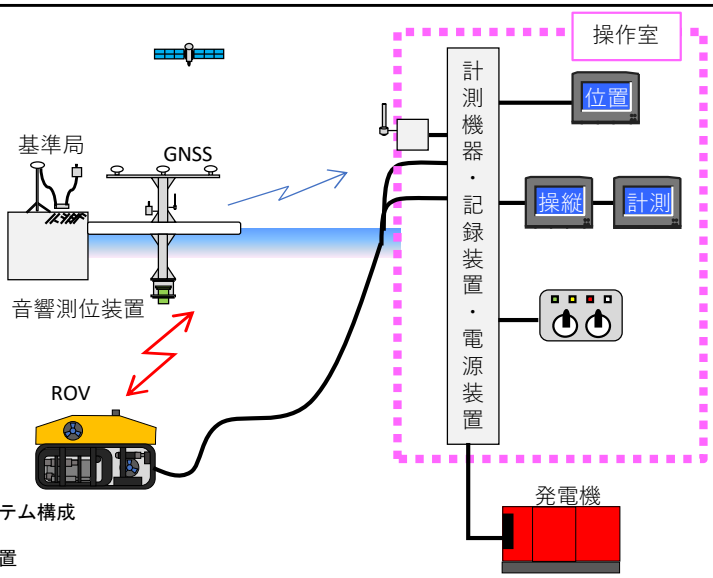
ダム点検技術カタログ

■非破壊検査技術

# 1. 基本事項

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 技術番号 | | 非破壊01-V2023 | | |
| 技術名 | | 遠隔操作無人探査機による水中構造物診断システム | | |
| | 技術バージョン | － | 作成：2023年3月 | |
| 開発者 | | 五洋建設株式会社 | | |
| 連絡先等 | | TEL:0287-39-2100 | E-mail: | 技術研究所 |
| 現有台数・基地 | | 1台 | 基地 | 栃木県那須塩原市 |
| 技術概要 | | 水中構造物診断システムは大水深構造物の健全性調査（概査および精査）・診断を行うシステムであり、使用するＲＯＶは水深150mまでの耐水圧性能を有する。<br>高解像度カメラを搭載したＲＯＶは、水深・方位・位置を保持する自律制御機能を有し、タイヤ付の伸縮ロッド用いることで構造物に沿ったスムーズな移動が可能である。さらに、拡張ユニットとして、音響カメラの搭載も可能である。 | | |
| 技術区分 | 対象部位 | ダム堤体／水中構造物 | | |
| | 変状の種類 | ①漏水<br>②ひびわれの大きさ | | |
| | 物理原理 | ①電磁コイルで磁界を発生させ、流速と磁界で生じた起電力（電圧）を計測し、流速を求める。<br>②50mm間隔の平行ラインレーザーを壁面に投影し光学カメラで撮影する。撮影した画像のひびわれ箇所のピクセルを数え、レーザーポインタ間隔と比較することで、大きさを計測する。 | | |
| | 検出項目 | ①電圧<br>②光学カメラ撮影画像解析 | | |

# 2. 基本諸元

| | | | |
|---|---|---|---|
| 計測機器の構成 | | |  <br>主要システム構成<br>・ROV<br>・電源装置<br>・発電機<br>・計測機器<br>・操縦コントローラ<br>・RTK－GPS（基準局と移動局）<br>・音響測位装置 |
| 移動装置 | 移動原理 | | 【接触型】スラスターシステム（上下、左右、前後） |
| | 運動制御機構 | 通信 | 有線：光・電力複合ケーブル |
| | | 測位 | RTK-GNSS、MEMSジャイロ、SSBL方式水中音響測位装置、水圧計 |
| | | 自律機能 | 方位保持、深度保持 |
| | | 衝突回避機能（飛行型のみ） | － |
| | 外形寸法・重量 | | 長さ80cm×幅50cm×高さ48cm　気中重量100kg |
| | 搭載可能容量（分離構造の場合） | | － |
| | 動力 | | AC-100V（電源ユニットでDC変換しROVに供給） |
| | 連続稼働時間（バッテリー給電の場合） | | 電源装置からの連続給電 |

# 2. 基本諸元

| | | |
|---|---|---|
| 計測装置 | 設置方法 | 本体組込み |
| | 外形寸法・重量<br>（分離構造の場合） | － |
| | センシングデバイス | ①光学カメラ：計測用CCDカメラ（500万画素）、操作用CCDカメラ（120万画素）<br>②音響カメラ<br>③全周囲ソナー<br>④漏水検知およびブラシ：電磁流量計 |
| | 計測原理 | ①光学カメラ<br>②超音波の反響（エコー）の強度や時間を高精度に測定<br>③超音波の反響（エコー）の強度や時間を測定<br>④磁束密度の変化量 |
| | 計測の適用条件<br>（計測原理に照らした適用条件） | ①濁りの無いこと（目視確認できる範囲）<br>②対象物との間に気泡や遮蔽物がないこと<br>④漏れ流速が0.5cm/s以上であること |
| | 精度と信頼性に影響を及ぼす要因 | ①濁り、撮影画像のブレ（ROV本体の安定化）<br>④測定箇所周辺を専用容器で密閉できるよう、貝や水草などの付着がないこと。（ROVに装備の専用ブラシで掃除可能） |
| | 計測プロセス | ①対象物にROVカメラを向けて撮影<br>②陸上側にGNSSおよび音響測位装置をくみ上げ、ROVに備え付けのトランスポンダと相互通信し位置を計測する。<br>④継ぎ目やクラックなどの計測箇所周辺を専用ブラシにて付着物を除去し計測する。 |
| | アウトプット | ①動画映像（光学/音響）<br>②位置情報（ｘ、ｙ、深度）<br>③ソナー画像<br>④漏れ速度 |
| | 耐久性 | ROV本体に準ずる |
| | 動力 | ROVから供給 |
| | 連続稼働時間<br>（バッテリー給電の場合） | 船上装置からの連続給電 |
| データ収集・通信装置 | 設置方法 | 船上、堤体上に操作室を仮設営 |
| | 外形寸法・重量<br>（分離構造の場合） | － |
| | データ収集・記録機能 | ①パソコンで映像録画<br>②パソコンでエコー情報記録<br>③パソコンで映像記録<br>④パソコンで数値記録 |
| | 通信規格<br>（データを伝送し保存する場合） | 光LAN通信 |
| | セキュリティ<br>（データを伝送し保存する場合） | 外部との接続なし（ROV本体と操作器間での通信のみ） |
| | 動力 | 船上装置からの連続給電 |
| | データ収集・通信可能時間<br>（データを伝送し保存する場合） | パソコン記録メディア容量による |

# 3. 運動性能

| 項目 | 性能 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|
| 構造物近傍での安定性能（飛行型のみ） | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| 最大可能範囲 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>水深150m<br>※2MPaで1時間耐圧試験<br>【標準試験値】 | － |
| 運動位置精度 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>深度保持／姿勢保持／方位保持<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |

# 4. 計測性能

| 項目 | | | 性能 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|---|---|
| 計測装置 | 計測レンジ（測定範囲） | | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>①計測用CCDカメラ<br>画像サイズ：2448×2058@15フレーム/秒<br>レンズ：f=4.5mm<br>水平画角：59.2°<br>焦点範囲：25mm～<br>レーザーポインタ：グリーンラインレーザー一体型間隔50mm<br>クリアサイト：アクリルブロック（固定式）を取り付け可能<br>②音響カメラ<br>音波周波数3MHzの場合、離隔5m未満<br>音波周波数1.8MHzの場合、離隔15m未満<br>照射角：30° ×14°<br>③全周ソナー<br>離隔0.3m～75m<br>ビーム幅　水平方向35° 垂直方向3度<br>ビーム照射方向　水平方向360°<br>④漏水検知<br>1軸2方向<br>レンジ1：0～±25cm/s Full Scale<br>レンジ1：0～±25cm/s Full Scale<br>【標準試験値】<br>未検証 | - |
| | 感度 | 校正方法 | - | - |
| | | 検出性能 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | - |
| | | 検出感度 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | - |
| | S/N比 | | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | - |

# 4. 計測性能

| 項目 | | 性能 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|---|
| | 分解能 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>①未検証<br>②未検証　仕様上最小解像度3mm<br>③未検証　仕様上最小解像度7.5mm<br>④未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | ①光学カメラ：計測用CCDカメラ（500万画素）、操作用CCDカメラ（120万画素）<br>②音響カメラ<br>③全周囲ソナー<br>④漏水検知およびブラシ：電磁流量計 |
| | 計測精度 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>①未検証<br>②未検証<br>③未検証<br>④未検証　±2.0%/　Full Scale<br>【標準試験値】<br>未検証 | ①光学カメラ：計測用CCDカメラ（500万画素）、操作用CCDカメラ（120万画素）<br>②音響カメラ<br>③全周囲ソナー<br>④漏水検知およびブラシ：電磁流量計 |
| | 計測速度<br>（移動しながら計測する場合） | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| | 位置精度<br>（移動しながら計測する場合） | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| | 色識別性能<br>（画像等から計測する場合） | 検証の有無の記載：－<br>【性能値】<br>－<br>【標準試験値】<br>－ | － |

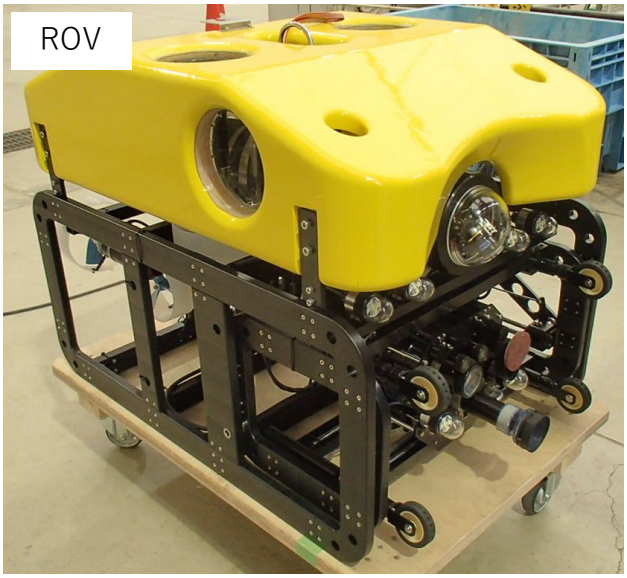
# 5. 留意事項(その1)

