

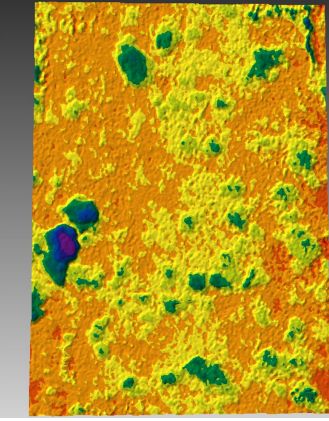


# 1. 基本事項

技術番号	BR020025-V0225																																																																															
技術名	計測装置(3DSL-Rhino"ライノ")を用いた三次元計測システム(耐候性鋼材の錆評点)																																																																															
技術バージョン	22Q4 Ver 1.0	作成:	2025年3月																																																																													
開発者	株式会社セイコーウェーブ																																																																															
連絡先等	TEL: 042-595-7041	E-mail: m.niimura@seikowave.jp	新村 稔																																																																													
現有台数・基地	2台	基地	東京都立川市高松町																																																																													
技術概要	<p>【目的】 本計測システムは、耐候性鋼材表面を三次元計測し、表面の凹凸具合を数値解析することで、損傷程度の評価区分を求めるものである。</p> <p>【構成】 本計測システムは、専用ケーブルで接続された計測装置本体と、専用ソフトウェアを搭載したパーソナルコンピュータ(PC)で構成される。</p> <p>【動作概要】 本計測装置の一方の窓から縦縞のパターン光(LED光)を、対象となる耐候性鋼材表面に照射し、もう一方の窓からその画像を手動トリガーによって撮影し、PCに送信して三次元座標を生成する。</p>																																																																															
	  <table border="1" data-bbox="979 741 1150 1160"> <thead> <tr> <th colspan="3">判定指標</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平均値</td> <td>150731</td> <td></td> </tr> <tr> <td>最大値</td> <td>27024</td> <td></td> </tr> <tr> <td>最小値</td> <td>34795</td> <td></td> </tr> <tr> <td>標準偏差</td> <td>0.38974</td> <td></td> </tr> <tr> <td>標準偏差(%)</td> <td>0.00026</td> <td></td> </tr> <tr> <td>格子数</td> <td>4650</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1155 741 1485 1160"> <thead> <tr> <th colspan="4">表面凹凸のカラーカウンターバー</th> </tr> <tr> <th>階級</th> <th>II</th> <th>表面積</th> <th>割合(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.00</td> <td></td> <td>38.03</td> <td>0.18</td> </tr> <tr> <td>2.60</td> <td></td> <td>44.51</td> <td>0.21</td> </tr> <tr> <td>2.30</td> <td></td> <td>79.31</td> <td>0.38</td> </tr> <tr> <td>1.90</td> <td></td> <td>114.70</td> <td>0.55</td> </tr> <tr> <td>1.50</td> <td></td> <td>281.14</td> <td>1.35</td> </tr> <tr> <td>1.20</td> <td></td> <td>877.99</td> <td>4.20</td> </tr> <tr> <td>0.82</td> <td></td> <td>2231.48</td> <td>10.68</td> </tr> <tr> <td>0.45</td> <td></td> <td>6898.82</td> <td>33.01</td> </tr> <tr> <td>0.09</td> <td></td> <td>9792.88</td> <td>46.86</td> </tr> <tr> <td>-0.27</td> <td></td> <td>535.29</td> <td>2.56</td> </tr> <tr> <td>-0.64</td> <td></td> <td>2.83</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>-1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> 			判定指標			平均値	150731		最大値	27024		最小値	34795		標準偏差	0.38974		標準偏差(%)	0.00026		格子数	4650		表面凹凸のカラーカウンターバー				階級	II	表面積	割合(%)	3.00		38.03	0.18	2.60		44.51	0.21	2.30		79.31	0.38	1.90		114.70	0.55	1.50		281.14	1.35	1.20		877.99	4.20	0.82		2231.48	10.68	0.45		6898.82	33.01	0.09		9792.88	46.86	-0.27		535.29	2.56	-0.64		2.83	0.01	-1			
判定指標																																																																																
平均値	150731																																																																															
最大値	27024																																																																															
最小値	34795																																																																															
標準偏差	0.38974																																																																															
標準偏差(%)	0.00026																																																																															
格子数	4650																																																																															
表面凹凸のカラーカウンターバー																																																																																
階級	II	表面積	割合(%)																																																																													
3.00		38.03	0.18																																																																													
2.60		44.51	0.21																																																																													
2.30		79.31	0.38																																																																													
1.90		114.70	0.55																																																																													
1.50		281.14	1.35																																																																													
1.20		877.99	4.20																																																																													
0.82		2231.48	10.68																																																																													
0.45		6898.82	33.01																																																																													
0.09		9792.88	46.86																																																																													
-0.27		535.29	2.56																																																																													
-0.64		2.83	0.01																																																																													
-1																																																																																
技術区分	橋種	鋼橋																																																																														
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版)																																																																														
	損傷の種類	鋼	①腐食 ⑤防食機能の劣化																																																																													
		コンクリート																																																																														
		その他																																																																														
		共通																																																																														
検出原理	LED光投影法																																																																															
検出項目	画像(静止画)																																																																															

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>○計測装置本体 (3DSL-Rhino):パターン光を投影してカメラで撮影することで3次元座標を取得する。</li> <li>○パーソナルコンピュータ: 上記動作の制御と計算</li> <li>○接続用システムケーブル (7.5m、他に短いケーブルや延長ケーブルも用意あり): PCと計測装置の接続と給電</li> <li>○バッテリーパック: 計測装置への給電用</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	【人力型】 ・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)	-		
計測装置	設置方法	・計測装置のハンドルを両手で持って計測する。手持ちで安定しない場合は、計測装置の底に三脚用ネジがあるので、一脚などを接続し、安定させる。計測装置を移動させる場合は、本装置一式には移動装置はついていないため、計測者が計測対象場所まで運ぶ。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・計測装置寸法: 300(W)×158(D)×155(H) mm、重量 1.7kg	
	センシングデバイス	・1/3 型CMOSイメージセンサー (644 x 484 ピクセル、最大フレームレート 309 fps, ADコンバーター 12-bit )	
	計測原理	・構造化光位相シフト法 (パターン光 (LED光) 投影法): 装置内蔵のプロジェクターからパターン光を投射し、内蔵カメラで24コマの視差画像を撮影することで、計測対象物表面の三次元座標 (点群、メッシュ、計測1面につき最大30万点) を得る。1面の計測所要時間は0.08秒。 ・現場でのキャリブレーションは不要。 ・計測装置の分解能: 縦横方向 0.4mm, 奥行方向 50ミクロン。 ・計測寸法の再現性 (繰り返し誤差): ±50ミクロン以下 (1σ)。	
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	・計測対象物に直射日光が当たらないように、また、雨粒が当たらないように養生が必要。 ・計測対象物の見たままをデータ化するため、外来付着物が存在する場合、外来付着物も合わせて計測してしまう。そのため、必要に応じて、外来付着物を除去すること。 ・計測可能な対物距離は35cm ~ 47cmであり、1回の計測で取得可能な範囲は、270mm x 150mmの範囲である。PC搭載当社オリジナルソフトウェアを使うことで、さらに広い範囲をソフトウェアによる三次元座標合成も可能。	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・計測装置内蔵のプロジェクターからパターン光 (LED光) を投射し、そのパターンが計測対象物に当たった状態をカメラで撮影するため、パターン光よりも強い光 (太陽の直射日光等) が当たると、計測ができなくなる、あるいは、計測データの品質が落ちる。対象表面の外光照度10,000ルクス以下が目安となる。(外光遮断を目的とした養生用ジグの準備あり)。計測装置は自発光型なので、暗所での計測は問題ない。 ・カメラで複数フレーム (24コマ) 撮影し、三次元座標を計算するため、24コマ投射の間 (80ミリ秒)、大きな揺れがあると計測不能あるいはデータ品質劣化を招く。ただし、計測用ソフトウェアは、一定以上の揺れがあった場合、揺れが収まるまでデータを取得しない機能を備えているため、一定のデータ品質を保つことができる。 ・計測対象表面に水滴がついている場合は、測定ができないため、乾いたウェスで拭う必要がある。	
	計測プロセス	・計測装置は、パターン投影用プロジェクターと、デジタルカメラの2つの要素から構成されている。プロジェクターからは、PMP (Phase Measuring Profilometry) パターン、いわゆる構造化パターンが投影され、計測対象物にあたったパターンをデジタルカメラで撮影することで、空間位相 (Phase) データが生成される。同時に、カメラのピクセル単位で反射光の強度を保存し、テクスチャ情報としてデータ化する。これらの画像と位相データを独自のアルゴリズムで計算することで、迅速に対象物の三次元座標を得ることができる。この一連の流れを説明したのが下図である。 三次元座標の計算では、計測用PCに保存された、個々の装置の光学系特性やパターン特性を網羅したキャリブレーションデータを使うため、計測にあたり、現場でのキャリブレーションは不要である。 ①計測用PCと計測装置を現場に人力で運ぶ。 ②計測用PCと計測装置をシステムケーブルで接続し、電源供給を開始する。 ③計測用PCにて、計測用ソフトウェアを立ち上げ、計測装置と計測対象物との距離が35cm~47cm 以内になるよう、また手振れが小さくなるように保持する。 ④計測装置の右ハンドルについているトリガーボタンを押して、データを取得する。 ⑤計測用ソフトウェアで三次元座標が1秒以内に計算され、画面に表示される。 ⑥評点区分を与える対象画像をサムネールから選び、PLYファイル (メッシュファイル) として保存する。 ⑦POLYGONALmeister (略称ポリマイ、セイコーウェブ版) を起動し、保存されたPLYファイルを読み込む。 ⑧凹凸検査を実行し、標準偏差値を得る。 標準偏差値200未満の場合--> 評点3、評点4、ないし評点5 標準偏差値200以上600未満の場合--> 評点2 標準偏差値600以上の場合--> 評点1	

		<p>手動処理</p> <p>①装置を現場まで搬入する。 → ②ケーブルを接続し、電源供給を開始する。 → ③ソフトウェアを立ち上げる。計測位置を調整し、揺れないように保持する。 → ④トリガーボタンを押す。</p> <p>自動処理</p> <p>⑤点群を生成し、画面表示。 → ⑥画像を選び、メッシュファイルとして保存。 → ⑦解析用画面に遷移後、解析を実行。 → ⑧腐食解析結果のカラーマップと標準偏差値を表示。</p>
<p>アウトプット</p>		<p>①対象表面の三次元形状画像(点群、メッシュ情報を含むPLYファイル)。                  ②凹凸に応じたカラーコンター図                  ③凹凸の標準偏差値</p>
<p>耐久性</p>		<p>・計測装置本体は、IP54相当の耐水性・防塵性を有する。PCには防塵性、耐水性はない。</p>
<p>動力</p>		<p>・AC100V出力端子を備えたバッテリー装置(500Whr)。</p>
<p>連続稼働時間(バッテリー給電の場合)</p>		<p>・外部給電方式のため、バッテリー装置の容量に応じて稼働時間が異なる。当社が所有しているバッテリー装置を利用した場合、計測装置とPCを連続して5時間弱駆動することが可能。(計測装置の平均消費電力=15W。PCの平均消費電力=100W。)</p>
<p>データ収集・通信装置</p>		<p>設置方法 -</p> <p>外形寸法・重量(分離構造の場合) -</p> <p>データ収集・記録機能 -</p> <p>通信規格(データを伝送し保存する場合) -</p> <p>セキュリティ(データを伝送し保存する場合) -</p> <p>動力 -</p> <p>データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合) -</p>

## 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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	・評点1 検出率:90.9% 的中率:100%  ・評点2 検出率:100% 的中率:69.2%	近畿地方整備局「新都市社会技術融合創造研究会」プロジェクト平成30年度成果報告書ページ61記載の表-3.1 さびサンプル計測結果一覧のデータ147点から算出した。  評点1検出率分子=外観評定1のうち、3D計測による標準偏差値600以上のサンプル数 評点1検出率分母=熟練者の目視による外観評定1のサンプル数 評点2検出率分子=外観評定2のうち、3D計測による標準偏差値200以上のサンプル数 評点2検出率分母=熟練者の目視による外観評定2のサンプル数  評点1的中率分子=3D計測による標準偏差値600以上のサンプル数のうち正解サンプル数 評点1的中率分母=3D計測による標準偏差値600以上のサンプル数 評点2的中率分子=3D計測による標準偏差値200以上のサンプル数のうち正解サンプル数 評点2的中率分母=3D計測による標準偏差値600以上のサンプル数
		標準試験値	標準試験方法 耐候性鋼材表面の錆評価(2023) 実施年 2023年 ・正解率:60%	・サンプル数:5 ・真値:評点1、評点2、評点3、評点4、評点5
		性能確認シートの有無 ※	-	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	・計測対象物との距離:350mm~470mm ・測定範囲:1面あたり150mm x 270mm@対象物との距離450mm。(標準搭載の自動合成ソフトウェアにより、さらに広い範囲の測定も可能(最大600mm x 600mm程度))。	・計測対象面に雨滴がないこと。 ・ジグとカメラ光軸角度=90度±15度以内であること。 ・外光照度50ルクス以内であること。 ・揺動排除(高精度モード)で計測すること。
	感度	校正方法	・当社が提供する簡易校正ジグを計測することで、ターゲット値との誤差を計測することができる。	・計測対象面に雨滴がないこと。 ・ジグとカメラ光軸角度=90度±15度以内であること。 ・外光照度50ルクス以内であること。 ・揺動排除(高精度モード)で計測すること。
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無
			性能値	・評点2, 評点1の検出率90%以上。
検出感度		性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	・100%  2-3-181	・計測対象面に雨滴がないこと。 ・ジグとカメラ光軸角度=90度±15度以内であること。 ・外光照度50ルクス以内であること。 ・揺動排除(高精度モード)で計測すること。
	性能確認シートの有無 ※	-		

	S/N比	性能値	-	-
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	・縦横の分解能: 0.4mm ・深さの分解能: 0.05mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測対象面に雨滴がないこと。</li> <li>・ジグとカメラ光軸角度=90度±15度以内であること。</li> <li>・外光照度50ルクス以内であること。</li> <li>・揺動排除(高精度モード)で計測すること。</li> </ul>

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	・高所作業をする場合は、墜落制止用器具の装着が必要である。	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	1) 直射日光が当たる場合は、遮光養生(日傘程度で十分)を施すか、直射日光の当たらない時間帯での計測が必要である。 2) 雨天の場合は、雨養生が必要である。計測対象面に雨滴が付着した場合は、乾いたウェスで拭き取ること。 3) 排水機能が十分に機能せず、湿潤している場合は、計測対象面を乾いたウェスで拭き取ること。ウェスで拭き取っても湿潤している場合は、自然乾燥するまで待つこと。	-

## 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)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	・計測装置の操作者1名、PC操作者1名 合計2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・必要な資格はない。	-
	作業ヤード・操作場所	・計測対象箇所から7メートル以内に、PCを設置する場所(30cm x 30cm程度)が必要である。7メートルを超える場合は、延長ケーブルを利用する。	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [耐候性鋼橋] 橋長:規定しない 全幅員:規定しない 部位・部材[耐候性鋼材を利用した部位] 活用範囲 [1計測面あたり0.03㎡ x 100箇所程度] 検出項目 [耐候性鋼材の防食機能の劣化]	-
	保険の有無、保障範囲、費用	・計測装置とPCには動産保険加入(保険料は点検費用込み)。 第三者補償の保険には加入していない。	-
	自動制御の有無	なし	-
	利用形態:リース等の入手性	・計測業務受託(一日単位で対応可。費用は計測・解析・報告含め約30万円~60万円/日および交通宿泊費実費相当額加算)	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・有り	・電話対応、ウェブ会議対応、データ解析対応等
	センシングデバイスの点検	・簡易型検証用ジグを使つての事前点検可能。通常、1か月に1回程度の頻度。	-
	その他	・対物距離160mmバージョンの計測装置も保有している。ソフトウェアは共通である。	-

## 6. 図面

### <計測装置一式>

### 一式内容物



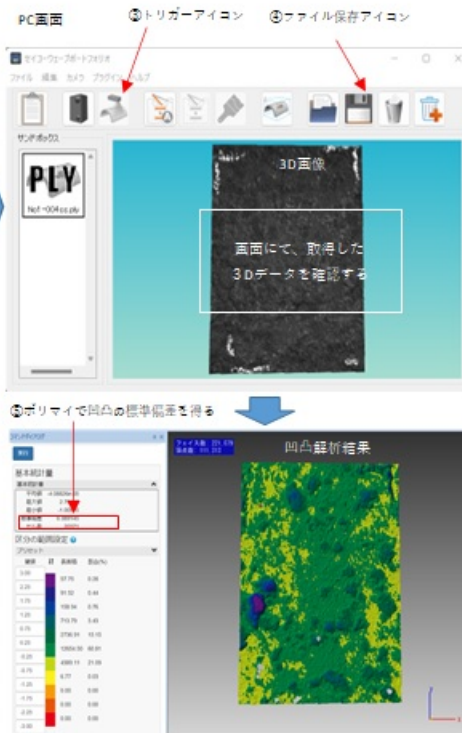
- |                            |    |
|----------------------------|----|
| 3D スキャナー 3DSL-Rhino™ 図1①   | 1台 |
| 駆動用パーソナルコンピュータ 図1②         | 1台 |
| システムケーブル 7.5m 図1③          | 1本 |
| ・ACアダプター (3DSL-Rhino用) 図1④ |    |
| ・ACアダプター (PC用) 図1⑤         |    |
| ・姿勢保持用一脚 図1⑥               | 各1 |
| ・キャリブレーション認証試験片 図1⑦        |    |

上記内容物は全て運搬用ベリカンケースに収容されます。

### <計測装置外觀>



### <計測の様子と手順>



### <計測装置 3DSL-Rhino(ライノ)のセットアップと計測作業の動画>

[https://seikowave.jp/video/Rhino\\_setup\\_H264\\_audio.mp4](https://seikowave.jp/video/Rhino_setup_H264_audio.mp4)

## 1. 基本事項

技術番号	BR020026-V0225			
技術名	鋼床版デッキ貫通亀裂点検システム			
技術バージョン	Ver.000.001	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社IHI, 株式会社IHI検査計測			
連絡先等	TEL: 045-759-2199	E-mail: ohashi0376@ihi-g.com	株式会社IHI 技術開発本部 基盤技術センター 先進生産プロセス技術部 大橋 タケル	
現有台数・基地	1台	基地	神奈川県横浜市磯子区新中原町1番地 株式会社IHI 横浜事業所	
技術概要	<p>本技術は、鋼床版デッキプレートに発生した貫通亀裂をアスファルト舗装上から検出する技術である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プローブ内の励磁コイルに交流電流を印加すると、交流の磁場(磁束密度の変化)が発生する。</li> <li>・交流の磁場は電磁誘導の原理によりデッキプレートに誘導電流を発生させる。このとき、誘導電流は交流の磁場を打ち消す方向に磁場を発生させる。</li> <li>・健全部(貫通していない亀裂も含む)においては励磁コイルによって発生する交流の磁場と誘導電流によって発生する磁場が一定の割合で均衡を保つ。</li> <li>・デッキプレートに貫通亀裂が存在する場合には、誘導電流に乱れが生じ、交流の磁場を打ち消す磁場が弱まる。</li> <li>・この磁場の弱まり(健全部に対する磁束密度の差)をプローブ内の検出コイルで信号変化として検出する。</li> </ul>			
技術区分	橋種	鋼橋		
	対象部位	上部構造(床版)		
	損傷の種類	鋼	②亀裂	
		コンクリート		
		その他		
		共通		
検出原理	磁束密度			
検出項目	磁束密度の差			



## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>計測台車: 探傷用プローブを搭載。手押しにて、台車の車輪でアスファルト舗装上を移動する</li> <li>機器台車: 信号計測機器およびデータ保存用PCを搭載</li> <li>電源: 搭載のバッテリーで駆動</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	【人力型】 ・人が計測台車および機器台車を押し、移動しながらデータ採取する。	
	運動制御機構	通信	・有線
		測位	・タイヤ型エンコーダによる走査距離測定
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	・計測台車: (L935×W700×H800mm, 26kg) ・機器台車: (L1,000×W800×H900mm, 54kg)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	・人力	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	・移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	計測台車: (L935×W700×H800mm, 26kg)	
	センシングデバイス	・プローブ: 自社製造(IHI製: 210mm×270mm) ・ロータリーエンコーダ Autonics社製 ENC-1-1-T-S	
	計測原理	・プローブ内の励磁コイルに交流電流を印加し、電磁誘導の原理によりデッキプレートに誘導電流を発生させる。 ・車両走行による疲労から、貫通亀裂が発生しやすいリブ溶接部に計測台車を走査させ、データを取得する。 ・健全部(貫通していない亀裂も含む)では、ある一定の値が計測される。 ・貫通亀裂が存在する場合には、誘導電流が貫通亀裂を迂回する形で流れるため、乱れが生じる。 ・誘導電流の乱れによる磁場の変化をプローブ内の検出コイルで検出する。 ・計測開始前にキャリブレーション用の標準試験体を路面に設置・計測し、基準信号に問題がないことを確認する。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・雨天時使用不可。 ・SFRC施工された鋼床版では計測できない。	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・ハンドホールや添接板でも大きな信号を検出してしまうため、図面等と比較して貫通亀裂かそうでないかを判断する。	
	計測プロセス	①橋梁の図面および付帯設備等からUリブ溶接位置を確認する。または、計測台車を橋軸直交に走査し計測信号からUリブ溶接位置を特定する。 ②探傷範囲をアスファルト舗装上にチョーク等で罫書きする。または、ラインレーザマーカ等を設置する。 ③標準試験片(長さ1000mm×幅400mm×厚さ3mm)をアスファルト舗装上に置き、計測走査を実施し、標準試験片の模擬さずの検出信号強度に問題ないこと(S/N比≧30)を確認する。 ④ソフトウェアを立上げ、走査距離を入力する。 ⑤計測開始ボタンを押下した後、計測台車を手押し走査する。 ⑥設定した走査距離に到達すると計測データが自動でPC内に保存される。 ⑦計測台車を橋軸直交方向にUリブのピッチまたは予め設定した距離だけ移動させ、計測開始位置から計測を実施し、これを繰り返す。 ⑧探傷範囲の計測が終了した後、計測されたデータを集約し、カラーマップを描画する。 ⑨探傷技術者はカラーマップおよびその信号強度から貫通亀裂の有無、位置、長さを読み取り、報告書にまとめる。	
	計測プロセス		
	アウトプット	・検出信号強度が二次元カラーマップに描写される。 ・探傷技術者がカラーマップから貫通亀裂の有無を判定し、報告書に記載する。	

	耐久性	(雨天時および砂塵環境下での使用不可)
	動力	・電源:搭載のバッテリーで駆動
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-
データ収集・通信装置	設置方法	・移動装置と一体的な構造
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・機器台車(L1,000×W800×H900mm, 38kg)
	データ収集・記録機能	・計測プログラムを搭載したノートPCにデータ保存
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	・電源として機器台車に搭載のバッテリーにて駆動
	データ収集・通信可能時間(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・500mm/sec以下	・アスファルト表面に陥没等がないこと	
		標準試験値	未検証	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・検出率:100%	・厚さ12mmのSM490鋼板に貫通亀裂を模擬したスリット加工,厚さ80mmのアスファルト舗装を行い,試験体を製作した。 ・検出率:4体(スリット加工の長さは50mm 2体, 100mm 2体)の試験体を計測した結果のうち、信号検出した割合	
		標準試験値	未検証	-	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・位置精度:±20mm	・アスファルト舗装上に凹凸が少なく,タイヤエンコーダが空転等しない条件	
		標準試験値	未検証	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・アスファルト舗装厚さ:130mm以下 ・貫通亀裂長さ:50mm以上	・社内試験にて性能確認	
	校正方法	・標準試験片(長さ1000mm×幅400mm×厚さ3mm SM490YA)を用いた計測試験を行い、S/N比≥30であることを確認する。性能が満たない場合はプローブを交換または印加電流値を増加させる。			-
		性能確認シートの有無 ※	無		
	検出性能	性能値	・貫通亀裂長さ:50mmはS/N比4以上で検出可能	・長さ50mmのスリット加工を行った鋼板に80mmのアスファルト舗装を行い,アスファルト舗装からプローブを20mm浮かせた状態で計測。 社内試験値でS/N比=4.7	
		性能確認シートの有無 ※	無		
	検出感度	性能値	・貫通亀裂長さ:100mm アスファルト舗装厚さ:134mmの場合 S/N比:1.9 アスファルト舗装厚さ:124mmの場合 S/N比:2.4 アスファルト舗装厚さ:114mmの場合 S/N比:3.4 アスファルト舗装厚さ:104mmの場合 S/N比:4.7 アスファルト舗装厚さ: 94mmの場合 S/N比:6.8	・アスファルト舗装による検出感度への影響は無いものと見なせるため,長さ100mmのスリット加工を行った鋼板に80mmのアスファルト舗装を行い,アスファルト舗装からプローブを54mm浮かせた状態でアスファルト舗装厚さ134mmの条件を模擬して計測を実施。	
		性能確認シートの有無 ※	無		
S/N比	性能値	・S/N比=5.1 (S=2.6mV, N=0.5mV)	・健全試験体における信号変動の最大最小値の差をノイズ(N)値とし,貫通亀裂の信号強度をシグナル(S)値としたときのS/Nの値 ・アスファルト舗装厚さ80mm,アスファルト舗装からプローブまでの距離20mmにおける社内試験値。		
	性能確認シートの有無 ※	無			
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	・0.01mV	・探傷システムの信号取得系における最小信号分解能		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	・装置移動に際しては幅800mm以上が必要
	桁下条件	-	-
	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	-	-
	道路規制条件	・試験実施する車線のみ通行止めが必要	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	・SFRC補強された鋼床版では使用不可 ・アスファルト舗装厚さ130mm以上の条件では使用不可	-

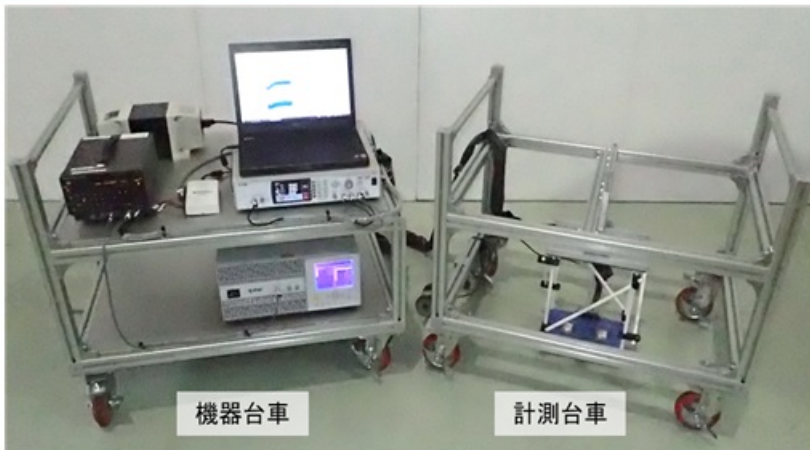
5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・探傷試験は特段の資格を必要とせず,装置の運用に習熟していること。 ・探傷データの分析作業は,当該技術に習熟した者が実施すること。	-
	必要構成人員数	・計測台車の操作1人,機器台車の操作1人 合計2名	・車線規制等に必要の人員を除く
	操作に必要な資格等の有無,フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	点検費用	橋種 [鋼橋] 橋長 30 m (3径間分) 全幅員 20 m 部位・部材 [ 鋼床版のみ ] 活用範囲 [ 81 ]㎡ (左側車線のみ実施) 検出項目 [ 亀裂 ] <費用> 合計 1,170,000円	1日での探傷作業を想定。 ・調査費用(内業):460,800円 ・調査費用(外業):371,200円 ・機械経費:319,200円 ・その他費用:18,800円
	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	・自動制御無し	-
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託のみ	・鋼床版デッキ貫通亀裂探傷システムを用いた探傷作業およびデータ分析作業を請負う。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	・請負業者が作業実施する
	センシングデバイスの点検	-	・社内校正を行い,請負業者が作業実施する
その他	・貫通していない亀裂は検出不可	-	



## 6. 図面

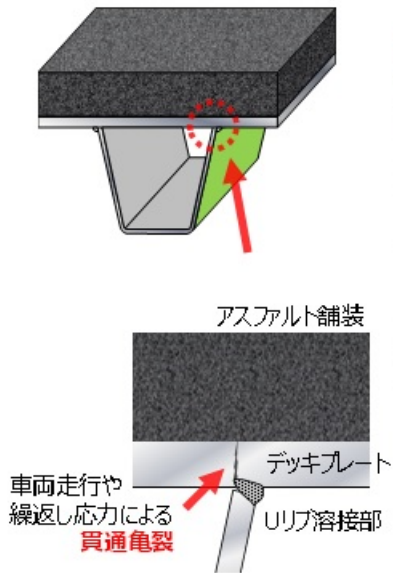
### 装置構成



機器台車

計測台車

### 計測概要



アスファルト舗装

デッキプレート

Uリブ溶接部

車両走行や  
繰返し応力による  
貫通亀裂



実橋梁での点検作業例

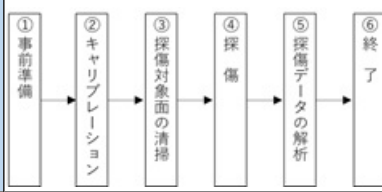
- ☆高所作業車などによる桁下へのアクセス不要！
- ☆アスファルト舗装を除去せず、走査するだけ！

## 1. 基本事項

技術番号	BR020027-V0225			
技術名	「鋼床版Matrixeye」亀裂検出装置			
技術バージョン	ver1.0	作成:	2025年3月	
開発者	(一財)首都高速道路技術センター/東京都市大学/東芝検査ソリューションズ(株)			
連絡先等	TEL: 03-3578-5772	E-mail: s.hirayama@tecmex.or.jp	構造技術研究所 平山	
現有台数・基地	2台	基地	東芝検査ソリューションズ内(神奈川県横浜市磯子区新杉田町)	
技術概要	<p>本装置は、鋼床版亀裂を検出するための超音波探傷技術である。鋼床版のデッキプレートとUリブの溶接部に発生するデッキ進展亀裂およびビード進展亀裂について、部材を貫通する前後で検出することを可能とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機器の構成は、超音波の制御、収集データの処理、保存等を行う探傷装置と超音波を送受信する探触子、探触子を装着し調査溶接線に沿って自走しながら移動するスキャナおよびスキャナ用コントローラの4点である。</li> <li>・超音波を調査対象部材内部に伝播し、亀裂からの反射エコーを捉えて画像化する技術であり、送信エコーをフェーズドアレイ技術でスキャニング操作し、受信エコーを全チャンネルデータによる開口合成処理することで、解像度一定で高いS/Nの画像化処理を可能としている。</li> <li>・本装置によってデッキプレート内や溶接ビード内に存在する深さ2ミリ以上の内在亀裂を検出できる。</li> </ul>			
技術区分	橋種	鋼橋		
	対象部位	上部構造(床版)		
	損傷の種類	鋼	②亀裂	
		コンクリート		
		その他		
		共通		
検出原理	超音波			
検出項目	画像(超音波の反射エコーによる断面画像)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>移動装置: 自走式スキャナ(磁石式タイヤにより調査面に吸着しながら走行)</li> <li>計測装置/データ収集・通信装置: 探傷装置(開口合成フェーズドアレイ超音波探傷器)</li> <li>センシングデバイス: 超音波探触子(10MHz, 32ch)</li> </ul>	
移動装置	機体名称	・自走式スキャナ	
	移動原理	<p>【接触式】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>磁石式タイヤをモーター駆動させて、調査面であるデッキプレートやUリブ面に磁力で吸着しながら調査溶接線に沿って移動する方式である。走行中は磁石式のガイドローラーによって溶接線との距離を保持しながら、移動の直進性を保持する機能を有している。なお、調査面への設置および撤去は調査技術者による人力作業となる。</li> </ul>	
	運動制御機構	通信	<p>【有線式】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>探傷装置: アレイセンサ通信線、測位エンコーダ通信線およびモーター電力線</li> <li>コントローラ: モーター制御線</li> </ul>
		測位	・測位専用のタイヤの駆動ベルトに接触したロータリー式エンコーダにより進行方向の移動距離を測位する。
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	・スキャナ本体: 182×163×95mm、重量2.5kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>動力源: 電気式(電動モーター駆動)</li> <li>電源供給方式: バッテリー式(探傷装置より有線で供給)</li> <li>定格容量: 10.8V、8.7Ah×2個</li> </ul>	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・約6時間(バッテリー2個使用時)	
設置方法	・探触子を専用のアタッチメントに装着し、アタッチメントと共に自走式スキャナに装着する。自走式スキャナの横リブへの接近限界による調査不能箇所を極力回避するため、探触子の装着位置は自走式スキャナの走行方向前後に付替え可能となっている。		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	・探傷装置: 305×210×130mm、重量5.5kg(バッテリー2個搭載時)		
センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>超音波探触子</li> <li>デッキ進展亀裂調査用: 周波数10MHz、素子幅10mm、素子ピッチ0.6mm×32チャンネル</li> <li>ビード進展亀裂調査用: 周波数10MHz、素子幅10mm、素子ピッチ0.4mm×32チャンネル</li> </ul>		
計測原理	<p>【基本原理】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>超音波探傷技術を基本原理としている。探触子から指向性のある音波(エコー)を発信し、調査部材内に入射する。送信エコーが直線的に伝播する途中に亀裂のような不連続面があると、不連続面でエコーが反射し、その反射エコーの強さ(エコー高さ)を探触子で受信する。</li> </ul> <p>【フェーズドアレイ技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>本装置は超音波の送信制御にフェーズドアレイ技術を利用している。一般的な探触子は単素子の固定配置のため、発生する超音波の入射角度は予め固定されたものであるが、本装置の探触子は複数素子(本装置の場合は32素子)を直線状に配列(リニア配列)し、音波の発信タイミングをずらす(ディレイ制御)ことで任意の入射角の合成音波を送信できる技術である。入射角度の可変操作(スキャニング操作)で調査部材の全域を探傷可能なため、探触子を前後に手動操作することなく亀裂の深さ測定が可能となる。</li> </ul> <p>【開口合成処理】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>本装置は、超音波の受信・画像化手法に開口合成処理を利用している。開口合成処理は、衛星レーダーなどで利用されている画像化技術であり、複数配置された各素子により多数の経路の超音波を受信し、欠陥信号のある各素子からの距離で画像化する領域に信号強さを積算処理していくものである。これによって全領域で解像度が均一で、高S/N比の探傷画像を得ることが可能になる(図-4)。</li> </ul>		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>塗装の上から調査可能な技術であるが、超音波を調査部材内に入射する探触子の設置面(調査面)に塗膜の浮きや腐食があると、超音波の伝播が阻害され、調査が困難となる。この場合、計測前にディスクグラインダ等で設置面の平滑処理が必要となる。</li> <li>入射点(溶接線からの距離)は、移動装置の機構で固定されているが、ガイドとなるデッキ面やUリブ面に不陸があると、入射点の位置精度に誤差が生じる。移動装置が走行できないような凹凸がある場合は調査不能とするか、凹凸の平滑処理が必要となる。</li> <li>移動装置の設置、撤去のため、調査溶接線への技術者のアクセスが必要である。調査面高さによっては、脚立の使用や足場等の設置が必要となる。また、箱桁外面では機械足場等の用意が必要である。</li> <li>移動装置の走行空間に支障物(接合ボルト、ハンドホール、その他添架物)があると走行不能となり、調査不能範囲(進入不可箇所)が生じる。</li> <li>調査範囲の開始、終了位置では横リブへの探触子の接近限界が生じるため、Uリブ-横リブ交差部の直近20mm程度(探触子中心14mm+横リブ溶接脚長)が調査不能範囲となる。</li> <li>超音波探傷試験に関する一定水準の知識と技能を有し、現場で単独で調査を実施できる技術者レベルとして、JIS Z 2305により認証された超音波探傷試験のレベル2以上の者を調査技術者に充てる必要がある。</li> </ul>		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼材中の音速は温度に依存するため、JIS規定に従い4時間毎に調整を行い精度への影響を極力回避している。ただし、夏場等で温度変化が+10℃あったとしても、入射角度で-0.1度程度、探傷距離で+0.05mm程度の誤差である。</li> <li>亀裂の進展角度、進展深さが特殊な場合、検出困難となる音波伝達経路がある。デッキ進展亀裂、ビード進展亀裂共に浅い亀裂の検出が難しいため、実験検証より亀裂検出の限界深さをデッキ進展亀裂で1.3mm、ビード進展亀裂で1.9mmとしている。</li> <li>亀裂判定には亀裂深さの検出限界がある。よって、亀裂先端の検出限界以下の部分を捕らえていないため、実亀裂長さは推定亀裂長さより両先端で数mm程度短くなる。</li> <li>超音波の送受信経路は同経路を伝播していることを前提にきず位置を算出しているが、きずの形状や入射角度などの条件によっては別経路を伝播したエコーを受信し本来何もない位置に疑似画像が表示されることがある。この疑似エコーを除</li> </ul>		
計測装置			

	計測プロセス	<p>外するため、調査技術者には知識と技能が求められる。</p> <p>①事前準備                  ・現地踏査結果、過去の定期点検調書および図面等を元に、探傷する範囲や必要な仮設備等の検討を行う。                  ・点検調書、図面等から、デッキプレート厚さ、Uリブ厚さ、横リブ間隔等調査に必要な情報を収集する。                  ・発注者協議により、実施計画、実施工程を調整する。</p> <p>②キャリブレーション                  ・専用の感度調整試験片を用いて、探傷感度および距離の調整を行う。(調査開始時、調査4時間毎)                  ・調査対象部材(デッキプレート、Uリブ)の板厚を板厚計等で確認する。</p> <p>③探傷対象面の清掃                  ・スキャナの走行経路、プローブの設置面を清掃し、適用に支障となる凹凸や塗装の浮き等がないことを確認する。                  ・塗装の浮きやスバツタ等の付着は前処理として除去する。</p> <p>④探傷                  ・探触子を装着した移動式スキャナを探傷対象面(デッキ面またはUリブ面)に設置する。                  ・探傷開始位置(通常、開始側横リブ接近限界)をスケールで測定し装置に入力する。                  ・接触媒質(水)の供給を開始し、探傷画像を確認したらスキャナの移動により測定を開始する。                  ・亀裂反応の箇所には、対象物にチョーク等でマーキングする。                  ・終点側横リブ近傍で探触子の付替えを行い、探傷終了位置(通常、終了側横リブ接近限界)で測定終了する。                  ・計測データより画像を確認し、計測データの抜け等がないことを確認する。                  ・探傷箇所を清掃し、次の測定箇所に移動する。</p> <p>⑤探傷データの解析                  ・保存した探傷データを用い、専用解析ソフトによるデータ解析を行う。                  ・探傷画像の平面画像(Cスキャン)および断面画像(Bスキャン)をモニタ確認しながら、技術者が亀裂反応を確認する。                  ・亀裂反応箇所について、詳細解析により発生位置、亀裂深さを測定する。                  ・解析結果を亀裂情報のリストとして保存する。</p> <p>⑥終了</p> 
	アウトプット	・検出亀裂の断面方向画像(Sスコープ)、および進行方向画像(B、Cスコープ)【JPEGデータ】 ・調査結果一覧(調査Uリブの横リブ間を1単位とした亀裂情報(検出有無、位置、長さ、深さ)【Excelデータ】
	耐久性	・防塵・防水構造(IP未取得)
	動力	・動力源:電気式 ・電源供給方式:バッテリー式(計測装置本体に搭載) ・定格容量:10.8V、8.7Ah×2個
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・約6時間(バッテリー2個使用時)
データ収集・通信装置	設置方法	・計測装置と一体の構造
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	・装置に内蔵の半導体記憶装置(SSD500GB)に保存 ・USB経由で外部メディアに取り出し保存可能
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	・通信方法:有線 ・通信規格:イーサネット(1000BASE-T) ・通信速度:1Gbps ・伝送距離:100m(CAT5)
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	・計測装置と一体構造
	データ収集・通信可能時間(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【接触型】 ・空間:182×163×95mm	・移動装置の大きさ(182×163×95mm)が進入できる空間 ・標準的なUリブ間隔(320mm)、Uリブ高さ(240mm)であれば進入可能
	標準試験値	標準試験方法 鋼床版(2023) 実施年 2023年 ・最小進入幅:14cm	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【接触型】 ・可動範囲:半径3m以内	・移動装置と計測装置を接続するケーブル長による
	標準試験値	標準試験方法 鋼床版(2023) 実施年 2023年 ・可動範囲:5.4m	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	・0.2%	・真値:2000mm、測定誤差:3mm ・搭載するロータリーエンコーダの精度に準ずる。 ・移動装置のタイヤ滑りが発生していないこと。
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・50mm/s	・リアルタイム処理において収集データの取りこぼしがないこと	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・デッキ進展亀裂:計測精度±0.8mm ・ビード進展亀裂:計測精度±1.0mm	・実際に疲労亀裂を導入した試験体による検証結果	
		標準試験値	標準試験方法 デッキプレートの亀裂(2023)実施年 2023年 ・相対差:1.39mm(34.22%)	・検証試験体:8体	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・0.2%	・真値:2000mm、測定誤差:3mm ・搭載するロータリーエンコーダの精度に準ずる。 ・移動装置のタイヤ滑りが発生していないこと。	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・100mm	・亀裂までの探傷距離50mm程度が計測範囲の中心となるように設定 ・亀裂深さ25mm(板厚12mmの1回反射)程度までを想定	
	感度	校正方法	・感度調整用試験片の基準欠陥に対して、反射エコー高さ80%程度に感度調整する。		・感度調整用試験片 デッキ用(t=12mm) リブ用(t=6mm)
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・デッキ進展亀裂:深さ1.3mm以上を検出 ・ビード進展亀裂:深さ1.9mm以上を検出	・疲労亀裂を導入した試験体による検証結果
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・キャリブレーションによる調整感度に塗膜等に対する感度補正量(+6~+12dB)を付加する。	・感度補正量は調査現場の代表箇所にて探傷画像を確認しながらノイズが目立たない範囲で設定する。
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	
性能値	S/N比=10以上		・JIS Z 2350に準ずる。		
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	・進行方向:0.4mm程度(距離分解能) ・方位方向:0.4mm程度(方位分解能)	・使用する探触子の周波数を10MHzとした場合		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	・特になし	-
	桁下条件	・特になし	-
	周辺条件	・高所作業車使用の場合は設置可能なこと。	--
	安全面への配慮	・移動装置のフェールセーフ対策として、横リブ間に落下防止ワイヤを設置	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	・橋梁点検車を使用する場合は規制が必要	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	・桁下作業のため、荒天でなければ調査可能 ・探傷装置の環境温度:5~35℃	-

