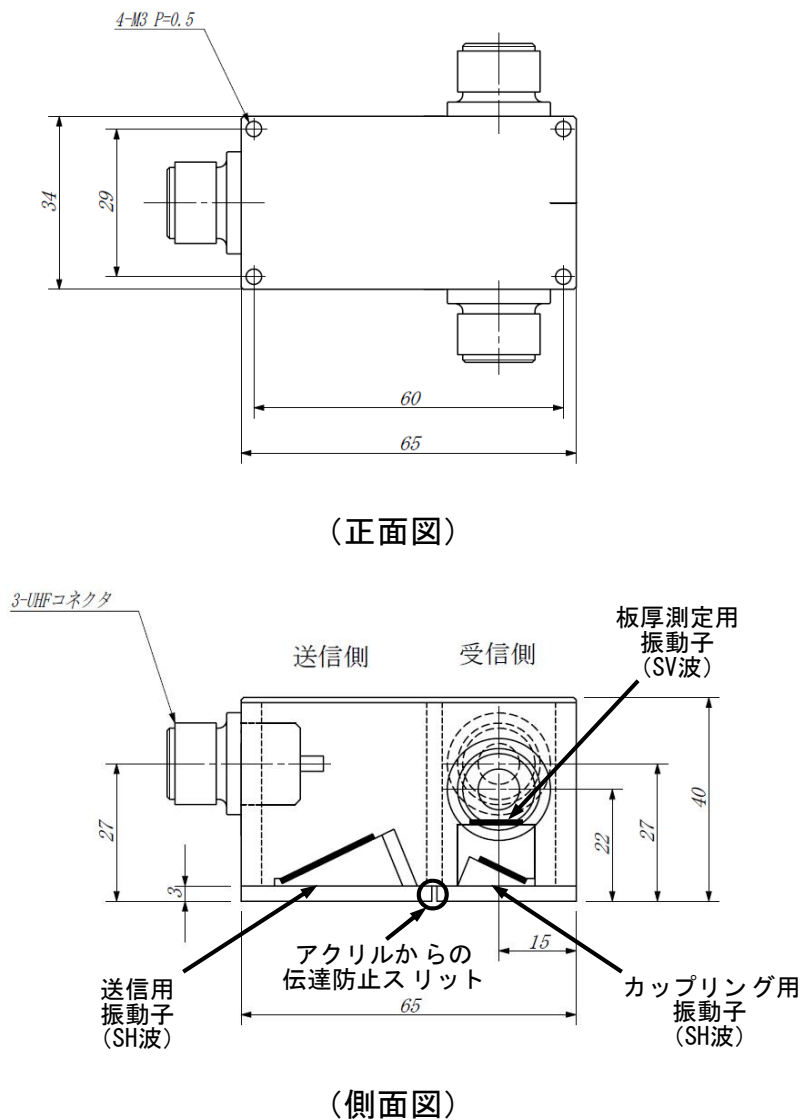


図-33 探触子外観図

また、探触子単体の性能向上を図るため、インピーダンス調整により探傷器とのマッチングを行う。その後、鋼矢板（Ⅱ型、Ⅱw型、Ⅲ型、Ⅲw型、Ⅳ型、Ⅳw型、Ⅴ型、Ⅵ型）の基準感度を設定する。

反射法等の手法により超音波探傷が可能な距離の把握を行う。

3.7 基準波形の設定と現地試験

3.7.1 基準感度、基準波形の設定（室内試験）

一般に、超音波探傷試験においては、必要な探傷感度をその都度調整しており、本件の室内試験においても板端からの反射エコーが80%となるよう感度調整を行っている。

しかしながら、現地（実海域）での基準感度設定では、鋼矢板端部からの反射エコーを期待できないため、以下の方法にて測定を行うこととした。

- ・室内試験で確認した透過法（カップリングチェック）における感度から、矢板の厚さ毎の基準感度（透過法）を設定する（図-34 表中①）。
- ・室内試験で確認したSH波試験（本測定）における感度から、矢板の厚さ毎の基準感度（SH波）を設定する（図-34 表中②）。
- ・現地で測定した感度（透過法）（カップリングチェック）と基準感度（透過法）の差 α を基準感度（SH波）に足して、現地で測定する感度（SH波）とする。

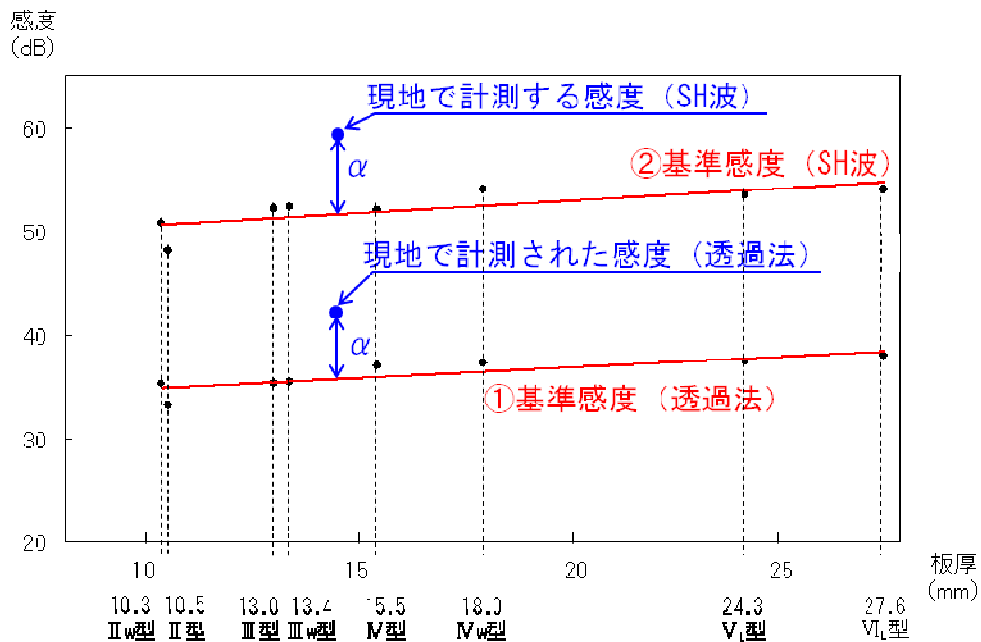


図-34 感度の設定方法

この方法で測定距離毎に、各鋼矢板に対する感度を平準化した基準感度を設定した。図-35にその一例を示す。

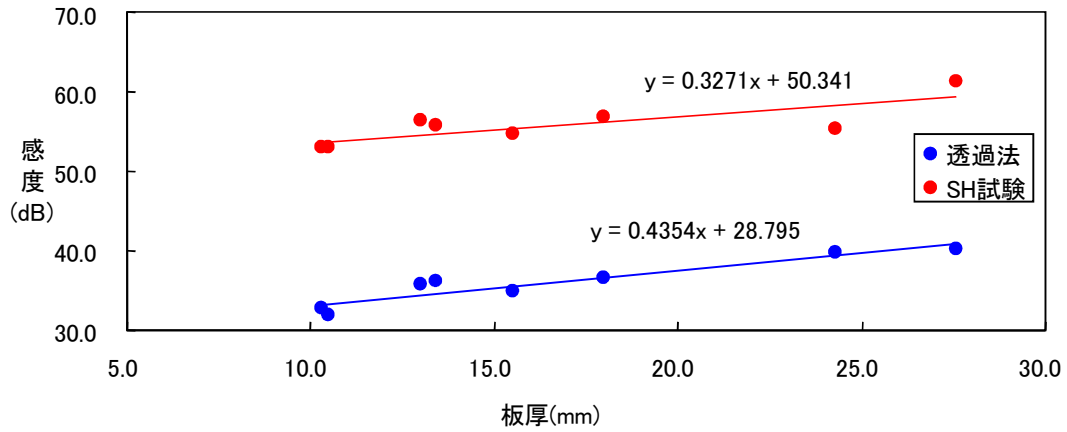


図-35 規格（厚さ）に関する試験（例）

（鋼矢板Ⅱ型（t=10.5mm） 測定距離 1.0m）

また、本試験にて得られた鋼矢板の規格毎、距離（レンジ）毎の基準波形（赤線）を作成した。その一例を図-36に示す。

以後、鋼矢板の腐食を判定する際には、これと重ね合せ判定を行う。

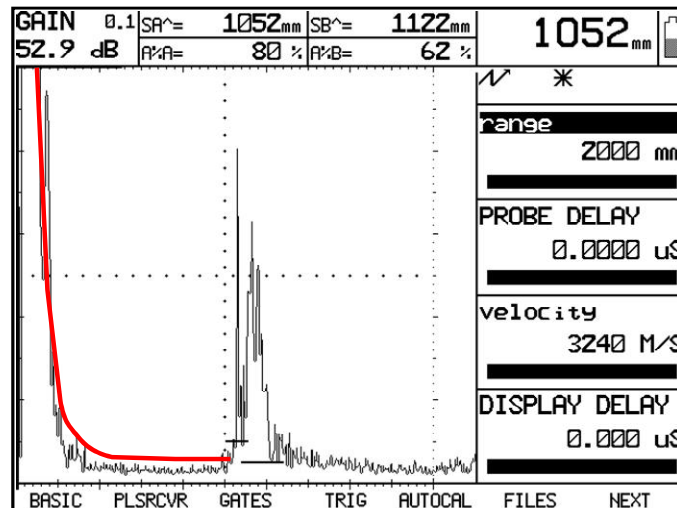


図-36 基準波形（赤線）

（鋼矢板Ⅱ型（t=10.5mm） 測定距離 1.0m）

3.7.2 現地（実海域）試験（1）

室内試験で設定した基準感度、基準波形と測定方法の検証のため、現地（実海域）にて測定試験を行った。

測定は鋼矢板の測定面を予めケレンし、マグネットと油圧ジャッキを使って試作した治具により探触子を圧着した。圧着力は $31\text{N}/\text{cm}^2$ を確保し、接触媒体は音響シート（1.0mm）を用いた。一連の作業は潜水士が行った（写真-11）。

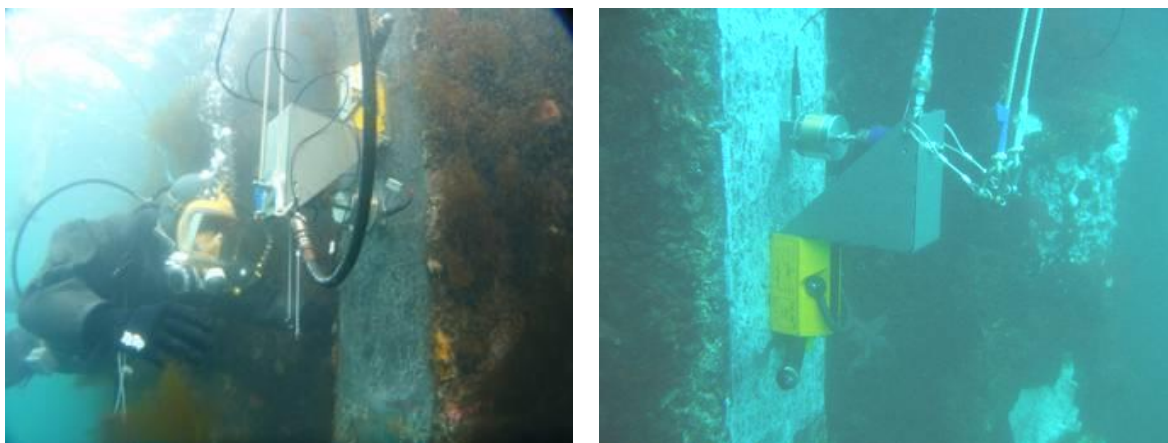


写真-11 潜水士による測定（左）、治具（右）

測定試験では、透過法試験（カップリングチェック）、及びSH波試験で、全てのケースにて超音波の適切な入射が確認された。

但し、室内試験により得られた基準感度に対して、 $-4\sim+6\text{dB}$ 程度、感度の増減が必要であった。

また、治具の圧着状況が原因と想定される感度の低下が見受けられたことから、探触子に対する均一な載荷重を再確認し、治具の改良を行った。

次に、測定結果を室内試験で得た基準波形と重ね合わせ、腐食状況の確認を行った。

この結果、腐食と判定されたケースが約半数確認され、条件を整えばカップリングチェックを使用しての腐食判定の有効性が確認された。

しかし、腐食箇所に対し上下方向から測定したところ、腐食と確認された場合と確認されなかった場合があり、探触子の接触状況の良否が音波の入射に影響することが想定された。

また、探触子の板厚測定機能（SV波）による測定を行った。探触子による板厚測定結果と、超音波厚み計による板厚測定結果から、概ね両者は近い値を測定し、その有効性を確認した。

3.8 点検装置の試作と確認試験

3.8.1 点検装置の試作

以上の測定方法で、現場矢板の腐食・劣化状況を陸上から測定するため、バックホウ・アーム先端に取付可能な点検装置を試作した。

点検装置の外観及び全体図を写真-12、図-37 に示す。

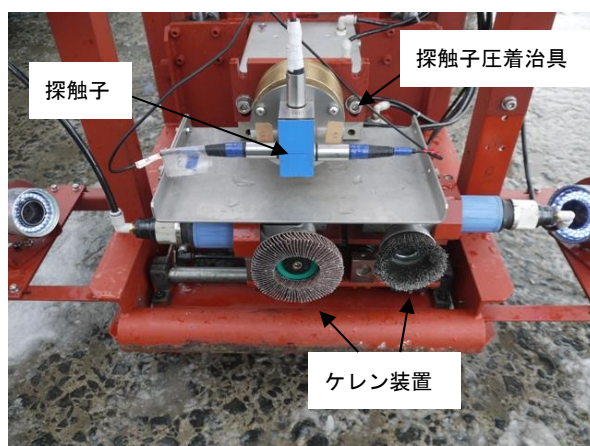
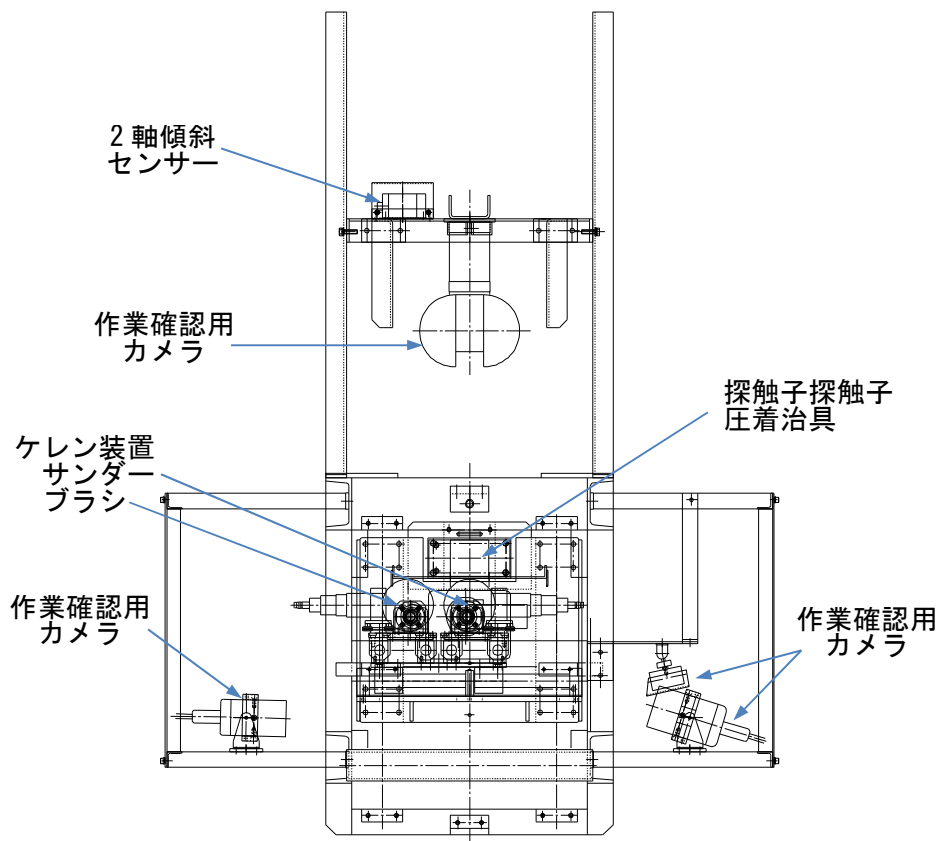
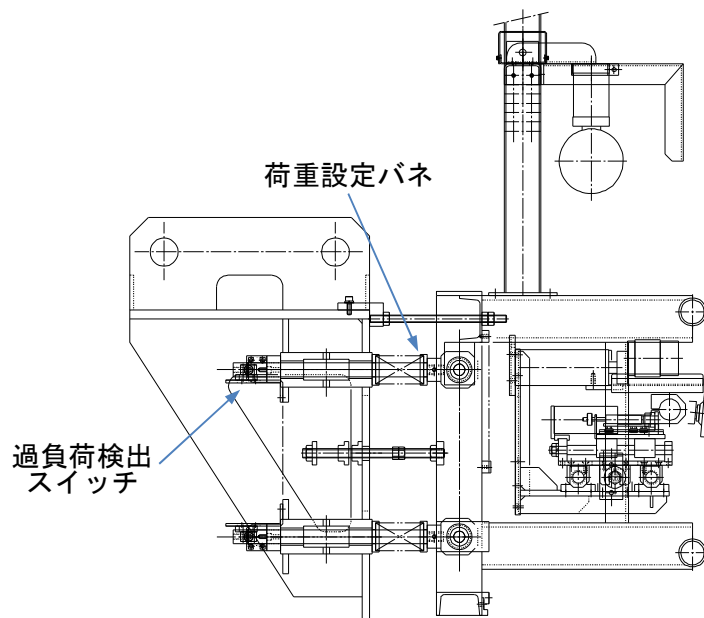


写真-12 点検装置



(正面図)



(側面図)

図-37 点検装置

以下に、本装置の各機構を説明する。

(1) 状況把握機構

測定箇所への大まかな位置決めは、車両の前後進、アーム動作により行う。その後の微調整のため、装置姿勢や接触面状況等の把握に必要な作業確認用カメラ（4台）を点検装置に取り付け、これらの情報をバックホウ運転室にて確認可能とし、装置制御を可能とした（写真-13）。

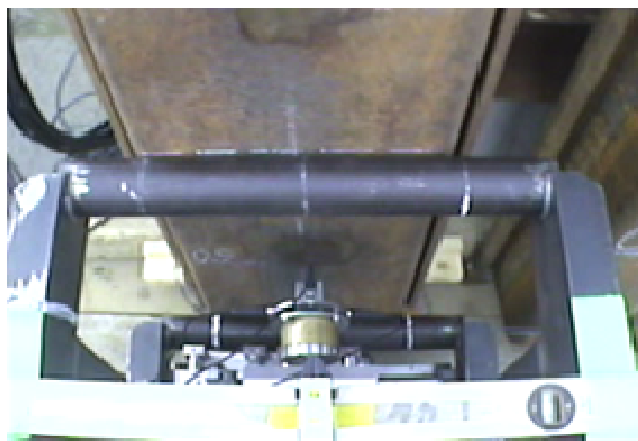


写真-13 作業確認用カメラのモニター映像

(2) 均等装置押付機構、水平・垂直姿勢把握機構

装置をバックホウ・アームにより鋼矢板面へ均等に押し付けるため、荷重設定バネと過負荷検出スイッチにより装置姿勢保持を確認可能にした。また、鋼矢板面に対する装置の水平・垂直姿勢を把握するため、2軸傾斜センサーを取り付けた。

(3) ケレン機構（ブラシ・サンダーユニット）

鋼矢板表面へ超音波を確実に入射させるため、表面の腐食及び付着物を除去する必要がある。このため、ブラシ、サンダーによるケレン機構を備えた。

また、油漏れ等の懸念に配慮し、各装置の動力は圧縮空気によるものとした。

(4) 探触子圧着機構

波や風圧等による装置全体の微動から探触子圧着安定性を向上させるため、油圧圧着面を大型化し探触子を均等に押し付けることを可能とした。

3.8.2 陸上試験

点検装置の動作確認のため、陸上試験を行った。試験は、コンクリート塊に鋼矢板を設置し基本動作の確認を行ったほか、深さ約4mのピットを利用し動作確認を行った（写真-14）。

動作確認試験では、現地（実海域）試験へ向けて、バックホウ・オペレータの訓練も兼ねており、各セ

センサー情報から装置の状況を把握しながら鋼矢板をケレンし探触子を圧着した。



写真-14 陸上試験

同時に行った超音波探傷では、室内で測定した基準感度に対し、ほぼ同等の感度で測定可能であったが、腐食により表面に凸凹がある場合は 6dB を超える感度補正が必要であった。また、SH 波は端部波形を確認でき、SV 波による板厚測定は元厚と同等の値を確認できた。

3.8.3 現地（実海域）試験（2）

陸上試験における点検装置の不具合を修正後、現地（実海域）試験を行った。

点検装置による測定（写真-15）では、付着物の除去は可能であったが表面の凸凹が残り平面処理は困難な場合があった。また、感度補正は 4～25dB の補正が必要となった。

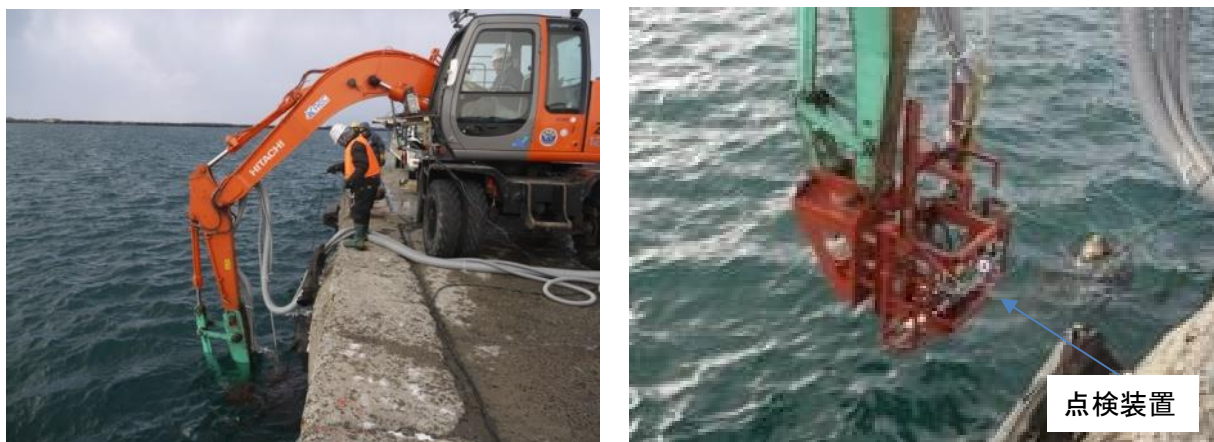
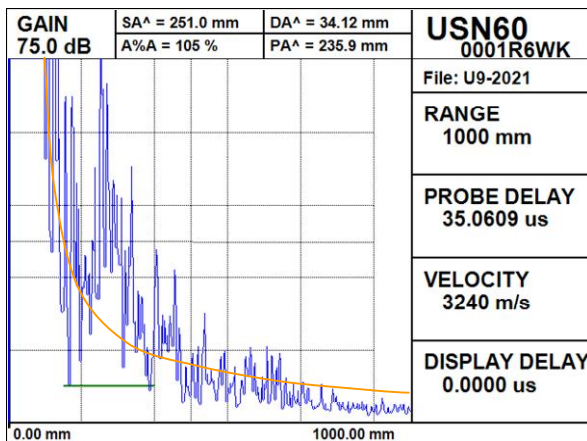


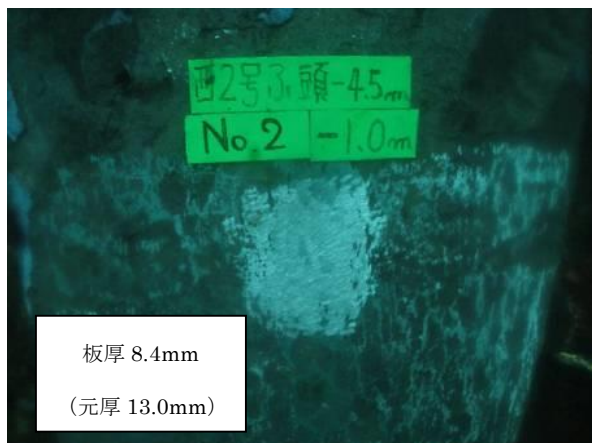
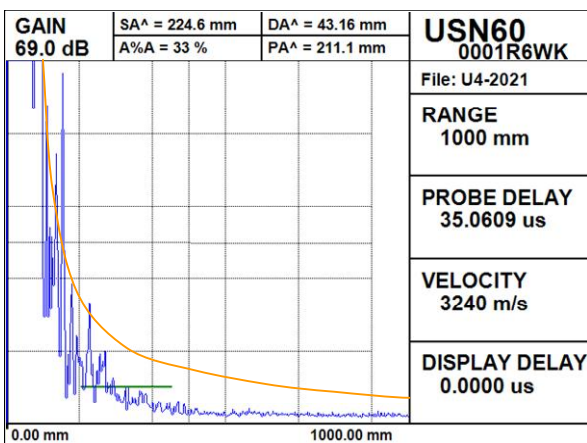
写真-15 点検装置による測定

測定結果を図-38 に示す。5 割程度のケースで腐食と判定できる波形を確認したが、探触子の接触状況の良否が音波の入射に影響することが想定された。また、探傷範囲が長い（3m 程度）場合には腐食の判定が困難であることを確認した。

測定結果例①では、探触子の約 0.3m 下に強い反射エコーを確認でき、腐食（きず）が予想された。潜水士による調査の結果、きずを確認した。測定結果②では、SH 波の反射エコーは確認できなかったが、SV 波による板厚測定で-2.6mm の板厚減が確認され、矢板全面での板痩せが予想された。潜水士による調査の結果、矢板全面の板痩せを確認した。



測定結果例①（腐食（きず）あり）



測定結果例②（腐食（きず）なし）

図-38 測定結果

3.9 まとめ

室内、陸上フィールド及び現地（実海域）試験をまとめると、以下のとおりである。

(1) 探触子の試作

- ・カップリングチェック機能、板厚測定機能を付加した SH 波探傷用探触子（防水型）を試作した。

(2) SH 波感度調整方法の確立

- ・測定時の基準感度は、室内、現地（実海域）試験での透過法（カップリングチェック）による測定値の差を補正值とし、室内試験での SH 波試験値に補正值を加算することで音波の適切な入射が可能となった。

上記の方法により、腐食（きず）位置を確認し、また、SV 波により板厚値を確認した。

(3) 探傷方法の確立

- ・室内試験にて健全な矢板から得た波形を基準波形とし、現地試験で測定した波形と重ね合わせ、基準波形より高いエコーが確認された場合は腐食（きず）があることを確認した。

- ・陸上から SH 波（探傷）、SV 波（肉厚計測）を同時に計測可能となったことで、潜水士を必要とせず腐食の有無と肉厚から矢板の劣化状況を把握することが可能となった。

4. 簡易堆砂計測装置の開発

4.1 背景

港湾管理者が港湾機能を維持する目的で堆砂状況を把握する場合、測量船による深淺測量を実施しているのが現状である。

測量船による深淺測量は、広範囲を連続的に測量することができる反面、計測を必要とする区域が港内の狭い部分であっても船舶を使用せざるを得なく、非効率的な作業となっている。例えば、航路・泊地の一部の範囲を港湾管理者の日常業務として計測が実施できれば、管理者の負担軽減に寄与することができる。

また、船舶による事故等も想定され、より嚴重な安全対策の必要性も求められている。⁹⁾

そこで、港内の堆砂状況を把握するため、測量船を用いることなく、容易に港内の海底地形を面的に計測可能なシステムの開発を行った。

4.2 計測方法及び検討事項

本研究の目的は、測量船を用いることなく陸上から簡易に堆砂状況を計測することにある。以下に検討した計測方法及び開発にあたっての基本的方針を記す。

4.2.1 計測方法の検討

計測機器は測量船による深淺測量に用いられているマルチビーム測深機を使用することとした。

マルチビーム測深機は、船体に海底へ向けたソナーヘッドを取り付け、指向性の鋭いビームを多数使い、船舶を航行させながら一度に多数点の水深を測る装置である（図-39）。¹⁰⁾

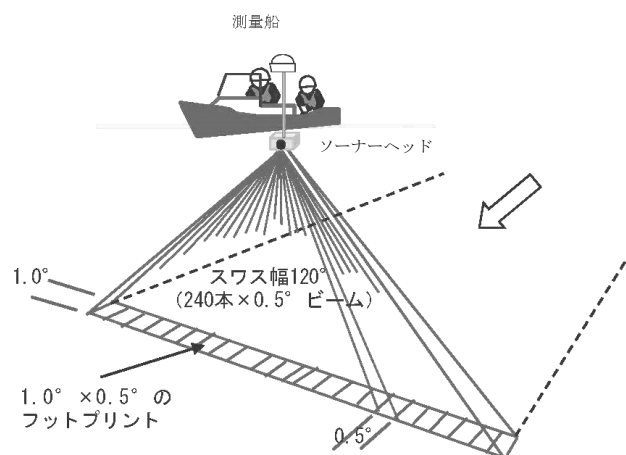


図-39 マルチビーム測深機による深淺測量

この測深機を陸上（岸壁等）の定点から海中へ垂下し、ソナーヘッドを傾斜させ遠方へ向けて計測を行い、更に、ソナーヘッドを回転させて面的に計測する（図-40）。この方法により、計測周波数 450kHz の測深機であれば約 100m 半径内の海底地形を計測可能である。

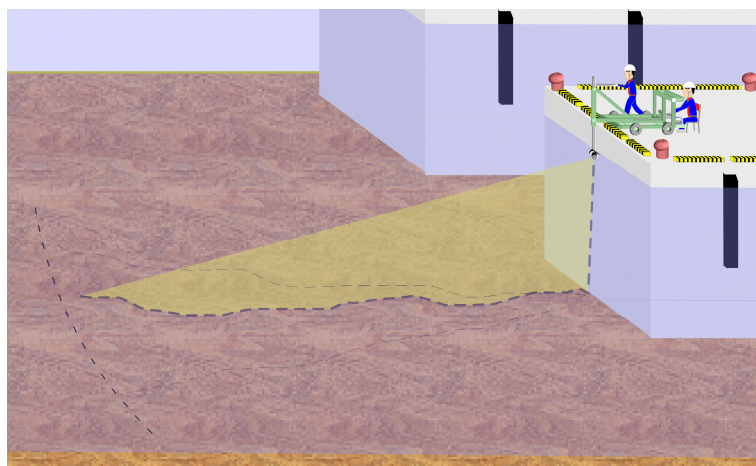


図-40 簡易堆砂計測装置による計測方法（当初イメージ）

簡易堆砂計測装置（以下、本装置という）の開発で使用したマルチビーム測深機は SEABAT8125（RESON 社製）で、最大レンジが 120m であり、この距離が岸壁からの最大計測可能距離となる。ビーム数は 240 本、スワ幅は 120 度、ビーム 1 本当たりの指向角は 0.5 度となり、海底面に当たるビームの面積（以下、フットプリントという）が非常に小さい。