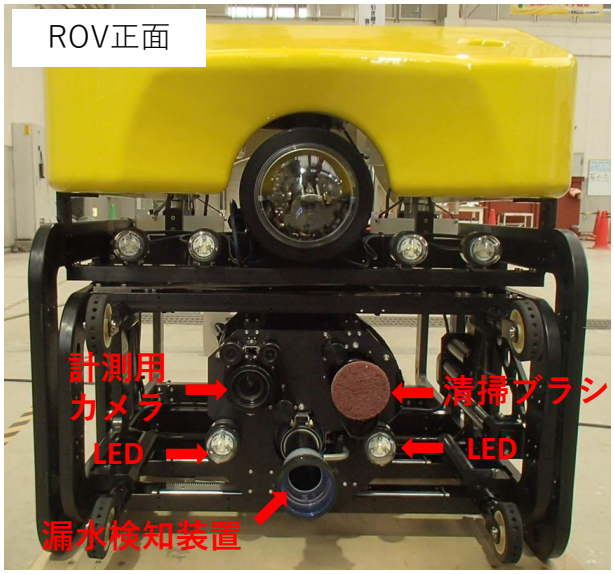
| 項目 | | 適用可否／適用条件 | 特記事項(適用条件等) |
|---|---|---|---|
| 点検時現場条件 | 周辺条件 | クレーン車でROVをダムに投入・回収するため、クレーン車が入場でき、吊能力に応じた作業半径を確保できること。 | - |
| | 安全面への配慮 | 発電機を使用するため、漏油対策、火災対策、感電対策を確実に行うこと。<br>看板やゲートおよびガードマンを設置する等、人払いを確実に行うこと。 | - |
| | 無線等使用における混線等対策 | 無し | - |
| | 濁度、水流、流木への対策（水中型のみ）（独自に設定した項目） | 濁りでカメラに被写体が映らない場合、音響カメラを用いる。<br>音響カメラでも映らない場合は適用不可。 | - |
| | 気象条件（独自に設定した項目） | - | - |
| | その他 | - | - |

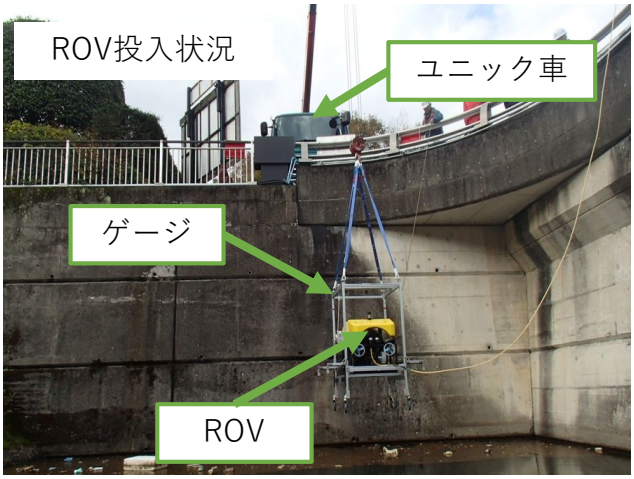
# 5. 留意事項(その2)

| 項目 | | 適用可否／適用条件 | 特記事項(適用条件等) |
|---|---|---|---|
| 作業条件・運用条件 | 調査技術者の技量 | 資格は不要。<br>ただし、ROVの操作は熟練者でないと困難。 | - |
| | 必要構成人員数 | 現場責任者1人、ROV操作者1人、ROV調査管理者1人、ケーブル管理者1人、見張り員1人<br>合計5名 | - |
| | 操作に必要な資格等の有無、フライト時間 | 資格は不要 | - |
| | 操作場所 | ROVを動作させるために必要な、電源装置、操作用PC、計測用PCを設置できるスペース | 左記の機器は耐水仕様ではないため、雨風を防ぐテントやハウスが必要。 |
| | 点検費用 | 10日程度の点検を想定<br>750万円（機械費、クレーン車、労務費含む） | - |
| | 保険の有無、保障範囲、費用 | 保険未加入 | - |
| | 自動制御の有無 | 自動制御無し | - |
| | 利用形態：リース等の入手性 | リースおよび販売無し | 自社作業のみ想定 |
| | 不具合時のサポート体制の有無及び条件 | - | 自社作業のみ想定 |
| | センシングデバイスの点検 | - | 自社作業のみ想定 |
| | その他 | - | 自社作業のみ想定 |

# 6. 図面


ROV

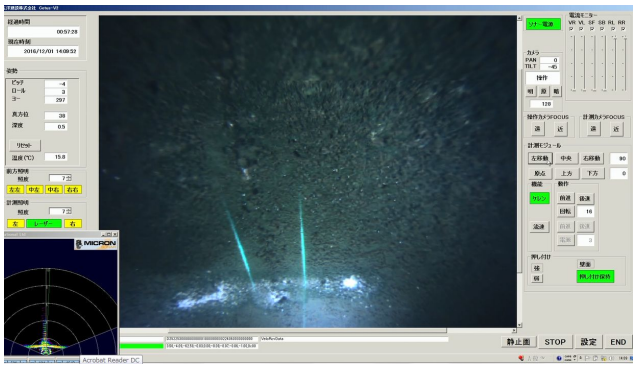

ROV正面
計測用
カメラ
清掃ブラシ
LED
LED
漏水検知装置


ROV投入状況
ユニック車
ゲージ
ROV

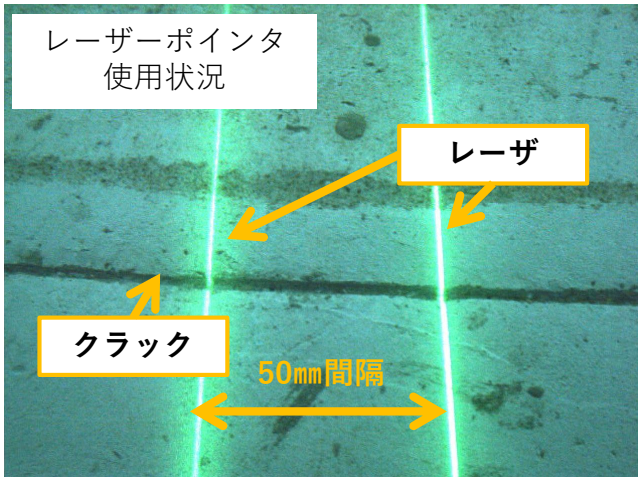
現場検証の状況
操作室
ケーブルさばき
補助ボート

操作室状況
操作PC
計測PC
ROV操作者
調査管理者

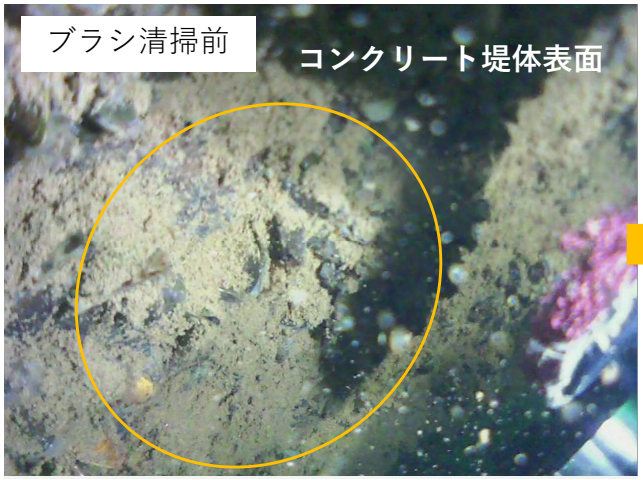
操作画面

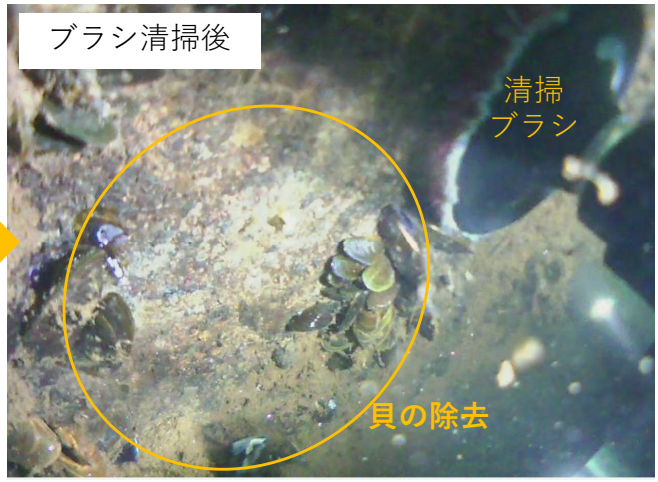


# 6. 図面


レーザーポインタ
使用状況
レーザ
クラック
50㎜間隔

漏水検知状況
堤体壁面
漏水検知
装置


ブラシ清掃前
コンクリート堤体表面


ブラシ清掃後
清掃
ブラシ
貝の除去

# 1. 基本事項

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 技術番号 | | 非破壊02-V2023 | | |
| 技術名 | | 水中ロボットを活用した水中部維持管理調査システム | | |
| | 技術バージョン | - | 作成：2023年3月 | |
| 開発者 | | 株式会社SeaChallenge | | |
| 連絡先等 | | TEL: 045-744-981 | E-mail:sch-sensui@sea-challenge.com | |
| 現有台数・基地 | | 保有ライセンス数：1台 | 基地 | - |
| 技術概要 | | 小型ROVを活用し、汚濁水域の映像化、ダム躯体等の肉厚測定・ボルトの緩み調査を含む水中部維持管理調査の効率化・自動化・低コスト化を主眼に置き開発（現在も開発中） | | |
| 技術区分 | 対象部位 | ダム*河川*港湾施設等 | | |
| | 変状の種類 | ダム躯体等の肉厚測定／ボルトの緩み調査 | | |
| | 物理原理 | 静止画／動画／ケレン装置・肉厚測定装置／マニュピュレータ | | |
| | 検出項目 | 肉厚測定値*ビデオ＊写真 | | |

# 2. 基本諸元

| | | | |
|---|---|---|---|
| 計測機器の構成 | | | クリアサイト*小型ROV(vvl-AG-4T) |
| 移動装置 | 移動原理 | | 給電式油圧モーター推進 |
| | 運動制御機構 | 通信 | 光ファイバー |
| | | 測位 | 内臓GPS・深度センサ・方位コンパス |
| | | 自律機能 | 無 |
| | | 衝突回避機能（飛行型のみ） | – |
| | 外形寸法・重量 | | 900*650*500　（サイト装着時1550*650*500） |
| | 搭載可能容量（分離構造の場合） | | 50ｋ |
| | 動力 | | 2Kw*220V　垂直２基+水平2基 |
| | 連続稼働時間（バッテリー給電の場合） | | – |
| 計測装置 | 設置方法 | | 本体一体型 |
| | 外形寸法・重量（分離構造の場合） | | – |
| | センシングデバイス | | 肉厚測定装置／マニュピュレータ |
| | 計測原理 | | 超音波肉厚測定器*油圧機械式 |
| | 計測の適用条件（計測原理に照らした適用条件） | | 有視界*ROVが対象物に正対できる場合 |
| | 精度と信頼性に影響を及ぼす要因 | | 水中濁度 |
| | 計測プロセス | | 対象物に潜水し正対して物理的接触 |
| | アウトプット | | 電子データ*ビデオ撮影 |
| | 耐久性 | | 耐圧水深100m |
| | 動力 | | 給電式 |
| | 連続稼働時間（バッテリー給電の場合） | | – |