## 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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・JIS Z 2305により認証された超音波探傷試験のレベル2以上の資格を有する者	・鋼床版亀裂の進展形状について知識があることが望ましい。
	必要構成人員数	・調査技術者:1名、調査補助員:2名 計3名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・特になし	-
	作業ヤード・操作場所	・操作場所(計測装置)から半径3m以内	-
	点検費用	橋種 [鋼橋] 橋長 50m 全幅員 13 mのうち、1車線3.5m 部位・部材 [ 鋼床版 ] 活用範囲 [ 175 ]m <sup>2</sup> 検出項目 [ 亀裂 ] <費用> 合計 394,680円(税抜き、一般管理費含まない)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	・なし	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
	センシングデバイスの点検	・1回/年	・JIS Z 3060に準ずる。
その他	-	-	

6. 図面

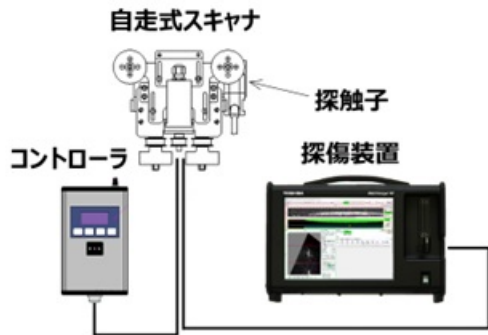
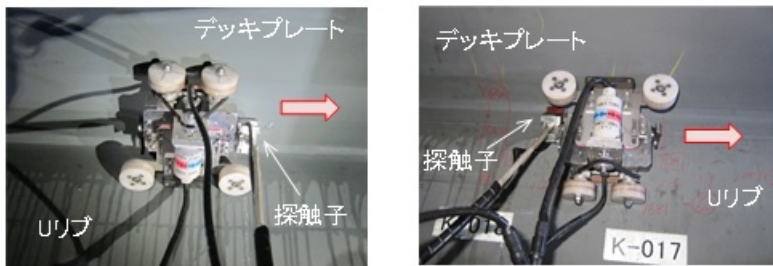


図-1 機器の構成



(a)デッキ進展亀裂探傷

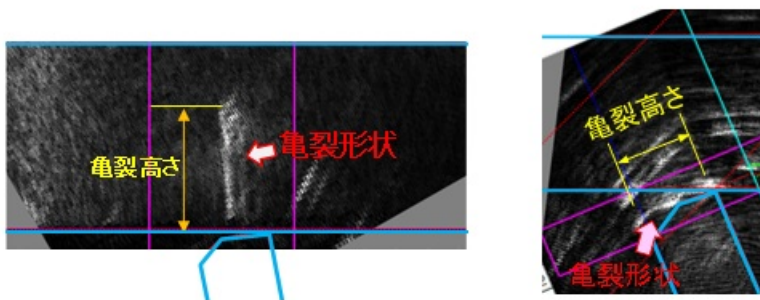
(b)ビード進展亀裂探傷

図-2 自走式スキャナの設置方法



	デッキ進展亀裂用	ビード進展亀裂用
探触子サイズ	長さ28mm×幅14mm	長さ20mm×幅14mm
探傷周波数	10MHz	10MHz
振動子数 $n$	32個	32個
振動子幅 $p$	0.5mm	0.3mm
振動子間隔 $g$	0.6mm	0.4mm
入射角 $\theta$	$60^{\circ} \pm 27^{\circ}$	$60^{\circ} \pm 27^{\circ}$

図-3 使用する超音波探触子



(a)デッキ進展亀裂

(b)ビード進展亀裂

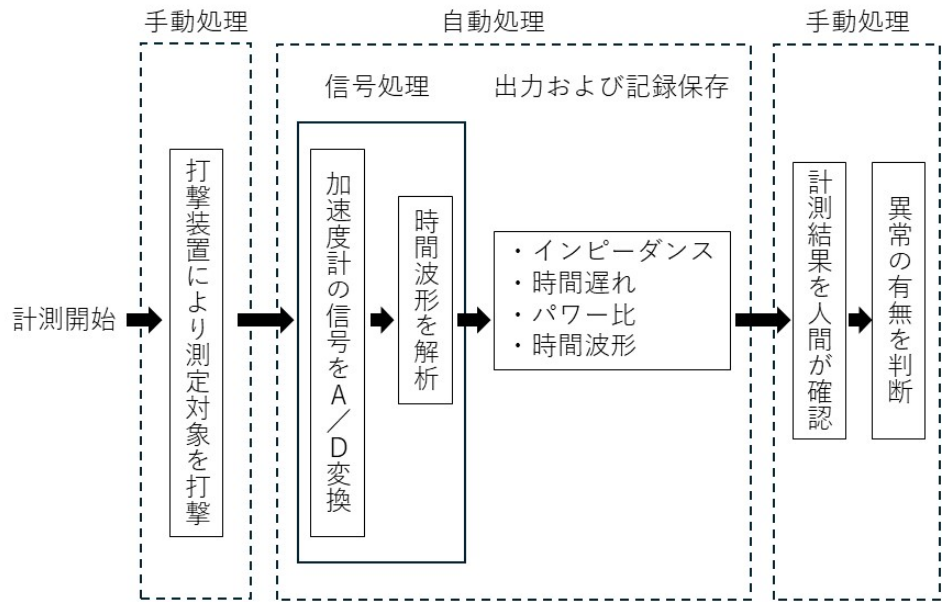
図-4 探傷画像の例

## 1. 基本事項

技術番号	BR020028-V0225			
技術名	ボルト・ナットの健全性検査装置BOLT-Tester			
技術バージョン	ver.1	作成:	2025年3月	
開発者	日東建設株式会社			
連絡先等	TEL: 0158-84-2715(本社) 011-874-6200(札幌支店)	E-mail: konnou@nittokensetsu.co.jp okamoto@nittokensetsu.co.jp	技術開発部 金王 雄亮 技術開発部 岡本 真	
現有台数・基地	3台	基地	北海道紋別郡雄武町	
技術概要	BOLT-Testerは、ボルトやナットの健全性をハンマ打撃によって検査する装置である。衝撃加速度計を内蔵したハンマでボルトやナットを打撃し、その時に得られる反力の時間波形によって健全性の評価を行う。ボルトの亀裂や破断、ナットのゆるみなどがある場合、打撃に対する反力の生成に遅れが生じ、測定波形からこの挙動を読み取り検査を行う技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁) 支承部(アンカーボルト) 路上(遮音施設,照明施設,標識施設)		
	損傷の種類	鋼	③ゆるみ・脱落	
		コンクリート		
		その他		
		共通		
検出原理	機械インピーダンス			
検出項目	反力			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>計測装置: センサー内蔵ハンマおよびAD変換機</li> <li>データ収集・通信: PC(有線接続)</li> </ul>	
移動装置	機体名称	・BOLT-Tester	
	移動原理	【人力】 ・打音検査と同様、測定対象に近接しハンマによる打撃を行う。	
	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	・一体構造(計測装置) 打撃装置※(大ハンマ:1400g、中ハンマ:420g、小ハンマ:190g) ※打撃対象物によってハンマ質量を変える。 AD変換機(106 x 40 x 11mm) PC(メーカー、型式による)	
	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	・移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	・打撃装置 自社開発 【接触タイプ】	
	計測原理	・打撃は、作用と反作用によって成立する。反作用は打撃対象物の状態によってその大小や反力が生成されるまでの時間などが変化する。本技術は、打撃装置(ハンマ)で、対象物を打撃し、打撃応答波形(ハンマに作用する加速度)を測定することで反力の発生状況を確認する。 ・本技術は、「JIS Z 2339 非破壊試験—ボルト接合部の機械インピーダンスの測定方法」に準ずる。 ・キャリブレーションとして、健全な状態の対象物をあらかじめ測定することにより、検出精度の向上が期待できる。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・測定対象をハンマで直接打撃する必要があるため、計測部位に近接できる必要がある。 ・打撃装置が測定対象に対して垂直になるよう注意しながら打撃を行う。 ・極端な低温環境下(-5℃以下)では、電子機器の保護が必要な場合がある。 ・接着系アンカーのボルトと母材の固着具合を調べる際は、軸力を開放する必要がある。 ・保護材などにより対象を直接打撃できない場合はこれを除去する必要がある。	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・測定対象に対して打撃装置が垂直かつ測定対象の中央を打撃するよう注意しながら打撃を行う。 ・一つの測定対象に対して、計測結果の再現性を確認するため複数回打撃を行う。	
	計測プロセス	① 測定対象に対して打撃装置が垂直かつ測定対象の中央を打撃するよう注意しながら打撃を行う。 (明らかな打撃ミスや異常な波形が測定された場合は再度測定を行う。) ② ハンマに内蔵された加速度計の信号をA/D変換。 ③ 信号を解析し、各種指標値の算出。 ④ 制御用PCに計測結果を出力 ⑤ 計測結果を人間が確認、異常の有無を判断  【処理フロー】	



<p><b>アウトプット</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・打撃応答波形を時系列データとして出力。</li> <li>・各種指標値はテキストデータで出力。</li> <li>・データ出力形式はCSV。</li> <li>・モニタに表示された計測結果画面をキャプチャし、JPG形式で保存する事も可能。</li> </ul>
<p><b>耐久性</b></p>	<p>-</p>
<p><b>動力</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電源供給方法:USBバスパワー(PCの内蔵バッテリーに依存)</li> </ul>
<p><b>連続稼働時間(バッテリー給電の場合)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PCの内蔵バッテリーに依存。</li> <li>・概ね6時間(外気温20℃)</li> </ul>
<p><b>データ収集・通信装置</b></p>	<p><b>設置方法</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置と一体的な構造</li> </ul>
<p><b>外形寸法・重量(分離構造の場合)</b></p>	<p>-</p>
<p><b>データ収集・記録機能</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PCのハードディスクに保存。</li> </ul>
<p><b>通信規格(データを伝送し保存する場合)</b></p>	<p>-</p>
<p><b>セキュリティ(データを伝送し保存する場合)</b></p>	<p>-</p>
<p><b>動力</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電源供給方法:PCの内蔵バッテリーに依存</li> </ul>
<p><b>データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)</b></p>	<p>-</p>



## 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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	・人が点検可能な空間が必要
	標準試験値	未検証	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	・打音検査が行える程度の距離
	標準試験値	未検証	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	ナットのゆるみ ・規定トルク値に対して50%以下のトルク値は検出可能 ・規定トルク値に対して60%以上のトルク値は検出不可	・規定トルク値320N・mのナットに対して、トルク値を10~100%まで10%間隔で変化させながら測定。 ・使用する打撃装置の重さが420gの場合。 ・検出の可、不可については測定波形の形状による判定の可否を示す。 ・ボルトやナットが極端に腐食しているような場合は正しい測定が難しいため、事前に処理を行う必要がある。 ・保護キャップなどの保護材によりボルトやナットが覆われていないこと。 ・測定面とハンマの衝突時の打撃角度が±10度程度に収まるよう注意しながら打撃を行う。	
		標準試験値	標準試験方法 支承部の機能障害 アンカーボルト(2021) 実施年 2023年 ・検出率:0.52 ・的中率:0.95	-	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)		性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	校正方法	・テストアンビルを一定の速度で打撃し、所定の数値が得られることを確認する。			・テストアンビル:HRC 52以上 ・試験時の気温:20℃(±5℃) ・校正試験は弊社で実施
		感度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値		ナットのゆるみ ・トルク値:150Nm程度以下(M22の場合)  ボルト(あと施工アンカー) ・充填率:75%程度以下	-	
	検出感度		性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	・0.98mV/G	-	
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・周波数:2MHz	・測定データ数:4000個	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・桁下は人が進入できる箇所	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	・ヘルメット、安全帯の着用	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	・橋梁点検車や高所作業車等を使用する場合は片側交互通行等の規制を行う	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	・保護キャップ等により測定対象を直接打撃できない場合はこれを除去する。 ・打撃面に著しい膨張錆が見られる場合はこれを除去する。	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	・雨天作業時は装置が濡れないよう注意する。 ・極端な低温環境下(-5℃以下)では、電子機器の保護が必要な場合がある。 ・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)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	・操作1人、補助員1人 合計2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	点検費用	施工条件:鋼橋添接部F11T遅れ破壊調査 測定数量:F11Tボルト260本 3回打撃/本 ※測定用足場、高所作業車、交通規制の費用は別途 外業:109,800円 内業:89,925円	-
	保険の有無、保障範囲、費用	・加入済み、保証範囲:対人・対物 保証金額:1億円	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	・購入、レンタル	・当社から購入やレンタル会社からレンタルが可能 ・問い合わせ先:当社Webサイトまたは0158-84-2715(担当:金王、岡本) ・販売店リスト <a href="https://nittokensetsu.co.jp/distributor.html">https://nittokensetsu.co.jp/distributor.html</a>
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・有	・製造元あるいは販売店へ連絡
	センシングデバイスの点検	・1年に1回、製造メーカー(弊社)による定期点検	-
その他	・障害物などにより十分な打撃力でハンマ打撃を行えない場合は計測が困難。	-	

6. 図面

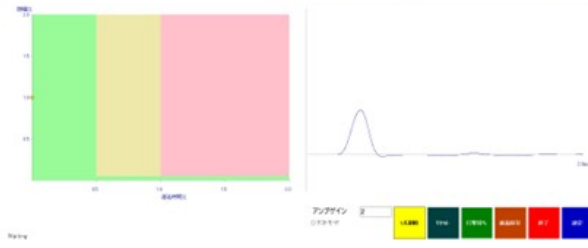
USBデバイス  
(106mm×40mm×11mm)

タブレットPC (Windows OS)

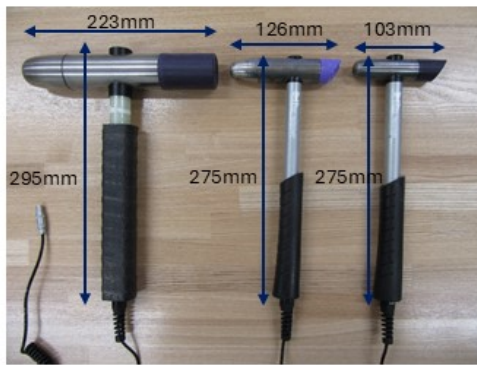


打撃装置

測定結果		打撃回数		測定値		平均値		標準偏差	
測定値	標準偏差	回数	測定値	標準偏差	平均値	標準偏差	標準偏差	標準偏差	標準偏差
0.1	0.05	1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
0.2	0.1	2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.3	0.15	3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15



計測画面表示



打撃装置 (左から1400g, 420g, 190g)



計測状況

## 1. 基本事項

技術番号	BR020029-V0225			
技術名	車載式レーダ探査車による床版劣化調査技術			
技術バージョン	Ver1.0	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社 土木管理総合試験所			
連絡先等	TEL: 03-5846-8387	E-mail: t-iguchi@dksiken.co.jp	DKCラボ 井口 達也	
現有台数・基地	3	基地	大阪府堺市 群馬県館林市 北海道苫小牧市	
技術概要	本技術は交通規制を行うことなく、走行しながら橋梁床版を調査することのできる技術である。 車載式電磁波レーダにより舗装～橋梁床版のデータを取得し、技術者の判定ではなくコンピュータによる自動解析によって床版の異常箇所を抽出する。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版) H形鋼桁橋(床版)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	①床版ひびわれ	
		その他	その他(床版上面の土砂化, 床版上面の滞水, 舗装下面の剥離)	
		共通	②漏水・滞水	
	検出原理	電磁波		
検出項目	電磁波の反射強度			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置:車両</li> <li>・計測装置:電磁波レーダ(移動装置と一体構造)</li> <li>・データ収集:PC(外付けSSDに記録)</li> <li>・位置測位装置:RTK-GNSS</li> </ul>	
移動装置	機体名称	・ロード・スキャン・ピークル(略称:RSV)	
	移動原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>【車両型】</li> <li>・本計測機器は計測装置(マルチチャンネル電磁波レーダ)を車両に設置して、計測するものである</li> </ul>	
	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>①SUVタイプ <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大外形寸法(全長 6.04m×全幅 2.42m×全高 2.23m),最大重量(3.305t)</li> <li>・車両基地(大阪府堺市)</li> </ul> </li> <li>②路面性状測定車タイプ <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大外形寸法(全長 7.07m×全幅 2.50m×全高 2.91m),最大重量(4.805t)</li> <li>・車両基地(群馬県館林市)</li> </ul> </li> <li>③トラックタイプ <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大外形寸法(全長 7.65m×全幅 2.49m×全高 3.02m),最大重量(6.090t)</li> <li>・車両基地(北海道苫小牧市)</li> </ul> </li> </ul>	
搭載可能容量(分離構造の場合)	-		
動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>①SUVタイプ <ul style="list-style-type: none"> <li>・内燃機関式(ガソリン)</li> <li>・総排気量:5.66L</li> </ul> </li> <li>②路面性状測定車タイプ <ul style="list-style-type: none"> <li>・内燃機関式(軽油)</li> <li>・総排気量:4.00L</li> </ul> </li> <li>③トラックタイプ <ul style="list-style-type: none"> <li>・内燃機関式(軽油)</li> <li>・総排気量:5.19L</li> </ul> </li> </ul>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置と一体的な構造。</li> <li>・ボルト・ナットによる取り外しが可能なため、移動時には計測装置を格納できる。</li> </ul>		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>①SUVタイプ <ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁波レーダ:Kontur社(旧3D-Radar社)製 エアカップル型DXアンテナ</li> <li>・周波数帯域:200MHz~3GHz,電磁波レーダ幅240cm,有効探査幅217.5cm</li> </ul> </li> <li>②路面性状測定車タイプ <ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁波レーダ:Kontur社(旧3D-Radar社)製 エアカップル型DXアンテナ</li> <li>・周波数帯域:200MHz~3GHz,電磁波レーダ幅210cm,有効探査幅187.5cm</li> </ul> </li> <li>③トラックタイプ <ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁波レーダ:Kontur社(旧3D-Radar社)製 エアカップル型DXアンテナ</li> <li>・周波数帯域:200MHz~3GHz,電磁波レーダ幅240cm,有効探査幅217.5cm</li> </ul> </li> </ul>		
計測原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>【原理】</li> <li>・電磁波レーダより路面に向かって電磁波を照射し、その反射信号を受信することにより非破壊で路面下の状態を把握する。</li> <li>健全部であれば一様な反射信号が得られ、損傷部では他とは異なる反射信号が得られる。このことに着目し、健全部波形との相互相関関数の最大値を求めることにより、定量的な損傷判定を行う。</li> <li>【計測方法】</li> <li>・マルチアンテナ型の電磁波レーダを搭載した車両で、一般交通の中で走行しながら計測を行う。</li> <li>計測時は運転手・ナビゲータ・計測者の3名編成を基本とする(条件によりナビゲータは計測者を兼任することがある)。</li> <li>【キャリブレーション方法】</li> <li>・電磁波レーダ:社有試験ヤードにて検出性能確認を行う。</li> <li>走行距離補正:年に1度、30mを実測しエンコーダの距離補正を行う。</li> </ul>		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄筋コンクリート床版であること</li> <li>・調査車両により走行可能な幅の橋梁であること(アクセス道路を含め幅3m以上)</li> <li>・降雨がないこと(測定機材の防水性が確保されていないため)</li> <li>・路面に滞水がないこと(水があると電磁波が減衰してしまい、路面下に透過しないため)</li> <li>・気温が0~50℃の範囲であること(計測器作動範囲のため)</li> </ul>		
計測装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両の振動によりアンテナが上下すると、電磁波レーダの入射/反射に影響する可能性がある。対策として、急加速/急減速のないよう、一定速度を保って計測する。</li> <li>・位置情報についてGNSSデータを取得しているものの、衛星電波の受信状況によっては適切に取得できない可能性がある。対策として、可能な限り白線に沿って直線的にデータを取得する。</li> <li>・レーダアンテナは精密機器であるため、直射日光等により高温となると作動不良を起こすことがある。対策として、日よけを設置するとともに、1時間に1回程度休憩をはさみ、機器のクールダウンを図る。これは運転者の精度確保の観点からも必</li> </ul>		



計測プロセス	<p>要な措置である。 ・調査対象橋梁において金属や炭素繊維を含む素材で補修が行われていた場合、電磁波レーダが透過しないため調査が困難となる。対策として、事前の書類調査により適用の可否を検討したうえで作業を行う。</p>	
	<p>①RSVにより交通の流れに乗って調査対象橋梁を走行し、電磁波レーダ計測を行う。 ②専用ソフトにより、取得した周波数領域データを抽出する。 ③FFTにより時間領域データに変換する。これにより一般的な電磁波レーダ画像が得られる。 ④地点毎の電磁波レーダのAモード波形の走行方向移動分散を計算する。健全箇所はほぼ均一であるのに対して損傷箇所にはランダム性があると想定されるため、移動分散の小さい箇所を選定することで大まかな健全箇所の推定が可能となる。ここを波形のリファレンス(参照)位置とする。 ⑤大まかな健全箇所の波形と他の地点の波形の相互相関関数を計算する。 ⑥相互相関関数の最大値はリファレンス位置との波形の相似性の指標である。これが低い場合には健全部と異なる波形が得られているということであり、損傷の生じている可能性が高い。相互相関関数の最大値が一定以上であった箇所を健全とフィルタリングすることにより、損傷の可能性のある箇所を抽出する。 ⑦損傷の可能性のある箇所を画像データとして出力する。 ⑧画像データをCAD等にまとめ、橋梁の維持管理の基礎情報とする。</p> <div style="text-align: center;"> <p>手動処理                          自動処理                          手動処理</p> <pre> graph LR     A[①RSVによる計測] --&gt; B[②周波数データ取得]     B --&gt; C[③FFTにより時間領域データに変換]     C --&gt; D[④ほぼ確実に健全と思われるリファレンス位置の設定]     D --&gt; E[⑤相互相関関数の計算]     E --&gt; F[⑥閾値処理]     F --&gt; G[⑦損傷範囲の描画]     G --&gt; H[⑧結果とりまとめ]         </pre> </div>	
	<p><b>アウトプット</b> ・損傷の可能性のある箇所を画像データ(BMPまたはJPG)により示す。 ・手動処理で貼り付けることにより、dwgファイルやxlsxファイルとして報告することも可能である。</p>	
	<p><b>耐久性</b> ・車両外部に装備する電磁波レーダは防塵加工されている。</p>	
<p><b>動力</b></p>	<p>・移動装置のバッテリーより供給(バッテリーはエンジン始動の間は常に充電される)</p>	
<p><b>連続稼働時間(バッテリー給電の場合)</b></p>	<p>-</p>	
データ収集・通信装置	<p><b>設置方法</b> ・移動装置と一体的な構造。 ・ボルト・ナットによる取り外しが可能なため、移動時には計測装置を格納できる。</p>	
	<p><b>外形寸法・重量(分離構造の場合)</b></p>	<p>-</p>
	<p><b>データ収集・記録機能</b> ・測定データは車両のPCに保存される。 ・解析用PCへのデータを移動はSSD等により行う。 ・アウトプットデータは一般的なファイルと同じく、インターネット接続により送受信できる。</p>	
	<p><b>通信規格(データを伝送し保存する場合)</b></p>	<p>-</p>
	<p><b>セキュリティ(データを伝送し保存する場合)</b></p>	<p>-</p>
	<p><b>動力</b></p>	<p>・移動装置のバッテリーより供給(バッテリーはエンジン始動の間は常に充電される)</p>
	<p><b>データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)</b></p>	<p>-</p>

## 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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	・80km/h以内	・データ取得間隔7cmの場合 ・勾配変化4度(7.5%)以内
		標準試験値	・未検証	-
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	・検出率 56.6% ・的中率 22.6% (画像は試験ヤードにおける模擬損傷との比較結果) 	・2021年当社試験ヤードでの試験結果 ・出力画像と試験ヤード中の損傷範囲画像をピクセル単位で比較したもの ・不連続な端部付近の誤検知含む
		標準試験値	標準試験方法 床版劣化(2025年)  検出率=当該技術で検出した正解損傷面積 / 正解損傷面積 的中率=当該技術で検出した正解損傷面積 / 当該技術で検出した損傷面積(誤検出含む) ・検出率:73% ・的中率:25% 損傷区分別 ・土砂化(深) 検出率=79% 的中率=52% ・土砂化(浅) 検出率=98% 的中率=27% ※本技術での土砂化の深浅程度判定は不可 ・滞水 検出率=99% 的中率=16% ・水平ひびわれ 検出率=0% 的中率=0%	・データ取得手段(移動手段):台車、徒歩 ・移動距離:台車5m、徒歩5m(4分割で計測)
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	・±0.5m	・RTK測量機の性能に準拠
		標準試験値	・未検証	-
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	・最大深度1.5m	・アンテナ性能に準拠 ・床版への適用時は鉄筋深度に当たる20cm程度
	感度	校正方法	・日常点検及び定期点検による	・日常点検により異常の有無を確認するとともに、定期点検で社内試験ヤードで性能確認を行う。 ・異常時にはメーカーに修理・校正を依頼する
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無
			性能値	・コンター画像として検出
	検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	
性能値		・諸元なし	・明確な基準はなく、相対的な反射の強弱により目視確認を行う。 ・ゲイン調整やノイズ除去により改善されることがある。	
	性能確認シートの有無 ※	無	2-3-214	
			・3D-RADAR社ではSN比(信号とノイズの比)を諸元としていない。ただし、ノイズについてはスカイ	

S/N比	性能値	・諸元なし		ショットによるシステムノイズ点検をユーザーにて実施している。 【スカイショットによるシステムノイズ検査】アンテナを上空に向けた状態(周囲に障害物や妨害電波の存在しない)で10秒程度照射し、システムノイズの発生を確認する。システムノイズの発生がないこと(正常な振幅波形となっていること)により合格とする。
	性能確認シートの有無	※	無	
分解能	性能値	・時間分解能:0.34ns 反射強度取得間隔:橋軸方向7cm, 橋軸直角方向7.5cm		・橋軸方向データ取得間隔は任意に変更可能だが, 最高80km/hで計測するためには7cmとする必要がある。 ・橋軸直角方向データ取得間隔は送受信アンテナ間隔に依存するため固定。

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	・幅員3m以上の車道	・中型トラック程度が走行可能な事
	桁下条件	-	-
	周辺条件	・GNSS電波の受信に影響する障害物がないこと	・電磁波レーダデータ自体はGNSSとは無関係に取得可能
	安全面への配慮	・LED表示板による後続車両への注意喚起	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	・基本的に道路交通規制は不要 必要に応じて後尾警戒車両を設置する	・高速道路追越車線の計測等では、他車と比べて低速のため警戒車両が必要となる可能性がある。
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	・鋼繊維補強コンクリート等、金属や炭素繊維の含まれる材料でないこと ・3cm以上の凹凸のある構造物でないこと	・金属や炭素繊維では電磁波が透過しないため、調査が不可能である。 ・顕著な凹凸があると電磁波の送受信に影響するほか、計測車両が故障する可能性がある。
	躯体温度条件	・特になし	・計測器作動範囲のため、気温は0~50℃の範囲であること
	その他	・測定機材の防水性が確保されていないため、降雨がないこと水があると電磁波が減衰してしまい、路面下に透過しないため、路面に滞水がないこと	・電磁波レーダは比誘電率の大きく異なる物質間で反射するため、表面が乾燥し、損傷部に水の進入のある状態が最も検出しやすい。

## 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)
調査技術者の技量	・機器の操作に習熟したもの(資格等なし)	-
必要構成人員数	・計測時:ドライバー1名,ナビゲータ1名,オペレータ1名 ・解析時:解析担当者1名	・小規模調査の場合ナビゲータとオペレータは兼任可能 ・解析時は事務作業員が補助を行うことがある
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・自動車運転免許(路面性状測定車タイプ・トラックタイプの場合は準中型免許)	-
作業ヤード・操作場所	・車両内で操作する	-
点検費用	対象となる橋梁条件を設定し、その点検費用を記載する。 ただし、消費税、一般管理費、間接工事費、旅費交通費、諸経費は含まないものとする。  【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋/鋼橋] 橋長 500m 調査範囲 幅2.1m×延長500m×2車線 部位・部材 [ 床版 ] 活用範囲 [ 2100 ]㎡ 検出項目 [ 床版上面の土砂化, 床版の水平クラック, 床版上面の滞水, 舗装下面のはく離 ] ＜費用＞ 合計 668,079円	・労務単価は令和2年度設計業務委託等技術者単価による計画準備及び交通費は別途必要 ・参考価格のため、測定条件・報告様式等によっては変動の可能性あり
保険の有無、保障範囲、費用	・車両保険及びレーダアンテナに対する動産保険に加入	-
自動制御の有無	・自律制御なし	-
利用形態:リース等の入手性	・業務委託	・計測と解析
不具合時のサポート体制の有無及び条件	・有	・使用可能な車両は全3台(2023年2月現在)
センシングデバイスの点検	・日常点検:目視により顕著な損傷のないことを確認する ・定期点検:年1回,社内試験ヤードにて埋設物検出性能確認を行う。	-
その他	・凹凸や傾斜の大きい路線(勾配変化4度(7.5%)以上)では、社外に設置したアンテナが路面に接触してしまい、調査不可能。	-

## 6. 図面

## ①SUVタイプ

最大外形寸法(全長 6.04m×全幅 2.42m×全高 2.23m), 最大重量(3.905t)  
車両基地(大阪府堺市)



## ②路面性状測定車タイプ

最大外形寸法(全長 7.07m×全幅 2.50m×全高 2.91m), 最大重量(4.805t)  
車両基地(群馬県館林市)



## ③トラックタイプ

最大外形寸法(全長 7.65m×全幅 2.49m×全高 3.02m), 最大重量(6.090t)  
車両基地(北海道苫小牧市)



# 1. 基本事項

技術番号	BR020030-V0225			
技術名	赤外線・可視カメラ搭載ドローン(蒼天)による点検技術(うき)			
技術バージョン	-	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社ACSL			
連絡先等	TEL: 03-6661-3870	E-mail: sales@acsl.co.jp	カスタマーリレーション	
現有台数・基地	1000台	基地	東京都江戸川区臨海町3-6-4 ヒューリック葛西臨海ビル2階	
技術概要	本技術は、ドローンに搭載した赤外線カメラにより静止画又は動画を取得して、コンクリート表面の温度差確認し、うきの有無を確認する技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,床版,PC定着部) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(高欄,地覆)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑧漏水・遊離石灰 ⑫うき	
		その他	⑮舗装の異常	
		共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑬定着部の異常 ⑳漏水・滞水	
	検出原理	赤外線		
検出項目	熱画像			



## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>移動装置:ドローン</li> <li>計測装置:赤外線カメラ(CX-GB200)</li> <li>データ収集・通信:SDカード</li> </ul>	
移動装置	機体名称	・ACSL 蒼天	
	移動原理	<p>【飛行型】</p> <p>自重を揚力で支えることで、平面方向、鉛直方向いずれの移動にも物理的制約が存在しないもの。 機体は2枚羽のプロペラが4枚のドローンであり、基本的にGPS(GNSS)測位により自律飛行が可能である。 送信機2台による制御権の切り替え可である。</p>	
	運動制御機構	通信	・周波数:2.412~2.477 GHz, 出力:12W
		測位	・GPS+QZSS+SLAS/SBAS
		自律機能	・自律機能有、制御機構への入力GPS-GNSS
		衝突回避機能(飛行型のみ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>衝突回避機能</li> <li>-検知範囲(前方:10m / 上方:5m / 下方:5m)</li> <li>-検知確度(前方・上方・下方:水平70度, 垂直40度)</li> <li>-検知周波数(前方:10Hz / 上方:10Hz / 下方:10Hz)</li> <li>プロペラガード(水平)</li> </ul>
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大外形寸法:L560mm×W637mm×H144mm</li> <li>重量:1.7kg</li> </ul>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・2.0kg	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バッテリー充電用に設電源が必要</li> <li>・動力源:電動モーター式</li> <li>・電源供給容量:バッテリー</li> <li>・定格容量:12V</li> </ul>	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・25分(外気温:0~40℃)	
計測装置	設置方法	・移動装置の下部カメラをアタッチメントに取り付けを行う。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・赤外線カメラ(CX-GB200):L72mm×W78mm×H81mm</li> <li>・積載重量:200kg</li> </ul>	
	センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ACSL 蒼天 赤外線カメラ(CX-GB200)</li> <li>・ピクセル数:320×256</li> <li>・焦点距離:55mm(35mm換算)</li> <li>・検出波長帯:未公表</li> <li>・解像度:81,920画素</li> <li>・温度分解能:&lt;60mK</li> </ul>	
	計測原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・赤外線カメラで取得する熱画像の温度差(色味の違い)でうきの有無を確認する。</li> <li>・なお、コンクリート表面の色味(汚れ等)でも表面温度が異なるため、同時に取得する可視画像も観察して確認を行う。</li> </ul>	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・コンクリートの表面温度を可視化しているため、日射があり、温度勾配の大きい時間帯に撮影する必要がある。	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート表面の汚れ、コケ等による色味がある場合は、熱画像のみで判定できない。</li> <li>・撮影時間帯、時期でコンクリート内部まで温度が一定となっている場合は表面温度に差が現れない。</li> </ul>	
	計測プロセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>①ドローン搭載の可視カメラを赤外線カメラ(脱着式:可視カメラ及び赤外線カメラ装置)に切り替える。</li> <li>②コンクリート表面を撮影する。</li> <li>③取得した熱画像の温度差がある部分を確認する。</li> <li>⑤点検者が、温度変化がある部分の可視画像も確認しうきが疑わしい部分をハッチングし記録とする。</li> </ul>	
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・変状ありの箇所は画面上で色分けして表示され、これを人が確認し、スケッチして記録する。</li> <li>・データ出力はDXF形式等である。</li> </ul>	
	耐久性	・IPコード:JIS C 0920 IP4X	
	動力	・移動装置のバッテリーより供給	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・移動装置と連動:25分(外気温:0~40℃)		
データ収集・通信装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	・記録メディア(SDカード)に保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	・移動装置と連動	
	データ収集・通信可能時間(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・風速11m/s以下	雨天・降雪・強風時は撮影を中止する。
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2023年 ・変化量:0cm  標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2023年 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:104cm (70cm) 鉛直方向 最大移動量:41cm(51cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:105cm(3D測定 範囲外) 鉛直方向 最大移動量:71cm(3D測定 範囲外) ・風速:8.0m/s 対象外	・風速:2.5m/s(自然風)
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	最小所要空間寸法: ・縦、横、高さ(2000mm、 2000mm、2000mm)	・機体周辺に障害物がない事を、操作者が確認すること。
	標準試験値	標準試験方法 進入可能性能 桁間に進入する 場合(2022) 実施年2023年 ・空間:8.8m×2.8m×3.7m	風速:5.0m/s
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【飛行型】 ・最大距離:4,000m	・操作場所から機体まで電波を遮る遮断物なく、周囲に 電波干渉の要因となる物がないこと。
	標準試験値	標準試験方法 飛行体(ドローン)(2022) 実施年2023年 ・50m	・風速:5.0m/s
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	-	-	
		標準試験値	標準試験方法 地上(2019) 実施年 2023年 ・0.012㎡/sec		・風速:0.0~4.9m/s
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	-	-	
		標準試験値	標準試験方法 うき(2019) 実施年 2023年 ・検出率:0.94 ・的中率:0.81		風速12.2m/s ・検出率:0.94(17箇所/18箇所) ・的中率:0.81(17箇所/21箇所)
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	-5℃~140℃(ダイナミックレンジ)	・メーカー仕様による ・ただし、ドローンの動作環境0℃~40℃	
	感度	校正方法	・メーカーにて校正を行う		・メーカー仕様による
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	非公表	・赤外線カメラ画素数81,920画素
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	<60mK(0.06℃以下)	・メーカー仕様による		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・桁下高さ3m以上	・GPS受信環境を推奨
	周辺条件	・空撮対象物付近に生い茂る植物等がある場所は撤去が必要	-
	安全面への配慮	・飛行中は補助者を配置し、第三者への注意と構造物への接近を監視する	-
	無線等使用における混線等対策	飛行現場やその周辺の電波状態の確認と、飛行に影響があるのかを測定し、正常性を確認出来るまで飛行をしない	-
	道路規制条件	・管理者との協議による	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	・コンクリートの表面が湿潤状態でないこと	-
	躯体温度条件	・長時間の直射日光によって、温度差発生しにくいこと	・表面の汚れにより濃淡がある場合は、その部分は判定精度が落ちる場合がある
	その他	・動作温度:0~40℃ ・風速11m/s以下(運用上 5m/s以下) ・雨天、夜間計測不可	-

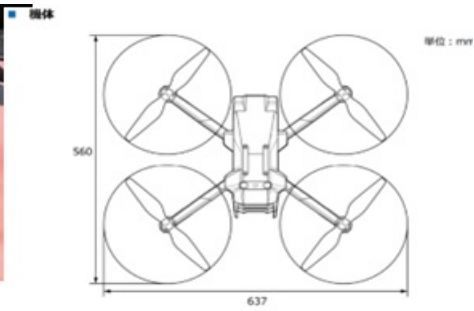
5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・ドローン飛行経験者、点検作業従事者	-
	必要構成人員数	・現場責任者1人、操縦者1人、補助員1人 合計3名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	・飛行中に機体の目視確認が可能な場所で、対象物の目視確認が出来る場所	-
	点検費用	・点検作業時に併せて実施することを想定しており、点検費用(見積対応)に 80,000円加算する	点検費用 橋種 [コンクリート橋・鋼橋] 橋長 35m 全幅員 10 m 部位・部材[主桁(外側面)/高欄/橋脚/橋台 ] 活用範囲 [ 350 ]㎡ 検出項目 [ひびわれ/腐食/漏水/剥離等 ] <費用> 合計 250,000円(経費・内業を含まない)
	保険の有無、保障範囲、費用	・賠償責任保険に加入し、対人/対物への賠償責任あり	-
	自動制御の有無	・自律制御有	-
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託 ・機体本体を販売の場合:150万円(付属品なし)	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-	

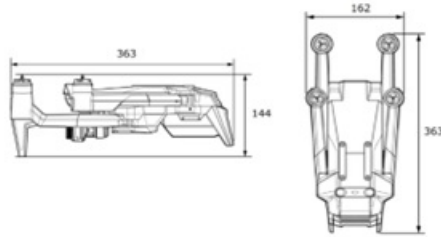
6. 図面



機体写真



赤外線カメラ



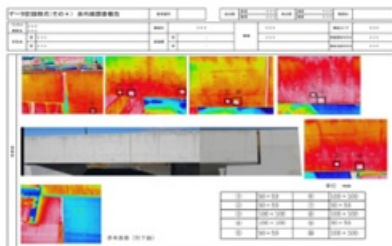
機体寸法図



装備品一覧



飛行中状況



記録例 壁高欄外面



表面保護工 (ふくれ検知)