ソナーヘッドを傾斜させた際、ビームの入射角が海底に対して小さくなりフットプリントが増大することを想定すると、マルチビーム測深機は本装置への適応性が高いと判断した。

4.2.2 想定される問題点

計測条件の制約によって、遠方の計測位置で分解能の低下及び計測誤差が生じることが想定される。スワスの両端、すなわち遠方へのビームほど海底面への入射角が小さくなり、フットプリントは拡大する。そのため、分解能は低下し計測データの誤差は大きくなる。

また、図-41 のように個々のビーム中心の角度とビーム内側の角度に差があるため、得られる測深値は系統的に真の測深値よりも浅くなる。従って、この遠方誤差についても考慮する必要がある。¹¹⁾

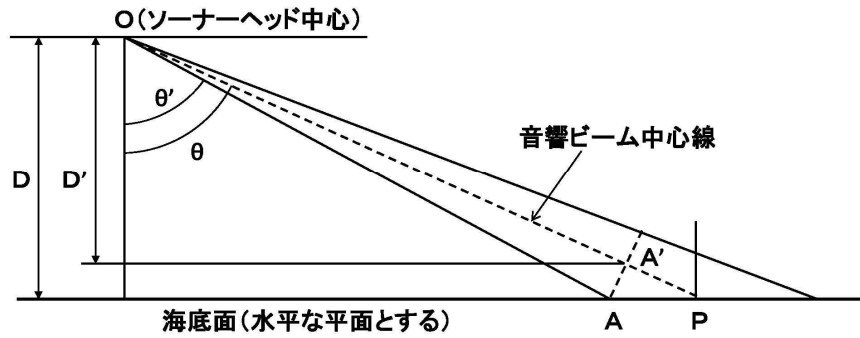


図-41 遠方誤差

内側のビーム (OA) が音響ビーム中心線 (OP) よりも往復時間が短いため、実際の測深値 (D) よりも浅い測深値 (D') が得られてしまう。

更に、測深機の僅かな設置誤差から大きな計測誤差が現れるため、本装置のシステム構築に当たっては動揺補正等の対策をする必要がある。また、ソーナーヘッドを垂下する位置は波力が強く加わることが予想される。冬季の高波浪時に土砂が沿岸漂砂により移動して航路を埋没するケースもあり、波浪時の使用も考慮する必要がある。

最終的には、計測値にやや大きい誤差が含まれるとしても、数回の計測値を平均化することで誤差を最小化するなどして、堆砂の傾向を把握することを目標とする。

また、測深データの収録・解析用ソフトウェアについては、汎用ソフトウェア (HYPACK など) が計測機器の加減に対する自由度が高く、後処理で補正を施すことも比較的容易であり、計測試験において十分使用可能である。

4.2.3 確認内容

使用する測深機は、陸上からの計測が本来想定されていないため、以下の確認が必要である。

- (1) マルチビーム測深機のソーナーヘッドの測量可能範囲及びソーナーヘッドを傾けた状態での計測方法の検討・確認
- (2) 正確な計測データを得るための機器 (装置及びセンサー等) に関する調査・検討
- (3) 得られたデータの補正・解析技術に関する調査・検討

4.3 計測用架台の試作

マルチビーム測深機のソーナーヘッドを、傾斜させた状態で、陸上 (岸壁等) から海中に垂下でき、約 180 度回転させて計測が可能な計測用架台を試作した。

4.3.1 装置の設計・運用

北海道内における港湾の実態調査結果から本装置の設計・運用にあたっての課題を以下にとりまとめた。

港湾の構造については、岸壁における天端から H.W.L 時の海水面までの高さは概ね 2.5m 以下である。実際に計測する際には、この高さにソーナーヘッドの喫水及び岸壁上での固定に要する余長を加えた長さを、本装置固定具に保たせる必要がある。また、前面水深は直轄港湾でほぼ-13m 以下、地方港湾で-11m 以下の部分が多くを占める。

更に、装置の運搬に関して、車両進入可能範囲や人員進入可能範囲について検討する必要がある。堆砂が問題となっている海域の背後の岸壁または防波堤においては車両進入ができない箇所が多い。そのため、車両に頼らない方法を検討しなければならない。

更に、当該岸壁はいずれも比較的着岸頻度が高い。このため、船舶が離岸している短時間のうちに迅速に作業を進めることができるシステムを構築する必要がある。

4.3.2 試作

計測用架台の機能として、防波堤等からの計測も想定し、ソーナーヘッドを取り付ける伸縮ポールの最伸張を 6m、また、可搬性を考慮して架台全高を 1.8m とした。

ポールの伸縮はワイヤーロープによる手動巻き上げ（下げ）式で、ポール本体に取り付けたハンドルを回転させることによりソーナーヘッドも追従して回転する仕組みとなっている。

計測用架台の構造は大きく 2 つに分かれており、伸縮ポールを備えセンサー類を取り付ける計測装置部と、これを載せて岸壁前面まで張り出す架台部となっている。計測装置部と架台部は現地にて組立・分解が可能で、ワゴン車両に搭載して運搬することができる。

計測用架台（計測装置部）の全体図を図-42 に、計測用架台、計測状況を写真-16 に示す。

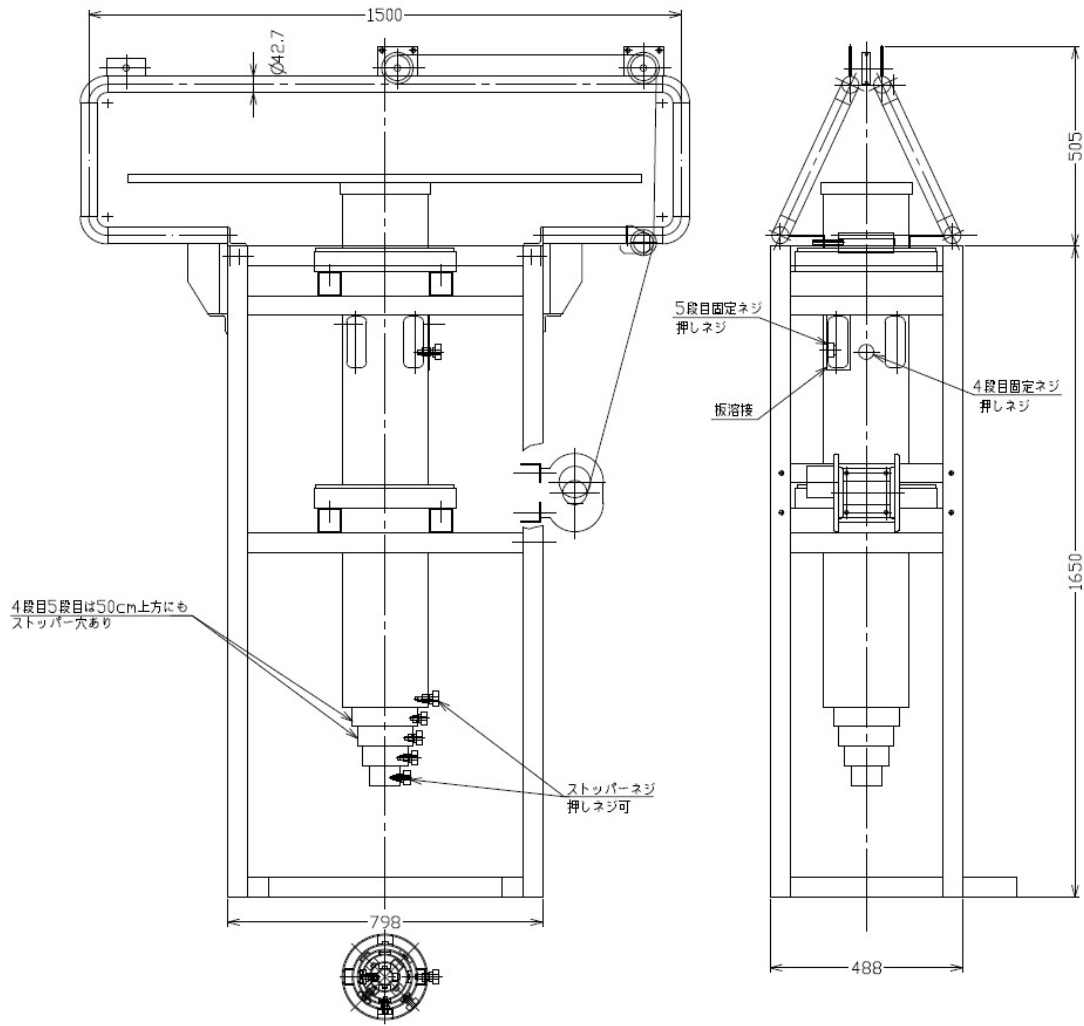


図-42 計測用架台（計測装置部）



写真-16 計測用架台

計測装置部（左上）、架台部（右上）、
伸縮ポール及びソナーヘッド取り付け状況（左下）、計測状況（右下）

測深機による計測は、僅かな揺れ・振動により大きな計測誤差を生じる。計測用架台は、計測試験を実施する度に改良を重ねており、特に伸縮ポールの伸縮部固定方法及び伸縮方法を見直している。動揺計については、設置場所の検討を行った。

その他、計測機器について、磁気方位センサーは計測用架台及び岸壁の磁気による影響で使用不可と判断し GPS による方位取得を行うものとした。

計測用架台の設置・撤去について、計測装置部の重量が約 180 kg あることから作業人員は 4 人程度必要であった。また、センサー類の設置を含めた組立に約 1 時間、計測終了後の撤去に 30 分程度かかった。

4.4 計測試験

計測試験では予め船舶を使用した深浅測量を実施し、得られた値（以下、基準データという）を基準として陸上からの計測値との比較を行った。また、ビーム到達距離及び精度向上のため、計測方式の異なる

数種の計測機器を使用した計測試験を実施し、比較・検証を行った。

4.4.1 計測方法

計測は、音波到達距離や取得データ密度を確認するため、ソナーヘッドの傾斜角度の設定や回転・静止時間を変化させたパターンで実施し、最適な計測方法を模索した。

また、計測用架台・伸縮ポールの揺れ、振動によって、ソナーヘッド傾斜角度が微妙に変化することで、計測値に誤差が生じることが考えられるため、モーションセンサーの取付位置・方法を確認した。

4.4.2 計測試験（1）・結果

図-43 はソナーヘッドの傾斜角を 30 度とし、回転角度 10 度毎に 5 秒間静止させて計測した場合の音波到達範囲であり、任意方向の海底地形断面図である。

これらより、概ね 100m 程度の到達距離を確認できた。また、回転速度を遅くしたり静止時間を長くした場合に、遠方において密度の高いデータが得られた。

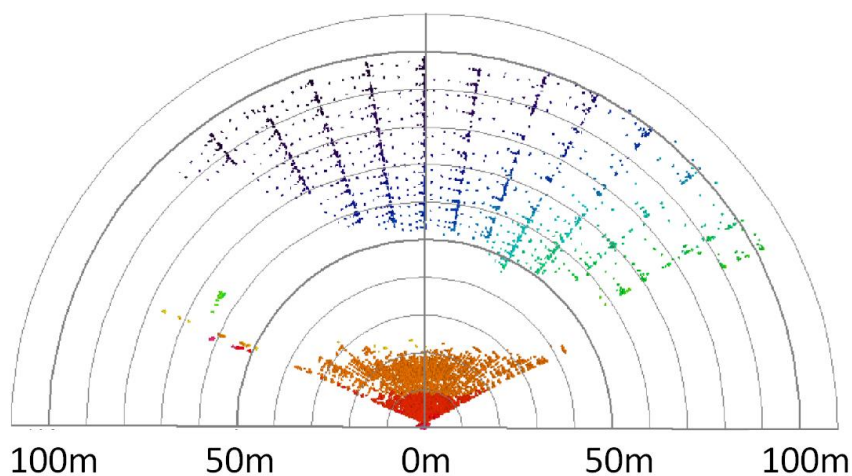


図-43 計測結果（例） 音波到達範囲

但し、図-44 では試験を行った海域の海底地形が、岸壁前面沖合方向 17m 付近から 50m 付近まで勾配がやや急になっているため、方角によってはデータが取得できない状態であった。

また、計測時のモーションセンサーの有効時・無効時の比較例を図-45 に示す。図において、基準データとの比較から、有効時のデータは基準データに近く、モーションセンサーの有効性が比較的高いと思われる。更に、モーションセンサーを伸縮ポールからソナーヘッドの上面へ設置することにより、動揺補

正データの精度が向上した。

図-46 は誤差を生じた一例である。基準データと計測値と比較した結果、半径 20m 程度までの距離までは基準値と同等な計測値であったが、それよりも遠方ほど大きな誤差を生じる結果となった。今回の誤差要因として、試験海域は河口付近の港内であったことから、淡水と塩水の間で音速が変化したと考えられる。

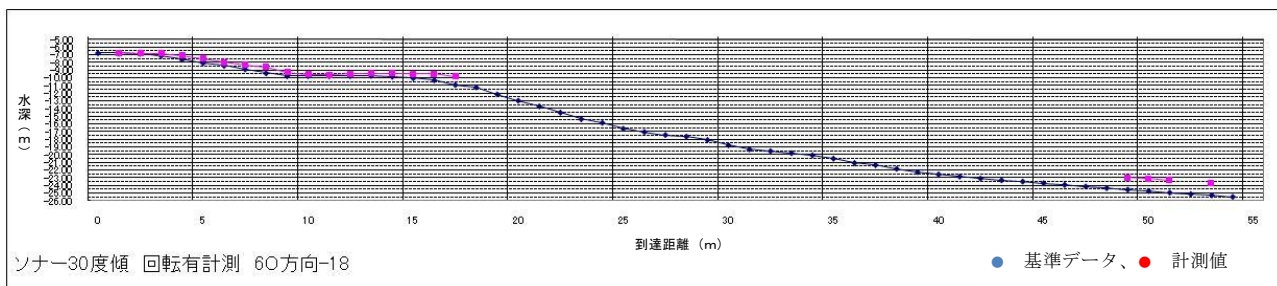


図-44 計測結果 (例) 海底地形断面図

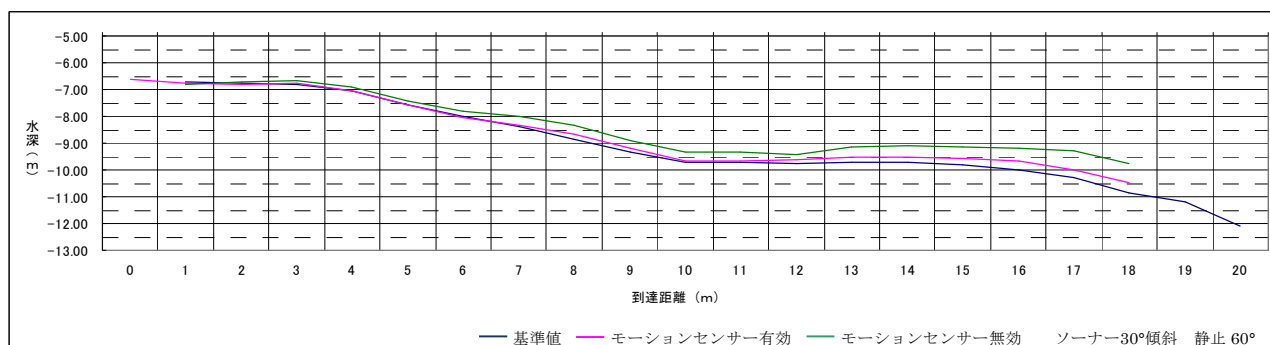


図-45 モーショセンサーの有効時・無効時の比較 (例)

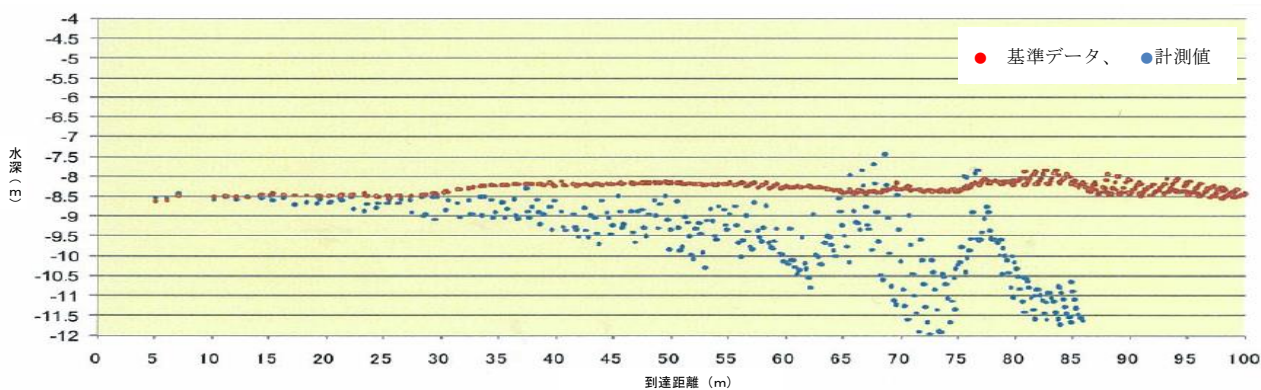


図-46 計測結果 (例) 海底地形断面図

4.4.3 計測試験 (2)

以上の計測試験で顕著であった到達距離 20m 以上での誤差について、ビームの入射角との関連を検証した。計測試験は計測方式の異なる 3 つの測深機について実施した。

以下、精度の検証においては、計測精度を $\pm 0.25\text{m}$ の範囲*とした。

* 海上保安庁告示第 102 号「特級水域における測深誤差の限度」の水深 5m・特級 0.253m による。

(1) 取付角度の変更による計測 (SEABAT8125)

マルチビーム測深機 (SEABAT8125) を使用し、ソーナーヘッド取付角度を 30 度から 60 度に変更して計測したところ、各到達距離においてデータ密度の増加を確認した (図-47)。

しかし、ビームの各到達距離において計測精度を満たしたのは、取付角度 30 度で 60m、60 度で 10m となり、とくに、60 度の場合は近距離から誤差が大きくなった。

傾斜角の変更においては、岸壁等の構造物あるいは水面に対してビームが当たりその反射波が解析の障害となるノイズとして表れないように、適切なソーナーヘッドの傾斜角に設定する必要がある。

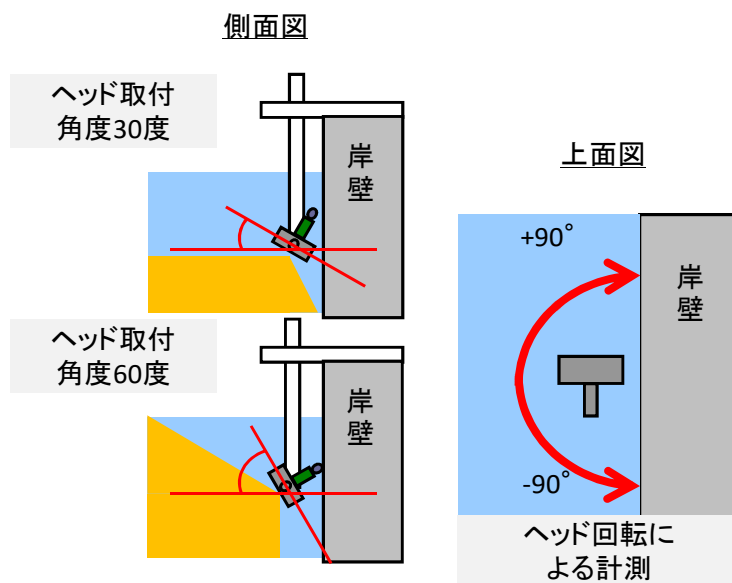


図-47 取付角度の変更 (30 度→60 度)

(2) SEABAT7101 による計測

フラットアレイ方式は受波端部ほど入射角による誤差が大きくなり常に表層面の音速度を正確に確認する必要があるが、SEABAT7101 は送受波器がサークルアレイ方式で、入射角の補正が不要である。ビーム幅 (角度) を一定にした状態で 150 度の範囲を計測でき、また、各ビームのフットプリント間隔を等距離

としたモードも備えている。この機器を用いてレンジを 500m として水深の計測を行った。

結果は、3つの測深機中最も誤差が大きく、精度確保距離は概ね 10m 程度で、遠方へ行くほど誤差が増大した。原因としては、遠方の到達距離を優先したため 100m 未満での音波出力と音波感度調整が不十分だった可能性がある。

(3) GeoSwath による計測

GeoSwath が採用しているインターフェロメトリ方式は、複数の受波器を用いてビームの位相差から到来方向角度を正確に求める方式である。

計測結果は、計測距離が 54m まで計測精度を満たしており良好な結果であった。しかし、勾配変化の大きな地形等において、計測データは誤差が増大する傾向を示した。

(4) 計測試験の比較

以上の試験結果から、SEABAT8125 の計測精度は約 60m が限界であり、計測方式が異なる他の機種種の計測精度はそれ以下であった。SEABAT8125 と SEABAT7125 の計測結果の比較から、到達距離 20m 以上の誤差は入射角の補正が要因ではなく、計測精度確保距離から SEABAT8125 の優位性を確認した。

表-6 に以上の機器による計測結果を示す。

表-6 計測試験で使用した計測機器

形式	最大レンジ	周波数	スワ幅	特徴	計測結果	
					到達距離	計測精度 確保距離
SEABAT8125 (過年度より使用)	120m	455kHz	120°	クロスファンビーム方式、 フラットアレイ	119m	0~60m
SEABAT7101	500m	240kHz	150°	クロスファンビーム方式、 サークルアレイ	297m	0~10m
GeoSwath	190m	500kHz	240°	インターフェロメトリ方式	60m	0~54m

4.4.4 解析方法の検討

計測距離が 50m 前後を過ぎると、フットプリントの拡大が顕著となり、更に上方への浮き上がり現象から計測誤差は増加した反面、遠方の取得データは計測時間の増加に比例して取得率が上がっていた。

通常、計測したデータはメッシュ展開 (1m×1m など) し平均値を求める処理を行ってきたが、本試験においては、各到達距離におけるデータのうち、最大水深値が最も真値に近いと考えられ、計測距離 50m 以上の誤差縮小を目指して、各メッシュから最大水深の抽出を行った。

図-48 はメッシュ展開後の各到達距離における計測誤差である。到達距離 60m を超えた箇所では計測誤差を生じているが、図-49 における計測値の欠損区間の前後であり信頼性が低いと考えられる。なお、欠損の原因は海底地形の形状に起因しており、影響のない場所では計測可能であったと考えられる。

また、100m 程度までの計測距離が必要な場合は、静止計測時間を 120～180 秒程度確保し、計測データについてはメッシュ展開し最大水深値を採用することで到達距離 50m 以上において効果的であり、これらにより 100m までの計測実現性が高いと考えられる。

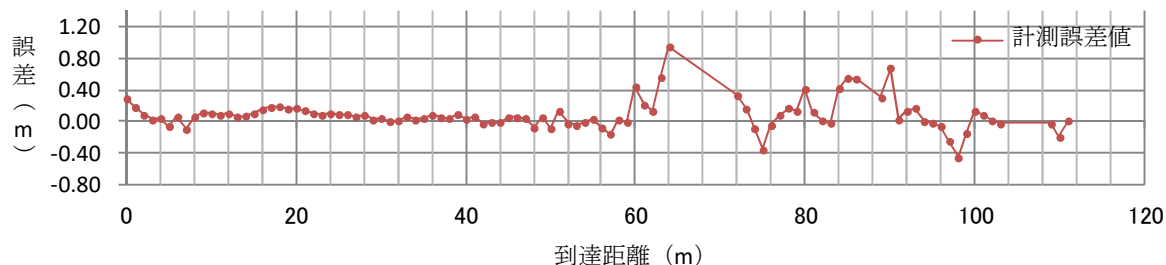


図-48 SEABAT8125 による計測誤差値

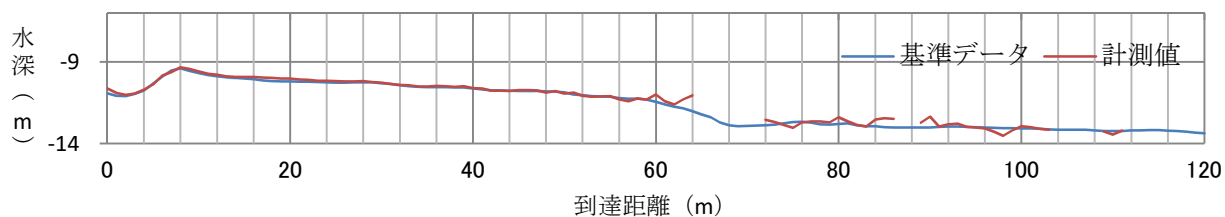


図-49 SEABAT8125 による計測値と基準データの比較 (180 秒収録、メッシュ展開・最小値)

4.5 海氷下面計測

簡易堆砂計測装置等の計測方法を厳寒期の計測試験に適用し、マルチビーム測深機 (SEABAT8125) による海氷下面の計測を実施した。

陸上からマルチビーム測深機 (SEABAT8125) のソーナーヘッドを水深-7.0m まで垂下させ、上方へ 60 度傾けた状態でソーナーヘッドを水平回転させ海氷下面の形状を計測した (図-50、写真-17)。

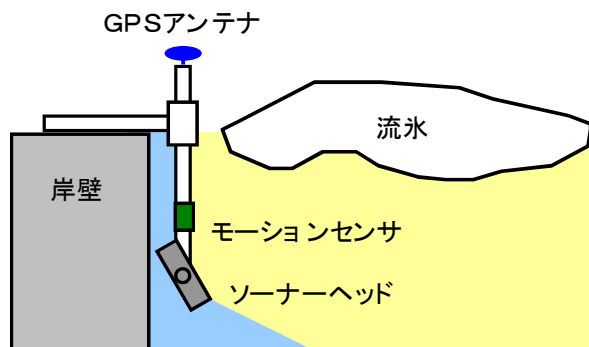


図-50 計測方法



写真-17 海氷下計測状況

計測結果から、計測した海氷下の断面と回収した海氷の形状（幅約 2.8m）を比較し、海面下の形状をマルチビーム測深機（SEABAT8125）で捉えることが可能であることを実証した（図-51、図-52）。

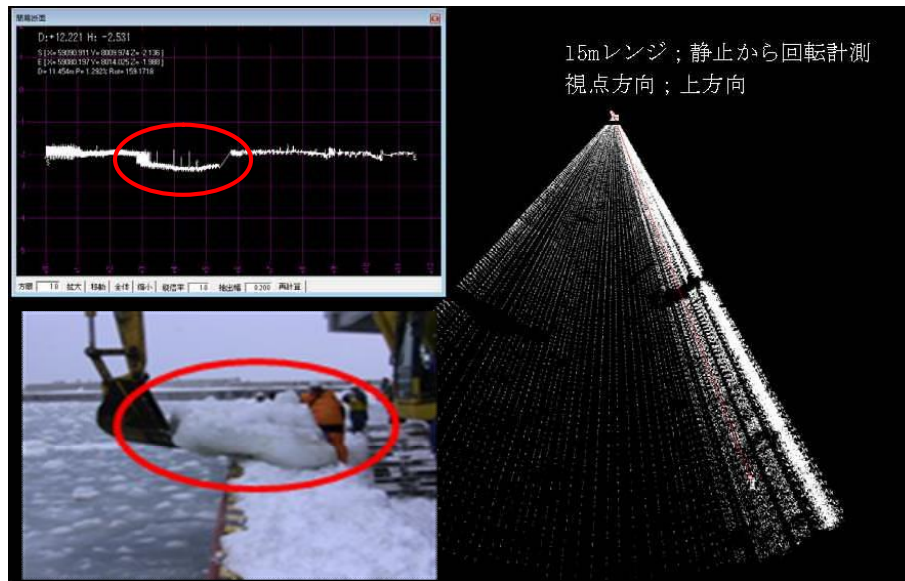


図-51 計測した海氷断面（上）、回収した海氷（下）

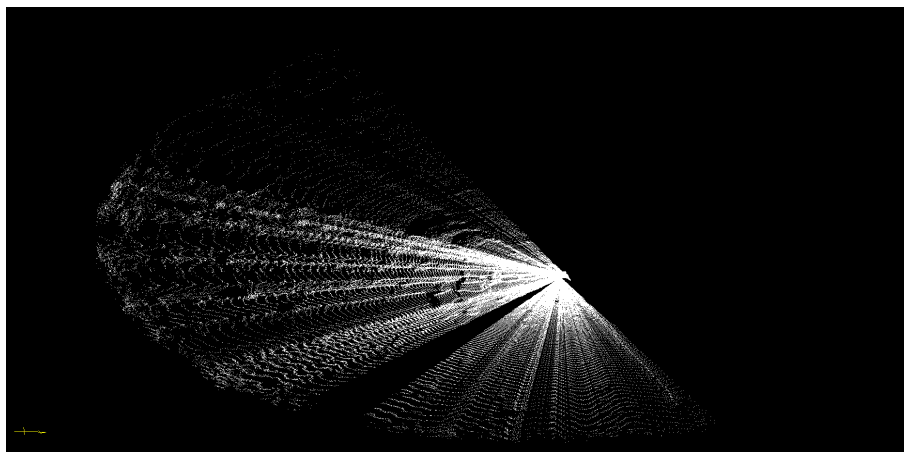


図-52 3次元表示データ（120mレンジ）

4.6 まとめ

以上より、マルチビーム測深機（SEABAT8125）による陸上からの測深は、遠方でのフットプリントの拡大や浮き上がり現象を伴うが、計測データをメッシュ展開し最大水深値を採用する解析方法により、計測地点から 100m 程度の範囲を面的に計測が可能となった。

5. おわりに

港湾構造物水中部劣化診断装置の開発については、3カ年の現地試験を通して、各計測センサーを使用した取得データの解析手法を確立し、全体システムの性能要件を作成した。また、港湾施設における本技術の現場適合性を確認している。今後は、河川・ダム分野など、他分野での展開も望まれる。

鋼矢板式岸壁点検装置の開発については、陸上からSH波（探傷）、SV波（肉厚計測）による計測が可能になったことで、潜水士に頼らないで、腐食等の有無と肉厚計測値から矢板の劣化状況把握が可能となった。

