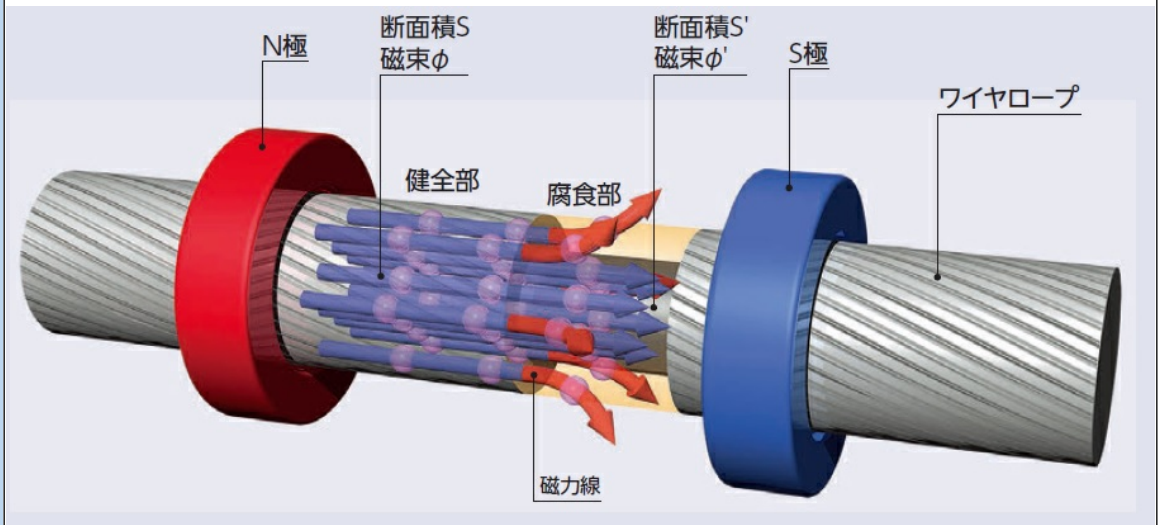
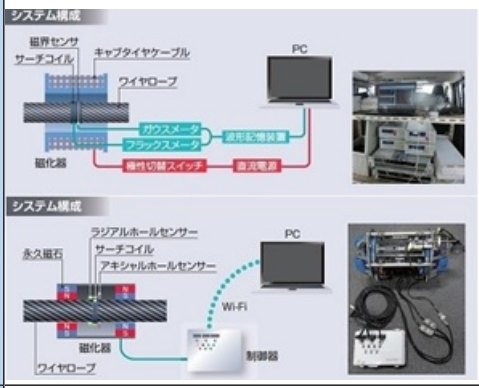
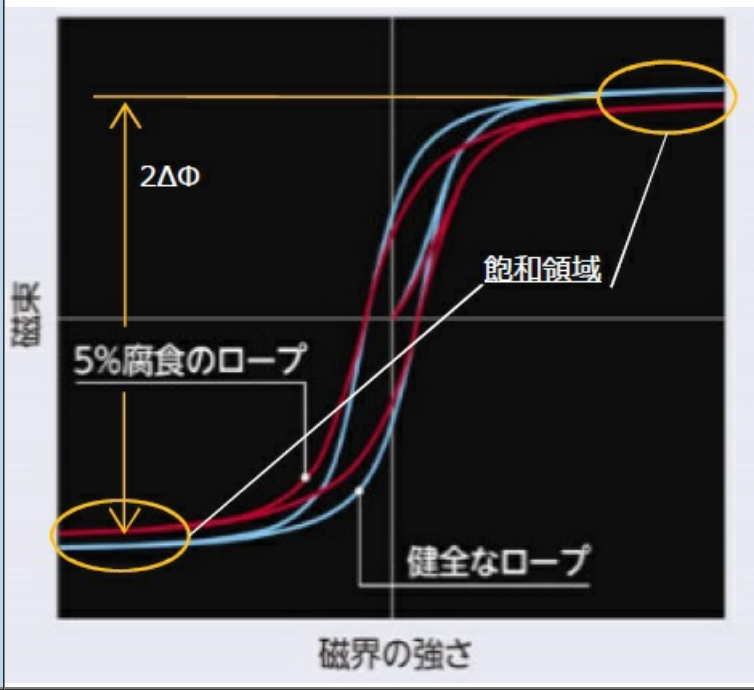
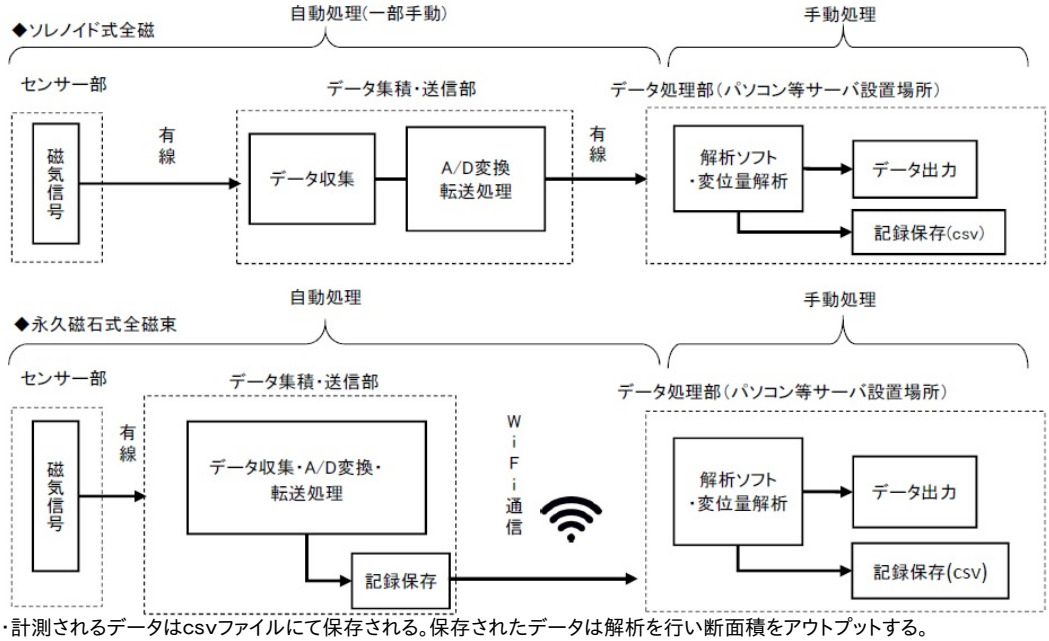
1. 基本事項

技術番号		BR020001−V0525				
技術名		全磁束法によるケーブル非破壊検査				
技術バージョン		ソレノイド式全磁束法、永久磁石式全磁束法			**作成：**	2025年3月
開発者		東京製綱（株） 住友電気工業（株）特殊線事業部				
連絡先等		TEL：	03-6366-7733 072-771-0508	E-mail：	yajima.takashi@tokyorope.jp shokawa-hiroki@sei.co.jp	エンジニアリング事業部　矢島　卓 特殊線事業部　正川　浩貴
現有台数・基地		ソレノイド式：3台　永久磁石式：2台		**基地**	茨城県かすみがうら市宍倉5707	
技術概要		全磁束法はケーブル内に流れる磁束の量がケーブルの断面積に比例する原理を利用する。 ケーブルを磁化することでケーブル内に磁束が流れ、その磁束を計測しケーブルの断面積へと換算する。 ソレノイド式は磁化方式に電流磁気を用いる。電流をあげ、磁化力を強めることで、磁束密度を飽和漸近領域まで到達させる。健全部、健全部以外の断面積（飽漸近領域の磁束）を比較することで、断面の変化、欠陥（主に腐食）状況を定量的に評価する方法である。 永久磁石式全磁束法は磁化方式に永久磁石を用いて、ケーブル長手方向に移動しながら欠陥を定性的に検知し評価をする方法である。また磁束密度を検知することでケーブル断面内での位置関係を把握する。  				
技術区分	**橋種**	鋼橋 コンクリート橋				
	対象部位	上部構造（斜張橋,外ケーブル,その他（吊橋））				
	損傷の種類	鋼	①腐食 ④破断			
		コンクリート				
		その他				
		共通				
	検出原理	磁束密度				
	検出項目	ケーブル断面積の変化				

2. 基本諸元

計測機器の構成			◆ソレノイド式全磁束 移動装置を含まない分離型で、計測装置、データ収集装置、付帯装置の構成になる。下記装置を有線接続する。 磁化器：キャブタイヤケーブル（電線） 計測器：ガウスメータ（磁束密度）、フラックスメータ（磁束） データ収集：データロガー、PC 付帯装置：電源（200V）、切り替え機（極性）、発電機（100V、200V） ◆永久磁石式全磁束 移動装置を含まない分離型で、計測装置、データ収集装置の構成になる。下記装置を有線接続する。 磁化器：永久磁石 計測器：ラジアルホールセンサ（漏洩磁束：断面方向） アキシャルホールセンサ（漏洩磁束：軸方向） サーチコイル（磁束） データ収集：制御器）、PC（制御器-PC間：Wi-Fi接続） 
移動装置	機体名称		-
	移動原理		（型式） ◆ソレノイド式全磁束（左下写真） 【据置】 【人力】※1 【接触型】※2 ソレノイド式全磁束法は、電流を流す必要性がある事から、電線が届く範囲での測定となる。よって、定点(ある箇所に計測器を固定)の測定に向くものである。 ◆永久磁石式全磁束（右下写真） 【人力】 【接触型】※2 永久磁石式全磁束法の計測は連続測定（移動しながら計測）を前提としており、設置や移動も人力（1,2人）で可能である。ただし人のアクセスが可能な範囲に限る。 ※1 電線が届く範囲での可動が可能。移動させる人員の足場が必要。 ※2 本計測専用の移動装置は無いため、別途ウィンチや昇降装置を用いる必要がある。ソレノイド式は移動する距離に応じて電流を流す電線の長さ（重量）が変わる。
	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)		-
			◆ソレノイド式全磁束 計測装置自体は治具を用いて設置する。本計測専用の移動装置は無く、別途用意する必要がある。移動装置との装着はその装置によるが直接ボルトナットによる取付または移動装置装着用の治具を用いて連結する。

計測装置	設置方法	◆永久磁石式全磁束 磁化計測器が2分割構造となっており、ケーブルに覆うようにして取り付ける。人力の場合、直接手動または補助ロープ等の人力可動な治具を取り付ける。移動装置との装着はその装置によるが直接ボルトナットによる取付または移動装置装着用の治具を用いて連結する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	◆ソレノイド式全磁束 計測する対象がケーブルの外径に依存する。 ・ケーブル径：実績最大527mm ・計測装置：最大外形寸法（長さ1200mm×幅1150mm×高さ1150mm）、最大重量（550kgf） 磁化器重量 大（330mm～）：約550kg、中（250mm～）：約100kg、小（70mm～）：約30kg ◆永久磁石式全磁束 中型（ケーブル外径　約φ120mmまで） ・計測装置：最大外形寸法（長さ530mm×幅300mm×高さ300mm）、最大重量（約30kgf） 大型（ケーブル外径　φ200mmまで） ・計測装置：最大外形寸法（長さ580mm×幅380mm×高さ300mm）、最大重量（約100kgf）
	センシングデバイス	◆ソレノイド式全磁束 ・フラックスメータ　・ガウスメータ　・エンコーダ（連続測定時） ◆永久磁石式全磁束 ・磁気センサ　・エンコーダ
	計測原理	◆ソレノイド式全磁束法 ・計測した磁束と磁界強さのヒステリシス曲線（右図）から、飽和領域である一定の磁界強さ時の磁束を計測し、ケーブルの断面積を導出する。正常時の断面積と比較することで定量的に測定する。 ◆永久磁石式全磁束法 ・連続的に可動させ得られる各電圧値の相対値変化を解析し磁束変換する。磁束からケーブル断面積変化を、漏洩磁束から断面内欠陥位置を定性的に導く。またエンコーダからケーブル長手方向の位置関係を把握する。 
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	◆共通 ・対象ケーブルが強磁性体であること。　・樹脂系のロープには適用できない。 ・対象ケーブルを保護等の目的で外層を覆っている樹脂類の材質は非磁性体であることが前提となる。 ・計測部位付近で2,3人が作業できるスペースがある。場合よっては仮設足場や高所作業車が必要となる。 ・ケーブル端部の計測は困難である。 ◆ソレノイド式全磁束法 ・AC100V及び200Vの電源を必要とする。 ・発電機性能は最大30kVA程度 ・計測部位（センサー部及び磁化部）とデータ集積、直流電源間は有線で接続する。 ◆永久磁石式全磁束法 ・計測装置をある程度一定の速度で移動させながら計測する。 ・安全に移動可能であれば速度制限は特にない。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	◆共通 ・キャリブレーションの有無（新品状態のケーブルの有無） ・ケーブル端部の計測は困難。 （ケーブルと端末部の境目近傍に端末金具もしくは桁があり磁性体であるため影響を受ける） ・ケーブルの張力（緊張状態により断面積に軽微な変化） ・センシングデバイスのレンジやデータ収集装置のサンプリング等適切な設定 ◆永久磁石式全磁束 ・対象ケーブルの受けた磁化履歴（計測履歴）の有無 ※ケーブル端末部から約1.5m近傍では検出能力が不安定になる（端末近傍の磁化影響）
		・ケーブルに設置したサーチコイルセンサ及び磁気センサにより対象の磁束、磁束密度を計測する。 各センサの設置場所や計測時の位置関係を「6. 図面」において詳述する。 ◆ソレノイド式全磁束法 ・磁束、磁束密度（磁界強さ）からヒステリシス曲線が得られ、飽和領域の磁束を計測する。健全部の磁束と比較しその磁

	計測プロセス	束変化から断面積を定量的に測定する。（定点測定） ・装置を可動させ磁束の相対変化から断面積を定性的に測定する。（連続測定） ◆永久磁石式全磁束法 ・可動させた時の電圧（磁束）および磁束密度の相対変化から断面積、断面内位置を定性的に測定する。 【処理フロー図等の記載例】 
	アウトプット	・計測されるデータはcsvファイルにて保存される。保存されたデータは解析を行い断面積をアウトプットする。 ・計測時間は計測器を可動させる連続測定は距離に依存する。 ◆ソレノイド式全磁束(定点測定時) ・計測準備に1時間、計測に2分、データ確認に2分、機器の撤去に30分程度を要する。計測器を2台使用することで時間短縮は可能 ◆永久磁石式全磁束(10m連続測定時）※手動で可動が可能な場合 ・計測準備に10分、計測に3分、データ確認に2分、機器の撤去に10分程度を要する。計測器を2台使用することで時間短縮は可能
	耐久性	防水・防塵機能は有していない
	動力	◆ソレノイド式全磁束法(定点測定時） ・AC100V及び200Vの電源供給（発電機3～5kVA程度） ◆永久磁石式全磁束法 ・装置内蔵の充電式バッテリーから供給
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	◆ソレノイド式全磁束法(定点測定時） ・動力は発電機の為、稼働時間に制限なし（ガソリンの供給による） ◆永久磁石式全磁束法 ・実績ベースでは1日（8h)の連続可動に問題なし
データ収集・通信装置	**設置方法**	◆ソレノイド式全磁束法 ・計測装置に有線で接続し、車内または地上面の安定した場所に設置する。 ◆永久磁石式全磁束法 ・計測装置と有線で接続し、その後は一緒に動かす。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	◆ソレノイド式全磁束法 ・電源装置、フラックスメーター、ガウスメーター、アナログ計測ユニット、極性切替スイッチ、ノートPC 合計機器寸法（長さ1100mm×幅2000mm×高さ1300mm）、最大重量（400kgf） 最大機器寸法（長さ700mm×幅800mm×高さ1100mm）、最大重量（350kgf） ◆永久磁石式全磁束法 ・データ収集装置（制御器） （ノートPC寸法）長さ300mm×幅200mm×高さ20mm）、最大重量（1.2kgf）
	データ収集・記録機能	◆ソレノイド式全磁束法 ・フラックスメータ、ガウスメータ、データ収集装置から計測したデータを有線でPCに伝送しハードディスクに保存 ◆永久磁石式全磁束法 ・データ収集装置内の記録メディア（SDカード）に保存 ・メディアとPC間でWiFi通信し、PC内ハードディスクに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	◆永久磁石式全磁束法 ・通信方法　WiFi ・通信規格　2.4GHz帯 ・通信速度　～31.4Mbps ・通信距離　0.5m～10m　　※速度、距離は目安。環境によって異なる
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	◆ソレノイド式全磁束法 ・特になし、有線による伝送 ◆永久磁石式全磁束法 WiFi（既製品）

		・認証方式：WPA、WPA2 ・暗号化方式：WEP, TKIP, AES
	動力	◆ソレノイド式全磁束法 ・DC100VおよびDC200Vの発電機 ◆永久磁石式全磁束法 ・制御器内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)	◆ソレノイド式全磁束法(定点測定時） ・動力は発電機の為、稼働時間に制限なし（ガソリンの供給による） ◆永久磁石式全磁束法 ・実績ベースでは1日（8h)の連続可動に問題なし

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　ケーブルの腐食（2019） 実施年　2020年 ・計測精度（バラつき） ソレノイド式全磁束：±0.1% 永久磁石式全磁束：±2%	・検証試験時と同等な条件 径や構成が違うと性能が不十分な場合がある
	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　※	有	
			性能値	・位置精度： ソレノイド式全磁束：0.7mm 永久磁石式全磁束：1.0mm	・各エンコーダ仕様による ・ソレノイド式：CE65M-SSI/A+SLG:30m ・永久磁石式：MTL_REH-30-200RC
			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	・ソレノイド式全磁束 55kA/m±2kA/m 0±40MMx ・永久磁石式全磁束 0±10V	・これまでの実績から計測レンジを選定 ・ケーブル径によってレンジは変化する。 ・最小最大ケーブル径（実績） ・ソレノイド式：Φ10mm ・永久磁石式：PCS φ15.2 約14%（素線1本）の断面積変化
	感度	校正方法	JIS Q17025に基づき校正を実施		-
		検出性能	性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	・検出率 ソレノイド式全磁束：99% 永久磁石式全磁束：99%	・検証試験時と同等な条件 ・これまでの実績より検知基準として ソレノイド式：断面積変化が1%以上 永久磁石式：断面積変化が3%以上
		検出感度	性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	・計測感度（誤差） ソレノイド式全磁束：±1% 永久磁石式全磁束：±2%	・検証試験時と同等な条件 径や構成が違うと性能が不十分な場合がある
	S/N比		性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	・ソレノイド式全磁束：S/N比=7.8 ・永久磁石式全磁束：S/N比=3.5	・CFRCφ60に模擬線約3%の断面積変化を計測した場合
	分解能		性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	・ガウスメータ：基本確度 0.2% ・フラックスメータ：16bit	・計器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。

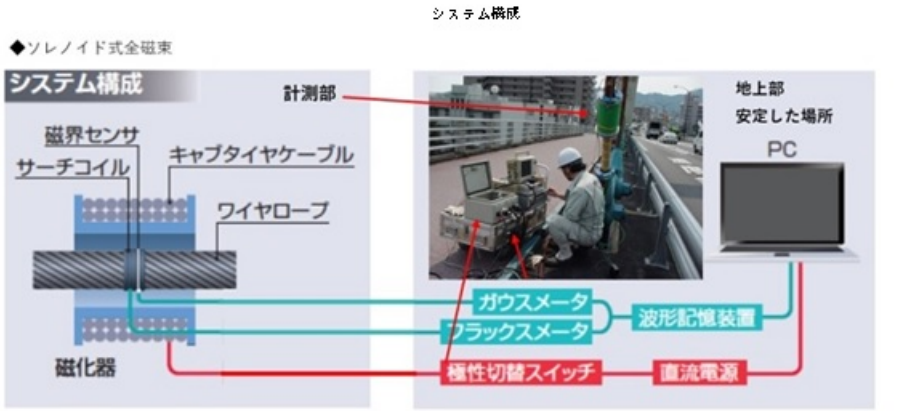
5. 留意事項（その1）

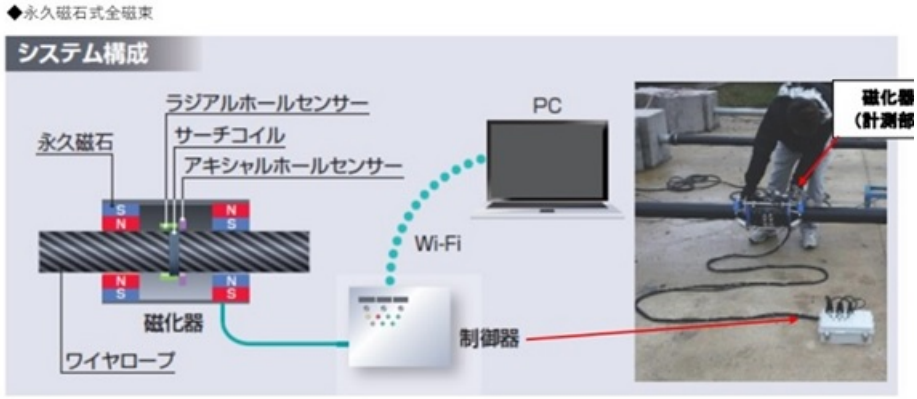
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	人がアクセス出来ること	人のアクセスや作業が出来る環境にあること
	桁下条件	桁下条件なし	対象ケーブルに人のアクセスが可能であること 次項の「必要構成人員数」参照
	周辺条件	測定箇所（もしくはケーブル）と磁化器が接触するような位置関係で、磁性体（鉄）があると影響を受ける	測定対象、軸方向の周囲に対し、径の2倍の距離は何もないことが望ましい
	安全面への配慮	計測中は計測中である看板の設置 ケーブルからの計器落下防止対策	左記以外に通常行っている点検時（一般的な）の安全対策は必要
	無線等使用における混線等対策	混線対策は特になし	◆永久磁石式全磁束法 データの確認時に無線間約2m圏内で通信を行う
	道路規制条件	装置の設置・撤去時または移動時に交通規制の必要な場合がある	足場・高所作業車などを使用する際は、道路規制の必要性がある。また、ケーブル全長に渡る測定において、計器を移動させるために、ウィンチなどを使用する際は道路規制の検討が必要
	塗装剤条件	特になし	特になし
	躯体条件	乾燥状態であること	計器は水濡れ厳禁
	躯体温度条件	0℃以上	躯体、気温共に計器測定範囲温度以内であること。
	その他	計測器、データ収集機器が設置できるスペースがあればよい。 横移動の際に、手押し台車が通れると作業性が良い	対象ケーブル近傍に車を停止させることが出来るようであれば計測準備の短縮が可能

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	資格は不要。ただし、データ収集、解析は特定の測定者が行う。	解析ソフトウェアが必要。ソフトウェアの販売はしていない。
	必要構成人員数	◆ソレノイド式全磁束法 現場責任者1人、操作1人、作業員2人　合計4名 ◆永久磁石式全磁束法 現場責任者1人、操作1人、作業員1人　合計3名	左記人数が作業できるスペース（足場等）があること
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	操作にあたり資格の必要は無し	-
	作業ヤード・操作場所	データ収集装置が設置できるスペース	対象ケーブル付近で駐車（交通規制内等）が可能であれば設置スペースは必要なし
	点検費用	診断料（技術費用・報告書作成等）　約75万円 調査費用（1日作業分の人工日）　約35万円／日	測定できる箇所数は、作業環境（足場状況や計器の移動の容易さ）によって変わる。 参考：ソレノイド式全磁束法　4箇所程度／日
	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	自動制御なし	-
	利用形態：リース等の入手性	リース、販売無し	自社による測定作業のみ
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	自社による測定作業のみ
	センシングデバイスの点検	-	自社による測定作業のみ
	その他	-	-

6. 図面


システム構成
◆ソレノイド式全磁束
システム構成
計測部
磁界センサ
サーチコイル
キャブタイヤケーブル
ワイヤロープ
磁化器
地上部
安定した場所
PC
ガウスメータ
フラックスメータ
波形記憶装置
極性切替スイッチ
直流電源

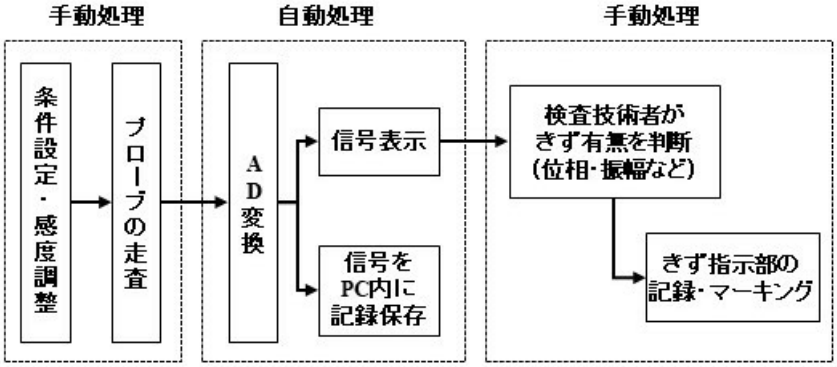

◆永久磁石式全磁束
システム構成
ラジアルホールセンサー
永久磁石
サーチコイル
アキシャルホールセンサー
磁化器
ワイヤロープ
PC
Wi-Fi
制御器

1. 基本事項

技術番号		BR020002−V0525				
技術名		鋼材表面探傷システム				
技術バージョン		1.0.1			**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 03-6404-6033	E-mail：	ohashi0376@ihi-g.com ozaki9672@ihi-g.com	株式会社IHI 技術開発本部 技術基盤センター 先進生産プロセス技術部 大橋 タケル 株式会社IHI検査計測　営業統括部 尾崎 優季
現有台数・基地		5台 (1ch型 4台、4ch型 1台)		**基地**	神奈川県 横浜市	
技術概要		・鋼部材の表面に発生した亀裂などのきず（不連続部）を検出する渦電流探傷技術。 ・渦電流プローブ内に配置された励磁用コイルに交流電流を印加し、電磁誘導により鋼部材に渦電流を発生させる。 ・鋼部材表面にきずがある場合には、渦電流に乱れが生じ、渦電流の乱れによる磁束の変化をプローブ内に配置された検出用コイルで検出する。 ・塗装された鋼部材であっても探傷が可能な高感度プローブを採用している。 ・塗膜割れ部に対して適用し、塗膜下のきずの有無を判断できる技術。				
技術区分	**橋種**	鋼橋				
	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（支承本体）				
	損傷の種類	鋼	②亀裂			
		コンクリート				
		その他				
		共通				
	検出原理	渦電流				
	検出項目	鋼部材の表面きずに起因する渦電流の乱れ				

2. 基本諸元

計測機器の構成			・本装置は以下の3つで構成される。 探傷器本体 渦電流プローブ (渦電流を発生させる励磁コイルときずを検出する検出コイルを含む) PC (探傷器駆動のためのソフトウェアを含んでおり、信号の表示器を兼ねる) ・本体と渦電流プローブは有線接続し、検査対象物の形状に合わせてプローブを交換可能。本体とPCの接続は有線もしくは無線通信を選択できる。 ・本体から励磁コイルへ交流電流を印加し、検出コイルによって検出された電圧波形を本体によって変換後、PC画面に表示する。
移動装置	機体名称		-
	移動原理		【人力】 検査技術者が本システムを持ち運びながら計測を行うもの。
	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		・設置物無し （検査技術者が探傷器, プローブを持ち運ぶ）
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・探傷器 (1ch型)：長さ220mm×幅120mm×高さ38mm、重量750g ・探傷器 (4ch型)：長さ225mm×幅335mm×高さ50mm、重量1500g ・PC：ソフトウェアを搭載したPCであり、現場に応じて交換可能
	センシングデバイス		・渦電流探傷プローブ (ケーブル除く)： 長さ95mm×幅12mm×高さ12mm、重量20g (1chプローブ) 長さ50mm×幅30mm×高さ20mm、重量50g (4chプローブ) 内部に励磁コイルと検出コイルを含む
	計測原理		・プローブ内に配置された励磁用コイルに交流電流を印加し、塗膜を介して鋼部材に渦電流を発生させる。 ・鋼部材表面にきずがある場合には、渦電流に乱れが生じ、渦電流の乱れによる磁束の変化をプローブ内に配置された検出用コイルで検出する。 ・AD変換された電圧値の変化をPC画面に表示する。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・プローブを検査対象物に当接させる必要があるため、検査技術者が対象物に近接する必要がある。 (雨天や降雪時でも探傷器本体、PCを養生することで探傷可能)。 ・プローブサイズが長さ95mm×幅12mm×高さ12mm (1chプローブ)あるいは長さ50mm×幅30mm×高さ20mm (4chプローブ)であるため、このサイズより大きいエリアにはプローブ挿入、探傷が可能
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・プローブに応じた探傷周波数に設定した後、探傷前のキャリブレーション (基準とする人工スリットによる探傷基準信号を得る) を実施する必要がある。 ・検査対象物に施工されている塗膜が極端に厚い (2,000μm以上) 場合には、プローブと検査対象物との距離が離れるため (リフトオフ)、SN比が低下する。
	計測プロセス		①基準とする人工スリット(L=5mm×D=1.2mm)によるキャリブレーションを実施する。 (信号強度を4.0Vp-pに調整して、感度を塗膜厚に応じて高めて、0.5Vを検出しきい値とする) ②検査技術者がプローブの先端 (コイルが収納されている) 部分を検査対象物に当接させて、走査する。 ③プローブ内の励磁コイルに、本体から交流電流が印加されて、電磁誘導により検査対象物に渦電流が生じる。 ④検査対象物表面にきずが生じている場合には、渦電流に乱れが生じ、渦電流の乱れをプローブ内に配置された検出コイルにより電圧変化量として検知する。 ⑤検出された電圧信号をAD変換する。 ⑥AD変換された信号から、0.5Vを超えた信号強度が得られた箇所を精査し、検査技術者がきず有無の判断を行う。 ⑦検査技術者は、きずがあると判断した箇所をきず位置として記録・マーキングし、記録用紙に転記する