## 1. 基本事項

技術番号	BR020031-V0225			
技術名	橋梁の3Dモデル構築と点群計測処理による変状寸法の算出技術			
技術バージョン	Ver.1.0	作成:	2025年3月	
開発者	有限会社吉川土木コンサルタント/福井コンピュータ株式会社/株式会社IML/東北大学インフラ・マネジメント研究センター			
連絡先等	TEL: 095-862-0101	E-mail: mori@yoshikawa-d.co.jp	営業部・森 達也	
現有台数・基地	1	基地	長崎県長崎市光町10番5号吉川ビル2階	
技術概要	<p>本技術は、橋梁の3次元点群データと表面写真のテクスチャマッピング画像とからなる3Dモデルを作成し、3Dモデルから3次元点群処理システムの表示ツール(移動、回転、拡大/縮小)を用いて変状の場所や種類を確認するとともに、同システムの計測ツールを用いて変状の寸法を算出することで、変状の状態や寸法を把握する技術である。</p> <p>この計測の原理とプロセスは、レーザー光の対象物からの反射到達時間の計測により、対象物の形状(3次元点群データ(点群各点の3次元座標値))を計測することで、この3次元点群データと同時に撮影する対象物の表面写真を3次元点群データの三角網上にテクスチャマッピングする。【変状とは:技術区分 損傷の種類参照】</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼	⑤防食機能の劣化	
		コンクリート	⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち	
		その他		
		共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑪変色・劣化 ⑫漏水・滞水 ⑬変形・欠損	
検出原理	レーザー			
検出項目	3次元座標			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>トータルステーションTrimble SX10((株)ニコン・トリンプル社製):3次元レーザースキャナー機能</li> <li>TREND-POINT(福井コンピュータ(株)社製):3次元点群処理システム</li> </ul>	
移動装置	機体名称	Trimble SX10	
	移動原理	人力による	
	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)	-	
計測装置	設置方法	・単体型で専用整準台と三脚に搭載して設置	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大外形寸法:幅285.6mm×高さ327.8mm×奥行き208.2mm</li> <li>最大重量:8.6kg(専用整準台とバッテリー1個を含む)</li> </ul>	
	センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元レーザースキャナー機能</li> <li>スキャン方式:望遠鏡内の回転プリズムを使ったバンドスキャン</li> <li>スキャンスピード:26,600点/秒</li> <li>解像度@50m:50mm(フルドームスキャンの場合)</li> <li>カメラ機能</li> <li>解像度:2,592×1,944ピクセル(0.88mm@50m)</li> <li>焦点距離(35mm判換算):36~3,000mm</li> <li>フォーカス距離:1.7m~無限</li> </ul>	
	計測原理	・レーザー光の対象物からの反射到達時間の計測により、対象物の形状(3次元点群データ(点群各点の3次元座標値))を計測	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・黒色、鏡面、透明な対象物は、レーザーが反射しにくい計測データが欠損する可能性がある。	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・橋梁の構造表面に多量の漏水や結露がある場合、また、計測サイトに多量の雨滴や霧、埃がある場合はレーザー光の乱反射によりデータが欠損する可能性がある。	
	計測プロセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>①3次元レーザースキャナーを用いて、橋梁の構造表面全体の3次元点群データを計測する。また、計測機器のカメラ機能を用いて表面画像を同時撮影する。</li> <li>②1回の計測で死角がある場合は、計測機器を人力で移動させながら、複数回に分けて①の計測を実施する。複数回に分割された計測データを一体化するため、各回の計測位置は予め測量して計測機器に設定しておく。</li> <li>③計測されたデータをUSBメモリを介してPC上で稼働する3次元点群処理システムに取り込む。</li> </ul>	
	アウトプット	・計測されたデータは、汎用の点群データフォーマット(3次元座標値+RGBデータ)や、OBJ形式(点群データ+画像テキストマッピング)等のファイルにより3次元点群処理システムへ受け渡す。	
	耐久性	・IP55	
	動力	内部バッテリー	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・2~3時間(バッテリー1個搭載時)		
データ収集・通信装置	設置方法	・計測機器本体に内蔵	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・計測機器本体と同じ	
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>記録メディア(USBメモリ)に保存</li> <li>3次元点群処理システムが稼働するPCのUSBポートを介して計測データを受け渡すとともに保存する。</li> </ul>	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(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(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・10.0%	・変状寸法の計測精度(長さ100mm相当): 点群解像度10mm/長さ 100mm×100=10.0% ・計測距離10m以下(点群解像度10mm以下) 【変状とは:技術区分 損傷の種類参照】	
		標準試験値	標準試験方法 剥離・変形(2021) 実施年 2023年 ・長さ誤差:5.4% ・幅誤差:8.5%	・サンプル数:4(1サンプル寸法 長さ×幅) ・長さ(平均154mm)の計測精度:8.3mm 誤差:5.4%(=8.3/154) ・幅(平均55mm)の計測精度:4.7mm 誤差:8.5%(=4.7/55)	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法:色識別性能(2019) 実施年 2023年 ・フルカラーチャート識別可能	・照度:2.09~10.9kLux	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・未検証	-	
	感度	校正方法	・JSIMA規格に基づく校正		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・未検証	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・未検証	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値		・未検証	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・未検証	-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・桁高3.0m以上~10m以下	・計測機器の設置スペース、作業スペースを確保するとともに、カメラ機能の最小フォーカス距離1.7m以上を確保する。
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	・注意喚起の看板の設置等	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	・道路上に機材を設置する場合は道路規制と交通誘導員の配置が必要	-
	塗装剤条件	・黒色の塗装面はレーザーが反射しにくいいため計測データが欠損する場合がある。	-
	躯体条件	・表面に多量の漏水や結露があるとレーザー光の乱反射によりデータが欠損する場合がある。	-
	躯体温度条件	-	-
その他	・雨天で桁下に多量の雨滴や霧がある場合はレーザー光の乱反射によりデータが欠損する場合がある。	-	

## 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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・橋梁点検技術者、測量技術者	-
	必要構成人員数	・現場責任者1人、点検員1人、点検補助員1人 合計3名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・社内講習5時間以上	-
	作業ヤード・操作場所	・不要	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 15m 全幅員 10 m 部位・部材[主桁、床版、橋脚、橋台] 活用範囲 [245]㎡ 検出項目 [剥離・鉄筋露出/変色・劣化/漏水・滞水] <費用> 合計 1,040,000円(以下の合計金額)※令和6年度技術者単価 橋梁の3次元計測業務:319,000円 データ処理・解析業務:721,000円 ただし、消費税、一般管理費、間接工事費、旅費交通費、諸経費は含まない。 【発注時の技術者単価、橋梁により変動】	-
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	・計測装置を設置して装置に計測範囲を設定した後は自動計測。	-
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・有	-
	センシングデバイスの点検	・計測装置の使用開始時に装置が自動的にセルフチェックを実施	-
その他	・汚れなどで表面が黒色に近い場合は適用不可。	-	

6. 図面



外観

設置状態

寸法

計測装置(3次元レーザー Scanner 機能を備えたトータルステーション Trimble SX10)



装置設置の位置決め(測量)



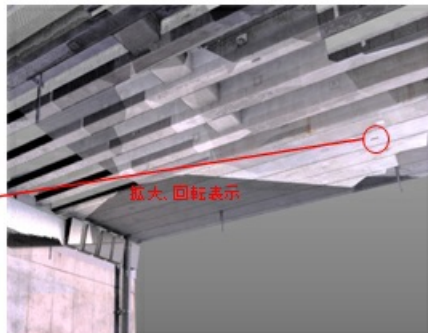
計測状況の監視

計測の状況



計測ツールによる変状寸法の算出

(長さの単位はmm)



表示ツール(拡大/縮小、回転)による変状の確認

3次元点群処理システム TREND-POINT を用いた変状の確認と寸法の算出

## 1. 基本事項

技術番号	BR020032-V0225			
技術名	非破壊塩分検査装置「RANS- $\mu$ 」			
技術バージョン	RANS- $\mu$ V2	作成:	2025年3月	
開発者	(株)ランズビュー、ニュートロン次世代システム技術研究組合T-RANS、理化学研究所、オリエンタル白石(株)			
連絡先等	TEL: 048-260-6250 (T-RANS)	E-mail: info@t-rans.or.jp (T-RANS)	担当者:高村 正人 (株)ランズビュー / T-RANS	
現有台数・基地	4台	基地	埼玉県和光市	
技術概要	中性子をコンクリート表面から照射し、即発 $\gamma$ (ガンマ)線のエネルギースペクトルを分析することで、橋梁などコンクリート構造物に内在する塩化物イオン濃度を非破壊(コア抜き等不要)で測定し、塩害に対する劣化診断に必要な情報を取得する装置である。この技術では、元素としての塩素の量、およびコンクリート表面からの深さ方向の分布が測定できる。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(高欄,地覆)		
	損傷の種類	鋼	-	
		コンクリート	-	
		その他	-	
		共通	-	
検出原理	Cf-252放射性同位元素中性子源(Cf線源)を用いた即発 $\gamma$ 線分析			
検出項目	塩化物イオン濃度			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>[モニターゲットステーション]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中性子線源: Cf線源</li> <li>・中性子遮蔽: ポリエチレン、ボロンゴム、LiFタイル</li> <li>・ガンマ線遮蔽: 鉛</li> </ul> <p>[ガンマ線検出]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中性子遮蔽: LiF</li> <li>・ガンマ線遮蔽: BGOシンチレーター</li> <li>・ガンマ線検出器: ゲルマニウム半導体検出器</li> </ul> <p>[検出器制御・データ収集系]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Ge検出器制御・データ収集: テクノAP社製MCA</li> <li>・MPPC制御・データ収集: テクノAP社製ヘッドアンプ</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	<p>【設置型】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測装置を橋梁点検車等に設置して計測する。</li> <li>・検査装置筐体は10kg前後の部品に分割可能であり、橋梁点検車に人力で搭載し、組み立てる(所要時間15分以内)</li> <li>・上下駆動装置による位置調整により、検出器有感部を点検部位に接近させることが可能。</li> <li>・測定環境に合わせて、地上(地面や足場上)に設置、台車等を用いた移動も可能。</li> </ul>	
	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	<p>「移動装置と一体的な構造」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・検査装置筐体は10kg前後の部品に分割可能であり、橋梁点検車に人力で搭載し、バケット、もしくは歩廊内で組み立てる(所要時間15分以内)。</li> <li>・橋梁点検車のバケット、もしくは、歩廊を、橋梁の点検部位に移動する。</li> <li>・上下駆動装置で計測部を上下移動し、点検部位に近づける。</li> <li>・測定環境に合わせて、地上(地面や足場上)で組立・設置も可能。</li> </ul>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>[装置本体+筐体]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・外形寸法: 27cm x 52cm x 82cm</li> <li>・重量: 約49kg</li> </ul> <p>以下、測定環境に合わせて組み込む</p> <p>[上下駆動装置]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・30cm x 30cm x 50~80cm</li> <li>・重量: 約14kg</li> </ul> <p>[固定用筐体]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・35cm x 45cm x 120cm など</li> <li>・重量: 約9kg など</li> </ul> <p>[ポータブル電源]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・8cm x 17cm x 2cm 約500g ※DCモバイルバッテリー。テクノAP社製MCA用</li> <li>・15cm x 20cm x 15cm 約4kg ※ACポータブル電源。ノートPC充電用</li> </ul>	
	センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Cf線源(3.75MBq以下) [アイソトープ協会]</li> <li>・ゲルマニウム半導体検出器 [ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ※](液体窒素で常時冷却)</li> <li>・MCA※ [テクノAP社製] (約10W)</li> <li>・ヘッドアンプ※ [テクノAP社製] (MCAより給電)</li> </ul>	
	計測原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Cf線源の中性子をコンクリート表面から照射し、モニターゲットステーション内の遮蔽体やコンクリート内で減速された中性子が、内在する塩素に捕獲されることにより生じたガンマ線をゲルマニウム検出器で測定する。MCAで得られたガンマ線エネルギースペクトル(図)のピーク面積を解析し、塩分濃度を導出する。</li> </ul> <p>※6. 図面「ガンマ線エネルギースペクトル」参照</p>	
	計測装置	<p>■コンクリート材料条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・塩化物イオン濃度1kg/m<sup>3</sup>以上。ただし、1kg/m<sup>3</sup>以上は最深領域(深さ6~9cm)での条件であり、最浅領域(深さ0~3cm)では0.6kg/m<sup>3</sup>以上。※今後、精度向上の可能性有り。</li> </ul> <p>■コンクリート表面条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・雨天後など、濡れていないことが望ましい。※濡れていても計測可能。</li> <li>・極度の凸凹がないこと。※凸凹があっても計測可能。</li> </ul>	

	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<p>■ 天候※1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 晴れ・曇りが望ましい。</li> <li>・ 外気温は、0℃～50℃。※ただし、湿度(装置類の結露)に注意すること。</li> <li>・ その他、点検車稼働条件に準ずる。</li> </ul> <p>■ 風速の条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 点検車を使用する場合は、点検車稼働条件に準ずる。</li> <li>・ 地上(地面や足場上)で行う場合は制約は無いが、装置や足場が倒れないことを担保すること。</li> </ul>
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 中性子は水分(水素)の影響を特に受けるので、降雨によるコンクリート表面およびコンクリート内の水分の増減により、中性子の散乱条件が変わり、即発ガンマ線の発生確率が変化する。</li> <li>・ ただし、当該装置を用いて取得したスペクトルには水素のピークが現れるため、検査日の前後に関わらず、乾燥時のデータを取得・比較することにより補正可能である。また、水セメント比の分かっている対象物であれば、検量データやシミュレーションにより補正可能である。</li> </ul>
	計測プロセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 点検箇所へ検査装置を設置</li> <li>・ 中性子照射を開始</li> <li>・ ガンマ線を検出</li> <li>・ ガンマ線スペクトルの解析</li> <li>・ 塩分濃度分布の表示</li> </ul>
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 塩分濃度がPC画面上に表示される</li> </ul>
	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計測機器(センシングデバイス)に特段の防水・防塵・衝撃対策なし。Cf線源の半減期は約2.6年で、使用寿命としては約2年程度。</li> </ul>
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バケット式点検車の場合、計測機器の電力はバケット部100Vコンセントより給電。</li> <li>・ 歩廊式点検車等、給電機能がない環境の場合は、ポータブルバッテリーを使用。</li> <li>・ 地上(地面や足場上)で計測を行う場合、給電環境が無い場合はポータブルバッテリーを使用。</li> </ul>
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 約4～5時間 ※MCAの稼働時間。ただし、バッテリーのホットスワップにより12時間程度可能。</li> </ul>
データ収集・通信装置	設置方法	<p>[データ収集系]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 検査装置筐体に取り付け一体型として設置</li> </ul> <p>[通信装置]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ノートPC+LANケーブル</li> </ul>
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計測データは、ノートPC内のハードディスク内に保存</li> </ul>
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ノートPCはバッテリー駆動(ポータブルバッテリー(AC)への接続も可能)</li> </ul>
	データ収集・通信可能時間(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	塩化物イオン濃度 3層(0~9 cm)平均の計測精度: ・±20%(2 kg/m <sup>3</sup> 以上の場合) ・±20~40%(1~2 kg/m <sup>3</sup> の場合)	・計測深さ(かぶり)9cm以内 ・塩化物イオン濃度1~20kg/m <sup>3</sup> 。ただし、下限値1 kg/m <sup>3</sup> は最深領域(深さ6~9cm)での条件であり、最浅領域(深さ0~3cm)では0.6kg/m <sup>3</sup> 。※今後、精度向上の可能性有り。 ・Cf線源強度が3.7MBqの場合。 ・測定面と装置が2mm以内で密着していること。 ・測定面が濡れていないこと。 ・計測時間1時間 ただし、上記条件を満たせない場合でも、計測時間を延ばす、補正などにより、対応は可能。	
	標準試験値	標準試験方法 塩化物イオン濃度(2025年) 測定精度(kg/m <sup>3</sup> ) ※カッコ内は塩化物イオン濃度のリファレンス値(kg/m <sup>3</sup> ) A-① 0.16 (0.14) A-② 0.40 (0.20) B-① 0.59 (1.29) B-② 0.18 (1.48) C-① 1.26 (3.06) C-② 1.43 (1.87) D-① 0.32 (4.22) D-② 1.27 (4.73) E-① 0.70 (8.20) E-② 3.52 (8.28) F-① 5.80 (16.6) F-② 4.09 (14.3)	・データ取得手段:カリフォルニウム線源を用いた即発γ線分析		
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・塩化物イオン濃度1~20kg/m <sup>3</sup> 。ただし、下限値1kg/m <sup>3</sup> は最深領域(深さ6~9cm)での条件であり、最浅領域(深さ0~3cm)では0.6kg/m <sup>3</sup> 。 ※今後、変わる可能性有り。	・「4-2 計測精度」の条件を参照	
	感度	校正方法	・所定位置での中性子検出器によるCf線源強度の校正		・公的機関による
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	検出率100%	・計測範囲の下限値以上であることが条件 ・「4-2 計測精度」の条件を参照
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
性能値		-	-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	・塩化物イオン濃度分解能:0.1kg/m <sup>3</sup> ・表面からの深さ方向分解能:3cm ※計測結果は、1層目(0~3cm)=**kg/m <sup>3</sup> 、2層目(3~6cm)=**kg/m <sup>3</sup> 、3層目(6~9cm)=**kg/m <sup>3</sup> と表示される	・「4-2 計測精度」の条件を参照		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。2-3-237

5. 留意事項(その1)

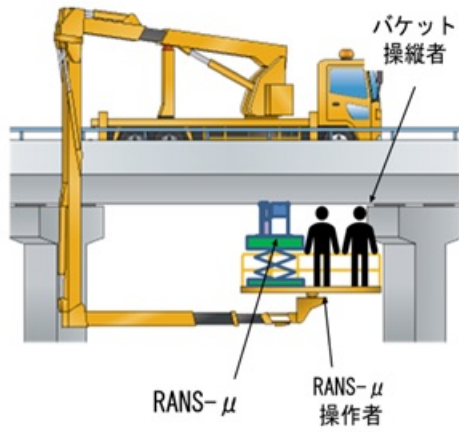
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	<p>道路幅員条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・点検車(橋梁点検車や高所作業車など)を使用する場合は、その使用条件に準ずる。</li> <li>・地上(地面や足場上)で行う場合は、最小で装置外寸(27cm×52cm×82cm)程度あれば良く、特に制限は無い。</li> </ul>	
	<p>桁下条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機器の設置が可能であれば桁下条件は問わない</li> </ul>	
	<p>周辺条件</p>	
	<p>安全面への配慮</p> <p>■Ge検出器付属の液体窒素デュアーの取り扱い※1, 2 液体窒素デュアーの液体窒素充填率や、受け渡し時の傾きや振動から、デュアーの液体窒素補充口から液体窒素が漏れ出る可能性があるので注意すること。</p> <p>■Cf線源の取り扱い※1 線源からの放射線量は十分低く※3、人体に影響が及ぶ心配はないが、放射線源取り扱いの基本に則り、下記に配慮することが望ましい。 ・Cf線源部の装置への取り付けは、装置類の測定準備が整った後に取り付けること。 ・測定中はなるべく線源から距離を取ること。参照値※2:線源中心から76cm(操作用PCの位置)離れて立った場合、床からの高さ160cm(身長175cmの人の目の高さくらい)で1μSv/h弱の中性子線量(3.7MBqの強度の線源を用いた場合)。 尚、Cf線源は「表示付認証機器」として公的認証を受けたものであり、取り扱いに特段の資格は不要。</p> <p>※1:今後、変わる可能性有り。 ※2:現在手持ちの装置の場合 ※3:実測ならびに放射線輸送シミュレーションで確認済み</p>	
	<p>無線等使用における混線等対策</p>	
	<p>道路規制条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・点検車(橋梁点検車や高所作業車など)を使用する場合は、その使用条件に準ずる。</li> <li>・地上(地面や足場上)で行う場合は、特に道路の規制は必要無い。</li> </ul>	
	<p>塗装剤条件</p>	
	<p>躯体条件</p> <p>■コンクリート材料条件 ・塩化物イオン濃度1kg/m<sup>3</sup>以上。ただし、1kg/m<sup>3</sup>以上は最深領域(深さ6~9cm)での条件であり、最浅領域(深さ0~3cm)では0.6kg/m<sup>3</sup>以上。※今後、精度向上の可能性有り。</p> <p>■コンクリート表面条件 ・雨天後など、濡れていないことが望ましい。※濡れていても計測可能。 ・極度の凸凹がないこと。※凸凹があっても計測可能。</p>	
	<p>躯体温度条件</p>	
<p>その他</p> <p>■天候 ・外気温は、0℃~50℃ ・湿度(装置類の結露)に注意すること。 ・雨に濡れない場所であること。</p>	<p>・晴れ・曇りが望ましい。</p>	

## 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)
調査技術者の技量	・ニュートロン次世代システム技術研究組合が開催する屋内講習・屋外実習を経て、RANS-μ計測士認定を受けた者	・Geガンマ線検出器等を扱うための習熟、得られたデータの取り扱いと解釈、Cf線源の正しい理解、搬送・設置・測定・報告等に関する専門性を有すること
必要構成人員数	・RANS-μ上級計測士1名、RANS-μ計測士2名 合計3名 ※RANS-μ上級計測士:計測全般の統括責任者 RANS-μ計測士 :RANS-μの取り扱い実務	・点検車を使用する際は、車の運転1人、デッキなどの操作1人が別途必要となる。
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	・装置操作に資格は必要ないが、精密機器、高圧機器、重量物(10kg前後)の取り扱いが生じるので、機器の取り扱い説明書を熟読すること。
作業ヤード・操作場所	・装置運搬者の駐車スペース、運搬車から装置類の積み下ろしスペースが必要。	・点検車を使用する際の必要スペースは点検車の使用条件に準ずる。
作業条件・運用条件 点検費用	・調査費用(1日1橋、上部工1箇所・下部工1箇所の計測を基本) 外業:¥950,000、内業¥750,000 ・機械経費 液体窒素代、機材運搬費(一式)¥50,000~¥150,000 ※ニュートロン次世代システム技術研究組合公表の標準歩掛を参照。但し、個別案件毎の見積を原則とする。 ※諸経費を含む。宿泊費・交通費(地域間の公共交通費、地域内の車両費)は別途。	・1日あたりの計測箇所最大4か所(現場条件による) ・橋梁点検車や高所作業車を使用する場合は、別途車両レンタル費用等が必要。 ・交通規制が必要となる場合は、元請けにて準備をお願いします。
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	・計測サービスとして提供	・将来的に販売も行う予定。
不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制有り	-
センシングデバイスの点検	・製造元により定期的(使用頻度による)に点検実施	-
その他	・計測箇所に近接できない場所、装置を安全に設置できない場所には適用不可	-

## 6. 図面

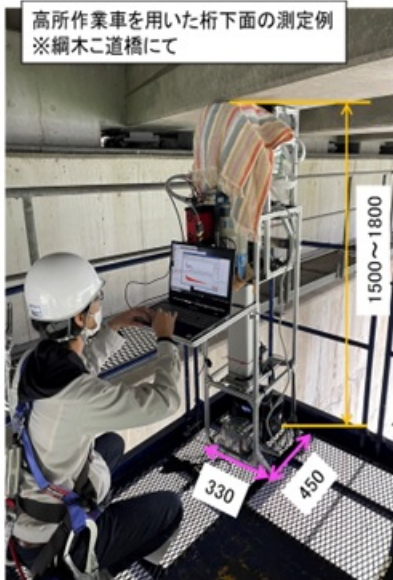
バケット式橋梁点検車を用いた測定イメージ



バケット式橋梁点検車を用いた測定例  
※福島ロボットテストフィールドの試験橋梁にて

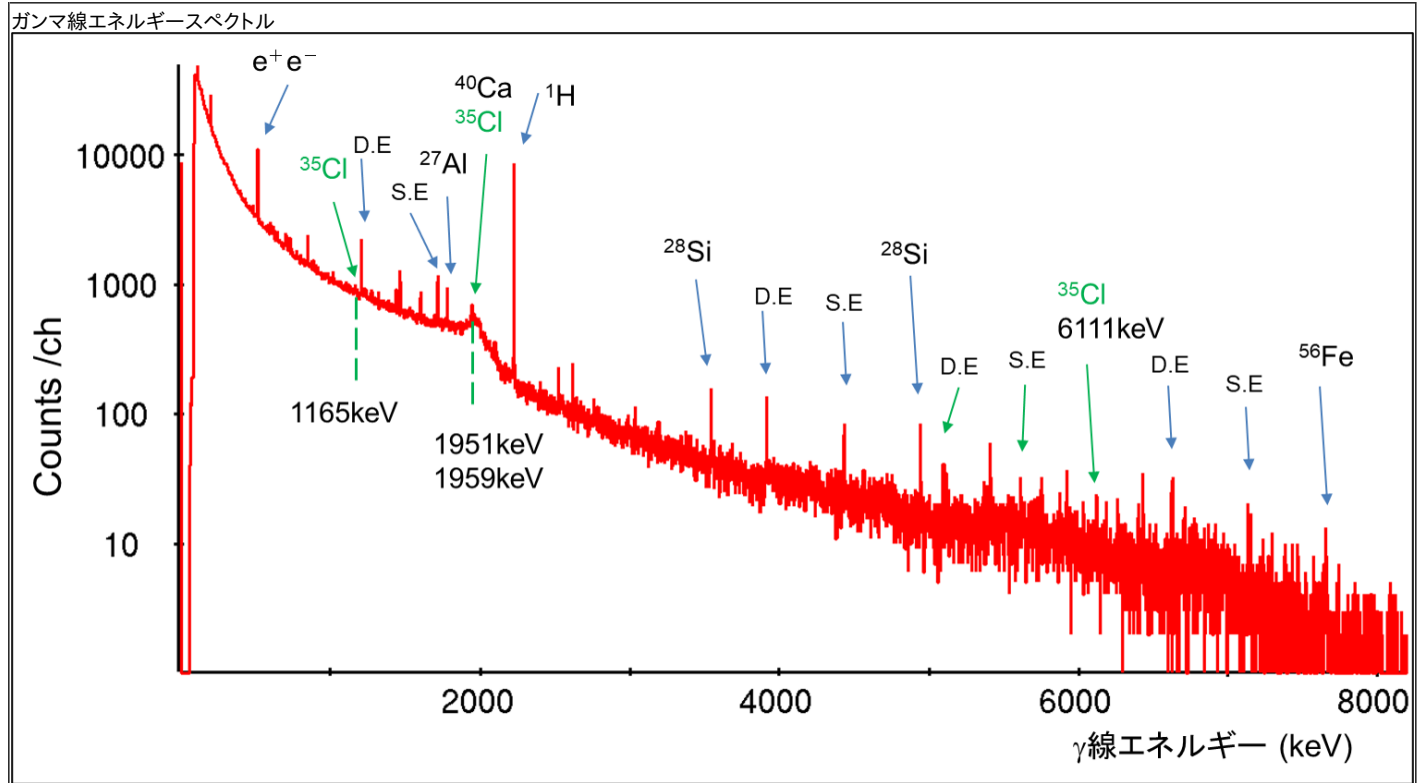


高所作業車を用いた桁下面の測定例  
※綱木こ道橋にて



橋脚の測定例





ガンマ線検出器で検出し、得られるガンマ線エネルギースペクトル。横軸はガンマ線エネルギー、縦軸は各エネルギーの検出した数。元素毎に決まったエネルギーにピークが現れ(水素なら2223keV、カルシウムなら1942keVなど、塩素なら1165,1951, 6111keVなど)、その数を基に、コンクリート中に存在する元素の定量を行う。

## 1. 基本事項

技術番号	BR020033-V0125			
技術名	AI技術を用いた打音検査器(PDC-200A)			
技術バージョン	Ver1	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社九検 株式会社ポート電子			
連絡先等	TEL: 0952-30-8221	E-mail: nishit@kk-kyuken.jp kogam@kk-kyuken.jp	技術開発 西敏臣 古賀美智恵	
現有台数・基地	1台	基地	佐賀県佐賀市鍋島町八戸溝166-35	
技術概要	AI打音検査器(PDC-200A)は人力型による打撃音を付属のマイクで集音、デジタルデータ化したものをFFT変換した後、AIを用いた判定手法でうきの有無を器械が判定する。 打撃後0.3秒で判定することができ、専用アプリケーションをインストールしたタブレットによる波形表示を見ることができる。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑫うき	
		その他		
		共通		
検出原理	音圧、周波数			
検出項目	打撃音による周波数帯域の変化			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>AI打音検査器本体(専用マイク付属)</li> <li>タブレット(専用アプリケーションインストール)</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	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)	-	
設置方法	-	人が計測装置を検査箇所まで持ち運ぶ。	
外形寸法・重量(分離構造の場合)	本体(134×76×35mm) 付属マイク(φ10×L101mm) ハンマー(打診棒・鋼球φ24mm) 本体重量300g 付属タブレット(専用アプリケーション使用・WindowsOS)(270.0×190.0×19.8mm) タブレット重量1230g		
センシングデバイス	集音マイク		
計測原理	ハンマーによる打撃音を専用マイクで集音し、時刻歴データとして記録する。記録された時刻歴データをFFT解析し周波数毎の音圧を記録する。あらかじめ正常な箇所を取得した教師データとのユークリッド距離を算出し、閾値を超えなければOK(正常)、閾値を超えたものをNG(異常)と判断し、パイロットランプを点灯させる。		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	人の手が入ることができる空間が必要 使用環境の気温は0度以上50度以下 降雨時、降雪時など器材が水に濡れる環境では使用不可		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	健全部より教師データを適切に取得する。 判定を行う閾値を適切に設定する必要がある。		
計測装置	計測プロセス	<p>1.健全な箇所から教師データを取得する(10点程度)。 2.検査箇所をハンマーで打撃する。打撃音は専用マイクにて集音されA/D変換され時刻歴データとして本体内に保存される。 3.時刻歴データは即座にFFT解析され、周波数帯毎の音圧を算出する。 4.周波数帯毎の音圧から教師データとのユークリッド距離を算出する。 5.測定値と最も近い位置と2番目に近い位置にある教師データを選出しそれぞれのユークリッド距離の比を閾値として保存する。 6.スコア値が閾値を超えたら異常値としてNGランプを点灯させ、閾値以内であれば正常値としてOKランプを点灯させる。 7.自動採番した位置データとスコア値を本体内に保存する。</p>	
	アウトプット	<p>現場計測時 パイロットランプにてうきの位置を測定。 タブレットにてFFTのスペクトル波形を表示する。</p> <p>現場計測後 測定点毎のスコア値を一覧表示(csvファイル、色分けしたマップ図) FFTデータの一覧表示(csvファイル、波形表示)</p>	
耐久性	タブレットはIP65準拠 計測装置には防水、防塵性能はない		
動力	計測装置内蔵バッテリー タブレット内蔵バッテリー		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	計測装置(連続駆動時間 4時間 充電時間 3時間) タブレット内蔵バッテリー(連続駆動時間 12時間 充電時間 4時間)		
設置方法	2-3-243		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		



データ収集・通信装置	データ収集・記録機能	-
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(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 (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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	0.13㎡/分	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法(うき)(2019) 実施年 2023年 ・検出率:83% ・的中率:100%	・検出率:0.83(15箇所/18箇所) ・的中率:1.00(15箇所/15箇所)	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	100mmピッチの格子状の計測点で表面から深さ100mmまでの位置にあるうきの有無が判定可能	-	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
性能値	-		-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	-	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	高所の作業は足場等が必要となる。	—
	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	—	—
	道路規制条件	—	—
	塗装剤条件	—	—
	躯体条件	—	—
	躯体温度条件	—	—
	その他	使用環境の気温は0度以上50度以下。 雨天、降雪時は作業不可。	—

## 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)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	30分程度の講習が必要	—
	必要構成人員数	現場責任者1名 測定者1名 補助者1名 計 3名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	作業ヤード・操作場所	—	—
	点検費用	<p>【橋梁条件】</p> 橋種 [コンクリート橋] 部位・部材 [コンクリート床版] 活用範囲 [300㎡] 検出項目 [うき] <費用> 合計 140,000円(1日) <p>【内訳】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現場調査費用 110,000円</li> <li>・ 装置費用 30,000円</li> </ul> <p>【機材購入費用】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機器本体(専用マイク、打撃用ハンマー、充電器、予備バッテリー)</li> <li>・ 専用アプリケーションインストール済みタブレット</li> <li>・ 上記一式 2,000,000円～</li> </ul>	—
	保険の有無、保障範囲、費用	保険加入はしていない	—
	自動制御の有無	無し	—
	利用形態:リース等の入手性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測装置は購入品</li> <li>・業務委託</li> </ul>	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	購入後1年は保証期間としてサポート対応	—
	センシングデバイスの点検	1年毎に定期点検を実施(有料)	—
その他	—	—	

## 6. 図面



AI打音検査器 (PDC-200A) の構成機器

本体と打撃用ハンマー、タブレットで構成される。



打音検査状況 (橋台打設後)

コンクリート打設後にうきの有無を確認するため打音検査を実施した。



打音検査状況 (床版補修時)

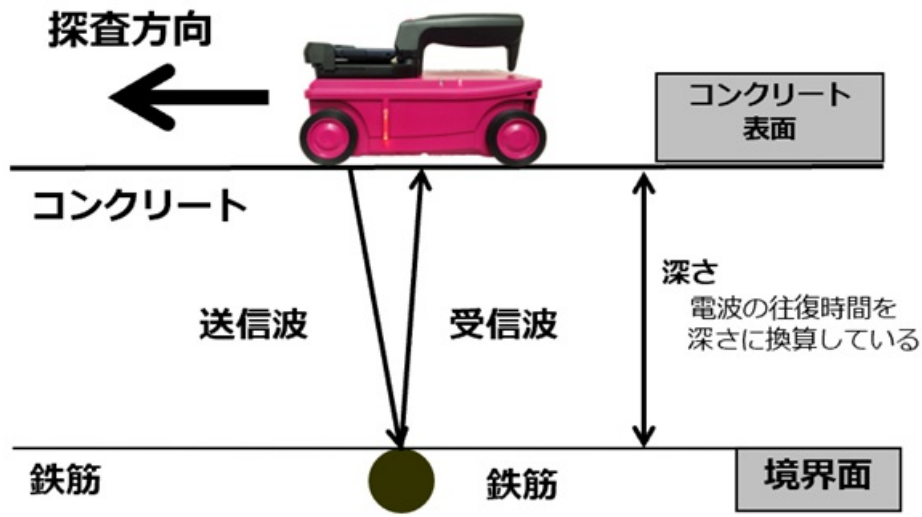
床版の補修工事の際にうきの有無を確認するため打音検査を実施した。

## 1. 基本事項

技術番号	BR020034-V0125			
技術名	電磁波レーダー(iRadar ADSPiRE01)を用いた橋梁の点検支援技術			
技術バージョン	Ver.1	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社計測技術サービス			
連絡先等	TEL: 06-6940-6640	E-mail: fujii@kgs-inc.co.jp	藤井 善幸	
現有台数・基地	6台	基地	東京:東京都文京区後楽 大阪:大阪府大阪市西区土佐堀	
技術概要	電磁波レーダー(iRadar ADSPiRE01)を用いた橋梁の点検支援技術は、基本原理として電磁波レーダーを用い、その測定結果にデジタル信号処理で、ノイズ除去、画像の鮮明化を行った後、うきの検出を行うことを特長とした検査手法である。本技術は、時間領域で測定された電磁波レーダーの信号を周波数領域に変換し、ノイズ除去や画像の鮮明化処理を行い、自社で開発した空隙の特徴量を算定する技術を用いて、コンクリート中の空隙の箇所を特定する手法である。本技術は、これらの技術を搭載したiRadarを用いて行う非破壊検査手法である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(高欄)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑦剥離・鉄筋露出 ⑫うき	
		その他	その他(土砂化)	
		共通	⑳漏水・滞水	
検出原理	電磁波			
検出項目	電磁波の反射強度			

2. 基本諸元

計測機器の構成		iRadar ADSPIRE01 (アイレーダー アドスパイア・ゼロワン)	
移動装置	機体名称	ADSPIRE01	
	移動原理	【人力】	
	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)	-		
設置方法	移動装置と一体的な構造(コントローラー端末は分離も可能)		
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-		
センシングデバイス	レーダー部: JRCモビリティ社製 NJJ-200K (NETIS:KT-150040-VE) を用いる。 コントローラー部: スマートフォン、タブレット		
計測原理	当該技術のセンシングデバイスは、図2に示すように電磁波を放射し、反射波を受信する。対象がコンクリートの場合、電気的性質の異なる、鉄筋、空洞などからの反射波を受信し、その反射時間から深さ方向の距離を推定する。水平方向については、タイヤに組み込まれた距離検出機構により、水平位置を求める。		
計測装置	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	本技術の適用にあたって、一般的に次のような場合、測定が不可能となる <ul style="list-style-type: none"> <li>• コンクリート内部に電磁波が透過する必要があるため、表面が金属で覆われている場合</li> <li>• 同じ理由で、コンクリート中に炭素繊維等の導電体が多く混入している場合</li> <li>• 雨濡れ等で表面の電磁気的特性が極端に異なる場合</li> </ul>	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	1) 機器精度に関する留意点 調査にあたり使用機器の校正と使用前点検を以下の通り行う <ul style="list-style-type: none"> <li>• 性能を確保するため、校正は、装置メーカーにて、年1回、実施する</li> <li>• 使用前点検として、標準試験体または、同等品にて、鉄筋位置の検出が規定誤差内に入っていることを確認する</li> </ul> 2) 精度と信頼性に関する留意点 うきの位置検出に関し、深さ方向については、比誘電率の設定誤差が直接、測定誤差につながる。しかし測定対象物の比誘電率を簡易に測る方法がないため、標準的な値で行うのが一般的である。その場合、極端な状況を除けば、誤差としては一般的に±10mm程度となる。また、うき位置の広さ方向については、解析パラメータによって変化するが、極端な場合を除き、誤差としては一般的に±20mm程度となる。また、うきの厚みが薄い場合 (5mm以下)、解析パラメータの影響が大きくなり、それに伴って誤差が大きくなる傾向がある。	
		2-3-251	





	計測プロセス	
	アウトプット	変状の可能性のある箇所を画像データにより示す(保存は専用のファイル形式, 出力はjpg形式)
	耐久性	防滴, 防塵加工されている(IP54)
	動力	電源給電方法: バッテリー
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	約7時間
データ収集・通信装置	設置方法	移動装置と一体的な構造(コントローラー端末は分離も可能)
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	149*207*74.5(mm) 980g
	データ収集・記録機能	・データはコントローラー端末(スマートフォンもしくはタブレット)のストレージに保存 ・現地でのデータ確認は、コントローラー端末もしくは端末を接続したパソコンで行う。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	アンテナ部とコントローラー端末は、Wi-Fiを用いたPeer to Peerで接続され、データはコントローラー端末のストレージに保存される。
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	SSIDを用いて接続先を固定している。
	動力	電源給電方法: バッテリー
	データ収集・通信可能時間 (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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	未検証	-
		標準試験値	標準試験方法 うき(2019) 実施年 2023年 ・検出率:100% ・的中率:82%	・検出率:1.00(18箇所/18箇所) ・的中率:0.82(18箇所/19箇所)
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
	感度	校正方法	日常点検及び定期点検による	年1回メーカーに校正を依頼する。
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-
			性能値	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-
			性能値	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-
	性能値		-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	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	-	-
	道路規制条件	-	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	操作1人(高所作業車使用の場合は別途、オペレーター1名)	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	点検費用	橋梁条件 下部工 橋脚部(約10㎡)の場合 ・探査11万(外業作業) ・結果報告書:5万(内業作業) 計16万	[費用算定上の条件] ・現地1日(8h)を想定 ・旅費交通費、移動経費は別途計上
	保険の有無、保障範囲、費用	動産保険に加入	-
	自動制御の有無	自動制御無	-
	利用形態:リース等の入手性	購入, レンタル, 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	定期点検:年1回の校正	-
	その他	-	-

6. 図面



**ADSPiRE 01**  
アドスパイア・ゼロワン



## 1. 基本事項

技術番号	BR020035-V0125			
技術名	こんこん～連続打音検査装置～			
技術バージョン	-	作成:	2025年3月	
開発者	首都高技術(株)			
連絡先等	TEL: 03-3578-5757	E-mail: info@shutoko-eng.jp	技術営業課 得能 智昭	
現有台数・基地	I型:2台 II型:6台	基地	東京都港区虎ノ門3-10-11 虎ノ門PFビル	
技術概要	本技術は、ソレノイドコイルで往復する打撃部を設けた装置を長手ポール先端に設置し、コンクリート面に押し当てることで打撃音を発生させ、重心周波数と音圧比を解析することで内部のうきの有無を判定する打音検査技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,主桁ゲルバー部,横桁,縦桁,床版,ラーメン,PC定着部) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(沓座モルタル,台座コンクリート) 路上(高欄) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版・側壁・底版・隔壁・その他)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑫うき	
		その他		
		共通		
検出原理	周波数、音圧			
検出項目	うき			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置:長手ポール</li> <li>・計測装置:こんこん(打突部、操作ボックス、バッテリー)</li> <li>・データ収集:收音マイク、Windows搭載PC</li> </ul>	
移動装置	機体名称	・長手ポール:Bi Rod 6C-7500	
	移動原理	<p>【人力型】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・打突部を長手ポールの先端に設置(1/4-20UNC)する。</li> <li>・長手ポールの伸縮により高さ調節を、操作者の人力によりポールの回転や打突部の首振りを行うことにより、対象構造物へ接触させる。</li> </ul>	
	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	<p>【長手ポール】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・寸法 最長約7.5m、収納時約1.55m、ロッド外形最大38mm</li> <li>・重量 約1.6kg</li> </ul>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<p>【長手ポール】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>最大耐荷重 700g以下</li> </ul>	
	動力	・人力による	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・打突部下部に取り付けたねじ穴(1/4-20UNC)に、長手ポール先端のねじを回し入れる。</li> <li>・打突部と操作部を有線接続する。</li> </ul>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>【こんこん I 型】(5cm程度の深さまで計測が可能)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・打突部                             <ul style="list-style-type: none"> <li>寸法 L120mm×W180mm×H120mm</li> <li>重量 600g</li> <li>打撃力 400N(打撃周期:1~10回/s)</li> </ul> </li> <li>・操作部                             <ul style="list-style-type: none"> <li>寸法 L120mm×W70mm×H120mm</li> <li>重量 800g(バッテリー含む)</li> </ul> </li> </ul> <p>【こんこん II 型】(3cm程度の深さまで計測が可能)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・打突部                             <ul style="list-style-type: none"> <li>寸法 L120mm×W180mm×H120mm</li> <li>重量 500g</li> <li>打撃力 175N(打撃周期:1~10回/s)</li> </ul> </li> <li>・操作部                             <ul style="list-style-type: none"> <li>寸法 L265mm×W220mm×H100mm</li> <li>重量 2000g(バッテリー含む)</li> </ul> </li> </ul> <p>【データ収集】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・收音マイク FIFINE社製 USBラベリアマイク                             <ul style="list-style-type: none"> <li>寸法 22mm×22mm×25mm</li> <li>重量 40g</li> </ul> </li> <li>・Windows搭載PC</li> </ul>	
	センシングデバイス	-	
	計測原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・こんこんの打突部中央に搭載されている打撃部を、ソレノイドコイルにより電磁石の力で往復運動させ、コンクリート構造物の打撃をおこなう。</li> <li>・打突部に搭載されているマイクにて打撃音を收音し、Windows搭載PCに保存する。</li> <li>・重心周波数(kHz)と音圧比(%)を算出し、周囲との相対評価によりうきの有無を判断する。</li> </ul>	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・計測対象の表面に大きな凹凸がある場合は、位置をずらして打撃すること。	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・打突部のフレームを、対象物に確実に接触した状態で收音する。</li> <li>・打撃音を解析に用いるため、周囲の雑音(風、騒音など)の影響を受けないように留意が必要である。</li> </ul>	
	計測プロセス	<ol style="list-style-type: none"> <li>①健全部にて打突部先端を押し付けて打撃音を発生させ、その音圧と解析可能最大音圧との比が70%となるように、専用ソフトでゲイン調整を行う。</li> <li>②点検箇所にて、測定点ごとに打突部先端を押し付けて、打撃音を発生させる。</li> <li>③発生した打撃音をマイクにて收音し、専用ソフトにてA/D変換しデジタル値として記録する。</li> <li>④記録した打撃音データは、専用ソフトにて自動で周波数解析が実施される。</li> <li>⑤算出された重心周波数(kHz)と音圧比(%)は、自動でcsvファイルとして保存される。</li> <li>⑥算出された重心周波数と音圧比を確認し、いずれかの数値に周辺の打点と比較して高い値が確認された場合は、うきと判断する。</li> </ol>	