簡易堆砂計測装置の開発については、マルチビーム測深機（SEABAT8125）の計測値をメッシュ展開し最大水深値を採用することで、100m付近での計測精度が $\pm 0.25\text{m}$ の範囲内となり、メッシュ展開（最小値）による解析により100m迄の精度確保が期待できる。

また、海氷下面計測では、実物との比較から流氷の下面形状が計測可能であることを確認した。

今後は、各点検・計測技術の開発を更に進めるとともに、港湾及び漁港管理者による施設の機能保全に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 五十嵐匡、国島英樹、柳沢雄二、長瀬禎、大西明夫：コンクリート構造物水中部劣化診断システムの開発、寒地土木研究所月報、No.687、2010.8
- 2) 五十嵐匡、長瀬禎、国島英樹、浅田昭、松田健也、大西明夫：コンクリート構造物水中部劣化診断システムの開発、第22回海洋工学シンポジウム、2011.8
- 3) (財)沿岸開発技術研究センター、港湾構造物の維持・補修マニュアル、平成11年6月
- 4) 北海道開発局：平成17年度鋼矢板式岸壁点検技術検討業務報告書、2006.3
- 5) 北海道開発局：平成18年度鋼矢板式岸壁点検技術検討業務報告書、2007.3
- 6) 北海道開発局：平成19年度鋼矢板式岸壁点検技術検討業務報告書、2008.2
- 7) (社)日本非破壊検査協会：超音波探傷試験Ⅱ、pp.15-17、2000.11
- 8) (社)日本非破壊検査協会：超音波探傷試験Ⅰ、pp.3、2000.11
- 9) 北海道開発局、平成18年度水中計測技術調査検討業務報告書、2007.3
- 10) 海洋音響学会、海洋音響の基礎と応用、成山堂書店、pp.159
- 11) 北海道開発局、平成19年度水中計測技術検討業務報告書、北海道開発局、2008.3

參考資料

港湾構造物水中部劣化診断装置の開発

- ・ 現地試験（平成 20～22 年度）
- ・ 港湾構造物水中部点検データ管理システム
- ・ 画像解析ソフトウェア（委託研究）
- ・ 写真帳（平成 20～22 年度）

1. 現地試験

現地試験は、表-1 のとおり実施した。1.1 以降に、本文の現地試験内容を補足する。

表-1 現地試験概要

年度	期間	場所
平成 20 年度	10 月 12～13 日	神奈川県川崎市千鳥町
	12 月 10～13 日	北海道小樽市色内 小樽港港町埠頭、第 2 埠頭、第 3 埠頭
平成 21 年度	12 月 12～18 日	北海道小樽市色内 小樽港港町埠頭、第 2 埠頭
平成 22 年度	11 月 19～25 日	北海道稚内市 稚内港第 1 副港地区

1.1 撮影試験（平成 20 年度）

1.1.1 予備試験（第 1 回）

- ・機器類の構成とデータ取得方法の確認

機器類の構成とデータ取得方法の確認のため、機器類の設置は、ポール直付、船体直付の 2 系統とし撮影を行った（図-1）。

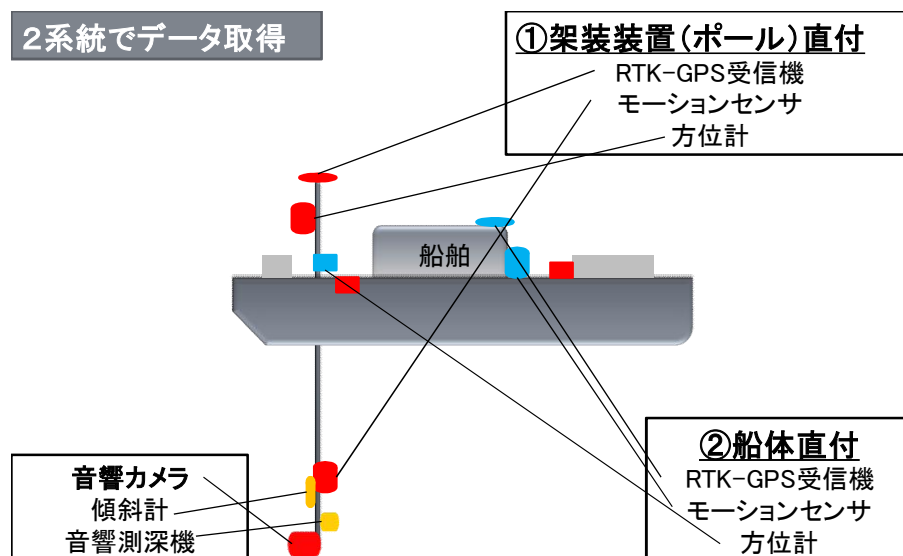


図-1 機器取付図

試験で使用した主な使用機器類は表-2 のとおりである。

表-2 主な使用機器類

名称	製造元	規格・性能
音響カメラ	DIDSON (Sound Metrics.社製)	最大レンジ 1.1MHz 使用時 40m、1.8MHz 使用時 12m 線密度 1.1MHz : 0.6° 間隔48 本のビーム、 1.8MHz : 0.3° 間隔96 本のビーム 視野角 29° フレームレート 5~27f/s 焦点距離 1~40m
モーションセンサー	DMS2-05 型 (TSS 社製)	波の周期 1~20 秒、波高 1m を 95% (5cm) まで補正
ジャイロコンパス	OCTANS (IXSEA OCEANO 社製)	方位 ±0.1° Secant Latitude ロール・ピッチ ±0.01° ヒープ・サージ・スウェイ 5cm or 5%
音響測深機	PS20R (カイジョー社製)	±3 cm×水深/1000、200kHz →H21 より 500kHz (本多電子社製) に変更
RTK-GPS	MS750 (Trimble 社製)	測位精度 水平位置1cm±1ppm×測定距離 無線機内蔵型
音速度センサー	SVPS 型 (AML 社製)	測定精度 1m/秒 最大測定深度 100m 応答時間 約 2.0 秒

検証試験（第2回）では、機器類の設置、試験方法は予備試験（第1回）と同様であるが、ポール（単管）の代わりに試作した架装装置を使用し、データ取得は架装装置直付の1系統のみとしている。

1.1.2 検証試験（第2回）

・架装装置性能の検証

架装装置を試作し、単管で組んだ架台に取り付け、艀装した（写真-1）。

架装装置の性能については、ポールの伸縮動作、航行時の耐久性等を確認した。

また、-14m 岸壁点検を想定し、ポールを最伸長（13m）、船速度を2ノット（通常の2倍速）で航行した場合の取得した画像の有効性を検証した。



写真-1 単管架台による架装装置の艀装

- ・画像解析ソフトウェアによるモザイク図作成

平成 20 年度試験では、位置精度は約 2m であった (図-2)。

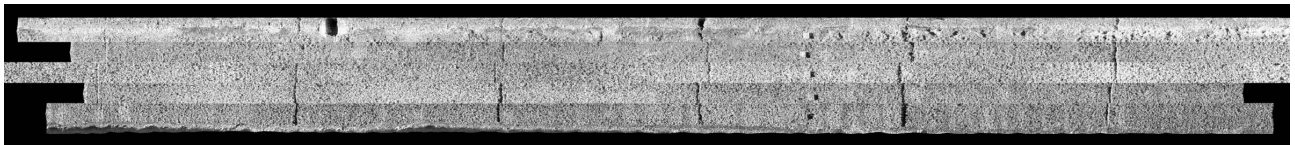


図-2 平成 20 年度作成モザイク図

1.2 撮影試験 (平成 21 年度)

- ・機器類の構成とデータ取得方法の確認

(1) 音響測深機の変更

音響測深機を変更し、周波数を 500kHz とした (写真-2)。

また、音響カメラによる前方・後方撮影の変更時には、カメラ方向を手動で切り換える (ポールを 90 度回転させる) が、それぞれのカメラ位置の時、音響測深機の方向が正確な向きとなるよう、音響測深機を 2 台取り付けた。

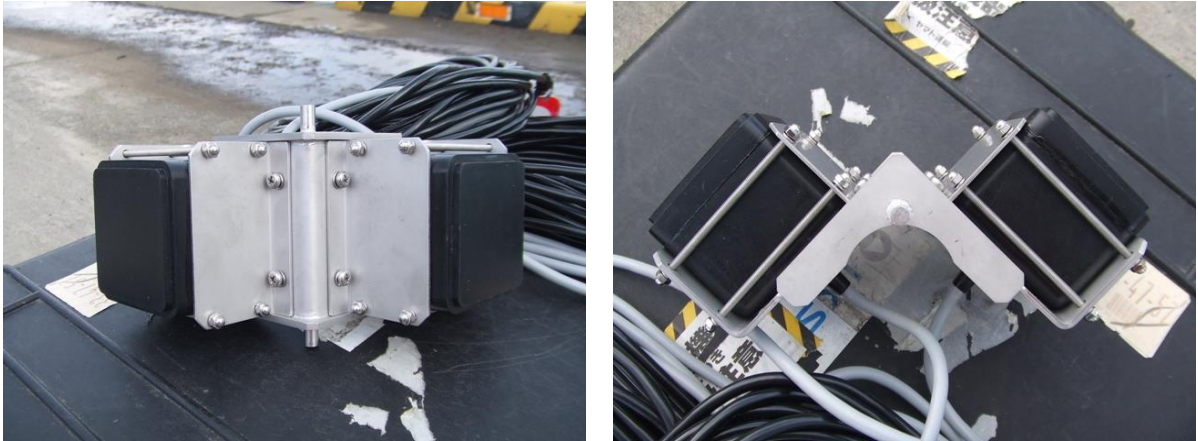


写真-2 音響測深機の変更（周波数：500kHz）

(2) GPS 方位計の使用検討

実運用時の方位計として、安価な GPS 方位計の使用可能性を検討した（写真-3）。GPS 方位計は、GPS 受信機と 2 つの GPS アンテナから成る。また、測位用 GPS アンテナを兼用し、1 つの GPS アンテナを追加することで、方位を得る方法もある。



写真-3 GPS 方位計

・架装装置の改造

ポール及びポール下部先端に取り付けた音響カメラ等は航行時に水流抵抗を受け、ポール自体に撓みが生じ、ポール最上部に取り付けた RTK-GPS アンテナと水中部最下部の音響カメラとの間に位置誤差が生じることがわかった。このため、ポールを撓みの少ない構造に改造した（ポール重複部にスリット付スリーブを増強した。）。

また、平成 20 年度は、架装装置を艀装するため単管パイプにより架台を組んだが、必要な強度が得られ

ず振動の原因になったほか、設置に多くの時間を要し運用面での問題が明らかになった。そのため、架装装置を船舷に固定する艀装用架台を製作し、短時間で確実に艀装する方法を検討した（写真-4）。



写真-4 架装装置及び艀装用架台

・画像解析ソフトウェア改良

音響カメラで撮影した岸壁面水中部の画像と光学式カメラで撮影した陸上部の画像とで、水陸一体化したモザイク図の作成を行った。

平成 20 年度試験では、位置精度は約 2m であったが（写真-5）、音響測深機の変更、架装装置の改良、艀装用架台の使用で、平成 21 年度に作成したモザイク図では位置精度は約 30cm 程度に向上した（写真-6）。

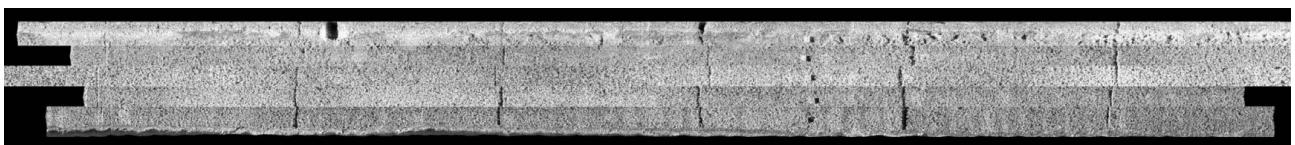


写真-5 全体モザイク図（平成 20 年度）

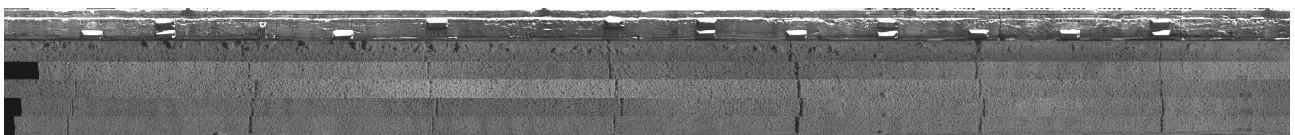


写真-6 全体モザイク図（平成 21 年度）

更に、画像解析ソフトウェアの改良により、陸上部から水深部への垂直方向で共通した特徴（例：岸壁

面の目地などを位置合わせの目印とし、ソフトウェア上で作為的にキャリブレーションした（図-3）。

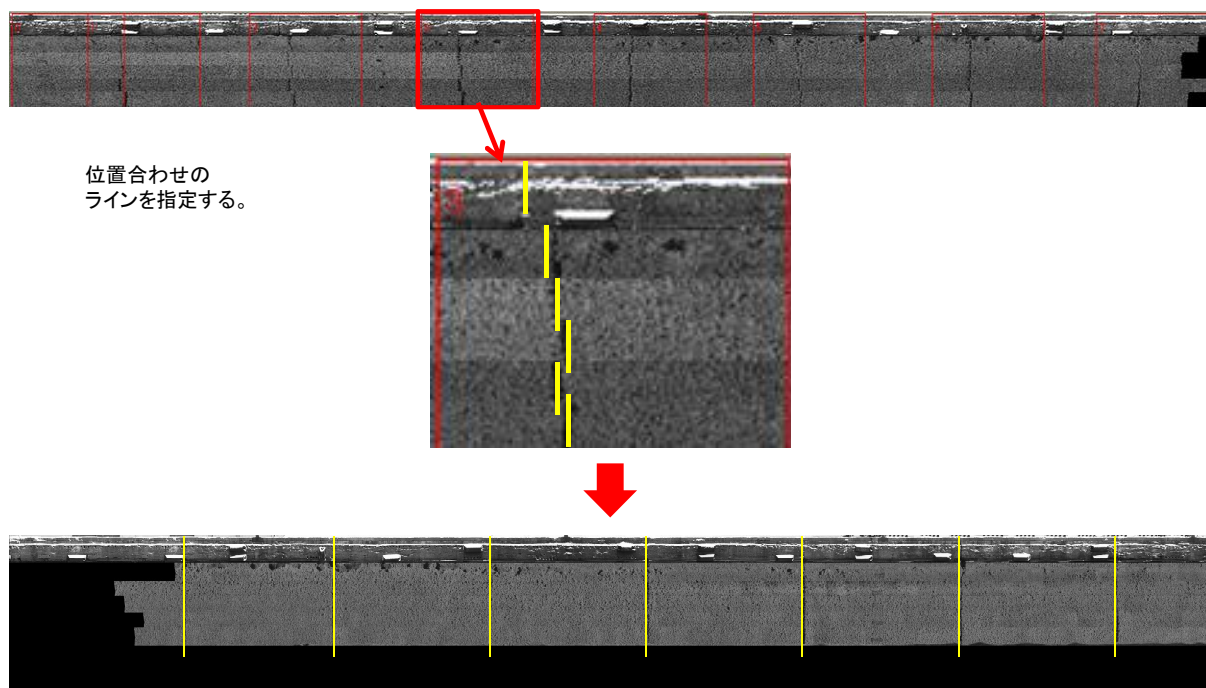


図-3 キャリブレーション

撮影及びキャリブレーション結果を、写真-7、8に示す。

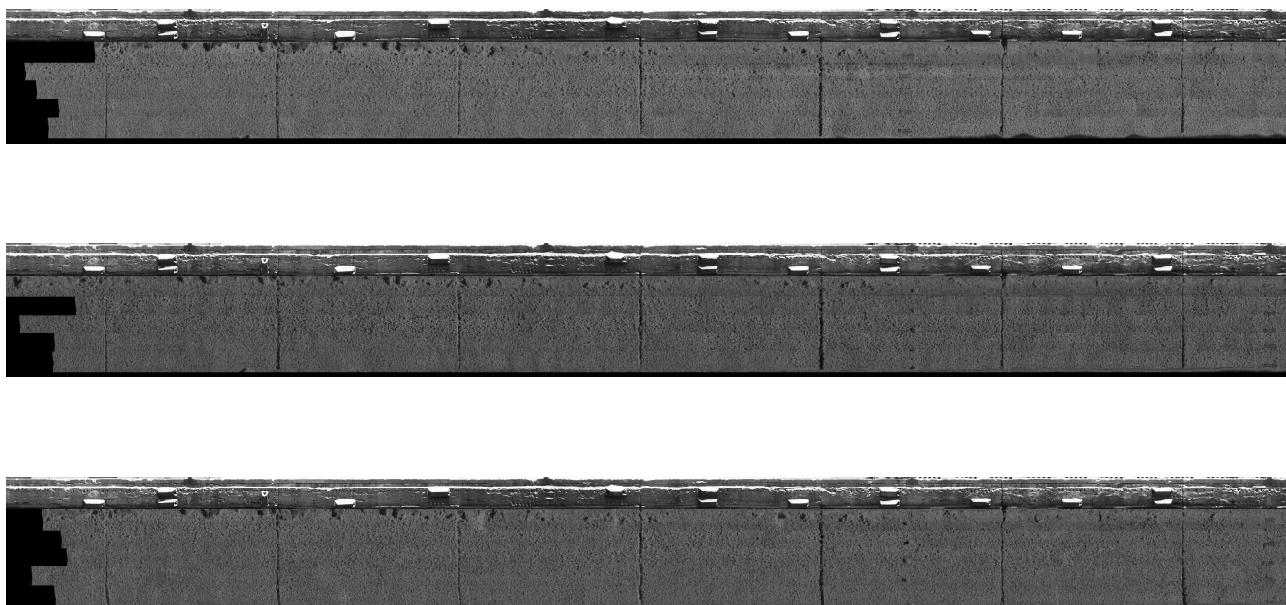


写真-7 作成したモザイク図（上から、撮影日：平成21年①12/15、②12/17、③12/18）

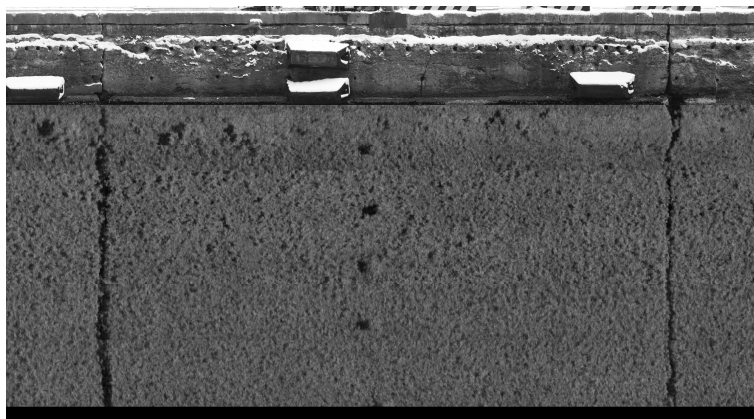
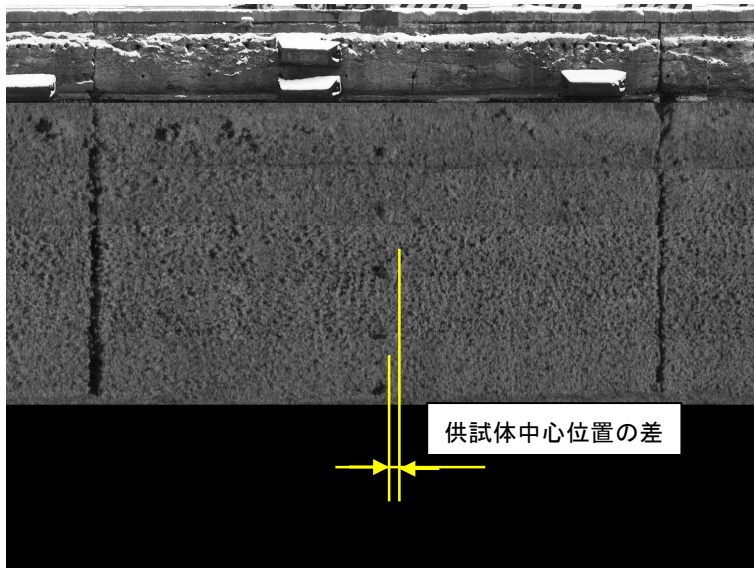


写真-8 作成したモザイク図（供試体部分拡大）（上から、撮影日：平成21年①12/15、②12/17、③12/18）

以上より、計3回分（①12/15、②12/17、③12/18）のモザイク図から位置精度を確認した。

位置精度は、①12/15→11.9cm、②12/17→9.9cm、③12/18→20.1cm となった。

今回のキャリブレーション方法では、位置合わせした目地間（15m）の中央で誤差が最大となる。位置精度の確認のために設置した供試体は、目地間の中央にあり、この位置で誤差が最大となることを考慮しても今回の位置精度は 10～20cm 程度（最大誤差）といえる。

1.3 撮影試験（平成 22 年度）

※詳細は本文参照（補足なし） 港湾構造物水中部点検データ管理システムについては次節参照

2. 港湾構造物水中部点検データ管理システム

国土交通省北海道開発局での使用を想定して作成した本システムの使用方法の概略を以下に示す(図-4、5)。

画面構成

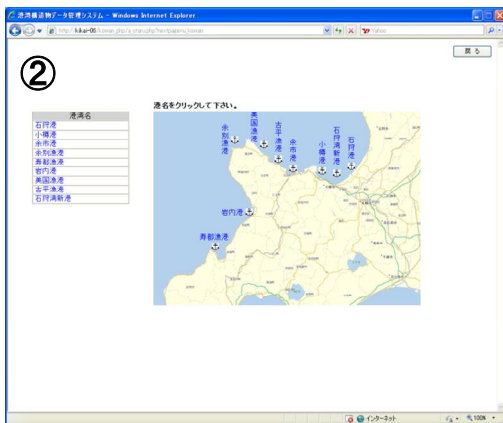
・トップページで地方(開発建設部)を選択し、地方図から港湾を選択する。

各港湾において地区を選択する。

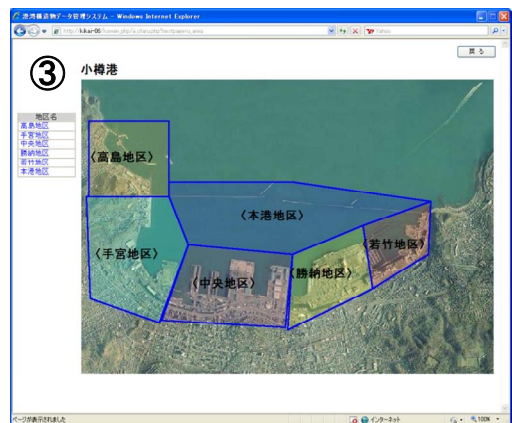
※①～③は固定画面で、プログラムにより設定する。



トップページ



港湾選択画面

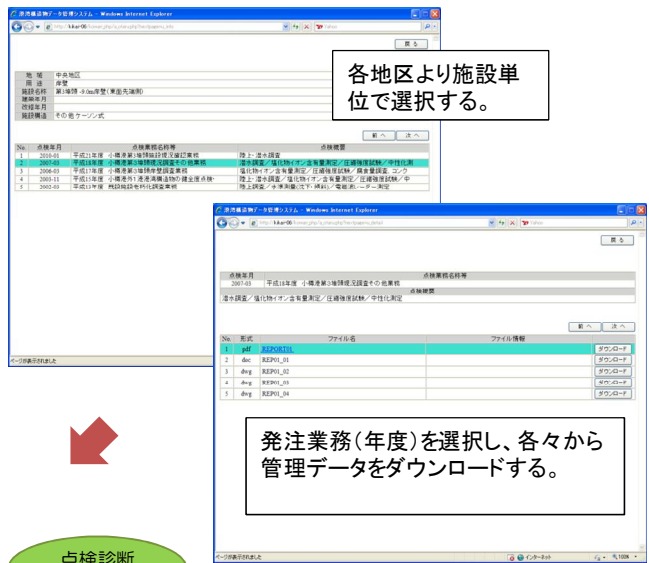


地区選択画面

図-4 港湾構造物水中部点検データ管理システム 画面構成



施設選択画面

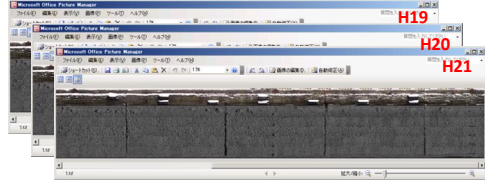


各地区より施設単位で選択する。

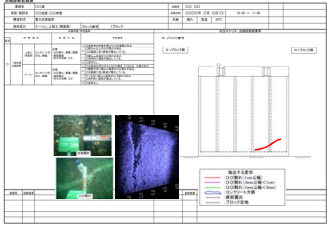
発注業務(年度)を選択し、各々から管理データをダウンロードする。

ファイルダウンロード画面

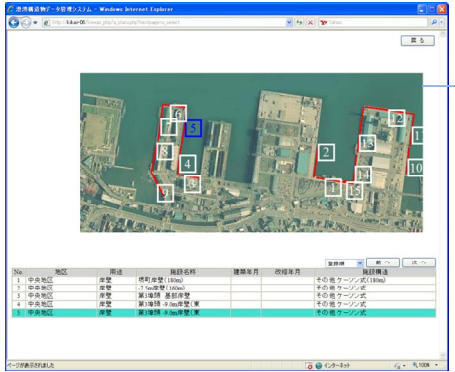
モザイク図
変状図閲覧



点検診断
記録表出力



報告書、図面
写真帳など



施設選択画面



施設位置を
任意に設定
可能

No	地区	用途	施設名称	建築年月	施設構造	登録済	編集	削除
1	中央地区	岸壁	岸壁(180m)		その他ケーソン式(180m)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	中央地区	岸壁	-7.5m岸壁(160m)		その他ケーソン式	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	中央地区	岸壁	第3埠頭 基盤岸壁		その他ケーソン式	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	中央地区	岸壁	第3埠頭 9.0m岸壁		その他ケーソン式	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	中央地区	岸壁	第3埠頭 9.0m岸壁		その他ケーソン式	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

データ入力画面

地区	用途	施設名称	建築年月
中央	岸壁	第3埠頭-9.0m岸壁(東面先端部)	

No	点検年月	点検業務名称等	点検概要	編集	削除
1	2010-01	平成21年度 小樽港第3埠頭施設状況確認業務	陸上・潜水調査	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2007-03	平成18年度 小樽港第3埠頭岸壁調査その他業務	潜水調査/塩化物イオン含有量測定/圧縮試験	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2006-03	平成17年度 小樽港第3埠頭岸壁調査業務	塩化物イオン含有量測定/圧縮強度試験/腐	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	2003-11	平成15年度 小樽港外1号港湾構造物の健全度点	陸上・潜水調査/塩化物イオン含有量測定/	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	2002-03	平成13年度 既設施設老朽化調査業務	陸上調査/水深測量(沈下・掃測)/電磁流	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