# 2. 基本諸元

| | | |
|---|---|---|
| データ収集・通信装置 | 設置方法 | ROV本体に内蔵 |
| | 外形寸法・重量<br>（分離構造の場合） | － |
| | データ収集・記録機能 | ビデオ＊写真　SD及びコントロールボックス本体に記録 |
| | 通信規格<br>（データを伝送し保存する場合） | － |
| | セキュリティ<br>（データを伝送し保存する場合） | － |
| | 動力 | 給電式 |
| | データ収集・通信可能時間<br>（データを伝送し保存する場合） | SD容量及びハード容量による |

# 3. 運動性能

| 項目 | 性能 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|
| 構造物近傍での安定性能（飛行型のみ） | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>オペレーターの技能による<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| 最大可能範囲 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>水深150m<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| 運動位置精度 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>通常レベルのGPS<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |

# 4. 計測性能

| 項目 | | | 性能 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|---|---|
| 計測装置 | 計測レンジ（測定範囲） | | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>0.1mm～100mm<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| | 感度 | 校正方法 | 0調整 | － |
| | | 検出性能 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>0.1mm<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| | | 検出感度 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>±0.1mm<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| | S/N比 | | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| | 分解能 | | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| | 計測精度 | | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>±0.1mm<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |

# 4. 計測性能

| 項目 | | 性能 | | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|---|---|
| | 計測速度<br>（移動しながら計測する場合） | 検証の有無の記載 | 無 | - |
| | | 【性能値】<br>未検証<br><br>【標準試験値】<br>未検証 | | |
| | 位置精度<br>（移動しながら計測する場合） | 検証の有無の記載 | 無 | - |
| | | 【性能値】<br>未検証<br><br>【標準試験値】<br>未検証 | | |
| | 色識別性能<br>（画像等から計測する場合） | 検証の有無の記載 | - | - |
| | | 【性能値】<br>-<br><br>【標準試験値】<br>- | | |

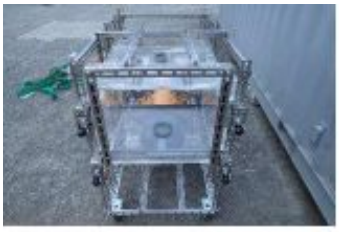
# 5. 留意事項(その1)

| 項目 | | 適用可否／適用条件 | 特記事項(適用条件等) |
|---|---|---|---|
| 点検時現場条件 | 周辺条件 | ３Tユニックが進入展開できる場所 | - |
| | 安全面への配慮 | 有資格者の配置*潜水士の配置 | - |
| | 無線等使用における混線等対策 | 特になし | - |
| | 濁度、水流、流木への対策（水中型のみ）（独自に設定した項目） | 油圧モータの現地での交換 | - |
| | 気象条件（独自に設定した項目） | 風速10m/s以下波高0.5m以下 | - |
| | その他 | - | - |

# 5. 留意事項(その2)

| 項目 | | 適用可否／適用条件 | 特記事項(適用条件等) |
|---|---|---|---|
| 作業条件・運用条件 | 調査技術者の技量 | 習熟が必要/訓練時間10時間以上 | - |
| | 必要構成人員数 | 4名 | - |
| | 操作に必要な資格等の有無、フライト時間 | 玉掛け*小型移動式*普通免許 | - |
| | 操作場所 | 台船上 | - |
| | 点検費用 | 約60万円/1,200m2/日<br>※計測データの整理まで含む | - |
| | 保険の有無、保障範囲、費用 | 現場ごと適用 | - |
| | 自動制御の有無 | 無 | - |
| | 利用形態：リース等の入手性 | 自社オペレータによる作業 | - |
| | 不具合時のサポート体制の有無及び条件 | 自社 | - |
| | センシングデバイスの点検 | 自社 | - |
| | その他 | - | - |

# 6. 図面



クリアサイト付ROV

マニュピュレータ

小型コントロールユニット

肉厚測定器

ケレン装置

ROV本体

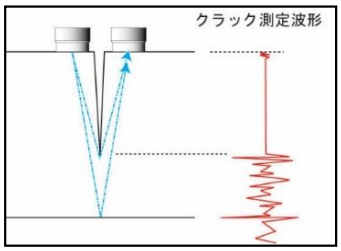
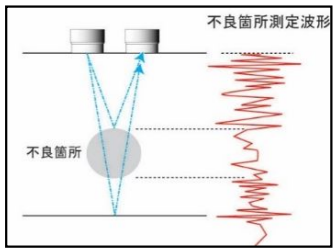
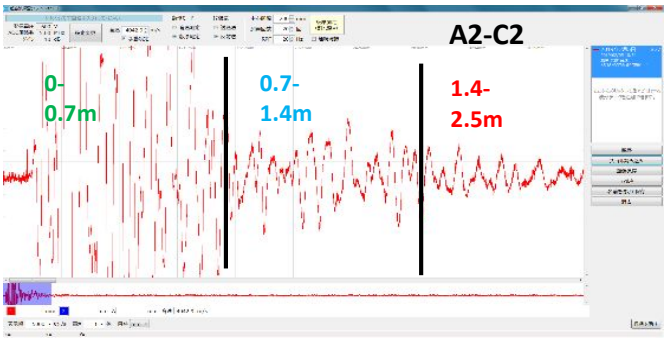
# 1. 基本事項

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 技術番号 | | 非破壊03-V2023 | | |
| 技術名 | | 広帯域超音波によるコンクリート等の調査システム【SEEC】 | | |
| | 技術バージョン | - | 作成：2023年3月 | |
| 開発者 | | 株式会社アルファ・プロダクト | | |
| 連絡先等 | | TEL:03-6457-2666 | E-mail:t.hara@alpha-product.co.jp | 専務取締役　原　徹 |
| 現有台数・基地 | | ３台 | 基地 | 東京都江東区青海2－4－10　都立産業技術研究センターラボ３１３ |
| 技術概要 | | 1.概要<br>発振と受振の2つの探触子を直接対象コンクリートに接触させる2探触子法専用のコンクリート用超音波探査技術 。<br>通常の固定周波数ではなく、0.3MHｚから1.5MHzまでの広帯域成分の超音波を同時に発振する。<br>コンクリートの探査では、距離（厚さ）や劣化度等によって透過する周波数は構造物ごとに異なるため、固定周波数では探査できないが、広帯域とすることで長距離探査を可能にしており、密度や組成の異なる2つの物質の境界面で反射エコーが得られることから、コンクリートと土の境界や空洞の始まりを検知できる。水のある空洞では、空洞の始まりから水中にも伝搬する。<br><br>2.技術特徴<br>・印加電流の波形を特殊なものとして、１回の発振で広帯域の超音波を発生させる。<br>・広帯域とすることで小さくなる入力エネルギーを、最大１０００回の信号を加算することで補完する。<br>・発信探触子に高周波発振器を内蔵し、ケーブルでの波形変化を回避する。<br>・受信探触子に増幅アンプを内蔵し、ケーブルでの減衰を回避してS/N比を向上させている。<br>・探査法によって鉄筋の影響を無視する手法と、鉄筋を探査する手法の選択が可能。<br>・デジタルフィルターを搭載している。<br>※探査機本体、探触子、制御ソフトは自社製。 | | |
| 技術区分 | 対象部位 | 堤体、基礎地盤、洪水吐き、堤体周辺斜面 | | |
| | 変状の種類 | ひび割れ深さ、浮き、剥離、内部欠損 | | |
| | 物理原理 | 広帯域超音波 | | |
| | 検出項目 | 対象内部の密度変化、空洞の有無、構造厚さ。 | | |

# 2. 基本諸元

| | | | |
|---|---|---|---|
| 計測機器の構成 | | | 1.発振探触子、受振探触子各1個<br>2.広帯域超音波探査機<br>3.ノートパソコン<br>4.探査機用充電式バッテリー<br>5.探触子接続ケーブル（同軸2本）<br>6.LANケーブル |
| 移動装置 | 移動原理 | | – |
| | 運動制御機構 | 通信 | – |
| | | 測位 | – |
| | | 自律機能 | – |
| | | 衝突回避機能（飛行型のみ） | – |
| | 外形寸法・重量 | | – |
| | 搭載可能容量（分離構造の場合） | | – |
| | 動力 | | – |
| | 連続稼働時間（バッテリー給電の場合） | | – |
| 計測装置 | 設置方法 | | – |
| | 外形寸法・重量（分離構造の場合） | | ・探査機：幅26ｃｍ×高さ7ｃｍ×奥行28ｃｍ、（持手含まず）、重量：約1.5ｋｇ<br>・探触子：直径52mm×高さ65mm（発振、受振）　重量：約900ｇ（1個）<br>・ノートパソコン：幅38ｃｍ×奥行25ｃｍ×高さ3.5ｃｍ、重量：約1.4ｋｇ<br>・充電バッテリー：幅15ｃｍ×奥行26ｃｍ×厚さ5ｃｍ |
| | センシングデバイス | | ・アクティブ型広帯域超音波探触子（自社開発） |
| | 計測原理 | | ・コンクリートの探査では、距離（厚さ）や劣化度等によって透過する周波数が構造物ごとに異なるため、広帯域とすることで長距離探査を可能にしており、密度や組成の異なる2つの物質の境界面で超音波が反射し、反射エコーが得られることから、コンクリートと土の境界や空洞の始まりの深さ（距離）を検知できる。<br>・コンクリートに入射した超音波はコンクリートと空気の境界で全反射するため、空洞の検知は容易である。 |
| | 計測の適用条件（計測原理に照らした適用条件） | | ・探触子表面に超音波の入射効率を改善する接触媒質（グリセリン様ゼリー）を塗布する必要がある。接触媒質は水溶性である。<br>・速い流水のある箇所では接触媒質が流れるため使用できない。<br>・探触子の面の垂直方向に超音波のビームが出る。指向角は約２０度。この円錐の中の範囲を測定する。<br>・探触子が浸水する個所では防水対策を行って使用する。<br>・鉄板や繊維シートの上からの探査は問題なくできる。 |
| | 精度と信頼性に影響を及ぼす要因 | | ・コンクリートの音速は、構造物のコンクリート設計強度や、打設状況、気候・環境等によって異なるため、測定前には必ず対象コンクリートの音速を測定する。音速測定部位のコンクリートと探査するコンクリートは、同じ設計強度であっても環境や設置条件が異なるため。経験上5%程度の音速差がある。<br>・凹凸の激しいコンクリート表面では接触面積が小さくなり、探査が困難になる。鉄筋は探査の障害とはならない。 |