	<p><b>アウトプット</b></p>	<p>・解析により算出された重心周波数、音圧比を、csvファイルとして出力する。</p>
	<p><b>耐久性</b></p>	<p>・防塵・防水性無し</p>
	<p><b>動力</b></p>	<p>・操作部に搭載のバッテリーを動力とする</p>
	<p><b>連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)</b></p>	<p>・連続8時間以上</p>
<p><b>データ収集・通信装置</b></p>	<p><b>設置方法</b></p>	<p>・Windows搭載PCを、打突部に設置した收音マイクと有線接続する。</p>
	<p><b>外形寸法・重量 (分離構造の場合)</b></p>	<p>・收音マイク 寸法 22mm×22mm×25mm 重量40g                  ・Windows搭載PC 指定なし</p>
	<p><b>データ収集・記録機能</b></p>	<p>・Windows搭載PCに内蔵のストレージに保存する。</p>
	<p><b>通信規格 (データを伝送し保存する場合)</b></p>	<p>・USBケーブルによる</p>
	<p><b>セキュリティ (データを伝送し保存する場合)</b></p>	<p>-</p>
	<p><b>動力</b></p>	<p>・Windows搭載PCの内蔵バッテリー</p>
	<p><b>データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)</b></p>	<p>-</p>

## 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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	最小進入可能寸法 こんこの打突部(L120mm×W180mm×H 120mm)が進入可能な空間	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	-	-	
		標準試験値	標準試験方法 うき(2019) 実施年 2023年		
			【こんこんⅠ型】 ・検出率:83% ・的中率:94%  【こんこんⅡ型】 ・検出率:89% ・的中率:94%	【こんこんⅠ型】 ・検出率:0.83(15箇所/18箇所) ・的中率:1.00(15箇所/15箇所)  【こんこんⅡ型】 ・検出率:0.89(16箇所/18箇所) ・的中率:0.94(16箇所/17箇所)	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	周波数 50~16000Hz	-	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	-38~±3dB	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	
性能値	≥56dB		-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	-	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・構造物との離隔が8.0m以内までとする。	-
	周辺条件	・障害物がある場合は、十分な離隔をとる。特に電線が近接する場合は、留意が必要である。 ・足場が軟弱であったり突起物があったりと不安定な場合は、使用が困難である。	-
	安全面への配慮	・足元や周囲の安全確認のために、2人以上で作業を行う。 ・風速5m/s以上の環境下では使用不可	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・使用方法の講習を1時間程度	-
	必要構成人員数	・2人(ポール操作1人、解析1人)	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	・作業ヤード範囲 1㎡ ・障害物がある場合は、十分な離隔をとる。特に電線が近接する場合は、留意が必要である。 ・足場が軟弱であったり突起物があったりと不安定な場合は、使用が困難である。	-
	点検費用	橋種 [コンクリート橋/鋼橋] 橋長 15.0m 全幅員 15.0m 部位・部材[床版・桁] 活用範囲 [225㎡] 検出項目 [うき] <費用> 合計 180,323円(Ⅰ型・Ⅱ型同様)	-
	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	・業務受注	-
	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	-	-
その他	・上を見ながらの作業となるため、足場の不安定な現場では使用困難	-	

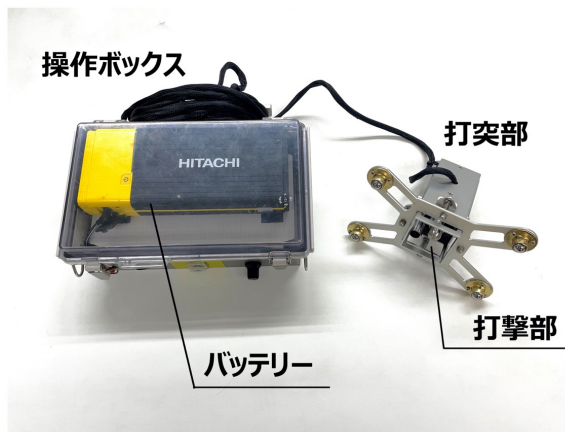
6. 図面

こんこん機器構成

【こんこん I 型】



【こんこん II 型】



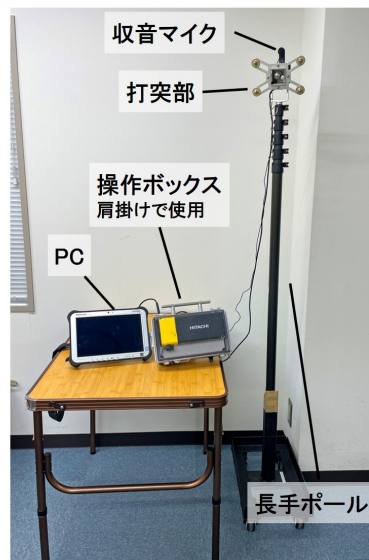
【長手ポール】



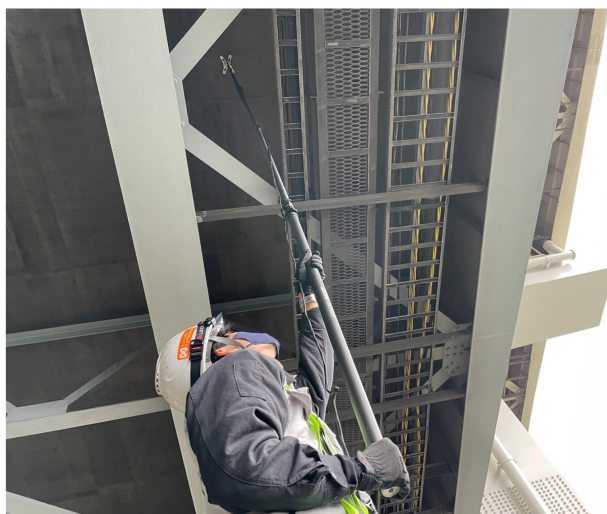
【データ収集】



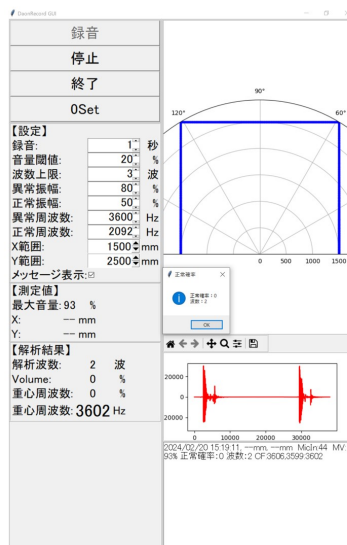
【設置状況写真】 (例として II 型を使用)



【使用状況写真】 (例として II 型を使用)



【解析ソフト】 結果は一例



## 1. 基本事項

技術番号	BR020036-V0125			
技術名	ドローン搭載カメラによる点検支援技術(うき)			
技術バージョン	-	作成:	2025年3月	
開発者	アイセイ株式会社 技術開発部			
連絡先等	TEL: 03-6806-7281	E-mail: fujita-y@eyesay.co.jp	技術開発部 関和彦、藤田吉臣	
現有台数・基地	1台	基地	東京都荒川区	
技術概要	本技術は、ドローンに搭載した赤外線カメラ(ZenmuseXT2)で撮影した映像から温度変化のある箇所を特定し損傷有無の確認を行う技術である。 カタログ技術番号「BR010073」と同一の技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑧漏水・遊離石灰 ⑫うき	
		その他		
		共通	⑳漏水・滞水	
	検出原理	赤外線		
検出項目	うき			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		移動装置:ドローン(DJI社製:MATRICE210) 計測装置:赤外線カメラ(DJI社製:ZemuseXT2) データ収集:microSDカード	
移動装置	機体名称	DJI社製MATRICE210	
	移動原理	本機体はクワッドコプターの為、離陸・推進に4つの回転翼を用いて飛行する。	
	運動制御機構	通信	周波数帯:2.4GHz帯小電力データ通信システム 出力:100mW以下
		測位	GNSS測位
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	上方赤外線センサー0~5 m 前方ビジョンシステム0.7~30 m 下方ビジョンシステム10~500 cm
	外形寸法・重量	サイズ(アーム展開時) 887×880×378 mm 重量(TB55) 約4.57 kg(標準バッテリー2個搭載時)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	リチウムポリマーバッテリー(LiPo 6S)	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	24分	
計測装置	設置方法	機体上部あるいは下部にカメラを装着	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	DJI社製ZemuseTX2	
	計測原理	構造物の表面温度から欠陥を検知する方法。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	気温の日変動が5~8度以上の晴天時	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	天候不良、雨や雪、風が強い日は測定不可。	
	計測プロセス	-	
	アウトプット	調査結果、可視光画像と赤外線画像	
	耐久性	IP44	
	動力	-	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
データ収集・通信装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	-	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(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(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2023年 ・変化量:0cm  標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2023年 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:27cm(26cm) 鉛直方向 最大移動量:5cm(5cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:35cm(27cm) 鉛直方向 最大移動量:7cm(14cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:57cm(53cm) 鉛直方向 最大移動量:18cm(13cm)	自然風 風速:2.3m/s ホバリング:60秒
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 進入可能性能 桁間に進入しない場合(2022) 実施年2023年 桁下空間:高さ5.0m進入可能	風速:2.3m/s
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 飛行体(ドローン)(2022) 実施年2023年 ・50m	風速:2.3m/s
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 うき(2019) 実施年 2023年 ・検出率:94% ・的中率:89%	・検出率:0.94(17箇所/18箇所) ・的中率:0.89(17箇所/19箇所)	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
	感 度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
性能値	-		-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	-	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



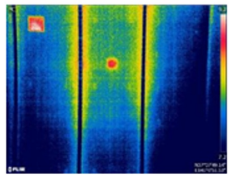

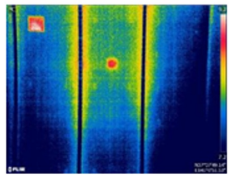

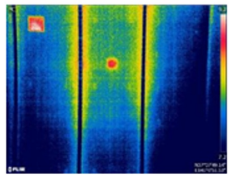
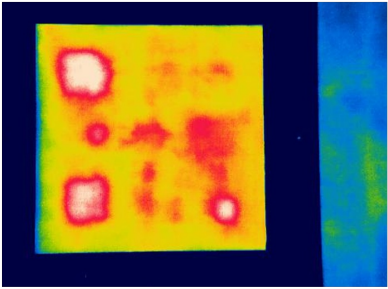
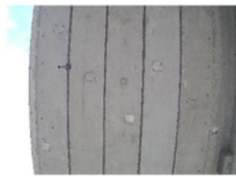
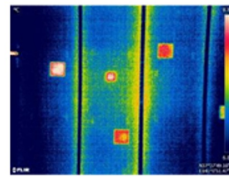
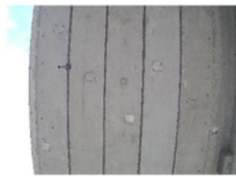
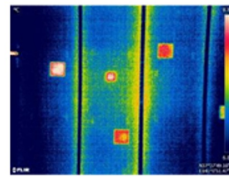
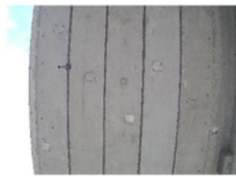
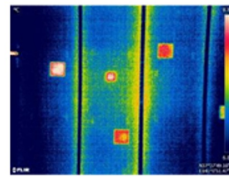
5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・天候:雨天、強風作業不可 ・桁下高5m以下は飛行離隔確保できないため作業不可	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	DID人口集中地区/航空局へ許可申請 第三者、人や車が往来する箇所/注意喚起、人払いを行い実施 緊急用務空域/絶対に飛行させない 国の重要施設/絶対に飛行させない 私有地/施設管理者に許可を実施する 撮影地区の管轄する警察署へ連絡を行う。	-
	無線等使用における混線等対策	-2.4GHz帯小電力データ通信システムの使用	-
	道路規制条件	ドローンの離発着箇所及び道路上の撮影に及ぶ場合は、道路使用許可や交通規制など別途安全対策の併用を検討する。	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	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)
調査技術者の技量	-	-
必要構成人員数	・機体操縦者1名、カメラ操縦者1名、安全管理者1名	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・特別な資格保有、講習会への参加、研修の履修等の条件なし その為、ドローンを飛ばす操縦技術、メンテナンスの知識やスキル、安全確保を最優先し関係法規、ルール、運用ガイドライン等を遵守する姿勢が求められ 状況に応じた飛行の可否の判断力、緊急時の対応での冷静な判断力を持った技術者。	-
作業ヤード・操作場所	・視界が十分とれており機体の挙動が把握できる位置で、足元が安定した場所。 ・操縦者に声が聞こえる位置で適切な助言ができ足元が安定した場所。	-
作業条件・運用条件 点検費用	橋梁条件 橋種:コンクリート橋 計測部位:橋脚1基分 検出項目:損傷の有無と位置、寸法計測の実施 400円/㎡~2000円/㎡ 対象部位、飛行環境により変動する。	第三者賠償保険の内容: 基本補償1億円、管理財物補償1億円、管理財物使用不能 村議補償特約3,000万円、人格権侵害補償特約1名1,000万円、1事故1,000万円
保険の有無、保障範囲、費用	第三者賠償保険の内容: 基本補償1億円、管理財物補償1億円、管理財物使用不能村議補償特約3,000万円、人格権侵害補償特約1名1,000万円、1事故1,000万円	-
自動制御の有無	-	-
利用形態:リース等の入手性	-	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-

6. 図面

	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="619 277 855 452">  </td> <td data-bbox="874 277 1104 452">  </td> <td data-bbox="1155 255 1449 488"> <p>001</p> <p>機体：DJI社製Matrice210                      カメラ：DJI社製ZenmuseXT2                      IR解像度：640×512                      温度範囲：7.2℃～9.2℃</p> <p>「うき」が確認できます。</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="715 479 785 501">可視画像</td> <td data-bbox="912 479 1050 501">赤外線カメラ画像</td> <td></td> </tr> </table>				<p>001</p> <p>機体：DJI社製Matrice210                      カメラ：DJI社製ZenmuseXT2                      IR解像度：640×512                      温度範囲：7.2℃～9.2℃</p> <p>「うき」が確認できます。</p>	可視画像	赤外線カメラ画像	
		<p>001</p> <p>機体：DJI社製Matrice210                      カメラ：DJI社製ZenmuseXT2                      IR解像度：640×512                      温度範囲：7.2℃～9.2℃</p> <p>「うき」が確認できます。</p>						
可視画像	赤外線カメラ画像							
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="619 577 855 752">  </td> <td data-bbox="874 577 1104 752">  </td> <td data-bbox="1155 560 1449 792"> <p>002</p> <p>機体：DJI社製Matrice210                      カメラ：DJI社製ZenmuseXT2                      IR解像度：640×512                      温度範囲：6.8℃～8.8℃</p> <p>「うき」が確認できます。</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="715 779 785 801">可視画像</td> <td data-bbox="912 779 1050 801">赤外線カメラ画像</td> <td></td> </tr> </table>				<p>002</p> <p>機体：DJI社製Matrice210                      カメラ：DJI社製ZenmuseXT2                      IR解像度：640×512                      温度範囲：6.8℃～8.8℃</p> <p>「うき」が確認できます。</p>	可視画像	赤外線カメラ画像	
		<p>002</p> <p>機体：DJI社製Matrice210                      カメラ：DJI社製ZenmuseXT2                      IR解像度：640×512                      温度範囲：6.8℃～8.8℃</p> <p>「うき」が確認できます。</p>						
可視画像	赤外線カメラ画像							
<p>温度変化を捉え「うき」箇所の可視化</p>	<p>可視光カメラ</p>	<p>赤外線カメラ</p>						

## 1. 基本事項

技術番号	BR020037-V0125			
技術名	点群データを活用した構造物表面の剥離・剥落等の損傷部検出技術(MEMOREAD)			
技術バージョン	—	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社アイ・エス・ピー			
連絡先等	TEL: 03-5817-8956	E-mail: postmaster@ispland.co.jp	担当窓口 波場	
現有台数・基地	無制限	基地	東京都台東区	
技術概要	本技術は、インフラ維持点検支援システムのソフトウェア「MEMOREAD」を用いて、点群データから構造物表面に現れた剥離、剥落、その他損傷箇所などの凹凸部をグラデーションにより色表示で可視化し、損傷部を検出して点検業務を支援する技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(沓座モルタル,台座コンクリート) 路上(高欄,地覆,縁石,舗装) 袖擁壁 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他,翼壁,周辺地盤,その他(路上)) H形鋼桁橋(床版) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑦剥離・鉄筋露出 ⑨抜け落ち	
		その他	⑬遊間の異常 ⑭路面の凹凸 ⑮舗装の異常	
		共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑲異常なたわみ ⑳変形・欠損 ㉑沈下・移動・傾斜	
検出原理	レーザー			
検出項目	3次元座標			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		ソフトウェア:インフラ維持点検支援システム「MEMOREAD(メモリード)」	
移動装置	機体名称	-	
	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)	-	
	センシングデバイス	-	
	計測原理	-	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	-	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	-	
	計測プロセス	<p>[差分解析作業の流れ]</p> <p>①現場で対象構造物を計測してきた点群データをソフト内にインポートする作業(手動)</p> <p>②前処理:ノイズ処理(フィルタリング)及び部位ごとに仕分け ・差分解析に必要な点(ノイズ)を除去する作業および部位ごとにデータを分ける作業(手動)</p> <p>③TINモデルの作成(3D基準面TINモデル) ・点群データから差分解析に必要な基準面モデルを作成する作業(手動)</p> <p>④差分解析(専用ソフトウェア:MEMOREAD) ・「①計測された点群データ」と「③基準面TINモデル」をソフト内で比較して差分解析する作業(自動)</p> <p>⑤その他解析作業:面積計算、容積計算、損傷図作成など(必要に応じて実施する)</p> <p>[差分解析時間について]</p> <p>・3D基準面モデルの作成:壁面単位で作成する場合であれば数分でモデル作成が可能。但し、躯体全体を一度に作成する場合は、構造物の複雑さや大きさ構造形状により異なるが数日の作業を要す。</p> <p>・差分解析時間について:条件を入力し解析する場合、TINの面の数に依存するが、1壁面の規模であれば1分以内に解析が完了する。</p>	
	アウトプット	<p>差分解析のデータは、汎用性の高いLAS/LAZ形式等で保存される。</p> <p>・差分解析ソフトへインプットする計測データ:LAS/LAZ形式</p> <p>・差分解析データをアウトプットする計測データ:LAS/LAZ形式</p>	
	耐久性	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
データ収集・通信装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	-	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(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(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	±1.0mm	-	
		標準試験値	標準試験方法 剥離・鉄筋露出 (2023) 実施年 2023年 相対差 3.4cm <sup>2</sup> 相対比 3.9%	-	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
性能値	-		-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	-	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	—	—
	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	—	—
	道路規制条件	—	—
	塗装剤条件	—	—
	躯体条件	—	—
	躯体温度条件	—	—
	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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	必要な資格、特別講習等の条件は無し	—
	必要構成人員数	解析者:1名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	作業ヤード・操作場所	—	—
	点検費用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・見積り条件 橋種:橋梁 解析対象:PC単純プレテン床版橋 スラブ下面の剥落・鉄筋露出の検出 橋長:15.0m 幅員:10.0m 桁高:0.8m 高さ:5.0m(地上から)</li> <li>・解析概算費用 内業のみ(現場計測費は別途)</li> <li>・解析対象面積:150.0㎡</li> <li>・解析費合計:240,000円(内業のみ)</li> <li>・単価:1,600円/㎡～</li> </ul>	<p>解析費用は、対象構造物の構造、形状、長さ、大きさ、解析範囲、解析の目的や解析条件等によって変わる。</p> <p>解析費用の内訳</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・外業:計測費等は別途</li> <li>・内業:差分解析費、3D基準面TINモデル作成費、成果品作成費を含む</li> </ul> <p>※解析専用ソフトに関する導入費用や保守費用等は別途とする</p>
	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	業務委託	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	—	—
	センシングデバイスの点検	—	—
その他	—	—	

6. 図面

差分解析のフロー図とソフトの機能概要



**NEW TECHNOLOGY MEMOREAD INFRASTRUCTURE INSPECTION**

インフラ構造物の差分解析

打音調査を支援する。

厚さ、弾性、ジャンク、ほらみ、陥没、変形、距離丈測りなど簡単に測れる損傷の種類に「点群」を使う。

**現場の効率化と内業の負担を改善したい!!**

点群データからインフラ構造物表面の形状・損傷等をグラデーションで可視化させることで、現場での打音調査等の負担軽減や効率化を支援する差分解析システムです。また、解析結果を基に損傷箇所の作成も損傷箇所を直接トレースする機能を用いてリアルに、且つ短期間での作成を可能にしました。

他にも膨大なデータ量の検査履歴や検査結果の計算機能を提供し、現場における取り回しや書き立ての軽減など、マルチに対応する支援ソフトです。

**MEMOREAD 解析機能**

- 損傷箇所の水平面図計算
- 橋脚部損傷箇所の傾斜計算
- モバイル端末による差分解析

点群データに直線ポリラインでトレースし、そのまま損傷データとして出力することが可能です。

**トレース機能で図化を支援する。**

**MEMOREAD**

① 主な機能

- 点群データからの3Dモデル作成
  - 自動3Dモデル作成機能、自動外周、三角網計算
  - 建築作成機能(手動)、有効機能、自動編集
  - 測量からの3Dモデル作成
  - 測量からのデジタル化、3D-DXFデータ作成
  - ラスター/ベクターデータからの3Dモデル作成
  - トンネル3Dモデル作成
  - トンネル断面、断面作成機能
  - ポリラインからのTIN構築
  - 損傷箇所の形状図作成支援
  - X/PolyLine、テキストプラグ
  - 断面水平面図計算
  - 断面図計算
  - 傾斜計算機能(断面図の傾斜角、平均傾)
- 断面図計算機能
- 断面Viewer出力
- その他機能
  - レイアウト機能、編集機能、自動表示、光源設定、データ合成など
- Multi View
  - 3D寸法測定
  - 2D寸法測定
  - 断面図計算
  - 断面図計算
  - 断面図と2次元の差分解析
  - 断面計算ソフトウェア出力
- 断面図作成
- 1行単位設定
- 断面図作成

② 活用事例

- インフラ構造物の表面形状・損傷箇所の可視化 (厚さ、弾性、弾性、ジャンク、陥没、変形、ほらみ、施工不良など)
- ソフトウェアで測定した工事の検査履歴の検査
- 検査履歴の可視化(厚さの検査)
- 断面図の可視化
- トンネル内の断面図作成(断面図、断面図の可視化)
- 損傷箇所の検査履歴
- 検査履歴の可視化(ほらみ、弾性、弾性)

その他、検査履歴、検査コントロールとしてご利用いただけます。

**差分解析の作業フロー**

- 現場計測 点群の取得
- データ合成
- 解析ソフト インポート
- 前処理 ノイズ処理 部位仕分け
- TINモデル作成
- 差分解析
- 詳細解析
- データ整理 とりまとめ

現場/点群データ計測      内業/解析ソフト MEMOREAD

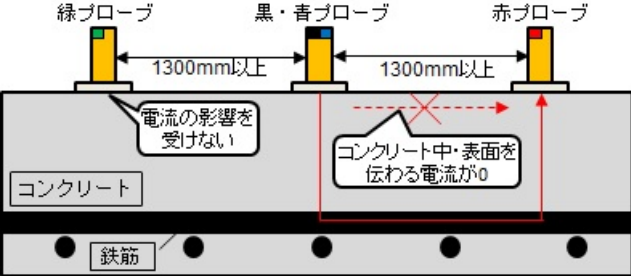
**現場計測**

- 点群データ
- 点群から3Dモデル作成 (基準面モデル)
- ①と②を比較した差分解析

## 1. 基本事項

技術番号	BR020038-V0125			
技術名	コンクリート中鉄筋の腐食測定機「Dr.CORR」			
技術バージョン	Type1	作成:	2025年3月	
開発者	東京理科大学 / 港湾空港技術研究所 / 飛島建設株式会社 / クリアパルス株式会社			
連絡先等	TEL: 04-7198-1101	E-mail: yasuaki_kaneko@tobishima.co.jp	飛島建設株式会社 研究開発グループ 金子泰明	
現有台数・基地	数台 (受注生産およびレンタルを基本とする)	基地	東京都大田区中央6丁目25番17号 クリアパルス(株)	
技術概要	腐食測定機Dr.CORR(ドクターコロ)は、電気化学インピーダンス法によってコンクリート中鉄筋の腐食状態を判定する装置である。専用のソフトウェアを用いて測定結果を解析することで、分極抵抗および腐食速度を算出し、設定された基準から腐食の程度を判定する。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台,基礎) 路上(高欄) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他,翼壁) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他	その他(コンクリート中鉄筋の腐食)	
		共通		
検出原理	電気化学インピーダンス法 インピーダンスは交流回路での電位と電流の比(電位/電流)である。			
検出項目	電位および電流			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		① 測定装置(電流印加装置) ② プローブ×3 ③ 接続ケーブル×4 ④ 粘着導電性ゲル ⑤ 測定用PC	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	人力	
	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)	-		
設置方法	・プローブを設置する箇所に対して散水, 15分静置する ・粘着導電性ゲルを用いて対象面にプローブを貼り付ける		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	・測定装置 寸法_199×140×80mm、重量_1kg ・測定プローブ 寸法_34.5×18.5×81mm、重量_60g ・測定装置とプローブとの接続用ケーブル 長さ_3m		
センシングデバイス	-		
計測原理	Dr.CORRは、電気化学インピーダンス法によって腐食速度を求めている。電気化学インピーダンス法は、コンクリート中鉄筋の腐食状態を把握する方法のひとつであり、コンクリート中の鉄筋に交流電流を印加した際の鉄筋とコンクリート表面の電圧の変化を測定し、得られた電流および電圧を解析することで鉄筋の腐食速度を算出する方法である。 測定には3つのプローブを使用し、測定箇所に設置する「黒・青プローブ」、電位の基準となる「緑プローブ」、印加した電流を受ける「赤プローブ」で構成されている。  【腐食速度算出までの手順】 ・黒・青プローブと赤プローブ間に交流電流を印加する。 ・黒・青プローブにて、交流電流の周波数ごとに電位と電流を測定し、インピーダンスを算出する。 ・測定結果を解析することで、分極抵抗および腐食速度を算出する		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・黒・青プローブと赤プローブ間に流れる電流が全て鉄筋に流入する必要があり、緑プローブが電流の影響を受けない必要があるため、プローブ間の距離を1300mm以上離す。 ・有機系の表面被覆材などが施工されている場合、鉄筋に電流が流れないので測定不可。(プローブ設置箇所の被覆を除去することで測定可能となる) ・同様の理由でエポキシ樹脂塗装鉄筋の測定も不可。 		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・パソコンを充電しながらの測定 ・交流電源との接続 どちらも測定ノイズが大きくなる		
計測装置	【事前準備】 ・鉄筋の位置出し(かぶり, 鉄筋径, 鉄筋間隔の調査) ・測定箇所の散水(散水後, 15分湿潤状態を保持) 【測定準備】 ①測定装置とプローブの配線 ②給電方法の選択(パソコンまたはモバイルバッテリー) ・モバイルバッテリーから給電する場合は、バッテリーと装置本体をケーブルで接続 ③測定装置とパソコンの配線 ④プローブに粘着導電性ゲルを塗布 ⑤プローブの貼付け		

計測プロセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定箇所の直上に黒・青プローブを設置</li> <li>・測定対象と導通している鉄筋直上に赤プローブおよび緑プローブを設置(各プローブ間は1300mm以上離して設置)</li> </ul> <p>【測定】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①パソコン上でソフトウェアの起動</li> <li>②ソフトウェアの設定:測定周波数などを設定</li> <li>③かぶり・鉄筋径・鉄筋間隔の値を入力(空欄でも測定は可能であり,後日解析することも可能)</li> <li>④測定:測定ボタンを押下することで自動的に測定開始</li> <li>⑤データの保存:データ形式はrawとcsv(ソフトウェア上でデータを表示する場合はrawを読み込み)</li> <li>⑥ソフトウェアの終了</li> </ol> <p>【片付け】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①プローブの撤去</li> <li>②粘着導電性ゲルの除去:構造物に付着したゲルの除去</li> <li>③機器の収納</li> </ol>	
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ソフトウェア内で分極抵抗および腐食速度を表示.</li> <li>・腐食速度の値から,設定した基準に対して腐食の程度を判定する. 腐食程度の判定基準は,初期設定でCEB(ヨーロッパコンクリート委員会)の値が入力されているが,任意での設定も可能.</li> <li>・データはrawおよびcsv形式で保存される(rawファイルはソフトウェアで読み込む際の形式)</li> </ul>	
耐久性	防塵・防水性なし	
動力	パソコンバッテリーまたはモバイルバッテリー 必要能力:+5V / 250mA	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	外部バッテリーを使用するため,その容量による例) 12000mAhのバッテリー(フル充電)で約18時間使用可能	
データ収集・通信装置	設置方法	-
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	-
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(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(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	測定する周波数範囲によって測定時間は変化する 例)6.31mHz~200Hzの測定では、測定時間約15分	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	<ul style="list-style-type: none"> <li>腐食検出率:85.7%</li> <li>腐食的中率:100%</li> <li>未腐食検出率:92.3%</li> <li>未腐食的中率:100%</li> </ul>	検出項目【腐食の有無】 ・腐食検出率(%) 腐食と判定され、目視で腐食が確認された個数 / 目視で腐食が確認された個数 =85.7%(6か所 / 7か所) ・腐食的中率(%) 腐食と判定され、目視で腐食が確認された個数 / 腐食と判定された個数 =100%(6か所 / 6か所) ※腐食速度が0.002286(mm/年)以上の場合を腐食と判定した。(CEBの基準を参照)  ・未腐食検出率 未腐食と判定され、目視で腐食が確認されなかった個数 / 目視で腐食が確認されなかった個数 =92.3%(12か所 / 13か所) 未腐食的中率 未腐食と判定され、目視で腐食が確認されなかった個数 / 未腐食と判定された個数 =100%(12か所 / 12か所) ※腐食速度が0.002286(mm/年)未満の場合を未腐食と判定した。(CEBの基準を参照)	
		標準試験値	未検証	-	
		4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
	標準試験値		-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	インピーダンスが測定可能な周波数範囲: 1.00mHz~200Hz 交流電圧:0mV~1250mV かぶりの交流インピーダンスが125kΩ以下	コンクリート表面もしくは鉄筋表面が絶縁されている場合は測定不可	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
性能値	電位のS/N比:10.4dB 電流のS/N比:10.3dB		100mHzでの値		
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	電位の分解能:0.5mV 電流の分解能:7.6nA	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	人の出入りが可能な場所	-
	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	-	-
	道路規制条件	-	-
	塗装剤条件	・コンクリート表面に有機系の塗装剤が施工してある場合は測定不可 (表面から鉄筋間が絶縁されている条件)	-
	躯体条件	コンクリート表面に水浮きがないこと コンクリート表面に著しい凹凸がないこと	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	-	-

## 5. 留意事項(その2)

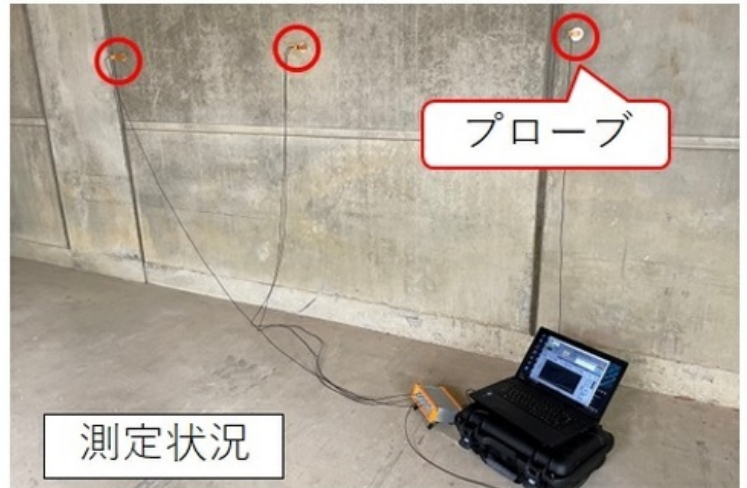
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	測定者1人	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	点検費用	費用は機器購入とレンタルの2ケース ・購入費用(定価):325万円 Dr.CORR(測定装置, 測定プローブ, 接続ケーブル, 粘着導電性ゲル) ・レンタル 基本料金:250,000円 レンタル料金:10,000円/日 保証料:1500円/日	-
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	購入またはレンタルによる使用	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート制あり	-
	センシングデバイスの点検	-	-
	その他	-	-

## 6. 図面

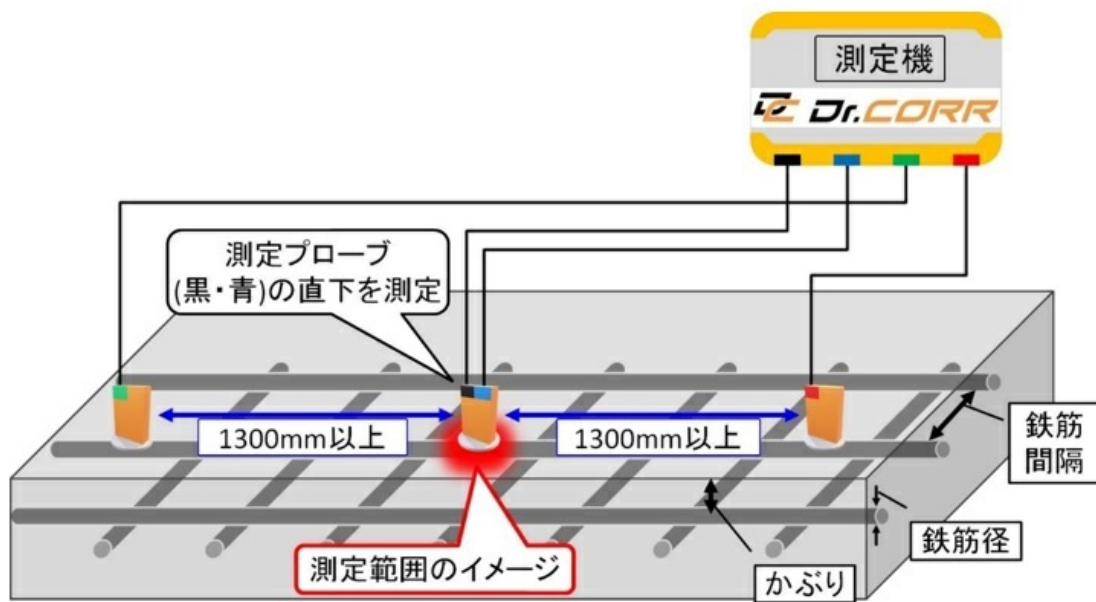


Dr.CORR

(測定装置, プローブ, 粘着導電性ゲル, ケーブル)



測定状況写真



測定のイメージ図

## 1. 基本事項

技術番号	BR020039-V0125			
技術名	コンクリート構造物の内部変状検知における弾性波トモグラフィ法			
技術バージョン	-	作成:	2025年3月	
開発者	・先端インフラメンテナンス研究所(代表) ・株式会社IHI検査計測 ・一般社団法人IPH工法協会 ・京都大学 成長戦略本部 インフラ先端技術産学共同研究部門 ・株式会社CORE技術研究所 ・一般社団法人東海技術センター(五十音順)			
連絡先等	TEL: 06-6367-2310	E-mail: ogura.nori@atim.or.jp	小椋 紀彦	
現有台数・基地	4台	基地	大阪市北区西天満1-2-5 大阪JAビル4F	
技術概要	AEセンサや加速度センサなどを対象構造物の一面に設置し、構造物内部を伝播する弾性波を計測し、各センサで計測した弾性波の波形データ(到達時間差)から変状検知する技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版) 下部構造(橋脚) H形鋼桁橋(床版) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑧漏水・遊離石灰 ⑪床版ひびわれ ⑫うき	
		その他		
		共通		
検出原理	弾性波の伝播速度			
検出項目	内部損傷(空隙、ひびわれ)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・受信センサ(AE・加速度センサ)</li> <li>・弾性波発生(鋼球やハンマーでの打撃)</li> <li>・波形収録機</li> <li>・解析ソフト(ノートパソコン or タブレット端末)</li> </ul>	
移動装置	機体名称	【人力】 計測者が計測機器の設置・撤去・運搬を行う。	
	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・受信センサ:対象構造物の一面に接着剤またはテープにて設置</li> <li>・鋼球:設置なし(計測者が手に持つ)</li> <li>・波形収録機:計測箇所近傍に据え置き。センサと有線接続</li> <li>・ノートパソコン or タブレット端末:波形収録機近傍に設置、波形収録機と有線接続</li> </ul>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AEセンサ:最大外形寸法(径28.6mm×高さ31.5mm)、重量(0.08kgf)、周波数範囲(100~450kHz)</li> <li>・加速度センサ:最大外形寸法(径20mm×高さ30mm)、重量(0.04kgf)、周波数範囲(3Hz~15kHz)※センサは周波数応答によって使い分ける</li> <li>・鋼球、ハンマ:最大外形寸法(径20mm×長さ120mm)、重量(0.02kgf) ※鋼球、ハンマは周波数応答によって使い分ける</li> <li>・波形収録機:最大外形寸法(長さ30cm×幅200cm×高さ15cm(波形収録機)、重量(約2.0kgf)</li> </ul>	
	センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AE(Vallen, PAC社製)・加速度センサ (PAC社製)【接触タイプ】 ※弾性波を感知できるものなら他製品でも適用可能であり、センサは周波数応答によって使い分ける</li> <li>・鋼球、ハンマ ※鋼球、ハンマは周波数応答によって使い分ける</li> <li>・波形収録機 (Vallen, もしくはNI社製)</li> <li>・ノートパソコン or タブレット端末 ※波形収録用ソフトウェアを搭載したPC。WindowsOSのPCなら適用可能</li> </ul>	
	計測原理	AEや加速度センサを対象構造物の一面に設置し、その対面を鋼球で打撃する。打撃点とセンサの間に変状がある場合、弾性波はその変状を迂回してセンサに到達するため、見掛けの伝播速度が低下する。これより、複数の打撃点から各センサへの弾性波伝播速度を計測することで、計測範囲内の変状箇所を特定することができる。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・センサ設置のために計測箇所に近接する必要がある。また、計測箇所から波形収録機までケーブルを配線する必要がある。</li> <li>・母材とセンサの密着性を図るため、センサの設置箇所は平滑しておかなければならない。また、常に水が流れているような湿潤状態ではセンサ設置作業は行えない(湿っている程度なら可能)。</li> <li>・弾性波の収録のため、近傍で強い振動(はつり作業や大型車両の通過等)が伴う場合は計測作業は行えない。</li> </ul>	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測精度向上のため、入力装置およびセンサの設置間隔は適切に設定する必要がある。仮設定した入力装置と受信位置において波線経路を分析、センサの設置間隔などの見直しを逐次行い、対象構造物の特性を踏まえた最適な入力装置および設置間隔を設定する。</li> <li>・計測波形はランダムノイズを含んでいる。SN比(信号雑音比)改善するため、1打撃点あたりの複数回の弾性波を用いて、スタッキング処理(複数回の起振を行い加算する)を行う場合がある。</li> </ul>	
		<p>以下、計測プロセスを示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①仮設定した入力装置と受信位置において波線経路を分析、センサの設置間隔などの見直しを逐次行い、対象構造物の特性を踏まえた最適な入力装置および設置間隔を設定する。</li> <li>②対象構造物の一面にAE・加速度センサを接着剤またはテープにて設置し、計測者が鋼球にて打撃を加え、センサと有線接続された波形収録機およびPCによって計測データを保存する。</li> <li>③計測データにスタッキング処理を行った後、AIC(赤池情報量規準)により弾性波の伝播速度を算出する。</li> <li>④算出された各測線の伝播速度よりコンター図を作成する。</li> <li>⑤作成したコンター図より計測箇所の損傷箇所を判定・評価する。</li> <li>③の詳細工程は弾性波トモグラフィ解析フローに示す。</li> <li>④の工程では、一般的な等高線・3D 地表マップ作成ツール(Surferなど)を使用する。</li> </ol>	