ファイル一覧

図-5 港湾構造物水中部点検データ管理システム 画面構成

3. 画像解析ソフトウェア（委託研究）

以下に、構成する各ソフトウェアの概略を示す。

3.1 モザイク図作成（水平方向）ソフトウェア（DIDSONmosaic.exe）

本ソフトウェアは、音響カメラ及び各機器類で取得した画像及びデータから、画像を水平方向に繋ぎ合わせるもので、各測線のモザイク画像を作成する（図-6）。

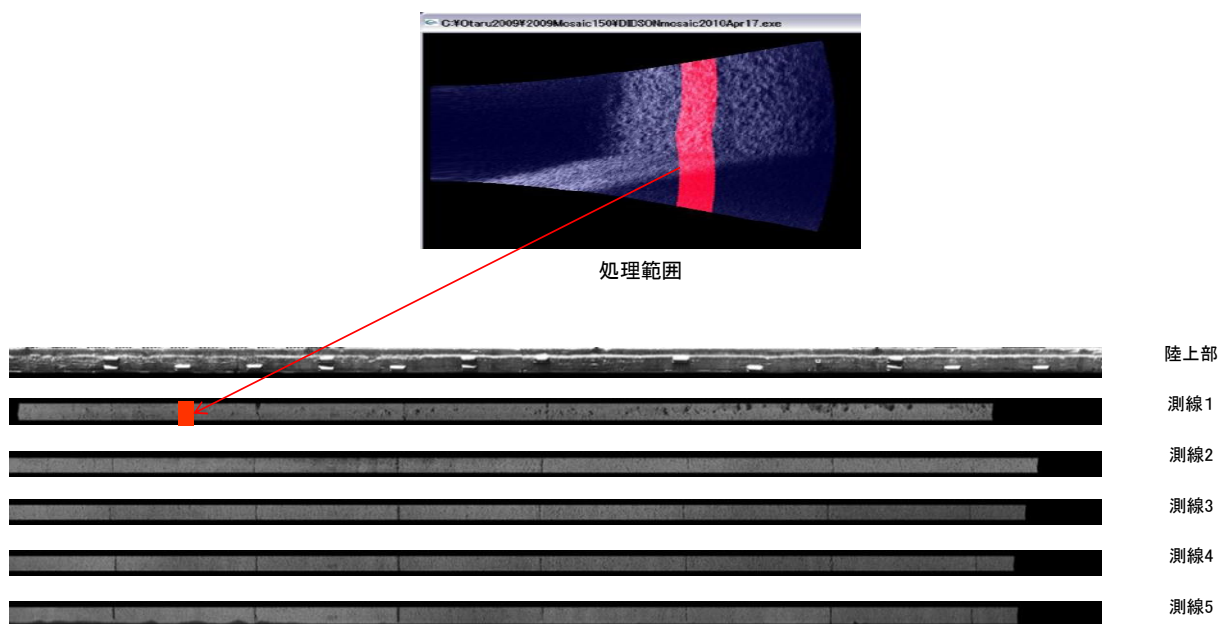


図-6 モザイク図作成（水平方向）ソフトウェア（DIDSONmosaic.exe）

3.2 モザイク図作成（水深方向）ソフトウェア（AdjustMosaic.exe）

本ソフトウェアは、3.1 で作成した測線分のモザイク図を水深方向に繋ぎ合わせるプログラムである（図-7～9）。

3.1 で作成した水深部の画像ファイル、陸上部の写真（3.3 参照） を使用して作成した陸上部の画像を読み込んで処理する。

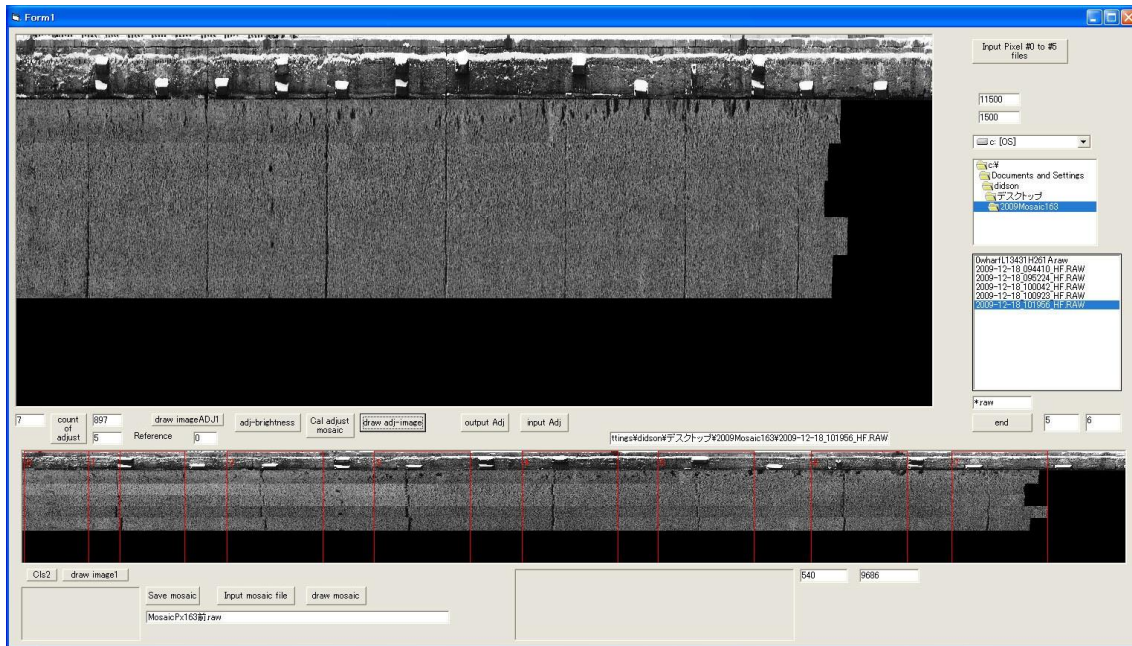


図-7 モザイク図作成（水深方向）ソフトウェア（AdjustMosaic.exe）

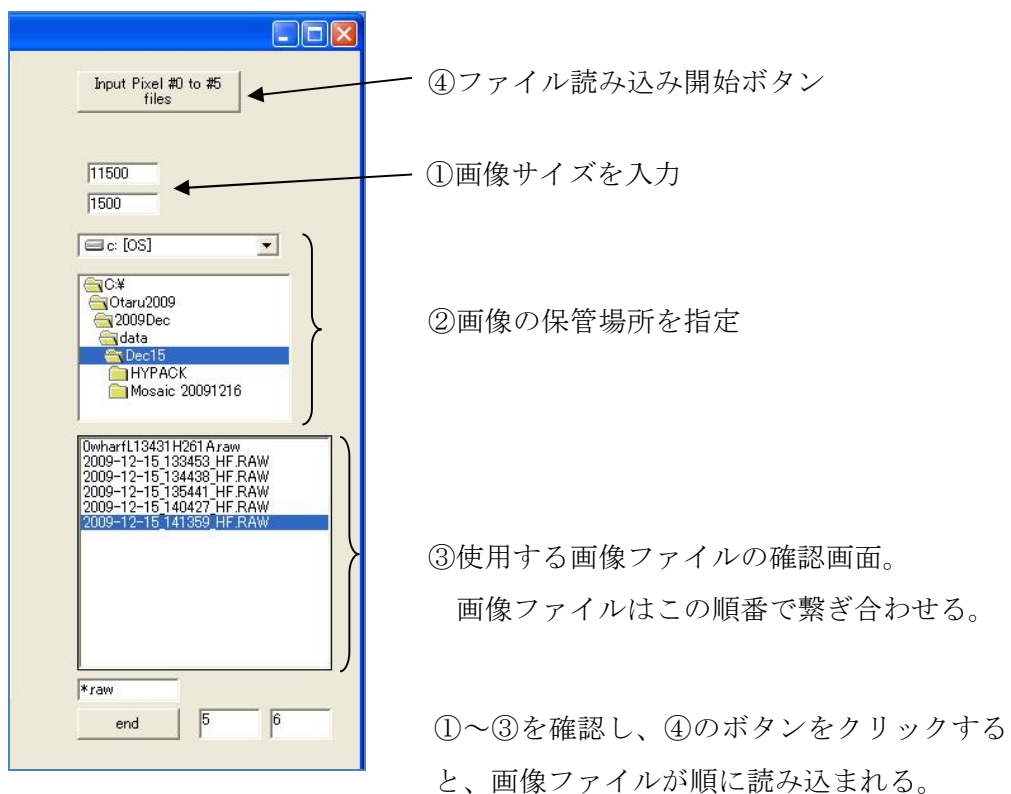


図-8 モザイク図作成（水深方向）ソフトウェア（AdjustMosaic.exe）の設定画面



図-9 モザイク図作成（水深方向）ソフトウェア（AdjustMosaic.exe）のキャリブレーション画面

3.3 歪補正ソフトウェア（Project3.exe）

光学式カメラで撮影した陸上写真の歪みを補正するソフトウェアである（図-10、11）。



図-10 歪補正ソフトウェア（Project3.exe）の設定画面（歪補正前）



図-11 歪補正ソフトウェア (Project3.exe) の設定画面 (歪補正後)

写真帳（平成 20 年度）



陸上作業（GPS 基地局設置）



計測機器類（水上部）



計測機器類（水中部）



計測状況



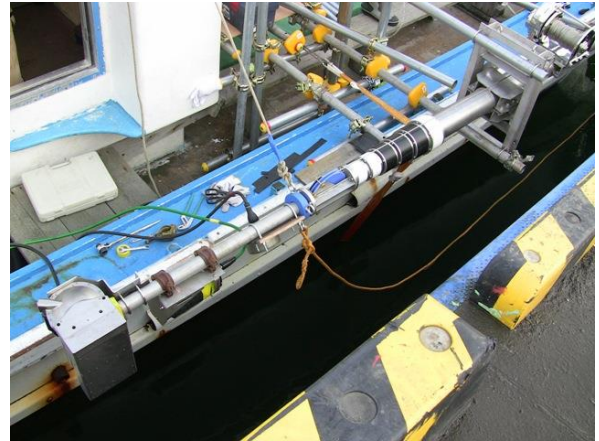
計測状況



計測状況



計測状況



計測状況



計測状況



計測状況



艀装用架台設置



艀装用架台設置



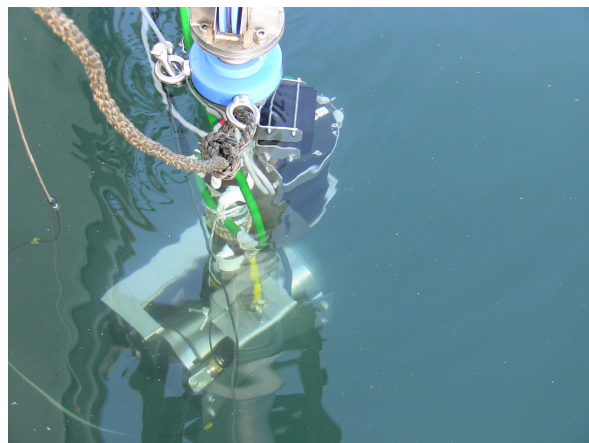
艀装用架台設置（ウエイト設置）



計測機器類取付



計測機器類（水上部）



計測機器類（水中部）



計測状況



計測状況



計測状況



手動巻上機によるカメラ位置変更



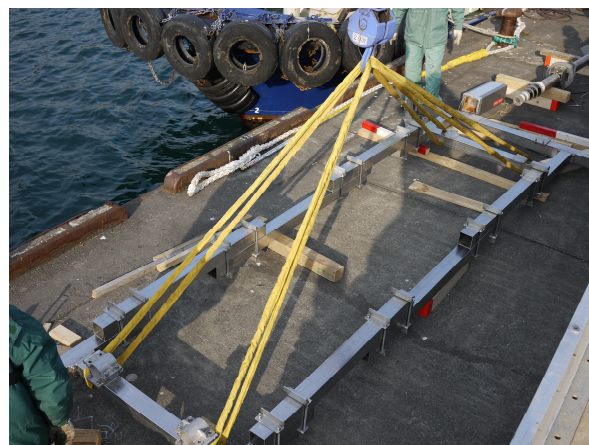
機材搬入



艀装用架台組立



艀装用架台組立



艀装用架台設置



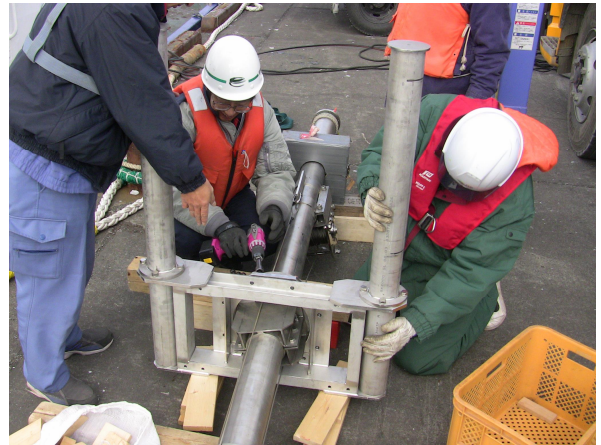
艀装用架台設置



艀装用架台設置



艀装用架台設置



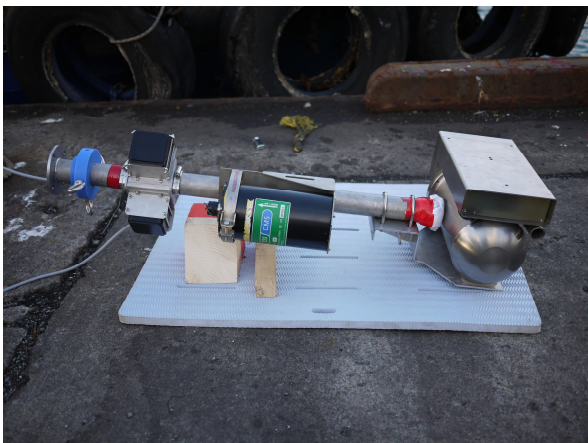
架装装置組立



架装装置組立



架装装置設置



機器類取付



機器類取付



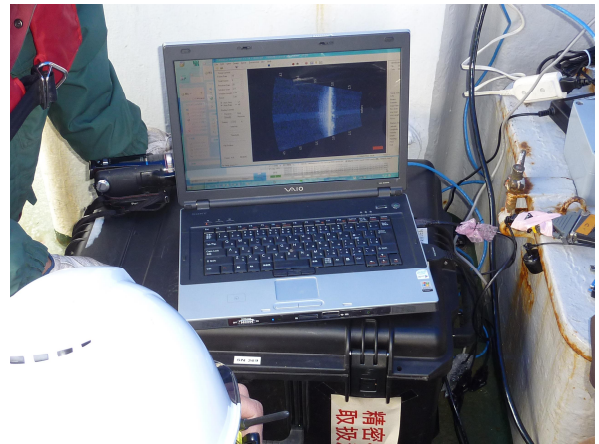
陸上作業（GPS 基地局設置）



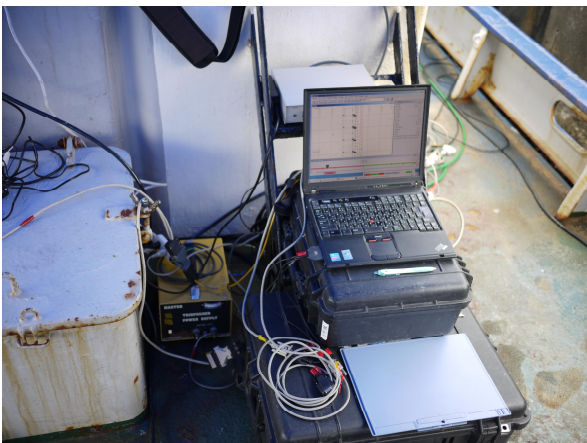
陸上作業（ロープ投入、セーフティーコーン設置）



陸上作業（ロープ投入、セーフティーコーン設置）



データ取得



データ取得



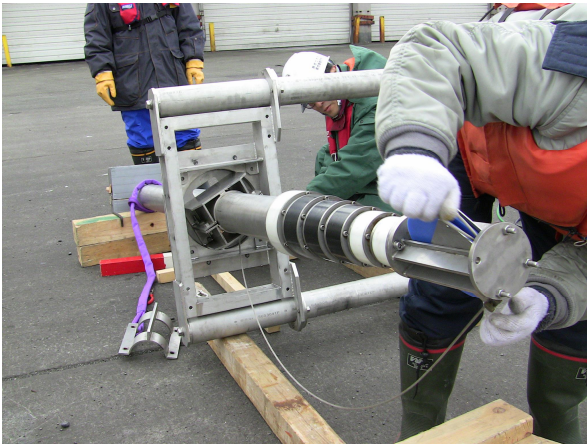
計測状況



計測状況



艀装用架台撤去



架装装置撤去



機器類取外

鋼矢板式岸壁点検装置の開発

- ・ 現地試験（平成 21 年度）測定データ
- ・ 現地試験（平成 22 年度）写真帳

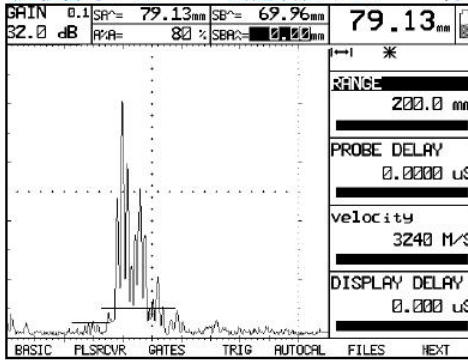
1. 現地試験（平成 21 年度）測定データ

●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁A部 No. A-1

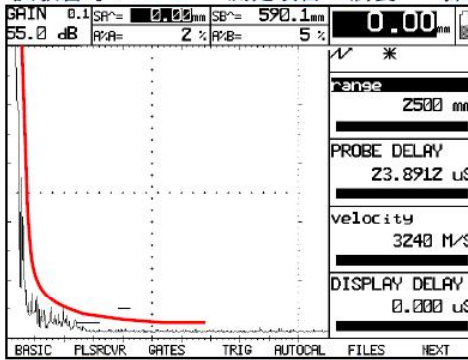
探傷器： USN60 矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-1 測定項目： CC 探傷方向： 下 設定レンジ： 0.2m



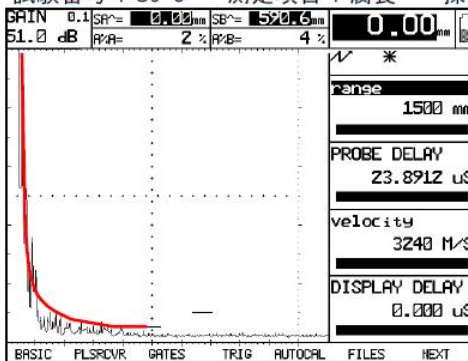
室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	32

試験番号： U5-2 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 2.5m



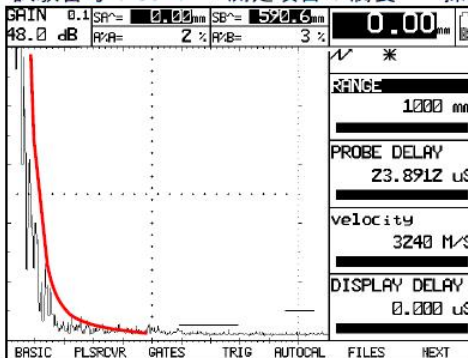
室内基準感度 (dB)	59
現地測定感度 (dB)	55
腐食判定	×

試験番号： U5-3 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	51
腐食判定	×

試験番号： U5-4 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.0m



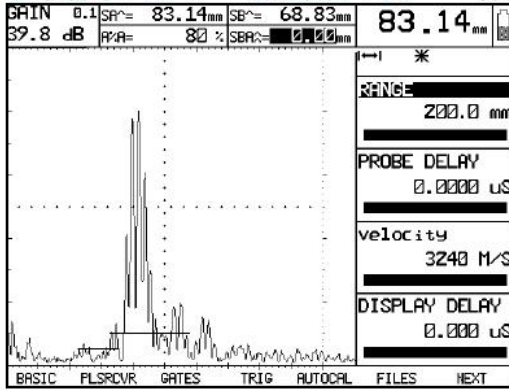
室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	48
腐食判定	×

●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁A部 No. A-2

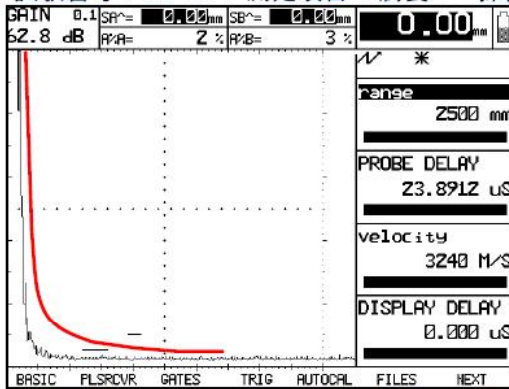
探傷器： USN60 矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-9 測定項目： CC 探傷方向： 下 設定レンジ： 0.2m



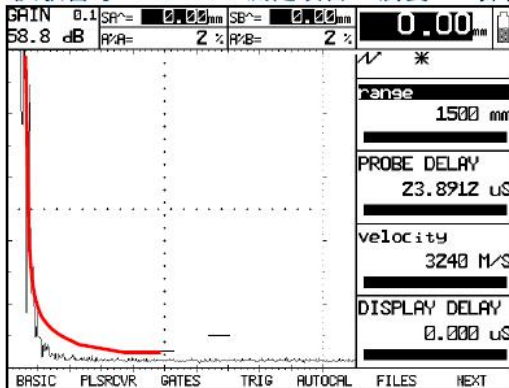
室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	40

試験番号： U5-10 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 2.5m



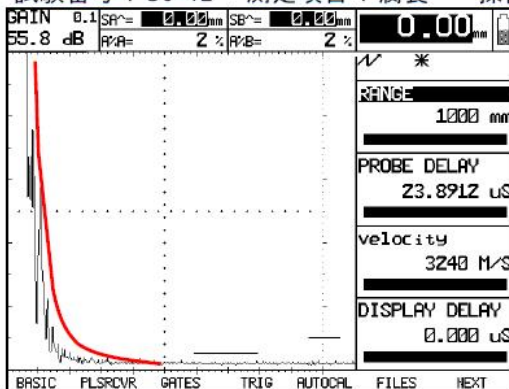
室内基準感度 (dB)	59
現地測定感度 (dB)	63
腐食判定	×

試験番号： U5-11 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	59
腐食判定	×

試験番号： U5-12 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.0m



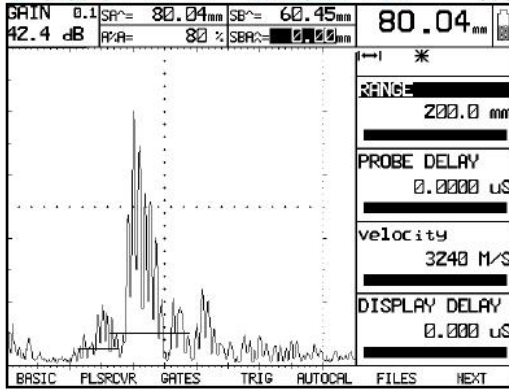
室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	56
腐食判定	×

●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁A部 No. A-3

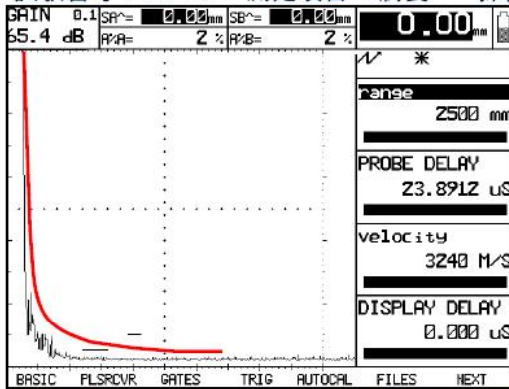
探傷器： USN60 矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-17 測定項目： CC 探傷方向： 下 設定レンジ： 0.2m



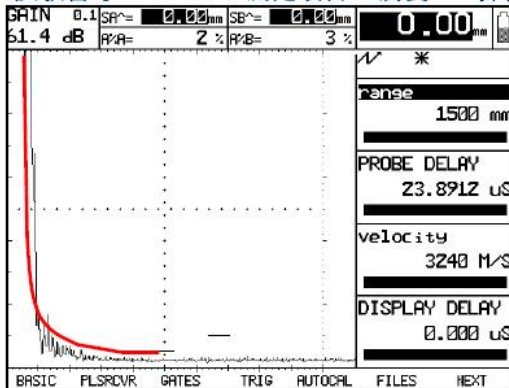
室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	42

試験番号： U5-18 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 2.5m



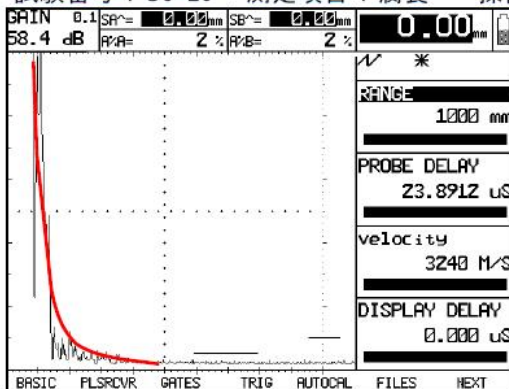
室内基準感度 (dB)	59
現地測定感度 (dB)	65
腐食判定	×

試験番号： U5-19 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	61
腐食判定	×

試験番号： U5-20 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.0m



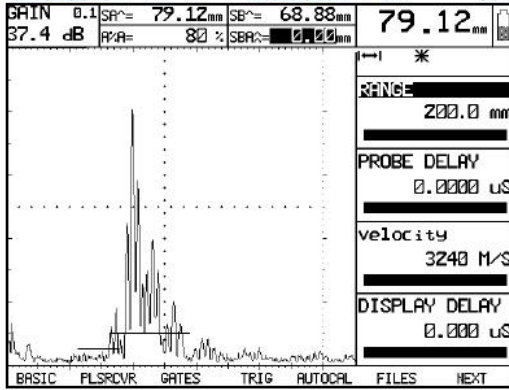
室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	58
腐食判定	×

●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁A部 No. A-1

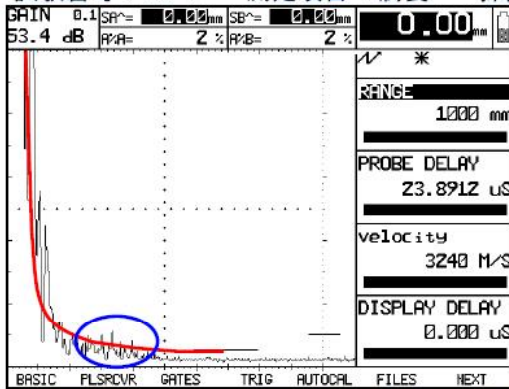
探傷器： USN60 矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-6 測定項目： CC 探傷方向： 上 設定レンジ： 0.2m



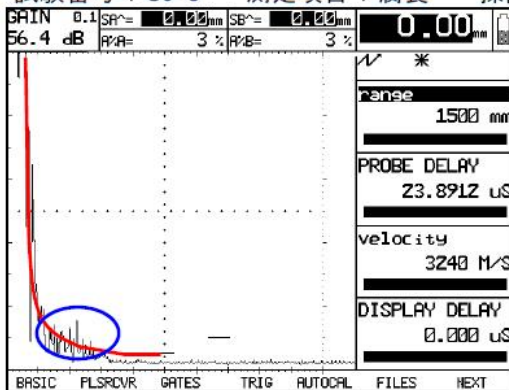
室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	37

試験番号： U5-7 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.0m



室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	53
腐食判定	○

試験番号： U5-8 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.5m



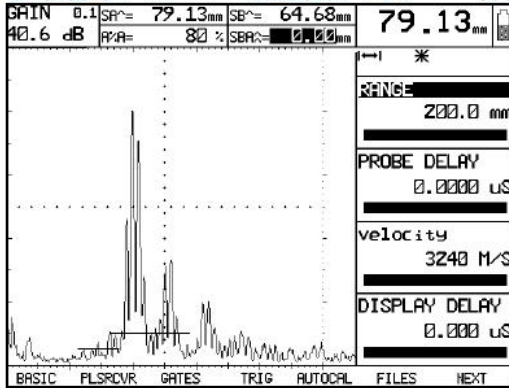
室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	56
腐食判定	○

●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁A部 No. A-2

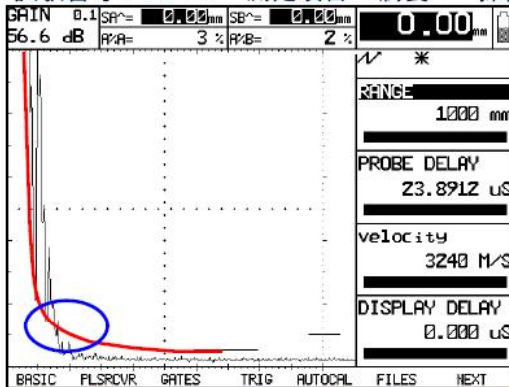
探傷器： USN60 矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-14 測定項目： CC 探傷方向： 上 設定レンジ： 0.2m



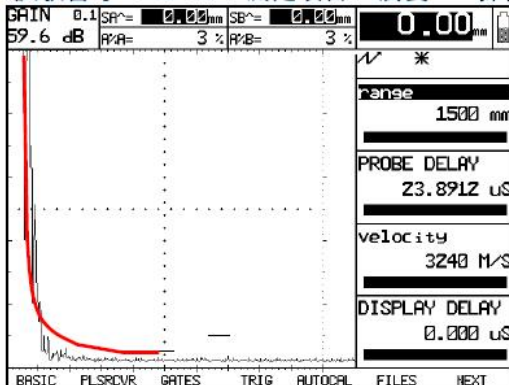
室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	41

試験番号： U5-15 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.0m



室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	57
腐食判定	○

試験番号： U5-16 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.5m



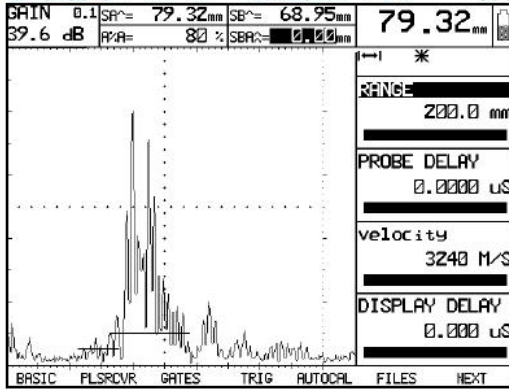
室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	60
腐食判定	×

●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁A部 No. A-3

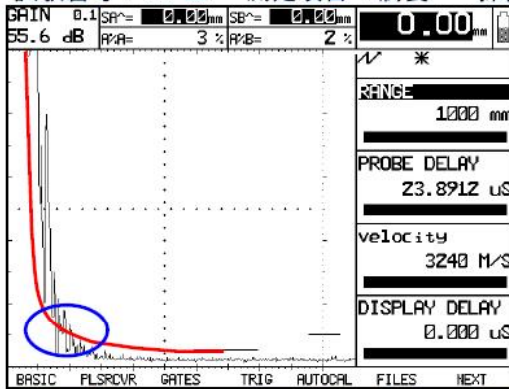
探傷器： USN60 矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-22 測定項目： CC 探傷方向： 上 設定レンジ： 0.2m



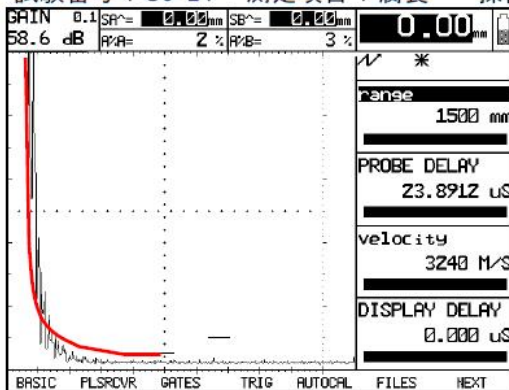
室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	40

試験番号： U5-23 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.0m



室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	56
腐食判定	○

試験番号： U5-24 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	59
腐食判定	×

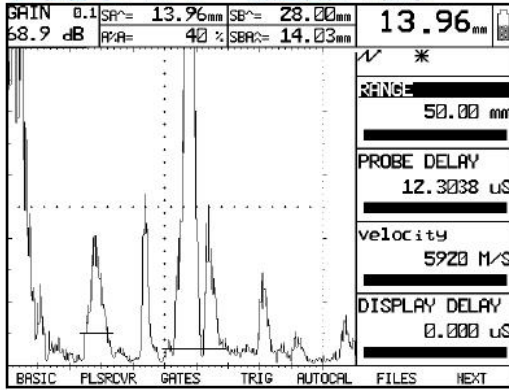
●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁A部

探傷器： USN60

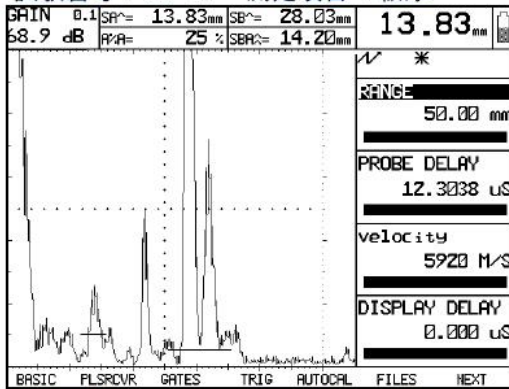
矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-5 測定項目： 板厚



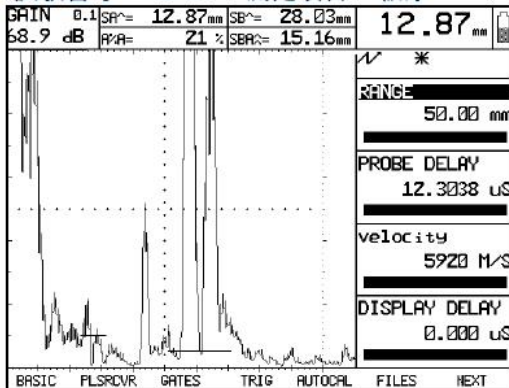
探触子による厚さ計測	13.96
超音波厚み計による厚さ計測(mm)	13.58
差	0.38

