

# 寒冷海域における沿岸施設の水中調査技術に関する研究

## 1. はじめに

- 近年、インフラの老朽化が顕在化  
港湾施設では、建設後50年を経過する岸壁が2013年時点で約8%であったものが、2023年には約32%、2033年には約58%と急速に増加、今後一斉に補修や改修が必要に...
- 老朽化が進行した水中構造物では...  
損傷箇所などから内部の土砂が流出し、水中構造物内部に空洞ができ、空洞箇所の上の路面（エプロン）が陥没するなどの現象も発生（図1, 2）
- 既往の点検手法  
岸壁エプロン内部の点検手法としては、地中レーダ探査法（電磁波を用いた非破壊の路面下空洞探査法）が普及。しかし、電磁波は水分を多く含んだ地中では減衰するため、水中構造物の海水面以下では地中レーダによる探査は困難

### 超音波のパラメトリック送信技術を利用した水中構造物内部点検手法を開発



図1 鋼矢板に開いた穴



図2 岸壁内部の空洞化による上部の陥没

## 3. 室内試験水路における透過性能確認試験

### ■ 試験方法

#### パラメトリックプローブの音波が鋼矢板を透過するか

- \* 水路幅：1.6m、水路底面から水面までの深さ：約1.1m、パラメトリックプローブの中心位置：水路幅方向の中央かつ水面から0.5m
- \* パラメトリックプローブ前面から1mの位置に鋼矢板（有効幅600mm、有効高さ130mm、厚さ10.3mm）を設置
- \* ターゲットからの反射波が鋼矢板の周囲から回り込まないように、鋼矢板の両側に木板を設置
- \* ターゲット位置：プローブから1.5mの位置に沈め、1.5m→1m→1.5mと移動
- \* ターゲット：EVA樹脂板（幅600mm、長さ845mm、厚さ20mm）

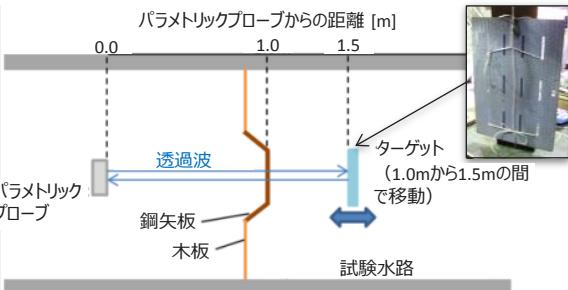


図6 試験概略図（平面図）

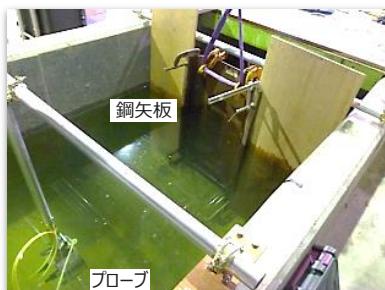


図7 試験状況

### ■ 結果

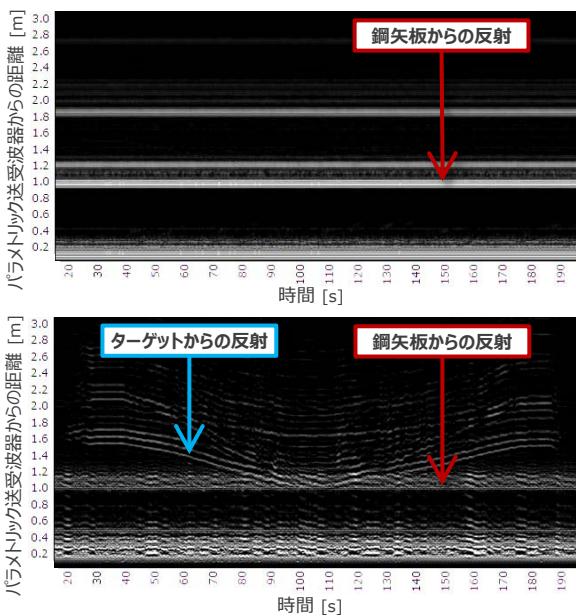


図8 鋼矢板背後で移動するターゲットの検出（上：1次波、下：2次波（5kHz））

- \* 計測したデータにバンドパスフィルタをかけ、1次波と2次波をそれぞれ抽出
- \* 1次波、2次波ともに、約1mの位置に鋼矢板からの反射が見える
- \* 1次波の約1.9mに見えるのは、送受波器と鋼矢板の間で音波が反射し、2往復したことによる多重反射
- \* 2次波では、鋼矢板表面の反射と鋼矢板背後で移動するターゲットの反射が見える
- \* 計測開始から30秒の位置で現れるのはターゲットを水中（パラメトリックプローブの音軸上）に投入したため、190秒の位置で消えるのはターゲットを水上に回収したため
- \* ターゲットからの反射より遠い位置に見える反射には、鋼矢板とターゲットの間で発生した多重反射や機械振動も含まれていると考えられる