		
	アウトプット	・プローブ走査により得られた信号強度(電圧値、位相)はPCに数値データとして保存される。 ・信号が表示されたPC画面をビットマップ形式で保存可能。 ・探傷結果(きずの位置、信号強度)、探傷箇所におけるきず位置のスケッチや得られた信号の画像などを記録用紙にまとめ、最終報告用のアウトプットとする。
	耐久性	・IP41相当
	動力	・探傷器本体：単三乾電池6本(1ch型) 外付けバッテリー(4ch型) ・プローブ：不要（探傷器に接続され、コイルに渦電流が印加される） ・PC：内蔵バッテリーにより駆動
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・探傷器本体：4時間(1ch型)、8時間(4ch型) ・PC：8時間
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	・採取した信号は、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　※	無	
			性能値	・移動速度：20～50mm/s	・20～50mm/s (手動による走査) ・きずが検出された(信号強度が検出しきい値)を超えた場合には詳細に走査するため、この数値より速度は低下する。
			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	未検証	-
			標準試験値	・標準試験方法　亀裂 (2020) ・実施年　2019年 ・検出率 100%	・供試体のきず5か所中5か所検出 ・塗膜が形成されていない面外ガセット模擬疲労試験体による検証 ・ガセット溶接止端部に疲労によるきずあり ・探傷表面：塗膜なし、研削きず、罫書線あり ・キャリブレーション：人工スリット (L=5mm×D=1.2mm)を4Vpp を基準感度に設定 ・探傷感度：基準感度とする。
	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	未検証	-
			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	・−20V ～+20V	-
	感度	校正方法	・JIS Z 2316　に基づき機器の校正を実施		-
		検出性能	性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	・塗膜厚2,000μm下の ー 長さ2mmのきずを検出 ー 幅0.02mmのきずを検出	・疲労によるきず導入後の溶接試験体による検証 ・探傷表面の塗膜厚：2,000μm ・キャリブレーション：人工スリット (L=5mm×D=1.2mm)を4Vpp を基準感度に設定 ・探傷感度：塗膜厚に応じた補正有
		検出感度	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・増幅量：0.1～68.0dB	-
	S/N比		性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	①S/N比＞10 ②S/N比＞3	・上段①：塗膜厚さ250μm下の長さ2mmきず ・下段②：塗膜厚さ2,000μm下の長さ2mmきず ・疲労によるきず導入後の溶接試験体による検証 ・探傷表面の塗膜厚：2,000μm ・キャリブレーション：人工スリット (L=5mm×D=1.2mm)を4Vpp を基準感度に設定 ・探傷感度：塗膜厚に応じた補正有
	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。

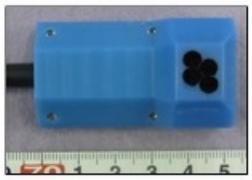
5. 留意事項（その1）

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	・幅員に依らない	-
	桁下条件	・検査技術者が進入できる箇所	-
	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	・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	・鋼橋で一般に施工されている塗装系、厚さ2,000μm以下の塗膜では、キャリブレーションにより著しい差異がないことを確認した後に探傷可能	-
	躯体条件	・検査対象物表面に油、泥など著しい付着物がある場合には、ウエスなどで表面清掃を行う。 ・塗膜割れ・剥離が著しい箇所では塗膜の除去や研磨が必要な場合がある。	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	-	-

5. 留意事項（その2）

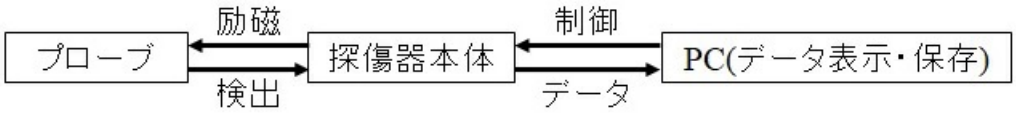
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・JIS Z 2305 非破壊試験技術者 渦電流探傷探傷試験 ・レベル1、2 の有資格者 かつ 社内講習 8時間 修了済みの技術者	-
	必要構成人員数	・現場責任者1人、操作1人の計2名が基本	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	点検費用	（塗膜割れ50～60箇所程度，現地探傷作業1日の場合） ・調査費用： 現場事前確認 108千円 溶接線調査 324千円 記録作成 108千円 ・機器損料：26千円／1日 ・その他消耗品：10千円 ※出張旅費交通移動費，足場や桁点検車費用，諸経費，一般管理費，消費税を除く ※探傷箇所が離れており，移動を多く伴う場合は探傷箇所数変動あり	-
	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	・受託業務のみ	-
	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	・探傷器本体はJEAG4208による定期 (1回／年) の校正を実施	-
	その他	-	-

6. 図面



プローブ(4ch)

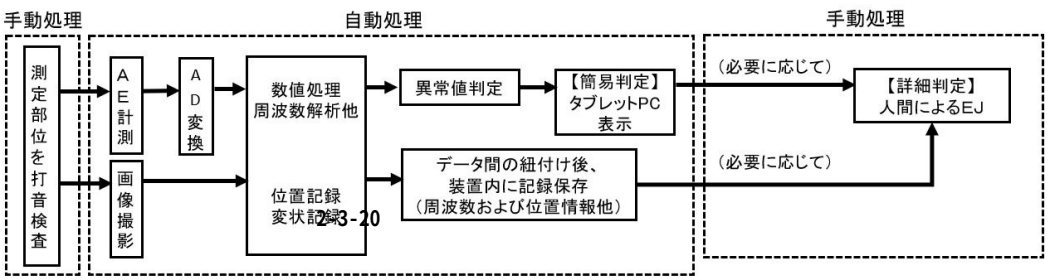
渦電流探傷プローブ サイズ (ケーブル除く)：
長さ95mm×幅12mm×高さ12mm、重量20g (1chプローブ)
長さ50mm×幅30mm×高さ20mm、重量50g (4chプローブ)



1. 基本事項

技術番号		BR020003−V0525				
技術名		デジタル打音検査とデジタル目視点検の統合システム（うき）				
技術バージョン		NFI-DRI-MB-002			**作成：**	2025年3月
開発者		原子燃料工業株式会社				
連絡先等		TEL：	0724-52-7272	E-mail：	ryo-ogawa@nfi.co.jp h-fujiyoshi@nfi.co.jp mtm-ishii@nfi.co.jp	エンジニアリングサービス部 小川、藤吉、石井
現有台数・基地		20台		**基地**	大阪府泉南郡熊取町朝代西一丁目950原子燃料工業株式会社 エンジニアリングサービス部	
技術概要		橋梁、トンネル等のコンクリート構造物、付属物を対象に、AEセンサを用いた打音計測装置を用い、デジタル化された振動情報（固有周波数、振動の減衰時間）から、コンクリートのうき、剥離、内部欠陥（内部空洞、PCグラウト充填不足）や、ボルトのゆるみを把握する技術。				
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,横桁,床版） 下部構造（橋脚,橋台）				
	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				
		共通				
	検出原理	弾性波				
	検出項目	固有周波数、振動の減衰時間				

2. 基本諸元

計測機器の構成			・計測装置　：AEセンサ、計測ハードウェア、テストハンマ ・データ保存：波形処理用タブレットPC
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**		・人が計測装置を計測対象まで持ち運び、AEセンサを計測対象に押し当てて密着させる。 ・その際、計測ハードウェア、波形処理用タブレットPCは計測員、または、補助員が保持する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・AEセンサ寸法（φ12×高さ40mm）、最大重量（0．05kgf） ・計測ハードウェア寸法（長さ300mm×幅150mm×高さ75mm）、最大重量（2．4kgf） ・波形処理用タブレットPC寸法（長さ203mm×幅132mm×高さ18mm）、最大重量（0．8kgf）
	センシングデバイス		・AEセンサ　エヌエフ回路設計ブロック　AE900S−WB ・カメラ　Panasonic FZ-M1　タブレットPC内蔵カメラ
	計測原理		測定部分においてテストハンマにより弾性波を発生させ、発生した弾性波をAE（Acoustic Emission：音響）センサ表面の圧電素子で受信し、アンプ・フィルター・A/D変換器により振動波形として数値化する。 現場での計測値（固有周波数、振動の減衰時間）とコンクリートの変状、ボルトのゆるみが無いと判断した基準値とを比較することで、タブレットPCがリアルタイムで自動判定する。 コンクリートの変状、ボルトのゆるみが無いと判断した基準値の設定方法は以下の2通り ①現場においてコンクリートの変状、ボルトのゆるみが無いと判断した箇所を計測 ②モックアップ試験／理論式／FEM解析
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・AEセンサを対象に密着させるため、必要に応じて計測部位にリフト車で近接する必要がある。 ・コンクリートの計測の場合でも、計測対象の前処理は不要で、AEセンサを押し当てて密着させる（AEセンサの前面を特殊加工しているため）。 ・AEセンサを密着できないほどコンクリート表面に凹凸のある場合は適切な振動計測が困難な可能性が有る。（例：骨材がボロボロになっている箇所） ・コンクリート表面に付着した小石や砂利を打撃して砕いてしまうと、破裂に伴う振動を取得してしまい、適切な振動計測が困難な可能性が有る。その場合は計測場所をずらして再計測する。 ・ボルトの場合、完全に緩んでいる状態（手で回せる程度）は適切な振動取得が困難な可能性がある。その場合は、ゆるみと判断する。 ・計測部位から計測ハードウェアまでケーブルを配線する必要がある（ケーブルは最長10m程度）。 ・測定は雨天や積雪時でも可能。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・AEセンサを計測対象に手で均一に押しあてる必要がある（適切な振動計測であったことを伝えるアラーム音と画面表示機能あり）。 ・コンクリートの変状、ボルトのゆるみの有無を判定するための適切な固有振動ピークの決定。
	計測プロセス		①計測前後で、校正用ステンレス棒における計測結果が基準値内であることを確認する。 ②測定箇所に測定者がAEセンサを当て、テストハンマにより打撃し、弾性波を発生させる。 ③発生した弾性波はAEセンサにより取得され、自動的にA/D変換されたのち、周波数解析される。同時に、タブレットPCにより対象の外観を撮影する。 ④周波数解析で得られた振動情報（固有周波数、振動の減衰時間）と、あらかじめ設定したコンクリートの変状、ボルトのゆるみが無い部位の振動情報（判定基準値）とを比較し、判定基準値から逸脱した場合、変状ありとして、計測結果をタブレットPC上に表示する【簡易判定】。また、撮影した画像データもデータ間の紐づけ後、タブレットPCに記録保存される。 ⑤必要に応じて、手動処理により人間によるエンジニアリングジャッジ（EJ）を行う【詳細判定】。基本はコンピュータプログラム処理であり、異常値は人間が確認する。 　面的な打音検査結果に基づき、振動情報（固有周波数、振動の減衰時間）の分布や変化量に応じて変状の程度を評価する。 

	アウトプット	【現場計測時】 ・振動計測で得られる振動波形および振動の減衰時間、振動波形を周波数解析して得られる周波数分布および固有振動数をタブレットPC上に表示。 ・コンクリートの変状、ボルトのゆるみの有無を示す基準周波数を超えているか否かを簡易的に表示する。 ・面的に振動計測した場合、各計測点の計測結果（固有振動数、振動の減衰時間）を面的に表示。 【現場計測後】 ・振動波形のデジタルデータ（出力形式はcsv形式） ・計測対象に紐づけされた撮影画像、並びに、手書きメモのデジタルデータ（出力形式はjpg形式）
	耐久性	タブレットPCは、IP65準拠。 計測ハードウェアは、箱はIP65以上の部品を使用。 ※防塵・防滴性能は、各部品の無破損・無故障を保証するものではありません。 ※部品単位での防塵・防滴性能を持つものを利用していますが、本製品としての防塵・防滴試験は実施していません。
	動力	・波形処理用タブレットPCの内蔵バッテリー ・計測ハードウェア内蔵バッテリー
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・波形処理用タブレットPCバッテリー（駆動時間：約20時間、充電時間：約4．5時間）。 ・計測ハードウェア内蔵バッテリー（駆動時間：約55時間、充電時間：約5時間）。 ※バッテリー駆動時間は、動作環境・液晶の輝度・システム設定により変動。
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)	タブレットPC寸法（長さ203mm×幅132mm×高さ18mm）、最大重量（0．8kgf）
	データ収集・記録機能	タブレットPC内部に保存。
	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	波形処理用タブレットPCの内蔵バッテリー（駆動時間：約20時間、充電時間：約4．5時間）。
	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	・計測速度：20㎡／h	・橋脚建設現場の足場上 ・平均点検量：100㎡/日（500mm格子間隔） ・平均作業時間：5時間/日
			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	コンクリートの剥離 ・検出率=97% ・的中率=69%	・実橋梁橋脚（板厚1500mm）、箱桁床版（板厚200mm）、桁側面（板厚600mm）における計測結果。従来打音点検において剥離と判定された139箇所における結果。 （出典）戸田一郎，前田良文，小濱健吾，松永嵩，“コンクリート構造物のデジタル打音検査の判断指標に関する検討”，コンクリート工学年次論文集vol.42no.1pp.1498-1503_2020
			標準試験値	標準試験方法　(2019) 実施年　2019年 コンクリート内部のうき ・検出率=67% ・的中率=73%	-
	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	・1,000-30,000Hz	・広帯域AEセンサ（1,000-30,000Hz程度） ・センサが対象に十分に密着している場合 ・適切に打撃した場合
	感度	校正方法	・校正用ステンレス棒を用いて校正を実施		・計測前後で、校正用ステンレス棒における計測結果が基準値内であることを確認する。基準値を満たさない場合は、センサ交換、計測ハードウェアの交換で対応。
		検出性能	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・計測誤差±50Hzで検出可能 ・1,000-30,000Hz程度で検出可能。 ・打撃検出性能：人力と同等	-
		検出感度	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・周波数分解能：1Hz	-
	S/N比		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・S/N比＜3	・信号1に対するノイズの比率は0.3未満
	分解能		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・計測分解能：4μs	・4マイクロ秒の計測分解能

※「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）

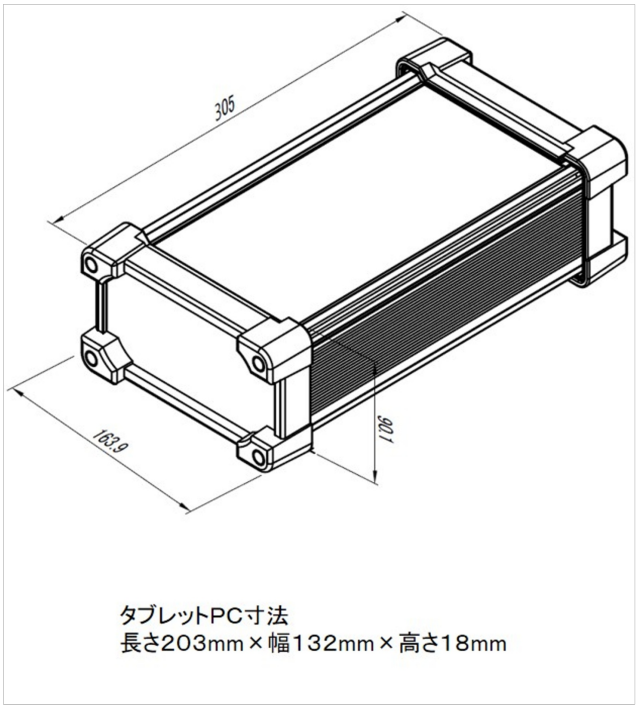
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	通常打音点検と同等	-
	桁下条件	通常打音点検と同等	-
	周辺条件	通常打音点検と同等	-
	安全面への配慮	通常打音点検と同等	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	通常打音点検と同等	-
	塗装剤条件	通常打音点検と同等	-
	躯体条件	コンクリート表面にAEセンサが密着できないほどの凹凸のないこと。	-
	躯体温度条件	通常打音点検と同等	-
	その他	通常打音点検と同等	-

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	半日程度の当社社内資格認定講習	-
	必要構成人員数	現場責任者1人、計測員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	半日程度の当社社内資格認定講習	-
	作業ヤード・操作場所	通常打音点検と同等	-
	点検費用	［橋梁条件］ ・100㎡ ［費用］ ・従来の人力点検による費用　2名×約1.5万円（2.5時間） ・新技術活用による費用　2名×約3万円（5時間） ・機器経費：1.5万円／日 ［費用算定上の条件］ ・高所作業車費用は別 ・トレーニング（半日）費用、OJT（1～2日）費用は別	移動足場上（リフト車等）
	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	波形処理用タブレットPCは、適切な振動計測か否かを画面表示およびアラーム音で知らせる機能あり。 例：“○”、“信号弱”、“信号強”、アラーム音	-
	利用形態：リース等の入手性	計測装置は購入品あるいはレンタル。 （レンタル先：原子燃料工業株式会社、TEL：0724-52-7272）	-
	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。 条件：年間サポート契約	-
	センシングデバイスの点検	計測装置のキャリブレーションは、校正用ステンレス棒の縦振動の理論式より実施。基準値を満たさない場合は、AEセンサ交換、計測ハードウェアの交換で対応。	-
	その他	適用できない（適用できなかった）条件等： 特になし。	-

6. 図面

テストハンマ



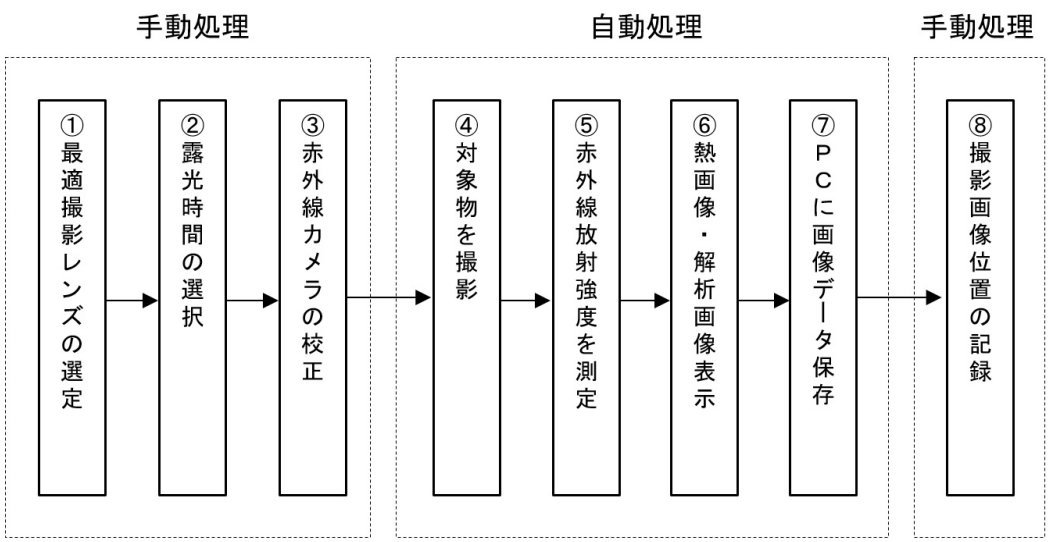
タブレットPC寸法
長さ203mm×幅132mm×高さ18mm

1. 基本事項

技術番号		BR020004−V0625				
技術名		赤外線調査トータルサポートシステムJシステム Evolution				
技術バージョン		-			**作成：**	2025年3月
開発者		西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社				
連絡先等		TEL：087-834-2386		E-mail：toshiaki.takabatake@w-e-shikoku.co.jp	営業企画課　高畑	
現有台数・基地		6台		**基地**	香川県高松市花園町三丁目1番1号	
技術概要		橋梁等のコンクリート構造物において、鉄筋腐食に伴い発生する剥離やうき（コンクリート内部の剥離ひびわれ）を、遠望非接触にて赤外線法により検出する技術である。 第三者被害防止の橋梁点検において、打音点検前の1次スクリーニングに用いる。				
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	⑦剥離・鉄筋露出 ⑫うき			
		その他				
		共通				
	検出原理	赤外線				
	検出項目	赤外線サーモグラフィ法による熱画像解析				

2. 基本諸元

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

	計測プロセス	
	アウトプット	・熱画像（コンクリート表面の温度分布を画像で示したもの） ・解析画像（熱画像を元に特異な温度差を強調させて表示したもの） ・上記画像データは独自形式であり、専用ソフト（Jsoft）でのみ読み込み可能。
	耐久性	計測機器の防水・防塵性能無し
	動力	・動力源：電気式 ・電源供給方法：バッテリー ・定格容量：24V、9.2Ah
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	12時間（電源ON状態でバッテリー交換可能、1個当たり約4時間×3個使用で12時間稼働）
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)	-
	データ収集・記録機能	赤外線カメラに接続されたPCに保存
	通信規格 (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	・動力源：電気式 ・電源供給方法：バッテリー ・定格容量：24V、9.2Ah
	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	①計測速度：0.2m/s ②計測速度：0.5m/s ③計測速度：60km/h	・上段①通常撮影：0.2m/s（調査実績より） ・中段②台車撮影：0.5m/s（調査実績より） ・下段③車載撮影：60km/h（調査実績より）
			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	①検出率：100% ②的中率：26%	・上段①検出率：100% ※ただし、分母は検証対象部位・部材に限る（うき：52箇所/52箇所、剥離：38箇所/38箇所） ・検出率(%)＝正解個数のうち技術で検出できた個数/異常の正解個数 ・下段②的中率：26%　（90箇所/350箇所） ・的中率(%)＝当該技術で検出した異常のうち正解個数/技術で検出した個数（誤検出を含む） ・調査対象部位は湿潤状態でないこと。 ・亜鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。 ・熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。 ・撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。 ・調査時間帯は夜間。 ・撮影角度：調査対象に対する対象面角度の最小角度が30°以上確保できる。 ・撮影距離：50m未満（ただし、レンズや距離計の変更により90m程度まで対応可能）
			標準試験値	標準試験方法：非破壊検査技術（うき） 実施年　2023年 ・検出率：100% ・的中率：86%	・検出率=18箇所／18箇所=100% ・的中率=18箇所／21箇所=86%
	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　※	有	
			性能値	未検証	-
			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　※	有	
			性能値	・計測温度範囲：-5℃～45℃	・計測温度範囲は、通常の使用方法で確認できた計測温度範囲を示す。 ・計測対象はコンクリート。 ・計測温度範囲：-5℃～45℃(調査実績より実測した温度)
	感度	校正方法	・校正板を用いて校正を実施		・測定対象物とほぼ同じ温度とした黒体（キャリブレーション用の校正板）を赤外線カメラレンズ前面にかざし、校正実行する。校正後は熱画像上のノイズが除去されていることを確認する。
		検出性能	性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	・検知波長帯：3～5μm	・冷却型高感度タイプカメラ ・検知素子：インジウムアンチモン（InSb） ・検知波長帯：3～5μm
		検出感度	性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	・最小検知温度差：0.025℃	-
	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　※	有	
		性能値	・表示分解能：0.01℃	コンクリート表面温度の表示分解能は0.01℃単位

※「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	立入可能箇所から対象面の撮影角度30度以上確保できること	-
	桁下条件	撮影距離2m～90mが確保できること。	-
	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	交通状況により、保安員の配置が必要な場合あり。	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	不要	-
	塗装剤条件	亜鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。 コンクリート表面保護塗装は可。ただし、表面に剥がれ等がある場合、内部欠陥か塗装剥がれかの判別は不可。	-
	躯体条件	調査対象部位が湿潤状態でないこと	-
	躯体温度条件	熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。	-
	その他	撮影距離約90m未満 コンクリート表面から4cm奥までのうき・剥離	熱環境測定装置にて空洞部の温度差が明確に確認できる時間帯のみ調査可能と判断する。

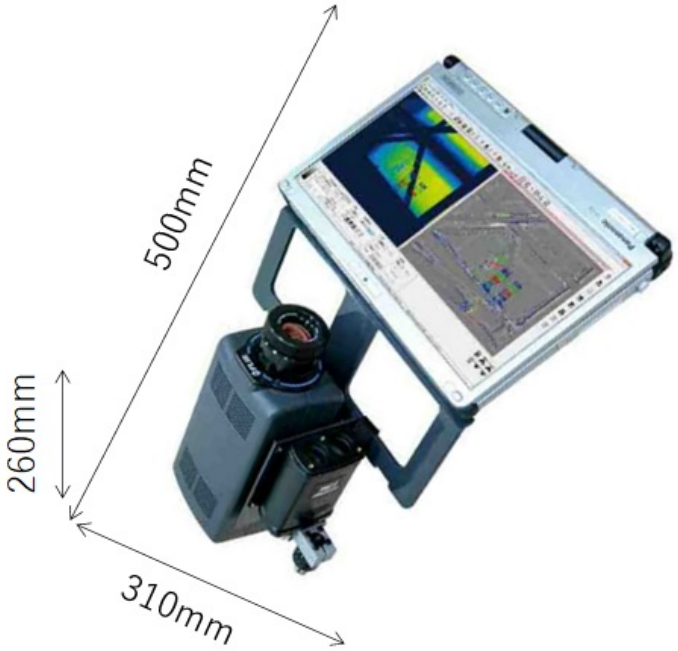
5. 留意事項（その2）

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	調査システムの操作方法を習得したもの	-
	必要構成人員数	点検技術者1人、補助員1人 合計2名	交通状況により、保安員の配置が必要な場合あり。
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	なし	-
	作業ヤード・操作場所	制限無し	-
	点検費用	橋梁条件 橋種［コンクリート橋］ 部位部材［立入可能な上部工下面］ 点検面積［502.5㎡］ 検出項目［うき］ 概略点検費用（計測～解析）：136,705円 ⇒272円/㎡ 概算単価　300円/㎡	-
	保険の有無、保障範囲、費用	規定無し	-
	自動制御の有無	無し	-
	利用形態：リース等の入手性	製品販売による対応可。 本システムを用いた調査請負による対応可。	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート有り（問い合わせは就業時間内）	-
	センシングデバイスの点検	無し	調査時に赤外線カメラの校正作業を実施
	その他	-	-

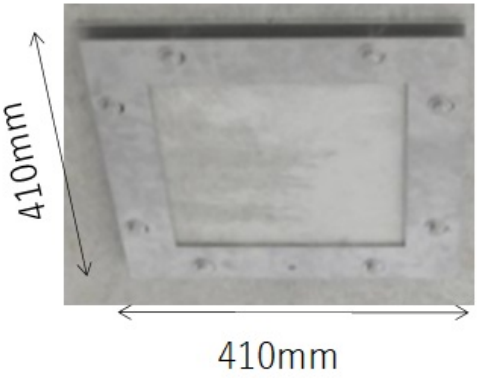
6. 図面

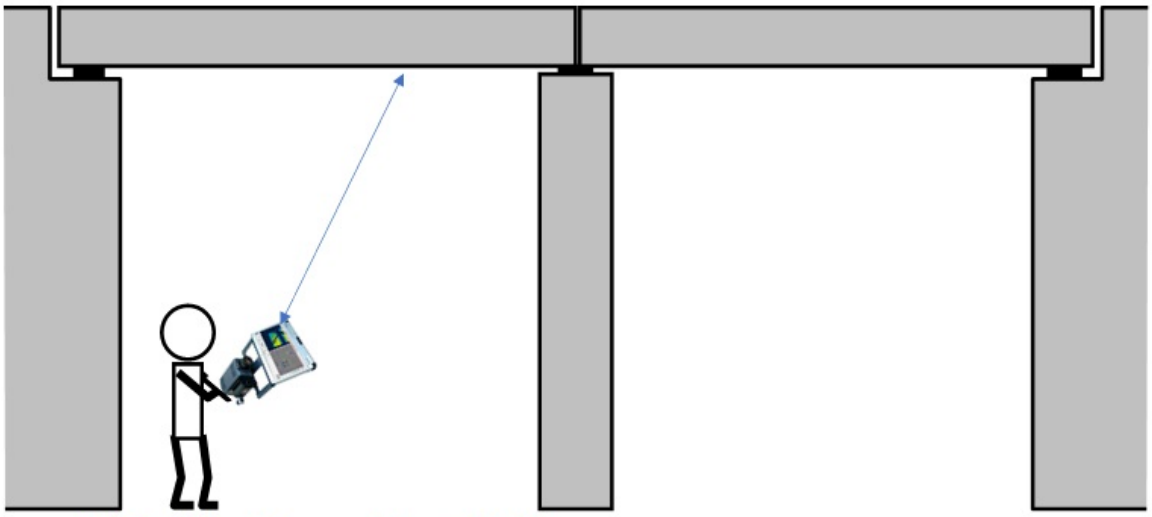
Jシステム（赤外線カメラ、ハンドル、PC）とEM（S）の外形寸法

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



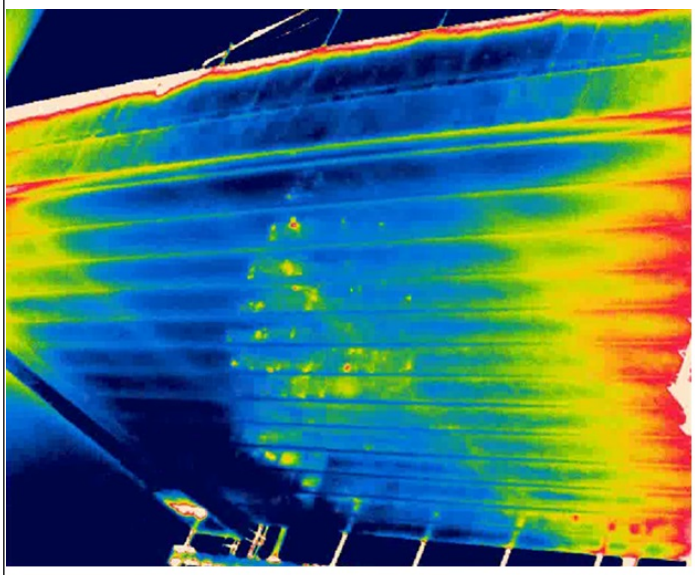
EM(S)
外形寸法：410mm × 410mm × 30mm

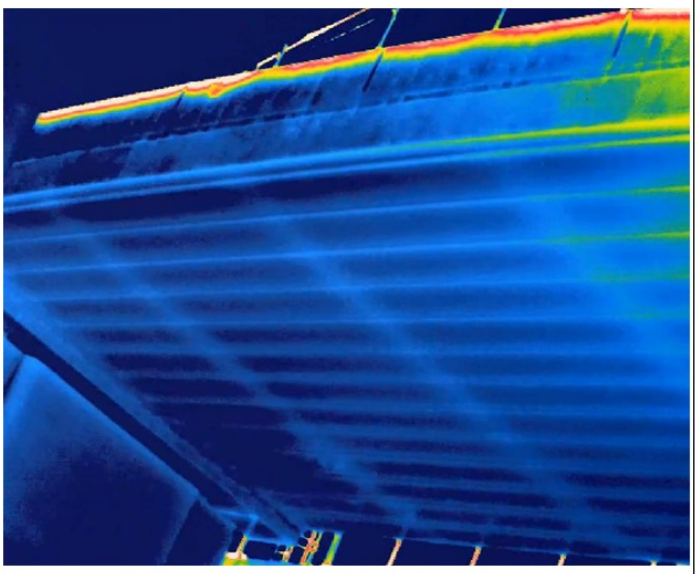




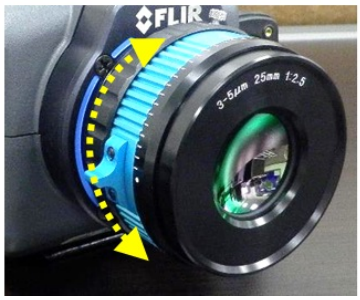
対象物より2m～90mで計測

下に池がある橋梁を昼間に撮影した場合のイメージ
（左：通常レンズ、右：偏光レンズ）





水面の熱反射
あり



水面の熱反射
除去

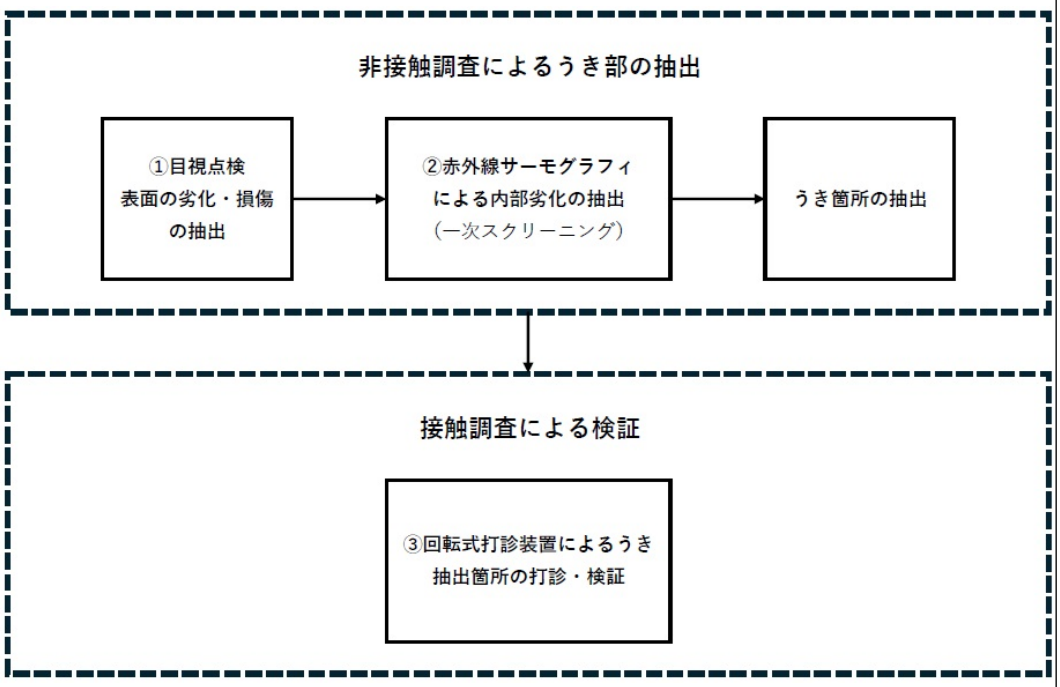
昼間に通常レンズで撮影すると池の水面で反射した熱が床版下面に映り込むため、損傷による温度差なのか、反射による温度差なのか判別がつかない。
偏光レンズを用いてフィルタの角度を調整して撮影すると、反射による温度差のみを除去できるため、構造物の正確な熱画像を撮影できる。