試験番号： U5-13 測定項目： 板厚



探触子による厚さ計測	13.83
超音波厚み計による厚さ計測(mm)	12.59
差	1.24

試験番号： U5-21 測定項目： 板厚



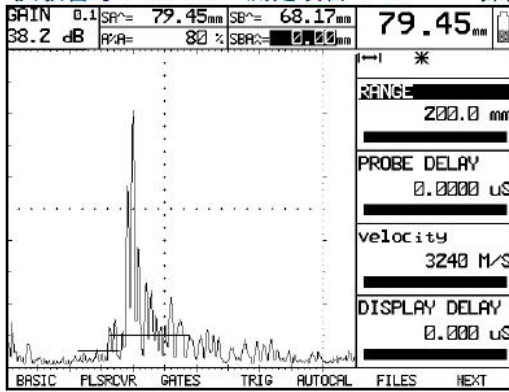
探触子による厚さ計測	12.87
超音波厚み計による厚さ計測(mm)	10.98
差	1.89

●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁B部 No. B-1

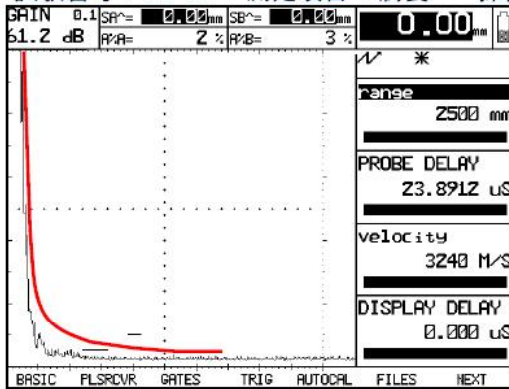
探傷器： USN60 矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-50 測定項目： CC 探傷方向： 下 設定レンジ： 0.2m



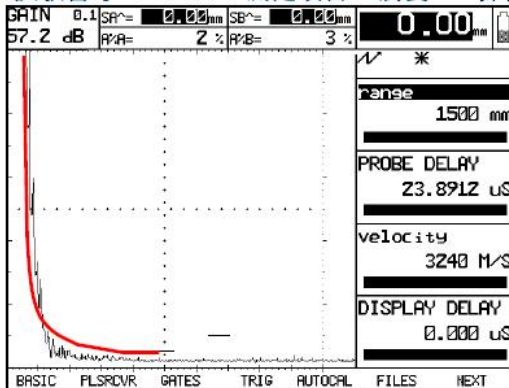
室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	38

試験番号： U5-51 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 2.5m



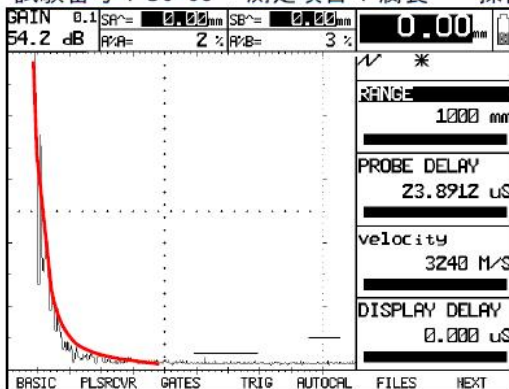
室内基準感度 (dB)	59
現地測定感度 (dB)	61
腐食判定	×

試験番号： U5-52 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	57
腐食判定	×

試験番号： U5-53 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.0m



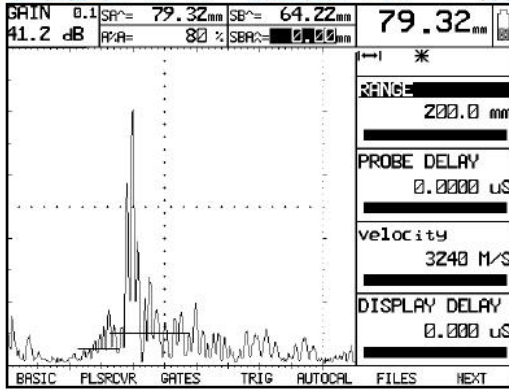
室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	54
腐食判定	×

●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁B部 No. B-2

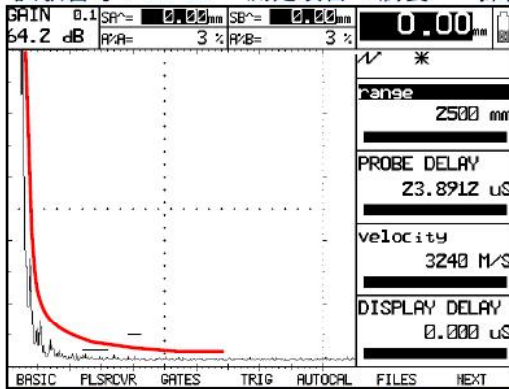
探傷器： USN60 矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-58 測定項目： CC 探傷方向： 下 設定レンジ： 0.2m



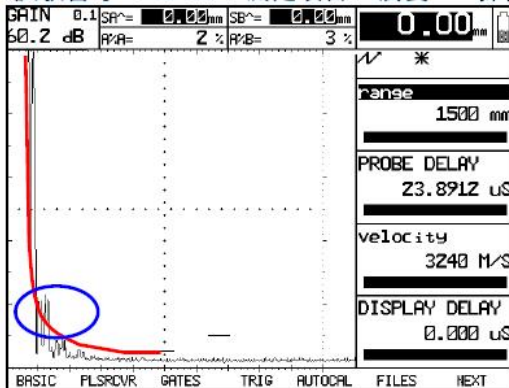
室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	41

試験番号： U5-59 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 2.5m



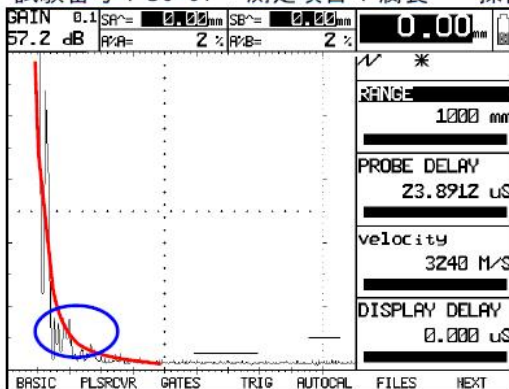
室内基準感度 (dB)	59
現地測定感度 (dB)	64
腐食判定	×

試験番号： U5-60 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	60
腐食判定	○

試験番号： U5-61 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.0m



室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	57
腐食判定	○

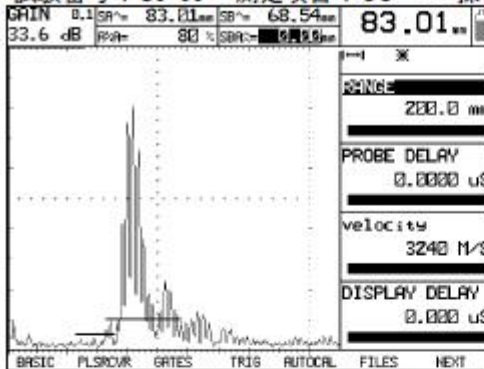
●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁B部 No. B-3

探傷器： USN60

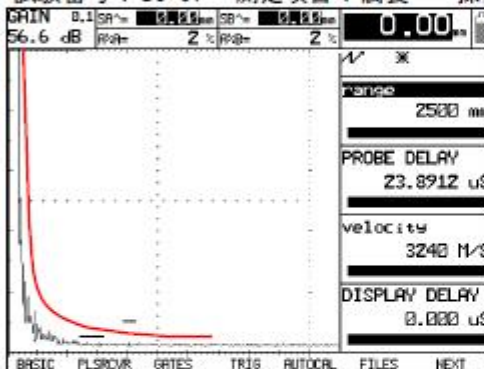
矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-66 測定項目： CC 探傷方向： 下 設定レンジ： 0.2m



室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	34

試験番号： U5-67 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 2.5m



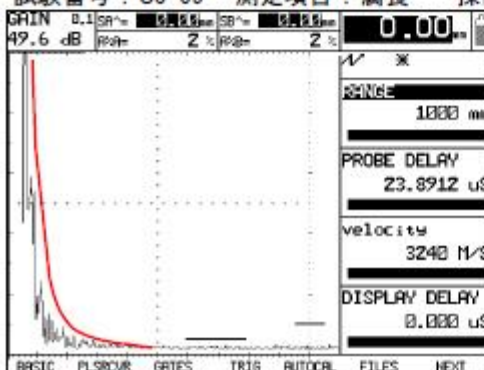
室内基準感度 (dB)	59
現地測定感度 (dB)	57
腐食判定	×

試験番号： U5-68 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	53
腐食判定	×

試験番号： U5-69 測定項目： 腐食 探傷方向： 下 設定レンジ： 1.0m



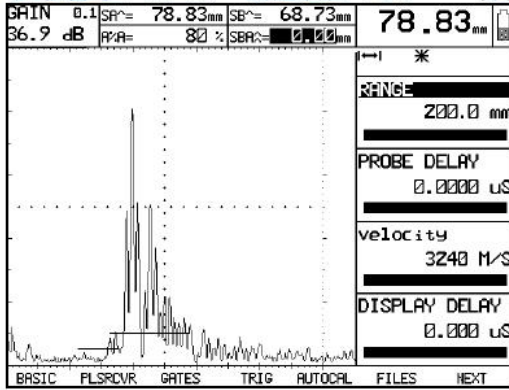
室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	50
腐食判定	×

●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁B部 No. B-1

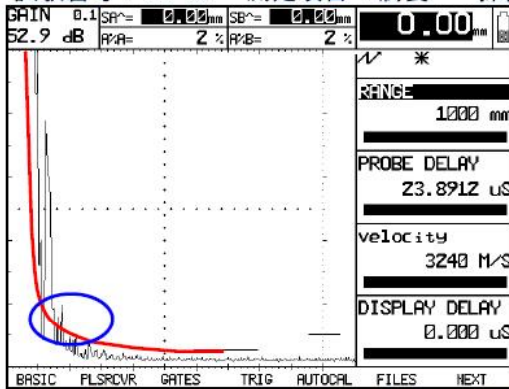
探傷器： USN60 矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-55 測定項目： CC 探傷方向： 上 設定レンジ： 0.2m



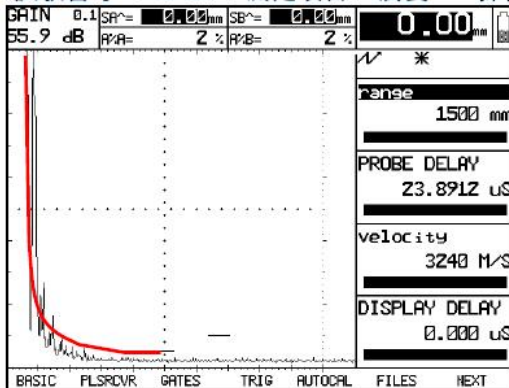
室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	37

試験番号： U5-56 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.0m



室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	53
腐食判定	×

試験番号： U5-57 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.5m



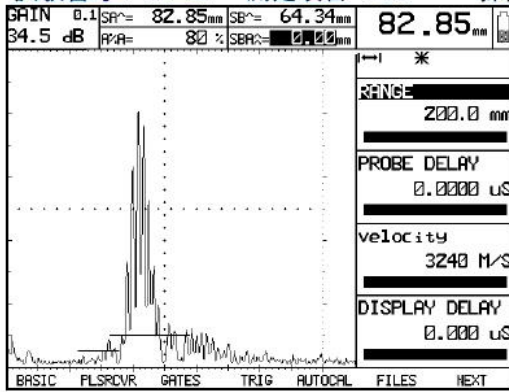
室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	56
腐食判定	×

●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁B部 No. B-2

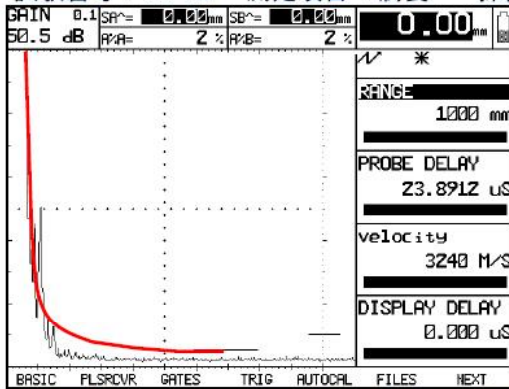
探傷器： USN60 矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-63 測定項目： CC 探傷方向： 上 設定レンジ： 0.2m



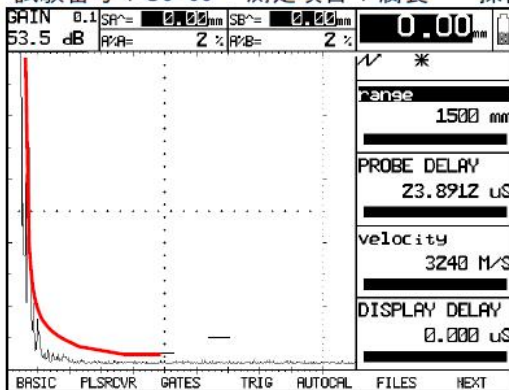
室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	35

試験番号： U5-64 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.0m



室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	51
腐食判定	×

試験番号： U5-65 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.5m



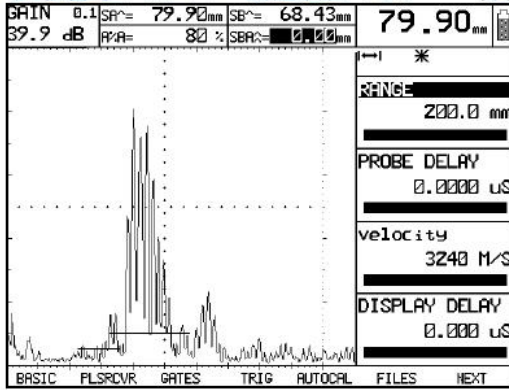
室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	54
腐食判定	×

●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁B部 No. B-3

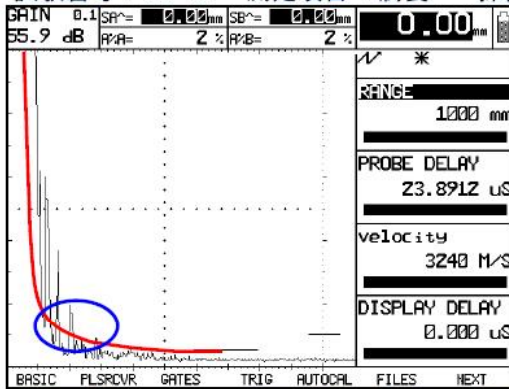
探傷器： USN60 矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-71 測定項目： CC 探傷方向： 上 設定レンジ： 0.2m



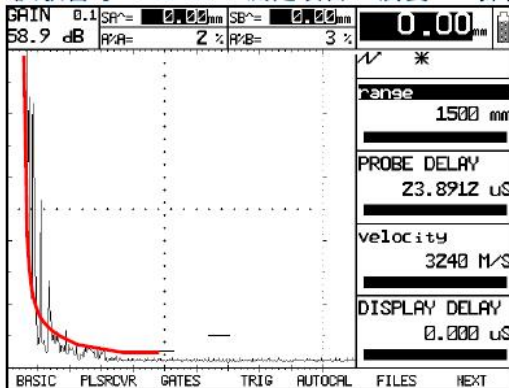
室内基準感度 (dB)	36
現地測定感度 (dB)	40

試験番号： U5-72 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.0m



室内基準感度 (dB)	52
現地測定感度 (dB)	56
腐食判定	○

試験番号： U5-73 測定項目： 腐食 探傷方向： 上 設定レンジ： 1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	59
腐食判定	×

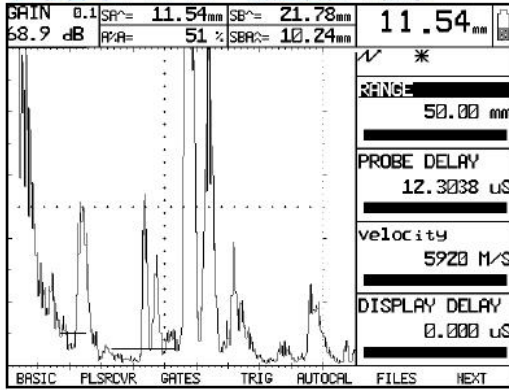
●留萌港における試験

施設名： -7.0m南岸壁B部

探傷器： USN60

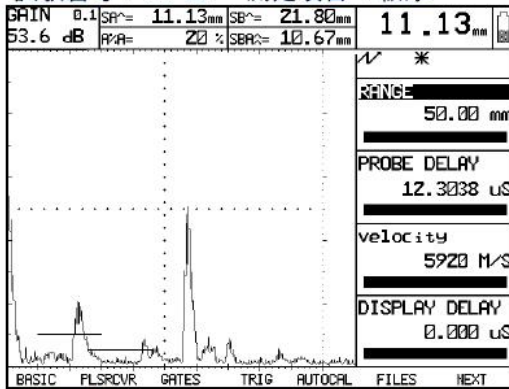
矢板の種類： IV型 (t=15.5mm)

試験番号： U5-54 測定項目： 板厚



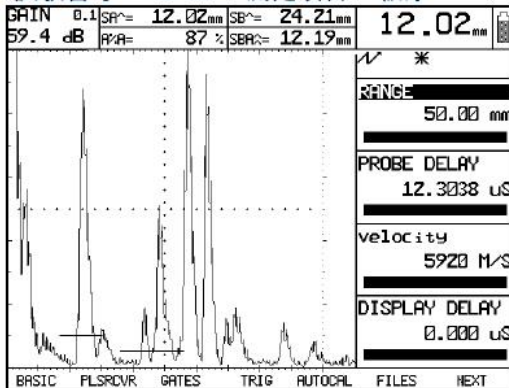
探触子による厚さ計測	11.54
超音波厚み計による厚さ計測(mm)	12.23
差	-0.69

試験番号： U5-62 測定項目： 板厚



探触子による厚さ計測	11.13
超音波厚み計による厚さ計測(mm)	12.34
差	-1.21

試験番号： U5-70 測定項目： 板厚



探触子による厚さ計測	12.02
超音波厚み計による厚さ計測(mm)	12.13
差	-0.11

●留萌港における試験

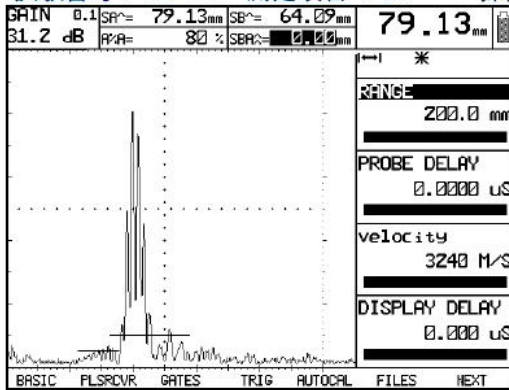
施設名：東岸-5.0m岸壁

No. 1

探傷器：USN60

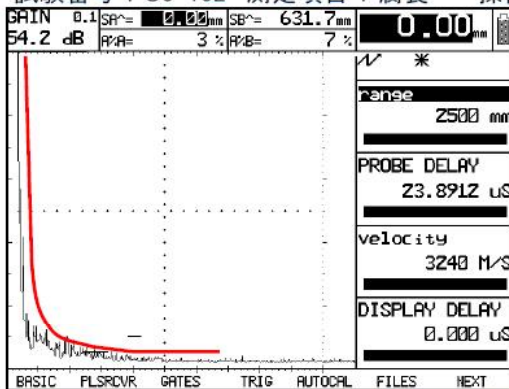
矢板の種類：Ⅲ型 (t=13.0mm)

試験番号：U5-101 測定項目：CC 探傷方向：下 設定レンジ：0.2m



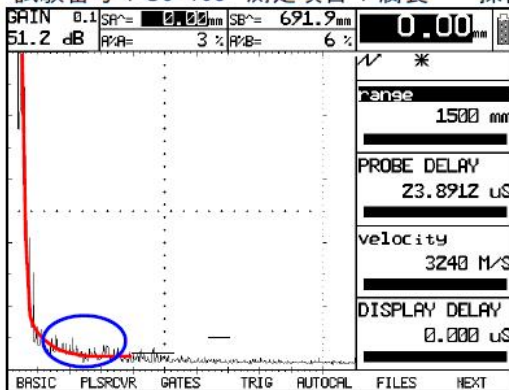
室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	31

試験番号：U5-102 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：2.5m



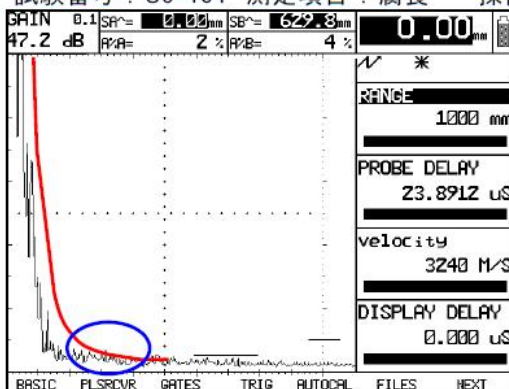
室内基準感度 (dB)	58
現地測定感度 (dB)	54
腐食判定	×

試験番号：U5-103 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	51
腐食判定	○

試験番号：U5-104 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：1.0m



室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	47
腐食判定	○

●留萌港における試験

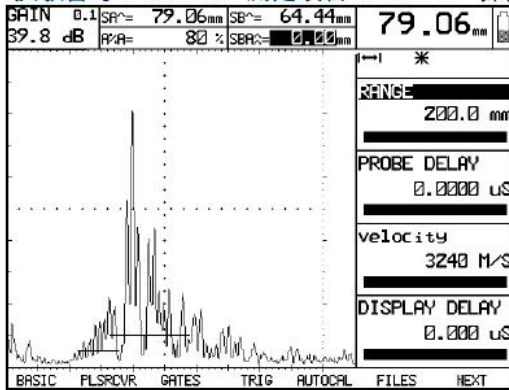
施設名：東岸-5.0m岸壁

No. 2

探傷器：USN60

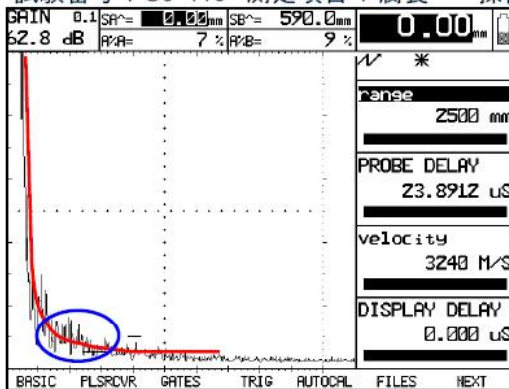
矢板の種類：皿型 (t=13.0mm)

試験番号：U5-109 測定項目：CC 探傷方向：下 設定レンジ：0.2m



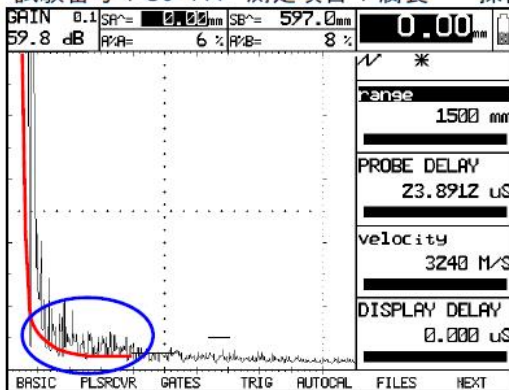
室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	40

試験番号：U5-110 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：2.5m



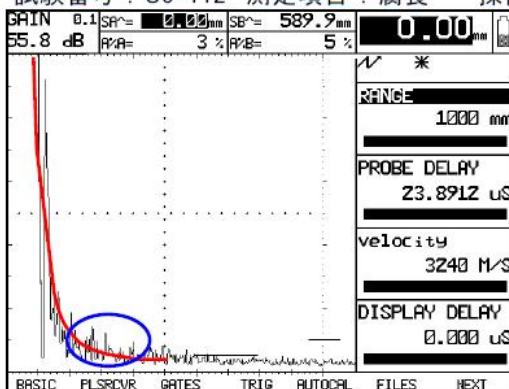
室内基準感度 (dB)	58
現地測定感度 (dB)	63
腐食判定	○

試験番号：U5-111 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	60
腐食判定	○

試験番号：U5-112 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：1.0m



室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	56
腐食判定	○

●留萌港における試験

施設名：東岸-5.0m岸壁

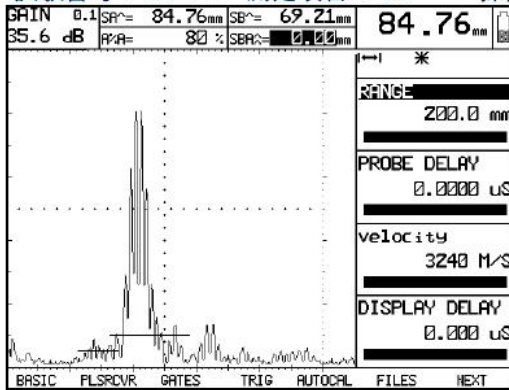
No. 3

探傷器：USN60

矢板の種類：Ⅲ型 (t=13.0mm)

試験番号：U5-117 測定項目：CC 探傷方向：下

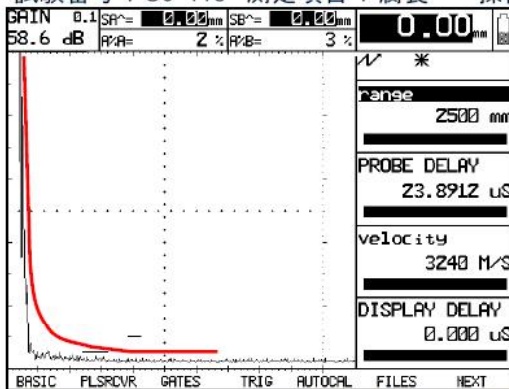
設定レンジ：0.2m



室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	36

試験番号：U5-118 測定項目：腐食 探傷方向：下

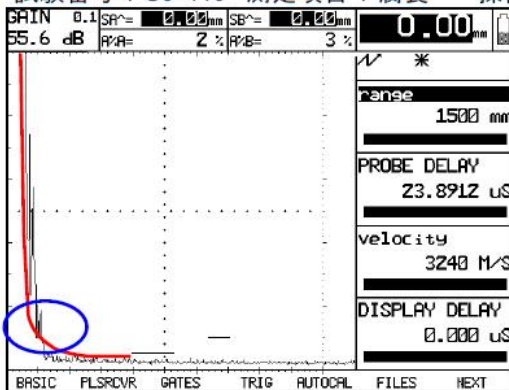
設定レンジ：2.5m



室内基準感度 (dB)	58
現地測定感度 (dB)	59
腐食判定	×

試験番号：U5-119 測定項目：腐食 探傷方向：下

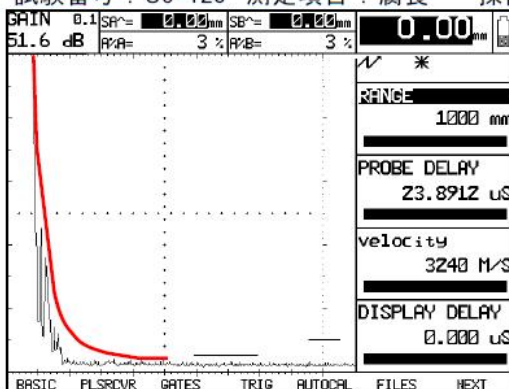
設定レンジ：1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	56
腐食判定	○

試験番号：U5-120 測定項目：腐食 探傷方向：下

設定レンジ：1.0m



室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	52
腐食判定	×

●留萌港における試験

施設名：東岸-5.0m岸壁

No. 1

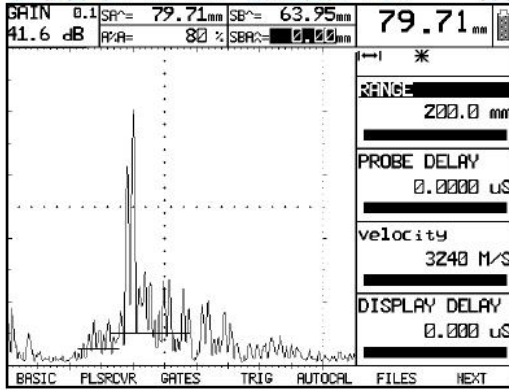
探傷器：USN60

矢板の種類：Ⅲ型 (t=13.0mm)

試験番号：U5-106 測定項目：CC

探傷方向：上

設定レンジ：0.2m

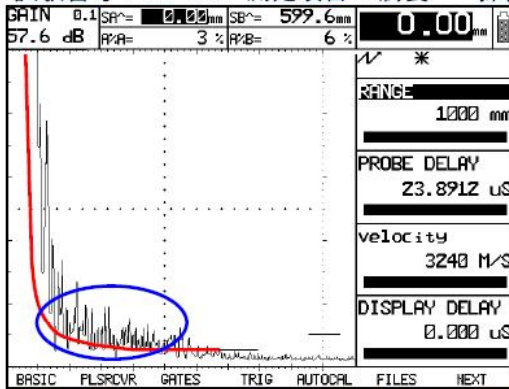


室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	42

試験番号：U5-107 測定項目：腐食

探傷方向：上

設定レンジ：1.0m

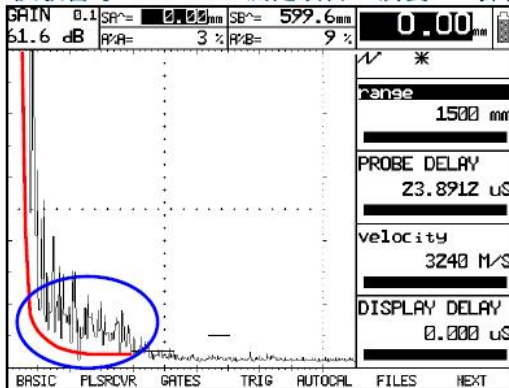


室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	58
腐食判定	○

試験番号：U5-108 測定項目：腐食

探傷方向：上

設定レンジ：1.5m



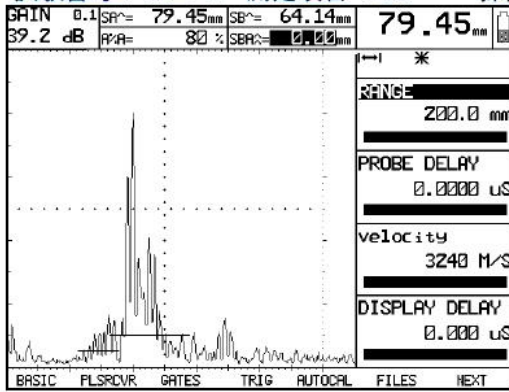
室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	62
腐食判定	○