# 2. 基本諸元

| | | |
|---|---|---|
| 計測装置 | 計測プロセス | 1. 探査するコンクリートと同時に打設された箇所でかつ長さ（厚さ）が分かる部位で音速を透過法で測定する。<br>2. 測定した音速の数値を探査ソフトに設定する。<br>3. 探査対象コンクリートの健全個所で版厚を測定し、版厚が明確に把握できるように探査機の各設定値を決める。この設定で以降の探査を行う。<br>4. 探査の目的を考慮して測点を設定し、測点名称を決めてマーキングする。<br>5. 順次測定を行い、波形を確認し、測点名で波形を保存する。保存は画像もしくはデジタルデータ形式（csv形式）で保存できる。<br>6. バンドパスフィルターやFFTを使用し、波形判定の補助とする。<br>7. 波形を観測し、特徴的な変化点から浮きや厚さを決定する。<br>   |
| | アウトプット | ・保存データはCSV形式と表示画像のJPGの２種類。下記はJPGの例。<br>  |
| | 耐久性 | ・探触子は密封構造で防滴、ただしコネクター部分は非防水。<br>・探査機はとくになし。 |
| | 動力 | ・ノートPCと探査機は充電電池駆動。<br>・探触子は探査機から給電される |
| | 連続稼働時間<br>（バッテリー給電の場合） | ・ノートPC：5時間・探査機：8時間 |
| データ収集・通信装置 | 設置方法 | ・探査機に無線LANで接続されるノートパソコン。 |
| | 外形寸法・重量<br>（分離構造の場合） | ・ノートパソコン：幅38ｃｍ×奥行25ｃｍ×高さ3.5ｃｍ、重量：約1.4ｋｇ |
| | データ収集・記録機能 | ・ノートパソコン本体のハードディスクに保存。<br>・SDカードあるいはUSBメモリーに保存。 |
| | 通信規格<br>（データを伝送し保存する場合） | 有線、もしくは無線LAN |
| | セキュリティ<br>（データを伝送し保存する場合） | なし |
| | 動力 | ノートPC:内蔵充電電池、探査機：外部充電電池、探触子：探査機から給電。 |
| | データ収集・通信可能時間<br>（データを伝送し保存する場合） | 外部充電電池で充電が可能なので、連続使用約20時間以上。 |

# 3. 運動性能

| 項目 | 性能 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|
| 構造物近傍での安定性能（飛行型のみ） | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| 最大可能範囲 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| 運動位置精度 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |

# 4. 計測性能

| 項目 | | | 性能 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|---|---|
| 計測装置 | 計測レンジ（測定範囲） | | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>サンプリング数：60,000（クロック5MHで0.012sec，音速4000m/secのコンクリートで測定距離48m）<br>【標準試験値】<br>未検証 | 探触子が良好な状態で設置できること。 |
| | 感度 | 校正方法 | 自社基準による。 | 探触子が良好な状態で設置できること。 |
| | | 検出性能 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | - |
| | | 検出感度 | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>61dB（探触子+探査機本体）<br>【標準試験値】<br>未検証 | 探触子が良好な状態で設置できること。 |
| | S/N比 | | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>90dB<br>【標準試験値】<br>未検証 | 探触子が良好な状態で設置できること。 |
| | 分解能 | | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>0.3MHｚから1.5MHz<br>【標準試験値】<br>未検証 | 探触子が良好な状態で設置できること。 |
| | 計測精度 | | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>実際の版厚との比較で、5mで精度97%。<br>【標準試験値】<br>未検証 | 探触子が良好な状態で設置できること。 |

# 4. 計測性能

| 項目 | | 性能 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|---|
| | 計測速度<br>（移動しながら計測する場合） | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>未検証<br>【標準試験値】<br>未検証 | － |
| | 位置精度<br>（移動しながら計測する場合） | 検証の有無の記載：無<br>【性能値】<br>－<br>【標準試験値】<br>－ | － |
| | 色識別性能<br>（画像等から計測する場合） | 検証の有無の記載：－<br>【性能値】<br>－<br>【標準試験値】<br>－ | － |

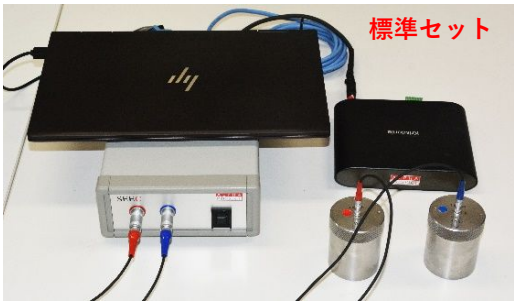
# 5. 留意事項(その1)

| 項目 | | 適用可否／適用条件 | 特記事項(適用条件等) |
|---|---|---|---|
| 点検時現場条件 | 周辺条件 | ・対象面に大きな凹凸がない事。<br>・流水がない事。 | ・測定可能な水深は現状約50ｃｍ。<br>・緩やかな流水は測定可。水質は不問。 |
| | 安全面への配慮 | - | |
| | 無線等使用における混線等対策 | - | - |
| | 濁度、水流、流木への対策（水中型のみ）（独自に設定した項目） | - | - |
| | 気象条件（水中型、飛行型のみ）（独自に設定した項目） | - | - |
| | その他 | - | - |

# 5. 留意事項(その2)

| 項目 | | 適用可否／適用条件 | - |
|---|---|---|---|
| 作業条件・運用条件 | 調査技術者の技量 | 自社講習受講者 | - |
| | 必要構成人員数 | 主任技師１名、技師2名 | - |
| | 操作に必要な資格等の有無フライト時間 | - | - |
| | 操作場所 | - | - |
| | 点検費用 | ６－・業務受託：１日計測、測点数約60-120点、１日当たり約6-70万円（税、交通費別）<br>・販売：装置一式2000万円（受注生産、2023年2月時点では半導体不足で製造不可） | - |
| | 保険の有無、保障範囲、費用 | - | - |
| | 自動制御の有無 | - | - |
| | 利用形態：リース等の入手性 | 調査業務委託 | - |
| | 不具合時のサポート体制の有無及び条件 | サポート体制あり。 | - |
| | センシングデバイスの点検 | ・作動音の確認、コネクタの確認。<br>・年1回の性能確認試験。 | - |
| | その他 | - | - |

# 6. 図面



**接触媒質**
ソニコート・コンクリート用

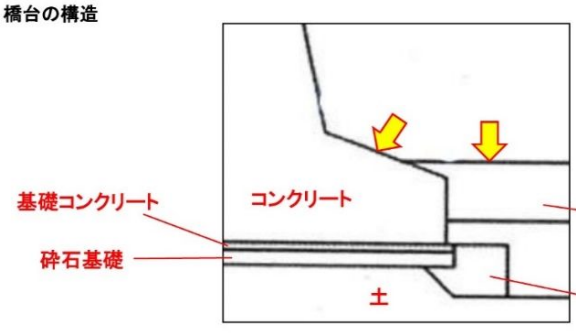
# 6. 図面

**6、波形から土の状態を推定する。**

写真の古い橋の橋台（橋げたを載せる台）で、
コンクリートの下に川の流れが潜り込むことで、土が洗い流され、
空洞になっている可能性があり、探査を依頼された。

40年近い古いコンクリートの上から、さらにその下の土を探査することは、
固定周波数では不可能である。

**a、橋台の構造**



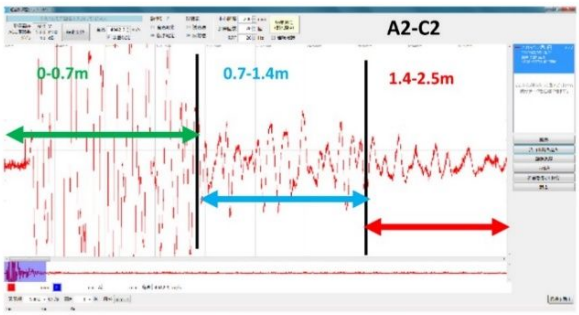

黄色い矢印が広帯域の音の入射点。

調査時は渇水期で、通常は川床に当たる部分から入射ができた。

入射した音はコンクリートは内部に問題がない限り効率よく伝播し、砕石部分で減衰するが、コンクリートと砕石の音響インピーダンスはほぼ同じなので、
砕石が建設当初の転圧された状態であれば減衰はそう大きくはない。
砕石と地盤の接触部ではかなり減衰する。地盤の音響インピーダンスが砕石よりかなり小さいためである。
この箇所の伝播には、個別の砕石と土の接触面積及び土の密度が大きく影響する。
一度地盤に入射した後は、地層に変化がある箇所まで減衰しながらも伝播していく。

以上のような伝播の状況は、波形に現れる。振幅の大きさが伝播の効率を、途中のピークエコー又は振幅の大きな変化が密度や層の変化を反映している。
波形が途中で消える場合は、そこから先が空洞である事を示す。土壌やコンクリートから空洞部には音が伝わらないからである。

**b、測定データと波形の区分**




上記から、波形の状態に注目し、振幅の大きな変化点で波形を区分した。。

A2橋台のC2地点の測定波形が左である。
振幅の大きさ（上下の波形の高さ）から波形全体を3つに区分する。

緑の部分は最も振幅が大きく、健全な部分である。
青の部分は、緑との間に何らかの構造的境界があり、緑よりも健全度が低い。
赤の部分は青との間に構造的境界がり、さらに健全度が低いが、空洞ではない。

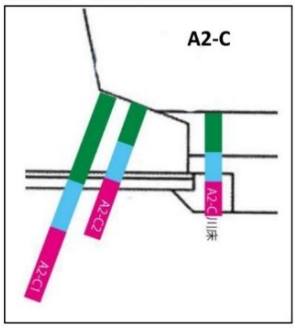
それぞれの波形区分の上の数字は深さ方向の距離である。
波形上で読み取る距離は現地でのコンクリート音速から計算するが、
地盤や砕石部の音速は不明なため、
コンクリートから下部の距離には10～20%程度の誤差がある。

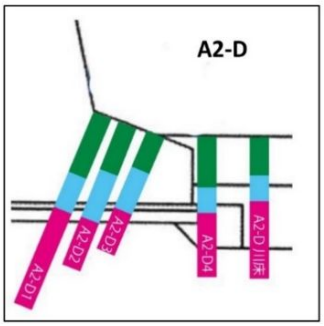
| | 緑 | 青 | 赤 |
|---|---|---|---|
| 振幅 | 大 | 中 | 小 |
| 周波数帯 | 高 | 中 | 低 |
| 波長 | 短 | 中 | 長 |
| 密度 | 密 | 中 | 疎 |