1. 基本事項

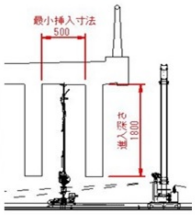
技術番号		BR020006−V0625				
技術名		橋梁点検支援ロボット+橋梁点検調書作成支援システム（うき）				
技術バージョン		Ver.1			**作成：**	2025年3月
開発者		ジビル調査設計株式会社 福井大学				
連絡先等		TEL： 0776-23-7155		E-mail： minamide@zivil.co.jp		企画開発室　南出　重克
現有台数・基地		1 台		**基地**	福井県福井市大願寺	
技術概要		橋梁点検支援ロボットの非破壊検査技術は、橋梁定期点検においてコンクリート表面に発生するうきの検出を目的として、高精細なビデオカメラを用いた近接撮影と赤外線サーモグラフィによる温度異常部の検出により抽出し回転式打診機構を用いた直接打診でうきを検出する技術である。（第三者被害予防措置対象以外の橋梁）				
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	⑦剥離・鉄筋露出 ⑫うき			
		その他				
		共通	⑳漏水・滞水			
	検出原理	赤外線／打音				
	検出項目	赤外線による熱画像解析／打音				

2. 基本諸元

計測機器の構成			・移動装置：赤外線カメラ台車・回転式打音台車（遠隔操作にて水平アーム上を移動し、対象箇所を撮影・接触） ・計測装置：赤外線サーモグラフィー・打音装置（移動装置と一体構造） ・データ収集・通信：PC・スピーカー（有線）
移動装置	**機体名称**		-
	移動原理		アーム型 ・橋面上に設置した操作ベースマシーンより橋梁桁下方向に延びる鉛直ロッドの先端に水平アームを取り付けて、橋梁下面に水平アームを挿入する。橋面上からの遠隔操作にて水平アーム上を移動する回転式打診装置を操作する。
	運動制御機構	**通信**	有線
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量		スタンダード機 950×3080×2270mm　(幅×長×高) 水平アーム長　7000mm　(最大長) 鉛直ロッド長　9000mm　(最大長) 総重量1.7t ※橋梁総幅員8mまでに適用 （非破壊検査を実施の場合） ハイグレード機 1250×3360×2250mm (幅×長×高) 水平アーム長　10000mm　(最大長) 鉛直ロッド長　7500mm　(最大長) 総重量2.5t ※橋梁総幅員14mまでに適用 （非破壊検査を実施の場合　複線式）
	搭載可能容量 (分離構造の場合)		回転式打診台車：最大外形寸法（長さ500mm×幅250mm×高さ2000mm～2900mm）、最大重量（13.8kg）
	動力		・動力源：内燃機関式（ディーゼル） ・電源供給容量：発電機（ガソリン）
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		有線 ロボット駆動はエンジン及び有線供給で1日（8時間）の連続稼働が可能。 カメラはバッテリーで稼働で8時間連続使用可能
	設置方法		桁下に挿入する水平アームのレール上に設置する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		赤外線カメラ台車（長さ620mm×幅390mm×高さ800mm） 回転式打診台車（長さ500mm×幅300mm×高さ2000mm～2900mm）
	センシングデバイス		□赤外線カメラ（温度測定用：FLIR製） ・非冷却マイクロボロメータ7.5～13μm ・有効画素数　320(横)×240(縦)ピクセル ・空間分解能　0.65mrad □デジタルカメラ(可視光用：SONY製) ・センサーサイズ（縦8.8mm×横13.2mm） ・ピクセル数（縦3352×横5986） ・焦点距離9mm～111.6mm ・動画フレーム　30fps ・画像形式：RAW画像、合成画像 □打診機構（ドクターコロリン） メーカー　株式会社クワキ・シビル 型番　KTR-J25-900 打診機構　回転式 打診球　6角形体　直径25mm
	計測原理		①　目視点検で構造物表面の損傷・劣化（変色・クラック密集・エフロ等）の面的なデータの抽出。 ②　赤外線サーモグラフィーを用いて温度異常部（コンクリート内部の劣化・空洞化）を面的に抽出。 ③　①及び②で抽出された箇所を接触調査である打診調査で検証する。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・桁下空間3m以上、支間長10m以上必要。 ・雨天及び降雪時は温度変化が乏しいため適用不可。 ・床版点検の場合は桁高1.8m以下。 ・スタンダード機：橋梁総幅員8mまでに適用。 ・ハイグレード機：橋梁総幅員14mまでに適用（複線式）。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・赤外線法の調査精度は、対象物の周辺の自然環境に大きな影響を受ける。外気温度の変化、風の強さ、桁下が河川の場合の照り返しなど、周辺環境が原因の温度ノイズに敏感に反応するため、うきを判読するにはこれらの温度ノイズに留意する必要がある。
			①　点検カメラ台車で構造物を近接撮影して表面の損傷・劣化（変色・クラック密集・エフロ等）の発生箇所を抽出。 ②　赤外線サーモグラフィーを用いて温度異常部（コンクリート内部の劣化・空洞化）をスクリーニングする。 ③　①及び②で抽出されたうきが疑われる箇所を接触調査である回転式打診装置で打撃音を発生させマイクロホンで集音し検証する。集音した打撃音はリアルタイムに橋面上の操作ベースマシーンに設置されたスピーカーで再生され技術者

計測装置		が打撃音によりうき発生の有無を確認する。 ※すべて手動
	計測プロセス	
	アウトプット	・損傷・劣化が疑われる箇所は、熱画像上で色分けして表示され、直接打診でうきの有無及び領域を確認しスケッチして記録する。
	耐久性	・チルト用モーター　IP65 ・走行台車モーター、旋回モーター　IP規格適合外
	動力	・動力源：内燃機関式（ディーゼル） ・電源供給容量：発電機（ガソリン）
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	有線 ロボット駆動はエンジン及び有線供給で1日（8時間）の連続稼働が可能。 カメラはバッテリーで稼働で8時間連続使用可能
データ収集・通信装置	設置方法	桁下に挿入する水平アームのレール上に設置する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	カメラ台車（長さ620mm×幅390mm×高さ800mm）
	データ収集・記録機能	・可視画像：記録メディア（SDカード）に保存 ・熱画像　：LANケーブルによりPCに伝送されハードディスクに保存 ・打音　　：マイクロホンに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	有線
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	センシングデバイスであるカメラに搭載されるバッテリーからの供給
	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　※	有	
	性能値	【アーム型】 ・進入横幅　500mm ・進入深さ 1,360mm ・曲がり回数：0回 	・伸縮式ロッド1630～2550mmが進入可能な下方が開けた空間であれば進入可能 ・曲がり回数　0回 【風速の条件】 平均風速7m/s以下で適用可能。ただし、ハイグレード機で水平アーム10m使用時は、平均風速5m/s以下とする。 【天候】 晴れ・曇りは対応可能。 降雪時は不可 【外気温】 0℃～35℃ 赤外線法を昼間実施する場合は、調査時間内での気温変化が8℃以上が望ましい。 【日照条件】 昼間作業を基本とする。
	標準試験値	標準試験方法　桁間に進入する場合（2022） 実施年2024年 【スタンダード】【ハイグレード】 ・空間：3.7m×2.8m×2.4m進入可能 ・空間：5.6m×3.7m×3.7m進入可能 ・先端部最小断面（幅×高さ×奥行）：81×83.5×196.5mm ・進入深さ：30mm ・曲がり回数：0回	【スタンダード】 ・被写体距離：2.0m ・照度：13.3～29.7kLux ・風速：0.0～14.5m/s 【ハイグレード】 ・被写体距離：2.0m ・照度：9.42～10.7kLux ・風速：0.0～10.9m/s
3-3 可動範囲	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　桁橋（2024） 実施年　2024年 【スタンダード】 ・可動範囲：14.4m 【ハイグレード】 ・可動範囲：17.6m	【スタンダード】 ・可動範囲=L1+H1+L2+H2 =1.5m+4.9m+7.0m+1.0m 【ハイグレード】 ・可動範囲=L1+H1+L2+H2 =1.6m+5.4m+10.0m+0.6m
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:68(%) ・的中率:45(%)	・雨天時、強風時は実施困難。側道の交通騒音などの環境音が特別に大きくないこと。 ・赤外線法を昼間実施する場合は、調査時間内で気温の変化が8℃以上が望ましい。
			標準試験値	標準試験方法　うき（2019） 実施年　2024年 【スタンダード】 ・検出率:83% ・的中率:94% 【ハイグレード】 ・検出率:89% ・的中率:89%	【スタンダード】 ・検出率:15箇所／18箇所=0.83 ・的中率:15箇所／16箇所=0.94 【ハイグレード】 ・検出率:16箇所／18箇所=0.89 ・的中率:16箇所／18箇所=0.89
	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。

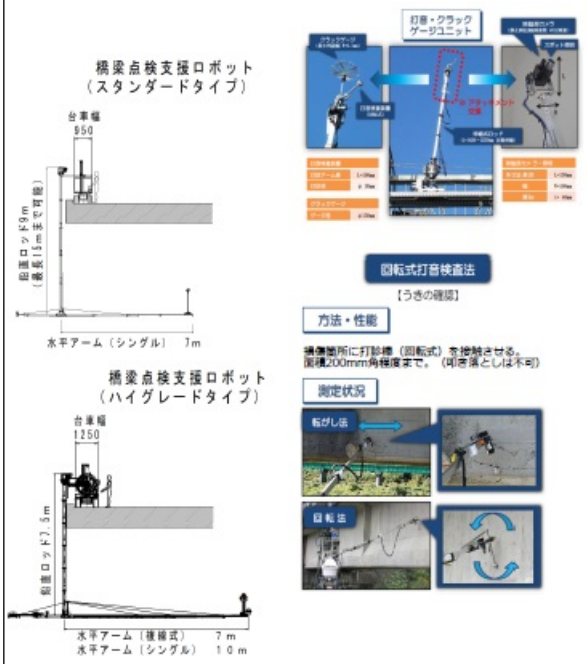
5. 留意事項（その1）

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	スタンダード機：橋梁総幅員　8mまでに適用 ハイグレード機：橋梁総幅員14mまでに適用 ・構成：歩道付き（2.0m以上）が望ましい。（車道規制不要）	-
	桁下条件	桁下空間が3.0m以上 主桁の高さが1.8m以下	-
	周辺条件	地覆内側面から外側への張り出しが1.5m以下。高欄の乗り越え高さが1.5m以下。	-
	安全面への配慮	高所からの転落を防止するために安全帯の使用	-
	無線等使用における混線等対策	有線での通信であり無線対策は特になし	-
	道路規制条件	・歩道上にロボット設置の場合は、歩道規制を実施。（規制範囲は、幅1.5m×長さ5.0mの規制で移動） ・車道の場合、幅員に応じて車線減少・路肩規制・片側交互規制を実施。（規制範囲は、幅1.5m×長さ5.0mの規制で移動）	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	・雨天時、強風時は実施困難。 ・赤外線法を昼間実施する場合は、調査時間内で気温の変化が8℃以上が望ましい。	-

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)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	橋梁点検の実務経験及び橋梁構造に関する知識を有する事	-
	必要構成人員数	スタンダード機 　2名（ロボットオペレータ1名・補助員1名） ハイグレード機 　3名（ロボットオペレータ1名・補助員2名）	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	不整地運搬車　運転技能講習 自走式クローラー台車の必要操作時間40時間（約1週間）	-
	作業ヤード・操作場所	橋面上（歩道上・車道上） 作業ヤード範囲・操作場所：5㎡	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種[コンクリート橋／鋼橋] 橋長　50m全幅員　10m部位・部材[　上部工・下部工　] 活用範囲 [　500㎡　] 検出項目 [　コンクリートのうき／剥離／漏水・滞水　] (費用〉　合計 500,000円 (経費含む・税込)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	・保険：有　・保障範囲：ロボット本体　・費用：ロボットリース費用に含む	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態：リース等の入手性	オペレーター付きリース（全国可能（ただし九州地方・東北地方・北海道は要相談。また、離島等の機材の運搬困難箇所は不可） ジビル調査設計株式会社 TEL0776-23-7155	-
	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	適用できない条件平均風速7m/s以上の場合は計測中止（ハイグレードは平均風速5m/s）	-

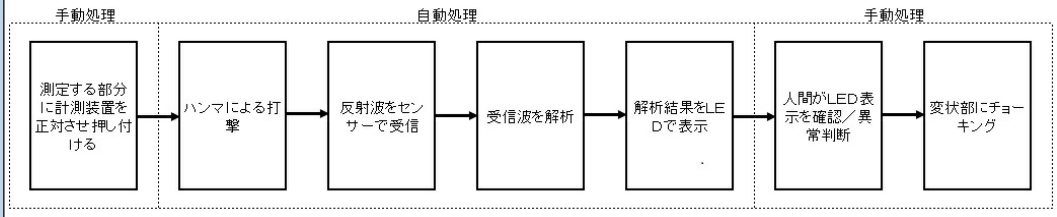
6. 図面


橋梁点検支援ロボット
（スタンダードタイプ）
台車幅
950
船直ロッド9m
（最長15mまで可能）
水平アーム（シングル）　7m
橋梁点検支援ロボット
（ハイグレードタイプ）
台車幅
1250
船直ロッド7.5m
水平アーム（複線式）　7m
水平アーム（シングル）　10m
打音・クラック
ゲージユニット
回転式打音検査法
【うきの確認】
方法・性能
損傷箇所に打診棒（回転式）を接触させる。
面積200mm角程度まで。（叩き落としは不可）
測定状況
転がし法
回転法

1. 基本事項

技術番号		BR020008−V0625				
技術名		コンクリート構造物変状部検知システム「BLUE DOCTOR」				
技術バージョン		1.2			**作成：**	2025年3月
開発者		株式会社 オンガエンジニアリング				
連絡先等		TEL： 0947-28-3998		E-mail：	t_hisatomi@onga-engi.com t-umenaga@onga-engi.com	久富　敬 梅永　智利
現有台数・基地		Type1：5台、Type2：5台		**基地**	福岡県田川郡福智町赤池474−117	
技術概要		1秒間に4打撃と連続打撃する自動ハンマと弾性（反射）波を検出する磁歪センサが50mm間にて一体型ユニットとなっており、トンネル・橋梁等のコンクリート構造物のうき・剥離など欠損部（空隙）の有・無及び深さを、リアルタイムに判定して結果をLED表示することが可能な技術である。（検査結果の定量化） 　従来型の衝撃弾性波法のようにセンサをコンクリート面に接着・固定することなく走行しながら計測することができるので、従来型に比べ格段に検査速度が速い。（移動式衝撃弾性波法） また、打音点検で見つけにくい比較的深い欠損部（70mm〜260mm）も検出可能で、打音検査を補助する技術である。 　オプションにて、損傷位置に自動スプレーマーキングする機能を付加することができる。 　ロボットなどに複数台搭載することで、検査の自動化・高速化ができ、また判定結果と位置情報を結合することでリアルタイムにマッピングして損傷図を生成することが可能である。 　打音点検前のスクリーニングとして活用することで、効率的に打音検査を行うことができる技術である。				
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,アーチ,ラーメン,斜張橋） 下部構造（橋脚,橋台） 路上（地覆）				
	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				
		共通				
	検出原理	弾性波				
	検出項目	うき／反射弾性波の計測により、コンクリート中の空隙の有無を深度情報とともにLEDにより表示				

2. 基本諸元

計測機器の構成			計測装置（BLUE DOCTOR本体）：非検査面に押し当て、打撃、診断結果を本体LEDの点灯状態にて表示 コントローラ：計測装置操作BOXであり、計測装置と付属バッテリにケーブルにて接続 付属バッテリ：計測装置への給電用、コントローラとケーブルにて接続 伸縮スティック：高所検査時に計測装置を装着
移動装置	**機体名称**		-
	移動原理		・アーム型 伸縮するスティックの先端に装着されている計測装置を検査対象場所に手動で移動させる。
	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		サイズ:　伸縮スティック：収縮時約1m、伸張時約4.5m、最大径 38mm 重量:　約1.1kg
	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**		・スティック使用時には、スティックを計測装置にボルト・ナットにより取り付け使用する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・計測装置：最大外形寸法：（長さx幅x高さ） Type1：144x92x128mm 、最大重量（1330gf） Type2：110x105x115mm、最大重量（ 840gf）
	センシングデバイス		・磁歪センサー　（縦弾性波）　自社開発
	計測原理		・アクティブ方式（秒速4打撃の自動ハンマリング機構と衝撃弾性波解析） ・自動ハンマーによりコンクリート構造物を打撃し、発生した縦弾性波のエコーを測定することによりコンクリート構造物中の空隙=うきを検出する。 ・校正用の標準供試体を使用して受信レベルと実際の深さを比較し、校正を行う。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・点検に当たっては、センサー、ハンマーが正しくコンクリート表面に接する必要がある。 ・コンクリート表面に柔軟な材質の被覆が施されている場合や、補修用シートなどが表面から剥離しういている状態では、正しい点検が行えない可能性がある。 ・コンクリート表面に大きな凹凸があると、正しい点検が行えない可能性がある。 ・コンクリート表面にコケや虫の巣などがあると正しい点検が行えない可能性があるので、事前に清掃が必要である。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・バッテリー駆動の場合、電圧の降下により、判定値に変化がでる可能性があるので、2時間程度を目安にバッテリーを交換すること。 ・変状部の深度表示は、コンクリートの組成、状態などにより誤差が発生するため、相対的な表示と考える必要がある。
	計測プロセス		①　測定する部分に計測装置を正対させ押し付ける ②　自動でハンマリングが行われる ③　センサにより、反射弾性波を受信する ④　内部回路により、受信波を解析 ⑤　解析結果を装置上のLEDの点灯により表示する ⑥　測定者はLEDの点灯状態により変状部を確認、異常判断を行う ⑦　変状部にチョーキングを行う 
	アウトプット		・変状ありの箇所は計測装置上のLEDの点灯で表示され、これを人が確認して記録する。
	耐久性		IPX3 相当
	動力		DC12V バッテリーあるいはAC電源アダプタから給電
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		2時間　（外気温：20℃、連続打撃）
データ収	**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		点検結果は計測装置上のLEDで表示されるが、保存は行われない。

集・通信装置	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　※	有	
	性能値	【接触型】 ・先端部を進入可能な断面寸法: 縦、横（108、150）mm　(Type1)	・108mm× 150 mm （スティック装着時のハンマー部の進入可能寸法） ・外形寸法からの理論値 ・コネクタを先頭に向けて進入のこと
	標準試験値	未検証	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無　※	有	
	性能値	【接触型】 ・最大距離:4.50m (Type1)	・伸縮スティック：最大伸張時450cmからの推理論
	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　※	有	
			性能値	・計測速度：0.4m/s (Type1、Type2)	・0.4m/s （手動移動、1ショット/10cm） ・工場内で、自動機を使った定速での評価。
			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	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法　うき（2019）(Type1) 実施年　2021年 (Type1) ・検出率：78% ・的中率：100%	・検出率=7箇所／9箇所=　78% ・的中率=7箇所／7箇所=　100%
	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	・深さ：80mm (Type1)	・深さ80㎜までのうきの有無を判定する。（標準設定の場合） ・計測装置の4つの車輪がコンクリート面に同時に接触すること。
	感度	校正方法	・校正用標準供試体を用いて校正を実施		・校正用の標準供試体を使用して受信レベルと実際の深さを比較し、校正を行う ・校正用標準供試体： （W:1000 D:23000 H:300）のコンクリートに300x700mm の大きさで深さ30mm、50mm、80mmの模擬変状を作成したもの
		検出性能	性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	・検出率：100% (Type1)	・80mm 以下の深さの変状を100%検出 ・工場内で用意されている供試体を用い、30，50，80mmの深さの模擬変状に対して検出できるかを確認。
		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	制限なし	-
	桁下条件	・点検員が桁下にアクセス出来ること。点検員が進入出来ないほどの水辺で無いこと。	-
	周辺条件	・基本は従来法と同じように被検査部を打撃する方法のため、梯子、ステージ、高所作業車などを使用してコンクリート構造物への近接が必要である。	-
	安全面への配慮	ヘルメット、安全帯着用	-
	無線等使用における混線等対策	混線リスク無し	-
	道路規制条件	状況により要	橋梁下点検範囲に道路・歩道が無い場合は不要
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	バッテリー給電時は連続打撃2時間　（外気温：20℃） 4．5m以上の高所は、足場あるいは高所作業車が必要 (Type1、Type2)	-

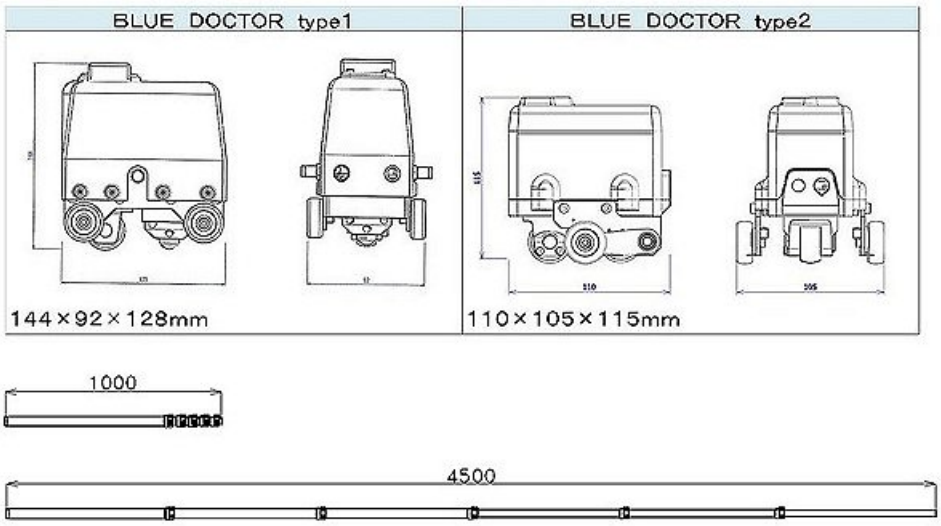
5. 留意事項（その2）

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	なし	-
	必要構成人員数	2名 （操作1人、補助（記録等）1人）	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	なし	-
	作業ヤード・操作場所	スティックを持ちながら操作	-
	点検費用	橋種　［ コンクリート橋 ］ 橋長　［ 40m ］ 全幅員　［ 10 m ］ 部位・部材［ 床板のみ ］ 活用範囲　［ 400 ］㎡ 検出項目　［ 空隙 ］ ＜費用＞　合計　236,233円(経費含む）	400㎡の場合の参考価格
	保険の有無、保障範囲、費用	任意	-
	自動制御の有無	なし	-
	利用形態：リース等の入手性	購入、レンタル 購入、レンタルの問い合わせは弊社 （オンガエンジニアリング：0947-28-3998）	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	あり	-
	センシングデバイスの点検	動作状態確認用テストピースによる点検	-
	その他	計測装置、コントローラーに強い雨水（IPX3以上）があたる天候時はご使用をお控え下さい。(Type1、Type2)	-

6. 図面

BLUE DOCTOR Type1 と 検査風景(Type1)

BLUE DOCTOR とスティック



Blue Doctor Type2（Type1からの改良点）
1. 軽量化
現場作業者の負担軽減のため、従来型（Type1）の重量1330gを、840gに軽量化（▲490g）した。
2. 精度向上
ハンマ先端がコンクリートを直接打撃するのではなく、常にコンクリートに接地した車輪を上方からハンマで叩く構造（バックハンマ方式）に改良した。
①従来型（Type1）では、ハンマー先端のインパクト点がコンクリート表面の凹凸により変動（ハンマーストロークの長さの変動）しコンクリートに与える打撃力が変動していたが、この技術により、ハンマストロークを一定にすることができ、ひいては打撃力を、より安定してコンクリートに入力できるようになった。
②上記の理由により、従来型のType1では、ハンマ指令からコンクリートに打撃するまでの時間がmsec単位で一定ではなかったが、Type2では、同打撃時間が一定になり、かつ、車輪上方にハンマ先端が打撃した瞬間を捉えるセンサを設けることにより、さらに外乱を受けにくい計測が可能となった。
③ハンマ先端が出入りする開口部が無くなったので、コンクリート片の詰まりで停止する問題を改善した。
④異常検出性能等はType1と同等。

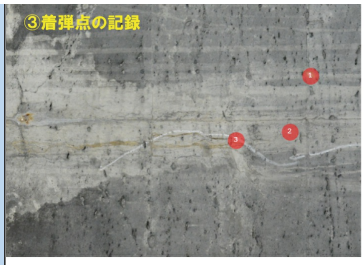
1. 基本事項

技術番号		BR020009−V0525				
技術名		最大6mの距離からプラスチック弾を発射し、反射音の弾性波成分から内部空洞を探知するシステム				
技術バージョン		-			**作成：**	2025年3月
開発者		株式会社アルファ・プロダクト				
連絡先等		TEL： 048-485-1655 080-2428-7044	E-mail： info@alpha-product.co.jp coredatasystem@gmail.com		技術担当取締役 原　　徹	
現有台数・基地		1	**基地**	埼玉県川口市上青木3-12-18 埼玉県産業技術総合センター503研究室		
技術概要		発射されたBB弾がコンクリートに衝突する衝撃で発生して内部に伝搬する弾性波で判定する。 内部空洞のある場合には空洞との境界面で反射し、再度表面から再放射されて大きな反射エコーが観測できるが、空洞のない場合はコンクリート内部で拡散するため、再放射のエネルギーは小さく反射エコーも小さい。その反射エコーの弾性波成分でうき（内部空洞）の有無を検知する技術。 波形の特徴として、空洞のある場合の反射エコーは、空洞までのコンクリート厚さの固有振動を持つため波形に周期性があり、減衰までの時間が長いのに対して、密実な場合には反射エコーは小さく、周期性もなくすぐに減衰する、という2点に着目して判定する。最大距離は6m※。波形と測点位置が記録できる。 ※最大距離6mは社内実験での検出基準を満たす最大距離。銃刀法の6mmBB弾規制値0.98ジュールに対して0.756ジュールで、銃刀法の規制対象にはならない。				
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,床版） 下部構造（橋脚,橋台） 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）				
	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	うき				