計測プロセス	<pre> graph TD     A[初期データの作成 ・観測走時の計測 ・調査領域のセル分割 ・発振源・受信点位置データの作成] --&gt; B[初期モデルの作成]     B --&gt; C[波線追跡法(Ray Tracing)による 理論走時の計算]     C --&gt; D{残差が許容 誤差以内か?}     D -- No --&gt; E[モデルの修正]     E --&gt; C     D -- Yes --&gt; F[最終速度分布]             </pre>	
	弾性波トモグラフィ解析フロー	
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測された弾性波の波形データはcsvファイルで保存される。</li> <li>解析結果は、計測範囲内の弾性波の伝播速度を色の濃淡で示したコンター図として出力する。コンター図は画像ファイル(jpgやpngファイル)として保存できる。</li> </ul>	
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> <li>AE・加速度センサ: IP50相当</li> <li>波形収録機: IP40相当</li> </ul>	
動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>動力源: 電気式</li> <li>電源供給方法: 外付けバッテリーまたはAC電源 ※ノートパソコンからの電源供給でも起動可能</li> <li>定格電圧: AC100V</li> </ul>	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	24時間以上 (278400mAh/1002Whの外付けバッテリーの場合)	
データ収集・通信装置	設置方法	-
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	計測データはPCに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (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 (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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	空洞検出:部材厚に対して20%の立方体の大きさ	セル内の波線密度:約450波線/m <sup>2</sup> ※波線の長さではなく、波線の通過する数	
		標準試験値	標準試験方法 床版劣化(2025年) 検出率=当該技術で検出した正解損傷面積/正解損傷面積 的中率=当該技術で検出した正解損傷面積/当該技術で検出した損傷面積(誤検出含む) ・検出率:55% ・的中率:22%	・データ取得手段:AEセンサー、舗装上面打撃 ・移動距離:徒歩5m	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	空洞検出:部材厚さ5m程度 ひびわれ検出:部材厚さ20m程度	・セル内の波線密度が約450波線/m <sup>2</sup> となるように、センサを配置 ※波線の長さではなく、波線の通過する数	
	感度	校正方法	コンクリート面に設置したセンサの近傍で弾性波を入力		・20~100kHzの範囲で弾性波を入力
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	センサ感度 AEセンサの場合:53dB 加速度センサの場合:5mV(m/s <sup>2</sup> )	・センサをグリスなどで接着する ・不陸がある場合は、前処理としてケレンを行う
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	-	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 5. 留意事項(その1)

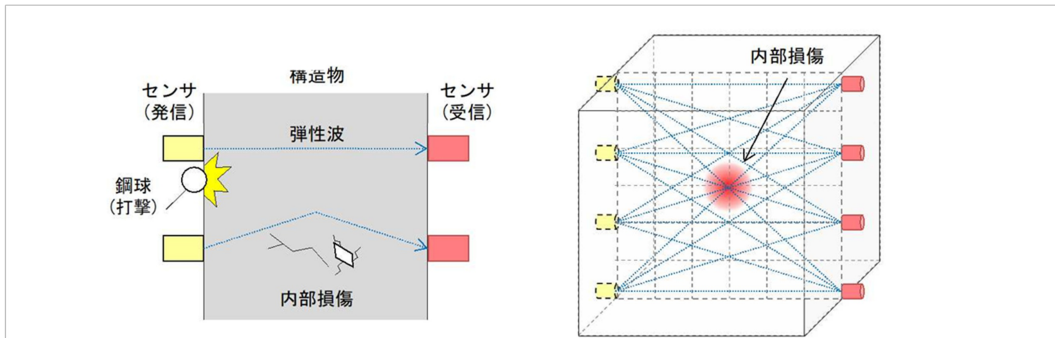
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	センサ設置や計測時、撤去作業時に車道の規制が必要な場合がある	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	高所で計測する場合には、センサを設置するために足場あるいは高所作業車が必要である。	-

## 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)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	コンクリート構造物および弾性波法に精通するもの (業務委託先の実施者)	-
	必要構成人員数	現場責任者1人、計測者2人、合計3名	規制が伴う場合、必要に応じて交通整備の人員が必要
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード:不要	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [5径間連続鋼単純合成桁橋] 橋長 125 m (1径間約25m) 全幅員 5.0 m 部位・部材 [床版(1パネル)2m×5m ] 検出項目 [伝播速度 ] 設置箇所数 [ 18 ] 計測頻度 [ 5回 ] 計測期間 [ 1日 ] ＜費用＞ 合計 800,000円(業務委託の場合)	・現場での作業人員は同じと想定 ・計測時の機械経費で比較
	保険の有無、保障範囲、費用	加入していない	-
	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	業務委託(開発者である5社が実施する)	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
	センシングデバイスの点検	・各センサおよび波形収録装置は使用前点検を実施する。作業開始前に計測機器の動作を確認し、各部が正常であることを確認する。異常が確認された場合は、予備の部品と交換する。 ・1年ごとにメーカーが定めた校正を実施する。	-
その他	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等 ・解析ソフト:自社開発ソフトを使用 ・必要作業:担当者による解析作業 ・費用:計測費に含む	-	

6. 図面

計測概要、イメージ



設置状況、機器一覧



センサ設置後

BNCケーブル接続



計測機器類

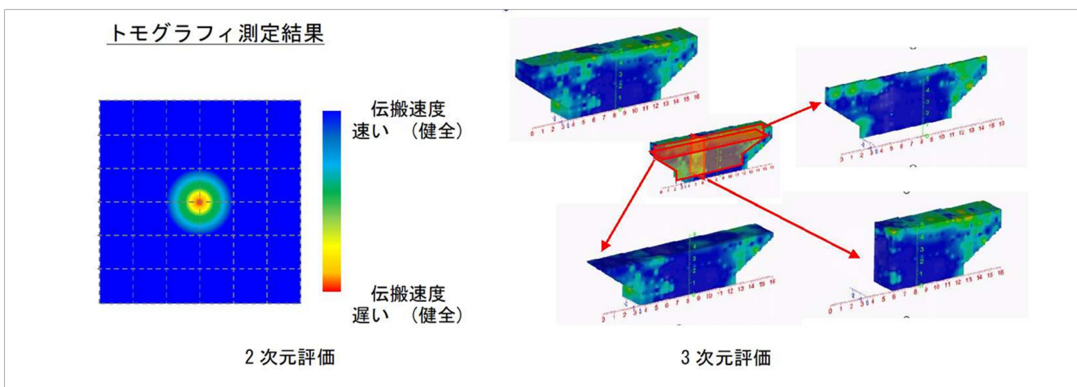


センサ設置状況



鋼球・ハンマ

トモグラフィ測定結果



## 1. 基本事項

技術番号	BR020040-V0125			
技術名	床版内部健全度マッピング			
技術バージョン	-	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社 東芝 (共同研究者 国立大学法人京都大学)			
連絡先等	TEL: 050-3180-4278	E-mail:	nomura.kenichi@toshiba-tpsc.co.jp 東芝プラントシステム株式会社 産業システム事業部 施設営業部 野村 賢一	
現有台数・基地	2台	基地	神奈川県川崎市	
技術概要	橋梁床版の土砂化等の内部変状を、交通荷重に伴い発生する弾性波を用いて検知する技術。床版下面に設置したAEセンサの検出データに基づき、床版内の健全度および変状の平面位置をマップ状に表して可視化する。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑪床版ひびわれ ⑫うき	
		その他	その他(床版の土砂化)	
		共通		
	検出原理	弾性波の振動速度		
検出項目	弾性波源の密度分布			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・AEセンサ</li> <li>・多チャンネルAE信号収集装置</li> <li>・分析用PC</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	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	<p>センサホルダや接着剤等を使用して、センサ面が床版下面に接触するようにAEセンサを設置する。センサ面はグリースなどのカプラントを介して床版下面に接触させる。</p> <p>同軸ケーブルにより、AEセンサと多チャンネルAE信号収集装置を接続する。</p> <p>PCは多チャンネルAE信号収集装置に接続する。</p>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	AEセンサ: Φ23.5×39.5 mm (50kHz共振型プリアンプ内蔵)	
	センシングデバイス	AEセンサ: 50kHz共振型	
	計測原理	<p>1. 床版下面に複数のAEセンサを設置し、床版を車両が通行した際に発生する弾性波を計測し、データを蓄積する。</p> <p>2. 個々の弾性波が各AEセンサに到達した時刻差より、各弾性波が発生した位置を標定する。</p> <p>3. 十分な時間(2時間程度)のデータを蓄積することにより、計測領域において検出された弾性波源の位置の分布が得られる。</p> <p>4. 損傷領域では、弾性波の伝搬が妨げられ、標定される弾性波源が少なくなるため、3. で得られた弾性波源の位置の分布において、密度が低い領域を損傷領域と判定することができる。</p> 	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<p>AEセンサ設置のため、床版下面に近接する必要がある。</p> <p>信頼性のあるデータとするためには、一定台数以上の車両通行が必要。交通量の少ない路線では計測時間を長くとる必要がある(例として走行台数500台以上)。</p>	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<p>信頼性のあるデータとするためには、一定台数以上の車両通行が必要。交通量の少ない路線では計測時間を長くとる必要がある(例として走行台数500台以上)。</p> <p>設置したAEセンサのセンサ面が、計測対象の表面に適切に接触しているか確認することが望ましい。接触状態の確認としては、設置したAEセンサ近傍においてシャープペンシル芯圧折(PLB)法や打撃を行い、検出感度が得られていることを確認する。</p> <p>損傷位置に対するセンサ位置を考慮して適切に評価する必要がある。</p>	
	計測プロセス	<p>1. 【センサ設置】床版下面にAEセンサを設置し、配線する。</p> <p>2. 【計測】一定時間、交通により発生する弾性波を計測する。</p> <p>3. 【データ処理】得られたデータから、個々の弾性波源の位置を標定し、弾性波源の密度分布を算出する。</p> <p>4. 【評価】密度分布より、高密度領域ほど健全、低密度領域ほど損傷が進んでいるとして、健全度マップを生成し床版内部の健全度合の評価を行う。</p> 	
アウトプット	<p>計測データ: データベースファイル(sql)</p> <p>計測データは分析用PCにて、床版内部の健全度合を平面的に示した健全度マップに変換される。</p>		
耐久性	-		

	動力	AEセンサ:28Vをプリアンプに供給(多チャンネルAE信号収集装置より供給)
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	多チャンネルAE信号収集装置:ポータブル電源(1346Wh)使用時、7時間程度。
データ収集・通信装置	設置方法	多チャンネルAE信号収集装置、ノートPC:平滑な地面に雨滴等の影響を受けないように設置する。
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	多チャンネルAE信号収集装置:480x170x510mm・10kg ノートPC:300x200x20mm・2kg程度
	データ収集・記録機能	記録メディア(HDD、SSDなど)に保存
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	AC100V/バッテリー
	データ収集・通信可能時間(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	検出率:100%(4/4) 的中率:100%(4/4)	5種の供試体で内在損傷を検出。 ・健全供試体 0/0 (損傷未検出) ・土砂化 1/1 ・スチレンボード挿入(模擬水平ひびわれ)1/1 ・空隙(水平ひびわれ)1/1 ・滞水ひびわれ 1/1	
		標準試験値	標準試験方法 床版劣化(2025年)  検出率=当該技術で検出した正解損傷面積/ 正解損傷面積 的中率=当該技術で検出した正解損傷面積/ 当該技術で検出した損傷面積(誤検出含む)  ・検出率:86% ・的中率:76%	・データ取得手段:AEセンサー、舗装上面打撃 ・移動距離:徒歩5m	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	RC床版スラブ厚:0 - 300mm 対応舗装厚:0-100mm	床版下面から床版上面の変状(土砂化など)を検出。深さ方向の範囲内にある変状を累積して2次元平面に投影した形でマップ上に表示する。	
	感度	校正方法	センサ設置後、センサ感度の確認を行う。		各センサの感度ばらつきが6dB以内に収まるように調整する。
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 5. 留意事項(その1)

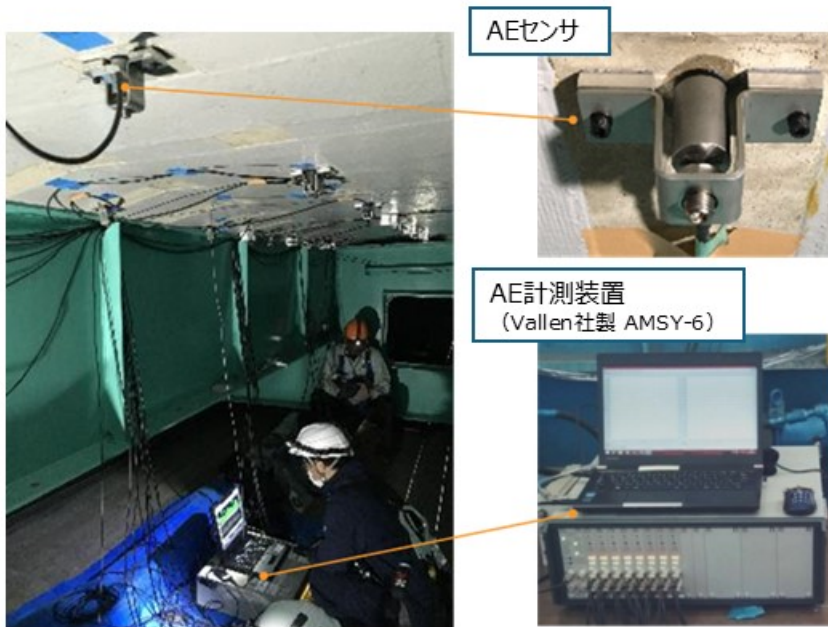
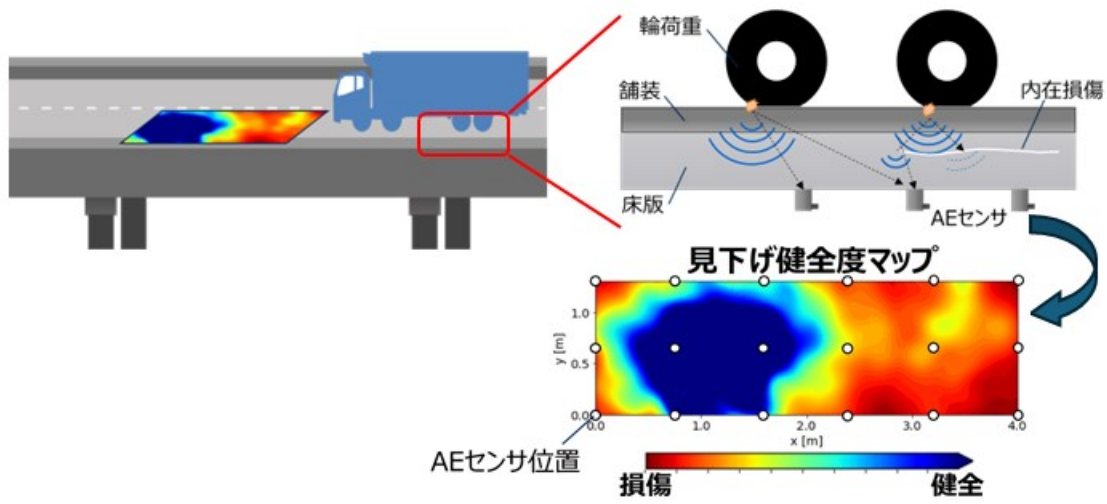
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	センサ設置のために、床版下面に近接可能であること。	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高所の場合は、床版近接のために、足場や高所作業車等が必要。</li> <li>・コンクリートにおける弾性波の減衰を考慮して、センサ間隔を1m以内程度に設定する。センサで囲んだ内側の範囲について健全性を評価する。</li> </ul>	-

5. 留意事項(その2)

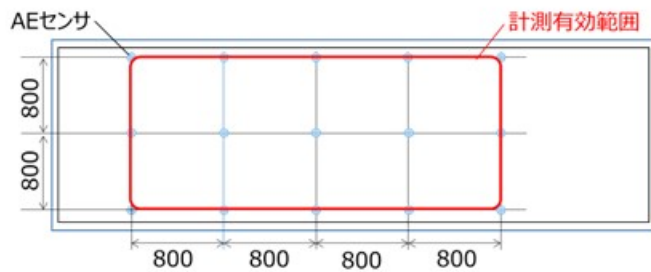
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	計測員 2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード:多チャンネルAE計測装置とPCを置く範囲として2m×2m程度	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [鋼橋/Co橋] 橋長[30m] 全幅員[10m] 部位・部材[コンクリート床版] 活用範囲[10]㎡ 計測頻度 [ 1回 ] 計測期間 [ 2日 ](事前準備含む) <費用> 合計 1,450,000円 (内訳) ・現場計測作業 850,000円 ・データ解析・報告書作成 600,000円 但し、消費税、現場調査費、足場設置費、間接工事費、旅費交通費、諸経費は含まないものとする。	-
	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	業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-(業務委託のため)	-
	センシングデバイスの点検	社内点検(1回/年)	-
その他	-	-	

## 6. 図面

技術概要・計測の様子



**AEセンサ配置例 (センサ間隔800mm、3 x 5列)**



## 1. 基本事項

技術番号	BR020041-V0125			
技術名	RC床版劣化・損傷検出システム(鉄筋コンクリート内部ひびわれ検出システム)			
技術バージョン	なし	作成:	2025年3月	
開発者	技建開発株式会社 国立大学法人東海国立大学機構			
連絡先等	TEL: 0265-52-0511	E-mail: eigyobu@gkc.co.jp	長野県飯田市北方1313-2	
現有台数・基地	1	基地	長野県伊那市下新田3040-1	
技術概要	本技術は、電磁波レーダを搭載した車両を用いて、一般交通の中を走行しながら橋梁床版の電磁波データを取得し、そのデータを用いて、機械学習分析手法によりコンクリート床版内部のひびわれ、土砂化の損傷推定範囲を検出する技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ①床版ひびわれ	
		その他	その他(土砂化)	
共通				
検出原理	データ形式として、1走査の計測内での整列された位置情報(x,y,zの3次元位置に対応する情報)および位置情報にリンクした電磁波計測情報が含まれた、csv形式にて保存および出力されたデータ。			
検出項目	コンクリート床版内部のひびわれ、土砂化			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測機器は計測装置(地中電磁波レーダ)と一体構造となっている移動装置(車両等)を用いて、電磁波を床版に照射し反射応答を捉えてデータ取得を行うものである。また、移動装置には走行位置確認のためのRTK-GNSSや路面および周辺状況を撮影する全周囲カメラ装置も搭載している。取得したレーダデータは、位置情報、撮影映像と共に車載されているPCに記録される。	
移動装置	機体名称	CQドクター	
	移動原理	(車両型・手押型) 計測装置の地中レーダ装置を車両中央の下部に設置し、地中レーダ装置から電磁波を床版に照射し非破壊による調査を行うものである。移動装置と計測装置は一体となっており、電磁波の反射応答値は車載しているPCに記録される。	
	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	①トラックタイプ 【車両】 ・長さ:620cm ・幅(地中レーダ含む):210 or 240cm※ ・高さ:250cm ※使用するレーダにより異なる ・車両総重量:4475kg 【車両基地】 ・愛媛県 松山市 ②SUVタイプ 【車両】 ・長さ:480cm ・幅(地中レーダ含む):190cm ・高さ:230cm ・車両総重量:2465kg 【車両基地】 ・長野県 飯田市 ③軽自動車タイプ 【車両】 ・長さ:340cm ・幅(地中レーダ含む):150cm ・高さ:280cm ・車両総重量:1220kg 【車両基地】 ・愛媛県 松山市 ④カートタイプ(手押し) 【車両】 ・長さ:230cm ・幅(地中レーダ含む):120cm ・高さ:110cm ・車両総重量:100kg ・総排気量:- ・燃料:- 【車両基地】 ・東京都 足立区	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	①トラックタイプ ・燃料:軽油 ・総排気量:2.99L ②SUVタイプ ・燃料:軽油 ・総排気量:2.69L ③軽自動車タイプ ・燃料:ガソリン ・総排気量:0.65L ④カートタイプ(手押し) ・燃料:- ・総排気量:-	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
設置方法	①~④共通 ・移動装置と一体型(取り外しが可能)		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
センシングデバイス	①トラックタイプ ・メーカー:Kontur社 ・探査幅:180 or 210cm※ ・出力方式:ステップ周波数 ※使用するレーダにより異なる ・周波数:200-3000MHz ・チャンネル数:24 or 28 ②SUVタイプ ・メーカー:Kontur社 ・探査幅:150cm ・出力方式:ステップ周波数 ・周波数:30-4500MHz ・チャンネル数:20 ③軽自動車タイプ 2-3-305 ・メーカー:Kontur社 ・探査幅:90cm ・出力方式:ステップ周波数 ・周波数:200-3000MHz ・チャンネル数:12		

		<p>④カートタイプ(手押し)                  ・メーカー:Kontur社 ・探査幅:90cm ・出力方式:ステップ 周波数                  ・周波数:200-3000MHz ・チャンネル数:12</p>
計測原理		<p>路面画像                  車両後方に搭載した全周囲カメラによって、車両全周囲を延長方向に連続的に撮影する。この全周囲画像から、路面画像を抽出する。</p> <p>電磁波データ                  路面に向かって電磁波を発信し、電気的特性(比誘電率)の異なる境界面で発生する反射信号を波形と強度の大小に応じて、256階調のモノクロのコンター画像(平面図・縦断面図・横断面図)に変換する。具体的には、データ変換処理ソフトウェア(Kontur社製)で「反射信号のノイズ除去→反射信号の強度(反射強度)をコンター画像に変換→複数回の測定によるコンター画像の結合→反射強度出力」を行う。</p> <p>横断面図は、アンテナ内部に搭載した送受信素子により、橋軸直角方向にチャンネル数に応じた数を7.5cm間隔で取得する。縦断面図は、橋軸方向に3cm~5cm間隔で取得する。</p> <p>また、電磁波は、30MHz~4.5GHz間の周波数を高速で段階的に切り替えて発信することで深度方向に平面図を3mm~6mm間隔で取得する。これにより、舗装および床版を3次元で捉えて評価することが可能である。</p> <p>幅員に応じて、複数回の測定を行う。例えば、幅員3.5m、電磁波レーダの有効探査幅1.5mの場合、3回測定する。</p>
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・路面に流水、滞水、凍結水が見られる状態で計測を行わないこと。</li> <li>・床版上面に鋼板、炭素繊維、鋼繊維コンクリートなどマイクロ波が透過しない材料を使用していないこと。</li> </ul>
精度と信頼性に影響を及ぼす要因		<ul style="list-style-type: none"> <li>・床版上面の断面修復跡は、波形データが周囲の床版と異なる場合があるため、損傷と検出する可能性がある。</li> <li>・局所的な舗装の補修跡は、波形データが周囲の舗装と異なる場合があるため、損傷と検出する可能性がある。</li> <li>・床版上面に金属系補強板がある場合、補強板以下に電磁波が透過しないため、損傷と検出する可能性がある。</li> <li>・床版防水層の接着不良による空気層及び滞水は、床版上面と同位置であるため、床版上面の状態が的確に検出できない場合がある。</li> </ul>
計測装置		<p>1. 準備工程                  (1)PCに技術活用に必要なアプリをインストールする。                  (2)埋設物がない健全なコンクリート試験体を作成し、十分に自然乾燥させた試験体に対して、調査に使用する電磁波レーダ機器で計測しデータの取得を行う。また計測は機器設定を調査使用時と同条件で行う。なお、取得したデータは探査車(電磁波レーダ機器)の基礎データとして、機械学習用入力データを作成する際に活用する。                  (3)試験体の条件については、幅500mm×長さ800mm×高さ(厚み)200mm以上を推奨とする面的広さと厚みをもつ大きさで、表1に示す配合と同等のコンクリートを使用して作成する。乾燥条件としては、十分に内部まで乾燥した状態の試験体を計測対象とするため、養生期間終了後、屋内で3週間以上の自然乾燥(RH70程度)を行う。</p> <p>2. データの移行                  (1)電磁波レーダにより取得した計測データをCSV形式で出力する。                  (2)USB接続可能な電子記憶媒体を用いてレーダ機器からデータを取り出し、解析を行うPCへデータを取り込む。</p> <p>3. 解析データの作成                  (1)計測データの内容を確認しデータ内部の配列を変更する(マクロ処理)。データのサイズに応じて多行列データ編集アプリを活用した後マクロ処理を行う。                  (2)配列を変更したデータを用いて、機械学習ソフト用の入力データを作成する(マクロ処理)。また、入力データについては、探査対象の領域(深さ方向)を指定して作成する。                  (3)マクロ処理による入力データの作成手順については、はじめに埋設物がない健全なコンクリート試験体の電磁波波形データ、測定対象の測定点の電磁波波形データをそれぞれフーリエ変換し、パワースペクトルデータを作成する。次に、電磁波波形データ、パワースペクトルデータそれぞれで、埋設物がない健全なコンクリートのデータと測定対象の測定点のデータの二つのデータを用いて共分散と積率相関係数を算出する。その後、得られた四つのデータを4次元の入力データとして作成する(機械学習の入力データ作成)(図1参照)。                  (4)計測対象を複数の測線(走査)で計測した場合は、各測線ごとの入力データに名前付けを行い、1つのデータに統合する。</p> <p>4. 解析・解析結果作成                  (1)機械学習ソフトに作成した入力データを読み込ませ、規定の作業により機械学習ソフトによる分類処理を行う(SOM処理)。この方法により、データ処理方法に基づく一定の分類カテゴリーによるマッピングを次点以降の手順で行い、一定の類似性のあるカテゴリーであるクラスターを自動算出する。また、自動算出による分類結果は、分類データ群ごとにデータをExcelのワークブックとして出力・保存する。                  (2)複数の測線がある場合は、分類結果内のデータをさらに測線ごとに振り分けを行う(マクロ処理)。                  (3)分類結果のデータを用いて、描画アプリに合わせた形式の描画用データを作成する(マクロ処理)。                  (4)描画アプリに描画用データを読み込ませ、解析結果(対象領域の平面分布のコンター)を表示させ、結果を視覚的に確認可能な状態にする(マッピング処理)。                  (5)複数の測線がある場合は、測線ごとの描画結果を結合する。</p> <p>5. 異常箇所の判定                  (1)コンターの分布に規則性がない特定の色の集合の領域を解析結果より選定する。                  (2)楕円(円形)に近い形状の色の集合の領域を解析結果より選定する。                  (3)選定した領域について全体像から分布・分布形状の再確認を行い、異常箇所と判断し報告対象とする。</p>



計測プロセス

表1 コンクリート配合例

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
		W	C	S	G	AE (liter/m <sup>3</sup> )
57	44.2	161	283	793	1022	2.83

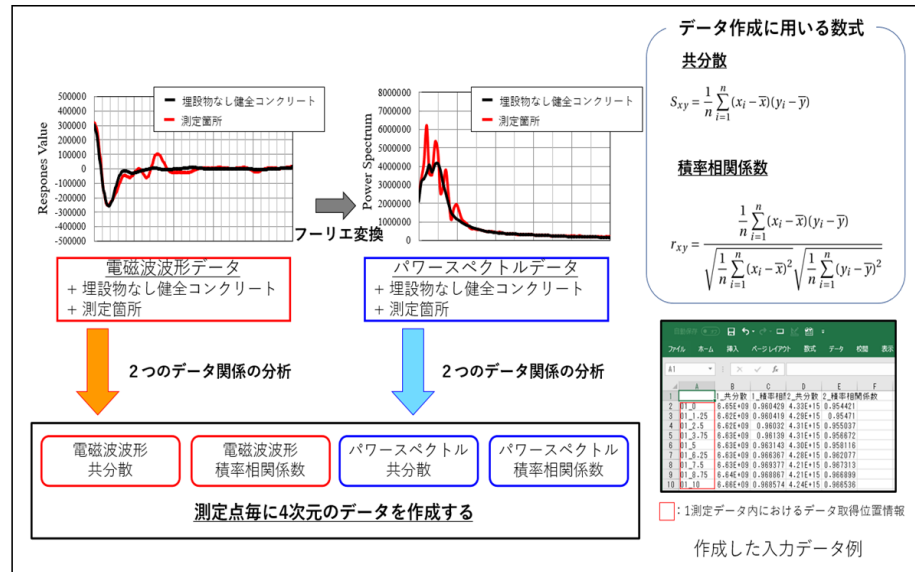
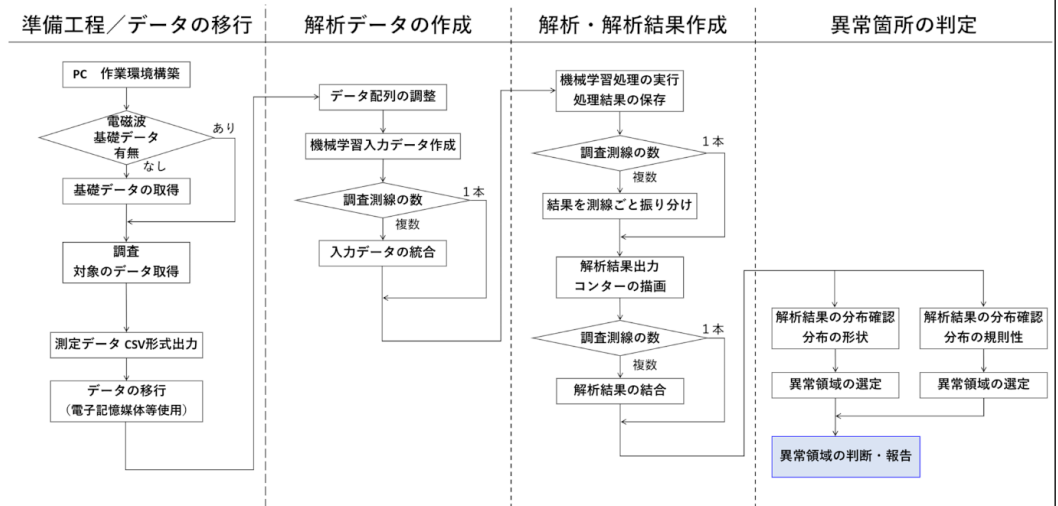


図1 機械学習用のデータ作成イメージフロー

技術の適用方法 (フロー)



アウトプット

- ・地中レーダデータ
- ・GNSSデータ
- ・路面映像画像
- ・周辺映像画像

耐久性

-

動力

-

連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)

-

設置方法

・移動装置と一体型

外形寸法・重量 (分離構造の場合)

-

データ収集・記録機能

・データは車両に搭載したPCに保存する。

通信規格 (データを伝送し保存する場合)

-

セキュリティ (データを伝送し保存する場合)

-

動力

・移動装置の電力より供給。

データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)

-

データ収集・通信装置



## 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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		
		標準試験値	-		
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・模擬ひびわれ試験体における正誤率 境界部周辺:99.4% 鉄筋周辺 :96.2% ・模擬土砂化試験体における正誤率 境界部周辺:94.2% 鉄筋周辺 :96.2%	・2022年当社での試験結果 ※アスファルトあり ※設計上の模擬試験体でのメッシュ判定と当技術の分析結果でのメッシュ判定の重複したメッシュ数 / メッシュ総数(7.5cmピッチのため12×13)×100(%)	
		標準試験値	標準試験方法 床版劣化(2025年) 検出率=当該技術で検出した正解損傷面積 / 正解損傷面積 的中率=当該技術で検出した正解損傷面積 / 当該技術で検出した損傷面積(誤検出含む) ・検出率:89% ・的中率:56% 損傷区分別 ・土砂化(深淺の区分なし) 検出率=90% 的中率=53% ・土砂化(深) 検出率=0% 的中率=0% ・土砂化(淺) 検出率=0% 的中率=0% ・滯水 検出率=100% 的中率=59% ・水平ひびわれ 検出率=76% 的中率=59%	・データ取得手段(移動手段):人力、徒歩 ・移動距離:レーダー5m、徒歩5m(4分割で計測)	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		
		標準試験値	-		
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		
		標準試験値	-		
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		
	感度	校正方法	-		
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-		
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
性能値		-			
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	2-3-309			

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

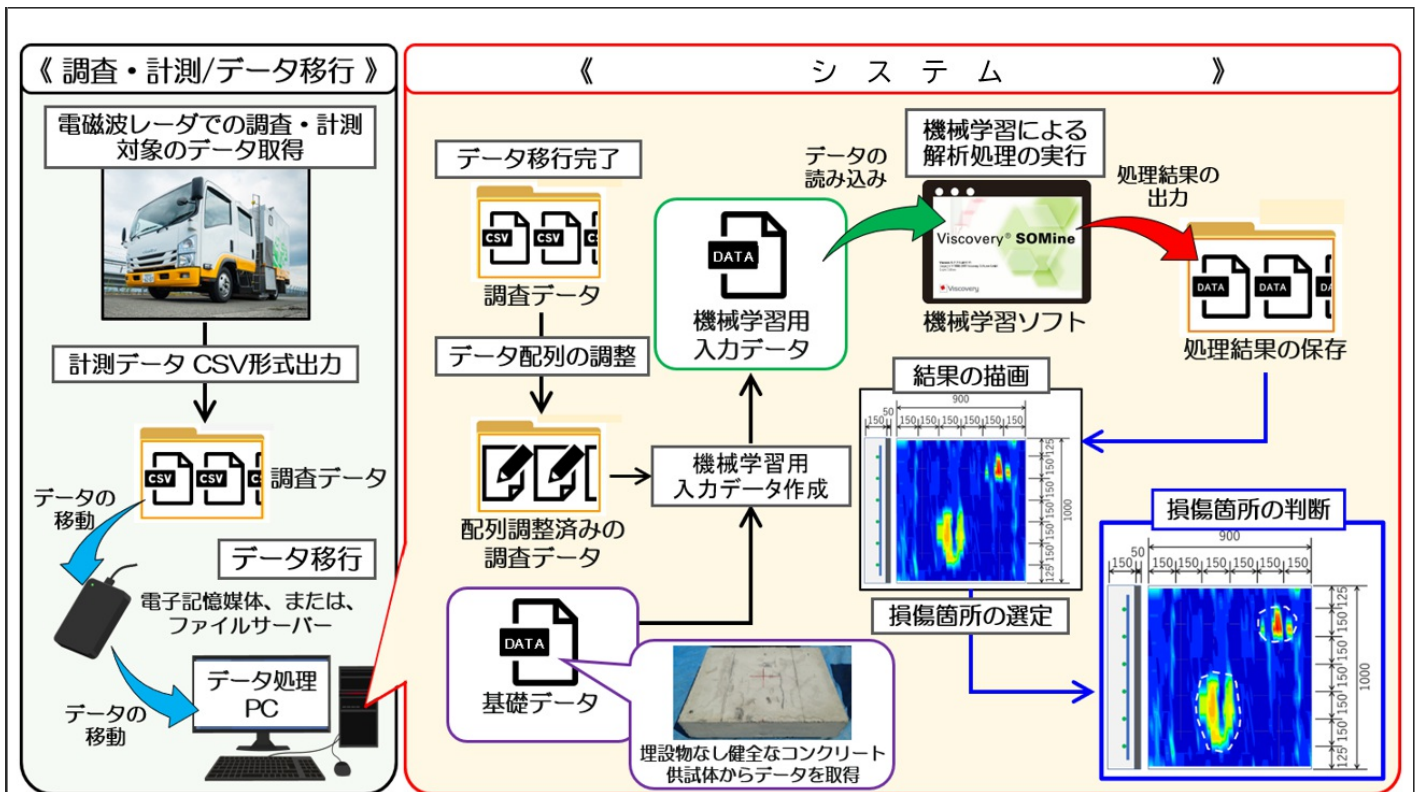
## 5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	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	-	-
	道路規制条件	-	-
	塗装剤条件	--	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>・過去、補修が行われた際に、電磁波を阻害する鋼繊維、炭素繊維を含む補修材が使用されている計測データは、適当な解析結果を得ることが困難である。</li> <li>・探査車(電磁波レーダー機器)が安定した状態で計測を行っていないデータを使用した場合は、適当な解析結果を得ることが困難である。</li> <li>・路面に流水、滞水、凍結氷が見られる状態の計測データは、適当な解析結果を得ることが困難である。</li> </ul>

## 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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	特に必要なし	-
	必要構成人員数	解析技術者:1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	オフィス等	-
	点検費用	アスファルト舗装(橋長45.8m、幅員5.3m、舗装厚60mm、面積243㎡) 合計費用135,768円 内訳:解析費、技師C3人 106,800円(R5技術者単価) 機械経費 9,000円 システム使用料 19,968円	現場条件により変動する。年度により技術者単価は変動する。
	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	業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポートあり	-
	センシングデバイスの点検	-	-
	その他	-	-

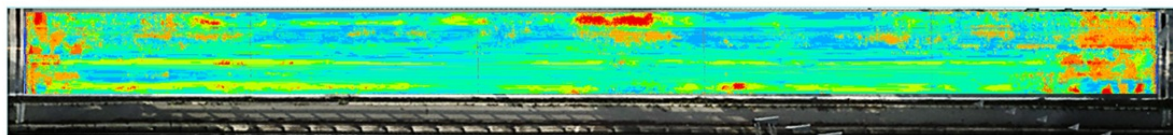
6. 図面



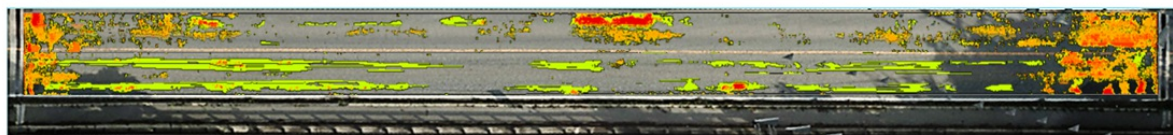
調査対象橋梁の上空視点(オルソ)画像



機械学習処理後の分布画像



損傷予想箇所の分布画像(選定判断後)

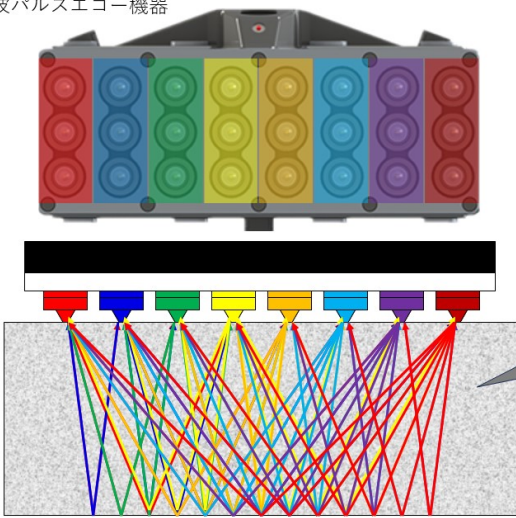


※画像中の着色は、特定の損傷の種類・損傷の強度を示すものではありません。

## 1. 基本事項

技術番号	BR020042-V0125			
技術名	PCグラウト充填を確認する超音波パルスエコー法			
技術バージョン	なし	作成:	2024年3月	
開発者	川田テクノロジーズ株式会社 株式会社フルテック 株式会社リンクビジョンアソシエイツ			
連絡先等	TEL: 070 8691 1930	E-mail: m-tujukado@kawada.co.jp	川田テクノロジーズ株式会社 辻角学	
現有台数・基地	2セット	基地	東京都北区	
技術概要	本技術は、電磁波によりPC鋼材位置を探索し3次元処理したうえで、当該箇所超音波パルスを複数の探触子から発し反射波の大きさと位相からグラウトの充填状況を把握するものである。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版)		
	損傷の種類	鋼	-	
		コンクリート	-	
		その他	-	
		共通	-	
検出原理	超音波			
検出項目	反射波(大きさ・位相)			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁波レーダー探査器(PC鋼材, 鉄筋位置を検出し可視化)</li> <li>・超音波パルスエコー探査器(PCグラウトの充填不良を検出)</li> <li>・タブレット型PC(互換性のあるiPadを利用, 探査器のコントロールと結果表示)</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	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)	-		
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁波レーダー: ハンドル部分を持ちながら測定面を前進させる。</li> <li>・超音波パルスエコー: ハンドル部分を持って計測箇所押し当てる。</li> <li>・タブレット型PC: 補助員が保持し, 結果を確認しながら探査機のコントロールを行う。</li> </ul>		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁波レーダー: 検査対象により大小を使い分けるが, 最大で幅0.415m, 重量3.0kg程度</li> <li>・超音波パルスエコー: 幅0.43m, 重量2.8kg程度</li> </ul>		
センシングデバイス	環境光センサー(Ambient light sensor)、パロメーター、GPS/GNSS内臓		
計測原理	<p>電磁波レーダー:                  ・照射した電磁波が金属に伝播しない原理を利用して, 反射波から鋼材位置を把握し3次元合成処理して可視化を行う。</p> <p>超音波パルスエコー:                  ・20~80kHzの横波の超音波パルスを複数の探触子から順次発し, コンクリート中の空隙からの反射波を3次元合成処理し可視化を行い, 反射波の大きさと位相からPCグラウトの充填, 未充填を判定する。</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">超音波パルスエコー機器</p> </div> <p style="border: 1px solid gray; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;">受発信端子24個(8列×3点)から, 列ごとに超音波パルスを発し, 他列の端子で受信する, を順次繰り返す。</p>		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<p>以下, これまでの計測から経験的に得られた知見として,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・概ね部材厚600mm以下に適用できる. 2400mmまで可能であるが精度が低下する。</li> <li>・表面の凹凸には対応できるが, ひびわれ, 豆板, はく離のような測定箇所近傍に空隙がある場合には, 精度が低下する。</li> </ul>		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	コンクリートに内部に他の欠陥が多いなど, 探査対象以外の空隙がある場合には, これに超音波が反応するため, PCグラウトの充填不良を検出する精度が低下する。		
計測装置	<ol style="list-style-type: none"> <li>①電磁波レーダーによる探査を行い, PC鋼材位置や鉄筋位置を把握する。</li> <li>②現地にて上記探査結果を構造物自体にAR表示し, PC鋼材位置のチョーキング(および位置情報用テープの貼付)を行う。</li> <li>③PC鋼材位置に対して, 超音波パルスエコーによる探査を行う。</li> <li>④探査結果を分析し, PC鋼材位置に対してグラウトの充填, 未充填を判定する。</li> </ol>		