●留萌港における試験

施設名：東岸-5.0m岸壁 No. 2

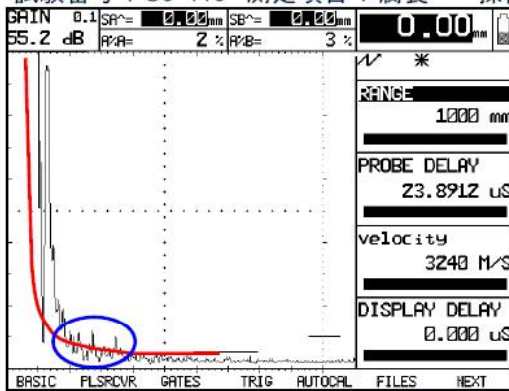
探傷器：USN60 矢板の種類：Ⅲ型 (t=13.0mm)

試験番号：U5-114 測定項目：CC 探傷方向：上 設定レンジ：0.2m



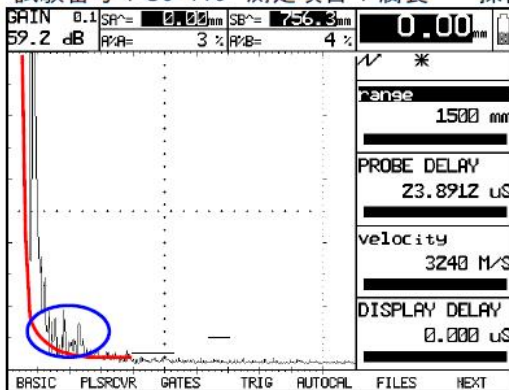
室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	39

試験番号：U5-115 測定項目：腐食 探傷方向：上 設定レンジ：1.0m



室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	55
腐食判定	○

試験番号：U5-116 測定項目：腐食 探傷方向：上 設定レンジ：1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	59
腐食判定	○

●留萌港における試験

施設名：東岸-5.0m岸壁

No. 3

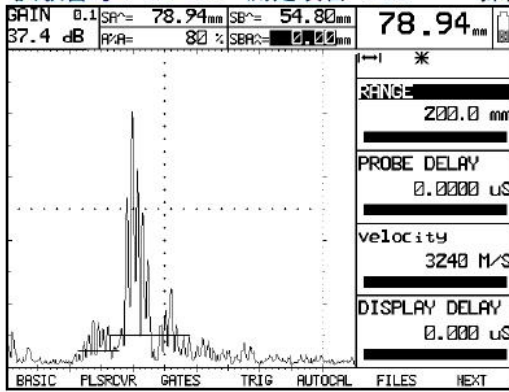
探傷器：USN60

矢板の種類：Ⅲ型 (t=13.0mm)

試験番号：U5-122 測定項目：CC

探傷方向：上

設定レンジ：0.2m

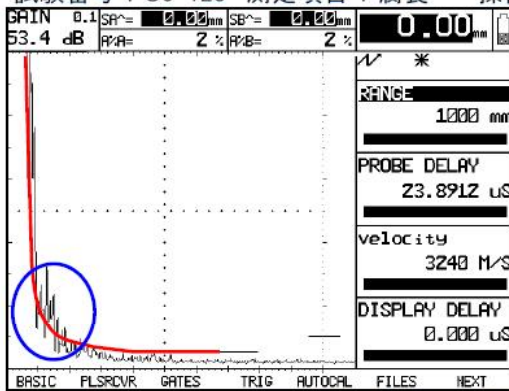


室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	37

試験番号：U5-123 測定項目：腐食

探傷方向：上

設定レンジ：1.0m

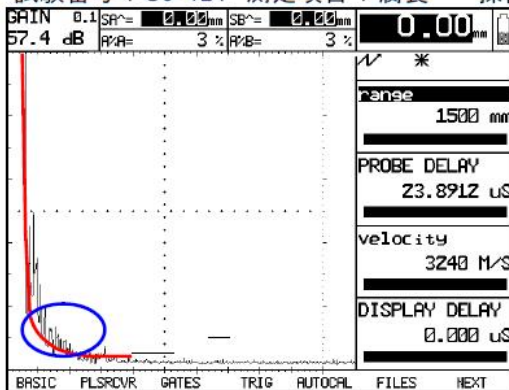


室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	53
腐食判定	○

試験番号：U5-124 測定項目：腐食

探傷方向：上

設定レンジ：1.5m



室内基準感度 (dB)	55
現地測定感度 (dB)	57
腐食判定	○

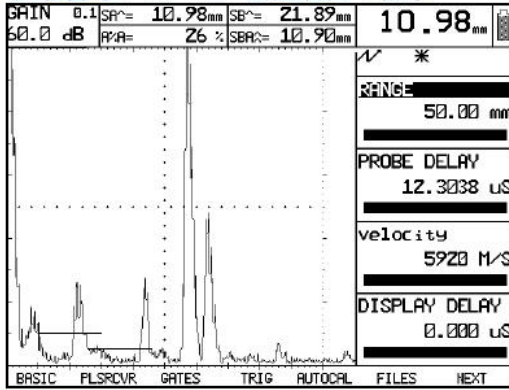
●留萌港における試験

施設名：東岸-5.0m岸壁

探傷器：USN60

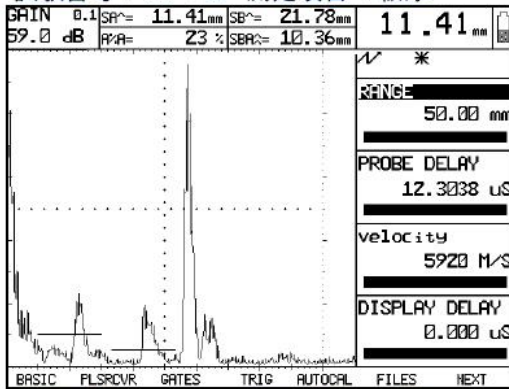
矢板の種類：Ⅲ型 (t=13.0mm)

試験番号：U5-105 測定項目：板厚



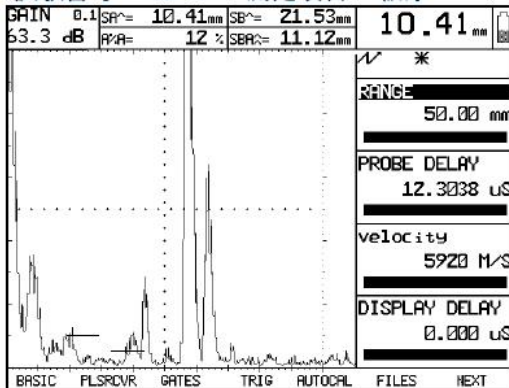
探触子による厚さ計測	10.98
超音波厚み計による厚さ計測 (mm)	10.69
差	0.29

試験番号：U5-113 測定項目：板厚



探触子による厚さ計測	11.41
超音波厚み計による厚さ計測 (mm)	11.47
差	-0.06

試験番号：U5-121 測定項目：板厚



探触子による厚さ計測	10.41
超音波厚み計による厚さ計測 (mm)	10.16
差	0.25

●留萌港における試験

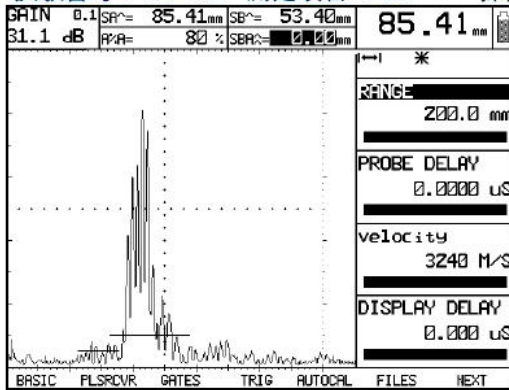
施設名：東岸-4.0m岸壁

No. 1

探傷器：USN60

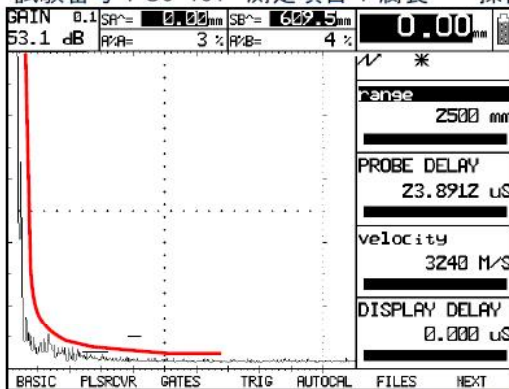
矢板の種類：Ⅱ型 (t=10.5mm)

試験番号：U5-150 測定項目：CC 探傷方向：下 設定レンジ：0.2m



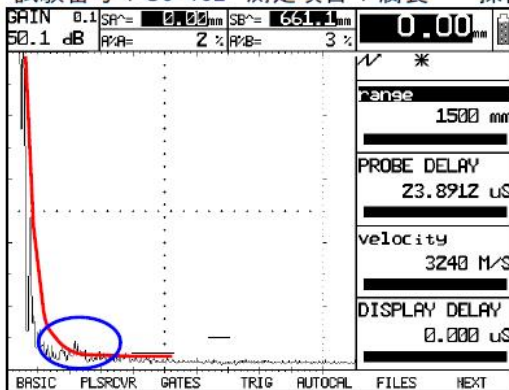
室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	31

試験番号：U5-151 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：2.5m



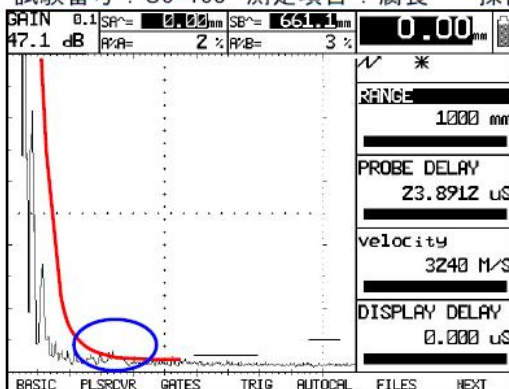
室内基準感度 (dB)	57
現地測定感度 (dB)	53
腐食判定	×

試験番号：U5-152 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：1.5m



室内基準感度 (dB)	54
現地測定感度 (dB)	50
腐食判定	○

試験番号：U5-153 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：1.0m



室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	47
腐食判定	○

●留萌港における試験

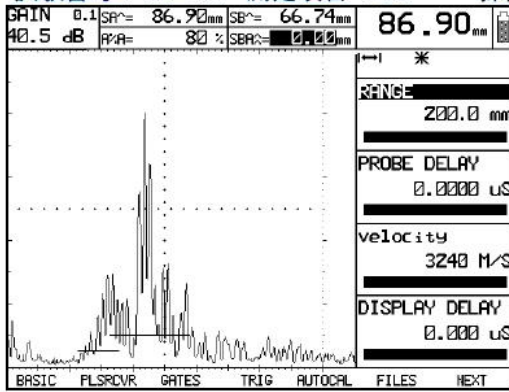
施設名：東岸-4.0m岸壁

No. 2

探傷器：USN60

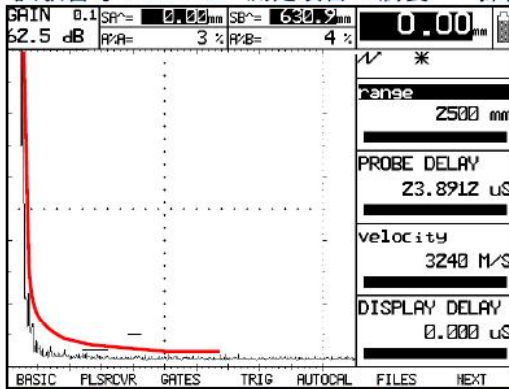
矢板の種類：Ⅱ型 (t=10.5mm)

試験番号：U5-158 測定項目：CC 探傷方向：下 設定レンジ：0.2m



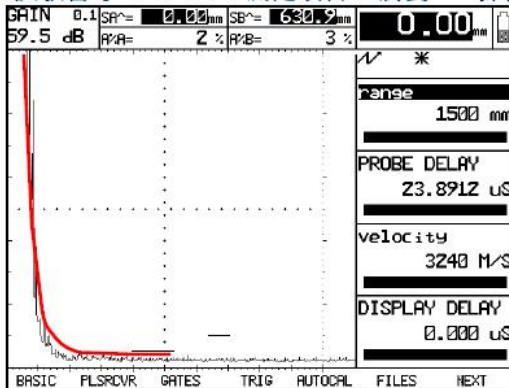
室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	41

試験番号：U5-159 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：2.5m



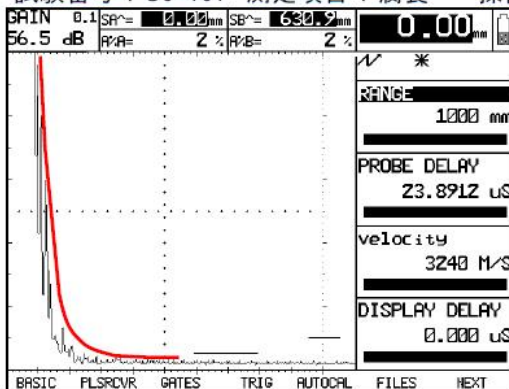
室内基準感度 (dB)	57
現地測定感度 (dB)	63
腐食判定	×

試験番号：U5-160 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：1.5m



室内基準感度 (dB)	54
現地測定感度 (dB)	60
腐食判定	×

試験番号：U5-161 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：1.0m



室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	57
腐食判定	×

●留萌港における試験

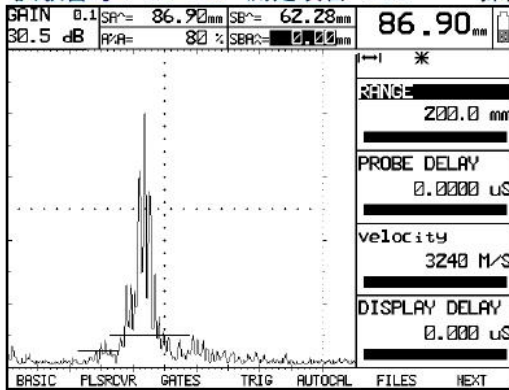
施設名：東岸-4.0m岸壁

No. 3

探傷器：USN60

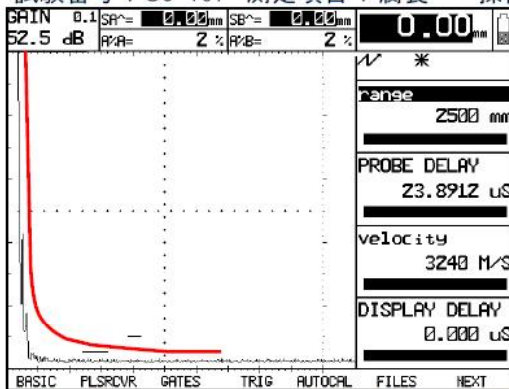
矢板の種類：Ⅱ型 (t=10.5mm)

試験番号：U5-166 測定項目：CC 探傷方向：下 設定レンジ：0.2m



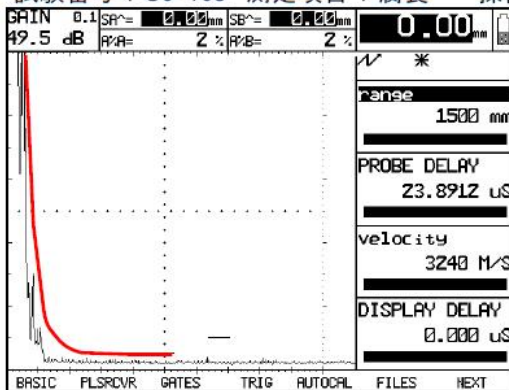
室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	31

試験番号：U5-167 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：2.5m



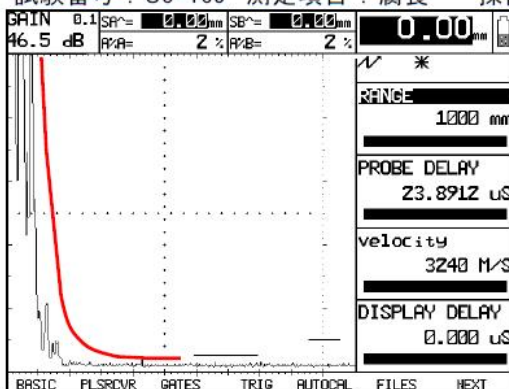
室内基準感度 (dB)	57
現地測定感度 (dB)	53
腐食判定	×

試験番号：U5-168 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：1.5m



室内基準感度 (dB)	54
現地測定感度 (dB)	50
腐食判定	×

試験番号：U5-169 測定項目：腐食 探傷方向：下 設定レンジ：1.0m



室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	47
腐食判定	×

●留萌港における試験

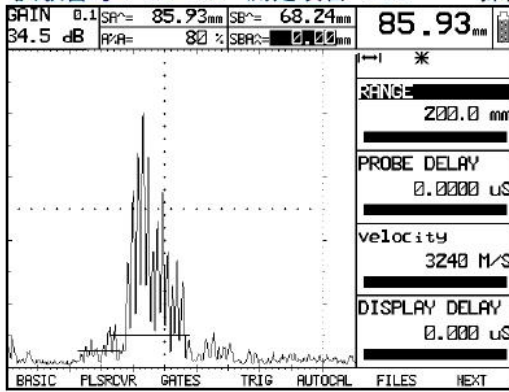
施設名：東岸-4.0m岸壁

No. 1

探傷器：USN60

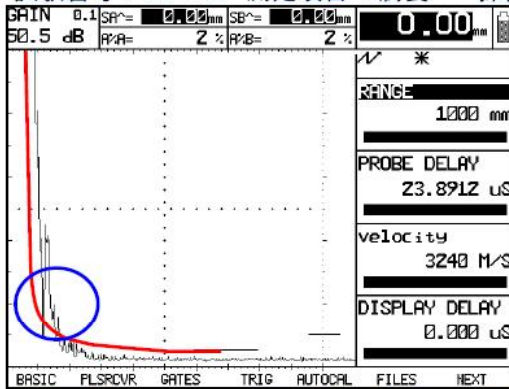
矢板の種類：Ⅱ型 (t=10.5mm)

試験番号：U5-155 測定項目：CC 探傷方向：上 設定レンジ：0.2m



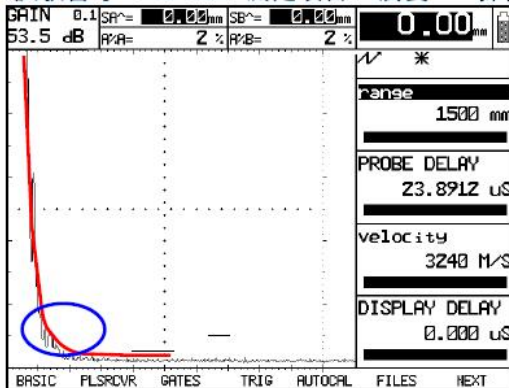
室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	35

試験番号：U5-156 測定項目：腐食 探傷方向：上 設定レンジ：1.0m



室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	51
腐食判定	○

試験番号：U5-157 測定項目：腐食 探傷方向：上 設定レンジ：1.5m



室内基準感度 (dB)	54
現地測定感度 (dB)	54
腐食判定	○

●留萌港における試験

施設名：東岸-4.0m岸壁

No. 2

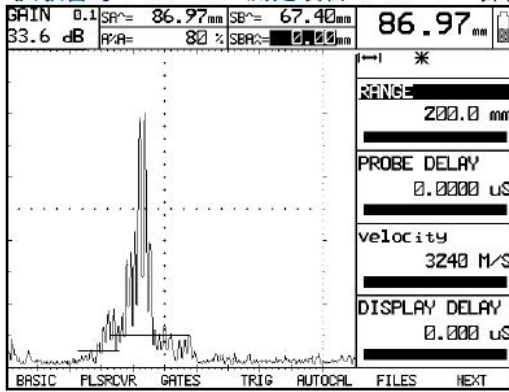
探傷器：USN60

矢板の種類：Ⅱ型 (t=10.5mm)

試験番号：U5-163 測定項目：CC

探傷方向：上

設定レンジ：0.2m

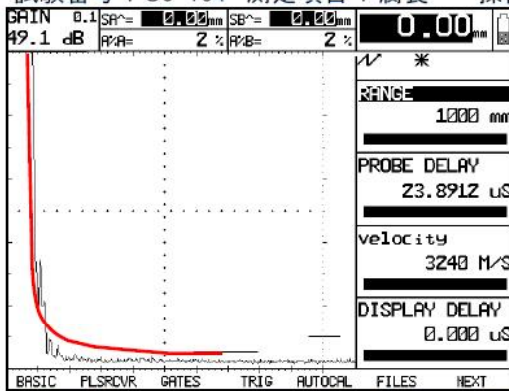


室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	34

試験番号：U5-164 測定項目：腐食

探傷方向：上

設定レンジ：1.0m

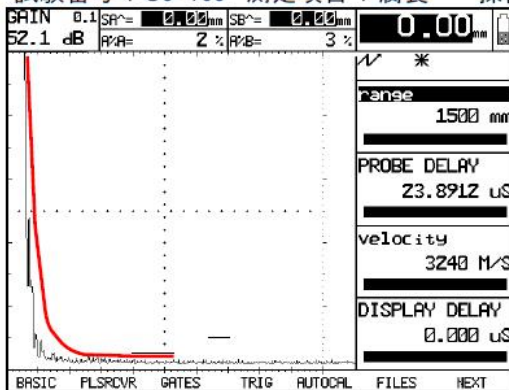


室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	49
腐食判定	×

試験番号：U5-165 測定項目：腐食

探傷方向：上

設定レンジ：1.5m



室内基準感度 (dB)	54
現地測定感度 (dB)	52
腐食判定	×

●留萌港における試験

施設名：東岸-4.0m岸壁

No. 3

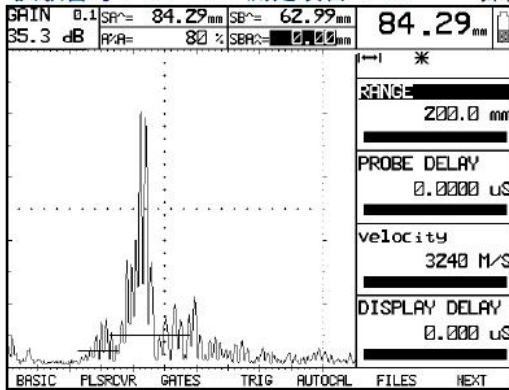
探傷器：USN60

矢板の種類：Ⅱ型 (t=10.5mm)

試験番号：U5-171 測定項目：CC

探傷方向：上

設定レンジ：0.2m

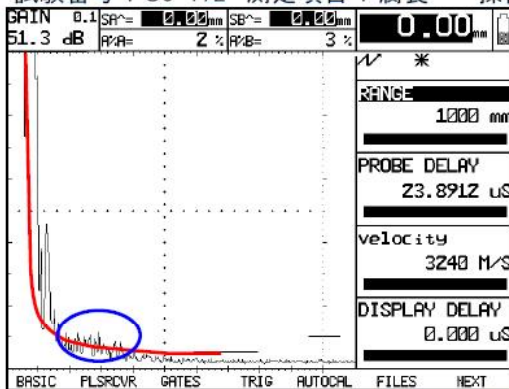


室内基準感度 (dB)	35
現地測定感度 (dB)	35

試験番号：U5-172 測定項目：腐食

探傷方向：上

設定レンジ：1.0m

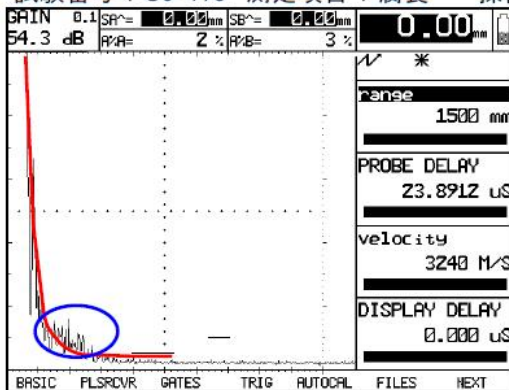


室内基準感度 (dB)	51
現地測定感度 (dB)	51
腐食判定	○

試験番号：U5-173 測定項目：腐食

探傷方向：上

設定レンジ：1.5m



室内基準感度 (dB)	54
現地測定感度 (dB)	54
腐食判定	○

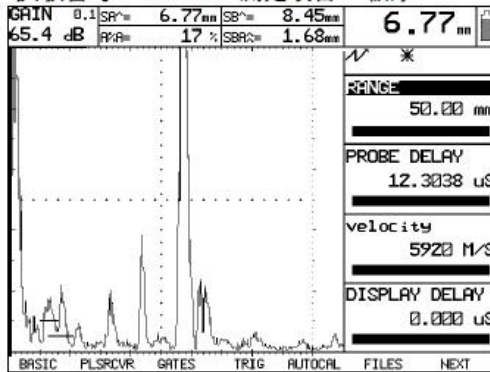
●留萌港における試験

施設名：東岸-4.0m岸壁

探傷器：USN60

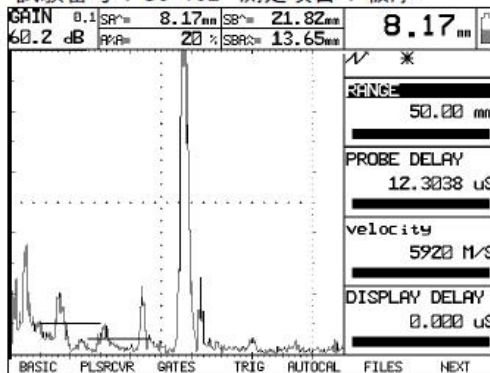
矢板の種類：Ⅱ型 (t=10.5mm)

試験番号：U5-154 測定項目：板厚



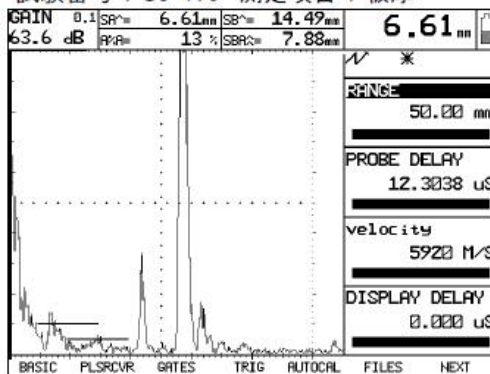
探触子による厚さ計測	6.77
超音波厚み計による厚さ計測 (mm)	8.90
差	-2.13

試験番号：U5-162 測定項目：板厚



探触子による厚さ計測	8.17
超音波厚み計による厚さ計測 (mm)	8.19
差	-0.02

試験番号：U5-170 測定項目：板厚



探触子による厚さ計測	6.61
超音波厚み計による厚さ計測 (mm)	6.44
差	0.17

2. 現地試験（平成22年度）写真帳



第1回試験 架装装置



第1回試験 鋼矢板設置状況



第1回試験 制御盤



第1回試験 鋼矢板設置状況



第1回試験 鋼矢板設置状況



第1回試験 鋼矢板設置状況



第1回試験 架装装置



第1回試験 架装装置



第1回試験 架装装置



第1回試験 架装装置



第1回試験 架装装置



第1回試験 架装装置



第1回試験 架装装置



第1回試験 モニター(4分割)



第1回試験 架装装置



第1回試験 USN60



第1回試験 架装装置



第1回試験 鋼矢板への接触状況



第1回試験 ケレン状況



第1回試験 発電機



第1回試験 ケレン状況



第1回試験 発電機



第1回試験 ケレン状況



第1回試験 コンプレッサー



第1回試験 架装装置設置状況



第1回試験 架装装置設置状況



第1回試験 架装装置設置状況



第1回試験 電磁弁ボックス



第1回試験 架装装置設置状況



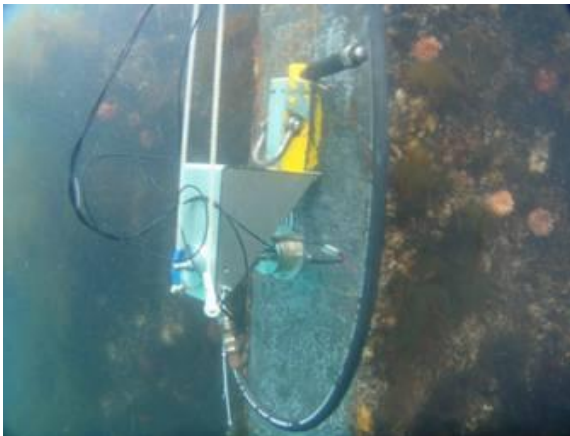
第1回試験 サンプル矢板Ⅲ型+1.0m



第2回試験 全景



第2回試験 マグネットによる設置状況



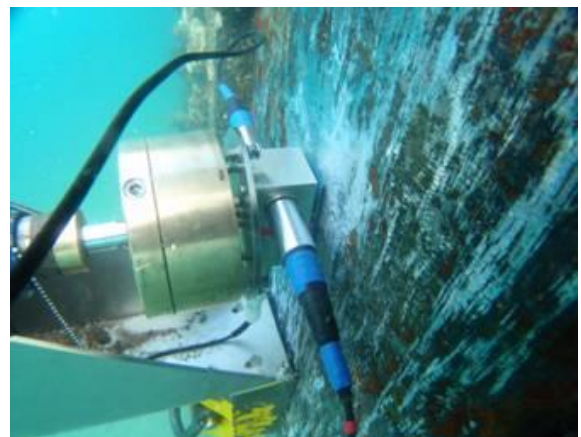
第2回試験 マグネットによる設置状況



第2回試験 マグネットによる設置状況



第2回試験 マグネットによる設置状況



第2回試験 マグネットによる設置状況



第2回試験 架装装置設置状況



第2回試験 モニター (4分割)