2. 基本諸元

計測機器の構成			<機器の主要な構成> ※発射装置 ・コッキング式市販BB弾エアソフトガン 。（東京マルイVSR-10スナイパーバージョン） ・パラボラマイク：高感度マイクを内蔵したパラボラアンテナ。パラボラの特性で、周辺雑音をカットし、アンテナに正対する直径約30cmの範囲からの音のみを拾う。 ※表示記録装置 ・バンドパスフィルターと増幅アンプ。：弾性波成分の豊富な帯域だけをフィルタリングしアンプで増幅する。 ・デジタルオシロスコープとノートPC①：波形を表示し、判定後記録する。 ・デジタルカメラ1台（ライブビュー機能付き1眼レフ、三脚固定）と測点位置記録用ノートPC②. ・簡易測量機能付きレーザーポインター ※BB弾：直径6mm、0.5g/1発。（もしくは6mm生分解性プラスチック弾、0.45g/1発）
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**	<発射装置、波形表示記録装置> ・パラボラアンテナを三脚 に取り付ける。パラボラ焦点に合わせてマイクをセットし、ケーブルをバンドパスフィルターを経由してアンプに接続する。アンプ出力をデジタルオシロスコープからノートPCに接続する。各機器の電源を入れ、エアソフトガンに弾倉をセットして準備は完了する。 <測点記録装置> ・測点記録用デジタル1眼レフカメラを三脚にセットし、ノートPCに接続する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・エアソフトガン：最大外形寸法（幅約5cm×長さ約107cm×高さ約20cm、最大重量：約2.0kgf） ・ノートPC：最大外形寸法（幅約38cm×奥行約25cm×厚さ約2.5cm、最大重量：約1.8kgf） ・アンプ：最大外形寸法（高さ約20cm×奥行約7cm×幅約13cm、最大重量：約0.8kgf） ・デジタルオシロスコープ（幅約16cm×奥行約18cm×厚さ約2.5cm、最大重量：約0.3kgf） ・バンドパスフィルター（幅約10cm×奥行約15cm×厚さ約8cm、最大重量：約0.3kgf） ・パラボラマイク（幅約20cm×奥行約41cm×高さ約28cm、最大重量（約2.0kgf）
	センシングデバイス	照準用レーザーポインター付エアソフトガン パラボラアンテナ：Azbil leak detector 2 マイクロフォン：ブリュエル・ケアー　type 4939-c-02 バンドパスフィルター：自社製 増幅アンプ：ブリュエル・ケアー　type 5935 デジタルオシロスコープ：Digilent Analog Discovery 2 ノートPC2台
	計測原理	1、計測原理 発射されたプラスチック弾（BB弾）がコンクリートに衝突すると、衝突のエネルギーが振動となり、表面を伝わる波と、衝突点からコンクリート内部に伝搬する弾性波に分かれる。表面波はコンクリート表面に沿って広がりながら反射し、内部空洞の有無にかかわらず一定である。弾性波はコンクリート内部に伝搬し、内部に空洞がない場合は拡散するため、内部からの再反射エネルギーは小さい。（下図①）しかし内部空洞がある場合には、空洞との境界面でほぼ全反射し、再反射するため、エネルギーが大きく、（下図②）空洞から上の部分の厚さと大きさに応じた固有振動を持つ。（下図③）この弾性波成分を含む反射音をパラボラマイクで周辺雑音をカットしながら対象からの反射音のみを効率よく集音、アンプで増幅し、弾性波成分を含む周波数帯域をフィルタリングした後、デジタルオシロスコープを通してA/D変換後、PCのモニターで表示し、波形の特徴から判定する。 2、波形の判定 空洞のない場合は、着弾後の反射エコーの振幅が小さく、すぐに減衰し周期性もない。空洞がある場合は着弾時の反射エコー振幅が大きく、徐々に減衰しながら収束していく。 波形の時間軸を拡大して見れば周期性が見られる。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	・対象コンクリートの表面が凍結している場合は、正確な測定ができない。 ・気温が零下では、発射空気圧が低下し、測定精度が低下する。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・発射装置と対象との距離を制限範囲内で一定に保つこと。（最大6m） ・対象と発射装置は制限範囲内の角度を保つこと。（左右上下で10度以内）
	計測プロセス	A: BB弾発射と波形表示系列の作業手順 ・うきがないと確定している部位に対してレーザー照準し、BB弾発射、波形表示確認。 ・判定しやすい振幅の大きさ、十分な波形表示長さとなるように、デジタルオシロスコープを調整する。調整後、再発射して確認し測定準備完了。 ※記録表示装置の標準セッティング ・増幅アンプのゲインは40dB。 ・オシロスコープの電圧レンジは0.5-2.0V、時間軸は100-250msec。 　測定距離により調整する。弾速は約40-45m/secなので、 　距離6mで発射後弾着までは0.15秒。弾着後反射波到達までは0.02秒。 　したがってこの場合の測定時間軸は200msec。 ・対象波形の周波数レンジは1.5-10KHz。 ・各測点にBB弾を発射する。 ・波形を測点名称でノートPC①に記録。 B: 測点記録系列の作業手順 1、測点記録用デジタル1眼レフで測定する面全体をフレーム（ファインダー）に収める。 　この時、フレームの端に⑪を写しこんでおく。 2、デジタル1眼レフカメラをライブビューモードに設定。 3、ノートPC②にs¥カメラを接続。 　※ビデオカメラのようにリアルタイムで画像が表示される。 4、レーザー墨出器で測点を置く水平線を投射し、簡易測量機能付きレーザーポインターのレーザーが対象面で10cmピッチで移動するようにセットする。 5、簡易測量機能付きレーザーポインターで着弾点表示。（BB弾発射） 6、ライブビューモードのノートPC画面上で、写っているレーザーポインターの点の上に測点の記号をマークする。（適当なペイントソフト使用。） 7、判定結果に合わせてマークした測点記号に判定結果の略号を追加マーキング。 8、レーザーポインター移動。 9、BB弾発射。1列目測点の調査完了。 10、1列目の10センチ下でレーザー墨出器の水平線を投射し、4と同じようにレーザーポインターセット。 11、上記5から10を繰り返す。 12、測定終了後、全測点と画像を保存する。

		 **■着弾点の記録** **着弾点は対象の画像と一緒に画像として記録される。 写真③。** **■使用するBB 弾（0.45g/1発 ）** **使用する生分解性プラスチックのBB弾は着弾後に粉砕し、** **1−2年で完全に分解される。 写真④。** **材質に石油成分を含まない、環境負荷の少ない弾である。**
	アウトプット	1、波形のcsvデータ。 2、波形のjpgデータ。 3、測定範囲の画像に測点を記入した画像データ。(jpg形式)
	耐久性	防水・防塵性能はない。
	動力	1、発射装置：圧搾空気(人力) 2、表示記録装置 ・パラボラアンテナ：Azbil leak detector 2（動力なし） ・マイクロフォン：ブリュエル・ケアー　type 2669c　（増幅アンプから供給） ・バンドパスフィルター：自社製　（内蔵電池） ・増幅アンプ：ブリュエル・ケアー　type 5935　（内蔵電池） ・デジタルオシロスコープ：Digirent anarog discoverly 2（USB給電 ） ・ノートPC2台（充電電池、AC100V） ・簡易測量機能付きレーザーポインター、レーザー墨出し器（乾電池）
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・増幅アンプとマイクロフォン：16時間 ・ノートPC、デジタルオシロスコープ：3時間 ・バンドパスフィルター：12時間 ・簡易測量機能付きレーザーポインター、レーザー墨出し器：8時間
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	未検証	-
			標準試験値	標準試験方法　うき　(2019) 実施年　2020年 ・検出率:75% ・的中率:90%	・検出率=9箇所／12箇所=0.75 ・的中率=9箇所／10箇所=0.90
	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	・1 Hz ～ 20 kHz（±0.5 dB）	-
	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	・検出感度:60dB	-
	S/N比		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	107.5dB	-
	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	ブレーカーを使用する工事現場が周辺にないこと	-
	安全面への配慮	・計測中は防塵ゴーグルを着用する。 ・付近に人や車の通行がある場合には、BB弾の破片等が飛散することに備えて、測定面周囲をフェンスや養生シートで囲むこと。	-
	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	弾性塗料塗装面は不可	-
	躯体条件	モルタル分が流され、骨材が露出している箇所では不可	-
	躯体温度条件	凍結していない事	-
	その他	測定面下部付近にBB弾が落下するため、測定前に養生シートを展開・張付けておき、測定後に回収する。	-

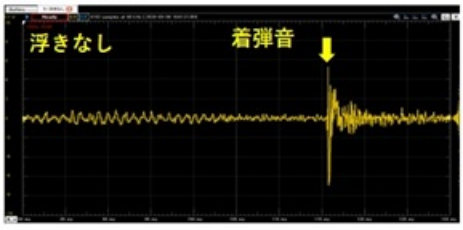
5. 留意事項（その2）

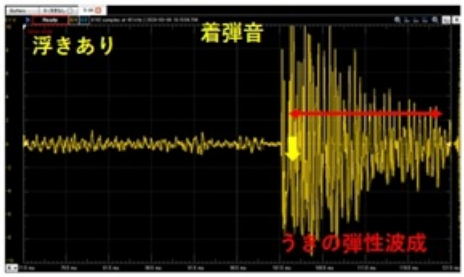
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	要自社講習（1日）	-
	必要構成人員数	-	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	自社講習1日	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	点検費用	橋梁条件 橋種：コンクリート橋 部位・部材：橋脚1基1側面 高さ：14m、幅8m 適用範囲：90㎡ 検出項目：深さ50mmまでのうきの有無と範囲 費用：60万円(2日間) （税、交通費、宿泊費別）	報告書作成含む、税別、交通費等別途。
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	-
	自動制御の有無	自律制御なし	-
	利用形態：リース等の入手性	業務受託、もしくは装置販売。 販売価格：一式400万円（予価、受注生産、納期約2か月）	-
	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	※生分解性プラスチックBB弾(0.45g)の使用も可能。 植物由来の素材やミネラル成分で構成された、石油系の原材料を一切使用していないBB弾。 （土の中や水中の微生物によって、地表落下後2-3年で最終的に水と二酸化炭素に分解される材料である。）	・0.45gBB生分解性プラスチック弾では、弾速の増加と材質により、衝撃で粉砕されるので、全形のままの弾の跳ね返りが少ない。 ・破片は測定面下部に落下する。 弾痕は残らず、コンクリート表面にカスが付着することもない。

6. 図面

①エアソフトガン（ライフル）
②パラボラマイク
③増幅アンプ
④バンドパスフィルター
⑤デジタルオシロスコープユニット
⑥ノートPC
⑦簡易測量機能付き
　レーザーポインター
⑧レーザー墨出機
⑨照準用レーザーポインター
⑩6ｍｍBB弾
（生分解性プラスチック、0.45ｇ）
⑪測点記録用デジタルカメラ
⑫測点記録用ノートPC
⑬測量用巻ロッドやスタッフ

採取波形（着弾後）





1. 基本事項

技術番号		BR020010−V0525				
技術名		床版上面の損傷箇所判定システム				
技術バージョン		Ver003			**作成：**	2025年3月
開発者		ニチレキ株式会社 大日本ダイヤコンサルタント株式会社				
連絡先等		TEL：048-961-6321		E-mail：satoh.kazu@nichireki.jp		道路エンジニアリング部 佐藤 和久
現有台数・基地		5		**基地**	埼玉県越谷市	
技術概要		電磁波レーダを搭載した車両を用いて、一般交通の中で走行しながら路面に電磁波を発信し、内部の電気的特性の分布に起因する電磁波の反射信号を受信して、その特徴に基づきRC床版上面の損傷を検出する非破壊検査技術である。				
技術区分	**橋種**	鋼橋 コンクリート橋				
	対象部位	上部構造（床版）				
	損傷の種類	鋼				
		コンクリート				
		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				
	検出原理	電磁波				
	検出項目	電磁波の反射強度				

2. 基本諸元

<table>
<tr><td colspan="3">計測機器の構成</td><td>・移動装置：smart床版キャッチャー（1BOX測定車タイプ、路面性状測定車タイプ）
・計測装置（電磁波）：電磁波レーダー（マルチステップ周波数方式・200MHZ～3GHz）
・計測装置（路面画像）：ラインセンサーカメラ
・計測装置（緯度経度）：RTK-GNSS
※計測装置は、計測中は移動装置に取り付けて、移動中は移動装置内部に格納する
・データ収集・通信：電磁波送受信装置、電磁波計測制御PC、データ変換PC、AI予測PC（Wifi）</td></tr>
<tr><td rowspan="8">移動装置</td><td colspan="2">機体名称</td><td>smart床版キャッチャー</td></tr>
<tr><td colspan="2">移動原理</td><td>【車両走行型】
車両型</td></tr>
<tr><td rowspan="4">運動制御機構</td><td>通信</td><td>-</td></tr>
<tr><td>測位</td><td>-</td></tr>
<tr><td>自律機能</td><td>-</td></tr>
<tr><td>衝突回避機能(飛行型のみ)</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">外形寸法・重量</td><td>①1BOX測定車タイプ：
最大外形寸法（全長6.24m×全幅2.16m×全高2.26m）、最大重量（2.595t）
※全長　測定時6.24m（5.65m+0.59m）、回送時5.65m
②路面性状測定車タイプ：
最大外形寸法（全長9.07m×全幅2.44m×全高3.41m）、最大重量（7.915t）
※全長　測定時9.07m（8.48m+0.59m）、回送時8.48m</td></tr>
<tr><td colspan="2">搭載可能容量 (分離構造の場合)</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">動力</td><td>①1BOX測定車タイプ：
・内燃機関式
・燃料の種類：ガソリン
・総排気量又は定格出力：2.69L
②路面性状測定車タイプ：
・内燃機関式
・燃料の種類：軽油
・総排気量又は定格出力：5.19L</td></tr>
<tr><td colspan="2">連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td colspan="2">設置方法</td><td>移動装置と一体的な構造</td></tr>
<tr><td colspan="2">外形寸法・重量 (分離構造の場合)</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">センシングデバイス</td><td>①1BOX測定車タイプ：
電磁波レーダ：KONTUR社（旧3D-RADAR社）（ノルウェー）製、型番：エアカップル型DXアンテナシリーズ、
周波数帯域：200MHZ～3GHz、電磁波レーダ幅：180cm、有効探査幅：150cm、アンテナスライド機能（車線端部計測支援）
②路面性状測定車タイプ：
電磁波レーダ：KONTUR社（旧3D-RADAR社）製、型番：エアカップル型DXアンテナシリーズ、
周波数帯域：200MHZ～3GHz、電磁波レーダ幅：240cm、有効探査幅：210cm</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td>（1）原理
1）電磁波の発信と反射信号の受信
橋梁の路面下はアスファルト舗装、コンクリート、鉄筋の3種類の電気的特性の異なる材料から構成され、健全な場合は、それらは密着している。
電磁波レーダから路面に向かって発信した電磁波は、空気とアスファルト舗装の境界、アスファルト舗装とコンクリートの境界、コンクリートと鉄筋の境界において反射し、電磁波レーダに反射信号として受信される。
2）アスファルト舗装、RC床版上面が健全な場合の電磁波の反射信号
アスファルト舗装、RC床版上面が健全（材料レベルでの損傷がなく両者が密着）な場合は、アスファルト舗装とコンクリートに電気的特性に範囲があるものの、それぞれの材料の境界における電磁波の反射が面的に一様と言え、RC床版上面の損傷を把握する際の基準となる。
3）材料の電気的特性の変化及び新たな物質の付与による、反射信号の強度や透過性の変化
一方、RC床版上面の土砂化や滞水が生じていると、言い換えると材料の電気的特性の変化や新たな物質が加えられ、</td></tr>
</table>

計測装置

計測原理

反射信号の強度や透過性が変化すると、健全な場合と異なる反射信号を受信し、RC床版上面に損傷が生じている可能性がある範囲として検出される。

　ただし、使用する電磁波レーダの波長は、想定される損傷の厚さに比較して長く、損傷を直接分解することは困難であるため、受信した電磁波の反射信号と基準となる健全な場合の反射信号を比較して損傷の可能性を評価し、相違点の特徴により損傷の種類を分類する。

(2)計測方法
1)電磁波レーダを搭載した車両を用いて、一般交通の中で走行しながら路面に電磁波を発信し、内部の電気的特性の分布に起因する電磁波の反射信号を受信する。

2)反射信号の特徴に基づきRC床版上面の損傷を検出する。

(3)計測装置のキャリブレーションや再現性能
・スカイショットによるシステムノイズ検査、チャンネル受信検査を年1回行うことで反射信号および幅員方向の反射信号取得ピッチの再現性は確保される。

・距離検査を年1回（タイヤ交換時は必須）行うことで、延長方向の反射信号取得ピッチの精度が確保される。

計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)

①鉄筋コンクリート床版およびグレーチング床版であること

②路面は乾燥状態であること。また、降雨後24時間以上経過を目安とすること。

　（電磁波が水膜で大きく反射し、水膜以下に電磁波がほとんど透過しないため）
③気温が計測装置の動作温度範囲の0～50℃になっていること。

　（0℃以下の場合は、車両内を保温すれば計測可能）

精度と信頼性に影響を及ぼす要因

-

留意点	精度と信頼性に影響を与える理由	検討すべき対応策
床版上面の断面修復跡	床版上面の断面補修跡は、比誘電率が周囲の床版と異なる場合があるため、損傷と検出する場合がある。	平面的に見ると損傷は幾何学的形状で、修復跡は矩形の場合が多い。このことから、コンター画像の平面形状および路面画像の舗装切断跡の有無により断面修復跡であるかを確認する。
局部的な舗装補修跡	局部的な舗装の補修跡は、比誘電率が周囲の舗装と異なる場合があるため、損傷と検出する場合がある。	路面画像の舗装切断跡の有無を確認する。
床版上面の金属系補強板	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、損傷と検出する場合がある。	補強板をコンター画像で見た場合、その形状は矩形であることが多い。また、金属系のため周辺と比較し際立った白色コンターを示す。このことから、補強板の有無を確認する。
床版防水層の接着不良	床版防水層の接着不良による空気層および滞水は、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。	床版防水層の接着不良は、床版下面の水浸みの発生の有無、過去のエフロレッセンス発生範囲の進行状況などを点検調書から確認する。
実際のRC床版上面の損傷実態	本技術は、RC床版上面のおよその損傷の種類と範囲を特定できる。しかし、電磁波レーダのみで状態評価の細かさに限界がある。	RC床版上面の状態を分類した結果から、開削調査や小径微破壊調査など詳細調査の実施および箇所を検討する。

計測プロセス

(1)車両

①測定：一般車両の交通の流れの中で走行しながら測定を行う。幅員に応じて、複数回の測定を行う。

②データ取得：反射信号、路面画像、距離情報、緯度経度は同時取得される。測定データは車両のPCに保存される。
③データ変換処理：データ変換処理ソフトウェア（KONTUR社（旧3D-RADAR社））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。

④AI予測処理：・AI予測処理ソフトウェア（自社開発）で、「反射強度の入力→AI用データ前処理（AIが読み込む形式に変換、検出モデル設定等）→画像変換」を行い、損傷箇所の検出を行う。AI予測処理の結果は損傷箇所を示した平面図（PNG形式）に出力される。解析速報（AI予測処理の結果）はインターネット回線で基地などに送信する。

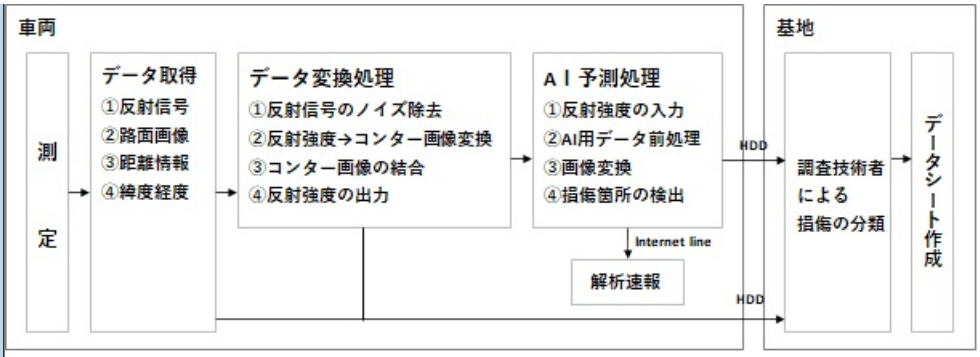
⑤データの送付：測定データはHDDで基地に送る。

(2)基地

①調査技術者によりAIが検出した損傷を2つのグループに分類する。

②調査技術者は、必要に応じて精度と信頼性に関する留意点の対応策などを実施しAI予測処理の結果を補正する。

③複数回の測定によるコンター画像のズレを伸縮装置のコンターなどで確認し、補正を行う。
④データシートの作成および出力を行う。

		
	アウトプット	平面図に損傷箇所をプロットしたデータシート・・・（Excel形式） 解析速報（AI予測処理の結果および位置図）・・・（web配信）
	耐久性	①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。
	動力	①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）
	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**	①移動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	①測定データは車両のPCに保存する。 ②解析速報はWIFI通信で基地や顧客に送信できる。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	解析速報の通信規格：通信はインターネット回線で行う
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	解析速報のセキュリティ ①認証方式：WPA、WPA2 ②暗号化方式：FTPS、AES、TKIP
	動力	①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　※	-	
	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

<table>
<tr><th colspan="2">項目</th><th colspan="3">性能</th><th>性能(精度・信頼性)を確保するための条件</th></tr>
<tr><td rowspan="11">計測装置</td><td rowspan="3">4-1 計測速度（撮影速度）</td><td>性能確認シートの有無　※</td><td colspan="2">有</td><td></td></tr>
<tr><td>性能値</td><td colspan="2">80km/h(22m/s)以内</td><td>・80km/h(22m/s)以内
・著しい路面凹凸や局部的な路面凹凸（段差等）がないこと。</td></tr>
<tr><td>標準試験値</td><td colspan="2">未検証</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4-2 計測精度</td><td>性能確認シートの有無　※</td><td colspan="2">有</td><td></td></tr>
<tr><td>性能値</td><td colspan="2">・検出率
・健全部：70%
・損傷部：89%
・的中率
・健全部：98%
・損傷部：33%

○床版上面の損傷面積
検出率(%)＝　検出できたピクセル数 / 損傷(又は健全)の正解ピクセル数
的中率(%)＝ 検出した損傷(又は健全)のうち正解ピクセル数 / 技術で検出したピクセル数(誤検出を含む)
<table>
<tr><th colspan="2">分類</th><th>検出ピクセル数</th><th>正解ピクセル数</th><th colspan="2">検出率</th></tr>
<tr><td colspan="2">健全(グループ1)</td><td>20,099</td><td>28,645</td><td>70.2%</td><td>70.2%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">損傷</td><td>グループ2</td><td>1,204</td><td>2,167</td><td>55.6%</td><td rowspan="2">89.4%</td></tr>
<tr><td>グループ3</td><td>1,890</td><td>2,437</td><td>77.6%</td></tr>
<tr><th colspan="2">分類</th><th>検出ピクセル数</th><th>正解ピクセル数</th><th colspan="2">的中率</th></tr>
<tr><td colspan="2">健全(グループ1)</td><td>20,589</td><td>28,645</td><td>97.6%</td><td>97.6%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">損傷</td><td>グループ2</td><td>8,978</td><td>2,167</td><td>13.4%</td><td rowspan="2">32.5%</td></tr>
<tr><td>グループ3</td><td>3,682</td><td>2,437</td><td>51.3%</td></tr>
</table>
※1ピクセルは延長7.5cm×幅7.5cm
※検証橋梁は1橋、面積は187m²

※推定される損傷
グループ2：乾燥状態の浅い土砂化、乾燥状態の舗装下面剥離、上鉄筋配置面の水平ひび割れが進行した乾燥状態の浅い土砂化
グループ3：滞水状態の土砂化、乾燥状態の深い土砂化、滞水状態の舗装下面剥離、滞水状態の水平ひび割れ、上鉄筋配置面の水平ひび割れから浮きへ移行したかぶり部の格子状ひび割れ

2分類の検出率・的中率は調査技術者の分類がグループ2またはグループ3に分類していれば正解とした場合の評価</td><td>①鉄筋コンクリート床版およびグレーチング床版であること。
②路面は乾燥状態であること。また、降雨後24時間以上経過を目安とすること。</td></tr>
<tr><td>標準試験値</td><td colspan="2">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：66%
・的中率：41%

損傷区分別
・土砂化（深）
検出率=80%
的中率=54%
・土砂化（浅）
検出率=100%
的中率=43%
・滞水
検出率=70%
的中率=34%
・水平ひびわれ
検出率=0%
的中率=0%</td><td>・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)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4-3 位置精度（移動しながら計測する場合）</td><td>性能確認シートの有無　※</td><td colspan="2">有</td><td></td></tr>
<tr><td>性能値</td><td colspan="2">・位置精度：
・橋軸方向±0.5m
・幅員方向±0.5m</td><td>・延長方向±0.5m以内、幅員方向±0.5m以内
・基礎資料などを基に位置補正を行う。
①線形が直線であること
②一定幅員の本線であること。
③右左折、加減速車線、ランプでないこと
④GNSS衛星からの電波状態が良好であること
⑤橋梁一般図等の基礎資料があること。</td></tr>
<tr><td>標準試験値</td><td colspan="2">未検証</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
</table>

	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	・最大深度：1.5m		・最大深度：路面からの深さ1.5m （比誘電率5、発信受信の時間間隔25ns） ・気温が計測装置の動作温度範囲の0～50℃になっていること。（0℃以下の場合は車両内を保温すれば計測可能）
	感度 **校正方法**	・校正用デバイスで確認			・KONTUR社（旧3D-RADAR社）（ノルウェー）が推奨した方法によりデバイスを点検し、異常があった場合はKONTUR社（旧3D-RADAR社）により校正を実施する。
	感度 **検出性能**	性能確認シートの有無　※	有		
		性能値	・コンター画像として検出		・コンター画像（縦断図）において、路面、鉄筋コンクリート床版上面、鉄筋の反射強度のコンターが視認できる。 ①鉄筋コンクリート床版およびグレーチング床版であること。 ②路面は乾燥状態であること。また、降雨後24時間以上経過を目安とすること。
	感度 **検出感度**	性能確認シートの有無　※	無		
		性能値	・諸元無し		・電磁波レーダー：KONTUR社（旧3D-RADAR社）では検出感度（入力に対する出力の割合）を諸元としていない。ただし、物性や深度により反射強度が弱い（目視できない）場合は下記方法を実施。 ・物性や深度により反射強度が弱い場合はゲイン調整やノイズ除去を行う。
	S/N比	性能確認シートの有無　※	無		
		性能値	・諸元無し		・KONTUR社（旧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。
	分解能	性能確認シートの有無　※	有		
		性能値	・分解能時間：0.34ns ・反射強度取得ピッチ： 深さ方向、橋軸方向、幅員方向 （1.0、7.5、7.5）cm		-

※「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	①車道 ②1BOX測定車タイプ：全幅3.0m以上、全高3.0m以上 ③路面性状測定車タイプ：全幅3.5m以上、全高4.0m以上	端部（路肩・側帯）およびセンターライン付近は走行の際に危険が伴うため測定できない。おおよそ50cm程度が測定不可。
	桁下条件	-	-
	周辺条件	①高い建物などがある箇所はGNSS衛星の受信状態が悪いため、センチメートル級の位置精度を得ることができない場合がある。	-
	安全面への配慮	①後尾警戒車の設置	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	①道路交通規制は必要なし ②必要に応じて後尾警戒車を設置する	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	①鉄筋コンクリート床版およびグレーチング床版であること。 ②路面は乾燥状態であること。また、降雨後24時間以上経過を目安とすること。	①鋼繊維補強コンクリートなどの金属系の材質は、電磁波が金属で遮断されるため、その内部を計測することはできない。
	躯体温度条件	①躯体の温度条件はなし	-
	その他	①作業時間帯は基本日中 ②路面は乾燥状態であること。また、降雨後24時間以上経過を目安とすること。 （電磁波が水膜で大きく反射し、水膜以下に電磁波がほとんど透過しないため）	端部（路肩・側帯）付近の測定は、安全面（視認性）の観点から夜間測定は不可。

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	①エスパー探査協会認定の埋設物探査技師補（スキルB）以上の取得者 ②エスパー探査協会認定の埋設物探査技師補（スキルB）と同等以上の技量を持つもの	-
	必要構成人員数	①車両：ドライバー1人、オペレーター1人 ②基地：調査技術者1人	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	①普通自動車第一種運転（路面性状測定車タイプは中型自動車第一種運転免許） ②高い運転技量を持つもの	-
	作業ヤード・操作場所	①車両内で操作する	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種　［コンクリート橋/鋼橋］ 　橋長　150m 　全幅員　14m 　橋梁数　3橋 　部位・部材［　床版のみ　］ 　活用範囲　［　6300　］㎡ 　検出項目　［床版上面の土砂化、　床版上面の滞水、 　　舗装下面の剥離　］ 　＜費用＞合計　132万円（直接費70万、諸経費62万）	①測定：1日工程 ②左記は参考価格 ③人件費は令和2年度の技術者単価
	保険の有無、保障範囲、費用	①車両に関わる保険（自賠責保険、任意保険）に加入	-
	自動制御の有無	①自律制御なし	-
	利用形態：リース等の入手性	①業務（計測と解析）一式のみ	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	①複数台のsmart床版キャッチャー（5台保有）によりサポート	-
	センシングデバイスの点検	①頻度：適宜 ②点検方法：KONTUR社（旧3D-RADAR社）（ノルウェー）が推奨した方法	センシングデバイスの点検方法種類： ①スカイショットによるシステムノイズ検査 ②チャンネル受信検査
	その他	-	-

6. 図面

smart床版キャッチャー

路面性状測定車タイプ

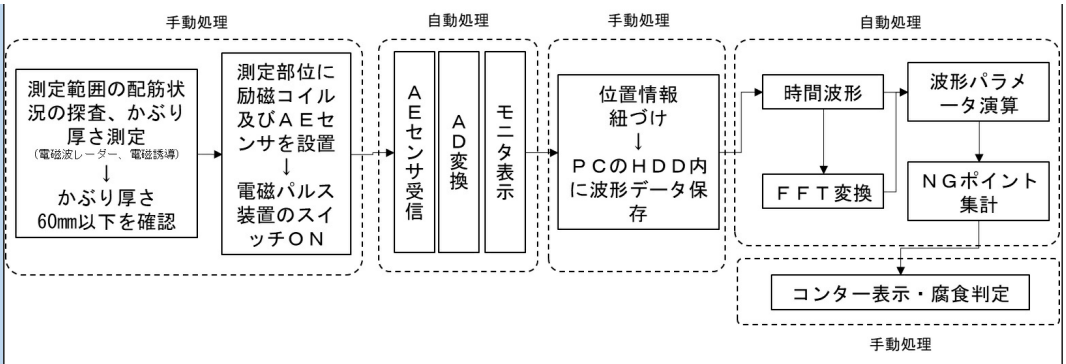
1BOX測定車タイプ

1. 基本事項

技術番号		BR020012−V0425				
技術名		電磁パルス法を用いた非破壊によるコンクリート中の鉄筋腐食評価				
技術バージョン		type1			**作成：**	2025年3月
開発者		株式会社 アミック				
連絡先等		TEL：	045-510-4317	E-mail：	takanabe@amic-pro.co.jp h_miwa@amic-pro.co.jp	研究開発G 高鍋雅則、三輪秀雄
現有台数・基地		2台		**基地**	神奈川県横浜市鶴見区	
技術概要		コイルにパルス電流を印加することで発生する磁場を利用し、非接触で鉄筋自身から弾性波を発生させ、鉄筋とコンクリートとの界面状況の変化を捉える。すなわち腐食している鉄筋と健全な鉄筋から発生する弾性波を比較する。この弾性波をコンクリート表面で受信・解析することで鉄筋腐食の程度を把握する。				
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,床版） 下部構造（橋脚,橋台）				
	損傷の種類	鋼	①腐食			
		コンクリート				
		その他				
		共通				
	検出原理	弾性波				
	検出項目	弾性波採取波形の変化				