それぞれの区分ごとの性質は左の表のようになる。

音が構造物内部を長距離伝播する場合、距離と音響インピーダンスに応じてエネルギーが減衰するが、
同時に周波数成分も高い方から減衰・吸収されていき、最終的には可聴の周波数成分が残る。
この場合は構造物を伝わる音響の影響を受けるので、評価には注意が必要である。

**c、測定データと構造との対応**




波形区分の境目は構造の区分に
ほぼ対応している。

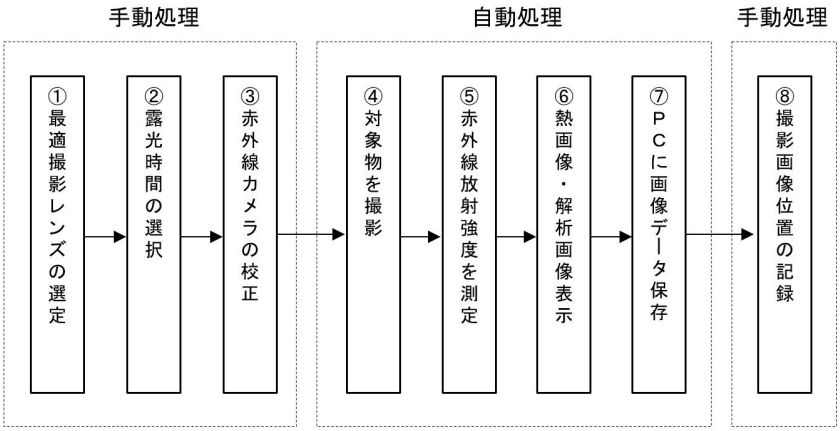
# 1. 基本事項

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 技術番号 | | 非破壊04-V2023 | | |
| 技術名 | | 赤外線調査トータルサポートシステムJシステム | | |
| | 技術バージョン | - | 作成：2023年3月 | |
| 開発者 | | 西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社 | | |
| 連絡先等 | | TEL:087-834-2419 | E-mail：takashi.takemoto@w-e-shikoku.co.jp | 営業企画課<br>竹元 |
| 現有台数・基地 | | 6台 | 基地 | 香川県高松市花園町三丁目1番1号 |
| 技術概要 | | 橋梁等のコンクリート構造物において、鉄筋腐食に伴い発生する剥離やうき（コンクリート内部の剥離ひびわれ）を、遠望非接触にて赤外線法により検出する技術である。 | | |
| 技術区分 | 対象部位 | 堤体（上流面、下流面、堤頂）／洪水吐き（流入部、越流部、導流部、減勢工） | | |
| | 変状の種類 | 剥離・鉄筋露出／うき | | |
| | 物理原理 | 赤外線 | | |
| | 検出項目 | 赤外線サーモグラフィ法による熱画像解析 | | |

# 2. 基本諸元

| | | | |
|---|---|---|---|
| 計測機器の構成 | | | ・冷却型高性能赤外線カメラ<br>・専用ソフト搭載PC<br>・蓄電池他付属品<br>通常撮影は調査員がハンドルとハーネスで機器を装着し、徒歩で移動する。 |
| 移動装置 | 移動原理 | | ・計測機器を装着した調査員が徒歩により移動する。 |
| | 運動制御機構 | 通信 | - |
| | | 測位 | - |
| | | 自律機能 | - |
| | | 衝突回避機能（飛行型のみ） | - |
| | 外形寸法・重量 | | - |
| | 搭載可能容量（分離構造の場合） | | - |
| | 動力 | | - |
| | 連続稼働時間（バッテリー給電の場合） | | - |

# 2. 基本諸元

| | | |
|---|---|---|
| 計測装置 | 設置方法 | 赤外線カメラは以下の方法で設置される。<br>・通常撮影（調査員がハンドルとハーネスにより調査機器を体に装着する） |
| | 外形寸法・重量<br>（分離構造の場合） | - |
| | センシングデバイス | ・冷却型高性能赤外線カメラ（検知素子：InSb、検出波長帯：3～5μm）<br>・デジタルカメラ（可視画像）<br>・PC（OS：Windows7/Windows10 64bit版、ハードウェア：Intel Core i5以上推奨、メモリー：2GB以上）<br>・熱環境測定装置EM(S)（外寸41cm×41cm、調査対象に本装置を設置する必要有り） |
| | 計測原理 | 赤外線サーモグラフィ法によりコンクリートのうき・剥離といった内部欠陥を検出する。<br>物体から放出される赤外線の波長領域での放射の強さが、物体温度の関数となっていることを利用するもので、健全部と変状箇所との熱伝導の違いによる表面温度の差異を、赤外線カメラによって検出する手法である。<br>本手法は熱環境により、調査可能時間帯が左右されるため、熱環境測定装置を用いて最適な調査時間帯を判断する。熱環境測定装置とは、実際の橋梁で出現する変状箇所を擬似的に再現する装置であり、この装置の変状箇所が熱画像上で明確に確認できる時間帯のみ調査を実施する。 |
| | 計測の適用条件<br>（計測原理に照らした適用条件） | ・検出できる内部欠陥は、コンクリート表面から4cm奥までのうき・剥離である。<br>・調査時間帯は夜間（日没から日の出まで）であること。（ただし、偏光ﾌｨﾙﾀの適用により昼間調査可能）<br>・調査日の天候が荒天でないこと。<br>・熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。<br>・撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。<br>・撮影角度は調査対象に対する対象面角度の最小角度が30°以上確保できること。<br>・撮影距離は50m未満であること。（ただし、レンズや距離計の変更により90m程度まで対応可能）<br>・調査対象部位は湿潤状態でないこと。亜鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。<br>・変状箇所の大きさは10cm×10cm以上を対象。 |
| | 精度と信頼性に影響を及ぼす要因 | 変状箇所以外においても、以下のような影響を受け、温度変化を示す場合がある。<br>・コンクリート表面に存在する凹凸の影響<br>・コンクリート表面のざらつき具合の影響<br>・コンクリート表面の色のむらによる熱の吸収の影響<br>・表面の付着物の影響<br>上記のような影響があるため、赤外線カメラ撮影時は、調査対象周辺の環境や目視（可視画像）による表面状態の確認を行い、温度変化の発生原因を総合的に判断する。 |
| | 計測プロセス | ①撮影距離に応じて最適な撮影レンズを選定する。<br>②現地温度環境に応じて最適な撮影露光時間を選択する。<br>③赤外線カメラレンズに均一な温度の板（黒体）を当て、ソフト上で校正を実行し、熱画像上のノイズを除去する。<br>④撮影対象面に赤外線カメラを向けて撮影する。<br>⑤撮影範囲の赤外線放射強度を測定する。<br>⑥赤外線放射強度を温度値に変換し、熱画像・解析画像をモニターに表示する。<br>⑦PCに画像データを記録する。<br>⑧調査員は保存された画像の撮影位置を野帳に記録する。<br>  <br> |

# 2. 基本諸元

| | | |
|---|---|---|
| データ収集・通信装置 | アウトプット | ・熱画像（コンクリート表面の温度分布を画像で示したもの）<br>・解析画像（熱画像を元に特異な温度差を強調させて表示したもの）<br>・上記画像データは独自形式であり、専用ソフト（Jsoft）でのみ読み込み可能。 |
| | 耐久性 | 計測機器の防水・防塵性能無し |
| | 動力 | ・動力源：電気式<br>・電源供給方法：バッテリー<br>・定格容量：24V、9.2Ah |
| | 連続稼働時間<br>（バッテリー給電の場合） | 12時間（電源ON状態でバッテリー交換可能、1個当たり約4時間×3個使用で12時間稼働） |
| | 設置方法 | 移動装置と一体的な構造 |
| | 外形寸法・重量<br>（分離構造の場合） | - |
| | データ収集・記録機能 | 赤外線カメラに接続されたPCに保存 |
| | 通信規格<br>（データを伝送し保存する場合） | - |
| | セキュリティ<br>（データを伝送し保存する場合） | - |
| | 動力 | ・動力源：電気式<br>・電源供給方法：バッテリー<br>・定格容量：24V、9.2Ah |
| | データ収集・通信可能時間<br>（データを伝送し保存する場合） | - |

# 3. 運動性能

| 項目 | 性能 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|
| 構造物近傍での安定性能 | 検証の有無の記載 - <br> - | - |
| 最大可能範囲 | 検証の有無の記載 - <br> - | - |
| 運動位置精度 | 検証の有無の記載 - <br> - | - |

# 4. 計測性能

| 項目 | | | 性能 | | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|---|---|---|
| 計測装置 | 計測レンジ（測定範囲） | | 検証の有無の記載 | 有 | ・計測温度範囲は、通常の使用方法で確認できた計測温度範囲を示す。<br>・計測対象はコンクリート。<br>・計測温度範囲：-5℃～45℃（調査実績より実測した温度） |
| | | | ・計測温度範囲：-5℃～45℃ | | |
| | 感度 | 校正方法 | ・校正板を用いて校正を実施 | | ・測定対象物とほぼ同じ温度とした黒体（キャリブレーション用の校正板）を赤外線カメラレンズ前面にかざし、校正実行する。校正後は熱画像上のノイズが除去されていることを確認する。 |
| | | 検出性能 | 検証の有無の記載 | 有 | ・冷却型高感度タイプカメラ<br>・検知素子：インジウムアンチモン（InSb）<br>・検知波長帯：3～5μm |
| | | | ・検知波長帯：3～5μm | | |
| | | 検出感度 | 検証の有無の記載 | - | - |
| | | | ・最小検知温度差：0.025℃ | | |
| | S/N比 | | 検証の有無の記載 | 無 | - |
| | | | - | | |
| | 分解能 | | 検証の有無の記載 | 有 | コンクリート表面温度の表示分解能は0.01℃単位 |
| | | | ・表示分解能：0.01℃ | | |
| | 計測精度 | | 検証の有無の記載 | 有 | ・上段①検出率：100%<br>※ただし、分母は検証対象部位・部材に限る（うき：52箇所/52箇所、剥離：38箇所/38箇所）<br>・検出率(%)＝正解個数のうち技術で検出できた個数/異常の正解個数<br>・下段②的中率：26%　（90箇所/350箇所）<br>・的中率(%)＝当該技術で検出した異常のうち正解個数/技術で検出した個数（誤検出を含む）<br>・調査対象部位は湿潤状態でないこと。<br>・亜鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。<br>・熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。<br>・撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。<br>・調査時間帯は夜間。<br>・撮影角度：調査対象に対する対象面角度の最小角度が30°以上確保できること。<br>・撮影距離：50m未満（ただし、レンズや距離計の変更により90m程度まで対応可能） |
| | | | ①検出率：100%<br>②的中率：26% | | |
| | 計測速度（移動しながら計測する場合） | | 検証の有無の記載 | 有 | ・0.2m/s（調査実績より） |
| | | | 0.2m/s | | |
| | 位置精度（移動しながら計測する場合） | | 検証の有無の記載 | 有 | - |
| | | | 未検証 | | |
| | 色識別性能（画像等から計測する場合） | | 検証の有無の記載 | - | - |
| | | | - | | |