計測プロセス	① 電磁波レーダー機器によるPC鋼材位置の探査	② 探査結果をAR表示し チョーキング(および位置情報用テープの配置)	③ 超音波パルスエコー機器による空隙の探査	④ 探査結果を分析し、PC鋼材位置に対してグラウトの充填、未充填を判定
				
				
				<p>充填判定例</p> <p>未充填判定例</p>
アウトプット	画像データ			
耐久性	-			
動力	バッテリー			
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	計測箇所数にもよるが、満充電で8時間以上の作業が可能。			
データ収集・通信装置	設置方法	現地にてタブレット型PCを保持する。		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
	データ収集・記録機能	タブレット型PC内部に保存する。		
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	Wi-Fi接続		
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	暗号化してWi-Fi通信にてタブレット型PCへ保存		
	動力	バッテリー		
	データ収集・通信可能時間(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 PCグラウト充填(2022) 実施年 2024年 ・検出率:1.00 ・的中率:0.33	検出率 3箇所/3箇所(1.00) 的中率 1箇所/3箇所(0.33)	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	電磁波:400-4000MHz 超音波:20-80KHz	電磁波レーダー:ステップ周波数連続波 超音波パルスエコー:マルチチャンネル超音波パルスエコー	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	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	-	-
	道路規制条件	-	-
	塗装剤条件	金属系の塗装剤が使用されていないこと	-
	躯体条件	コンクリートの表面が湿潤状態でないこと	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	0度以下のような低温の作業下ではバッテリーの性能低下が生じる可能性がある。	-

5. 留意事項(その2)

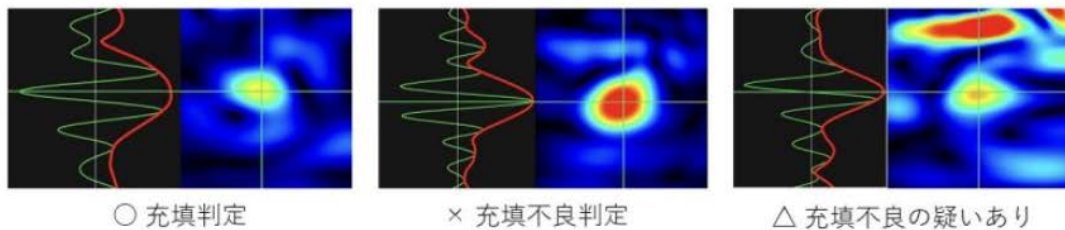
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	3人(現場責任者1人,計測員1人,補助員1人)	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	点検費用	【対象橋梁条件】 ・ポストテンション方式PC単純T桁橋 ・橋長26.05m,桁長26m,支間長25.2m ・全幅員25.9m,桁本数14本  <費用>合計215万円 【内訳】 ・計画立案:15万円 ・現地踏査:35万円 ・現地調査:135万円 ・報告書作成:30万円	・足場設置,高所作業車など別途計測のために必要となる費用は含まない.
	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	なし	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
	センシングデバイスの点検	電磁波レーダー:オートキャブレション機能 超音波パルスエコー:トランデューサのテスト機能による点検	-
その他	-	-	

## 6. 図面



## 超音波パルスエコーによるPCグラウト充填，充填不良の判定

超音波パルスエコーによる計測結果として、PC鋼材の反応箇所（各右図）における反射波（各左図）を確認する。グラウトが充填されている場合に対して充填不良（空隙がある）の場合には反射波の位相が最大反応点において反転する。この差異によりグラウトの充填判定を行う。これらのデータを連続的に取得し、空気の反応の多さや大きさを確認することで総合的にグラウトの充填，充填不良を判定する。

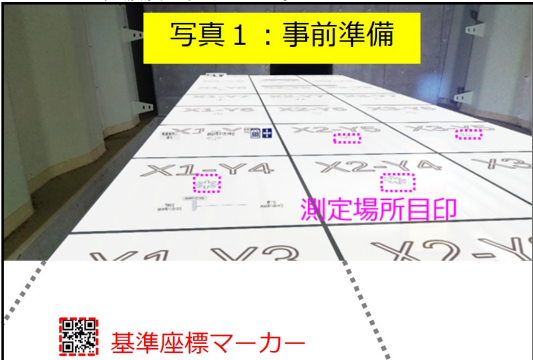




## 1. 基本事項

技術番号	BR020043-V0125			
技術名	蛍光X線分析法・拡張現実技術を融合したコンクリート塩分濃度調査法			
技術バージョン	-	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社XMAT 株式会社復建技術コンサルタント 株式会社エビデント ～共同開発者～ 学校法人日本大学 国立大学法人東北大学			
連絡先等	TEL: 022-765-6109	E-mail: info@xmatcorp.com	株式会社XMAT 研究開発部 面 政也	
現有台数・基地	ハンドヘルド型蛍光X線分析計:2台 ウェアラブルグラス:2台	基地	宮城県仙台市	
技術概要	本技術はハンドヘルド型蛍光X線分析計でコンクリート表面塩分濃度を測定し、その測定結果を拡張現実(AR)技術により可視化するコンクリート表面の塩分濃度調査手法である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(沓座モルタル,台座コンクリート) 路上(高欄,地覆,中央分離帯) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他	その他(塩害)	
		共通		
検出原理	蛍光X線中のエネルギー強度			
検出項目	コンクリートの塩分濃度			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		A:ハンドヘルド型蛍光X線分析計(用途:コンクリート塩分測定) B:ノートパソコン(用途:測定データをクラウド上へアップロード) C:ウェアラブルグラス(用途:測定位置投影、塩分濃度測定データ投影)	
移動装置	機体名称	-	
	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)	-	
設置方法	蛍光X線分析計はハンドヘルド型であるため、手で持つ形態をとる。		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	A:ハンドヘルド型蛍光X線分析計(用途:コンクリート塩分測定) 品名:エビデント VANTA 外形寸法:W8.3cm×H28.9cm×D24.2cm 重量:1.7kg		
センシングデバイス	X線管:4W X線管 検出器:シリコドリフトディテクター		
計測原理	<p>対象物にX線を照射することで、対象物から蛍光X線が発生する。蛍光X線の中における塩素元素特有のエネルギーの強度から塩素元素量をppm値で割り出し、従来技術の化学分析法(単位:kg/m<sup>3</sup>)で相関を取った関係式から塩化物イオン濃度kg/m<sup>3</sup>値を割り出す。</p> <p>(※化学分析の例:イオンクロマトグラフ法・・・液体中のイオン成分をカラムにより分離し、電気伝導度のシグナル強度を検出することで対象となるイオン濃度を測定する手法)</p> <p>尚、これまでの研究結果(文献等)から蛍光X線分析法と化学分析法は非常に高い相関性が示されている。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;"> <p>① 蛍光X線分析計でコンクリート表面の塩素元素量を測定(単位: ppm)</p> <p>↓</p> <p>② 蛍光X線分析計の測定データ(ppm値)を従来の化学分析法との相関式に代入し、塩化物イオン濃度を割り出す(単位: kg/m<sup>3</sup>)</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>[参考]イオンクロマトグラフ計測値(横軸)と蛍光X線分析装置計測値(縦軸)の相関</p> </div> </div>		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<p>①自然条件                  &lt;測定対象物について&gt;                  測定対象物については特に制限条件はなし。</p> <p>&lt;使用する機器について&gt;                  コンクリート塩分濃度調査を行う上で、以下の条件を避けること。                  1.周囲温度範囲として、-10~50℃の範囲を超える様な場合                  2.降雨時                  3.湿気の影響を受ける恐れがある場合                  4.砂埃の影響を受ける恐れがある場合</p> <p>②現場条件                  &lt;測定対象物について&gt;                  測定対象物については制限なし。</p> <p>&lt;使用する機器について&gt;                  コンクリート塩分濃度調査を行う上で、以下の条件を避けること。                  1.水蒸気・油煙・薬品・腐食性ガス・可燃性ガス等が滞留又は、飛散の影響を受ける恐れがある場合                  2.粉塵の影響を受ける恐れがある場合                  3.近辺で火気が使用される場合</p>		

		<p>4.近辺で強磁界・強電界・高周波ノイズを発生する機器が使用される場合 5.振動や衝撃が加わる可能性がある場合</p>
計測装置	<p>精度と信頼性に影響を及ぼす要因</p>	<p>・検出器の経年変化 機器は定期的に点検を行い、必要に応じてメンテナンスや交換を行うことが望ましい。</p> <p>・環境条件 温度、湿度、周囲の振動などの環境要因も測定値に影響を与えることがある。</p>
計測プロセス	<p>①事前準備 ウェアラブルグラスによる測定予定箇所明示 (写真1)</p> <p>②塩分濃度測定 蛍光X線分析計による測定 (写真2)</p> <p>③塩分濃度表示 (写真3)</p> <p>・塩分濃度調査報告書作成</p>	<p>写真1：事前準備</p>  <p>測定場所目印</p> <p>基準座標マーカー</p> <p>写真2：塩分濃度測定</p>  <p>レーザーポインタにより測定場所指示</p> <p>写真3：測定塩分濃度表示</p>  <p>1日間</p>
アウトプット		<p>出力データ形式：蛍光X線分析計本体中メモリおよびSDカードにCSVファイルとして出力される データ出力手段：microSDカード(付属)、USBメモリ、USBケーブルまたは無線LANにより外部デバイスへ出力</p>
耐久性		<p>落下について：米国MIL STD 810 G、1.2m (4 フィート)の落下試験合格 防塵・防水性能：IP55準拠</p>
動力		<p>取り外し可能な14.4Vリチウムイオン電池、または、ACアダプター 出力：DC18V、3.9A、入力：100～240VAC、50～60Hz、最大70W</p>
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		<p>約4時間</p>
設置方法		<p>①ハンドヘルド型蛍光X線分析計の測定データ(CSVファイル)をUSBケーブル接続でB:ノートPCに保存後、ノートPCからクラウドサーバーにCSVファイルをアップロード ②クラウド上のデータベースへ自動的に格納される ③Wi-Fi環境下でAPI連携により、ウェアラブルグラス上に自動的にデータベースが反映される</p>
外形寸法・重量 (分離構造の場合)		<p>B:ノートパソコン(用途：測定データをクラウド上へアップロード) 品名・外形寸法・重量：任意のノートパソコンを指定可能 2-3-323</p> <p>C:ウェアラブルグラス(用途：測定位置投影、塩分濃度測定データ投影) 品名：Trimble XR10(Microsoft HoloLens 2のヘルメット一体型デバイス)</p>



データ収集・通信装置		外形寸法:W270mm×H340mm×D160mm 重量:TrimbleXR10・・・790g、ヘルメット(mobiWAN_TR含む)・・・1,250g ※mobiWAN_TRはTrimble XR10用骨伝導ヘッドセットを指す
	データ収集・記録機能	ノートパソコン本体の記録媒体およびクラウド上のデータベースにデータを収集し、記録する機能を備えている
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	Wi-Fi環境下(テザリング含む)における一般的なインターネット通信
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	使用するクラウド上のデータベースはAmazon Web Service上の実装しているため、セキュリティ性能はAmazon Web Serviceに準ずる。(BASIC認証機能有り)
	動力	B:ノートパソコン リチウムイオンバッテリーまたはACアダプター  C:ウェアラブルグラス リチウムイオンバッテリー
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	データ送信時間:1秒程度

## 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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	1点あたり1分間	～内訳～ X線照射時間:1点あたり20秒 蛍光X線分析計本体上での座標記録時間:1点あたり40秒
		標準試験値	-	-
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	相関係数 $R^2$ (※) = 0.973 ※Rの2乗	y:ハンディ型蛍光X線分析計の測定値(ppm) x:塩化物イオン濃度測定値(kg/ m <sup>3</sup> ) y = 1.186x × 1000
		標準試験値	標準試験方法 塩化物イオン濃度(2025年) 測定精度(kg/ m <sup>3</sup> ) ※カッコ内は塩化物イオン濃度のリファレンス平均値(kg/ m <sup>3</sup> ) A-① 0.14 (0.20) B-① 0.34 (1.08) C-① 0.77 (2.52) D-① 1.75 (4.22) E-① 0.55 (8.67) F-① 測定範囲外 A-② 0.14 (0.19) B-② 0.60 (1.13) C-② 0.94 (2.23) D-② 2.58 (4.50) E-② 3.91 (8.98) F-② 測定範囲外	・データ取得手段:蛍光X線照射(手動)
		性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	標準試験値	-	-
		性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
	4-4 色識別性能	標準試験値	-	-
		性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	塩化物イオン濃度:0.0337~10kg/ m <sup>3</sup>	-
	感度	校正方法	ハンドヘルド蛍光X線分析計は定期的(1回/年)な点検を推奨する。測定時には基準となる試料で測定値を確認し必要であれば調整を行う。	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無
			性能値	・自動エネルギー補正 ・気圧補正 ・X線管電圧、管電流、一次フィルタ自動選択
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無
			性能値	塩素原子(Cl)の検出下限値:40ppm
S/N比		性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	-		
	性能値	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	人のアクセスや作業が出来る環境にあること	-
	桁下条件	作業スペース・視点の確保の観点から、測定対象面から1m以上の隔離が必要	-
	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	特になし	-
	道路規制条件	橋梁点検車を使用する場合には交通規制が必要な場合がある	-
	塗装剤条件	コンクリート面に含浸材や有機系塗料が塗布されていないこと	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-10°C ~ 50°C	-
	その他	100ルクス以上の明るさが確保されていること	ウェアラブルグラスが防水対応ではないため、雨天時は測定を避けるか、ウェアラブルグラスに雨避けを設けることで、ウェアラブルグラスへの防水対策を行う必要がある

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)	
調査技術者の技量	-	-	
必要構成人員数	ウェアラブルグラス測定者1人、蛍光X線分析計測定者1人、測定補助者1人の計3人が基本	-	
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-	
作業ヤード・操作場所	-	-	
作業条件・運用条件	点検費用	<p>【橋梁条件】 橋種 : [コンクリート橋] 部位・部材 : [橋台、橋脚等] 活用範囲 : ①[50]m<sup>2</sup>/日 ②[250]m<sup>2</sup>/5日 検出項目 : [表面塩分]</p> <p>&lt;費用&gt; ①合計853,755円(17,075円/m<sup>2</sup>) 1mグリッド50m<sup>2</sup> ※現地点検、1日あたり50点測定を対象とした場合</p> <p>②合計1,374,555円(5,498円/m<sup>2</sup>) 1mグリッド250m<sup>2</sup> ※現地点検、1日あたり50点測定を対象とし、5日間調査を行った場合</p> <p>購入費・レンタル費 【ハンドヘルド型蛍光X線分析計(エビデント VANTA)】 ①購入: 7,200,000円 ②レンタル: @376,600 × 1日 = 376,600円 ※最低保証料(5日間分含む) 【ウェアラブルグラス(Trimble XR10)】 ①購入: 798,000円 ②レンタル: @50,000 × 1日 = 50,000円 ※最低保証料(5日間分含む)</p> <p>※上記の価格はすべて消費税は含まれていない。</p>	
	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	【業務委託】 【購入】 【レンタル】	-
	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	ハンドヘルド型蛍光X線分析計については定期的(1回/年)の点検を推奨	-
	その他	-	-

6. 図面



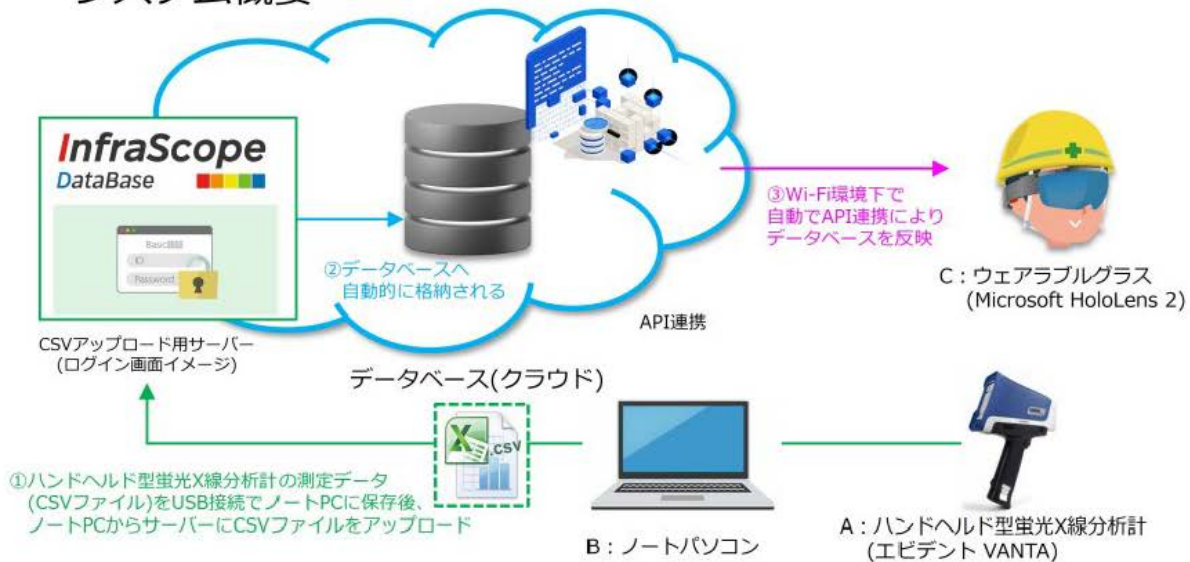
塩分濃度測定作業  
イメージ



塩分濃度表示  
イメージ



・ システム概要



# 株式会社エビデント ハンドヘルド蛍光X線分析計“VANTA”

その場で素早く非破壊で、成分元素を分析する携帯型の蛍光X線分析計

**Soil**  
コンクリート構造物塩害調査  
土壌中の有害物質  
数ppm～の微量元素の分析に最適

El	PPM	+/-
Fe	2.748%	0.019
K	2.585%	0.050
Ca	2.327%	0.042
Ti	2909	61
Cl	890	66



分析時のX線照射・蛍光X線検出イメージ

### 非破壊で分析可能です

- ・対象をそのまま分析
- ・X線は試料にダメージを与えません

### 短時間で分析できます

- ・高速起動
  - ・高カウントレートのSDDを採用<sup>※</sup>
  - ・分析値をリアルタイム表示
- ※Mシリーズ、CSシリーズ

### 分析場所を選びません

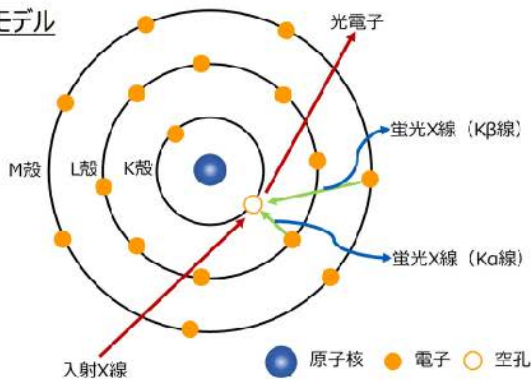
- ・対象がある「その場」で分析
- ・バッテリー駆動

### 形状・大きさを選びません

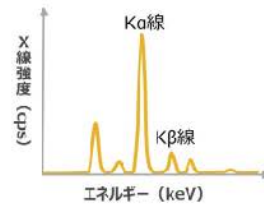
- ・長さ、幅、重さを問わず分析
  - ・分析スポットは 9mm / 3mm<sup>※</sup> 選択可
  - ・粉末、液体も分析可能 (ソイルカップ使用時)
- ※コリメーター (オプション) 選択時

## 蛍光X線分析の原理

### ・Cl原子モデル



例：Cl(塩素)の場合  
□ Kα線 2.62keV  
□ Kβ線 2.82keV



### ・エネルギー分散型装置の基本構成





## 1. 基本事項

技術番号	BR020045-V0025			
技術名	自走式斜材点検ロボット(斜材内部の変状)			
技術バージョン	-	作成:	2025年3月	
開発者	中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社			
連絡先等	TEL: 03-5339-1723	E-mail: m.takano.aa@c-nexco-het.jp	中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 土木技術部 構造技術課 高野 真希子 〒160-0023 東京都新宿区西新宿1-23-7 新宿ファーストウエストビル8F	
現有台数・基地	1台	基地	東京:中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 大阪:株式会社日本工業試験所	
技術概要	斜張橋およびエクストラードード橋の斜材の保護管内部鋼材の破断検査を自走式斜材点検ロボットに搭載している非破壊検査より行う技術である。 非破壊検査センサーには渦流探傷法を適用しており、検査対象表面に渦電流を流して、検査対象に発生する電磁誘導の変化から傷を検出する方法である。検査対象の表面が正常な状態であれば渦電流の乱れは検出されないが、傷がある場合には発生する磁力線に変化が現れることから、破断部を検出することができる。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(斜張橋)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通	㊸変形・欠損	
検出原理	渦流探傷試験			
検出項目	ケーブルの変形・欠損(破断)			



## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>移動装置: モーター駆動(一对の駆動輪で鉛直方向にケーブルを挟み込む)</li> <li>計測装置: 渦流探傷装置(移動装置と一体構造)</li> <li>データ収集・通信: PC (Wifi)</li> </ul>	
移動装置	機体名称	自走式斜材点検ロボット(斜材内部の変状)	
	移動原理	<p>【設置型】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>本計測機器は移動装置と計測装置が一体構造であり、ケーブルに設置し計測を行うものである。</li> </ul>	
	運動制御機構	通信	無線LAN 周波数: 2.4GHz、転送速度: 400Mbps
		測位	ロータリーエンコーダーにより計測位置を測定。 センサー作動位置を特定する。
		自律機能	自律機能なし
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>一体型</li> <li>最大外形寸法(L730mm×D790mm×H1250mm)</li> <li>最大重量(約62kg)</li> </ul>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	最大重量10kg以内程度	
動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>バッテリーなどの仮設電源が必要</li> <li>CNTバッテリー</li> <li>定格出力DC24V/20A、電池容量652Wh</li> </ul>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約2時間		
計測装置	設置方法	本体機構にユニットとして搭載	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Φ90~200mm 最大外形寸法(L370mm×D340mm×H705mm) 最大重量(約7.8kg)</li> <li>Φ110~140mm 最大外形寸法(L280mm×D340mm×H425mm) 最大重量(約7.2kg)</li> </ul>	
	センシングデバイス	検査センサー: ACTUNI株式会社「単周波渦流探傷器 EddyStation SW II」(市販ソフト)	
	計測原理	渦電流探傷法は、コイルに電流を流したときの磁場により金属表面に発生した渦電流が、きず等により乱れることを利用して、きずを検知する試験方法である。 点検では、初めにケーブル表面に変状がない健全部で1回転のデータを取得し、これを基本値とする。 その後、対象箇所において1セット30回の探傷(1cmピッチで30回)波形により破断部を判定する。 破断部では、探傷波形に乱れ(間隔の広狭)が生じる。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼材外周部の鋼材破断を想定</li> <li>保護管内部鋼材のうち、最外周部分に配置された鋼材を検査対象とする</li> </ul>	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>内部鋼線からの離隔: 20~50mm</li> <li>上記離隔はケーブル表面にテープなどによる補修跡(段差)がある場合、その直下の探傷を可能とするために磁化電流値を上げてたものである。</li> <li>センサー取り付け時には、センサーからケーブル表面までの距離が円周方向に一定となるように調整を行う。</li> </ul>	
	計測プロセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>カメラ点検により保護管表面に外観変状が確認された箇所を検査対象箇所とする</li> <li>自走式斜材点検ロボットに検査センサー(渦流探傷)を装着</li> <li>検査対象箇所まで本体駆動により移動</li> <li>外観変状部を中心に軸方向に約300mm範囲の検査を実施</li> <li>1セット当りの検査は10mm間隔で円周方向に30回の探傷を実施</li> <li>《検出手順》</li> <li>①健全部で補正を行う(バランス取り)</li> <li>②初めの1回転を健全部とし、10mm間隔で30回転分の計測波形が表示される</li> <li>③健全部を基準に波形を補正する(健全部との差分により調整)</li> <li>④波形表示を円形表示にも調整できる</li> <li>⑤表示された波形を点検員が確認する(有資格者が実施)</li> <li>⑥破断部は、波形間隔が乱れて表示される。</li> <li>⑦渦電流探傷記録の作成</li> </ul>	
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>探傷波形の検出</li> <li>表示率の調整や円形波形での表示も可能</li> </ul>	
	耐久性	防水、防塵性なし	
	動力	制御部に内蔵したバッテリーにより供給	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約2時間		
計測機器の構成	設置方法	制御部に内蔵(データ収集・通信装置は制御BOXに収納し、移動装置下方に吊す形で取付ける)	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大外形寸法(L350mm×D203mm×H450mm)</li> <li>重量 約14kg</li> </ul>	
		本体PCに保存	

データ収集・通信装置	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷実施中にLIVEで閲覧可能</li> <li>・地上用操作PCにバックアップ可能</li> </ul>
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	WiFi 通信規格: 5.18GHz~5.7GHz 通信速度: 最大866Mbps 通信距離: 0~0.2km
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	マルチSSID
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本体部: 制御部に内蔵したバッテリーにより供給</li> <li>・地上制御部: 地上に設けたバッテリーにより供給</li> </ul>
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	移動装置に搭載するバッテリーからの給電により連続3時間程度(0~50℃)使用可能

## 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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・上下間最短180mm ・左右間最短390mm	設計値 ・斜材外径Φ90~200mm ・斜材角度60°以下 ・斜材延長 300m
	標準試験値	標準試験方法 斜張橋(ケーブル)(2021) 実施年 2025年 ・ケーブル間隔 4m	・ケーブル間隔4m(上下) ・ケーブル径:φ170,180mm ・角度:24°
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	・斜材延長 300m	設計値 ・斜材外形Φ90~200mm ・斜材角度60°以下
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	-	-	
		標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2025年 ・計測速度:1.6cm/分		・計測長:30cm ・撮影時間:18分14秒
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	保護管内部鋼材のうち、最外周部分に配置された鋼材破断の有無を検査する。 内部鋼材に破断本数を1本~4本を設けた疑似損傷試験体による検査結果では、鋼線1本破断から検査が可能である。2本以上破断した場合には明瞭に判別することができる。		・1セット当りの探傷範囲は、外観変状部を中心に軸方向に約300mm ・探傷範囲を10mm間隔で上昇 ・10mm毎に円周方向に31回の検査を実施
		標準試験値	未検証		-
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		-
		標準試験値	-		-
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		-
		標準試験値	-		-
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	1セット当りの探傷範囲は、外観変状部を中心に軸方向に約300mm		任意点での計測が可能。 1本当りの探傷数は、外観変状部付近、下方定着部付近、中間部の3箇所程度を標準とする。
	感度	校正方法	健全部の探傷結果を基準として補正を行う(バランス取り)		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	・単一周波数(6Yp-p正弦波) ・周波数:500Hz~2000kHz	
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	・感度設定:0.0bB~+60.0bB	
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
性能値	-			-	
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	-		-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	・取り付け、取外し時には高所作業車を用いてバケット内で作業を行う	-
	無線等使用における混線等対策	・本機と他の無線機器を遠ざける ・他の無線機器と同時作業を避ける ・アクセスポイントのチャンネルを固定する	-
	道路規制条件	・取り付け、取外し時には高所作業車を用いてバケット内で作業を行う ・地上制御部積載車両を設置する ・上記条件から車線規制を要する(1車線規制)	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	・内部鋼線からの離隔:20~50mm	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	・渦流探傷試験による鋼材破断の判断は専門の点検員が行う。 ・以下の気象時には点検は実施しない。 降雨・降雪 強風時(平均風速6m/sec以上) 濃霧	-

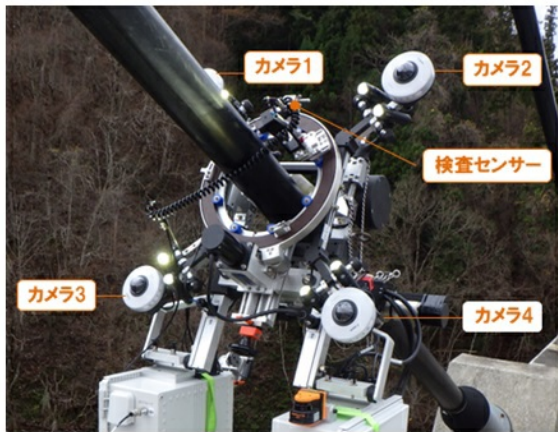
## 5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	専門技術者(非破壊試験技術者資格保持者)が実施する	-
	必要構成人員数	作業:技師B 2名、技術員2名 安全管理:1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	該当なし	-
	作業ヤード・操作場所	40m2程度(高所作業車と調査用車両の駐車スペース) 操作場所:対象ケーブル定着部付近	-
	点検費用	検査箇所6箇所/1日(平均20分/1か所×3箇所を標準) 取り付け、調整、対象箇所までの上昇下降 平均60分 ・調査費用 (現場作業)50万円/日(規制費用は含まない) (内業)10万円/日 ・その他 日当・宿泊費は実費相当 見積りにより対応	基本的にはカメラ点検と併せて実施
	保険の有無、保障範囲、費用	動産保険を会社にて加入済	-
	自動制御の有無	・専用ソフトウェアのプログラムにより設定 ①試験対象部の開始位置にプローブをセット ②その位置で補正(バランス取り)を実施 ③ソフトウェアの自動測定ボタンを操作 ④30回自動測定を開始(1セット300mm、所要時間約20分程度/セット)	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置故障時は調査業務を担当する中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株)が対応する。	-
	センシングデバイスの点検	月1回の頻度で可動点検を実施。	-
その他	-	-	



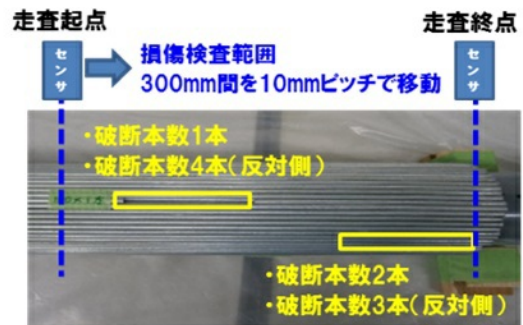
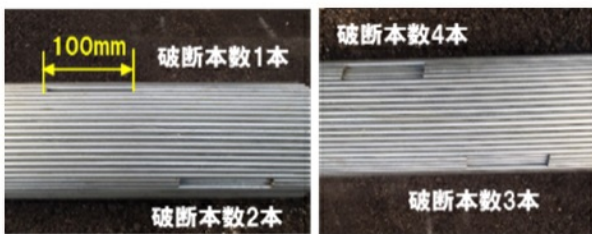
6. 図面

自走式斜材点検装置付属部位詳細(カメラ・検査センサー)

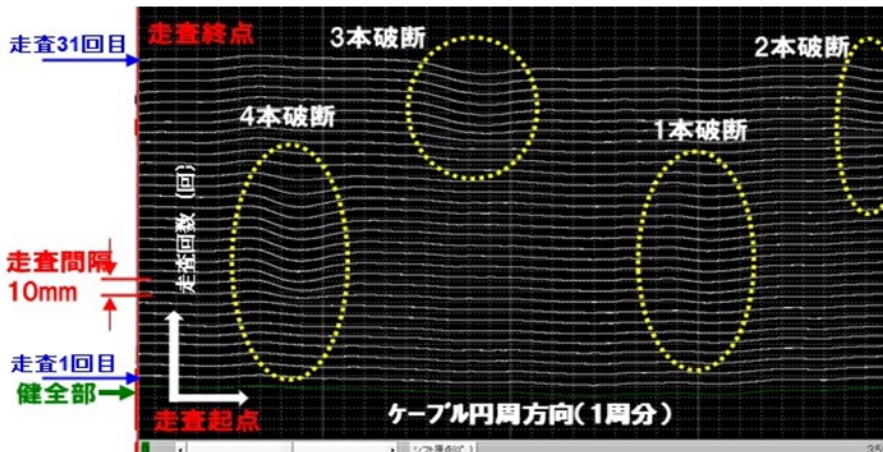


検査センサー(渦流探傷試験)可動状況

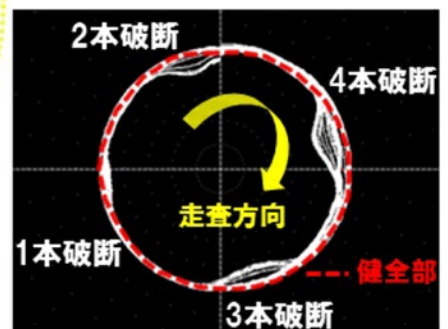
模擬試験体による検査センサー-調査結果事例



ライン 波形表示



円形波形表示



探傷結果事例

## 1. 基本事項

技術番号	BR020046-V0025			
技術名	コンクリート打音点検システム(ハンマーパル)			
技術バージョン	v 1.1.0 (rev:3)	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社アニモ			
連絡先等	TEL: 045-663-8640	E-mail: asuzuki@animo.co.jp skimura@animo.co.jp	音響音声コンサルティング推進室: 鈴木、木村	
現有台数・基地	5台	基地	神奈川県横浜市中区尾上町2-27 大洋建設関内ビル 4F 株式会社アニモ	
技術概要	ハンマーパルは、コンクリートのうき・剥離・鉄筋露出を槌打装置(テストハンマー)からの音響情報から自動検出するソフトウェアである。 テストハンマーによる槌打作業をマイクで録音し、スマートフォン上で音響分析、AI判定を行い、コンクリートのうき・剥離・鉄筋露出などの変状がないかを画面上に表示すると共に、スマートウォッチのバイブ機能から作業者への通知する技術。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,主桁ゲルバー部,横桁,縦桁,床版,アーチ,ラーメン,PC定着部) 下部構造(橋脚,橋台,基礎) 支承部(沓座モルタル,台座コンクリート) 路上(高欄,防護柵,地覆,中央分離帯,伸縮装置,縁石) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑫うき	
		その他		
		共通		
検出原理	音響			
検出項目	打音の周波数変化			



## 2. 基本諸元

計測機器の構成		・移動装置：－ ・計測装置：打撃装置(テストハンマー)、録音機器：無線接続(2.4GHz デジタルワイヤレス通信)された指向性マイク、通知装置：スマートウォッチ(オプション) ・データ収集・通信：スマートフォン、PC(USB) 記録・管理装置：Windows PC	
移動装置	機体名称	－	
	移動原理	人力型	
	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	・録音機器：無線接続(2.4GHz デジタルワイヤレス通信)された指向性マイクは、点検者のヘルメットに装着 ・記録・判定装置：スマートフォンは、点検者の作業服のポケット等に保持 ・通知装置：スマートウォッチ(オプション)は、点検者の腕に装着	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	a. 指向性マイク： 寸法 2.00 x 2.00 x 6.92 cm、重量 26.0 g b. マイク無線化システム：寸法 4.53 x 1.85 x 4.30 cm、重量 63.8 g c. スマートフォン： 寸法 14.80 x 7.10 x 9.40 cm、重量 160.0 g d. スマートウォッチ： 寸法 6.05 x 5.38 x 1.49 cm、重量 83.0 g	
	センシングデバイス	指向性マイク： Simorr社 3452	
	計測原理	・コンクリート表面を点検用標準ハンマーで少しずつ位置を移動させ槌打し、連続する打音を指向性マイクで収録する。 ・スマートフォン上で、各打音の音響データのスペクトル分析を行う。 ・叩き始めからの数打音のスペクトル分析データから音響モデルを作成する。 ・その後の各打音のスペクトル分析値と音響モデルをAI判定し、スコアを算出する。 ・そのスコアが閾値を超えた場合に変状位置として判定する	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	新たな制限条件はなく従来の打音点検作業に、そのまま適用できる。無線システムを使用しているためケーブル等による作業阻害は発生しない。	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	特になし。周囲の音の影響は、指向性マイクにより極力排除している。	
	計測プロセス	<計測プロセス> a. スマートフォン(Android)の電源をいれ、アプリAWBPortableを立ち上げる。 b. 点検場所の情報(ジョイント番号、車線、段)をプルダウンメニューから選択する。 c. 録音を開始し打音点検作業(計測処理)を開始する。 d. 異常があると画面に表示が出る、同時にスマートウォッチが振動する。 e. 録音を停止すると全体の診断結果が表示される。 f. b.に戻る。	
	アウトプット	判定結果をスマートフォン画面上に表示するとともに、日時情報・作業場所情報を含むファイル名のcsvファイルに出力。収録した音響データを日時情報・作業場所情報を含むファイル名のwavファイルに保存する。	
	耐久性	・スマートフォン：防水IPX5/IPX8, 防塵IP6X ・スマートウォッチ：耐水圧50m	
	動力	・マイク無線化システムの内蔵バッテリー(充電式) ・スマートフォン内蔵バッテリー(充電式) ・スマートウォッチ内蔵バッテリー(充電式)	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約5時間(フル充電時間:約220分)		
データ収集・通信装置	設置方法	スマートフォンに内蔵	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	スマートフォン：寸法 14.80 x 7.10 x 9.40 cm、重量 160.0 g	
	データ収集・記録機能	スマートフォン内部メモリに保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	・スマートフォンとWindows PC間はUSB接続 ・スマートフォンとスマートウォッチ間はBluetooth接続	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	ネットワークを介したデータ伝送ではないため、特に暗号化を施していない。スマートフォンのログイン操作は、パスワード認証	
	動力	・スマートフォン内蔵バッテリー(連続使用: 約5時間、フル充電時間:約220分) ・Windows PCはAC100V電源	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	・スマートフォン内蔵バッテリーからの給電により、連続使用: 約5時間使用可能	

## 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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 ・計測速度:0.17 m2/分	・打音面積:2.96m2 ・計測時間:17分16秒	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	検出率:89.8% 的中率:87.8%	-	
		標準試験値	標準試験方法 うき(2019) 実施年 2024年 ・検出率:72% ・的中率:100%	・検出率:0.72(13箇所/18箇所) ・的中率:1.00(13箇所/13箇所) ・照度:11.4~16.7 Lux ・風速:0.0~1.6 m/s ・気温:9.0℃	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)		性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	周波数 50Hz~20,000Hz	推奨してるマイクを使用すること
	校正方法				-
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	感度	検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	S/N比		性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	分解能		性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 5. 留意事項(その1)