2. 基本諸元

計測機器の構成			電磁パルス装置（鉄筋加振装置）、データ収集装置、付帯装置の構成になる。下記装置を有線接続する。 電磁パルス装置：コイル、コイルユニット、電源 データ収集装置：AEセンサ、AEプリアンプ、AE電源、AD変換装置、波形表示・制御用PC 付帯装置：発電機（100V）
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)		-
計測装置	**設置方法**		-
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		電磁パルス装置コイルユニット寸法（長さ145mm×幅120mm×高さ130mm）、最大重量1kg AEセンサ寸法（φ20mm×高さ37mm）最大重量100g
	センシングデバイス		電磁パルス発生装置　アスワン電子社製　コイルユニット型番PCU-1602、電源ユニット型番PGU-1301 AEセンサ　NF回路ブロック社製　型番 AE-901S AEプリアンプ　NF回路ブロック社製　型番 9917 AEセンサ電源　NF回路ブロック社製　型番 MTB33098 AD変換装置　横河電機社製 SL1000
	計測原理		測定部分において電磁パルス装置を用いてパルス磁場を発生し、コンクリート内部の鉄筋より弾性波を発生させる。鉄筋より発生した弾性波信号をAEセンサを用いてコンクリート表面より受信する。受信した弾性波はAD変換装置を用いてサンプリング周波数1MHz以上で時間波形として数値保存する。 AEセンサは定期点検により NDIS2110 アコースティック・エミッション変換子の感度劣化測定方法 により感度確認されたセンサを使用 鉄筋より弾性波を発生させる電磁パルス装置は現場で励磁コイルに印加される電荷のモニター波形を確認し波形表示高さで30V±1V以内の出力に校正する。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		かぶり厚さが60mm以下の場合適用。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		鉄筋に同じ衝撃を与え弾性波を発生させるため、電磁パルス装置の出力が一定になるよう確認し鉄筋にパルス磁場を印加する。 コンクリートでの測定ではコンクリートの凹凸による影響を受けないよう対策する必要がある。 適切な弾性波を受信できるようA/D変換装置の分解能、測定レンジを適切に設定する必要がある。
	計測プロセス		①測定する鉄筋直上にコイルを設置する。コイルはコンクリートに接触しないよう1-2mm程度浮かしておく。（コイルユニットにスポンジ等を張り付けてコイル面がコンクリートに直接接触しないようにする） ②AEセンサをコイル中心より一定距離の鉄筋直上方向及び鉄筋直交方向に設置する。センサはコンクリート中に伝搬する弾性波を受信するためにコンクリートとセンサ間にカップリング材（グリセリンペースト）を塗布しコンクリートと密着させる必要がある。 ③電磁パルス装置のスイッチを入れ、コイルにパルス電流を印加しパルス磁場を発生させる。発生したパルス磁場の影響により鉄筋より弾性波が発生する。 ④電磁パルス装置のスイッチをトリガとして、センサで弾性波信号を受信する。 ⑤受信した弾性波信号はA/D変換装置にて時刻歴波形データとして接続しているPCのHDD内に保存される。 *AD変換装置はサンプリングレート最大100MHz, 分解能は12bitである。 ⑥採取した波形データをFFT解析により周波数スペクトルに変換する。 ⑦時刻歴波形と周波数スペクトル2つの波形データより測定箇所ごとの波形評価パラメータ値を算出する。 ⑧あらかじめ腐食がない健全な状態と分かっている箇所の波形評価パラメータ（腐食なし部）と測定部位との評価パラメータを比較し腐食なし部の波形との乖離度合いによりNG（Notgood）ポイントを付与する。腐食がない箇所の判定は周辺環境や現場の外観状況等を加味しユーザー測定者と協議の上決定する。 ⑨腐食なし部が不明の場合はある範囲の評価パラメータのばらつき度合いより評価基準値を設定しそれとの乖離度合いによりNGポイントを付与する。 ⑩各測定点におけるNGポイントの量をコンター表示するなどし腐食箇所を推定する。

		
	アウトプット	腐食が疑われる箇所をコンター図等で表示する。コンター図データ形式csv。
	耐久性	-
	動力	100V電源
	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**	測定対象近傍の床上に設置する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	最大外径寸法（長さ700mm×幅400mm×高さ800mm）、最大重量12kg
	データ収集・記録機能	A/D変換装置を介してPCのハードディスク上に保存
	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	100V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)	-

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：38% ・的中率：70%	・検出項目【腐食】 検出率（見逃し）(%) ＝新技術で腐食と判定されたものの内、目視で確認された腐食個数/目視で確認された腐食個数 ＝37.8%（14箇所/37箇所） ・的中率（誤検出）(%) ＝新技術で腐食と判定されたものの内、目視で確認された腐食個数/新技術で腐食と判定された個数 ＝70.0%（14/20） 主筋径　D19以下 かぶり厚　60mm以下 主筋間隔　60mm以上 塗装剤　500μm以下
			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　※	無	
			性能値	・100MS/s	-
	感度	校正方法	・非破壊検査協会規格 NDIS2110 アコースティック・エミッション変換子の感度劣化測定方法		・NDIS2110 アコースティック・エミッション変換子の感度劣化測定方法 により感度確認されたセンサを使用
		検出性能	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・センサ感度：60～70dB	-
		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）1:1	-
	S/N比		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・S/N≧10	・10以上（ノイズレベルp-p 10mV以下）
	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。

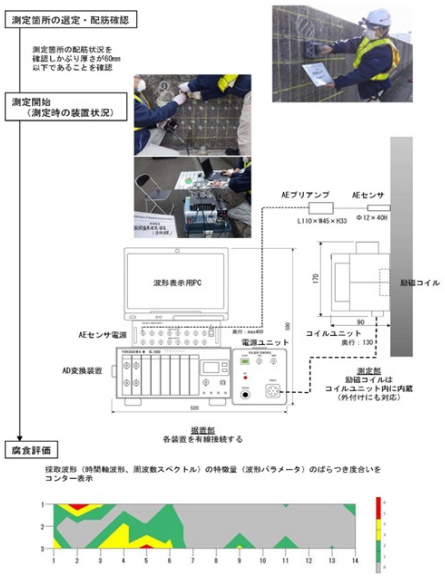
5. 留意事項（その1）

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（1m□×2m程度の空間）	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	高電圧を使用しているため水濡れ厳禁 雨掛かりに注意する	-
	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	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 剥がれかかっている場合は剥がしてから測定	-
	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	5-40℃の範囲	-
	その他	鉄筋かぶり厚さ60mmを超える場合測定不可。 気温5℃以下は測定不可。 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	電磁パルス法取り扱いの講習を受講したもの	-
	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	-	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種[コンクリート橋] 橋長　30m 全幅員　10m 部位・部材[主桁、横桁、床版橋脚、橋台] 活用範囲[300]㎡ 検出項目[腐食] <費用>合計120万円（経費含む）	活用範囲より1㎡範囲を10箇所抜き取りで測定した場合の費用を算出
	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5000万円	-
	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	サポート制あり	-
	センシングデバイスの点検	メーカーによる年1回の定期点検が必要	-
	その他	-	-

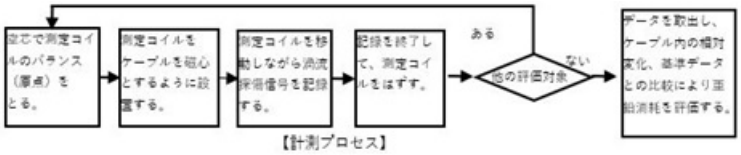
6. 図面


測定箇所の選定・配筋確認
測定箇所の配筋状況を確認しかぶり厚さが50mm以下であることを確認
測定開始
（測定時の装置状況）
AEプリアンプ
AEセンサ
L110×B45×H33
φ12×40t
波形表示用PC
励磁コイル
AEセンサ電源
電源ユニット
コイルユニット
高さ：130
AD変換装置
測定部
励磁コイルは
コイルユニット内に内蔵
（外付けにも対応）
据置部
各装置を有線接続する
腐食評価
採取波形（時間軸波形、周波数スペクトル）の特徴量（波形パラメータ）のばらつき度合いをコンター表示

1. 基本事項

技術番号		BR020013−V0425				
技術名		渦流探傷法によるケーブル腐食（亜鉛めっき消耗率）の検査				
技術バージョン		1			**作成：**	2025年3月
開発者		神鋼鋼線工業株式会社 株式会社コベルコ科研				
連絡先等		TEL：	06-6223-0674	E-mail：	shirahama.shoji@shinko-wire.co.jp	エンジニアリング事業部営業部 白濱昭二
現有台数・基地		2台		**基地**	兵庫県高砂市荒井町新浜2−3−1	
技術概要		コイルに交流電流を流すと変化する磁界が発生する。このとき、近接するケーブルに渦電流が発生する。この渦電流はケーブルの腐食状態の影響を受けるため、渦電流を腐食状態の評価に利用できる。渦電流がない物質の影響は受けないため、既存の被覆材（例えばポリエチレン被覆）の上からケーブルの亜鉛めっきの消耗状況を調査することができる。				
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,その他（吊橋））				
	損傷の種類	鋼				
		コンクリート				
		その他	⑰その他			
		共通				
	検出原理	電磁誘導				
	検出項目	亜鉛消耗率				

2. 基本諸元

計測機器の構成			計測対象物の渦電流信号を測定する測定コイルと基準となる参照コイルおよび渦電流信号を記録する渦電流探傷器と記録したデータの分析に必要な端末（パソコン）から構成される。
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)		-
計測装置	**設置方法**		計測器と参照コイルを地上に固定し、測定コイルを計測対象のケーブルを磁心として巻くように（貫通型の測定）設置する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		計測装置（渦電流探傷器）　600×450×250mm、重量10kg（データ収集部、電源含む）
	センシングデバイス		ケーブル径に適合したコイル（自社製）
	計測原理		亜鉛と鋼の透磁率に違いがあるため、電磁誘導によりケーブルに発生する渦電流は亜鉛めっき厚さと相関がある。そのため、亜鉛消耗に対応した渦電流信号(振幅と位相)が得られる。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		測定コイルを計測対象のケーブルに設置するスペース、足場（高所作業車含む）があり、計測器と信号線で接続できる状態である。 風や信号線自重を考慮すると、地上から配線できる信号線長さは通常20m程度以内。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		近接構造物
	計測プロセス		①ある基準（例：空芯）を原点としてケーブル上を測定コイルを移動させ渦電流信号を記録する。 ②信号の相対変化、基準データとの差異を解析して各位置の腐食（亜鉛消耗）量を推定する。  【計測プロセス】
	アウトプット		渦電流信号はcsvで保存される。信号を解析して、測定位置ー腐食量評価値グラフを出力する。 現地計測に要する時間は準備30分、撤去30分程度であるが、計測時間はコイルの設置・移動のしやすさに依存する。 移動速度は1m/s程度、2回計測が標準である。設置・移動を除く計測作業は10分程度である。 基準データや過去のデータと比較しての解析に要する時間は対象物が少ない（20本程度）場合は1日程度。
	耐久性		防水防塵等級：なし
	動力		12VDC電源（バッテリー）または100VAC電源を使用。
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		6時間程度　（5〜40℃）
データ収集・通信装置	**設置方法**		計測器とUSBで接続して使用
	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	・必要最小幅：0.32m～1.6m	・測定センサーの直径Dとすると4D以上は必要 保有のセンサーで　0.32m～1.6m
	標準試験値	標準試験方法　斜張橋（ケーブル）(2021) 実施年　2021年 ・幅：3.916m	・ケーブル間隔4m（上下） ・斜材径φ170mm ・斜材角度24°
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	①計測速度：0.1m/s～5.0m/s ②計測速度：1.2m/s	上段①： ・斜材径φ30～280mm ・斜材角度　制約なし ・表面材質　無し、ポリエチレン 下段②： ・斜材径φ170mm ・斜材角度24° ・表面材質　ポリエチレン ・表面の凹凸　無処理
			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	①検出誤差：10% ②検出誤差：0.1～8.8%	上段①： ・斜材径φ30～280mm （センサ直径80～400mm） ・斜材角度　制約なし ・表面材質　無し、ポリエチレン ・表面の凹凸　最厚部の厚さが斜材の半径以下 下段②： ・斜材径　φ80mm, φ150mm(センサ直径) ・斜材角度　水平 ・表面材質　無 ・表面の凹凸　無 ・摩擦係数　無
			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　※	無	
			性能値	・-10V～10V	-
	感度	校正方法	・空芯（0V)および計測対象（約9V)による校正		-
		検出性能	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・渦電流信号：1mV	-
		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	・1mV（フルスケールの0.005%）	-

※「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）

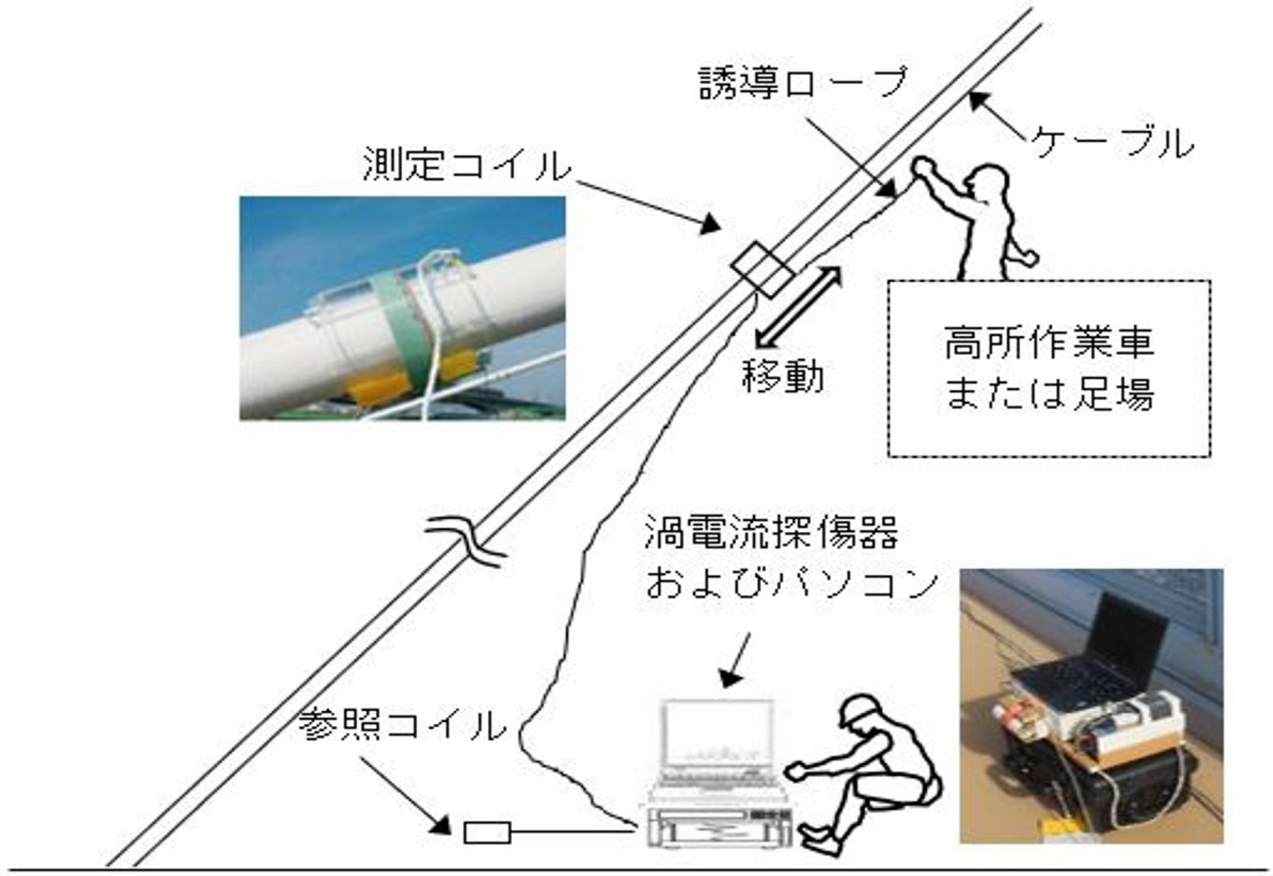
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	測定コイルの移動は誘導ロープを用いる。	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	計測対象のケーブルにて、高所作業車等を使用する場合は交通規制が必要となる。	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	-	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	雨天の場合は、計測機器の故障の原因，安全面を考慮して測定不可能となる。 測定可能なケーブル径はφ30mm以上φ280mm以下	計測対象のケーブルにて、測定コイルを移動させるにあたって手の届かない場合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	-	-
	必要構成人員数	現場責任者　1人，操作　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	測定機器の設置に必要なスペースは1m×1m程度	-
	点検費用	対象：斜張橋斜材 数量：6ケーブル 測定範囲：120m（20m×6ケーブル） ＜費用＞606,800円 （消費税，一般管理費，間接工事費，旅費交通費，諸経費は含まず）	-
	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

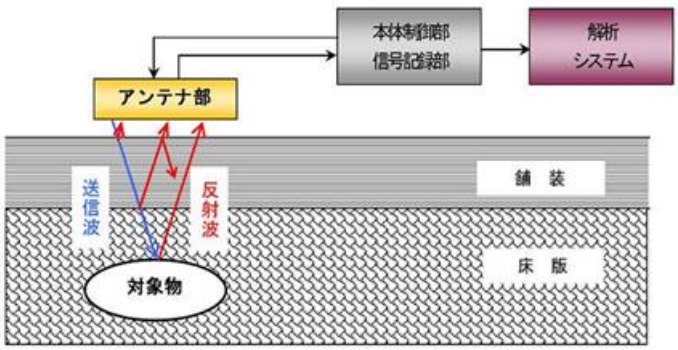
測定イメージ

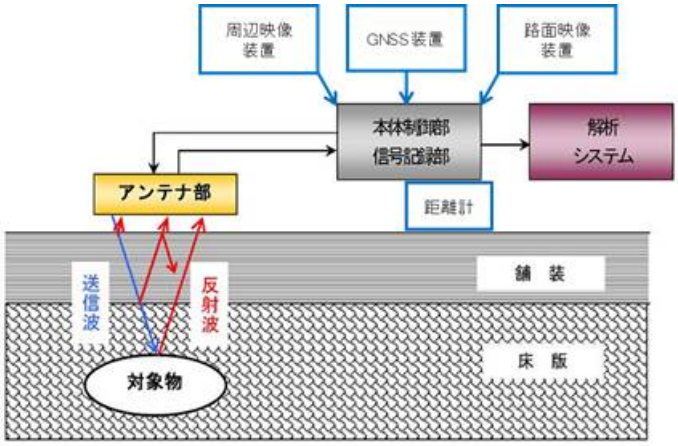


1. 基本事項

技術番号		BR020014−V0425				
技術名		床版劣化状況把握技術（スケルカビューDX）				
技術バージョン		バージョン1			**作成：**	2025年3月
開発者		ジオ・サーチ株式会社				
連絡先等		TEL： 03-5710-0200		E-mail： skeleka-bp@geosearch.co.jp	橋梁・舗装事業開発部 森田　英明	
現有台数・基地		7台		**基地**	・東京都大田区西蒲田7-37-10-9階（本社）　{（北海道事務所（北海道）、東北事務所（宮城県）、中部事務所（愛知県）、大阪事務所（大阪府）、九州事務所（福岡県）}	
技術概要		電磁波レーダを搭載した車両を用いて、一般交通の中で走行しながら路面に電磁波を送信し、反射信号の特徴に基づきコンクリート床版内部の劣化を検出する非破壊検査技術である。				
技術区分	**橋種**	鋼橋 コンクリート橋				
	対象部位	上部構造（床版）				
	損傷の種類	鋼				
		コンクリート				
		その他	その他（土砂化・滞水）			
		共通				
	検出原理	電磁波				
	検出項目	電磁波の反射応答値				

2. 基本諸元

計測機器の構成			本計測機器は探査車に地中レーダ装置を搭載し、床版内部に送信された電磁波の反射応答を捉えてデータ取得を行うものである。また、走行位置確認のためのGPSや路面および周辺状況写真を撮影する装置も搭載している。移動装置と計測装置は一体構造となっており取得したレーダデータ及び位置情報、撮影映像は車載されているPCに記録される。
移動装置	機体名称		スケルカーS
	移動原理		【車両型】 計測装置の地中レーダ装置を車両後方下部に設置し、地中レーダ装置から電磁波を床版に送信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		一体構造（移動装置+計測装置）: 回送時:最大外形寸法（長さ6590mm×幅2000mm×高さ2660mm）、最大重量（4525kgf） 測定時:最大外形寸法（長さ6590mm×幅2040mm×高さ2660mm）、最大重量（4525kgf）
	搭載可能容量 (分離構造の場合)		-
	動力		・内燃機関式 ・燃料の種類:軽油 ・総排気量又は定格出力:2.99L
	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		・地中レーダ 有効探査幅:200cm
	計測原理		地中に送信された電磁波が、電気的特性（誘電率 ε rおよび導電率 σ など）の異なる物質（埋設物や空洞）の境界で反射波を生じる性質を利用して、探査を行うものである。 計測原理は下図に示すとおりである。 送信アンテナから地中に向けて電磁波を発信して、地中の反射対象物から反射される電磁波を送信アンテナと並列された受信アンテナにて受信して、地中からの反射波を捉える。送信アンテナから発信されたタイミングと反射波が受信されるタイミングの時間差からアンテナからの距離(深さ)を算出する。 算出式については次式で表される D (m)=V (m/s) ×T (s) ／2 V (m/s)=C(m/s)／√ ε r D (m) : 異物の深さ V (m/s) : 対象物の電波の伝播速度 T (s) : 入射波と反射波の時間差 C(m/s) : 真空中における電波の伝播速度（3×108m/s） √ ε r : 地盤の比誘電率（通常、誘電率と称す）  計測原理
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・電磁波が透過しない状況ではデータ取得ができないため路面に滞水や積雪がない状態での計測が必要である。 ・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。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・アンテナ部と路面との離隔が大きくなるほど電磁波の反射応答の減衰が生じるので解析が難しくなる場合がある。 ・外来電波（違法無線）による干渉ノイズの影響。
			①地中レーダ装置から床版に向けて電磁波を送信し、反射応答を捉えたデータを取得する。 ②上記地中レーダと同期してGNSS、路面の映像の撮影および周辺の映像を撮影した画像を収録装置に記録する。

	計測プロセス	 計測プロセス
	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	・バッテリーなどの仮設電源は不要。・移動装置に搭載しているバッテリー電源より供給。（移動装置の動力により発生する電力で充電される）
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	移動装置の動力稼働中は連続稼働が可能。
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)	-
	データ収集・記録機能	車載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	・バッテリーなどの仮設電源は不要 ・移動装置に搭載しているバッテリー電源より供給。（移動装置の動力により発生する電力で充電される）
	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	・幅員3m	-
	標準試験値	・幅員3.5m	-
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　※	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	・計測速度（最大）：80km/h	・一般道：60km/h以下 ・ 自動車専用道路：80km/h以下
			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	①正解率：81% ②劣化適合率：56% ③劣化再現率：38% ④健全適合率：85% ⑤健全再現率：92% ※指標の説明 ① 正解率：検証面積のうち、正解していた面積の割合 ② 劣化適合率：電磁波レーダの劣化判定面積のうち、実際に劣化していた面積の割合 ③ 劣化再現率：実際の劣化面積のうち、電磁波レーダで劣化と判定した面積の割合 ④ 健全適合率：電磁波レーダの健全判定面積のうち、実際に健全だった面積の割合 ⑤ 健全再現率：実際の健全面積のうち、電磁波レーダで健全と判定した面積の割合	・路面に滞水や積雪がない状態であること。 ・床版上面に鋼板、炭素繊維、鋼繊維コンクリートなど電磁波が透過しない材料を使用していないこと。 ・検出率：66% ・的中率：41%
			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：75% ・的中率：56% 損傷区分別 ・土砂化（深） 検出率=100% 的中率=48% ・土砂化（浅） 検出率=99% 的中率=66%　　※本技術での土砂化の深浅程度判定は不可 ・滞水 検出率=100% 的中率=56% ・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(×5測線)
	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： ・橋軸方向±0.5m ・幅員方向±0.5m	・道路線形が直線であること。 ・一定幅員の本線であること。 ・橋梁一般図等の基礎資料があること。
			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　※	有	
			性能値	・最大深度：0.58m	-
	感度	校正方法	-		-
		検出性能	性能確認シートの有無　※	-	
			性能値	-	-
			性能確認シートの有無　※	-	

		検出感度			
			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	・取得ピッチ： 深さ方向、橋軸方向、幅員方向 （0.8、3.0、10.0）cm	-

※「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	道路幅員3m以上必要	路肩・側帯などの端部およびセンターライン付近は走行時に機材の接触の危険があるため、50cm程度測定不可。
	桁下条件	桁下高2.8m以上	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	計測中は回転灯と電光表示板を点灯して周囲への注意喚起を行う	-
	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	・電磁波が透過しない状況ではデータ取得ができないため路面に滞水や積雪がない状態であること。 ・床版上面に鋼板、炭素繊維、鋼繊維コンクリートなど電磁波が透過しない材料を使用していないこと。	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	・鋼繊維コンクリートにより上面増厚した橋梁やサンドイッチ床版は適用不可。 ・走行計測であるため、地覆端部・センターライン直下はデータ取得不可。 ・路面に滞水、積雪がある場合は計測不可。 ・雨天時は計測不可。 ・小型探査車も保有	-

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	運転手1人、操作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	普通自動車第一種運転	-
	作業ヤード・操作場所	操作場所：車両内	-
	点検費用	・床版上部コンクリート300㎡（計測幅3m×延長50m×2車線）の健全性判定 ①打合せ・協議：55,200円/式(直接費用) ②計画準備：56,630円/式(直接費用) ③車両型計測機材によるデータ取得：287,468円／日（直接調査費用） ④データ処理～カルテ作成(直接費用) ⑤報告書作成：89,750円/式(直接費用) ・記載床版上部コンクリート300㎡の健全性判定のために受注からカルテ作成までにかかる最小の直接費用は以下の通り。 529,423円（=①55,200円+②56,630円+③287,468円+④40,375円+⑤89,750円）	・成果品：診断カルテ図 ・左記は参考価格。直接費用のみ。 ・令和5年度技術者単価。
	保険の有無、保障範囲、費用	車両に関わる保険（自賠責保険、任意保険）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	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	日常点検 ①頻度：調査前 ②点検方法：動作確認 検定 ①頻度：1年おき ②点検方法：テストフィールド及び専用治具による性能維持の確認	-
	その他	-	-

6. 図面

寸法

長さ　6.6m

高さ　2.7m

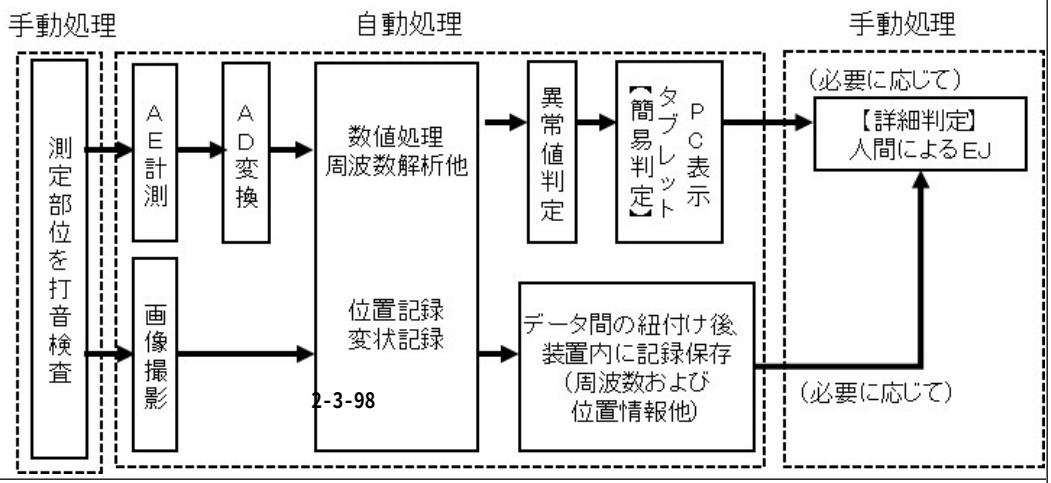
アンテナ外幅　2.4m
（データ取得幅2.0m）

装置

1. 基本事項

技術番号		BR020015−V0425				
技術名		デジタル打音検査とデジタル目視点検の統合システム（支承の機能障害）				
技術バージョン		バージョン1			**作成：**	2025年3月
開発者		原子燃料工業株式会社				
連絡先等		TEL：	0724-52-7272	E-mail：	ryo-ogawa@nfi.co.jp h-fujiyoshi@nfi.co.jp mtm-ishii@nfi.co.jp	エンジニアリングサービス部 小川、藤吉、石井
現有台数・基地		20台		**基地**	大阪府泉南郡熊取町朝代西一丁目950　原子燃料工業株式会社エンジニアリングサービス部	
技術概要		橋梁の付属物を対象に、AEセンサを用いた打音計測装置を用い、デジタル化された振動情報（固有周波数、振動の減衰時間）から支承部等のアンカーボルトの(1)ゆるみの有無、(2)コンクリート内部での腐食の有無、(3)全長での定着の有無、(4)コンクリートの変状に伴う拘束力低下の有無を把握する技術。				
技術区分	**橋種**	鋼橋 コンクリート橋				
	対象部位	支承部（支承本体,アンカーボルト）				
	損傷の種類	鋼	③ゆるみ・脱落			
		コンクリート				
		その他	⑯支承部の機能障害 ⑰その他			
		共通				
	検出原理	弾性波				
	検出項目	弾性波の振動数				