音波が鋼矢板を透過し、背後のターゲットまでの距離を計測できた！

## 2. 計測手法と計測装置

### ■ 超音波のパラメトリック送信技術

- わずかに周波数が異なる2つの音波（1次波）を同時かつ同方向に送信
- 2つの1次波の差の周波数をもった音（2次波）が発生
- 2次波は透過性および方位分解能が優れているという性質を持っており、海底下地層探査技術として利用されている

この技術を水中構造物内部の点検に応用！

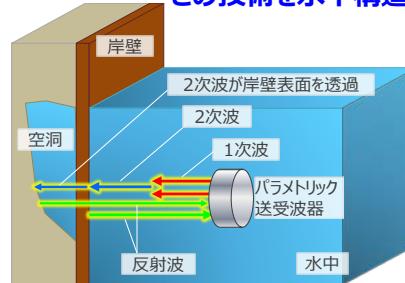


図3 計測手法概略図

水中にパラメトリックプローブを垂下させ、水中構造物に垂直に音波を送信し、内部状態を調査



アニュアルレイ



図4 パラメトリックプローブ

### ■ 計測装置

- パラメトリックプローブ（東京大学生産技術研究所と米国MSI社の共同開発、図4）とパワーアンプ（図5）
- \* アニュアルレイ：同心円状に5つの送信チャンネルと5つの受信チャンネルを配置
- \* 焦点距離：標準の状態では1.5mとなるように素子を配置しており、プローブ前面はわずかに凹。送波タイミングを電子的に制御することで±0.5mの範囲で変更可能
- \* 周波数：1次波100kHz、2次波5～20kHz



図5 パワーアンプ

## 4. 実物大河川実験施設における模擬空洞計測試験

### ■ 試験方法

- \* 場所：十勝川千代田実験水路（国土交通省北海道開発局帯広開発建設部）
- \* 水路を構成する鋼矢板護岸の陸側に模擬空洞を作製
- \* 水が流れている水路にプローブを入れ、降下させながら鋼矢板護岸の内部を計測

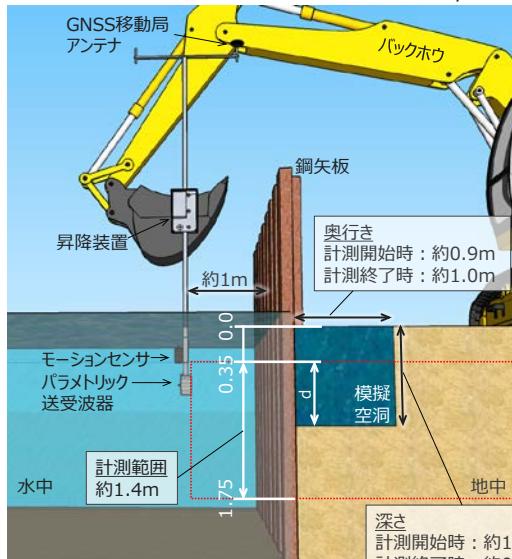


図9 試験概略図



図10 試験状況



図11 模擬空洞

### ■ 結果

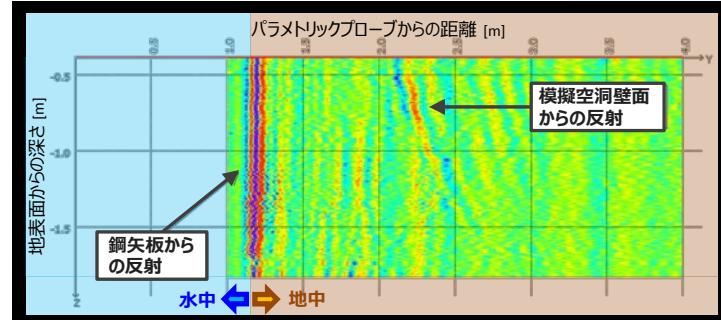


図12 鋼矢板護岸内部の模擬空洞計測結果（2次波周波数：8kHz）

- \* 鋼矢板から模擬空洞壁面まで約1mであり、計測結果と一致
- \* 模擬空洞の壁面の反射が深くなるほど遠ざかっているのは、ポンプにより注水する過程で壁面の洗掘が起こりえられたことなどが考えられる

構造物水中部の内部空洞の奥行きを計測できた！

## 5. 今後は...

- \* 現場での調査等を通じて成果を普及しデータを蓄積し、老朽化する施設の維持管理の効率化に寄与したい