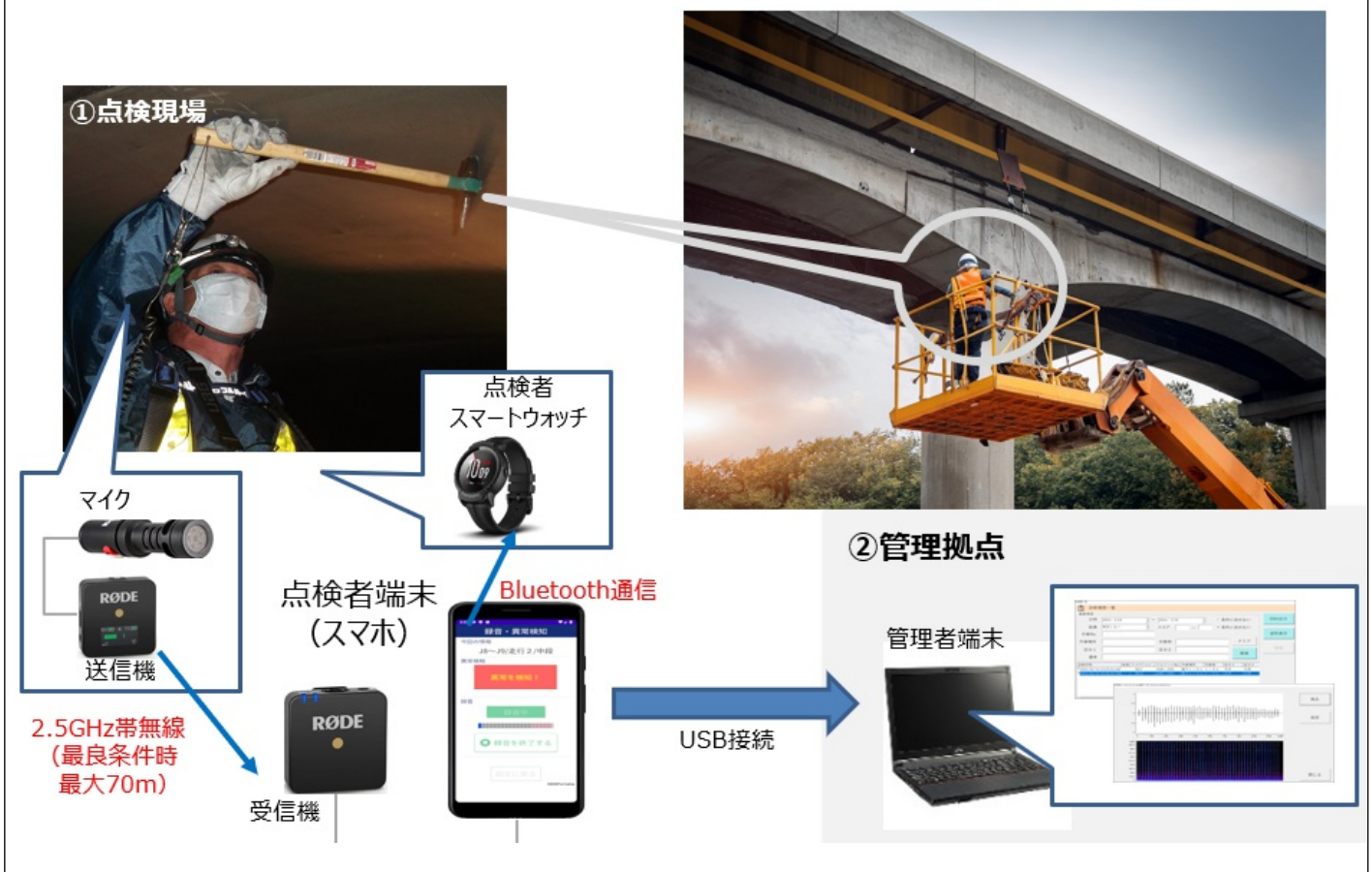
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	桁下は人がテストハンマーで槌打できるためのスペース(1m四方)を確保する。 高所の作業は足場等が必要。	—
	周辺条件	人がテストハンマーで槌打できるためのスペース(1m四方)を確保する。	—
	安全面への配慮	高所の作業は、安定した姿勢で槌打できるよう高所作業車または足場等が必要 作業中は注意喚起の看板の設置が必要	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
	塗装剤条件	—	—
	躯体条件	—	—
	躯体温度条件	—	—
その他	—	—	

## 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)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	テストハンマーによる槌打作業は打音点検の経験が必要。 本システムの扱い方は1時間程度の操作講習を実施	—
	必要構成人員数	現場責任者1人と槌打を実施・本システムを操作する操作1人が必要 合計2人	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	作業ヤード・操作場所	スマホを操作員が保持して操作するため、特に作業ヤードの準備は必要無い	—
	点検費用	【橋梁条件】 ・橋種:コンクリート橋 ・橋長:50.0m ・全幅員:15.0m ・部位・部材:[床版・桁] ・活用範囲:[750m <sup>2</sup> ] ・検出項目:[うき] 【費用】 ・初期費用:操作説明教育費:200,000円 ・ハンマーパル1式 レンタル費:10,000円/月 ・ハンマーパル利用料:190,000円/月(内訳:基本利用料160,000円/月+端末ソフトウェア利用料 30,000円/月・台数) ・合計:400,000円(1ヶ月利用)	—
	保険の有無、保障範囲、費用	保険に加入していない	—
	自動制御の有無	—	—
	利用形態:リース等の入手性	本サービスの利用形態は月額利用サービス 点検システムの機器一式は、販売またはレンタル	レンタル先:株式会社アニモ
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	電話またはメールによるサポート体制あり	—
	センシングデバイスの点検	サポートサービスに定期点検を含む 不具合時に交換	—
その他	—	—	

## 6. 図面

システム概要



計測機器



端末操作遷移

①作業場所設定



②録音開始



③録音/分析



④結果表示

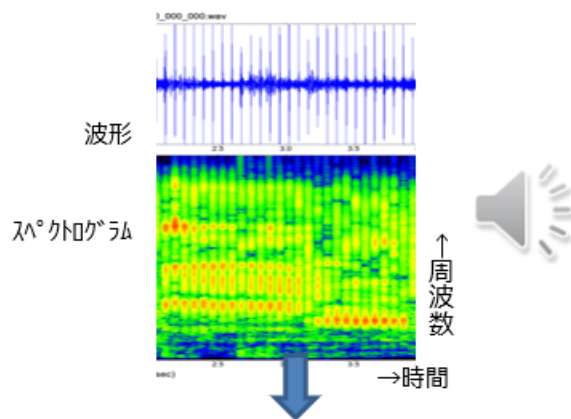




ハンマーパル 音響分析

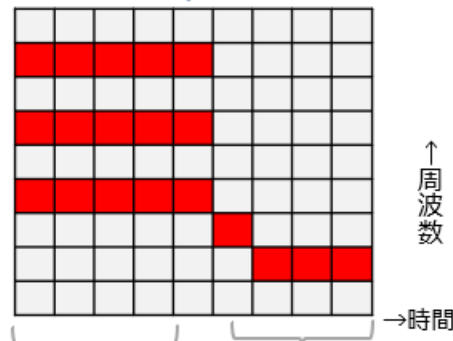
①外乱を排除  
打音部分のみ抽出

(ロードノイズ他を  
排除)



②連続する打音の  
変化を検出  
(相対音で分析)

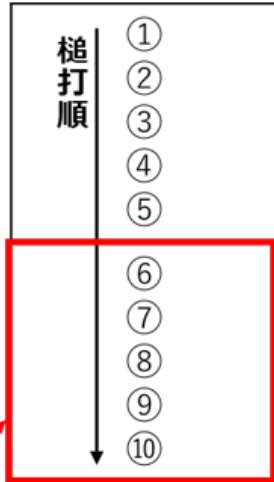
**アノマリ検出**



**調波構造が見られる**    **調波構造が崩れている  
(浮き部分)**

判定フロー図

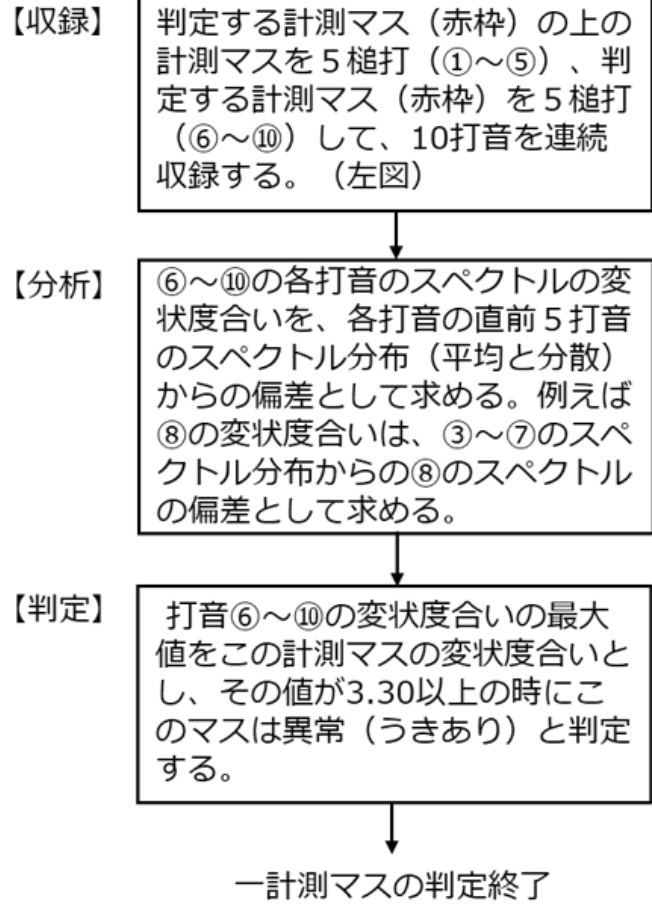
【図】



判定する計測マス

【判定のフロー】

一計測マスの判定開始

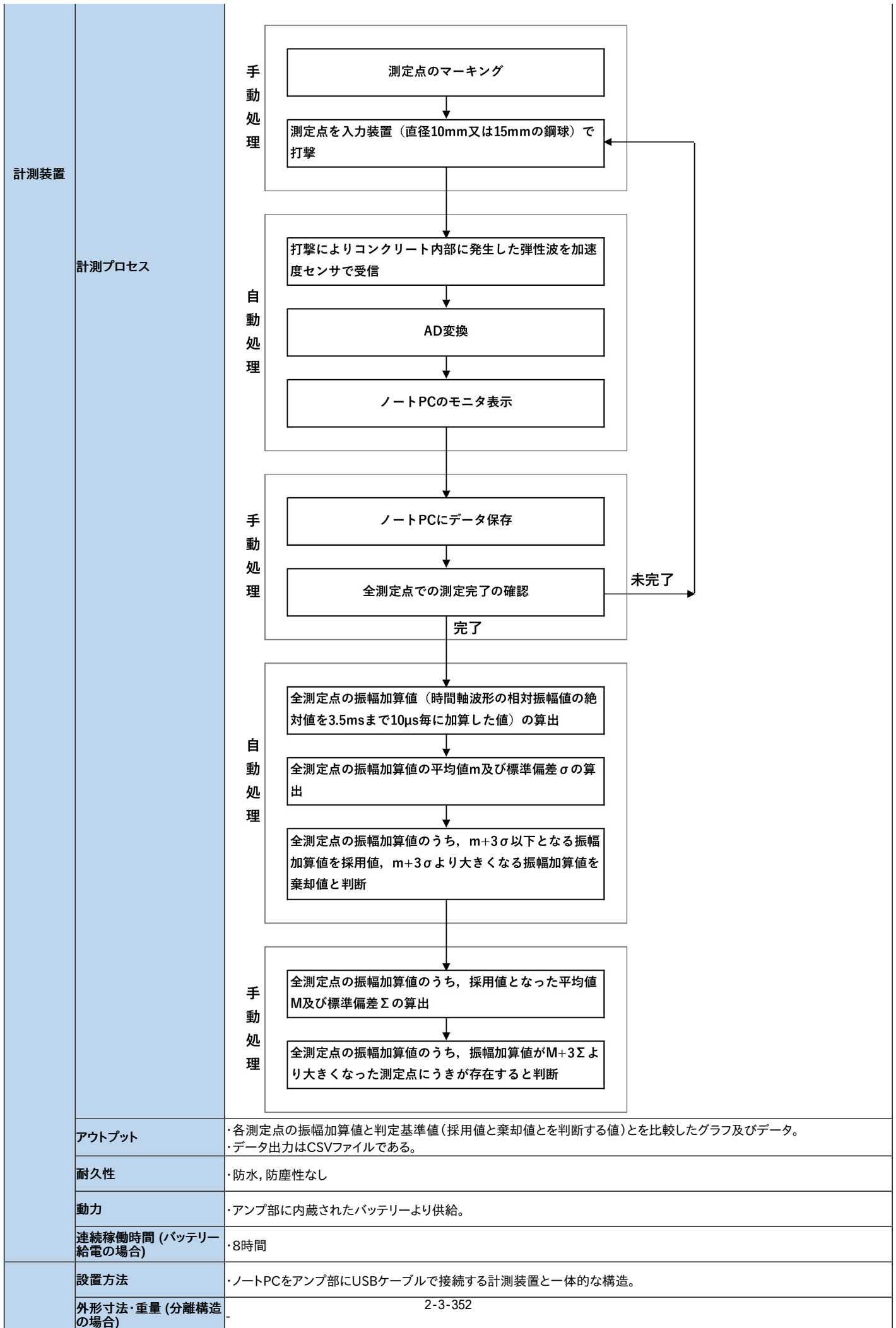


### 1. 基本事項

技術番号	BR020047-V0025			
技術名	コンクリート内部の変状探査技術(PRA-TICA)(うき)			
技術バージョン	—	作成:	2025年3月	
開発者	リック株式会社			
連絡先等	TEL: 03-5762-2058	E-mail: siwano@ri-k.co.jp	技術研究所 岩野聡史	
現有台数・基地	2台	基地	東京都大田区昭和島2-4-3	
技術概要	<p>コンクリート表面を入力装置(直径10mm又は15mmの鋼球)で打撃し、内部に発生する弾性波を打撃点から1cm程度の範囲内に設置した加速度センサで受信して測定波形(時間軸波形、下図参照)を得る。この時間軸波形の相対振幅値の絶対値を10<math>\mu</math>sの時間間隔で時間3.5msまで加算した値から、コンクリートのうきの有無を判断する非破壊検査技術である。</p> 			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑫うき	
		その他		
		共通		
検出原理	弾性波			
検出項目	弾性波の一定時間内での相対振幅値の絶対値を加算した値			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>計測装置: アンプ部, 加速度センサ, 入力装置(直径10mm又は15mmの鋼球)</li> <li>データ収集: ノートPC(アンプ部にUSBケーブルで接続)</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	【人力型】	
	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)	-	
設置方法	-		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンプ部: 長さ204mm×幅294mm×高さ38mm, 質量1.6kg</li> <li>加速度センサ: φ7.1mm×高さ14.7mm, 質量2.0g</li> <li>入力装置: 鋼球直径10mm, 質量4g又は鋼球15mm, 質量14g</li> </ul>		
センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>加速度センサ: PCB 社製 型番352C67</li> </ul>		
計測原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定点において入力装置によりコンクリート表面を打撃し, 打撃点から1cm程度の範囲内のコンクリート表面に手で押し付け設置した加速度センサでコンクリート表面に生じる加速度を受信して, 内部に発生した弾性波を受信する。加速度センサで受信した弾性波をアンプ部でA/D変換しノートPCに記録する。サンプリング時間間隔は10μsである。サンプリングデータ数は4096個である。</li> <li>計測にあたってのキャリブレーションは不要である。</li> </ul>		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定点で入力装置で打撃, 加速度センサを設置するために, 測定点に近接できる必要がある。</li> <li>加速度センサをコンクリート表面に正しく設置するために, コンクリート表面にゴミ, ほこり, 緩んだ骨材などがある場合は事前に取り除く必要がある。</li> </ul>		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>入力装置により打撃した点が測定点となるため, 事前にマーキングした点からずれることなく打撃する。</li> <li>加速度センサはコンクリート表面に手で押し付けて固定するが, 測定時に手振れが生じると内部に発生した弾性波ではなく手振れによる振動が測定されるため, 加速度センサはコンクリート表面に確実に固定する。</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>測定点のコンクリート表面にゴミ, ほこり, 緩んだ骨材などが無いことを確認し, 測定点のチョークでマーキングする。</li> <li>測定点から1cm程度の範囲内に加速度センサを手で押さえ付けて設置し, 測定点を入力装置(直径10mm又は15mmの鋼球)で打撃する。</li> <li>打撃によりコンクリート内部に発生した弾性波を加速度センサで受信する。</li> <li>コンクリート内部に発生した弾性波がアンプ部でAD変換され, ノートPCのモニタに測定波形(時間軸波形)として表示されたことを確認し, ノートPCに時間軸波形のデータを保存する。</li> <li>全測定点において, ②~④の測定を繰り返し実施する。</li> <li>全測定点での測定が完了したら, 各測定点の振幅加算値(時間軸波形の相対振幅値の絶対値を10μsの時間間隔で時間3.5msまで加算した値)を算出する。</li> <li>全測定点の振幅加算値の平均値<math>m</math>及び標準偏差<math>\sigma</math>を算出する。</li> <li>各測定点の振幅加算値のうち, <math>m+3\sigma</math>以下となる振幅加算値を採用値, <math>m+3\sigma</math>より大きくなる振幅加算値を棄却値と判断する。</li> <li>全測定点の振幅加算値のうち, 採用値となった平均値<math>M</math>及び標準偏差<math>\Sigma</math>を算出する。</li> <li>各測定点の振幅加算値のうち, 振幅加算値が<math>M+3\Sigma</math>より大きくなった測定点にうきが存在すると判断する。</li> </ol>		



データ収集・通信装置	データ収集・記録機能	・ノートPCのハードディスクドライブに保存。
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	・ノートPCに内蔵されたバッテリーより供給。
	データ収集・通信可能時間(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・検出率(%):87.5% ・的中率(%):100%	・検出率(%)=(新技术でうきが存在すると判定された測定点数)÷(異常がある測定点数)=7/8=87.5% ・的中率(%)=(新技术でうきが存在すると判定された測定点数のうち異常がある測定点数)÷(新技术でうきが存在すると判定された測定点数)=7/7=100% ・うきを模擬した150mm×150mmの発泡スチロールをコンクリート表面からの深さ50mmに埋設、及び、うきを模擬した150mm×150mmのポーラスコンクリートをコンクリート表面からの深さ25mmに埋設した供試体での実験結果。 ・測定点はうき(発泡スチロール)と健全部との境界線上(うきの端部)から50mm離れた点に設定。	
		標準試験値	標準試験方法 うき(2019) 実施年 2024年 ・検出率:72% ・的中率:72%	・検出率:0.72(13箇所/18箇所) ・的中率:0.72(13箇所/18箇所) ・照度:27.5~36.8 kLux ・風速:0.0~5.2 m/s ・気温:7.3~9.1 °C	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	計測可能な加速度:±491 m/s <sup>2</sup>	-	
	感度	校正方法	(一社)iTECS技術協会規格「SIA-T-00 試験00 iTECS法で使用する装置の定期点検方法」に基づき定期点検を実施する。		(一社)iTECS技術協会規格「SIA-T-00 試験00 iTECS法で使用する装置の定期点検方法」に準拠する。
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・加速度センサの検出感度:10.2 mV/(m/s <sup>2</sup> )	・感度の誤差範囲:±10%
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・感度(入力に対する出力の割合)1:0.1, 1:1又は1:10(アンプ部で感度調整)	
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値		・65db以上		
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・12bit		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



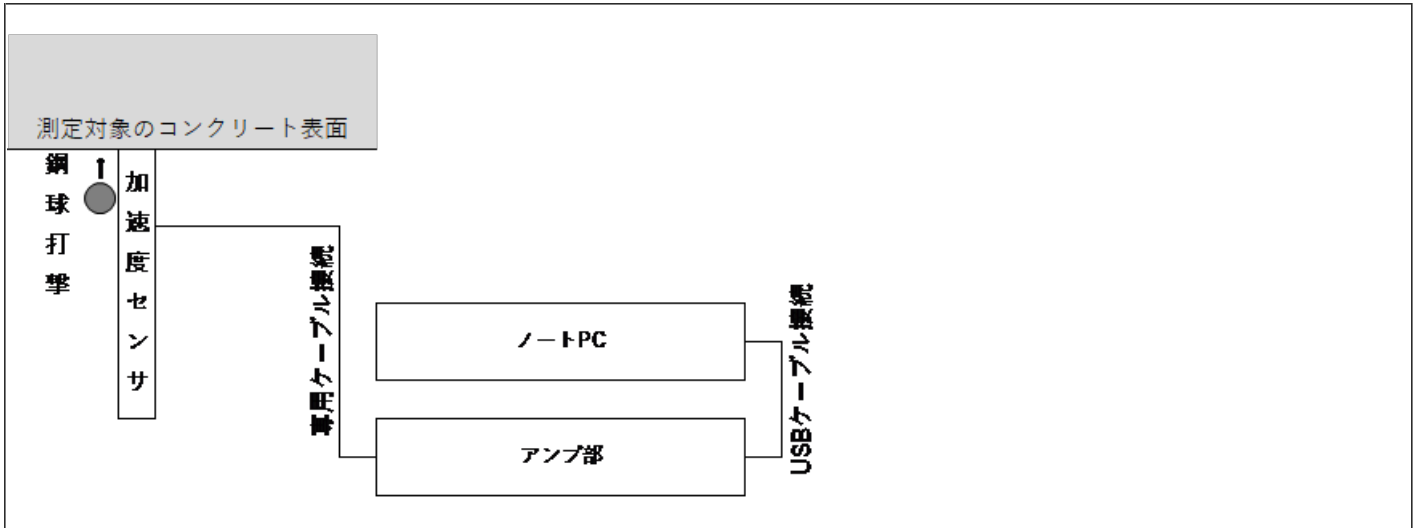
## 5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・桁下は人が進入できる箇所(高さ1m×幅2m×奥行2m程度の空間)	-
	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	-	-
	道路規制条件	-	-
	塗装剤条件	・塗装がコンクリートと密着している場合はそのまま測定可能 ・塗装が剥がれかかっている場合は剥してから測定	-
	躯体条件	・コンクリート表面にゴミ, ほこり, 緩んだ骨材などが無いこと	-
	躯体温度条件	・5~35℃(アンブ部に結露が生じない環境)	-
	その他	・うきのコンクリート表面からの深さが100mmを超える場合は測定不可。 ・アンブ部に結露が生じる湿度(80%程度以上)では測定不可。 ・大雨の場合測定不可。 ・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となる。	-

## 5. 留意事項(その2)

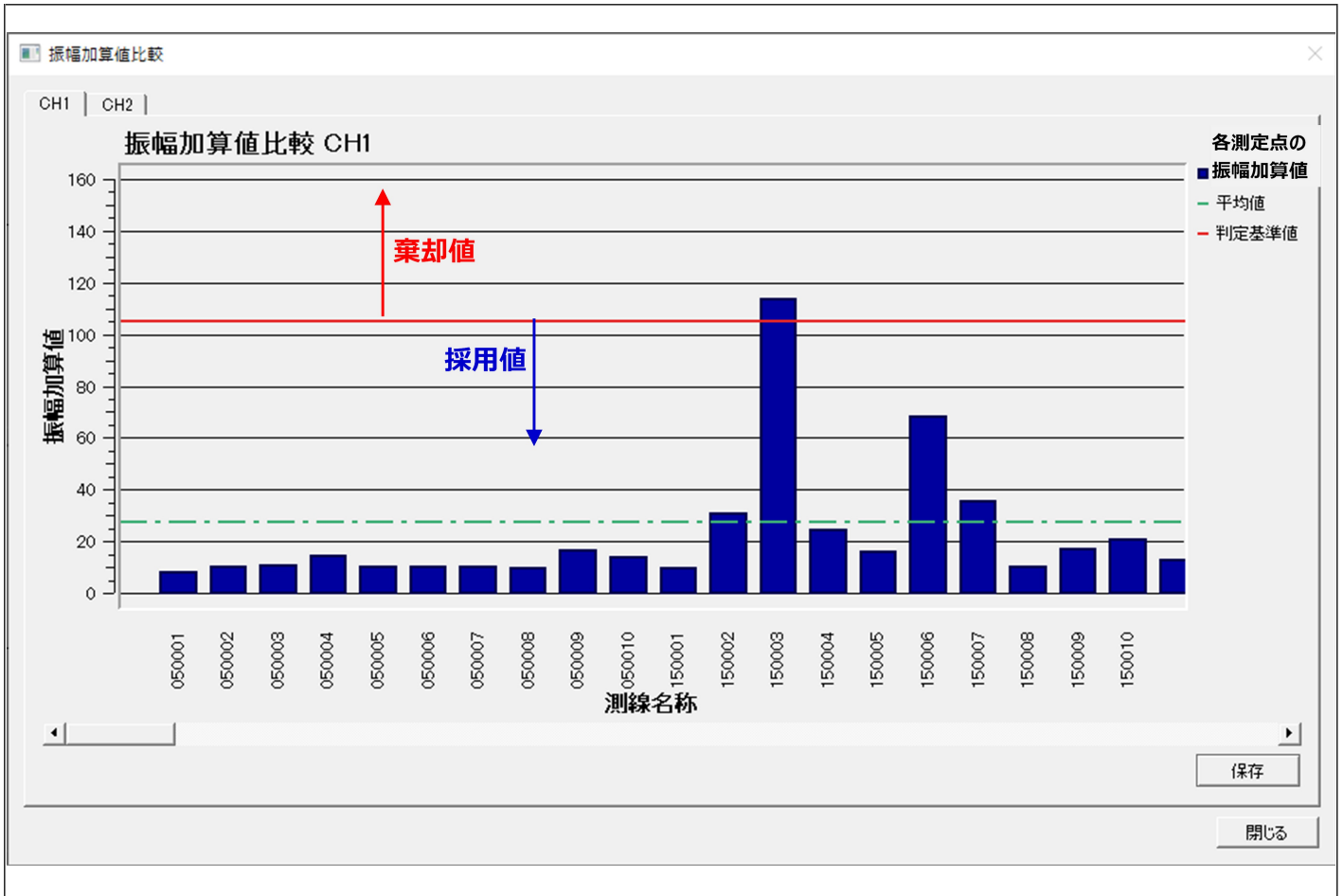
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	衝撃弾性波法の測定に関する講習を受講したもの	・(一社)ITECS技術協会レベルⅠ技術講習会,レベルⅡ技術講習会 ・非破壊試験を用いたコンクリート強度推定に関する土木研究所・ITECS技術協会合同講習会
	必要構成人員数	現場作業主任者(操作)1人、補助員1人 合計2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	2m×2m程度の作業スペース	-
	点検費用	橋種[コンクリート橋] 橋長:30m 全幅員:10m 部位・部材:[床版のみ] 活用範囲:[300]m2 検出項目:[うき] <費用>合計484,800円(経費含まない)	・測定点を橋軸方向の鉄筋(40本)位置に250mm間隔で設定した場合:測定点数 計2000点 ・上向きでの測定
	保険の有無、保障範囲、費用	・請負業者賠償責任保険に加入 ・請負作業遂行中の事故 1事故最大30億円	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	・購入及びレンタルで装置の入手可能。業務委託も可能。 ・連絡先:リック株式会社 電話番号03-5762-2058	・購入及びレンタルは衝撃弾性波法の測定に関する講習の受講が条件。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート制あり	-
	センシングデバイスの点検	・アンプ及び加速度センサに対しては,(一社)ITECS技術協会規格 SIA-T-00 試験00 ITECS法で使用する装置の定期点検方法に準拠した点検が必要。	-
その他	-	-	

## 6. 図面









## 1. 基本事項

技術番号	BR020048-V0025			
技術名	赤外線サーモグラフィカメラを用いた、定期点検支援技術			
技術バージョン	—	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社 復建技術コンサルタント			
連絡先等	TEL: 06-6266-2245	E-mail: mari685@sendai.fgc.co.jp,rina923@sendai.fgc.co.jp	株式会社 復建技術コンサルタント 関西支店 構造技術部 関西技術1課 小島 真理、河野 里奈	
現有台数・基地	1台	基地	大阪府大阪市中央区博労町1-8-8 ピカソ堺筋本町ビル4F	
技術概要	赤外線サーモグラフィカメラを用いて、部材表面を撮影し、熱画像と可視画像を取得することにより、コンクリート部材あるいは表面保護工(塗膜系、シート系)の損傷状況を把握する技術			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,主桁ゲルバー部,横桁,床版,PC定着部) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(防護柵,地覆) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他,翼壁) H形鋼桁橋(床版) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑧漏水・遊離石灰 ⑫うき	
		その他		
		共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑬定着部の異常	
検出原理	コンクリート表面の温度差を熱画像で取得し、可視画像と合わせて健全部と損傷疑い部の判断をする。			
検出項目	うき、漏水・遊離石灰、補修・補強材の損傷(塗膜系、シート系)、定着部の異常			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>計測機器: 赤外線サーモグラフィカメラ (対象物との距離に応じ望遠レンズ、視野拡大レンズを使用)</li> <li>データ収集・通信: SDカード</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>点検員が手持ちで計測</li> <li>手振れ補正等のため状況に応じて三脚に固定</li> </ul>	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●カメラ本体 (日本アビオニクス株式会社製 InfRec R550 同等品以上) 外形寸法: 約121mm(H) x 105mm(W) x 195mm(D) 重量: 1.3kg (バッテリー含む)</li> <li>●2倍望遠レンズ 外形寸法: φ 64 x 22mm 重量: 125g</li> <li>●3倍視野拡大レンズ 外形寸法: φ 59 x 89.3mm 重量: 330g</li> </ul>	
	センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>赤外線サーモグラフィカメラ (汎用品)</li> <li>測定波長: 8~14 μm</li> <li>測定温度範囲: -40~650°C</li> <li>温度分解能: 0.025°C@30°C</li> </ul>	
	計測原理	<p>画像 (熱画像、可視画像)</p> <p>コンクリート表面の温度差を熱画像で取得し、健全部と損傷疑い部の判断をする。疑われる損傷の種類は、可視画像による表面状態等を確認し判定する。</p>	
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測対象を一定時間安全に撮影できる場所 (カメラ、点検員) の確保が必要である。</li> <li>動作環境温度 -15°C~50°C</li> <li>動作環境湿度 90%RH (レンズ部が結露しないこと)</li> <li>計測対象面に対し赤外線カメラをできるだけ正対して撮影を行う。(最大30°程度)</li> <li>計測対象の損傷と周辺のコンクリート表面にレンジ0.5°C以上の温度差が生じる程度の外気温の変化が無ければ計測は困難である。</li> <li>カメラと計測対象間に遮蔽物 (転落防止ネット等を含む) がある場合には撤去が必要である。</li> </ul>	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱画像の特性上、表面が黒色等の場合には温度が高く検出される場合がある。</li> <li>漏水跡や汚れ、表面被覆工やはく落防止シートの境界部では素材や色味の違いにより「周辺部材との温度差あり」と判定される可能性が高いため可視画像と対比し点検者自身によって判断する必要がある。</li> <li>コンクリート部材厚が極端に薄い場合は背面側からの温度変化に大きく影響されることから留意が必要である。</li> </ul>	
	計測プロセス	<ol style="list-style-type: none"> <li>①現場気象条件下での調査が可能であるか確認する。 【キャリブレーション】</li> <li>②現地で確認できたうき、もしくは外気温と同環境に放置した供試体 (150mm×210mm×40mm、うき70mm×70mm×5mm) により温度差の検出可否を確認する。</li> <li>③撮影距離に応じた適切なレンズを選定する。</li> <li>④選定したレンズの校正を行う。</li> <li>⑤調査対象に赤外線サーモグラフィカメラを向けて撮影する。 (熱画像+可視画像を同時に撮影)</li> <li>⑥撮影した画像データをPCへ保存する。</li> <li>⑦解析ソフトにより温度差の有無を確認し、損傷の有無を判定する。</li> </ol>	
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱画像 (生データ/解析データ) カラーパレット7種 (オーリーブ、レインボー、アイリス、輝度カラー、ホットアイアン、ホットホワイト、ホットブラック) 階調表示 (256/32/16/8階調)</li> <li>可視画像 CMOS 500万画素</li> <li>熱画像、可視画像合成表示 FUSION、ピクチャインピクチャ (透過可能)</li> </ul>	
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐振動、衝撃: 29.4m/sec<sup>2</sup> (3G)、294m/sec<sup>2</sup> (30G)</li> <li>防塵、防沫構造: 保護等級 IP54相当</li> </ul>		



	動力	充電式バッテリー
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	2.5時間/1台
データ収集・通信装置	設置方法	赤外線サーモグラフィカメラに内蔵
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	記録メディア (SDカード) に保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	充電式バッテリー (カメラ本体同様)
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	2.5時間/1台

## 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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	性能確認シート参照	-	
		標準試験値	標準試験方法 うき(2019) 実施年 2024年 検出率:89% 的中率:100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検出率:0.89(16箇所/18箇所)</li> <li>・的中率:1.00(16箇所/16箇所)</li> <li>・被写体距離:5m</li> <li>・照度:14.7~16.4 Lux</li> <li>・風速:0.0~2.0 m/s</li> <li>・気温:13.1℃</li> </ul>	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	-20℃~60℃	・計測箇所の表面温度	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	温度分解能:0.025℃@30℃	レンジ差0.5℃以上で検出可能	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検員がカメラを所持し、桁下に立ち入るための桁下2m以上が確保できること</li> <li>・床版橋や剛性防護柵側面等のコンクリート面に対し正面～30℃の範囲で正対できること</li> <li>・計測対象面に対し、2m(視野拡大レンズ使用)～30m(望遠レンズ使用)の範囲内であること</li> <li>・赤外線カメラと計測対象面の間に遮蔽物(落下防止ネット等を含む)が存在しないこと</li> </ul>	河川等の場合は、(徒歩または)ボート・足場を要する
	周辺条件	・撮影に3分程度必要なため点検員の安全が確保できる条件下に限定される	-
	安全面への配慮	・作業員の安全性の確保以外の第三者に対する安全面への配慮は特に不要	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	塗装剤条件	・表面保護工(コンクリート片剥落対策)に適用するが、補強材(炭素繊維シート/鋼板接着工)は適用しない。	-
	躯体条件	・主な対象部材は面構造(箱桁下面・床版橋下面)とし、コンクリート面の狭いT桁等では検出精度が著しく低下する	-
	躯体温度条件	・対象面の表面温度が-20℃～60℃を超える場合は、カメラの性能上データ取得不可	-
	その他	・天気、気温、直射日光の影響を受ける部材表面の温度差を計測するため、低温時(気温10℃未満)や高温時(気温30℃以上)の計測を避け、晴天時の早朝や早晩で気温変化の大きな時間帯に撮影を行う	-

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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・点検作業従事者	・可視画像から損傷を判断できる者
	必要構成人員数	・現場責任者1名、点検員1名、補助員1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・赤外線サーモグラフィカメラの操作実務ができる知識を有する者(カメラ操作20時間以上)	・一般的に赤外線サーモグラフィカメラ導入時の講習(40時間以上)を受講していること (一般社団法人日本非破壊検査協会主催等)
	作業ヤード・操作場所	・点検員1名+補助員1名の撮影作業が可能なヤード確保(3m×3m程度) ・作業員が直立姿勢を保持できれば多少の地面の傾斜は問わない。	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 コンクリート床版橋 橋梁 20.0m 幅員 10.0m 計測対象箇所 主桁下面、剛性防護柵側面、橋台縦壁前面 対象範囲 主桁下面:20.0m×10.00m=200.0m <sup>2</sup> 防護柵側面:20.0m×1.0m×2=40.0m <sup>2</sup> 橋台縦壁前面:10.0m×5.0m×2=100.0m <sup>2</sup> 合計:340m <sup>2</sup> 検出項目 うき ＜費用＞ 合計 40万円(経費を含まない)	-
	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	・業務委託により実施	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-	

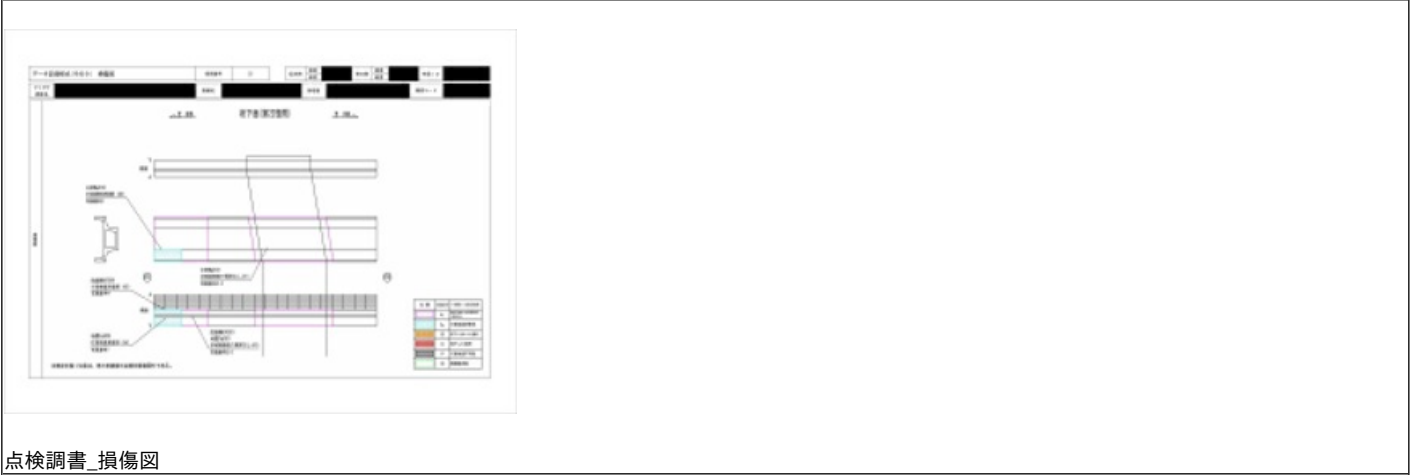
## 6. 図面



計測機器



計測状況





検査項目		検査内容	検査結果	検査方法	検査日時	検査場所	検査者
点検調査	1	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者
	2	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者
	3	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者
	4	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者
	5	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者
	6	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者

検査項目	検査内容	検査結果	検査方法	検査日時	検査場所	検査者	
点検調査	1	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者
	2	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者
	3	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者
	4	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者
	5	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者
	6	橋脚	橋脚基礎	目視	2011.10.10	橋脚基礎	検査者

点検調査 損傷写真

## 1. 基本事項

技術番号	BR020049-V0025			
技術名	ドローンに搭載した赤外線カメラによる変状調査技術(うき)			
技術バージョン	—	作成:	2025年3月	
開発者	株式会社シーテック			
連絡先等	TEL: 052-959-2711	E-mail: info@drone-serv.jp	株式会社シーテック ドローン事業部 DRONE-SERV運営担当: 栗原敏郎	
現有台数・基地	1機	基地	名古屋市中区丸の内	
技術概要	赤外線カメラを搭載したドローンにより、コンクリート部材の変状箇所を撮影し可視画像及び赤外線画像を取得する赤外線画像解析ソフト(FLIR社製)を用いて、部材の表面温度分布の違いからうきを検知する技術			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(高欄,地覆) 袖擁壁 RC床版橋(上部構造(主桁),その他(橋台前面))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑫うき	
		その他		
		共通	⑲変色・劣化 ⑳漏水・滞水	
検出原理	赤外線			
検出項目	うき			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>移動装置:ドローン</li> <li>計測装置:赤外線カメラ(ドローンに搭載)</li> <li>データ収集・通信: microSDカード</li> </ul>	
移動装置	機体名称	・ドローン:Matrice 300 RTK	
	移動原理	【飛行型】 4個のプロペラモーターにより、自重を揚力ですでに飛行して、平面方向、鉛直方向いずれの移動も可能 ドローンの飛行は、自動、手動飛行が可能(手動飛行)	
	運動制御機構	通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信種別:無線</li> <li>周波数帯:2.4000~2.4835 GHz</li> <li>出力:18.5dBm</li> </ul>
		測位	<ul style="list-style-type: none"> <li>GNSS及びRTK測位システム</li> <li>デュアルビジョンカメラ</li> <li>赤外線センサー</li> </ul>
		自律機能	・GNSSおよびRTK測位システム、デュアルビジョンカメラ、赤外線センサーにより自律的にホバリングを行う
		衝突回避機能(飛行型のみ)	・アプリケーションによる距離の設定を行い、デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより衝突を回避する
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>移動装置(Matrice 300 RTK)</li> <li>最大外形寸法(L810mmxW670mmxH430mm)</li> <li>最大離陸重量(9 kg)</li> </ul>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・最大ペイロード(2.7 kg)	
	動力	・ドローン本体のバッテリーより供給	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>飛行時間は約45分(バッテリー100%から0%まで飛行時)</li> <li>※カメラを搭載し、気温25度、無風、ホバリング状態の飛行時間</li> </ul>	
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測装置(DJI Zenmuse XT2・レンズ25mm、・19mm)</li> <li>機体上部又は下部に装着</li> </ul>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>DJI Zenmuse XT2(赤外線+可視カメラ)</li> <li>・25mmレンズ:629g(123.7×112.6×127.1 mm)</li> <li>・19mmレンズ:588g(118.02×111.6×125.5 mm)</li> </ul>	
	センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>【サーマルカメラ】</li> <li>・センサー:非冷却VOxマイクロボロメータ</li> <li>・熱画像(640×512)</li> <li>・感度(NETD)50mK@F/1.0</li> <li>・静止画フォーマット(JPEG、TIFF、R-JPEG)</li> <li>・動画フォーマット(MVO、MP4、TIFFシーケンス、SEQ)</li> <li>・デジタルズーム:1倍、2倍、4倍、8倍</li> <li>・25mmレンズ:FOV f/1.1(25°×20°)、iFoV(0.680mrad)、最短撮影距離30cm、可焦点距離21m、可焦点被写界深度11m</li> <li>・19mmレンズ:FOV f/1.25(32°×26°)、iFoV(0.895mrad)、最短撮影距離15.3cm、可焦点距離9.5m、可焦点被写界深度4.8m</li> <li>【可視カメラ】</li> <li>センサー:1/1.7インチCMOS</li> <li>有効画素数:1.2 MP</li> <li>動画解像度:3840×2160、30fps、1920×1080、30fps</li> <li>・デジタルズーム:1倍、2倍、4倍、8倍</li> <li>・静止画フォーマット(JPEG)</li> <li>・動画フォーマット(MVO、MP4)</li> </ul>	
	計測原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>赤外線カメラを搭載したドローンにより、コンクリート部材のうきの箇所を撮影し可視画像及び赤外線画像を取得する</li> <li>赤外線画像解析ソフト(FLIR社製)を用いて、部材の表面温度分布の違いから内部のうきを検知する</li> </ul>	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・早朝からの外気温の上昇や日射によって、対象部材が加熱され、温度上昇中の状況下で撮影</li> <li>・夕方からの日射が当たらず外気温の下降によって、対象部材の温度が下降して放熱をしている状況下での撮影</li> <li>・赤外線調査の撮影条件には日較差7℃以上(1日の最低温度と最高温度の気温差)が必要</li> <li>・調査対象部位は湿潤状態でないこと</li> <li>・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はないこと</li> </ul>	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外気温と天候不良や、日射不足は低温時期は検出精度が低下</li> <li>・真夏や真冬による極端な高温多湿、低温時期は検出精度が低下</li> <li>・日較差の小さい季節・時期では、浮き部の検出精度が低下</li> <li>・調査対象の表面が湿潤状態でないこと</li> </ul>	
	計測プロセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・早朝からの外気温の上昇や日射によって、対象部材が過熱され、温度上昇をしている状況下での撮影</li> <li>・夕方からの日射が当たらず外気温の下降によって、対象部材の温度が下降して放熱をしている状況下での撮影</li> </ul>	
	アウトプット	・赤外線画像解析ソフト(FLIR社製)を用いて、部材の表面温度分布の違いから内部のうきを検知する	
	耐久性	・IP44	
	動力	・ドローン本体のバッテリーより供給	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・ドローン本体のバッテリー残量に依存 3-374		
設置方法	・カメラにmicroSDカード×2枚を装着		