2. 基本諸元

計測機器の構成			・計測装置　：AEセンサ、計測ハードウェア、テストハンマ ・データ保存：波形処理用タブレットPC
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		・人が計測装置を計測対象まで持ち運び、AEセンサを計測対象に押し当てて密着させる。 ・その際、計測ハードウェア、波形処理用タブレットPCは計測員、または、補助員が保持する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・AEセンサ寸法（φ12×高さ40mm）、最大重量（0．05kgf） ・計測ハードウェア寸法（長さ300mm×幅150mm×高さ75mm）、最大重量（2．4kgf） ・波形処理用タブレットPC寸法（長さ203mm×幅132mm×高さ18mm）、最大重量（0．8kgf）
	センシングデバイス		・AEセンサ　　エヌエフ回路設計ブロック　AE900S−WB ・カメラ　　Panasonic FZ-M1　タブレットPC内蔵カメラ
	計測原理		測定部分においてテストハンマにより弾性波を発生させ、発生した弾性波をAE（Acoustic Emission：音響）センサ表面の圧電素子で受信し、アンプ・フィルター・A/D変換器により振動波形として数値化する。 現場での計測値（固有周波数、振動の減衰時間）とボルトのゆるみが無いと判断した基準値とを比較することで、タブレットPCがリアルタイムで自動判定する。 ボルトのゆるみが無いと判断した基準値の設定方法は以下の2通り ①現場においてボルトのゆるみが無いと判断した箇所を計測 ②モックアップ試験／理論式／FEM解析
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・AEセンサを対象に密着させるため、必要に応じて計測部位にリフト車で近接する必要がある。 ・計測対象の前処理は不要で、AEセンサを押し当てて密着させる（AEセンサの前面を特殊加工しているため）。 ・ボルトの場合、完全に緩んでいる状態（手で回せる程度）は適切な振動取得が困難な可能性がある。その場合は、ゆるみと判断する。 ・計測部位から計測ハードウェアまでケーブルを配線する必要がある（ケーブルは最長10m程度）。 ・測定は雨天や積雪時でも可能。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・AEセンサを計測対象に手で均一に押しあてる必要がある（適切な振動計測であったことを伝えるアラーム音と画面表示機能あり）。 ・ボルトのゆるみの有無を判定するための適切な固有振動ピークの決定。
	計測プロセス		①計測前後で、校正用ステンレス棒における計測結果が基準値内であることを確認する。 ②測定箇所に測定者がAEセンサを当て、テストハンマにより打撃し、弾性波を発生させる。 ③発生した弾性波はAEセンサにより取得され、自動的にA/D変換されたのち、周波数解析される。同時に、タブレットPCにより対象の外観を撮影する。 ④周波数解析で得られた振動情報（固有周波数、振動の減衰時間）と、あらかじめ設定したボルトのゆるみが無い部位の振動情報（判定基準値）とを比較し、判定基準値から逸脱した場合、変状ありとして、計測結果をタブレットPC上に表示する【簡易判定】。また、撮影した画像データもデータ間の紐づけ後、タブレットPCに記録保存される。 ⑤必要に応じて、手動処理により人間によるエンジニアリングジャッジ（EJ）を行う【詳細判定】。 　基本はコンピュータプログラム処理であり、異常値は人間が確認する。 　面的な打音検査結果に基づき、振動情報（固有周波数、振動の減衰時間）の分布や変化量に応じて変状の程度を評価する。 

	アウトプット	【現場計測時】 ・振動計測で得られる振動波形および振動の減衰時間、振動波形を周波数解析して得られる周波数分布および固有振動数をタブレットPC上に表示。 ・ボルトのゆるみの有無を示す基準周波数を超えているか否かを簡易的に表示する。 ・面的に振動計測した場合、各計測点の計測結果（固有振動数、振動の減衰時間）を面的に表示。 【現場計測後】 ・振動波形のデジタルデータ（出力形式はcsv形式） ・計測対象に紐づけされた撮影画像、並びに、手書きメモのデジタルデータ（出力形式はjpg形式）
	耐久性	タブレットPCは、IP65準拠。
	動力	・波形処理用タブレットPCの内蔵バッテリー ・計測ハードウェア内蔵バッテリー
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・波形処理用タブレットPCバッテリー（駆動時間：約20時間、充電時間：約4．5時間）。 ・計測ハードウェア内蔵バッテリー（駆動時間：約55時間、充電時間：約5時間）。 ※バッテリー駆動時間は、動作環境・液晶の輝度・システム設定により変動。
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)	タブレットPC寸法（長さ203mm×幅132mm×高さ18mm）、最大重量（0．8kgf）
	データ収集・記録機能	タブレットPC内部に保存。
	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	波形処理用タブレットPCの内蔵バッテリー（駆動時間：約20時間、充電時間：約4．5時間）。
	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 ・検出率：93% ・的中率：100% ② ・検出率：95% ・的中率：100%	上段①：基準締付トルクの50%（180N・m）を健全基準値とした場合 ・検出率＝93%（42点／45点） ・的中率＝100%（45点／45点） 下段②：基準締付トルクの70%（250N・m）を健全基準値とした場合 ・検出率＝95%（60点／63点） ・的中率＝100%（60点／60点） ここに、 ・基礎ボルト供試体 ・ボルト径　M24 ・ボルト頭部長さ　124mm ・基準締付トルク　360N・m（M24　T系列）
			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　2021年 ・検出率：84% ・的中率：85%	・検出率＝（不健全と判定されたもののうち、正解箇所数）／（真値の不健全箇所） ＝84%（41箇所／49箇所） ・的中率＝（不健全と判定されたもののうち、正解箇所数）／（不健全と判定した箇所数）＝85%（41箇所／48箇所） ・ボルト径：M16、M24 ・ボルト頭部長さ：70mm、100mm、125mm ・アンカー種別：カプセル、注入式、金属系
	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	・1,000-30,000Hz	・広帯域AEセンサ（1,000-30,000Hz程度） ・センサが対象に十分に密着している場合 ・適切に打撃した場合
	感度	校正方法	・校正用ステンレス棒を用いて校正を実施		・計測前後で、校正用ステンレス棒における計測結果が基準値内であることを確認する。基準値を満たさない場合は、センサ交換、計測ハードウェアの交換で対応。
		検出性能	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・計測誤差±50Hzで検出可能 ・1,000-30,000Hz程度で検出可能。 ・打撃検出性能：人力と同等	-
		検出感度	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・周波数分解能：1Hz	・センサが対象に十分に密着している場合 ・適切に打撃した場合　-
	S/N比		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・S/N比＜3	-
	分解能		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・計測分解能：4μs	・4マイクロ秒の計測分解能

※「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	-	-
	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	必要に応じて点検作業車を使用。	-

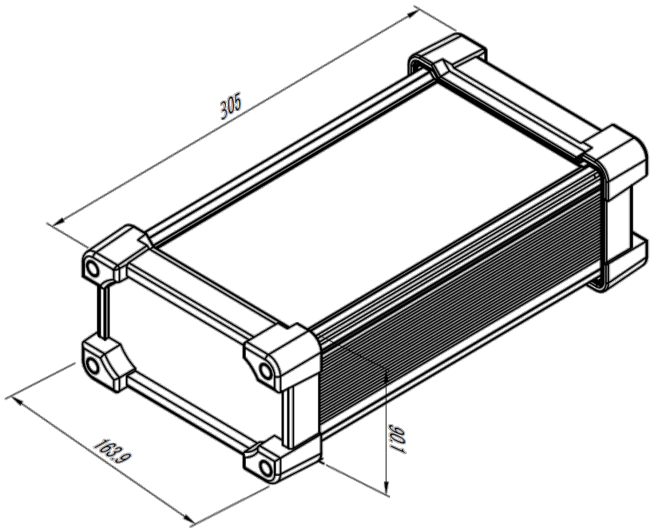
5. 留意事項（その2）

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	半日程度の当社社内資格認定講習	-
	必要構成人員数	現場責任者1人、計測員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	半日程度の当社社内資格認定講習	-
	作業ヤード・操作場所	通常打音点検と同等	-
	点検費用	【橋梁条件】 橋種　［コンクリート橋/鋼橋］ 部位・部材［　支承ボルト　］ 活用範囲　［ 60　］本 検出項目　［　ボルトのゆるみ ］ ＜費用＞　合計　75,000円（1日） 【内訳】 ・現場調査費用：60,000円 ・機器経費：15,000円 【備考】 ・高所作業車費用は別 ・トレーニング（半日）費用、OJT（1～2日）費用は別	※　1日8時間の内、3時間がデータ測定とは関係のない車線規制等に要する時間、残り5時間がデータ測定可能な時間として、支承ボルト1本あたり5分、60本のデータ測定が可能とする。
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	-
	自動制御の有無	波形処理用タブレットPCは、適切な振動計測か否かを画面表示およびアラーム音で知らせる機能あり。 例：“○”、“信号弱”、“信号強”、アラーム音	-
	利用形態：リース等の入手性	・業務委託 ・計測装置は購入品あるいはレンタル。 （レンタル先：原子燃料工業株式会社、TEL：0724-52-7272）	-
	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。 条件：年間サポート契約	-
	センシングデバイスの点検	計測装置のキャリブレーションは、校正用ステンレス棒の縦振動の理論式より実施。基準値を満たさない場合は、AEセンサ交換、計測ハードウェアの交換で対応。	-
	その他	基準周波数が適用できるボルト径：M24～M36 それ以外は、予め模型試験を実施するか、 健全が確認された現場アンカーで基準周波数を設定。	-

6. 図面

テストハンマ

（注） 写真は2人検査の例。1人検査も可能。

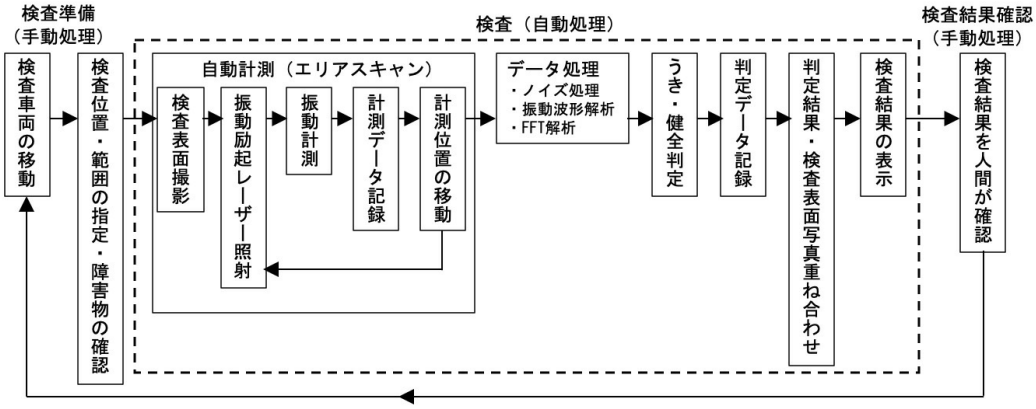


タブレットPC寸法
長さ203mm×幅132mm×高さ18mm

1. 基本事項

技術番号		BR020016−V0425				
技術名		レーザー打音検査装置				
技術バージョン		VER1.0			**作成：**	2025年3月
開発者		株式会社フォトンラボ（理研発SBIRスタートアップ） 株式会社建設技術研究所 計測検査株式会社				
連絡先等		TEL：	048-483-4931	E-mail：	laser-info@photon-labo.jp	株式会社フォトンラボ・レーザー打音事業部
現有台数・基地		1台		**基地**	福岡県北九州市	
技術概要		車両に搭載した2種類のレーザーを用いてコンクリート部材におけるうきを対象とした点検を遠隔化・デジタル化する。搭載されたスキャナーにより、設定した範囲内を自動で格子状にスキャンする。深さ5cm程度までのコンクリート部材内部のうきを検知可能であり、検査結果は装置に搭載した高精度カメラで取得した道路橋における表面画像と重ね合わせて表示される。コンクリート部材表面画像とともにうき部分の確認および、継続的に計測データを蓄積することでうき箇所の変化を確認することができる。				
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,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	レーザ				
	検出項目	レーザー打音による表面振動（周波数）の変化				

2. 基本諸元

計測機器の構成			本検査装置は、以下の装置群により構成される。 「遠隔で打撃を与えつつ振動を計測するレーザー装置」 「レーザー装置を駆動するための制御装置」 「道路橋における表面状態を確認・記録するための高精度カメラ」 上記が、移動装置（トラック）上に組み込まれている。 検査装置の制御・データの取得は、移動装置に設置したPCを用いて行い、計測した振動データは同PCに記録される。
移動装置	**機体名称**		-
	移動原理		【車両型】
	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		・一体構造（移動装置＋検査装置）：最大外形寸法（全長8.5m x 幅2.3m x 高さ3.2m）、最大重量（7.4 t）
	搭載可能容量 (分離構造の場合)		-
	動力		・移動装置（検査装置を搭載する車両）は、車両に搭載されたディーゼルエンジンにより駆動する。
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		-
計測装置	**設置方法**		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		・振動励起レーザー：高強度パルスレーザー照射装置　自社開発　【非接触タイプ】 ・振動計測レーザー：レーザードップラー振動計　自社開発　【非接触タイプ】 ・コンクリート部材表面撮像用カメラ：CMOSカメラ（30倍ズーム、500万画素）
	計測原理		高強度パルスレーザーをコンクリート部材の表面に照射し、表面を僅かに蒸散させることでその反作用により表面を振動させ、レーザードップラー振動計により音波領域（20kHz以下）の表面振動を計測する。 コンクリート部材内部に欠陥が存在する場合、共振により特定の周波数の振動が強く発生するため、表面振動の変化を解析することでコンクリート部材内部のうき箇所を検知する。 検出感度の校正は、基準うき供試体を使用して実施する。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・検査位置にレーザーを照射するため、レーザーの出射口から検査位置の間が見通せる（障害物が無い）必要がある。 ・検査位置の表面は、コンクリートの様に光を散乱させる状態である必要がある。鏡面や塗装されていない金属へのレーザーの照射は、光を思わぬ方向に反射させ周囲を危険にさらす可能性があるため、これを行ってはならない。 ・レーザーが途中で散乱・吸収されてしまうため、濃霧が発生していないことが望ましい。（コンクリート部材表面の濡れや汚れは問題にならない） ・計測時には、検査車両が停止している必要があるため、必要に応じて検査車両の設置場所の交通規制等が必要である。 ・検査に高強度レーザーを使用するため、装置周辺及び検査位置周辺3mの範囲をレーザー管理区域(JISC6802準拠)に指定する必要がある。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・微小振動を計測するため、計測時には検査装置を不必要に揺らさないように留意が必要である。 ・振動計測の結果から打音異常の判定を行う閾値は、使用者の求める基準に応じて適切に設定される必要がある。
	計測プロセス		検査位置付近まで車両を移動後、検査位置及び範囲を本装置に搭載されたカメラで確認しながら手動で指定し、検査を開始する。振動励起レーザー、振動計測用レーザー、スキャン装置（照射位置の移動）を自動制御して、指定した範囲の計測（エリアスキャン）を行う。計測終了後に、自動でデータ処理及び異常判定が行われ、判定結果はコンクリート部材表面の写真に重ね合わせて、制御ソフトのPC画面上にその場で表示される。表示結果を人間が確認し、正常に検査が完了していることを確認後、次の検査に移行する。 
	アウトプット		・検査結果は、うき箇所の判定を色分け（うきは赤、健全部は緑）して表示した判定画像を、装置に搭載されたカメラにより検査直前に撮影したコンクリート部材表面写真上に重ねて、制御ソフトのPC画面上で表示される。 ・制御ソフト上で、任意の検査箇所をクリックすることで、振動計測の結果（振動波形、振動周波数分布）を表示することが可能である。

		・画像データの出力形式はJPGであり、振動データの出力形式は、テキストまたはCSV形式である。
	耐久性	-
	動力	動力源：電気式 電源供給方法：ディーゼル発動機 検査装置全体の定格容量：200V単相（20kVA、60Hz）、100V（1kVA、60Hz）
	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**	本検査装置を搭載する車両上に、装置の制御装置を兼用した、データ収集・記録装置となるノートPCを搭載する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	データ収集・記録装置は、検査装置の制御装置（ノートPC）と共通である。分けることも可能である。
	データ収集・記録機能	検査中は、PCのハードディスクに保存。
	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)	データの移動には、データ暗号化対応のUSBメモリ等を使用する。

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
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	・最小所要空間寸法: 幅、高さ(3.0, 3.5)m	・検査位置にレーザーを照射するため、レーザーの出射口から検査位置の間が見通せる（障害物が無い）範囲で可能。 ・検査車両寸法　全長8.5m x 幅2.3m x 高さ3.2m ・最小所要空間寸法　幅3 m x 高さ3.5 m程度 （上記装置寸法及び必要離隔を含んだ数値）
	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	・最大高さ:15m	・適用可能な桁下の高さ 3.5 m以上15m以下
	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　※	有	
			性能値	・計測速度：0.08㎡/分	・600 mm x 960 mmの範囲の検査に要する時間：7分 ・検査位置への車両の移動を含む ・計測は、車両が停止した状態で行い、検査位置の移動は、装置に設置されたスキャナーによって行う。計測間隔を30 mmに設定。 1回の計測範囲を300 mm x 300 mmに設定。 毎秒10回の計測を行う。 ・スキャン範囲の移動には、5秒/回必要である。
			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　2021年 ・検出率：94% ・的中率：94%	・検出率：0.94 (検出17箇所所 / 試験18箇所) ・的中率：0.94 (的中17箇所所 / 試験18箇所) ・うきを模擬した供試体（18箇所）を対象とした検証結果
	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	・最大750mm x 750mm	計測周波数範囲：20 kHzまで 1回のスキャンで計測可能な範囲：装置から検査位置までの距離が5mの場合で、最大750mm x 750mm。
	感度	校正方法	・基準供試体を使用して感度校正を実施		-
		検出性能	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・深さ（最大）：5cm	・検出可能なうきの深さ：5 cmまで （うきの大きさが20 cm x 20 cm、うきの厚みが1 mmの場合
		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	・分解能：10 mm	・最小空間分解能（計測間隔）：10 mm ・計測間隔は任意に変更可能。 ・検知したい最小サイズ > 計測間隔、とする。

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

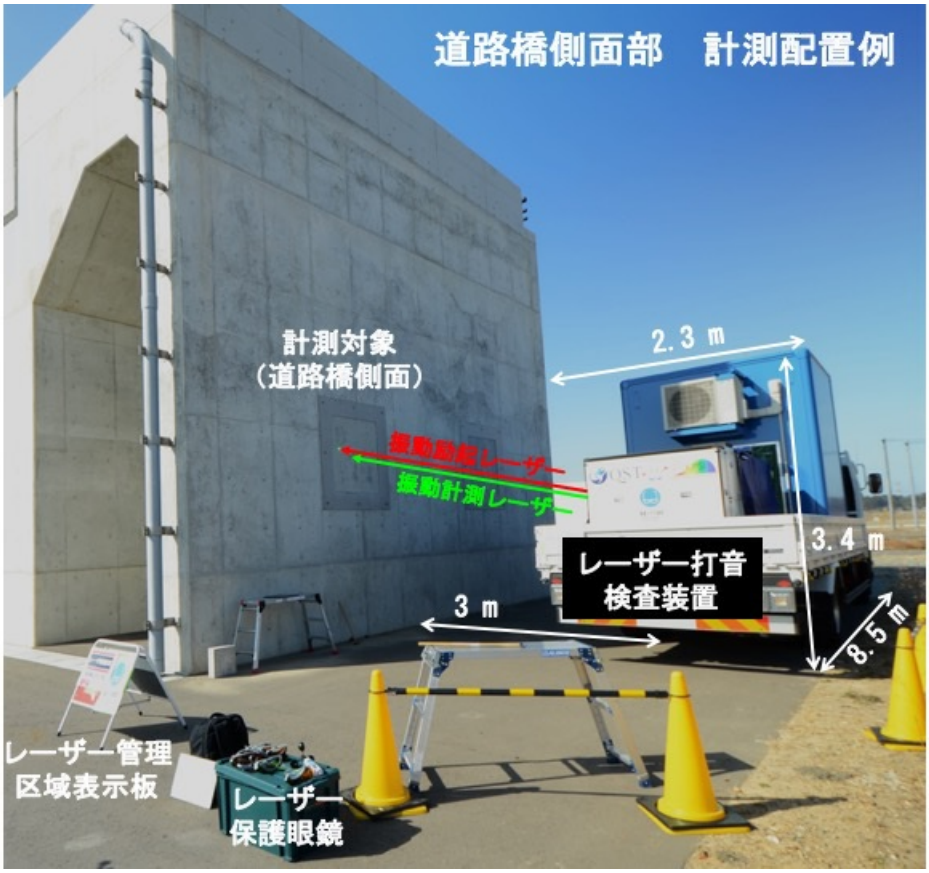
5. 留意事項（その1）

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	最小所要空間寸法：幅3 m x 高さ3.5 m （装置寸法及び必要離隔を含んだ数値）	-
	桁下条件	・適用可能な桁下の高さ：15m以下	-
	周辺条件	検査車両と検査位置の間に障害物が無いこと。 濃霧ではないこと。	-
	安全面への配慮	・道路上の場合、検査車両の設置側車線の交通規制が必要である。 ・JISC6802「レーザー製品の安全基準」に準拠したレーザー機器の取り扱い（下記）が必要である。 ①レーザー管理区域の指定（検査位置から半径3m程度）が必要。 ②レーザー管理区域内作業者の保護メガネが必要。 ③「レーザー管理区域の境界」、「注意喚起」のための看板を設置する。	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	検査時に検査装置周辺に交通規制の必要がある。 車道に設置した場合、設置車線側の交通規制が必要である	-
	塗装剤条件	・検査箇所の表面が散乱体である（鏡面ではない）こと。	高強度パルスレーザーを覆工表面に照射し、表面を僅かに蒸散させることでその反作用により表面を振動させるため、照射強度により塗装材料の表面部分が剥がれることがある
	躯体条件	・検査位置の表面がコケ・石灰等で覆われていないこと。 ・検査箇所の表面が散乱体である（鏡面ではない）こと。	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	周辺気温：5℃～35℃ 制御機械、PC等内部の温度上昇を避けるため、直射日光が当たる場所への設置を避ける。	レーザー打音用のパルスレーザー照射によりコンクリート部材表面部分（0.1mm以下）が剥がれることがある。

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	特になし	-
	必要構成人員数	現場責任者1人、装置オペレーター1人、車両運転員1人、合計3名（交通規制時の誘導員別）	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	「レーザ機器取扱技術者」による社内安全教育2時間以上。	-
	作業ヤード・操作場所	車両内、車両荷台上	-
	点検費用	［作業日数］ ・新技術活用による作業日数：1日から実施 ［参考費用］ ・新技術活用による費用 外業：2,000（千円）/日 内業：500(千円)/日 ・機械の輸送費　基地からの輸送費（実費） ［1日（7時間作業）= 2,500千円で検査可能な範囲の参考値］ ・計測ピッチを20cmに設定した場合の1日の検査可能な面積：約160 平米 橋脚間距離14m、床板高さ5m、床板・橋脚の幅8mの橋梁の検査に相当。(14m×10 m + 5 m×10 m×2 = 160 平米)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	加入を検討中	-
	自動制御の有無	無し	-
	利用形態：リース等の入手性	無し	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有、条件：保守契約について締結している場合	-
	センシングデバイスの点検	JIS C6802「レーザー製品の安全基準」に基づき、検査前に装置の点検を行う。	-
	その他	安全確保のため、レーザー打音の検査位置（照射位置）と作業者までの距離を3m以上に保つこと。	-

6. 図面


道路橋側面部　計測配置例
計測対象
(道路橋側面)
2.3 m
振動励起レーザー
振動計測レーザー
3.4 m
レーザー打音
検査装置
3 m
8.5 m
レーザー管理
区域表示板
レーザー
保護眼鏡

道路橋下面部　計測配置例
計測対象
(道路橋下面)
5.5 m
振動計測
レーザー
振動励起
レーザー
3.4 m
レーザー打音
検査装置
8.5 m
2.3 m
レーザー管理区域表示板

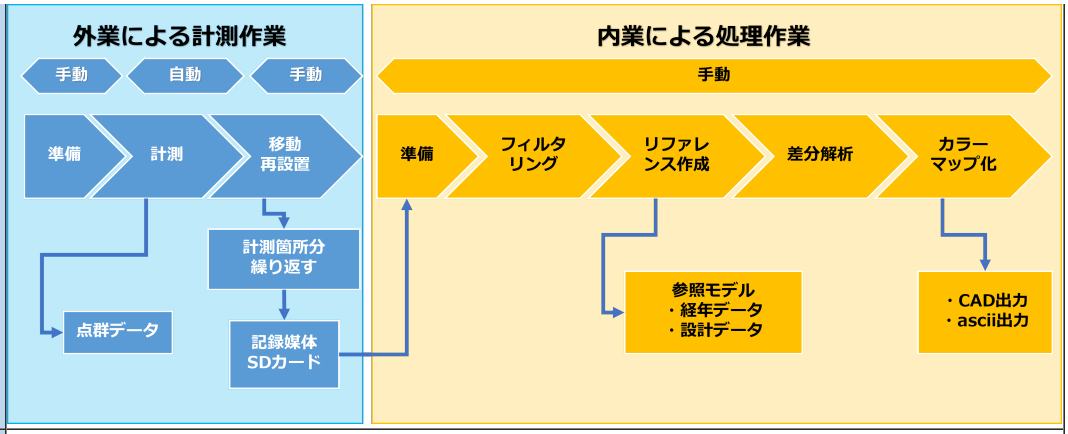
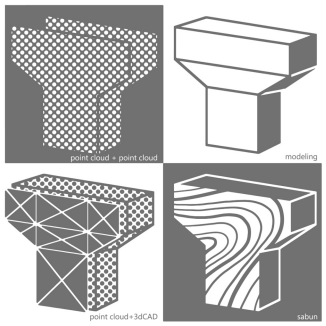
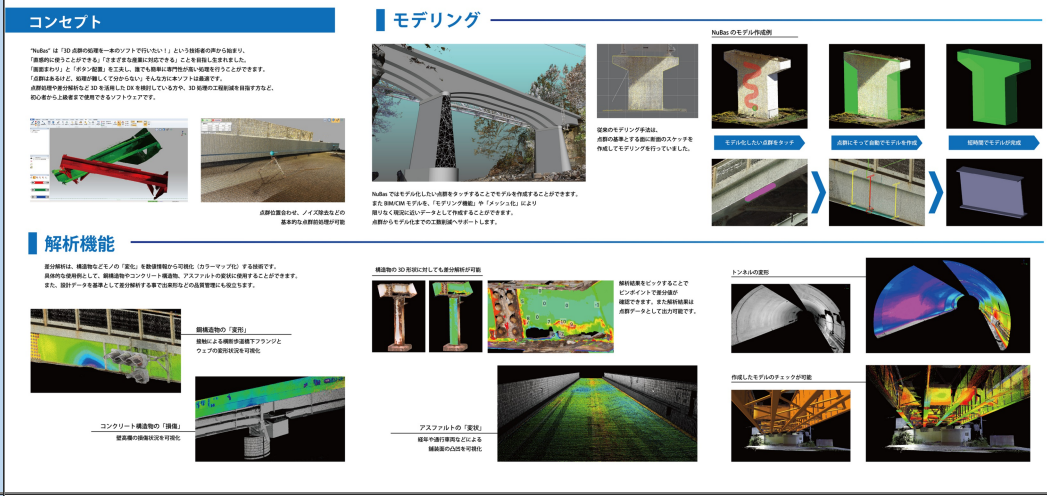
検査対象	コンクリート内部のうき
装置寸法	8.5 m (全長)x 2.2 m (全幅)x 3.4 m (全高)
装置重量	約 7.4 t (車両含む)
検査速度	1秒間に最大10点の打音検査が可能 (検査は車両が停止した状態で行う)
1回の検査範囲	約 0.5 m x 0.5 m (計側面までの距離が5mの場合)
電源	検査車両にディーゼル発電機を内蔵 (外部から供給する事も可能)
交通規制	検査車両配置側車線の交通規制が必要
レーザー管理区域指定規制	検査車両及び検査位置周辺をレーザー管理区域に指定
安全対策	レーザー管理区域内ではレーザー保護眼鏡の着用が必要

1. 基本事項

技術番号		BR020017−V0425				
技術名		3Dデータを活用した構造物の状態把握（NuBas）				
技術バージョン		バージョン2			**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：seki-k@eyesay.co.jp fujita-y@eyesay.co.jp	技術開発部 関和彦、藤田吉臣	
現有台数・基地		地上型レーザスキャナ：2台 3次元点群データ解析ソフト：無制限		**基地**	東京都荒川区	
技術概要		地上型レーザスキャナにより構造物の3次元計測を行い、座標値で形状を復元する。 基準データとして既存の3次元計測データや設計図面や仮想基準面を使用し、ソフトウェア「NuBas」を用いて、差分解析することで経年劣化箇所や変化量を算出する技術。肉眼では確認しにくい鋼材の変形やコンクリートの剥離・鉄筋露出、変形等の局部的な変化を定量的に捉えることが可能。				
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,縦桁,床版,対傾構,横構,主構トラス,アーチ,ラーメン） 下部構造（橋脚,橋台） 支承部（支承本体,アンカーボルト,落橋防止システム,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,縁石,舗装） 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,支承部（支承本体）） RC床版橋（上部構造（主桁）,支承部（支承本体））				
	損傷の種類	鋼	①腐食 ④破断 ⑤防食機能の劣化			
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑪床版ひびわれ ⑫うき			
		その他	⑭路面の凹凸 ⑮舗装の異常 ⑯支承部の機能障害 ⑰その他			
		共通	⑲変色・劣化 ⑳漏水・滞水 ㉒異常なたわみ ㉓変形・欠損			
	検出原理	レーザ				
	検出項目	3次元座標				