# 5. 留意事項(その1)

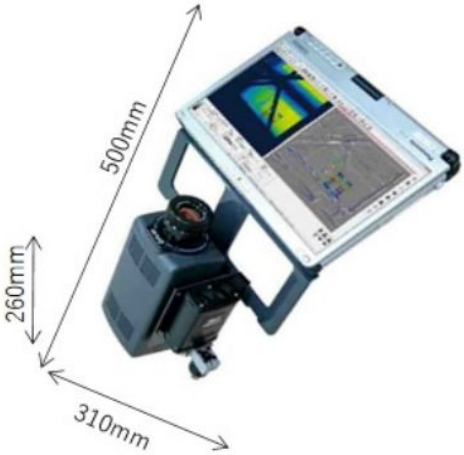
| 項目 | | 適用可否／適用条件 | 特記事項(適用条件等) |
|---|---|---|---|
| 点検時現場条件 | 周辺条件 | 撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。<br>立入可能箇所から対象面の撮影角度30度以上確保できること。<br>撮影距離2m～90mが確保できること。 | - |
| | 安全面への配慮 | - | - |
| | 無線等使用における混線等対策 | - | - |
| | 濁度、水流、流木への対策（水中型のみ）（独自に設定した項目） | - | - |
| | 気象条件（独自に設定した項目） | - | - |
| | その他 | ・亜鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。<br>・コンクリート表面保護塗装は可。ただし、表面に剥がれ等がある場合、内部欠陥か塗装剥がれかの判別は不可。<br>・調査対象部位が湿潤状態でないこと。<br>熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。<br><br>撮影距離約90m未満<br>コンクリート表面から4cm奥までのうき・剥離 | 熱環境測定装置にて空洞部の温度差が明確に確認できる時間帯のみ調査可能と判断する。 |

# 5. 留意事項(その2)

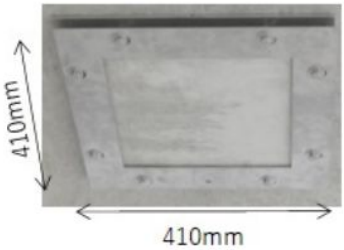
| 項目 | | 適用可否／適用条件 | 特記事項(適用条件等) |
|---|---|---|---|
| 作業条件・運用条件 | 調査技術者の技量 | 調査システムの操作方法を習得したもの | - |
| | 必要構成人員数 | 点検技術者1人、補助員1人<br>合計2名 | - |
| | 操作に必要な資格等の有無<br>フライト時間 | 無し | - |
| | 操作場所 | 操作場所 | - |
| | 点検費用 | （参考値）<br>点検面積［502.5m2］<br>検出項目［うき］<br>概略点検費用（計測～解析）：136,705円<br>⇒272円/㎡<br>概算単価　300円/㎡ | - |
| | 保険の有無、保障範囲、費用 | 規定無し | - |
| | 自動制御の有無 | 無し | - |
| | 利用形態：リース等の入手性 | 製品販売による対応可。<br>本システムを用いた調査請負による対応可。 | - |
| | 不具合時のサポート体制の有無及び条件 | サポート有り（問い合わせは就業時間内） | - |
| | センシングデバイスの点検 | 無し | 調査時に赤外線カメラの校正作業を実施 |
| | その他 | - | - |

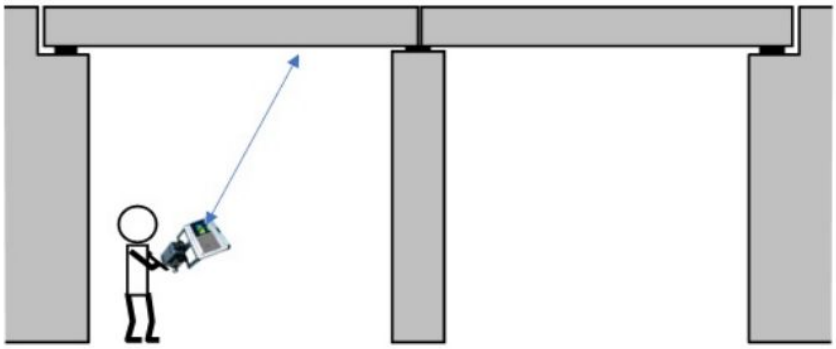
# 6. 図面

Jシステム（赤外線カメラ、ハンドル、PC）
外形寸法：500mm×310mm×260mm




EM(S)
外形寸法：410mm×410mm×30mm



対象物より2m～90mで計測

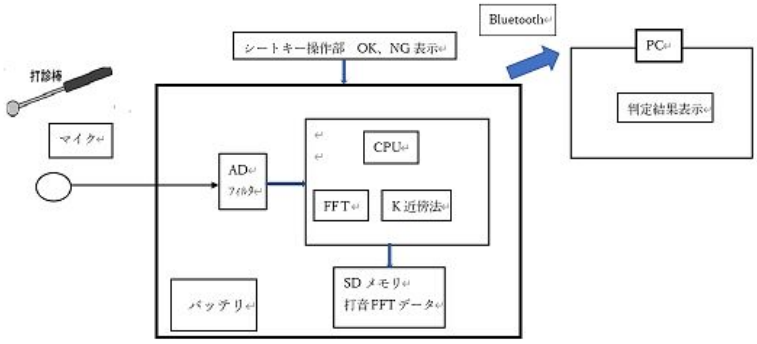
# 1. 基本事項

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 技術番号 | | 非破壊05-V2023 | | |
| 技術名 | | 機械学習による構造物の打音検査 | | |
| | 技術バージョン | - | 作成：2023年3月 | |
| 開発者 | | 株式会社　　ポート電子 | | |
| 連絡先等 | | TEL:042-361-6292 | E-mail：portmaster@port-d.co.jp | 日比野　克彦 |
| 現有台数・基地 | | ２台 | 基地 | 東京都府中市清水が丘１－３－８　小林ビル |
| 技術概要 | | ・当該技術の特徴<br>従来の打音検査は点検者がコンクリート壁等を叩き打音を耳で聞いて、その内部の浮き・剥離を点検者自身が判定している　　本装置は点検者がコンクリート壁等を叩き,その打音をFFT変換し波形の特徴量をAI（K近傍法）により検出・比較して、浮き・剥離の有無を判定するものである。<br>本装置は打診棒、本体、マイクロフォンで構成される　データを取り出すためにWindowsパソコンが必要<br>・計測の原理やプロセス：　装置に付属した打診棒でまず対象物の健全な部分を叩き、これを教師データとして記録保存する。次に対象物を叩く。　取り込まれたデータはFFT変換され、事前に取り込まれた教師データとAI(k近傍法)により浮き剥離の有無を判定。<br>・計測結果の活用<br>計測結果は本体のSDメモリに記録される。本体からは無線（Bluetooth）でパソコンにおくられる。<br>データには測定時刻、打音データ、FFTデータ、判定結果等がある。またアプリケーションソフトによりFFTの波形、音の波形を表示することが出来る | | |
| 技術区分 | 対象部位 | 堤体（上流面、下流面、堤頂、監査廊）／基礎地盤／洪水吐き（流入部、越流部、導流部、放流管、減勢工）等コンクリート構造物は打音検査可能である。<br>堤体周辺斜面については岩盤などであれば不向きである。 | | |
| | 変状の種類 | 浮き／剥離／剥落 | | |
| | 物理原理 | 打撃によって発生した音の特徴量をAIで計測する | | |
| | 検出項目 | 健全なコンクリ―ト(教師データ)と浮き剥離のあるコンクリートとの K近傍法により算出した<br>はずれ値（スコア―値）の検出 | | |

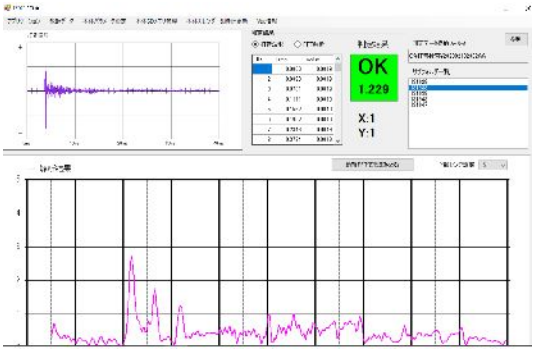
# 2. 基本諸元

| | | | |
|---|---|---|---|
| 計測機器の構成 | | | 本装置は<br>打診棒<br>マイクロフォン<br>打音チェッカー本体<br>付属アプリケーションをインストールしたWindows PC（Win10、Win11）<br>で構成される<br><br>本体からPCへはBluetoothを介して、測定データが送信され保存される<br>PC内の測定データは、PCのアプリケーションソフトによりPC画面に表示される |
| 移動装置 | 移動原理 | | 【人力】<br>検査技術者が本装置を持ち運び、現場で計測する |
| | 運動制御機構 | 通信 | - |
| | | 測位 | - |
| | | 自律機能 | - |
| | | 衝突回避機能（飛行型のみ） | - |
| | 外形寸法・重量 | | 本体サイズ　１３４mm×７６mm×３５mm　重量（３００g）<br>ノートＰＣ |
| | 搭載可能容量（分離構造の場合） | | - |
| | 動力 | | ・動力源：電気式<br>・電源供給方法：バッテリー<br>・定格容量：７．２Ｖ、１２１０mA |
| | 連続稼働時間（バッテリー給電の場合） | | ・２４０分（外気温：２０℃の場合） |