データ収集・通信装置	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・microSDカード(11mm×15mm×1mm)
	データ収集・記録機能	・記録メディア (microSDカード) に保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	—
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	—
	動力	・移動装置のバッテリーより供給
	データ収集・通信可能時間 (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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2024年 変化量:0cm  標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2024年 ・風速:3.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:14.7cm(13.5cm) 鉛直方向 最大移動量:6.4cm(6.8cm) ・風速:5.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:21.1cm(24.5cm) 鉛直方向 最大移動量:6.5cm(9.9cm) ・風速:8.0m/s 正面(側面) 水平方向 最大移動量:54.6cm(38.7cm) 鉛直方向 最大移動量:6.6cm(10.8cm)	・構造物までの距離:0.9m ・風速:3.5m/s ・停止飛行時:水平移動無し ・ホバリング:60秒間
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 桁間に進入しない場合(2022) 実施年 2024年 桁下空間:高さ5.0m進入可能	風速:3.5m/s
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	標準試験方法 飛行体(ドローン)(2022) 実施年 2024年 飛行距離 50m	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	未検証	-
	標準試験値	未検証	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 「Matrice 300 RTK+Zenmuse XT2(25mm)」 ・撮影速度:0.144 m <sup>2</sup> /sec 「Matrice 300 RTK+Zenmuse XT2(19mm)」 ・撮影速度:0.125 m <sup>2</sup> /sec	「Matrice 300 RTK+Zenmuse XT2(25mm)」 ・風速:3.5 m/s ・撮影面積:171.8 m <sup>2</sup> ・撮影時間:1194 sec 「Matrice 300 RTK+Zenmuse XT2(19mm)」 ・風速:3.5 m/s ・撮影面積:171.8 m <sup>2</sup> ・撮影時間:1372 sec	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 うき(2019) 実施年 2024年 「Matrice 300 RTK+Zenmuse XT2(25mm)」 ・検出率:94% ・的中率:94% 「Matrice 300 RTK+Zenmuse XT2(19mm)」 ・検出率:94% ・的中率:94%	「Matrice 300 RTK+Zenmuse XT2(25mm)」 ・検出率:0.94(17箇所/18箇所) ・的中率:0.94(17箇所/18箇所) ・照度:16.0~16.2 kLux ・風速:0.0~5.8 m/s ・気温:5.6 °C 「Matrice 300 RTK+Zenmuse XT2(19mm)」 ・検出率:0.94(17箇所/18箇所) ・的中率:0.94(17箇所/18箇所) ・照度:20.2~28.8 kLux ・風速:0.0~3.9 m/s ・気温:5.6 °C	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	範囲: ・高利得(640×512) -25°C ~ 135°C、 (336×256) -25°C ~ 100°C ・低利得: -40°C ~ 550°C	・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	
	感度	校正方法	・黒ゴムレンズカバーによる校正		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・最小検知温度差:0.05°C ・温度測定精度:±5°C or ±5%	
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値		・感度(NETD):50mk@f/1.0		-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	-		-
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・【19mmレンズ】(640×512、絞り、FOV、iFOV) f/1.25 32°×26° 0.895 mrad ・【25mmレンズ】(640×512、絞り、FOV、iFOV) f/1.1 25°×30° 0.680 mrad		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	・桁下10mの高さが必要	・調査対象の表面が湿潤状態でないこと
	周辺条件	・赤外線調査の撮影条件には日較差7℃以上(1日の最低温度と最高温度の気温差)が必要	・飛行空間に飛行の妨げとなるもの(釣り糸や紐等)がある場合は、除去が必要 ・植生がある場合は伐採が必要
	安全面への配慮	・飛行中は補助者を配置し、第三者への注意と構造物への接近を監視する	・現場の見通しが悪い場合は、必要に応じて補助者を増員する
	無線等使用における混線等対策	・飛行現場やその周辺の電波状態、飛行に影響の有無を確認して、正常性を確認できたら飛行する	—
	道路規制条件	・道路上飛行の場合は交通整理員等を配置する	—
	塗装剤条件	・防錆スプレーなど、金属系塗料をコンクリート表面に塗布した部位ではないこと	—
	躯体条件	・早朝からの外気温の上昇や日射によって、対象部材が加熱され、温度上昇中の状況下で撮影 ・夕方からの日射が当たらず外気温の下降によって、対象部材の温度が下降して放熱をしている状況下での撮影 ・調査対象部位は湿潤状態でないこと	—
	躯体温度条件	・赤外線調査の撮影条件には日較差7℃以上(1日の最低温度と最高温度の気温差)が必要	—
	その他	・動作温度:-20℃~50℃ ・風速5m/s以下 ・雨天、夜間は計測不可 ・撮影距離:25mmレンズ使用時36m以内、19mmレンズ使用時27m以内	—

## 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)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・赤外線サーモグラフィの知識所有者 ・ドローン国家資格等を保有する等、無人航空機操縦者技能証明書の資格保持者	・ドローン操縦者も赤外線サーモグラフィの知識所有者であること
	必要構成人員数	・パイロット1人、補助者1人 合計2名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・無人航空機操縦者技能証明書の資格保持者	・一等無人航空機操縦士 ・二等無人航空機操縦士
	作業ヤード・操作場所	・撮影角度は部材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	—
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 50m 全幅員 20 m 部位・部材 [床板/橋脚/橋台] 検出項目 [うき・剥離・漏水等] 活用範囲 [1,000]㎡ <費用> 合計300,000円(経費・内業を含まない)	—
	保険の有無、保障範囲、費用	・対人・対物保険に加入、機体故障時の動産保険にも加入	—
	自動制御の有無	対物離隔、経路の設定を設定を行い、デュアルビジョンカメラおよび赤外線センサーにより衝突を回避する	—
	利用形態:リース等の入手性	・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	・年1回自社で校正	—
その他	・部材の温度上昇を確認するために、測定個所と日射条件が同じ部材の表面に温度計を設置して温度を計測する	—	



## 6. 図面

使用機材



Matrice 300 RTK  
展開状態(プロペラは除く)  
810 × 670 × 430 mm  
(長さ×幅×高さ)

赤外線カメラ (XT2)  
123.7×112.6×127.1 mm  
(長さ×幅×高さ)



温度測定器

【機材】



機体下部カメラ搭載

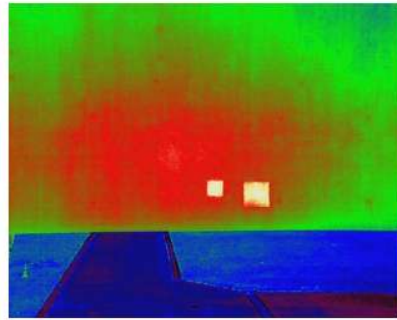


機体上部カメラ搭載

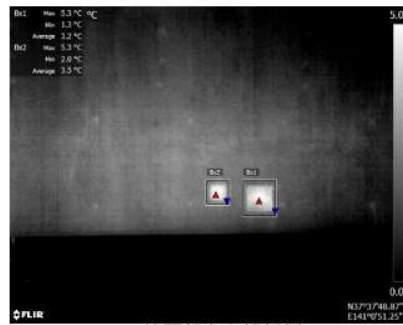
飛行状況と解析例



飛行中状況



地覆部うき撮影例



地覆部うき解析例

## 1. 基本事項

技術番号		BR020050-V0025		
技術名		赤外線画像による解析ソフト「Kuraves-Th」		
技術バージョン		—	作成:	2025年3月
開発者		株式会社保全工学研究所		
連絡先等		TEL: 03-5283-8111	E-mail: otoiawase@hozeneng.co.jp	企画部
現有台数・基地		10ライセンス	基地	東京都千代田区
技術概要		サーモグラフィカメラで撮影した熱画像からコンクリート構造物の温度変化からうきや漏水が発生している箇所を特定、図化する技術である。		
技術区分	橋種	コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版,ラーメン,PC定着部) 下部構造(橋脚,橋台) 路上(舗装) 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑫うき	
		その他	⑮舗装の異常	
		共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑰定着部の異常 ⑳漏水・滞水	
	検出原理	赤外線		
検出項目	赤外線による熱画像解析			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		・計測装置:赤外線サーモグラフィカメラ、レンズ(各自で手配) ・データ収集・通信:SDカード	
移動装置	機体名称	-	
	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	赤外線サーモグラフィカメラを手持ち、もしくは三脚に取り付けて撮影する。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	赤外線サーモグラフィカメラ	
	計測原理	赤外線エネルギー(放射熱)を検出して電気信号に変換する。 この信号を処理して赤外線画像・映像を生成し、温度を計測する。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	下記条件で撮影された熱画像であること ① 対象面に時間温度変化があること ② 風速 5m/秒以下 ③ 解像度15mm/pix以下 ④ 撮影水平角30°/上下45°以内 ⑤ 撮影対象面が十分に乾いていること 撮影距離:20m(標準レンズ使用時)、80m(4倍レンズ使用時)	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	対象面の時間温度変化が少ない場合や濡れている場合は解析の精度が落ちる。	
	計測プロセス	計測機器の防水・防塵性能無し	
	アウトプット	csv、jpg、bmp、tiff、dxf形式(自社開発ソフト)	
	耐久性	-	
	動力	バッテリー	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
データ収集・通信装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	記録メディアに保存(SDカード)	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(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(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	-	-	
		標準試験値	標準試験方法 うき(2019) 実施年 2024年  【FLIR A6701】 ・検出率:94% ・的中率:85%  【FLIR SC660】 ・検出率:78% ・的中率:100%	【FLIR A6701】 ・検出率:0.94(17箇所/18箇所) ・的中率:0.85(17箇所/20箇所) ・被写体距離:7m ・照度:19.4~21.2 kLux ・風速:0.0~1.7 m/s ・気温:11.1 °C  【FLIR SC660】 ・検出率:0.78(14箇所/18箇所) ・的中率:1.00(14箇所/14箇所) ・被写体距離:7m ・照度:19.4~21.2 kLux ・風速:0.0~1.7 m/s ・気温:11.1 °C	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)		性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	感度	校正方法		-	-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比		性能確認シートの有無 ※	-
	性能値			-	-
	分解能		性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 5. 留意事項(その1)

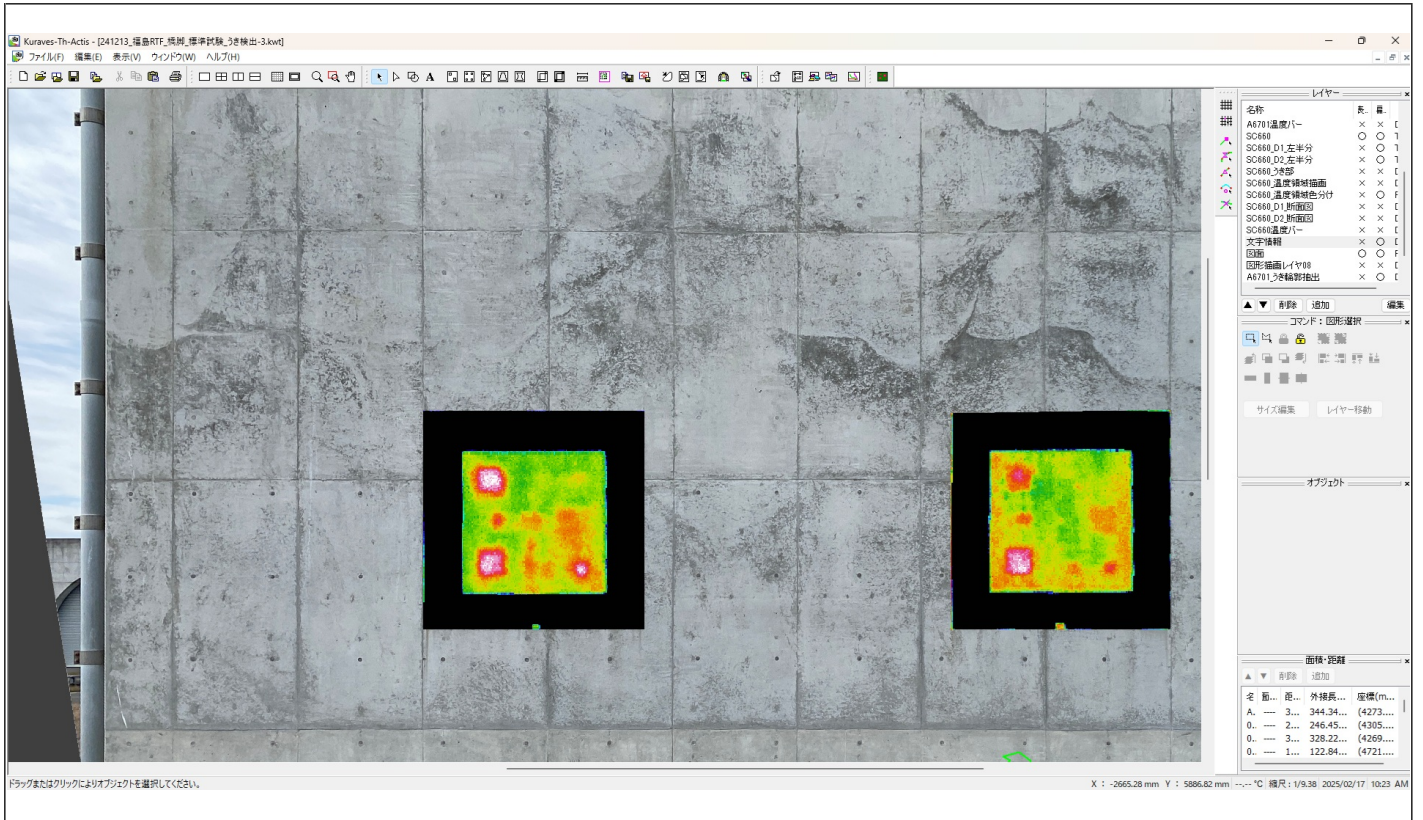
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	特になし	-
	桁下条件	対象面までの撮影距離を2m~80m程度確保できること。	-
	周辺条件	撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	特になし	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	調査対象箇所が湿潤状態でないこと。	-
	躯体温度条件	対象面に時間温度変化があること	-
	その他	下記条件で撮影された熱画像であること ① 風速 5m/秒以下 ② 解像度15mm/pix以下 ③ 撮影水平角30°/上下45°以内 ④ 撮影対象面が十分に乾いていること 撮影距離:20m(標準レンズ使用時)、80m(4倍レンズ使用時)	-

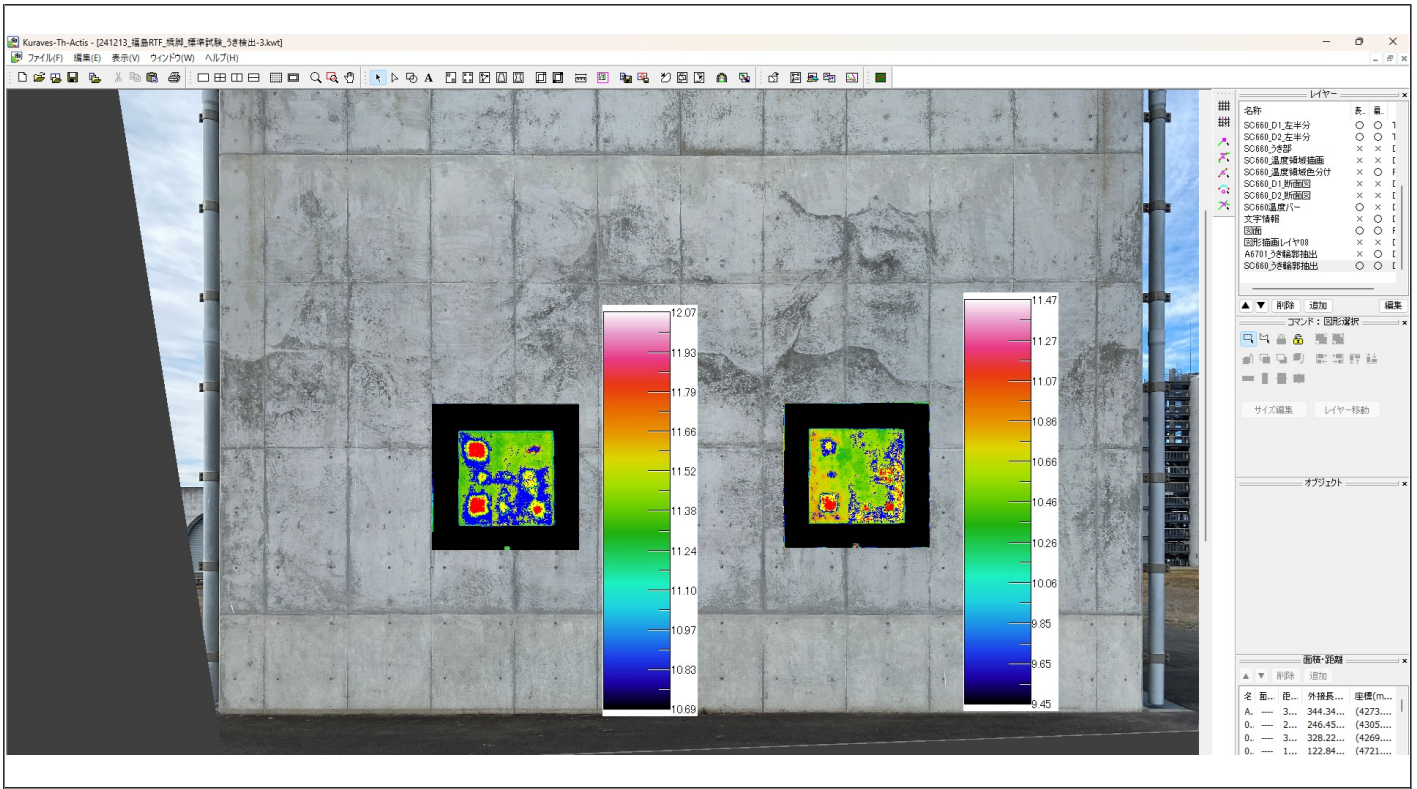
## 5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・特に必要なし	・サーモグラフィカメラによる撮影を行うため、赤外線についてある程度の知識が必要 ・導入時にサポートとして操作説明を行っている。
	必要構成人員数	・最低必要人数 ソフトウェア操作者1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	特になし	-
	作業ヤード・操作場所	現場またはオフィス	-
	点検費用	橋種 [コンクリート橋] 橋長 100m 全幅員 10 m 部位・部材 [ 床版のみ ] 活用範囲 [ 1000 ]m <sup>2</sup> 検出項目 [うき、はく離、漏水 ] <費用> 外業:画像撮影:350,000円 机上:画像接合、自動検出、損傷図作成、報告書作成:400,000円 合計 (経費含まない)750,000円	-
	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	業務委託またはソフトウェア販売	ソフトウェア販売の場合、提供金額:1,320,000円(税込) 買い切りとなるため、保守料金は不要。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有	・ソフトウェア利用に関する問い合わせは当社にて対応いたします。
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-	



### 6. 図面





## 1. 基本事項

技術番号	BR020051-V0025			
技術名	ストラクチャスキャン(電磁波レーダ)による橋梁検査			
技術バージョン	1	作成:	2025年3月	
開発者	KEYTEC株式会社 Geophysical Survey Systems, Inc.			
連絡先等	TEL: 078-200-5217 03-5534-8881	E-mail: ando@key-t.co.jp mikami@key-t.co.jp	営業 安藤 営業 三上	
現有台数・基地	FLEX4台、SIR-EZ XT3台	基地	兵庫県神戸市 東京都中央区	
技術概要	ストラクチャスキャンは、電磁波がコンクリート内部の物標で反射する性質を利用して物標までの距離と位置を検知する技術(電磁波レーダ)であり、コンクリートのうき、剥離などの劣化の状態把握に利用できる。コンクリート表面のうき、剥離の位置と大きさ(水平)を画面で確認しながらマーキングするほか、保存した測定データで位置を確認することができる。カーブフィッティングなどの手法によるかぶり推定機能を有する。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(台座コンクリート) 路上(高欄,舗装) 袖擁壁 溝橋(ボックスカルバート)(頂版,側壁・底版・隔壁・その他,翼壁) H形鋼桁橋(上部構造(主桁),床版) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑦剥離・鉄筋露出 ①床版ひびわれ ⑫うき	
		その他	⑮舗装の異常 その他(土砂化)	
		共通	⑳漏水・滞水	
検出原理	電磁波			
検出項目	電磁波の反射強度			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		計測装置 ストラクチャスキャン FLEX (FlexNX, NX25) ストラクチャスキャン SIR-EZ XT (SIR-EZ XT、小型キューブアンテナ)	
移動装置	機体名称	ストラクチャスキャン FLEX ストラクチャスキャン SIR-EZ XT	
	移動原理	【人力型】 検査者がアンテナを測定面に当てて前進させることにより測定する。	
	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	ストラクチャスキャン FLEX FlexNX: サイズ 253×132×189mm、重量 2.2kg (バッテリー装着時) NX25: サイズ 112×112×105mm、重量 0.83kg (バッテリー装着時)  ストラクチャスキャン SIR-EZ XT SIR-EZ XT: サイズ 157×190×236mm、重量 1.8kg (バッテリー装着時) 小型キューブアンテナ: 83×96×96mm(ケーブル長 3m)、重量 0.3kg(ケーブル込み 0.7kg)	
	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	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	装置本体アンテナ、および拡張アンテナ(GSSI製)	
	計測原理	装置の移動毎に電磁波の反射を記録することで反射波形の画像を得る。波形に現れる鉄筋、非金属管、空洞などの反射より位置を検出、反射応答時間(T)とコンクリートの比誘電率(電磁波の速度を決定する)より埋設物の深さが求められる。この時、比誘電率( $\epsilon_r$ )を正確に推定することが重要であるが、本技術では反射波形と理論波形との対比より比誘電率を推定する。[ADC(自動深度補正)、カーブフィッティング] 反射は物質の境界面で生じ、物質の比誘電率がより高い物質との境界面では正の反射となり、比誘電率がより低い物質との境界面では負の反射となる。この性質を利用し、コンクリートのうき、剥離を判別することができる。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	①自然条件 ・作動温度範囲:-10℃から40℃まで ・雨天屋外での探査は不可 ②現場条件 ・コンクリート内に鋼繊維・カーボンが混入されていないこと ・コンクリート表面に金属質のもの・カーボンが敷設されていないこと ・測定面に流水や留水がないこと ・装置本体が走行できること	
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	車輪の回転により距離を求める為、測定面の凹凸や突起により車輪の空転やロックが生じないように注意する。避けられない場合はその位置を記録し判断時に考慮する。		
計測プロセス	装置を測定面に設置して測線に沿って手で移動させる。 移動距離毎にスキャンが行われる。このとき電磁波の送受信(ハイパースタッキング)、反射信号の記録、バンドパスフィルタ、深度補正、感度調整処理が行われ当該位置の反射信号として画面に表示される。このスキャンの繰り返しにより測線の断面の波形が得られる。 断面波形よりコンクリート表面のうき・剥離を読み取りマーキングする。 		
アウトプット	測定データ(*.DZT形式)、波形画像(*.png形式)		
耐久性	IP65		
動力	交換式専用バッテリー(Li-ion)		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	Flex NX 最長 約3.5時間 SIR-EZ XT 最長 約2.5時間 2-3-391		
設置方法	装置本体に保存		

データ収集・通信装置	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	内蔵メモリ Flex NX: 200GB SIR-EZ XT: 14.5GB
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (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 (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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有			
		性能値	未検証	-		
		標準試験値	標準試験方法(2019) 実施年 2024年 「FLEX」 ・計測速度:0.11m/s		・計測距離:4.8+4.8+4.8=14.4m ・計測時間:2分15秒=135秒 ・計測速度:14.4/135=0.11m/s	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有			
		性能値	-		-	
		標準試験値	標準試験方法 うき(2019) 実施年 2024年 「FLEX」 ・検出率:100% ・的中率:100% 「SIR-EZ XT」 ・検出率:100% ・的中率:100%		「FLEX」 ・検出率:1.00(18箇所/18箇所) ・的中率:1.00(18箇所/18箇所) ・照度:11.4~16.7 Lux ・風速:0.0~1.6 m/s ・気温:9.0 °C 「SIR-EZ XT」 ・検出率:1.00(18箇所/18箇所) ・的中率:1.00(18箇所/18箇所) ・照度:11.4~16.7 Lux ・風速:0.0~1.6 m/s ・気温:9.0 °C	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-			
		性能値	-		-	
		標準試験値	-		-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-			
		性能値	-		-	
		標準試験値	-		-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-			
		性能値	-		-	
	感度	校正方法	-		-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-		
			性能値	-		-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-		
			性能値	-		-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
	性能値		-		-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
		性能値	-		-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	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	-	-
	道路規制条件	-	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	コンクリート内に鋼繊維・カーボンが混入されていないこと コンクリート表面に金属質のもの・カーボンが敷設されていないこと 測定面に流水や留水がないこと 装置本体が走行できること	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	雨天屋外での探査は不可 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	-

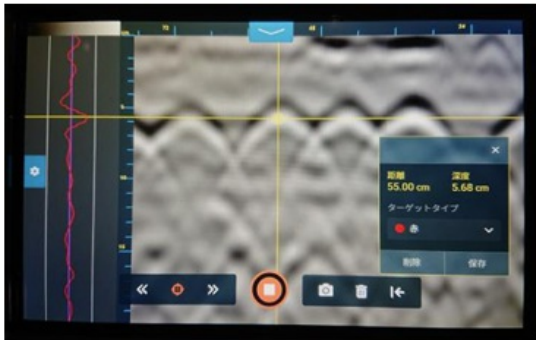


## 5. 留意事項(その2)

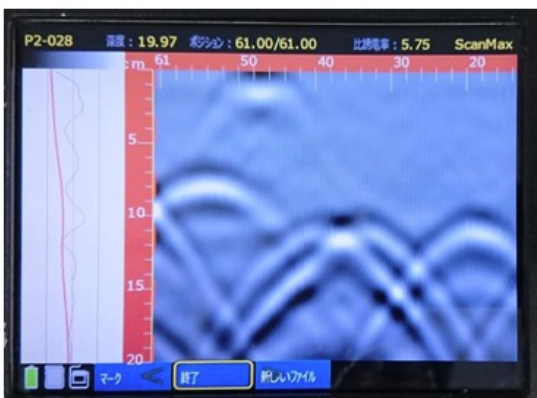
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	特になし	トレーニング(CPDS認定)、技量認定制度あり
	必要構成人員数	1名	高所作業車等が必要な現場では別にオペレーター1名
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋/鋼橋] 橋長 35m 全幅員 10m 部位・部材[橋梁下部工] 活用範囲 [10]㎡ 検出項目 [うき・剥離] <費用> 合計 60万円 (交通費、事前調査、打合せ、足場等設置など含まず)	左記は参考価格 調査条件などにより個別に調整
	保険の有無、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	購入/リース、レンタル、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	定期的(1回/年)に校正を実施	-
その他	-	-	

## 6. 図面

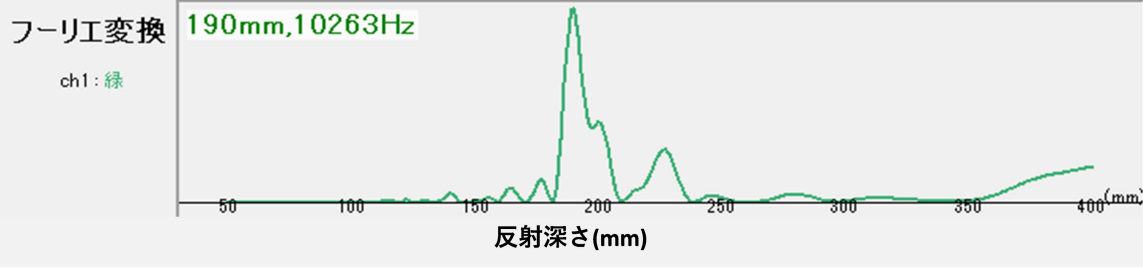
### ストラクチャスキャン FLEX



### ストラクチャスキャン SIR-EZ XT

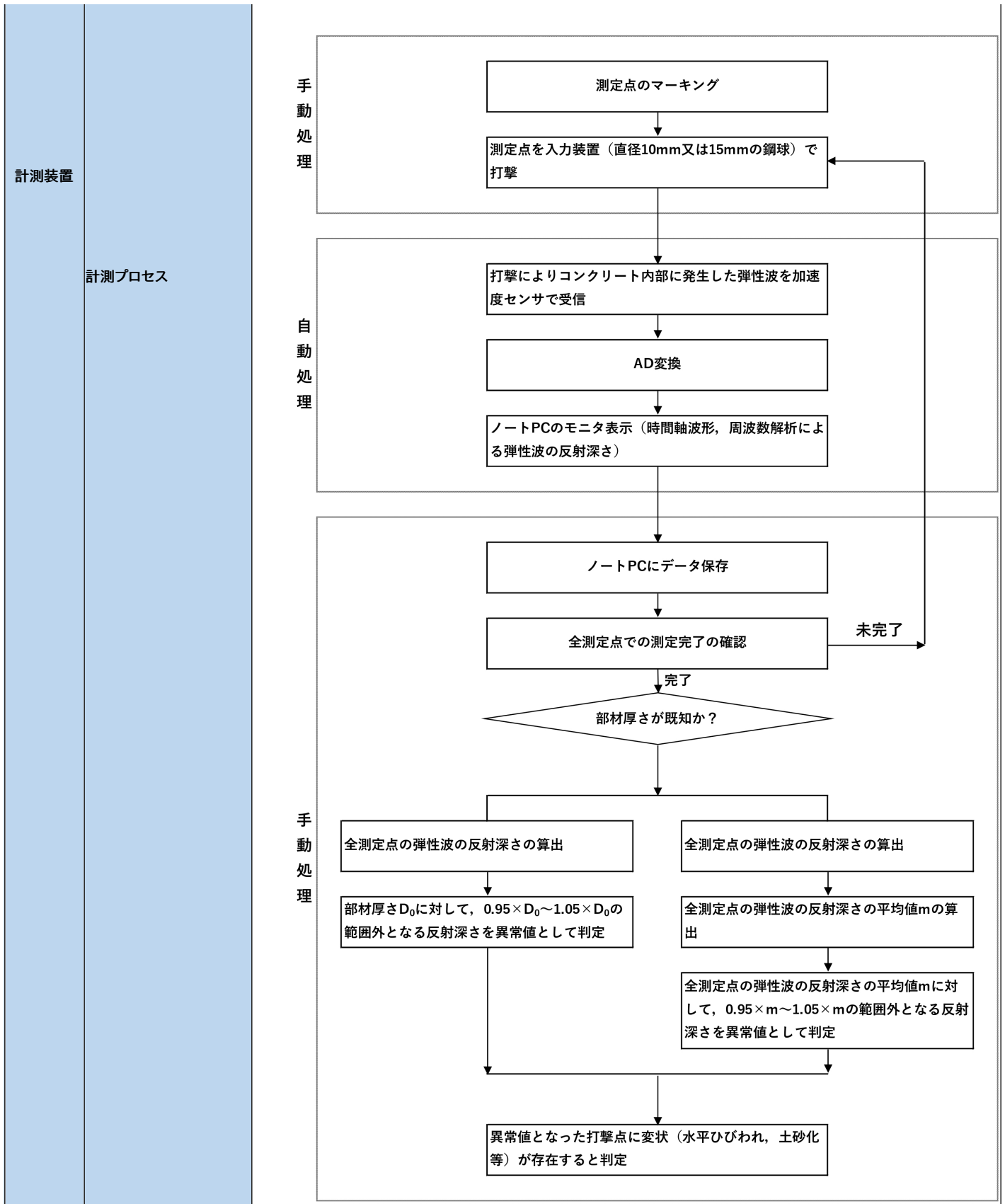


# 1. 基本事項

技術番号		BR020052-V0025		
技術名		コンクリート内部の変状探査技術(PRA-TICA)(床版劣化)		
技術バージョン		-		作成: 2025年3月
開発者		リック株式会社		
連絡先等		TEL: 03-5762-2058	E-mail: siwano@ri-k.co.jp	技術研究所 岩野聡史
現有台数・基地		2台	基地	東京都大田区昭和島2-4-3
技術概要		<p>コンクリート床版の表面を直径10mm又は15mmの鋼球で打撃し、床版内部に発生する弾性波を打撃点から1cm程度の範囲内に設置した加速度センサで受信して、弾性波の反射深さを測定する(下図参照)。この結果から、床版内部の劣化(水平ひびわれ、土砂化)の有無を判断する非破壊検査技術である。</p> 		
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他	その他(床版内部の水平ひびわれ, 床版内部の土砂化)	
		共通		
検出原理	弾性波			
検出項目	床版内部での弾性波の反射深さ			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>計測装置: アンプ部, 加速度センサ, 入力装置(直径10mm又は15mmの鋼球)</li> <li>データ収集: ノートPC(アンプ部にUSBケーブルで接続)</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	【人力型】	
	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)	-	
設置方法	-		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンプ部: 長さ204mm×幅294mm×高さ38mm, 質量1.6kg</li> <li>加速度センサ: φ7.1mm×高さ14.7mm, 質量2.0g</li> <li>入力装置: 鋼球直径10mm, 質量4g又は鋼球15mm, 質量14g</li> </ul>		
センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>加速度センサ: PCB 社製 型番352C67</li> </ul>		
計測原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定点において入力装置によりコンクリート表面を打撃し, 打撃点から1cm程度の範囲内のコンクリート表面に手で押し付け設置した加速度センサでコンクリート表面に生じる加速度を受信して, 内部に発生した弾性波を受信する。加速度センサで受信した弾性波をアンプ部でA/D変換しノートPCに記録する。サンプリング時間間隔は2μsである。サンプリングデータ数は4096個である。</li> <li>計測にあたってのキャリブレーションは不要である。</li> </ul>		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定点で入力装置で打撃, 加速度センサを設置するために, 測定点に近接できる必要がある。</li> <li>加速度センサをコンクリート表面に正しく設置するために, コンクリート表面にゴミ, ほこり, 緩んだ骨材などがある場合は事前に取り除く必要がある。</li> </ul>		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>入力装置により打撃した点が測定点となるため, 事前にマーキングした点からずれることなく打撃する。</li> <li>加速度センサはコンクリート表面に手で押し付けて固定するが, 測定時に手振れが生じると内部に発生した弾性波ではなく手振れによる振動が測定されるため, 加速度センサはコンクリート表面に確実に固定する。</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>測定点のコンクリート表面にゴミ, ほこり, 緩んだ骨材などが無いことを確認し, 測定点のチョークでマーキングする。</li> <li>測定点から1cm程度の範囲内に加速度センサを手で押さえ付けて設置し, 測定点を入力装置(直径10mm又は15mmの鋼球)で打撃する。</li> <li>打撃によりコンクリート内部に発生した弾性波を加速度センサで受信する。</li> <li>コンクリート内部に発生した弾性波がアンプ部でAD変換され, ノートPCのモニタに測定波形(時間軸波形)として表示されたこと, 及び, 周波数解析により弾性波の反射深さが測定されたことを確認し, ノートPCに時間軸波形及び周波数解析結果のデータを保存する。</li> <li>全測定点において, ②~④の測定を繰り返し実施する。</li> <li>全測定点での測定が完了したら, 各測定点の弾性波の反射深さを算出する。</li> <li>判定基準値は次の1)又は2)により設定する。             <ol style="list-style-type: none"> <li>床版の厚さD0が既知の場合は, 判定基準値を<math>0.95 \times D0 \sim 1.05 \times D0</math>に設定する。</li> <li>全測定点の弾性波の反射深さの平均値mを算出し, 判定基準値を<math>0.95 \times m \sim 1.05 \times m</math>に設定する。</li> </ol> </li> <li>各測定点の弾性波の反射深さと判定基準値とを比較して, 判定基準値の範囲外となった弾性波の反射深さを異常値と判定し, その測定点(打撃点)に変状(水平ひびわれ, 土砂化等)が存在すると判定する。</li> </ol>		



アウトプット	・各測定点の周波数解析結果を比較したグラフ及びデータ。 ・データ出力はCSVファイルである。
耐久性	・防水, 防塵性なし
動力	・アンプ部に内蔵されたバッテリーより供給。
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・8時間

設置方法	・ノートPCをアンプ部にUSBケーブルで接続する計測装置と一体的な構造。
外形寸法・重量(分離構造の場合)	-
データ収集・記録機能	・ノートPCのハードディスクドライブに保存。 2,3-400

データ収集・通信装置	通信規格(データを伝送し)
------------	---------------

置	保存する場合 セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	・ノートPCに内蔵されたバッテリーより供給。
	データ収集・通信可能時間(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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・検出率(%):70.8% ・的中率(%):66.2%	・検出率(%)=(新技术で変状が存在すると判定された測定点数)÷(変状がある測定点数)=51/72=70.8% ・的中率(%)=(新技术で変状が存在すると判定された測定点数のうち変状がある測定点数)÷(新技术で変状が存在すると判定された測定点数)=51/77=66.2% ・水平ひび割れを模擬した500mm×500mm及び250mm×250mmの亚克力板を床版表面からの深さ230mmに埋設、及び、土砂化を模擬した砂利、砂、土および水を混合した材料を、平面範囲500mm×500mm及び250mm×250mmで、床版表面からの深さ180mmに埋設した供試体での実験結果。	
		標準試験値	標準試験方法 床版劣化(2025年) 検出率=当該技術で検出した正解損傷面積/正解損傷面積 的中率=当該技術で検出した正解損傷面積/当該技術で検出した損傷面積(誤検出含む) ・検出率:36% ・的中率:10%	・データ取得手段:加速度センサー、床版下面打撃 ・移動距離:徒歩5m	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)		性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	計測可能な加速度:±491 m/s <sup>2</sup>	-
	感度	校正方法		(一社)iTECS技術協会規格「SIA-T-00 試験00 iTECS法で使用する装置の定期点検方法」に基づき定期点検を実施する。	(一社)iTECS技術協会規格「SIA-T-00 試験00 iTECS法で使用する装置の定期点検方法」に準拠する。
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	加速度センサの検出感度:10.2 mV/(m/s <sup>2</sup> )	感度の誤差範囲:±10%
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	感度(入力に対する出力の割合)1:0.1, 1:1又は1:10(アンプ部で感度調整)	
		S/N比		性能確認シートの有無 ※	無
性能値	65db以上			-	
分解能		性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	12bit	-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。



## 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)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・桁下は人が進入できる箇所(高さ1m×幅2m×奥行2m程度の空間)	-
	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	-	-
	道路規制条件	-	-
	塗装剤条件	・塗装がコンクリートと密着している場合はそのまま測定可能 ・塗装が剥がれかかっている場合は剥してから測定	-
	躯体条件	・コンクリート表面にゴミ, ほこり, 緩んだ骨材などが無いこと	-
	躯体温度条件	・5~35℃(アンブ部に結露が生じない環境)	-
	その他	・アンブ部に結露が生じる湿度(80%程度以上)では測定不可。 ・大雨の場合測定不可。 ・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となる。	-

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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	衝撃弾性波法の測定に関する講習を受講したもの	・(一社)ITECS技術協会レベルⅠ技術講習会,レベルⅡ技術講習会 ・非破壊試験を用いたコンクリート強度推定に関する土木研究所・ITECS技術協会合同講習会
	必要構成人員数	現場作業主任者(操作)1人、補助員1人 合計2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	2m×2m程度の作業スペース	-
	点検費用	橋種[コンクリート橋] 橋長:30m 全幅員:10m 部位・部材:[床版のみ] 活用範囲:[300]m2 検出項目:[床版劣化] <費用>合計828,000円(経費含まない)	・部材厚さ200mmの床版に対して,200mm間隔で測定点を設定した場合。橋軸方向151点×橋軸直角方向51点:測定点数 計7701点 ・上向きでの測定
	保険の有無、保障範囲、費用	・請負業者賠償責任保険に加入 ・請負作業遂行中の事故 1事故最大30億円	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	・購入及びレンタルで装置の入手可能。業務委託も可能。 ・連絡先:リック株式会社 電話番号03-5762-2058	・購入及びレンタルは衝撃弾性波法の測定に関する講習の受講が条件。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート制あり	-
	センシングデバイスの点検	・アンプ及び加速度センサに対しては,(一社)ITECS技術協会規格 SIA-T-00 試験00 ITECS法で使用する装置の定期点検方法に準拠した点検が必要。	-
その他	-	-	

## 6. 図面