2. 基本諸元

計測機器の構成			計測装置本体を三脚に据え付けることで地上に据え置きし、3次元計測を行うものである。また、計測したデータは計測装置本体内蔵メディア(SDカード)内に保存される。 ・計測装置本体（地上据え置き型レーザスキャナ） ・三脚
移動装置	**機体名称**		-
	移動原理		【人力】 本計測機器は、計測装置本体を三脚を用いて地上に据え置き3次元計測を行うものである。 対象構造物の大きさや計測環境による死角が生じ1箇所からの計測のみでは形状を捉える事が困難な場合は必要に応じて、複数箇所から計測する必要がある。複数箇所から計測する際の移動は、人力により三脚ごと移動して、再度設置する。
	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		計測装置本体：最大外形寸法（長さ230mm×幅183mm×高さ103mm） 最大重量（4.2kg（バッテリーを含む）） 三脚装着時：三脚高さを1700mmに設定（通常時）し、その上に計測器を装着 ※設置時の三脚の占有平面範囲：1500×1500[mm]程度
	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)		内蔵バッテリーを使用した場合の計測装置の連続稼働時間： 4.5時間(外気温5～40℃)
	設置方法		本計測機器は、計測装置本体を三脚上部の雲台に装着(直付けネジロック方式)し、三脚取付地上に据え付ける。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		計測装置本体：最大外形寸法（長さ230mm×幅183mm×高さ103mm） 最大重量（4.2kg（バッテリーを含む）） ※設置時の三脚の占有平面範囲：1500×1500[mm]程度
	センシングデバイス		・地上型レーザスキャナ FARO社製 FocusS350 光学式トランスミッター
	計測原理		橋脚近くの地上に地上型レーザスキャナを据え置き、計測対象構造物にレーザを照射し、その反射状況から物体の写像を高精度3次元データとして計測し、3次元座標を取得する。計測する際には、計測機本体に内蔵するGPS、コンパス、ハイトセンサ、2軸補正センサを用いて計測精度を確保している。また、同じく内蔵するHDR(High Dynamic Range)写真オーバーレイ機能を用いて鮮明なカラーデータも同時に取得している。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		計測対象構造物に対して、計測精度を確保可能な距離(後述)にまで近接する必要がある。 また、計測条件(構造物の特徴点を撮影可能であること)に合致し、三脚の置時の最大占有平面範囲と作業者1名の動作範囲を確保可能なスペースを複数箇所(構造物の形状による)確保する必要がある。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		計測精度に影響するため、雨天・降雪時には計測不可(計測器本体は防水性能を装備)。 スキャナが正常に稼働するためには、測定器内部温度を15℃以上とする必要あり(計測器本体は標準で5～40℃まで動作可能)。また、余りの低温環境下においては、内蔵バッテリーの駆動時間に影響を及ぼす可能性あり。
	計測プロセス		準備：計測距離により取得データの精度が異なる為、計測機器の設置箇所が特に重要となる。 対象構造物から精度が十分担保できる適切な距離と対象構造物が複雑な形状などの場合、データが網羅できるように計測機器の適切な設置位置と設置数を見極める。 ①計測：対象構造物に対してレーザを放射状に照射して表面形状を計測し、3次元座標データと色情報のRGB、反射強度を取得する。夜間作業でも反射強度を取得する事で実施が可能となる。 ②合成：対象構造物が大きい事や形状が複雑で複数箇所から計測が必要な場合は、3次元座標データを一つの座標系に合成する。1箇所からの計測で対象を網羅できる場合は合成は行わない。 ③フィルタリング：実施内容や用途に応じて、必要箇所のデータを残して、不要な箇所データは取り除く処理を行う。また、その他、対象構造物以外の人や物がデータに含まれ後作業の妨げになるデータはノイズとして捉え除去を行う。 ④リファレンスモデル作成：差分解析を行う為、計測データに対してリファレンスとなるデータが必要となる。対象構造物の設計図面や他の時期に計測したデータ等を用いて、リファレンスモデル（参照値）の作成を行う。 ⑤差分解析：リファレンスモデルと計測機器で取得した3次元座標データを重畳し、差分を抽出する事で剥離・鉄筋露出、変形している箇所を特定する。 ⑥カラーマップ作成：差分解析した結果を、可視化する為に諧調ごとに色分けをしてカラーマップを作成する。カラーマップを用いて、剥離・鉄筋露出、変形を可視化する。 【アウトプットを得るまでに要する時間（目安）】 ・現地計測に要する時間は、計測準備に10分(計測装置起動時間込み)、計測に7分@計測箇所(ただし、対象構造物の大きさや形状によって変化)、計測箇所間の移動に5分(計測機器の再設置時間含む)、機器の撤去に5分程度を要する（機器撤去後の機材の車両積込時間等含まず）。 ・総計測時間は、計測対象構造物の大きさや形状によって大きく変動する。 ・計測後の、差分解析に要する時間は、構造対象物一つにつき、およそ2営業日を見込む。ただし、顧客の用途や計測対象構造物の大きさ・形状によって大きく変動する。

計測装置		
	アウトプット	・計測データ(計測対象箇所からの距離や撮影時の位置情報、他)は、計測装置内蔵メディア(SDカード)内にオリジナル形式FLS形式で保存される。保存されたFLSデータを専用の処理ソフトに取り込み3次元座標が生成される。生成した3次元座標の保存形式は、一般的に汎用性の高いLAS形式やascii形式等で保存される。 ・生成した3次元座標を差分解析ソフトに取り込み解析する事でカラーマップ（ヒートマップ）に可視化が可能となる。  	
	耐久性	IP54規格に準拠した防塵・防水性能を装備
	動力	・内蔵バッテリー（14.4V）により動作 ・外部供給(19V)も可能（AC電源ケーブル接続）
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	内臓バッテリーを使用した場合の計測装置の連続稼働時間：4.5時間(外気温5～40℃)
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	-
	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	・誤差：±1.0mm	・約10mおよび25mでの系統的測定誤差 ※計測機器メーカーであるFARO社製の提供スペックによる
			標準試験値	標準試験方法　剥離、変形（2020） 実施年　2021年 計測精度：5.66mm 実施年（解析のみ）　2023年 計測精度：5.52mm	①真値160×50×18mm 測定値160×63×21mm（2021年） 測定値163×62×20mm（2023年） ②真値160×60×20mm 測定値161×63×20mm（2021年） 測定値159×65×20mm（2023年） ※真値はコンベックスによる寸法計測である。 ・材質：コンクリート ・距離：5m以上 ・風速：4.4m/s～7.0m/s
	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	・0.6m～350m	・計測器メーカーであるFARO社製の提供スペックによる
	感度	校正方法	・国際単位系（SI）に基づき校正を実施		・計測器メーカーであるFARO社のISO認定のFAROサービスセンターにおいて、標準化されたデバイス校正サービスを使用した場合
		検出性能	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・±0.3mm ～ ±0.4mm	-
		検出感度	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・45040点/0.1㎡	・計測対象構造物から3.0m離れた距離に計測機器を設置し、計測パラメータ：1/1×1の条件で計測 ・計測結果を、3次元点群データ解析ソフト「NuBas（ヌーバス）」を用いて差分解析して感度を算出
	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	・点間距離：0.4mm	・計測対象構造物から3.0m離れた距離に計測機器を設置し、計測パラメータ：1/1×1の条件で計測 ・計測結果を、3次元点群データ解析ソフト「NuBas（ヌーバス）」を用いて差分解析して算出

※「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1.0m以上 (作業者が進入し、計測器を設置できる箇所)	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	人や車の往来が頻繁であるならば、計測中は注意喚起の看板の設置	-
	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	コンクリートの表面が湿潤状態でないこと	-
	躯体温度条件	直射日光によって、温度差発生しにくくないこと	-
	その他	原則、地上部による計測。 工事足場など不安定で振動が起きやすい場所の計測不可。 気温5℃以下は計測不可（主に内蔵バッテリーの性能が劣化するため）。 降雨・降雪時は、計測不可。 風速が10m/s以上は、計測不可。	-

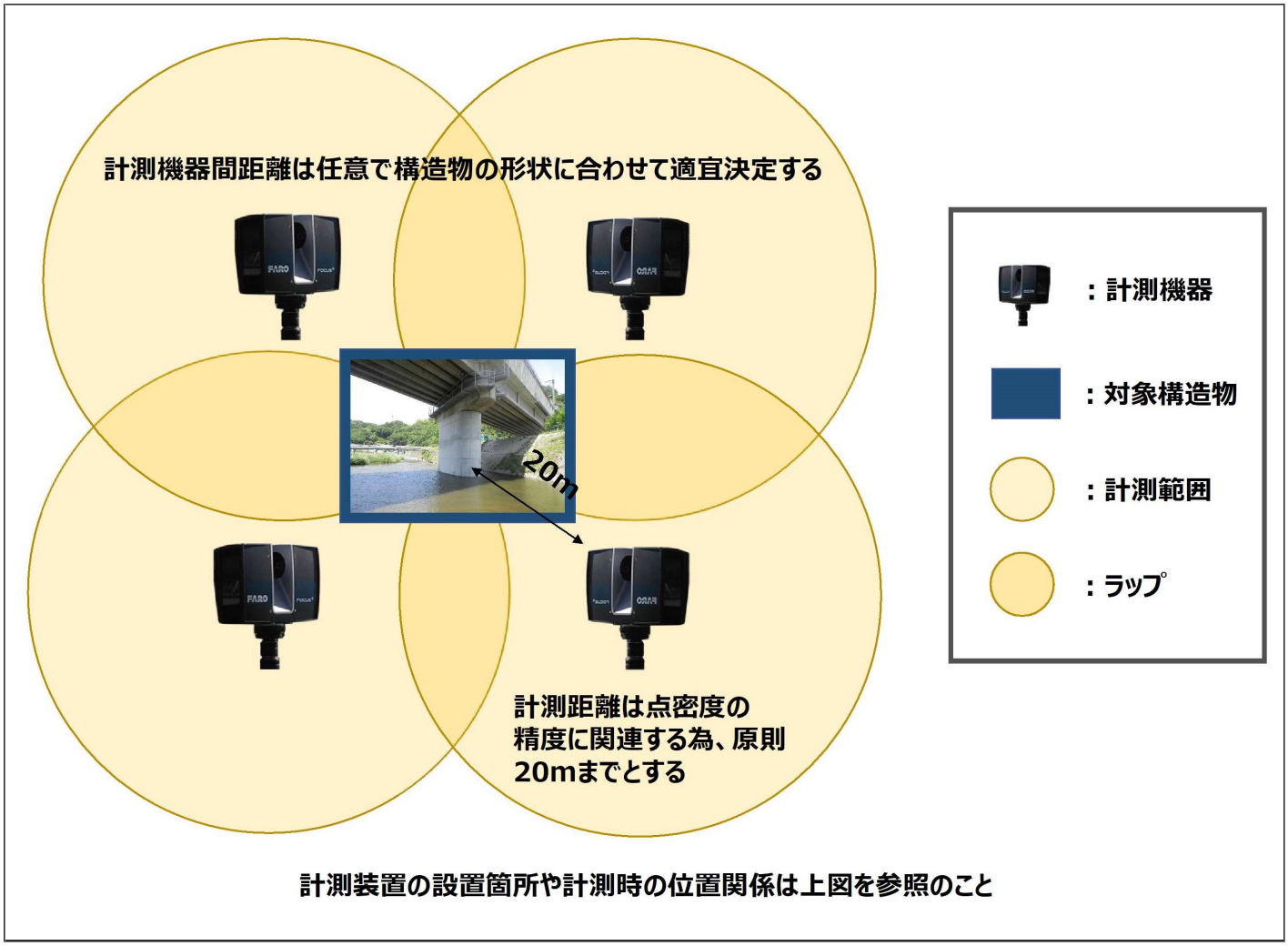
5. 留意事項（その2）

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	・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 ・計測装置の操作方法および計測機器(計測装置と三脚)の設置箇所の判定のための知識が必要	-
	必要構成人員数	・責任者：1名 ・作業者：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	計測機器設置場所	計測の妨げになる計測機器と対象構造物の間に入らない
	点検費用	【見積前提条件】 橋種　［橋梁］ 橋長　15.0m 幅員　10.0 m 桁高　0.8 m 検出項目　［　プレテンション方式床版橋 スラブ桁下面の剥離　］ 設置箇所数　［　4カ所　］ 【概算費用】（外内業含む） [直接人件費]+[安全費]+[一般管理費] =　計：　480,000円 ◆計測対象面積：60.0㎡ ◆単価：　¥4,000/㎡ ～	費用は計測構造物の構造(橋種など)により変わる。 同じく、計測を要する面の数、計測対象面積、計測箇所などにより変わる。 ※業務の内訳は以下の通り 外業：現地調査業務 内業：計画、諸準備、成果品作成(差分解析含む)
	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	計測機器メーカーによる保守点検サポートあり	-
	センシングデバイスの点検	計測機器メーカーであるFARO社のISO認定のFAROサービスセンターにおいて、標準化されたデバイス校正サービスを受けることが可能	-
	その他	-	-

6. 図面

FARO Laser Scanner Focus^S 350
防塵・防水性能 (IP54) を装備した超高精度
地上型レーザースキャナー
FARO
精度
温度
オンサイト補正機能
IP54の防塵・防水性能
HDR写真オーバーレイ
アクセサリベイ
長距離計測用レーザースキャナー
利点
www.faro.com/LaserScanner/jp

FARO Laser Scanner Focus^S 350
FARO
性能仕様
測定ユニット
データ処理
スキャナーコントロール:
接続
マルチセンサ
高度センサ:
コンパス:
GNSS:
オンサイト補正機能
アクセサリベイ
測定器仕様
詳しくは www.faro.com/LaserScanner/jp をご覧ください
ファロージャパン株式会社(FARO Japan, Inc.)
〒480-1144 愛知県長久手市前田716
Tel: +81.561.631411　Fax: +81.561.631412
Email: japan@faro.com
FARO Singapore Pte Ltd (アジア太平洋本部)
No. 3 Changi South Street 2, #01-01 Xilin Districentre Building B,
Singapore 486548
Tel: +65.65111350　Fax: +65.65430111
Email: asia@faro.com
GSA Contract Holder

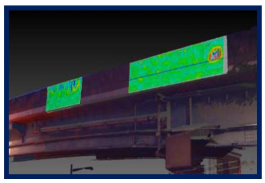

計測機器間距離は任意で構造物の形状に合わせて適宜決定する
20m
計測距離は点密度の
精度に関連する為、原則
20mまでとする
：計測機器
：対象構造物
：計測範囲
：ラップ
計測装置の設置箇所や計測時の位置関係は上図を参照のこと

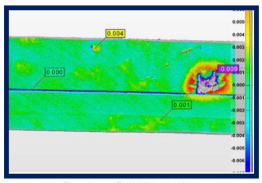
従来は高所作業車や交通規制、夜間での計測が
必要となるケースであっても・・・

地上型レーザーによる計測（外業）

差分解析（内業）

現地状況写真その１

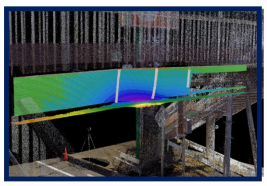


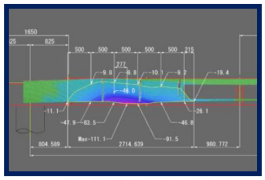


「うき」「剥離」を確認

剥離･鉄筋露出ヒートマップ表示イメージ

現地状況写真その２



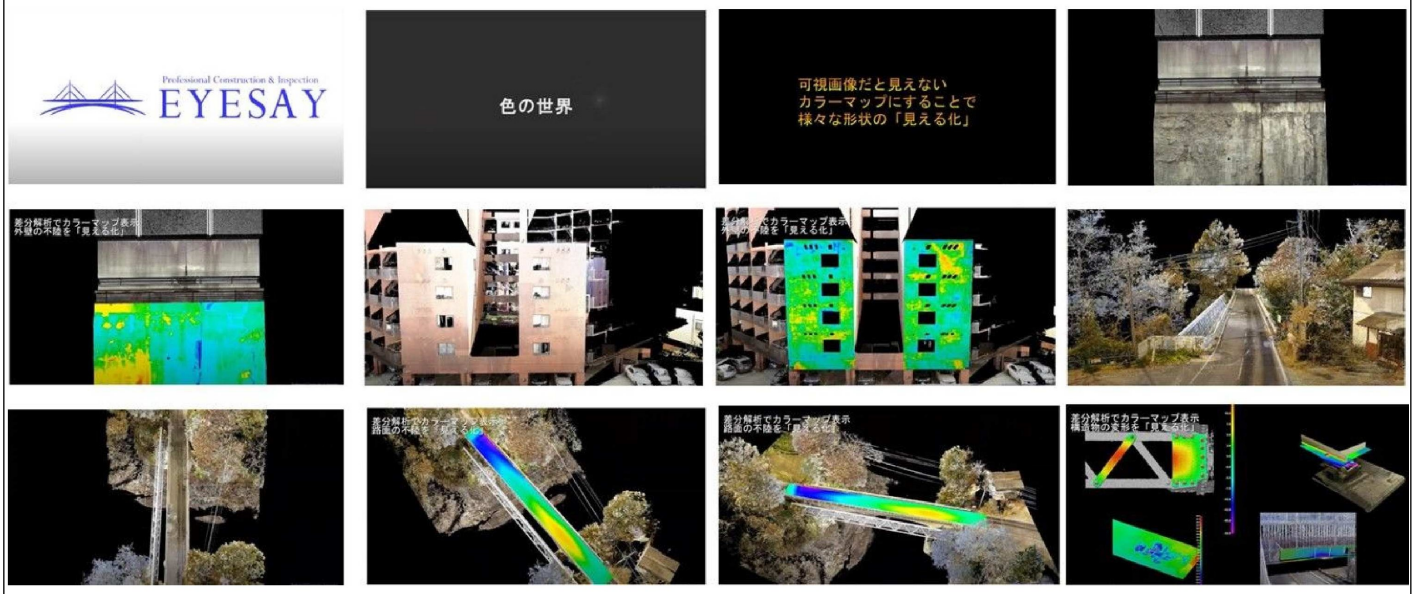


差分結果を一般図に重畳

変形ヒートマップ表示イメージ

https://youtu.be/9k6RUA28P-g?si=VzsO21hA5_Vqj7jc

地上型レーザスキャナ計測デモ



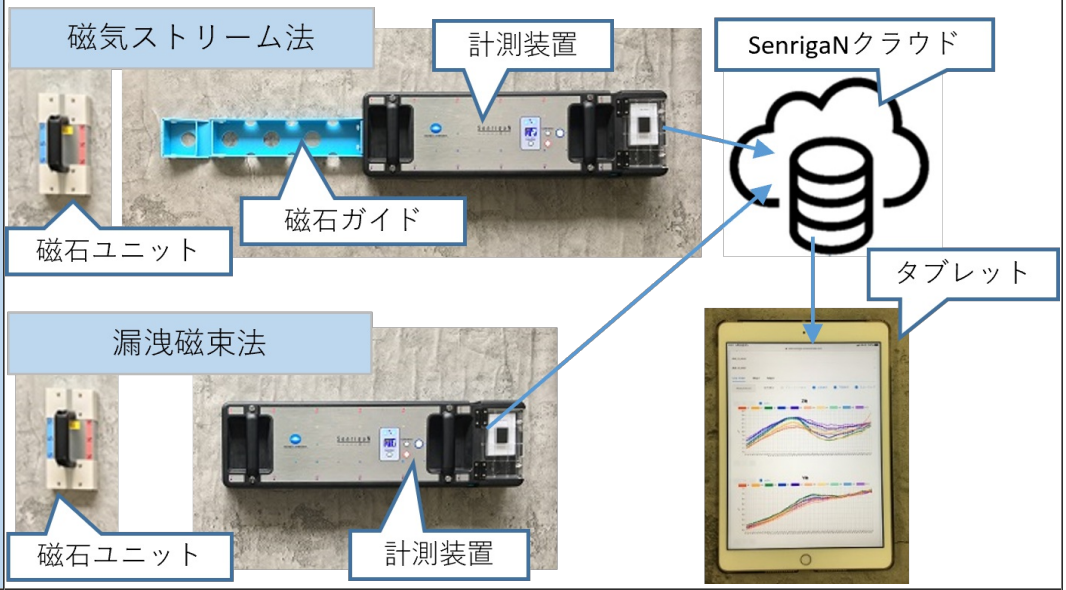
https://youtu.be/cIIRUcch9DI?si=FDDAZ7--w-jn4_MF

差分解析；色の世界

1. 基本事項

技術番号		BR020018−V0425				
技術名		磁気による鋼材破断の非破壊検査法(SenrigaN)				
技術バージョン		1			**作成：**	2025年3月
開発者		コニカミノルタ株式会社				
連絡先等		TEL：070-3877-1952		E-mail：masashi.niiyama@konicaminolta.com senrigan@gcp.konicaminolta.com	新山　将史 西山　毅	
現有台数・基地		17台		**基地**	東京都八王子市	
技術概要		SenrigaNは、磁気を活用したコンクリート内部鋼材の破断検出を行う技術である。 計測には、磁石ユニット、磁石ガイド、計測装置、SenrigaNクラウド、およびインターネット接続できる端末（タブレット等）からなるシステムを用いる。 計測対象に応じて「磁気ストリーム法」と「漏洩磁束法」の2種類の計測方法を使い分ける。 ＜漏洩磁束法＞ 計測に先立ち計測面を磁石ユニットで擦ることで内部鋼材を着磁し、着磁された鋼材が発する磁束密度を測定することで、鋼材の破断部に生じる変化を捉える方法である。 ＜磁気ストリーム法＞ 計測装置に装着した磁石ガイドの定位置に磁石ユニットを置き、磁石から鋼材に流れる磁気の磁束密度を測定することで、鋼材の破断部に生じる変化を捉える方法である。				
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,床版,斜張橋,その他（吊橋））				
	損傷の種類	鋼	④破断			
		コンクリート				
		その他				
		共通				
	検出原理	磁束密度				
	検出項目	磁束密度の変化				

2. 基本諸元

計測機器の構成			磁石ユニット、磁石ガイド、計測装置、SenrigaNクラウドで構成される。 使用時の構成は、磁気ストリーム法と漏洩磁束法により異なる。 ＜漏洩磁束法＞ ・磁石ユニット：鋼材を着磁する。 ・計測装置：16cm×53cmの計測エリアの磁束密度を計測する。 ・SenrigaNクラウド：アップロードされた計測データの保存と演算処理、波形を可視化する。 ＜磁気ストリーム法＞ ・磁石ユニット：鋼材に磁気を流す。 ・磁石ガイド：磁石ユニットを正しい位置に保持する。 ・計測装置：16cm×53cmの計測エリアの磁束密度を計測する。 ・SenrigaNクラウド：アップロードされた計測データの保存と演算処理、波形を可視化する。 
移動装置	機体名称		-
	移動原理		【人力】 計測装置と磁石ユニットを手で支えて計測を行う
	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)		-
	設置方法		検査技術者が、計測装置と磁石ユニットを手で保持する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		計測装置：705(W)×200(D)×92(H)㎜　約3.4Kg 磁石ユニット：235(W)×113(D)×87(H)㎜　約4.1Kg 磁石ガイド：480(W)×90(D)×35(H)㎜　約0.1㎏
	センシングデバイス		3軸磁気センサ
	計測原理		検査対象に生じる磁束密度の変化を捉える。 ＜漏洩磁束法＞ 計測の前に計測面を磁石ユニットで擦り、内部の鋼材を着磁する。

<table>
<tr><td rowspan="11">計測装置</td><td></td><td>次いで計測装置を当て、着磁された鋼材の破断部で生じる磁束密度の変化を捉える。

＜磁気ストリーム法＞
磁気が流れている状態で鋼材が発する磁束密度を計測し、破断部で生じる変化を計測装置で捉える。</td></tr>
<tr><td>計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)</td><td>コンクリートなどの非磁性体に内包された長さ70cm以上のPC鋼材や鉄筋等の磁性体を対象とする。
また、計測対象物の表面に計測装置をあてがうことが可能な形状であること。</td></tr>
<tr><td>精度と信頼性に影響を及ぼす要因</td><td>＜漏洩磁束法＞
鋼材の着磁状態。計測範囲がムラなく着磁されていること。
計測中の計測装置の位置ずれ。計測開始から終了まで一定の位置を保つこと。

＜磁気ストリーム法＞
計測中の計測装置の位置ずれ。計測開始から終了まで一定の位置を保つこと。</td></tr>
<tr><td>計測プロセス</td><td>＜漏洩磁束法＞
①桁表面に磁石ユニットを当て、鋼材に沿って擦る。（鋼材が着磁する）
②計測面に計測装置をあてがい計測する。
③計測データがクラウドに自動アップロードされる。
④タブレット等で波形を確認する。

＜磁気ストリーム法＞
①計測面の鋼材の墨出しを行い、計測位置をマーク（線引き）する。
②①のマーク（線）に沿って計測装置をあてがい保持する。
③磁石ガイドに磁石ユニットを載せ計測1回目。
④磁石ガイドから磁石ユニットを外して計測2回目。③④の間計測装置を計測面に固定。
⑤計測データがクラウドに自動アップロードされる。
⑥タブレット等で波形を確認する。

磁気ストリーム法
①鋼材の墨出し
②計測装置をセット

③計測１回目：
磁石あり

④計測２回目：
磁石なし

⑤データの自動
アップロード
⑥波形確認

漏洩磁束法
①着磁

②計測装置を
セットして計測

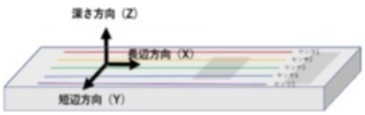
③データの自動
アップロード
④波形確認</td></tr>
<tr><td>アウトプット</td><td>・磁束密度変化データ
　モバイル回線を介してSenrigaNクラウドにアップロードされ、クラウドサーバで信号処理され磁束密度分布状況を波形として閲覧することができる。
　判定結果や備考などの情報を追記したり、波形とこれら情報を一括してマイクロソフト社のWordファイル形式で出力することも可能。</td></tr>
<tr><td>耐久性</td><td>IP65相当の防塵防水。</td></tr>
<tr><td>動力</td><td>モバイルバッテリー（USB−TypeC出力）</td></tr>
<tr><td>連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)</td><td>約4時間（7800mAh品の場合）　交換用予備バッテリーを標準で提供。</td></tr>
<tr><td rowspan="6">データ収集・通信装置</td><td>設置方法</td><td>データ収集：USBメモリ　（計測装置背面のUSBポートに挿入）
通信装置：SIMドングルまたはWiFi子機　（計測装置背面のUSBポートに挿入）</td></tr>
<tr><td>外形寸法・重量 (分離構造の場合)</td><td>計測装置内部に装着。重量は挿入するUSBメモリ・SIMドングルに依存</td></tr>
<tr><td>データ収集・記録機能</td><td>・全ての計測データは計測装置内部に装着したUSBメモリに保存
・モバイル通信可能な環境では、自動的にSenrigaNクラウドに伝送、保存</td></tr>
<tr><td>通信規格 (データを伝送し保存する場合)</td><td>モバイル通信（移動体通信）／WiFi（2.4GHz帯）</td></tr>
<tr><td>セキュリティ (データを伝送し保存する場合)</td><td>WPS-PSK</td></tr>
<tr><td>動力</td><td>DC5V（計測装置より供給）</td></tr>
<tr><td>データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)</td><td>計測装置本体に準じる</td></tr>
</table>

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	【漏洩磁束法】 ・はつり正答率：96% 【磁気ストリーム法】 ・検出率＝100%	＜漏洩磁束法＞ はつり正答率＝96.4%　(27箇所／28箇所) ＜磁気ストリーム法＞ 検出率＝100%(4箇所／4箇所)
			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　※	無	
			性能値	・16cm×53cm矩形領域 	-
	感度	校正方法	オフセットキャリブレーション機能搭載		計測当日に作業開始前に実施。540個の磁気センサのばらつきを補正する。
		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　※	無	
			性能値	・短辺方向：4cmピッチ ・長辺方向：1cmピッチ	-

※「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）

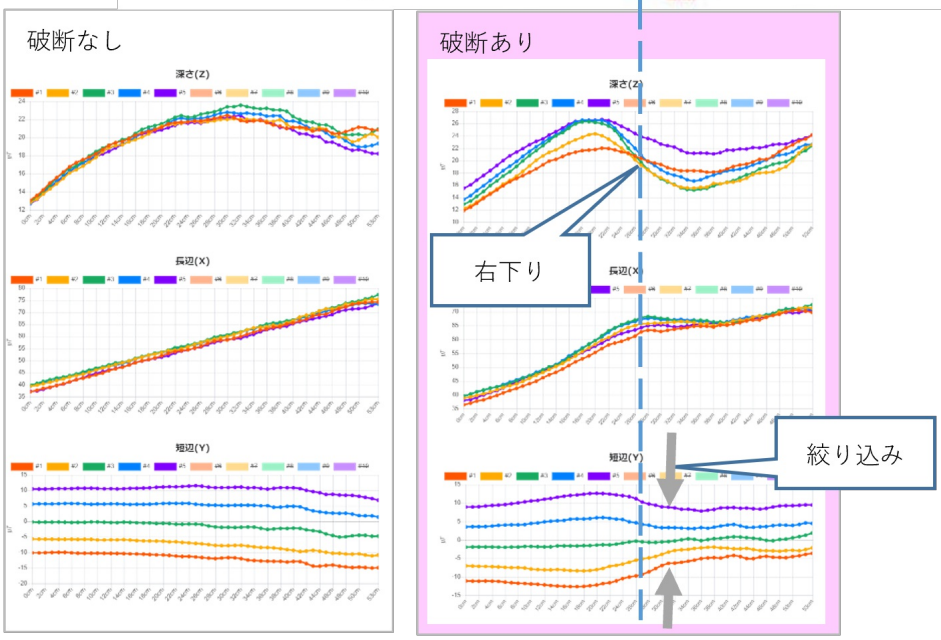
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	計測装置および磁石ユニットを操作する作業者が、安全かつ安定に運用できる隙間・幅が必要。 （目安：桁下隙間50㎝以上必要）	-
	周辺条件	モバイル通信によるインターネット接続が可能である場所であることが好ましい。	計測装置はモバイル通信による計測データの即時アップロード機能を備えている。 モバイル通信不可の場所では、計測データはUSBメモリに保存されるが、SenrigaNクラウドに接続した波形の即時閲覧やメモ編集はできない。
	安全面への配慮	磁石ユニットと作業場周辺の鉄材の間に手指を挟まれないように注意する。 高所作業中は、計測器・磁石ユニットの落下に注意する。 ペースメーカーを装着されている方は使用不可。	磁石ユニットは必ずハンドルを持って使用する。 使用しないときは付属の磁石置台に載せておく。 落下防止用のランヤードを利用する事。 磁石ユニットの磁力でペースメーカーが誤動作の恐れ。
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	計測作業箇所直下の通行規制が必要	落下物によるけがの防止
	塗装剤条件	鉄を含まないこと	-
	躯体条件	鉄系の障害物（銘板など）がないこと	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	-	-