第2回試験 付着物除去状況



第2回試験 資機材



第2回試験 付着物除去状況



第2回試験 資機材



第 2 回試験 資機材



第 2 回試験 架装装置水中状況



第 2 回試験 架装装置水中状況



第 2 回試験 架装装置水中状況



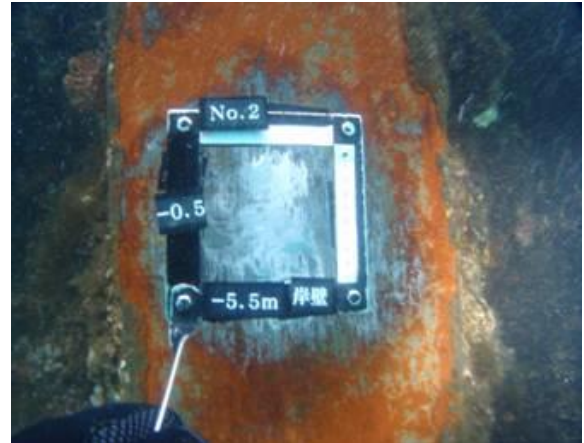
第 2 回試験 架装装置水中状況



第 2 回試験 架装装置水中状況



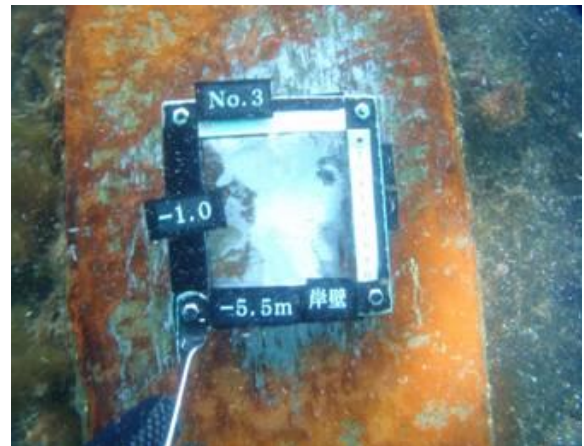
第2回試験 バケットによるケレン



第2回試験 岸壁(-5.5m)No.2



第2回試験 ケレン後の表面



第2回試験 岸壁(-5.5m)No.3



第2回試験 岸壁(-5.5m)No.1



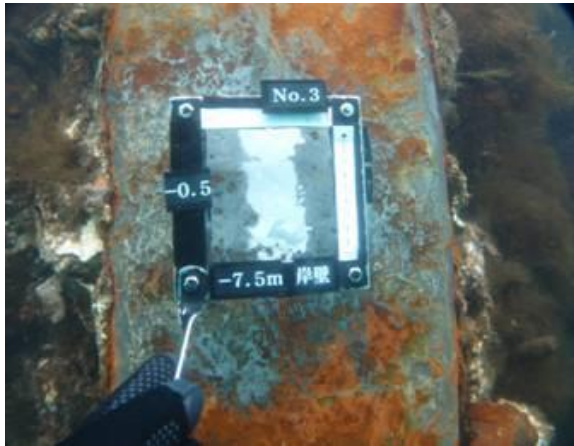
第2回試験 岸壁(-7.5m)No.1



第2回試験 岸壁(-7.5m)No.2



第2回試験 運転席



第2回試験 岸壁(-7.5m)No.3



第2回試験 運転席

簡易堆砂計測装置の開発

- ・計測試験状況及び計測結果（平成 22 年度）

1. 計測試験状況及び計測結果（平成 22 年度）

1.1 事前確認試験



曳航体



ソナーヘッドとモーションセンサー



データ収録 PC



曳航体計測状況

写真-1 事前確認試験

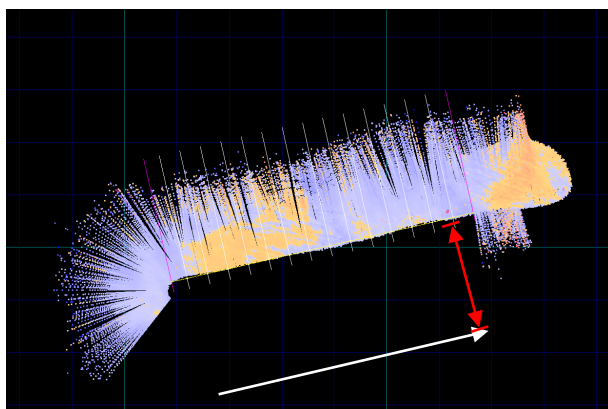
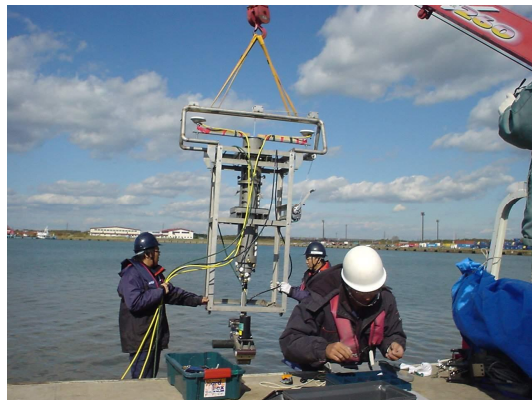


図-1 計測データ例

1.2 SEABATA8125 型による計測



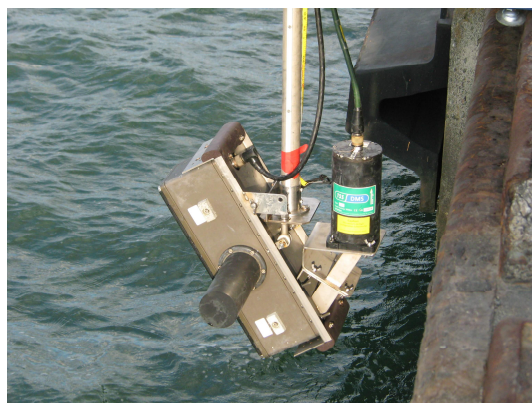
陸上計測架台設置状況



陸上計測架台設置状況



ソナーヘッド取付角度 30 度



ソナーヘッド取付角度 60 度



MBL によるデータ収録状況



Hypack によるデータ収録状況

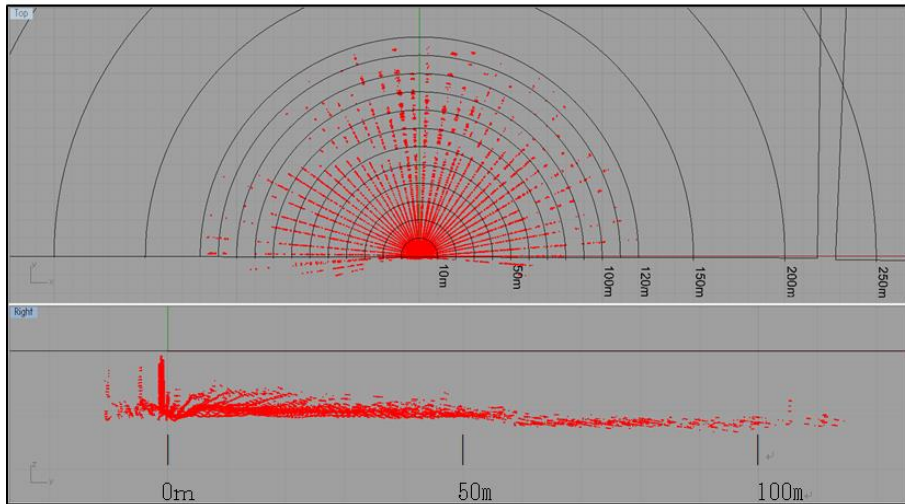
写真-2 SEABATA8125 型による計測

表-1 SEABAT8125 (取付角度 30 度) 計測パターン

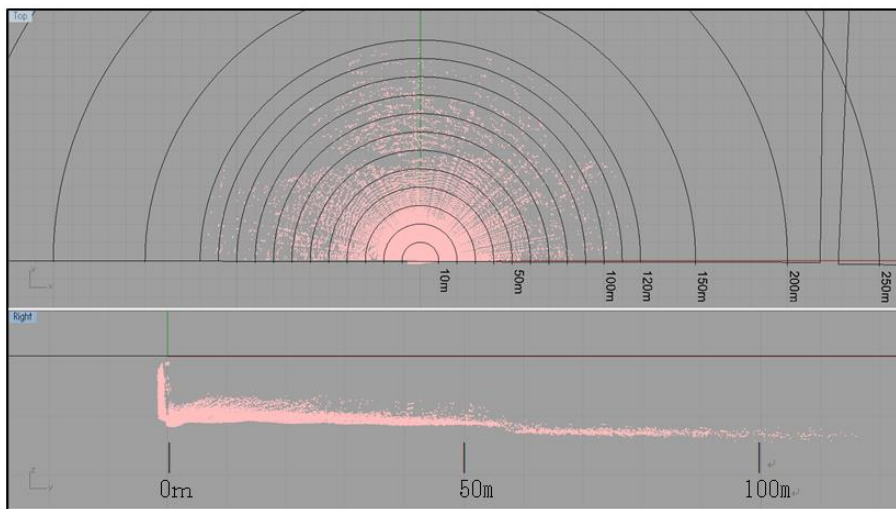
センサー取り 付け角度	項目	収録時間	レンジ	ファイルNo	方向	収録ファイル名	
						MBL	Hypack
30度	5° 静止	10秒	120m	M 001	-100°	tom001	000 1348
				M 002	-95°	tom002	000A1348
				M 003	-90°	tom003	000 1349
				M 004	-85°	tom004	000A1349
				M 005	-80°	tom005	000 1350
				M 006	-75°	tom006	000A1350
				M 007	-70°	tom007	000 1351
				M 008	-65°	tom008	000A1351
				M 009	-60°	tom009	000 1352
				M 010	-55°	tom010	000A1352
				M 011	-50°	tom011	000B1352
				M 012	-45°	tom012	000 1353
				M 013	-40°	tom013	000A1353
				M 014	-35°	tom014	000 1354
				M 015	-30°	tom015	000A1354
				M 016	-25°	tom016	000B1354
				M 017	-20°	tom017	000 1355
				M 018	-15°	tom018	000A1355
				M 019	-10°	tom019	000B1355
				M 020	-5°	tom020	000 1356
				M 021	0°	tom021	000A1356
				M 022	+5°	tom022	000 1357
				M 023	+10°	tom023	000A1357
				M 024	+15°	tom024	000 1358
				M 025	+20°	tom025	000A1358
				M 026	+25°	tom026	000B1358
				M 027	+30°	tom027	000 1359
				M 028	+35°	tom028	000A1359
				M 029	+40°	tom029	000 1400
				M 030	+45°	tom030	000A1400
				M 031	+50°	tom031	000B1400
				M 032	+55°	tom032	000 1401
				M 033	+60°	tom033	000A1401
				M 034	+65°	tom034	000 1402
				M 035	+70°	tom035	000A1402
				M 036	+75°	tom036	000B1402
				M 037	+80°	tom037	000 1403
				M 038	+85°	tom038	000A1403
				M 039	+90°	tom039	000B1403
				M 040	+95°	tom040	000 1404
				M 041	+100°	tom041	000A1404
静止	36秒 60秒 120秒 180秒	M 207	-30°	tom207	000 0947		
		M 208	-30°	tom208	000A0947		
		M 209	-30°	tom209	000 0949		
		M 210	-30°	tom210	000 0951		
回転	180秒	M 212	-90°→+90°	tom212	000 0956		
		M 213	+90°→-90°	tom213	000 0959		

表-2 SEABAT8125 (取付角度 30 度) 計測パターン

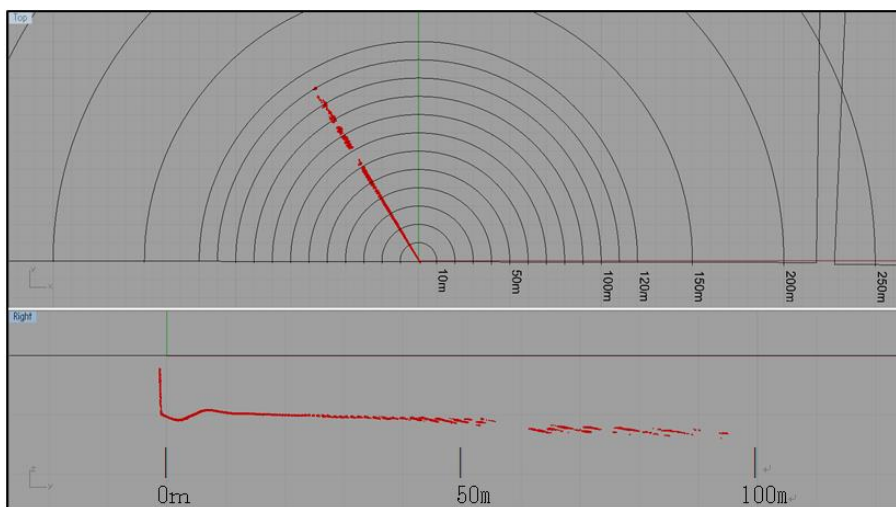
センサー取り 付け角度	項目	収録時間	レンジ	ファイルNo	方向	収録ファイル名	
						MBL	Hypack
60度	5° 静止	10秒	120m	M 101	-100°	tom101	000_1519
				M 102	-95°	tom102	000_1520
				M 103	-90°	tom103	000A1520
				M 104	-85°	tom104	000_1521
				M 105	-80°	tom105	000A1521
				M 106	-75°	tom106	000_1522
				M 107	-70°	tom107	000A1522
				M 108	-65°	tom108	000B1522
				M 109	-60°	tom109	000_1523
				M 110	-55°	tom110	000A1523
				M 111	-50°	tom111	000_1524
				M 112	-45°	tom112	000A1524
				M 113	-40°	tom113	000_1525
				M 114	-35°	tom114	000A1525
				M 115	-30°	tom115	000B1525
				M 116	-25°	tom116	000_1526
				M 117	-20°	tom117	000A1526
				M 118	-15°	tom118	000B1526
				M 121	-10°	tom119	000_1529
				M 122	-5°	tom120	000A1529
				M 123	0°	tom121	000_1530
				M 124	0°	tom122	000A_1530
				M 125	+10°	tom123	000_1531
				M 126	+15°	tom124	000A1531
				M 127	+20°	tom125	000B1531
				M 128	+25°	tom126	000_1532
M 129	+30°	tom127	000A1532				
M 130	+35°	tom128	000B1532				
M 131	+40°	tom129	000_1533				
M 132	+45°	tom130	000A1533				
M 133	+50°	tom131	000_1534				
M 134	+55°	tom132	000A1534				
M 135	+60°	tom133	000B1534				
M 136	+65°	tom134	000_1535				
M 137	+70°	tom135	000A1535				
M 138	+75°	tom136	000B1535				
M 139	+80°	tom137	000_1536				
M 140	+85°	tom138	000_1538				
M 141	+90°	tom139	000A1538				
M 142	+95°	tom140	000B1538				
M 143	+100°	tom141	000_1539				
静止	36秒	M 201	-30°	tom201	000_0910		
	60秒	M 202	-30°	tom202	000_0911		
	120秒	M 203	-30°	tom203	000_0912		
	180秒	M 204	-30°	tom204	000_0914		
回転	180秒	M 205	-90→+90	tom205	000_0919		
		M 206	+90→-90	tom206	000_0922		



静止 (5度刻み 41パターン)

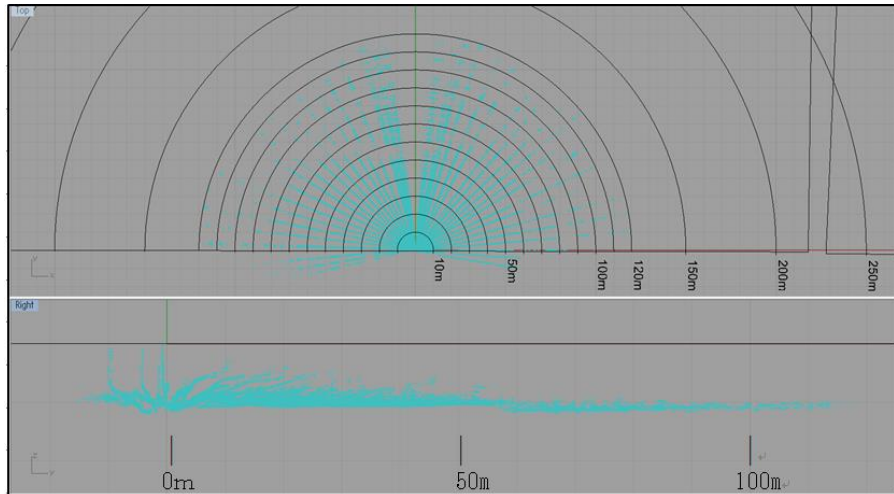


回転 (-90度から+90度)

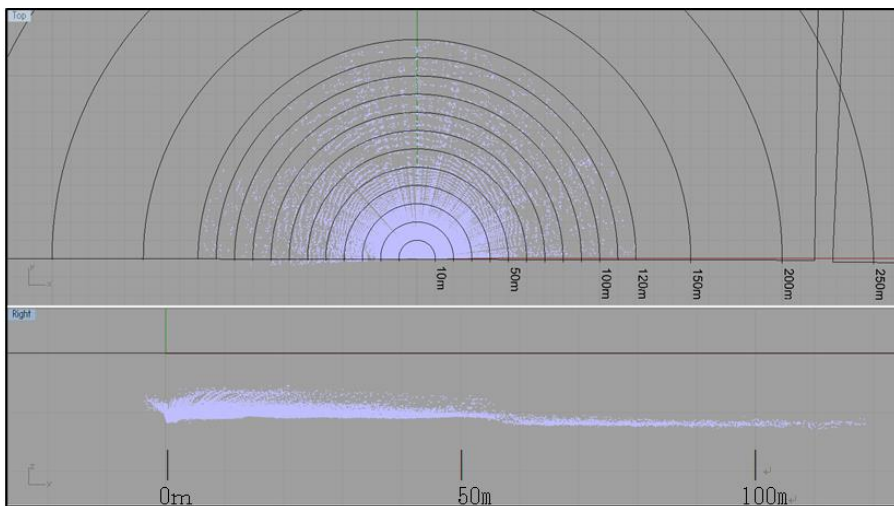


静止 (180秒)

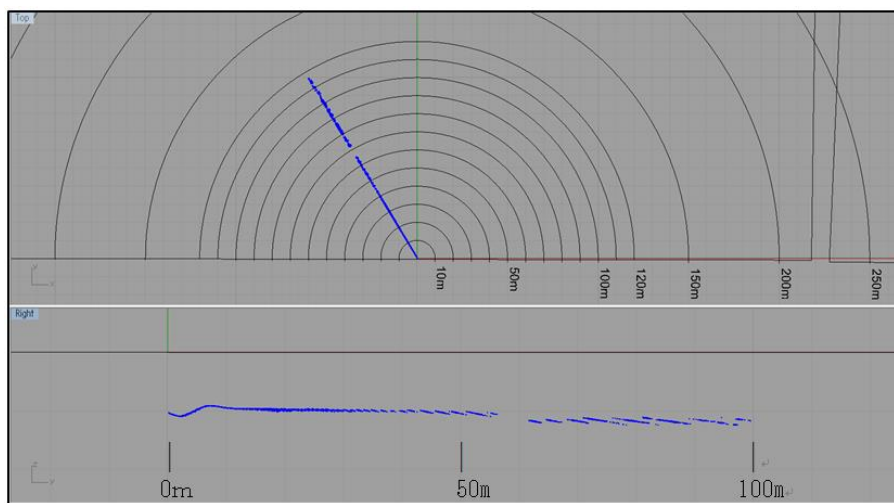
図-2 計測データ (センサー取付角度 30度計測データ)



静止 (5 度刻み 41 パターン)



回転 (-90 度から+90 度)



静止 (180 秒)

図-3 計測データ (センサー取付角度 60 度)

1.3 SEABAT7101 型による計測



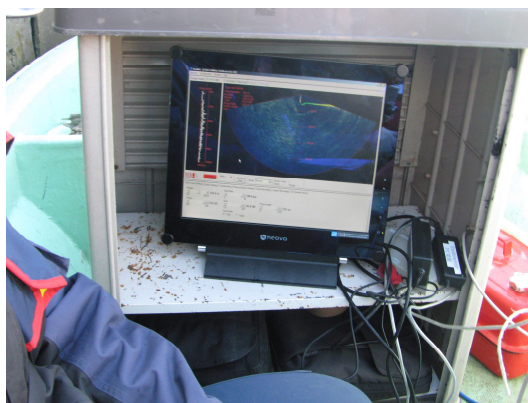
7101 ソナーヘッド本体



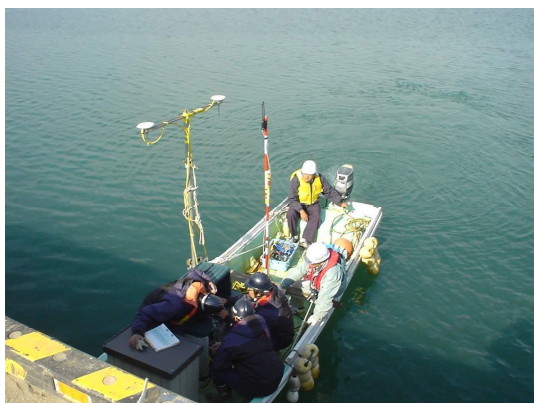
パイプへの取付状況



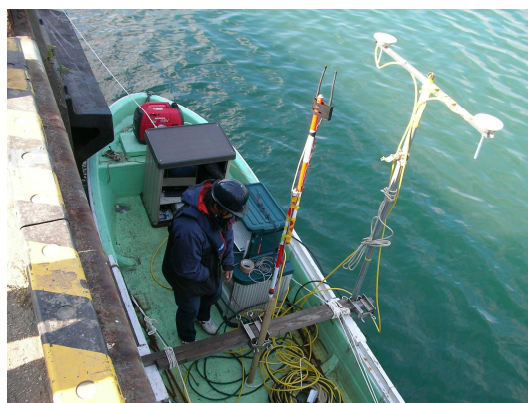
ソナーヘッド 15 度傾角用フランジ



データ収録状況



90 度方向計測状況



0 度方向計測状況

写真-3 SEABAT7101 型による計測

表-3 SEABAT7101 (取付角度 30 度) 計測パターン

ソナー取付 角度	モード	収録時 間	レンジ	ファイル No	方向	Hypack
0 度	等角	10 秒	100m	701	-90°	000_1136
				702	0°	000_1121
				703	+90°	000_1148
			500m	704	-90°	000_1137
				705	0°	000_1122
				706	+90°	000_1149
	等距離		100m	707	-90°	000_1134
				708	0°	000_1128
				709	+90°	000_1147
			500m	710	-90°	000_1135
				711	0°	000_1127
				712	+90°	000A1147
15 度	等角	10 秒	100m	713	-90°	000_1021
				714	0°	000_1011
			500m	715	-90°	000_1022
				716	0°	000A1011
	等距離		100m	717	-90°	000_1029
				718	0°	000_1009
			500m	719	-90°	000_1030
				720	0°	000_1010

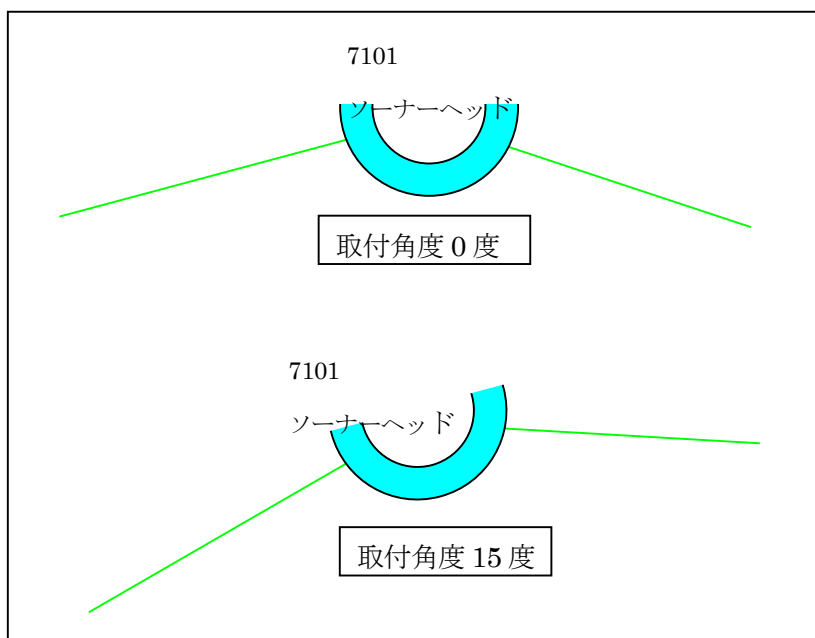


図-4 ソナーヘッド傾角模式図

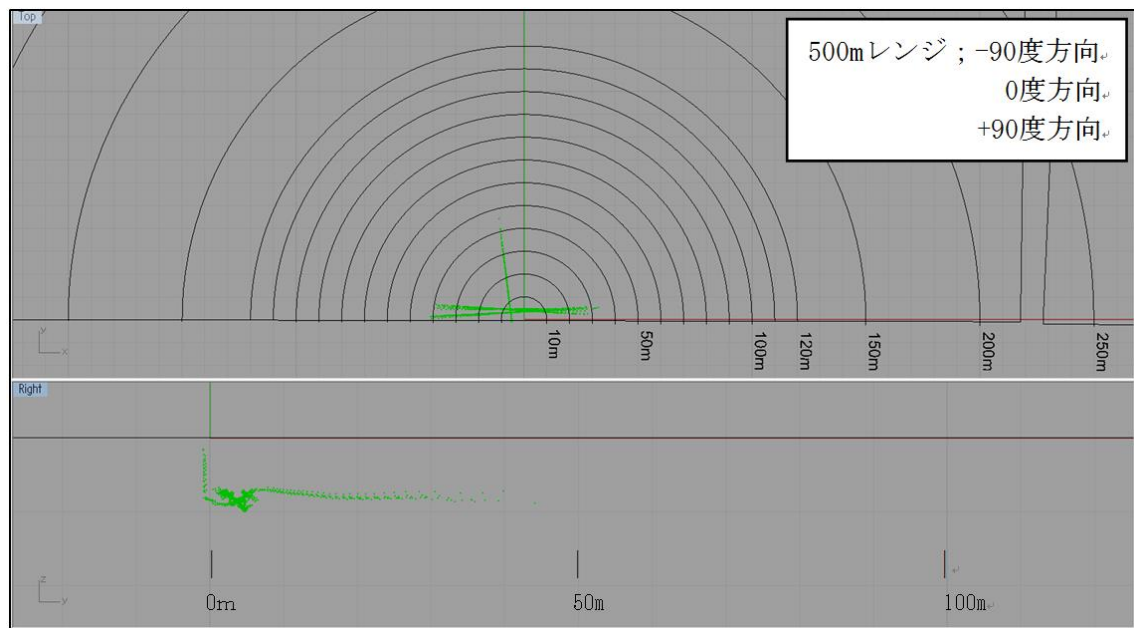
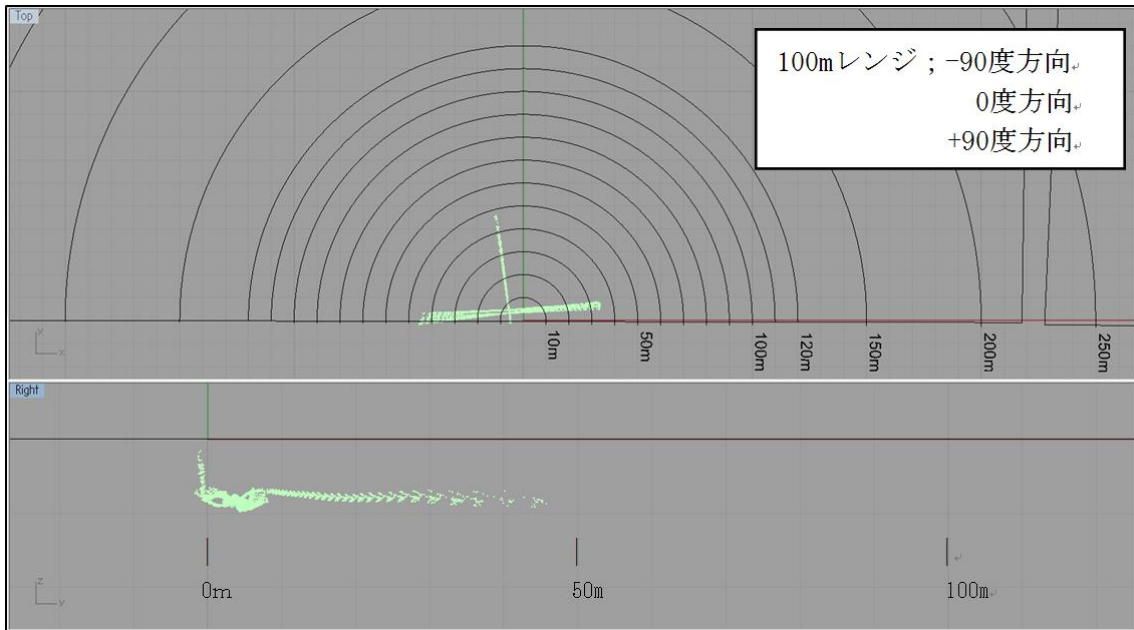


図-5 計測データ (等角度モード・センサー取付角度0度)