# 2. 基本諸元

| | | |
|---|---|---|
| 計測装置 | 設置方法 | 設置物無し　検査技術者が持ち運ぶ　現場でFFTの波形を見るときはノートPC必要 |
| | 外形寸法・重量<br>（分離構造の場合） | 本体サイズ　１３４mm×７６mm×３５mm　重量（３００g）<br>ノートPC |
| | センシングデバイス | マイクロフォン |
| | 計測原理 | ・当該技術の特徴<br>従来の打音検査は点検者がコンクリート壁等を叩き、打音を耳で聞いて、その内部の浮き・剥離を点検者自身が判定している<br>本装置は点検者がコンクリート壁等を打診棒で叩きマイクから取り込んだ打音をFFT変換、予め取り込んだ健全部の教師データと今取り込んだFFTの波形をAI（K近傍法）により比較　浮き・剥離の有無を判定するものである。<br>検出結果はOK（剥離なし）NG（剥離あり）で判定され装置前面のLEDに示される<br>そのデータは本体内のSDメモリに保存される。データはWindowsパソコンのアプリケーションソフトでBluetoothにより取り出し、PC画面上表示することが出来る。<br><br>データには測定時刻、打音データ、FFTデータ、判定結果がある。またFFTの波形、音の波形も表示することが出来る |
| | 計測の適用条件<br>（計測原理に照らした適用条件） | 打点とマイクの距離は１０ｃｍくらいが望ましいので、手の届く範囲で検査を実施する<br>足場等が必要<br>測定は雨天や積雪時は不可。 |
| | 精度と信頼性に影響を及ぼす要因 | 教師データの取得<br>判定基準となる教師データは対象とする壁の健全と思われる部分で取る必要がある。<br>様々な構造物に対応するためにはその場での教師データが必要<br>大きな音を出す重機等が使われる際には使用を一時停止する |
| | 計測プロセス | 本装置は打診棒、本体、マイクロフォンで構成される。　データを取り出すためにWindowsPCが必要<br>装置に付属した打診棒でまず対象物の健全な部分を叩き、これを教師データとして記録保存する。次に対象物を叩く　取り込まれたデータはFFT変換され、事前に取り込まれた教師データとAI(k近傍法)により浮き剥離の有無を判定。<br>・計測結果は本体のSDメモリに記録される。本体からは無線（Bluetooth）でパソコンにおくられる。この操作は現場で行う必要はなく作業終了後に行うことが出来る<br>データには測定時刻、打音データ、FFTデータ、判定結果等がある。またFFTの波形、音の波形を表示することが出来る。<br>  <br> |

# 2. 基本諸元

| | | |
|---|---|---|
| データ収集・通信装置 | アウトプット | 計測されたデータは本体のSDメモリに保存される<br>SDメモリのデータはBluetooth経由でPC本体に移される。データ型式はＣＳＶファイル<br>データは　ファイル名、測定時刻、打音波形データ、FFTデータ、浮き剝離の判定<br>（スコアー値、OK、NG）パラメータである<br>このデータをもとにアプリケーションソフトにより、ＰＣの画面上に打音波形、ＦＦＴ波形を表示することが出来る<br>最新ＦＦＴの表示：　SDメモリに記録する以前に、今叩いた打音のFFT波形を見ることが出来る。<br>  |
| | 耐久性 | 防水機能なし |
| | 動力 | 内部の充電式バッテリーから供給される |
| | 連続稼働時間<br>（バッテリー給電の場合） | ２４０分（外気温：２０℃の場合） |
| | 設置方法 | 点検作業者が手で持って作業する |
| | 外形寸法・重量<br>（分離構造の場合） | – |
| | データ収集・記録機能 | データはすべて本体内部のSDメモリに保存される。このSDメモリは装置の内部メモリであってSDメモリそのものを取り出すことが出来ない。<br>PCにBluetoothを経由してアップしPC内部のハードディスクに保存する |
| | 通信規格<br>（データを伝送し保存する場合） | Bluetoothによる<br>・通信距離　１０ｍmax |
| | セキュリティ<br>（データを伝送し保存する場合） | – |
| | 動力 | 内部の充電式バッテリーから供給される |
| | データ収集・通信可能時間<br>（データを伝送し保存する場合） | 収集したデータ量による |

# 3. 運動性能

| 項目 | 性能 | | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|---|
| 構造物近傍での安定性能 | 検証の有無の記載 | 無 | |
| | － | | － |
| 最大可能範囲 | 検証の有無の記載 | 無 | |
| | － | | － |
| 運動位置精度 | 検証の有無の記載 | 無 | |
| | － | | － |

# 4. 計測性能

| 項目 | | | 性能 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|---|---|
| 計測装置 | 計測レンジ（測定範囲） | | 検証の有無の記載：無<br>－ | － |
| | 感度 | 校正方法 | － | － |
| | | 検出性能 | 検証の有無の記載：無<br>－ | － |
| | | 検出感度 | 検証の有無の記載：無<br>－ | － |
| | S/N比 | | 検証の有無の記載：無<br>－ | － |
| | 分解能 | | 検証の有無の記載：無<br>－ | － |
| | 計測精度 | | 検証の有無の記載：無<br>－ | － |
| | 計測速度（移動しながら計測する場合） | | 検証の有無の記載：無<br>－ | － |
| | 位置精度（移動しながら計測する場合） | | 検証の有無の記載：無<br>－ | － |
| | 色識別性能（画像等から計測する場合） | | 検証の有無の記載：無<br>－ | － |

# 5. 留意事項(その1)

| 項目 | | 適用可否／適用条件 | 特記事項(適用条件等) |
|---|---|---|---|
| 点検時現場条件 | 周辺条件 | 外部からの大きな音がない事 | – |
| | 安全面への配慮 | 特になし | – |
| | 無線等使用における混線等対策 | – | – |
| | 濁度、水流、流木への対策（水中型のみ）（独自に設定した項目） | – | – |
| | 気象条件（独自に設定した項目） | – | – |
| | その他 | 高所を計測する場合には、足場あるいは高所作業車が必要である。 | – |

# 5. 留意事項(その2)

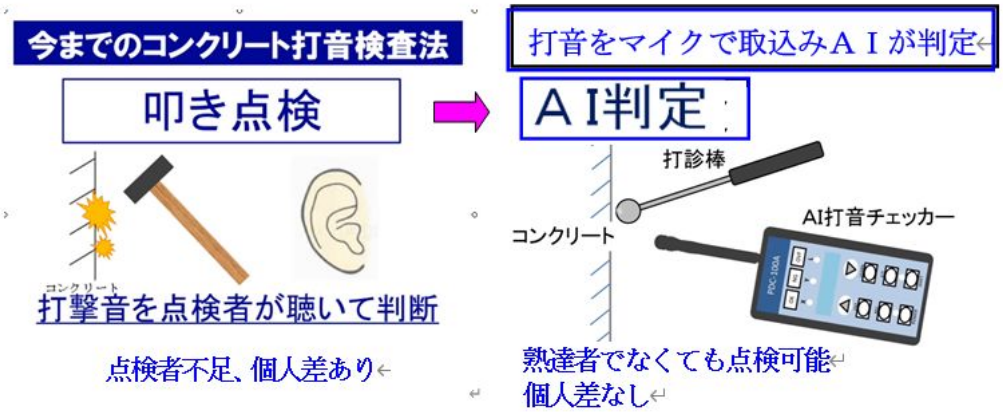
| 項目 | | 適用可否／適用条件 | 特記事項(適用条件等) |
|---|---|---|---|
| 作業条件・運用条件 | 調査技術者の技量 | 資格は不要。打音検査について一定の知識があることが望ましい | – |
| | 必要構成人員数 | 必要構成人員数<br>現場責任者1人、操作１人、<br>合計2名 | – |
| | 操作に必要な資格等の有無フライト時間 | なし | – |
| | 操作場所 | 壁面に近接した人が立って作業できる場所 | – |
| | 点検費用 | 調査費用　１日２５万（足場状況により変わる）<br>報告書作成（１日分）２０万（内容により変更有） | – |
| | 保険の有無、保障範囲、費用 | 保険に加入の必要はない | – |
| | 自動制御の有無 | 無し | – |
| | 利用形態：リース等の入手性 | 購入、リースあり | – |
| | 不具合時のサポート体制の有無及び条件 | 故障に対しては弊社にお送りいただく | – |
| | センシングデバイスの点検 | １年に一度定期点検が必要 | – |
| | その他 | – | – |

# 6. 図面

**本体サイズ**　134×76×35mm（突起部除く）　質量　300g
**構成品**　PDC－100A本体、打診棒、マイク、マイクフォルダ、充電池、充電器、CD－ROM（デバイスドライバ、アプリケーションソフト）ユーザーズマニュアル
**動作環境**　OS　Windows7、10　64bit

| | |
|---|---|
| 本体操作 | 健全なコンクリートを叩き、学習ボタンを押して教師データとして学習,保存 |
| | マイクからの打音信号を周波数解析してAI機能によりコンクリートの健全／浮き剥離　を表示 |
| データ保存 | RECボタンを押して時間波形、周波数波形、OK/NGの取得日時分秒をメモリに保存・BleutoothでPC と接続して保存 |
| 波形表示 | PC と接続してその場で周波数波形をモニタ画面で波形を表示確認 |
| 検出可能な浮き・剥離 | かぶり　50mm以内 |
| | 浮き　40mm×40mm以上 |

## ＡＩ打音チェッカー　操作手順



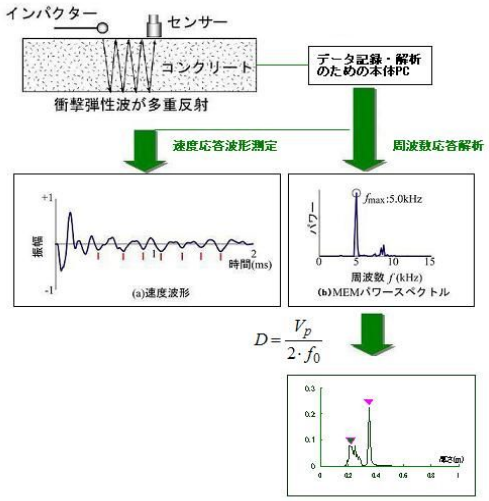
# 1. 基本事項

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 技術番号 | | 非破壊06-V2023 | | |
| 技術名 | | 弾性波レーダシステム | | |
| | 技術バージョン | iTECS-8 | 作成：2023年3月 | |
| 開発者 | | アプライドリサーチ（株）/（一社）iTECS技術協会 | | |
| 連絡先等 | | TEL:029-847-1861 | E-mail：info@itecs.or.jp | iTECS技術協会事務局・山下 |
| 現有台数・基地 | | 40台（iTECS技術協会会員各社で保有） | 基地 | 茨城県つくば市 |
| 技術概要 | | ・当該技術の特徴<br>弾性波レーダシステムiTECS(アイテックス)は、衝撃弾性波法によるコンクリート構造物の健全性診断装置である。本システムはインパクター(直径5～100mmの鋼球)、または加速度センサ付きインパクター、センサー(高感度加速度計)及び制御用PCによって構成される。<br>本システムは特別な測定面処理が不要で、測定員2名、簡易、迅速、安価といった特徴がある。 測定データは制御PCにより、特定時間範囲の波形を用いたMEM(最大エントロピー法)スペクトル解析、および分析波形を連続的に切り取った時間窓MEMスペクトル解析法(詳細法)によって自動的に処理され、測定現場で結果図を即座に確認できる。また、構造物表面や内部を伝搬する弾性波速度を測定することも可能である。<br>超音波法に比べて、低い周波数帯の弾性波の伝搬に着目する測定方法であるため、多重反射法による測定では2.5m程度の厚さ、1回反射では5～10m程度（杭状の構造物では40m程度）、構造物表面や透過方向の弾性波速度測定では30m程度以上の距離にも適用が可能で、比較的大型の構造物への適用が可能な技術である。<br>（一社）iTECS技術協会では、技術の規格化による、信頼性の向上や、技術者の教育・資格認証も実施している。 | | |
| 技術区分 | 対象部位 | 堤体（上流面（気中部）、下流面（気中部）、堤頂、監査廊）／洪水吐き（流入部、越流部、導流部、放流管、減勢工） | | |
| | 変状の種類 | ひびわれ有無／ひび割れ深さ／浮き／剥離／剥落／欠損／内部欠陥／圧縮強度推定／部材厚さ | | |
| | 物理原理 | 弾性波（衝撃弾性波） | | |
| | 検出項目 | 弾性波の伝搬速度、反射周期、初期位相、減衰 | | |