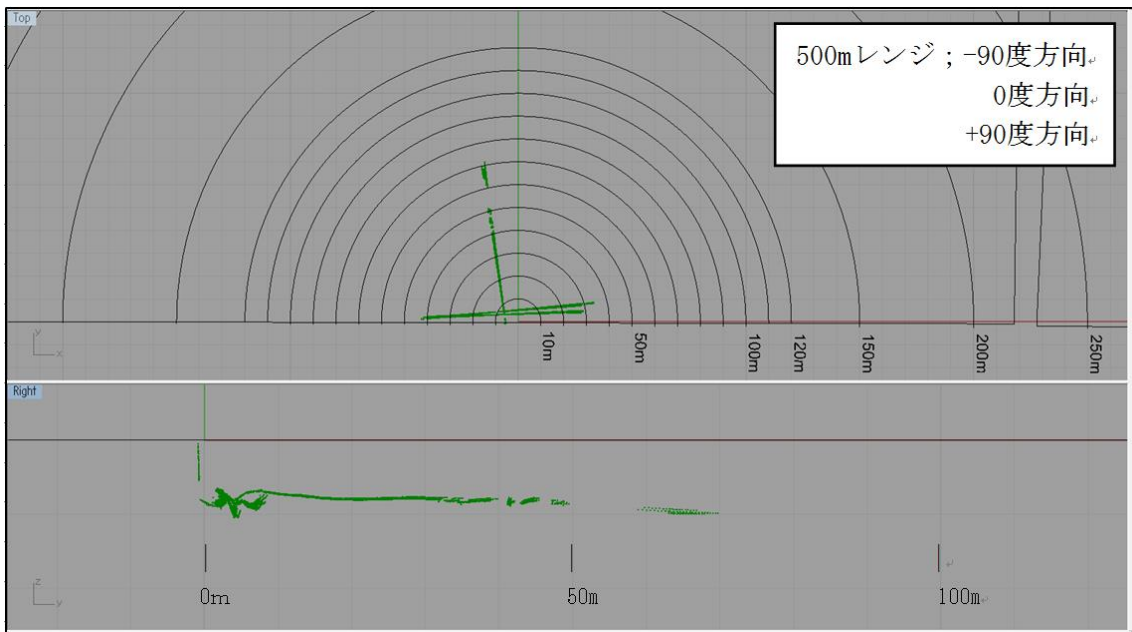
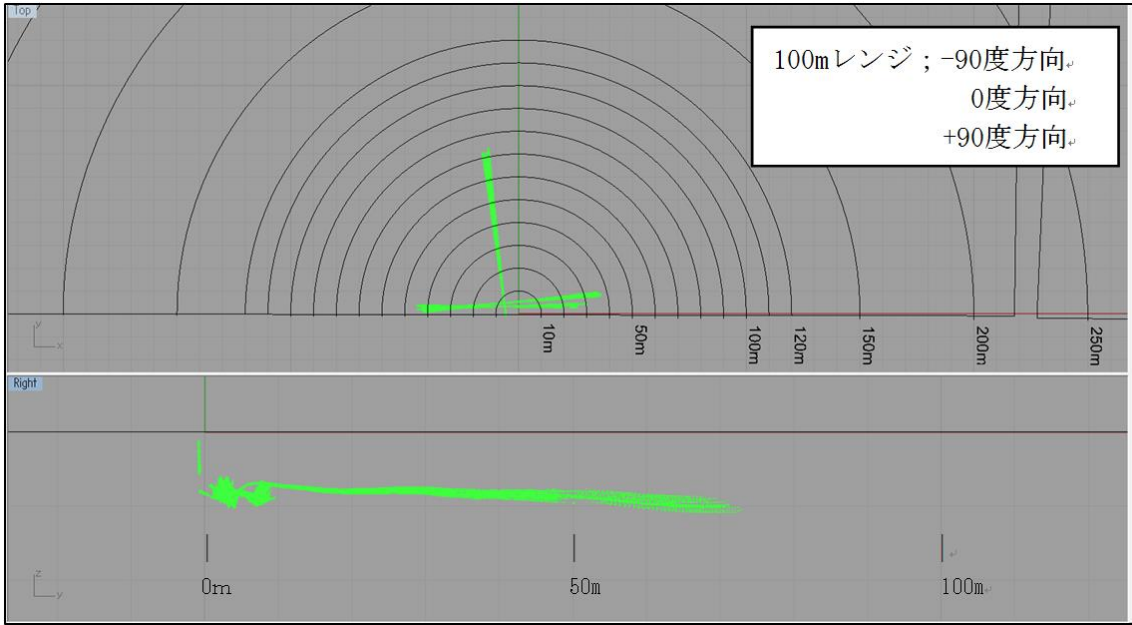
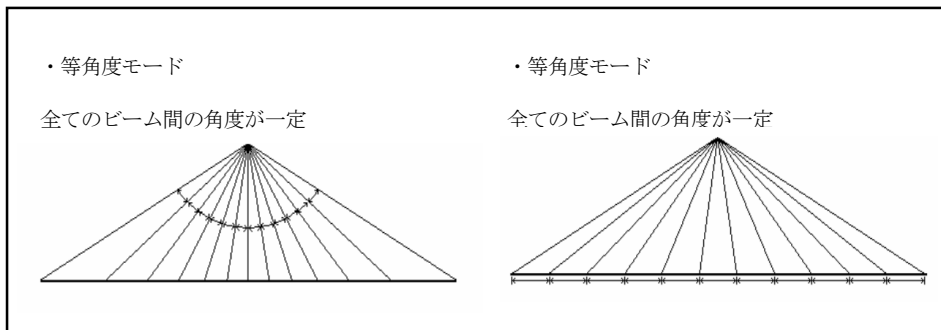


図-6 計測データ (等距離モード・センサー取付角度0度)

(参考) 計測モード概要



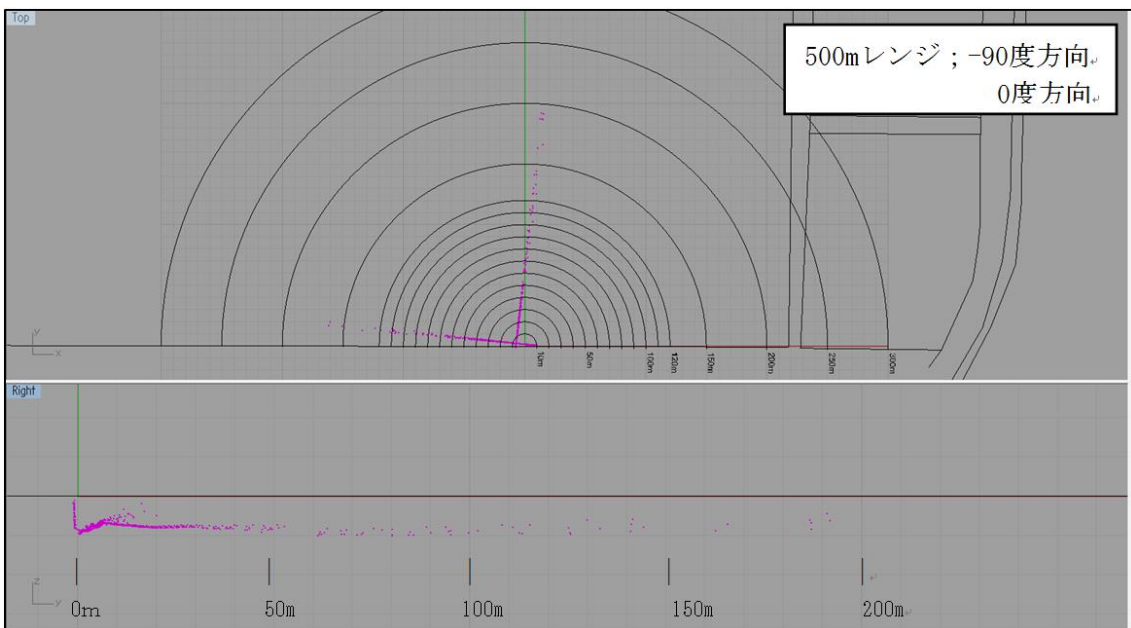
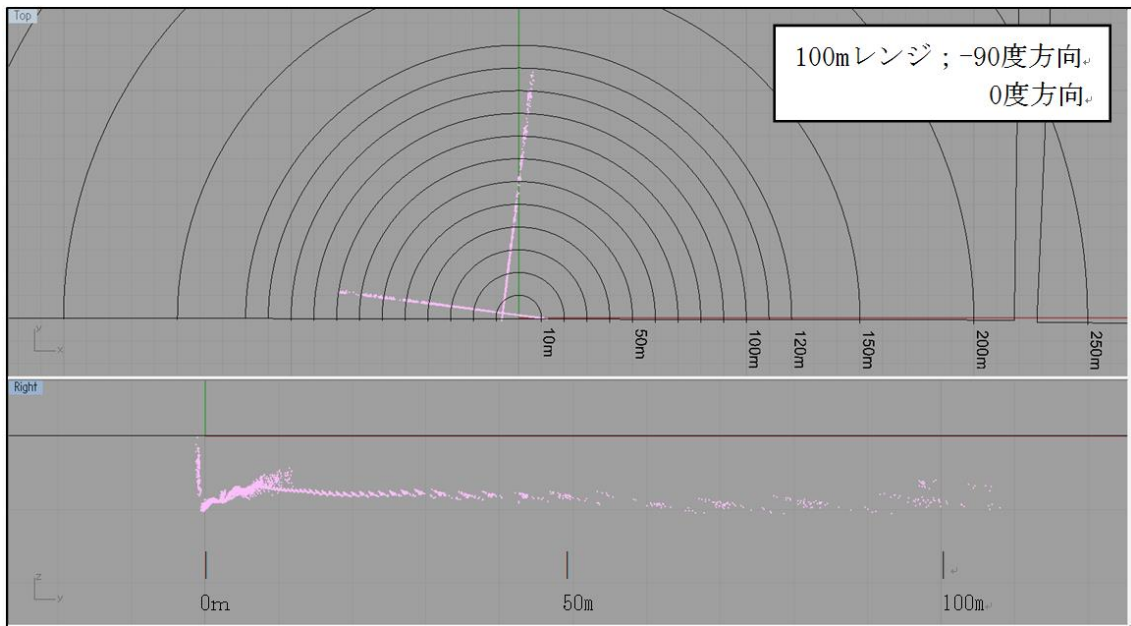


図-7 計測データ (等角度モード・センサー取付角度 15 度)

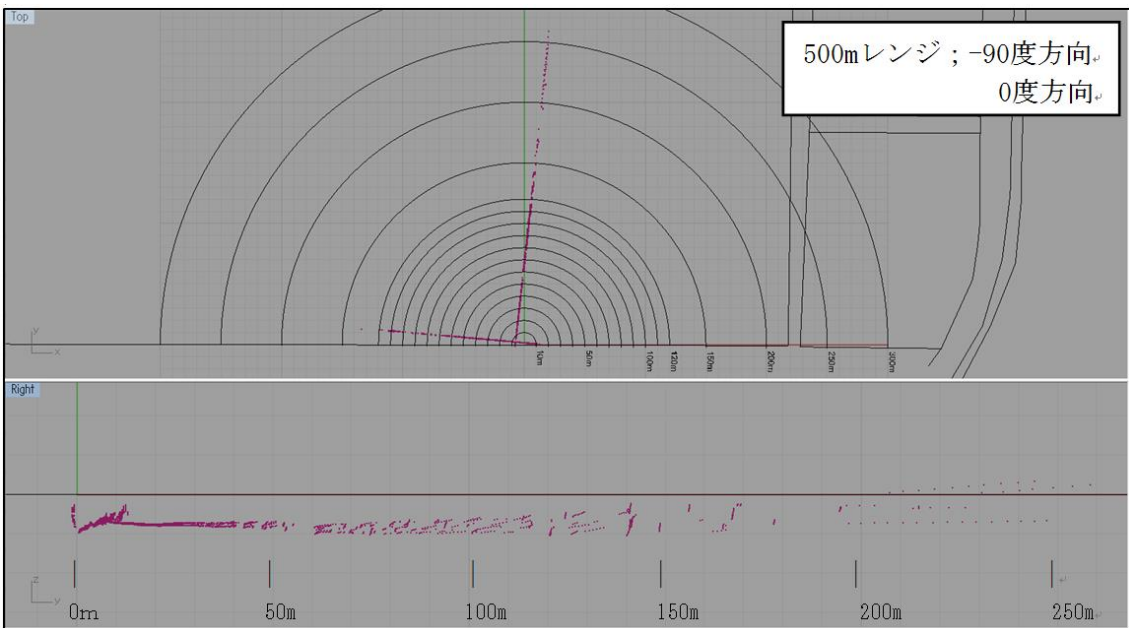
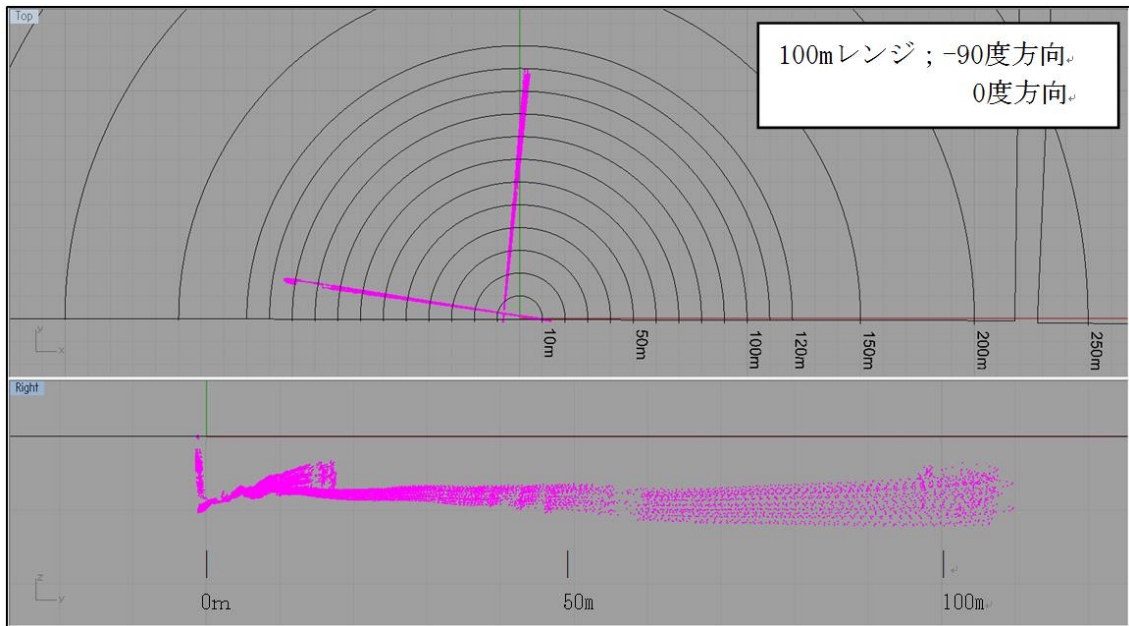
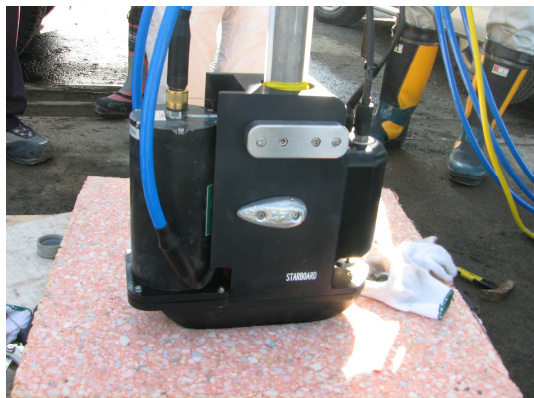
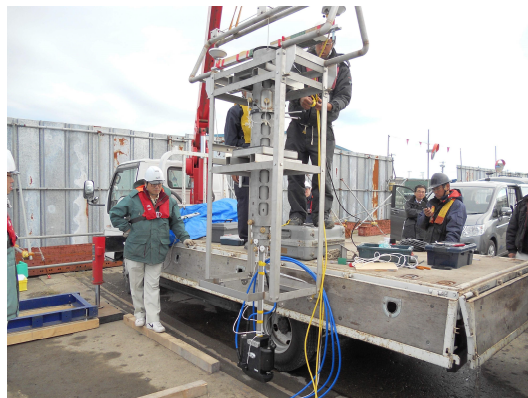


図-8 計測データ (等距離モード・センサー取付角度 15 度)

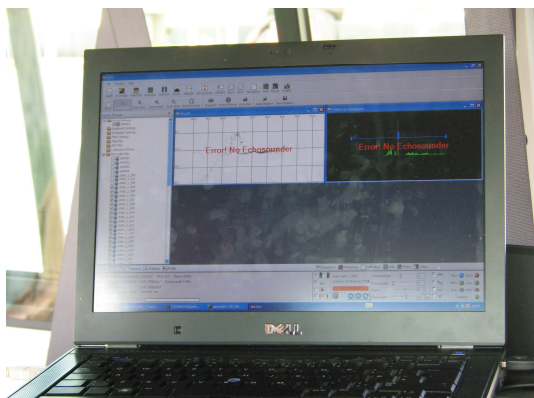
1.4 GeoSwath 型による計測



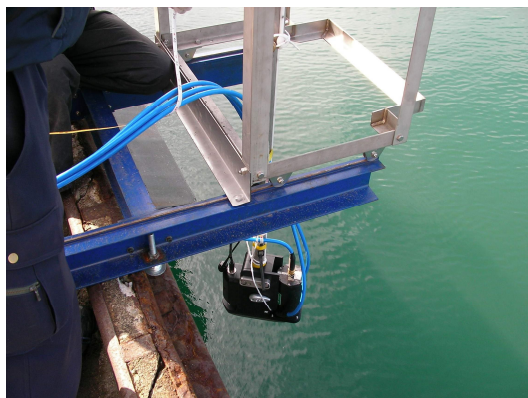
GeoSwath Plus Compact 本体



陸上計測架台取付状況



データ収録状況



センサー投入状況



計測状況



計測状況

写真-4 GeoSwath 型による計測

表-4 GeoSwath Plus Compact 計測パターン

項目	収録時間	レンジ	ファイルNo	方向	収録ファイル名
5° 静止	10秒	60m	Geo001	-100°	static1_001
			Geo002	-95°	static1_002
			Geo003	-90°	static1_003
			Geo004	-85°	static1_004
			Geo005	-80°	static1_005
			Geo006	-75°	static1_006
			Geo007	-70°	static1_007
			Geo008	-65°	static1_008
			Geo009	-60°	static1_009
			Geo010	-55°	static1_010
			Geo011	-50°	static1_011
			Geo012	-45°	static1_012
			Geo013	-40°	static1_013
			Geo014	-35°	static1_014
			Geo015	-30°	static1_015
			Geo016	-25°	static1_016
			Geo017	-20°	static1_017
			Geo018	-15°	static1_018
			Geo019	-10°	static1_019
			Geo020	-5°	static1_020
			Geo021	0°	static1_021
			Geo022	+5°	static1_022
			Geo023	+10°	static1_023
			Geo024	+15°	static1_024
			Geo025	+20°	static1_025
			Geo026	+25°	static1_026
			Geo027	+30°	static1_027
			Geo028	+35°	static1_028
			Geo029	+40°	static1_029
			Geo030	+45°	static1_030
			Geo031	+50°	static1_031
			Geo032	+55°	static1_032
			Geo033	+60°	static1_033
			Geo034	+65°	static1_034
			Geo035	+70°	static1_035
			Geo036	+75°	static1_036
			Geo037	+80°	static1_037
			Geo038	+85°	static1_038
			Geo039	+90°	static1_039
			Geo040	+95°	static1_040
			Geo041	+100°	static1_041
回転	180秒	60m	Geo042	-90→+90	moving1_50cm
		60m	Geo043	+90→-90	moving2_50cm
		45m	Geo044	-90→+90°	moving3_50cm
		95m	Geo045	-90→+90	moving4_50cm

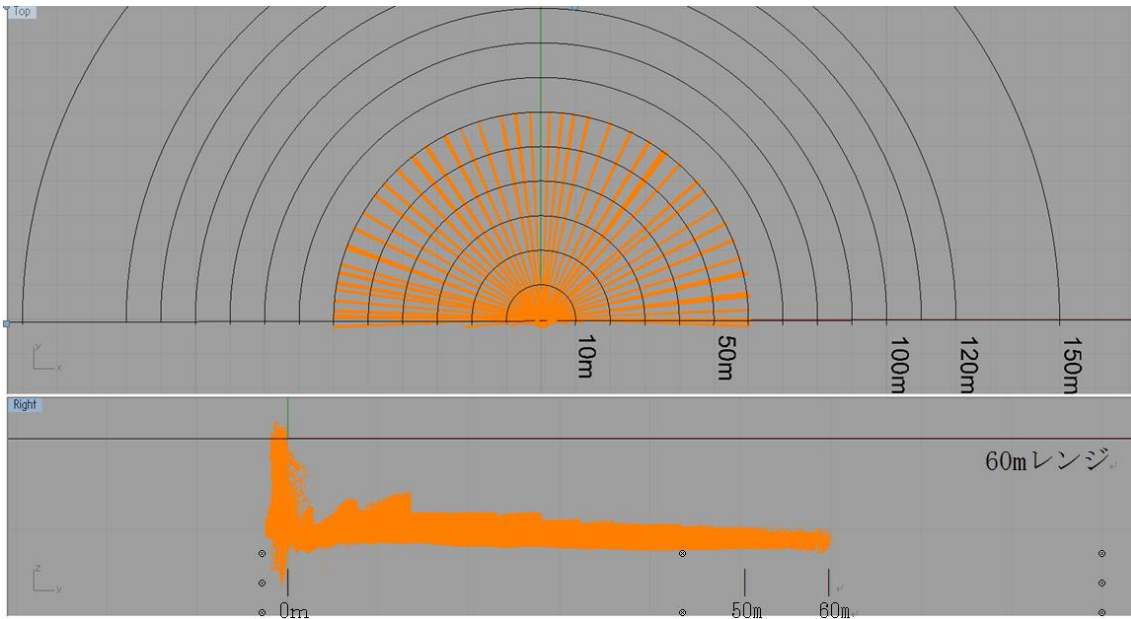


図-9 計測データ静止 (5度刻み41パターン)

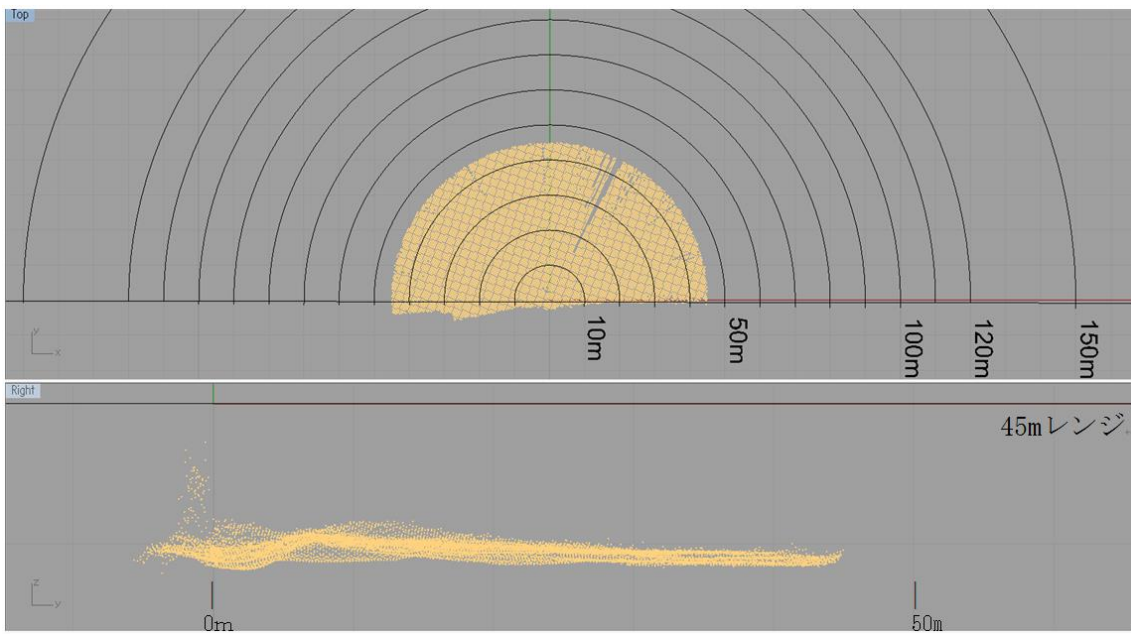


図-10 計測データ静止 (回転)

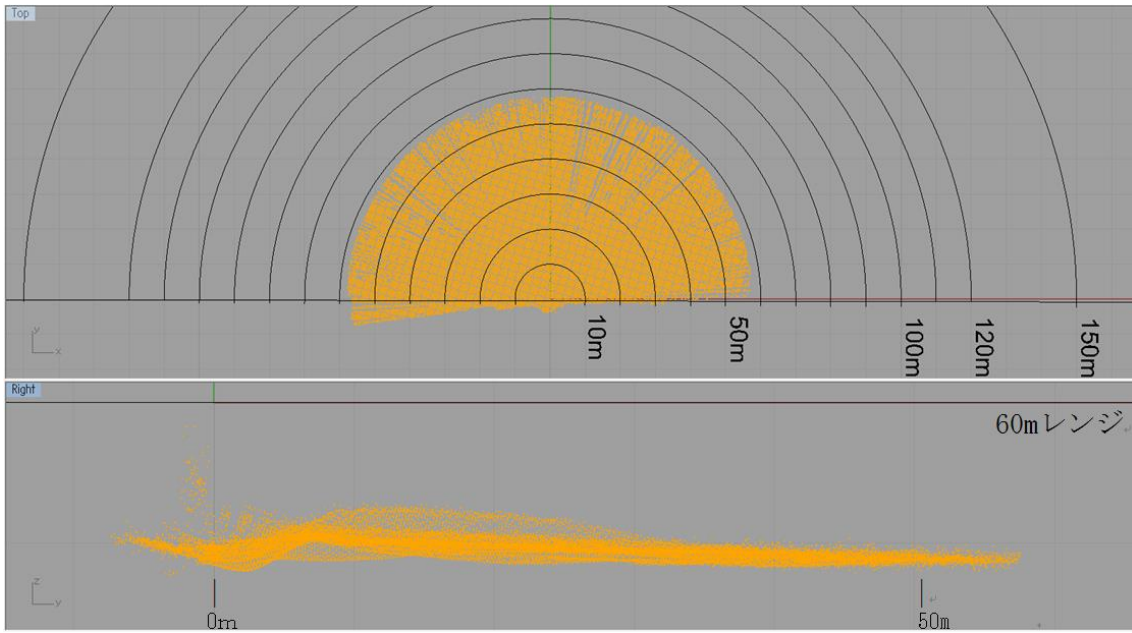


図-11 計測データ静止 (回転)

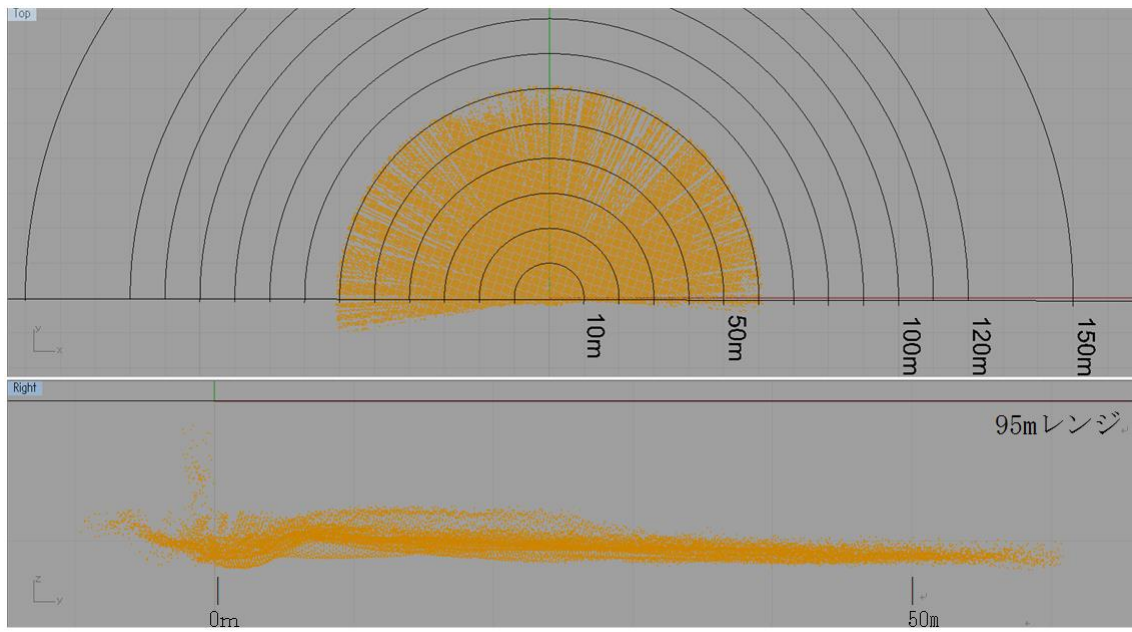


図-12 計測データ静止 (回転)

1.5 基準データの計測



写真-5 基準データ計測状況

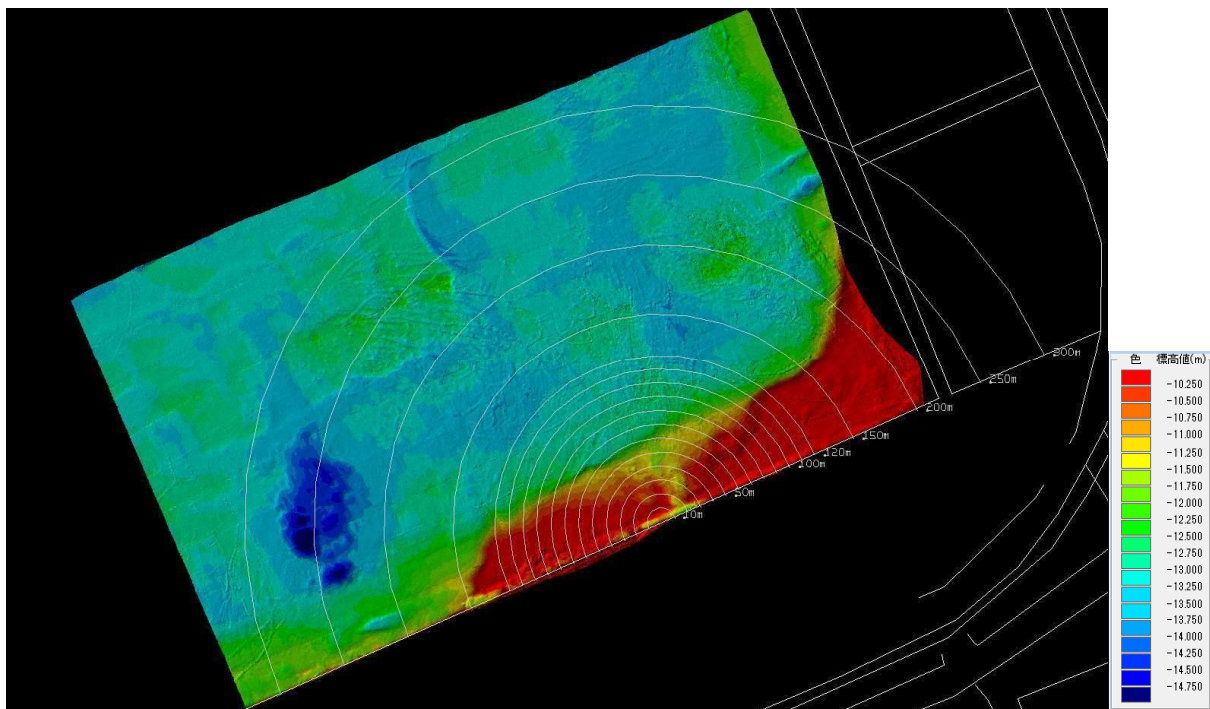
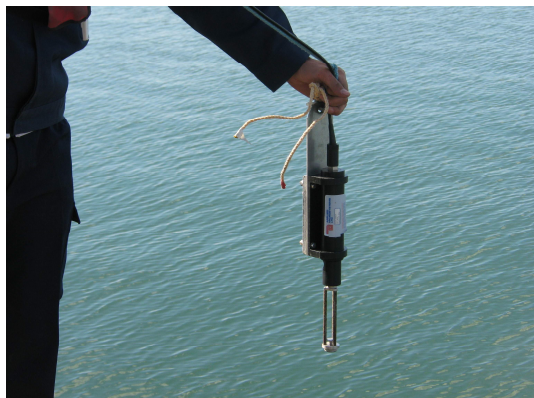


図-13 基準データによるカラーコンター図

1.6 音速度の計測



音速度センサー



音速度測定状況（岸壁上）



音速度測定状況（海上）



音速度測定状況（海上）

写真-6 音速度の計測状況

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of P.W.R.I.
No.4249 December 2012

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所
寒地土木研究所 寒地技術推進室

〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 電話 011-590-4046