# 2. 基本諸元

| | | | |
|---|---|---|---|
| 計測機器の構成 | | | ・本システムは、①インパクター(直径5～100mmの鋼球)、または加速度センサ付きインパクター、②受信センサー(高感度加速度計)、③測定器本体（アンプ）及び、④制御用ノートPCによって構成される。測定機本体と制御用PCはUSBで接続され、測定波形はPCに保存される。センサ類は有線接続で、長距離の測定の際には、延長ケーブルを使用する。 |
| 移動装置 | 移動原理 | | 【人力】<br>人が計測装置を持ち運びながら計測を行う。 |
| | 運動制御機構 | 通信 | - |
| | | 測位 | - |
| | | 自律機能 | - |
| | | 衝突回避機能（飛行型のみ） | - |
| | 外形寸法・重量 | | - |
| | 搭載可能容量（分離構造の場合） | | - |
| | 動力 | | - |
| | 連続稼働時間（バッテリー給電の場合） | | - |

# 2. 基本諸元

| | | |
|---|---|---|
| 計測装置 | 設置方法 | - |
| | 外形寸法・重量<br>（分離構造の場合） | 長さ260mm×幅190mm×高さ70mm<br>最大重量:2.8kg |
| | センシングデバイス | ・加速度センサ　ＰＣＢ社製　型番352-C66 |
| | 計測原理 | ・測定部分を鋼球やインパルスハンマによって軽打して弾性波を入力し、コンクリート表面あるいは、内部を伝搬する弾性波の応答を、加速度センサを用いて受信し、アンプ・A/D変換器により時刻歴加速度波形を得る。 |
| | 計測の適用条件<br>（計測原理に照らした適用条件） | ・多重反射法による測定の場合は、測定面と対向面がおおよそ平行な板状の構造物であることを前提とする。<br>・多重反射法による測定では2.5m程度の厚さ、1回反射では5～10m程度（杭状の構造物では40m程度）、構造物表面や透過方向の弾性波速度測定では30m程度以上の距離に適用が可能。<br>・測定面近傍に剥離等の変状が存在するとそれより先に弾性波が伝搬できないなど、表層の品質の影響を受けやすい。 |
| | 精度と信頼性に影響を及ぼす要因 | ・測定精度向上のため、S/N比の向上に留意する必要がある。適切な測定波形が得られるよう、鋼球の打撃強さ、計測機の感度（レンジ）や、A/D変換の分解能、サンプリング周期などを測定技術者が適切に設定する必要がある。 |
| | 計測プロセス | ①測定する部分に測定者が加速度センサを押し当てた状態で、鋼球等によりその近傍を打撃し、弾性波を入力する。<br>②構造物中（あるいは表面）を伝搬する弾性波は、加速度センサにて自動受信する。<br>③受信した測定波形を技術者が確認し、再現性の高い波形を記録する。<br>④必要に応じて、即時に周波数解析（MEM）により周波数や部材厚さを解析する。又は、2chのセンサ間の弾性波の伝搬時間差を解析して弾性波速度を得る。<br>⑤簡易的に解析した周波数の情報を手掛かりに、技術者が部材厚さや内部欠陥の有無を判断する。（部材厚さの測定の際には、予めコンクリート表面で弾性波速度のキャリブレーションを行う必要がある）<br>⑥測定技術者は、測定位置や視認できる変状等をスケッチ図に記録する。<br>  <br> |

# 2. 基本諸元

| | | |
|---|---|---|
| データ収集・通信装置 | アウトプット | ・波形データはCSV形式で制御用PCに保存される |
| | 耐久性 | – |
| | 動力 | ・電源供給方法：ノートPCバッテリーより、USB給電 |
| | 連続稼働時間<br>（バッテリー給電の場合） | 約8時間（外気温：20℃の場合） |
| | 設置方法 | – |
| | 外形寸法・重量<br>（分離構造の場合） | – |
| | データ収集・記録機能 | ・制御用PCのハードディスクに保存。 |
| | 通信規格<br>（データを伝送し保存する場合） | – |
| | セキュリティ<br>（データを伝送し保存する場合） | – |
| | 動力 | – |
| | データ収集・通信可能時間<br>（データを伝送し保存する場合） | – |

# 3. 運動性能

| 項目 | 性能 | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|
| 構造物近傍での安定性能 | 検証の有無の記載：無<br>－ | 測定技術者が測定面に直接アプローチできることを基本とする。 |
| 最大可能範囲 | 検証の有無の記載：有<br>【接触型】<br>構造物表面での弾性波速度測定での最大離隔距離は40m程度の実績あり。 | ﾛｰﾉｲｽﾞの延長ケーブルが必要、構造物の劣化条件によっては、大型のハンマによる打撃が必要になる。 |
| 運動位置精度 | 検証の有無の記載：無<br>－ | － |

# 4. 計測性能

| 項目 | | | 性能 | | 性能(精度・信頼性)を確保するための条件 |
|---|---|---|---|---|---|
| 計測装置 | 計測レンジ（測定範囲） | | 検証の有無の記載 | 有 | 加速度センサの周波数特性による |
| | | | 1～20kHz | | |
| | 感度 | 校正方法 | 標準信号機による校正試験 | | - |
| | | 検出性能 | 検証の有無の記載 | 無 | - |
| | | | - | | |
| | | 検出感度 | 検証の有無の記載 | 有 | 加速度センサの感度による |
| | | | 10.2mV/(m/s2) | | |
| | S/N比 | | 検証の有無の記載 | 無 | - |
| | | | - | | |
| | 分解能 | | 検証の有無の記載 | 有 | - |
| | | | 12bit | | |
| | 計測精度 | | 検証の有無の記載 | 無 | 浮きや内部欠陥の場合、投影面積、かぶり深さ、肌別れの程度、測定間隔によって検出精度が異なる。 |
| | | | - | | |
| | 計測速度（移動しながら計測する場合） | | 検証の有無の記載 | 有 | |
| | | | 1測点あたり5～10秒程度 | | |
| | 位置精度（移動しながら計測する場合） | | 検証の有無の記載 | 有 | センサを押さえる技術者による。 |
| | | | 数mm | | |
| | 色識別性能（画像等から計測する場合） | | 検証の有無の記載 | 有 | - |
| | | | - | | |

。

# 5. 留意事項(その1)

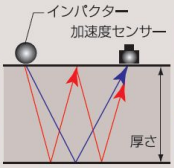
| 項目 | | 適用可否／適用条件 | 特記事項(適用条件等) |
|---|---|---|---|
| 点検時現場条件 | 周辺条件 | - | - |
| | 安全面への配慮 | - | - |
| | 無線等使用における混線等対策 | - | - |
| | 濁度、水流、流木への対策（水中型のみ）（独自に設定した項目） | 水中作業不可 | - |
| | 気象条件（独自に設定した項目） | - | - |
| | その他 | 大雨の場合、計測不可。<br>高所を計測する場合には、足場あるいは高所作業車が必要である。 | - |

# 5. 留意事項(その2)

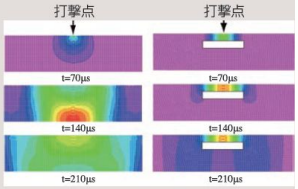
| 項目 | | 適用可否／適用条件 | 特記事項(適用条件等) |
|---|---|---|---|
| 作業条件・運用条件 | 調査技術者の技量 | （一社）iTECS技術協会で講習、資格認証（レベルⅠ～Ⅲ）を実施。 | 技術協会では、資格認証を業務対応の要件としていないが、発注機関によっては、講習修了を要件とされる場合がある。 |
| | 必要構成人員数 | 現場責任者1人、操作１人、補助員1人<br>合計3名 | - |
| | 操作に必要な資格等の有無<br>フライト時間 | - | - |
| | 操作場所 | - | - |
| | 点検費用 | 1日計測　25～80万円程度 | 測定点数や、試験項目によって異なる。 |
| | 保険の有無、保障範囲、費用 | 保険には加入していない | - |
| | 自動制御の有無 | - | - |
| | 利用形態：リース等の入手性 | 購入品のみ | - |
| | 不具合時のサポート体制の有無及び条件 | メーカによるサポートあり | - |
| | センシングデバイスの点検 | メーカ等による校正試験 | - |
| | その他 | - | - |

# 6. 図面

iTECS による厚さ測定

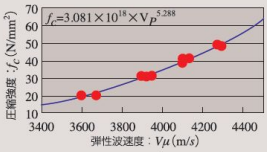



多重反射の模式図

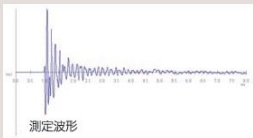



弾性波の伝搬モデル

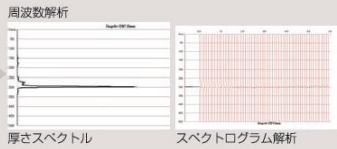
構造物の弾性波速度測定状況



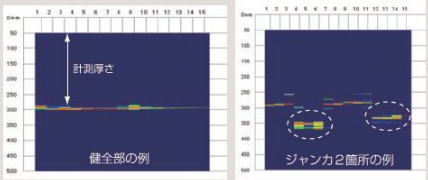

強度推定式



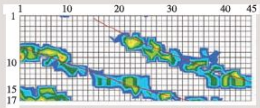
測定波形

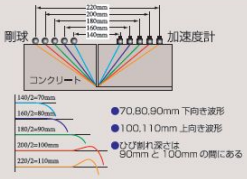



厚さスペクトル　スペクトログラム解析




ソナー図表示（厚さ 300mm）



実 PC 橋でのシース健全性調査

ひび割れ深さ測定