5. 留意事項（その2）

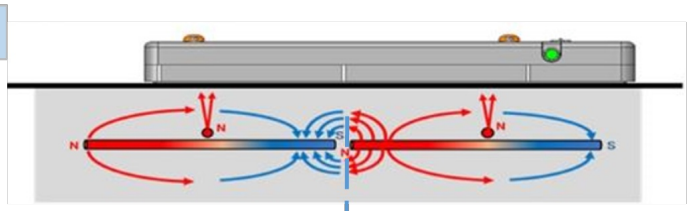
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	計測原理と計測手順の理解が必要。 破断判定のための波形判読スキルも必要。	事前講習会による学習を行う。 事前講習会と計測現場での指導は、オンラインリモートサポートによる指導プログラムを用意している。
	必要構成人員数	3名	監督者1名を含む。現場の安全確保、計測結果の確認等の検査効率向上が目的。高所作業車オペレータ等は別途必要。
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	作業ヤード・操作場所	計測現場で検査者が操作	計測装置を保持しながら、計測を開始できる。 磁石ユニットが適切に取り扱いできる。
	点検費用	橋の種類：コンクリート橋（プレテン桁） 活用範囲：7.2㎡（橋長：7.5m、桁幅30cmの3桁分程度） （漏洩磁束法　1日） ＜費用＞　直工費＋経費合計　78万円（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） ※条件によるため都度見積	利用期間に応じて役務またはレンタルにて提供。 1日あたりの計測可能面積の目安は以下の通り。 ※足場や配筋の状況によって増減あり。 ＜プレテン＞　約7.2㎡ ＜ポステン＞　約4.8㎡
	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	レンタル。 レンタル先：コニカミノルタ株式会社　070-3877-1952　（担当 新山）	装置販売は行っていない
	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	サポート専用メールアドレスから受付
	センシングデバイスの点検	貸出前に点検を実施	-
	その他	-	-

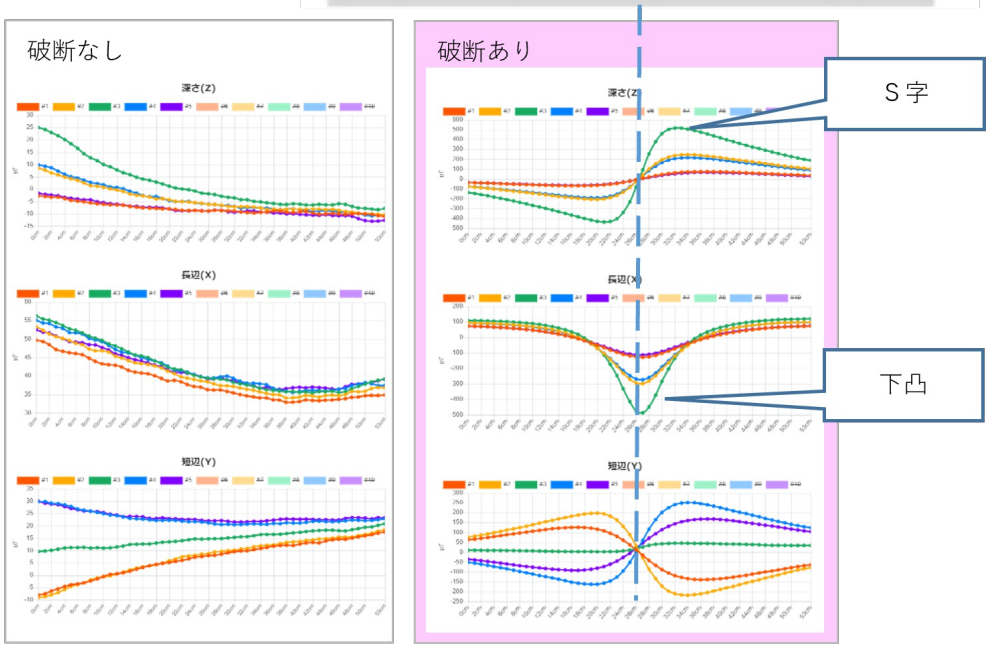
6. 図面

磁気ストリーム法



漏洩磁束法



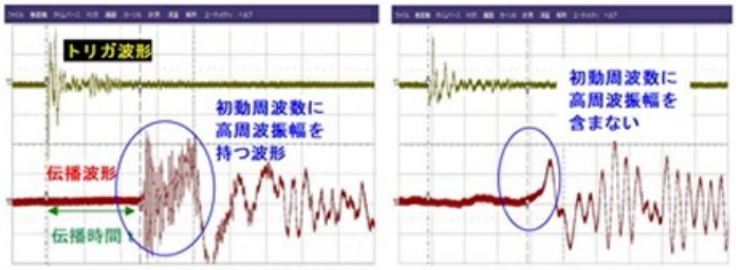
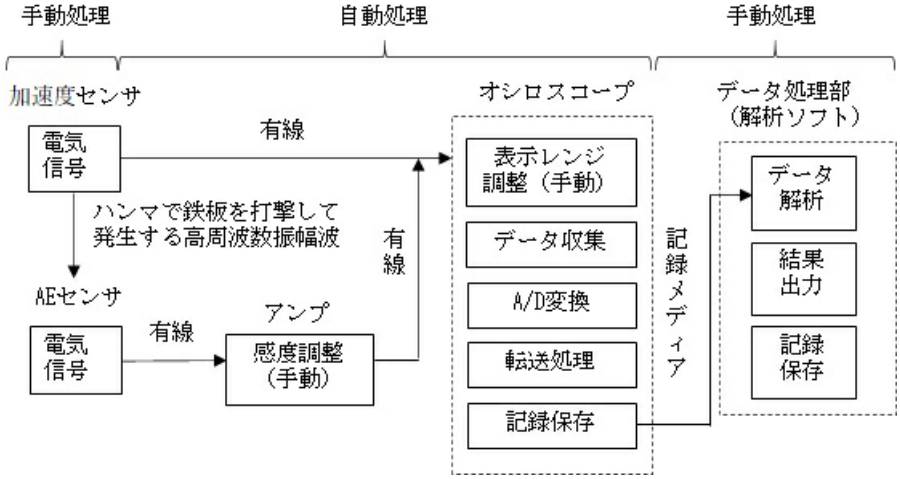


1. 基本事項

技術番号		BR020019−V0425				
技術名		衝撃弾性波法による横締めPCグラウト充填調査				
技術バージョン		バージョン1			**作成：**	2025年3月
開発者		一般財団法人首都高速道路技術センター 首都高速道路株式会社 アイレック技建株式会社				
連絡先等		TEL：	050-3613-8416	E-mail：	i.omiya@tecmex.or.jp	企画部　企画課 大宮勲
現有台数・基地		1台		**基地**	東京都台東区	
技術概要		・本技術は、PC橋梁に配置される横締めPC 鋼材のシース内グラウトについて、衝撃弾性波法を用いて充填・充填不良の判定を行う非破壊検査技術である。PC鋼材の片端から金属ハンマで鉄板を打撃して、反対側の受信用センサで記録し、弾性波の伝播速度と伝播波形に現れる特性からグラウトの充填状態を判定する。				
技術区分	**橋種**	コンクリート橋				
	対象部位	上部構造（横桁,床版） 下部構造（橋脚）				
	損傷の種類	鋼				
		コンクリート				
		その他	その他（横締めPC鋼材シース内のグラウト充填不良）			
		共通				
	検出原理	衝撃弾性波法				
	検出項目	弾性波の振幅、伝播速度				

2. 基本諸元

計測機器の構成			・本装置は以下の8つで構成される。 ①波形データ収集装置（以下、オシロスコープ） ②電圧増幅器（以下、アンプ） ③電源・発電機等の付帯装置（以下、電源） ④鉄板 ⑤金属ハンマ（以下、ハンマ） ⑥トリガ波形用加速度センサ（以下、送信用センサ） ⑦受信用AEセンサ（以下、受信用センサ） ⑧BNCケーブル（以下、ケーブル） ・移動装置を含まない分離型で、鉄板を除く装置をBNCケーブルにより有線接続する。 ・送信用センサはマグネットホルダーでハンマに取り付ける。受信用センサで測定された波形はアンプで増幅され、オシロスコープで記録される。
移動装置	機体名称		-
	移動原理		【人力】鉄板、ハンマ、送信・受信用センサ、オシロスコープ、アンプ、電源他 ・オシロスコープ、アンプ、電源等は計測対象の中央付近に人力で設置する。ケーブルが延長できる範囲内の測定が完了した後、人力により移動する。 ・鉄板、ハンマ、送信・受信用センサは、測定者が人力で測定箇所に設置する。
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量		-
	搭載可能容量 (分離構造の場合)		-
	動力		-
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		-
	設置方法		【送信側】 ・送信用センサとマグネットホルダーをネジ構造により接続する。マグネットホルダーに接触媒質を塗布しハンマに密着させて、粘着テープで補強する。鉄板に接触媒質を塗布して、鋼材端部直上のコンクリート面に密着させる。 【受信側】 ・受信用センサに接触媒質を塗布して、鋼材端部直上のコンクリート面に密着させる。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・ハンマ：最大外形寸法（長さ305mm×幅100mm×高さ40mm）、最大重量（1.2kgf） ・鉄板：（長さ60mm×幅60mm×高さ8mm）、最大重量（0.332kgf） ・送信用センサ：最大外形寸法（長さ20mm×幅18mm×高さ22mm）、最大重量（0.031kgf） ・受信用センサ：最大外形寸法（長さ19mm×幅18.5mm×高さ19mm）、最大重量（0.011kgf）
	センシングデバイス		・ハンマ：SS-400 アイレック技建内製品 ・鉄板：アイレック技建内製品 ・受信用センサ：日本フィジカルアコースティクス株式会社製A3タイプ ・送信用センサ：ブリュエル・ケア製4371 ・オシロスコープ：LeCroy 社製 WaveSurfer44Xs ・アンプ：アイレック技建内製品　抵抗値50Ω／1MΩ　フィルタ50・120・500・1MHz　増幅率0～60dB　ゲイン調節機能有
	計測原理		・計測は、鋼材片側の桁側面に鉄板を押し当て、鉄板を送信用センサが取り付けられた金属のハンマで打撃する。鉄板を打撃することで高周波数振幅波の性質をもつ弾性波が入力される。鋼材反対側の受信用センサで受信して波形を確認し、グラウトの充填度を評価する。 ・弾性波の伝播速度および伝播波形に現れる特徴波を評価指標として、充填度を判定する。 ①伝播音速による評価 ハンマに固定された送信用センサと受信用センサにより、打撃～受信までの伝播波の到達時間を測定する。片側の桁側面に鉄板を押し当てハンマで打撃すると、送信用センサにより、送信波形が記録される。反対側の桁側面に設置した受信用センサで伝播した波形を受信すると伝播時間が求められる。伝播距離（桁の長さ）から伝播音速を算出して評価する。一般に未充填の場合には、減衰を受けないため音速が早くなる傾向にある。 ②前方高周波数振幅波による評価

計測装置		鉄板をハンマで打撃すると、高周波数振幅波（短周期の弾性波）が入力される。受信した伝播波の立ち上がり部（初動周波数）の波形に着目し、初動周波数に高周波数振幅波が観測されるものは未充填と判定する。グラウトが充填されると伝播時に減衰して、高周波数振幅波は記録されない。受信波はアンプを通してオシロスコープに記録されるが、打撃は調査員が実施しているため一定の入力波ではない。また、現地状況により打撃力は適宜調整する必要がある。よって、アンプのゲインを調整する必要がある。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	・鉄板とハンマ、受信用センサ設置のために桁側面に近接出来る必要がある。 ・オシロスコープから各センサまでケーブルを配線する必要があるため、配線が可能な範囲のみ測定が可能である。 ・鉄板と受信用センサ設置時には、コンクリートとの付着を良好にし、弾性波の伝播ロスを少なくするため、接触媒質を塗布する。接触媒質は水溶性のため、雨等により流される可能性がある場合には適用できない。 ・桁下面側からの打撃や波形の受信はできない。 伝播音速による評価  ［未充填シースの計測波形］　［充填シースの計測波形］ 前方高周波数振幅波による評価
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	-
	計測プロセス	①初めに鋼材端部の位置出しを行う。電磁波レーダーを用いて横締め鋼材両端の桁側面を探査する。 ②オシロスコープを据え置き、BNCケーブルで各センサとアンプを接続後、配線する。 ③片側の桁側面にハンマと鉄板とセンサ、接触媒質を持った測定者が待機する。鉄板に接触媒質を塗布し、桁側面に押し当てる。 ④反対側の桁側面に受信用センサと接触媒質を持った測定者が待機する。受信用センサに接触媒質を塗布して、桁側面に押し当てる。 ⑤鉄板をハンマで打撃する。鋼材内を伝搬した弾性波は反対側の受信用センサで受信される。 ⑥受信用センサで受信された弾性波はアンプで増幅され、オシロスコープに記録される。オシロスコープで波形を確認しながら、表示波形のレンジを調節する。併せて、アンプも調節し、高周波数振幅波の有無を確認する。 ⑦ハンマを打撃する測定者に打撃強さを指示しながら、グラウト充填有無の判定に必要な波形を5波形収集する。 ⑧5波形の収集が完了したら、受信側と送信側を入れ替えて、再度5波形を収集する。 ⑨測定完了後、接触媒質を水で洗い流して、現場作業は終了とする。 ⑩送信波形の立ちあがり時刻と受信波形の立ち上がり時刻の差から伝播時間を算出する。伝播距離（桁長さ）で除して、伝播速度を算出する。 ⑪受信波形の高周波数振幅を確認する。 ⑫両側から打撃した測定結果について、伝播速度と高周波振幅の2つの情報により、グラウトの充填有無を判定する。 
	アウトプット	・計測されたデータはオシロスコープに保存され、波形が表示される。 ・オシロスコープには送信波形・受信波形が表示され、手動でカーソルを合わせることで、伝播時間差を表示できる。現場で伝播音速の推定や波形の確認も可能である。 ・通常、波形データをPCにコピーして、事務所内PCで詳細な分析を実施する。解析ソフトで処理することで、CSVファイルとして波形データの保存が可能である。
	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**	・オシロスコープとアンプは据え置きとし、地上面もしくは足場内等の安定した場所に設置する。 ・オシロスコープとアンプはBNCケーブルにより接続される。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・オシロスコープ：最大外形寸法（長さ300mm×幅250mm×高さ150mm）、最大重量（6.95kgf） ・アンプ：最大外形寸法（長さ230mm×幅165mm×高さ50mm）、最大重量（1.39kgf）
	データ収集・記録機能	・オシロスコープで記録されたデータは一度本体内に保存される。データ移設は記録メディアを用いる。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	・有線による接続
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	・有線による伝送
	動力	・発電機または仮設電源が必要 ・動力源：電気式 ・電源供給方法：有線（ACアダプター） ・定格容量：電圧100V、電流：0.5A（オシロスコープ・アンプ）
	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)実橋・的中率：100% (2)試験体：50%までの未充填の判別	(1)実橋 ・的中率（正解率）＝新技術でPCグラウトの充填・未充填の正解箇所数／測定箇所数 ＝100%　（2箇所/2箇所） ・シースの種類：金属 ・シース径：φ42mm ・角度（PC鋼材）：水平 ・PC鋼材径：φ24mm (2)試験体 ・検知可能であったグラウト未充填率 ＝50%まで ・シースの種類：金属 ・シース径：φ38mm ・角度（PC鋼材）：水平 ・PC鋼材径：φ26mm
			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	・横締めの長さ：5～20m	-
	感度	校正方法	-		-
		検出性能	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	① ・周波数範囲0.1-12.6kHz ・共振周波数15kHz ② ・周波数帯域30-55kHz ・共振周波数35kHz	上段①送信用センサの検出性能： ・周波数範囲0.1-12.6kHz ・共振周波数15kHz 下段②受信用センサの検出性能： ・周波数帯域30-55kHz ・共振周波数35kHz
		検出感度	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	-	-
	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	・分解能：0.1μs	分解能： ・サンプリング時間間隔0.1μs ・測定時間長10ms

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

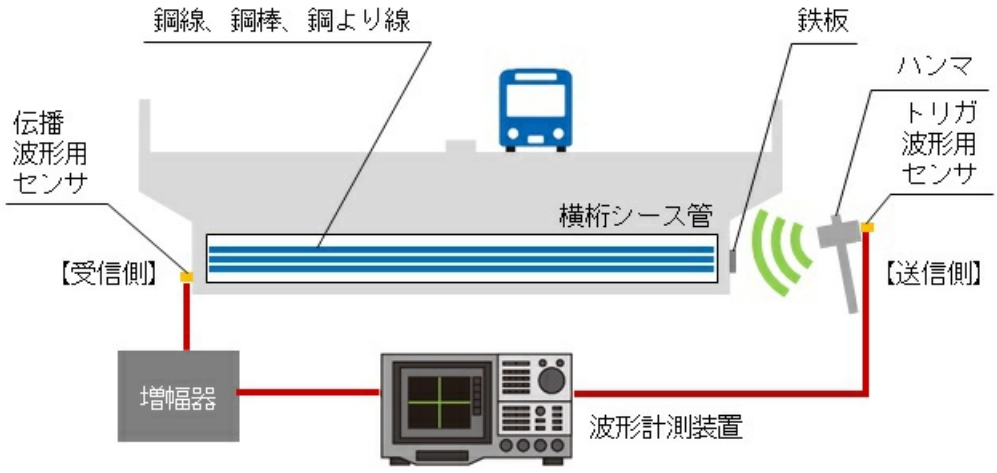
5. 留意事項（その1）

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	・送信・受信センサを有線接続する必要があるため、有線ケーブルを配線できる必要がある。	-
	周辺条件	・測定部位の両側面に測定者がアクセスできる必要がある。 ・測定者が配置できる空間があって、安定した姿勢で測定できることが望ましい。	-
	安全面への配慮	・測定者が安定した姿勢で測定できるよう、高所作業車や足場等が必要となる可能性がある。	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	・桁側面へのアクセスに橋梁点検車（オーバーハング車）を使用する場合、片側1車線規制が必要。	-
	塗装剤条件	・剥落防止工等があっても測定可能。	-
	躯体条件	・コンクリート表面に油や泥など著しい付着物がある場合には、ウェス等で表面清掃を行う	-
	躯体温度条件	-	-
	その他	・水溶性の接触媒質が大雨等で流される場合には適用できない（小雨であれば可能）。 ・PC鋼材が湾曲して配置されている場合（直線配置でない場合）、測定できない可能性がある。調査実績の一例として、鋼材長さが13～14mで曲率半径24mがある（以下図参照）。	-

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	・資格等は不要。 ・アンプのゲイン調整やオシロスコープの操作等ができる者	-
	必要構成人員数	・オシロスコープ・アンプ調整者1名、送信者1名、受信者1名 ・合計3名	・高所作業車・橋梁点検車を使用する場合は、操作者が必要。
	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	・オシロスコープとアンプを据え置く場所が必要：1㎡	-
	点検費用	【点検費用の一例】 ・橋梁：単純PCT桁橋 ・径間数：6径間 ・橋長：107m（14.5+14.5+19.5+19.5+19.5+19.5m） ・調査数量：42本 ・昼/夜：昼間 ・調査日数：3日 ・高架下：管理地 ・高所作業車：使用 上記条件の場合 〇外業・現場作業：71万円 〇内業・机上作業：35万円 〇機械経費：11万円 〇合計：117万円 〇その他費用：高所作業車費用は含まない。現地状況により必要なものは手配。	-
	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	・調査実施前に動作確認	-
	その他	-	-

6. 図面

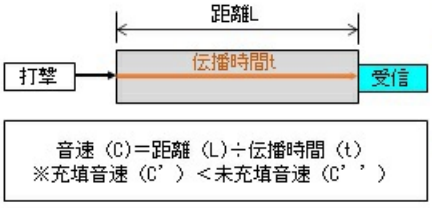


測定概要全景

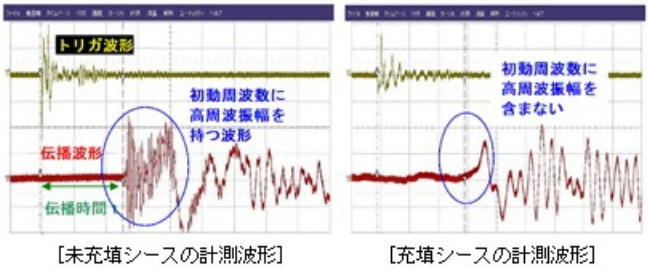
受信用センサ

オシロスコープ・アンプ

鉄板・ハンマ・送信用センサ



伝播音速による評価



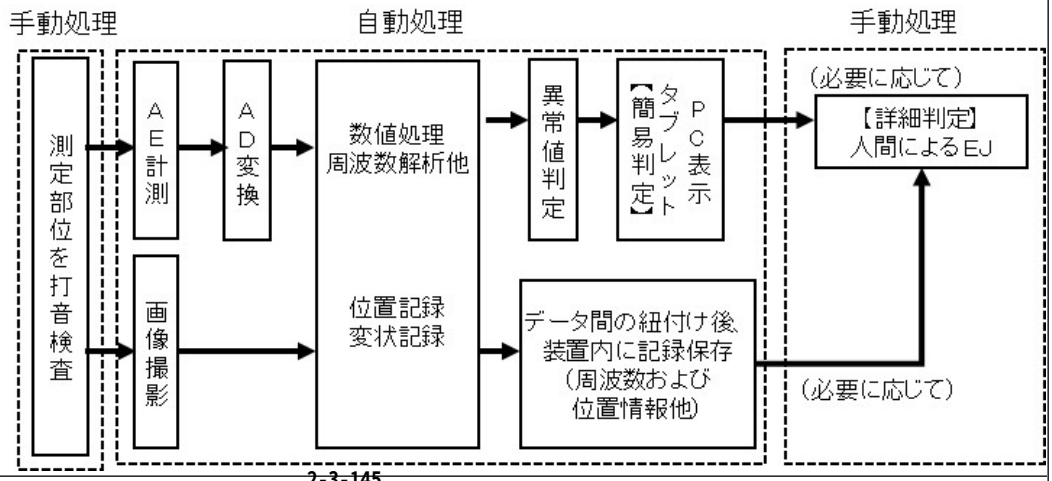
［未充填シースの計測波形］　［充填シースの計測波形］

前方高周波数振幅波による評価

1. 基本事項

技術番号		BR020020−V0325				
技術名		AEセンサを用いたデジタル打音検査（グラウト充填）				
技術バージョン		バージョン1			**作成：**	2025年3月
開発者		原子燃料工業株式会社				
連絡先等		TEL：	0724-52-7272	E-mail：	ryo-ogawa@nfi.co.jp h-fujiyoshi@nfi.co.jp mtm-ishii@nfi.co.jp	エンジニアリングサービス部 小川、藤吉、石井
現有台数・基地		20台		**基地**	大阪府泉南郡熊取町朝代西一丁目950　原子燃料工業株式会社エンジニアリングサービス部	
技術概要		本技術は、PCケーブルに沿ってAEセンサを当て打音することで得られる共振周波数の計測結果から、PCグラウトの充填度を把握する非破壊検査技術である。				
技術区分	**橋種**	コンクリート橋				
	対象部位	上部構造（主桁）				
	損傷の種類	鋼				
		コンクリート				
		その他	⑰その他			
		共通				
	検出原理	弾性波（打音）				
	検出項目	振動数				

2. 基本諸元

計測機器の構成			・計測装置　：AEセンサ、計測ハードウェア、テストハンマ ・データ保存：波形処理用タブレットPC
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		・人が計測装置を計測対象まで持ち運び、AEセンサを計測対象に押し当てて密着させる。 ・その際、計測ハードウェア、波形処理用タブレットPCは計測員、または、補助員が保持する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・AEセンサ寸法（φ12×高さ40mm）、最大重量（0．05kgf） ・計測ハードウェア寸法（長さ300mm×幅150mm×高さ75mm）、最大重量（2．4kgf） ・波形処理用タブレットPC寸法（長さ203mm×幅132mm×高さ18mm）、最大重量（0．8kgf）
	センシングデバイス		・AEセンサ　　エヌエフ回路設計ブロック　AE900S−WB ・カメラ　　Panasonic FZ-M1　タブレットPC内蔵カメラ
	計測原理		測定部分において打音点検用ハンマーにより弾性波を発生させ、発生した弾性波をAE（Acoustic Emission：音響）センサ表面の圧電素子で受信し、アンプ・フィルター・A/D変換器により振動波形として数値化する。 現場での共振周波数と、基準値とを比較することで、タブレットPCがリアルタイムで自動判定する。 基準値の設定方法は、現場においてPCグラウト充填状態が良好と判断した箇所の共振周波数、PCケーブルが配置されておらず、その他空洞が生じていないと想定される箇所の共振周波数、板厚から想定される理論的な共振周波数のいずれかを用いる。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・AEセンサを対象に密着させるため、必要に応じて計測部位にリフト車で近接する必要がある。 ・計測対象の前処理は不要で、AEセンサを押し当てて密着させる（AEセンサの前面を特殊加工しているため）。 ・計測部位から計測ハードウェアまでケーブルを配線する必要がある（ケーブルは最長10m程度）。 ・測定は雨天や積雪時でも可能。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・AEセンサを計測対象に手で均一に押しあてる必要がある（適切な振動計測であったことを伝えるアラーム音と画面表示機能あり）。 ・PCグラウト充填不足の有無を判定するための診断基準（周波数低下量）。
	計測プロセス		①計測前後で、校正用ステンレス棒における計測結果が基準値内であることを確認する。 ②電磁波レーダを用い、PCケーブルの位置をチョーク等でマーキングする。 ③マーキングした測定箇所に測定者がAEセンサを当て、打音点検用ハンマーにより打撃し、弾性波を発生させる。 ④発生した弾性波はAEセンサにより取得され、自動的にA/D変換されたのち、周波数解析される。同時に、タブレットPCにより対象の外観を撮影する。 ⑤周波数解析で得られた共振周波数と、あらかじめ設定したPCグラウト充填不足が無い部位の共振周波数（基準値）とを比較し、基準値から逸脱した場合、変状ありとして、計測結果をタブレットPC上に表示する【簡易判定】。また、撮影した画像データもデータ間の紐づけ後、タブレットPCに記録保存される。 ⑥必要に応じて、手動処理により人間によるエンジニアリングジャッジ（EJ）を行う【詳細判定】。 基本はコンピュータプログラム処理であり、異常値は人間が確認する。 PC鋼材の位置に沿った打音検査結果に基づき、共振周波数の分布や変化量に応じて変状の程度を評価する。 
			【現場計測時】 ・振動計測で得られる振動波形、振動波形を周波数解析して得られる周波数分布および共振周波数をタブレットPC上に表示。

	アウトプット	・現場でPC鋼材の位置に沿って共振周波数を求め、基準値と比較する。 ・基準値の設定方法は、現場においてPCグラウト充填状態が良好と判断した箇所の共振周波数、PCケーブルが配置されておらず、その他空洞が生じていないと想定される箇所の共振周波数、板厚から想定される理論的な共振周波数のいずれかを用いる。 ・「基準値」より共振周波数が低いほど、PCグラウト充填率は低い。 【現場計測後】 ・振動波形のデジタルデータ（出力形式はcsv形式） ・計測対象に紐づけされた撮影画像、並びに、手書きメモのデジタルデータ（出力形式はjpg形式）
	耐久性	タブレットPCは、IP65準拠。
	動力	・波形処理用タブレットPCの内蔵バッテリー ・計測ハードウェア内蔵バッテリー
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・波形処理用タブレットPCバッテリー（駆動時間：約20時間、充電時間：約4．5時間）。 ・計測ハードウェア内蔵バッテリー（駆動時間：約55時間、充電時間：約5時間）。 ※バッテリー駆動時間は、動作環境・液晶の輝度・システム設定により変動。
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)	タブレットPC寸法（長さ203mm×幅132mm×高さ18mm）、最大重量（0．8kgf）
	データ収集・記録機能	タブレットPC内部に保存。
	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	波形処理用タブレットPCの内蔵バッテリー（駆動時間：約20時間、充電時間：約4．5時間）。
	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	PC鋼棒（シース径φ38mm）、およびPC鋼より線（シース径φ65mm）におけるグラウト充填不足（0%、50%）を100%（健全）と比較して相対的な周波数の低下により検出可能。	・供試体の寸法は縦1700mm×横2600 mm× 厚さ350 mm。 ・かぶり厚100mm、250mm。 ・PC鋼棒（シース径φ38mm）、およびPC鋼より線（シース径φ65mm）。 ・PCグラウトの充填度は0%、50%、100%（健全）の3段階 ・PC鋼材の直上を測定。
			標準試験値	標準試験方法　PCグラウト充填（2022） 実施年　2022年 ・検出率：1.00 ・的中率：0.83	・PCグラウト未充填を模擬した供試体にて、未充填箇所を検出した結果
	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	・1000-30,000Hz	・広帯域AEセンサ（1000-30,000Hz程度）
	感度	校正方法	・校正用ステンレス棒		計測前後で、校正用ステンレス棒における計測結果が基準値内であることを確認する。基準値を満たさない場合は、センサ交換、計測ハードウェアの交換で対応
		検出性能	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・±50Hz	・センサが対象に十分に密着している場合 ・適切に打撃した場合、計測誤差±50Hzで検出可能 1000-30,000Hz程度で検出可能。 ・打撃検出性能：人力と同等
		検出感度	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・1Hz	周波数分解能1Hz ・センサが対象に十分に密着している場合 ・適切に打撃した場合
	S/N比		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・0.3未満	信号1に対するノイズの比率は0.3未満 ・センサが対象に十分に密着している場合 ・適切に打撃した場合
	分解能		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・4マイクロ秒	・4マイクロ秒の計測分解能

※「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）

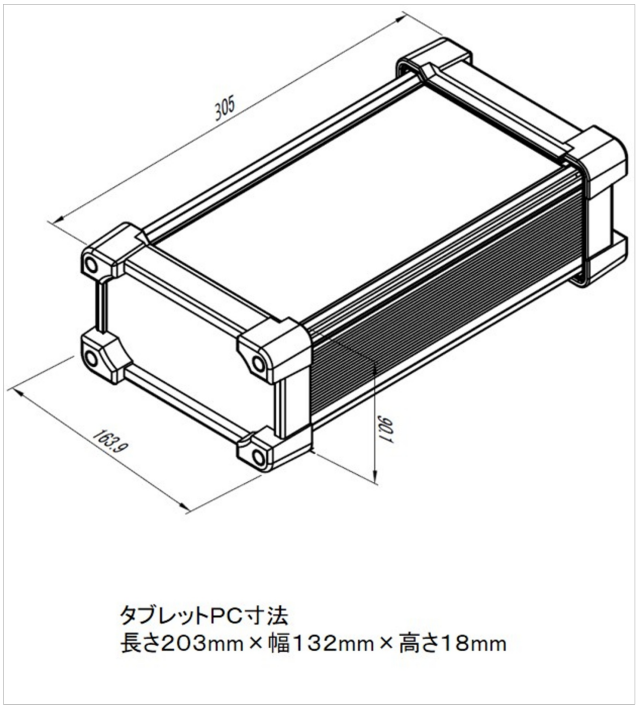
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	−	−
	桁下条件	−	−
	周辺条件	−	−
	安全面への配慮	−	−
	無線等使用における混線等対策	−	−
	道路規制条件	−	−
	塗装剤条件	−	−
	躯体条件	−	−
	躯体温度条件	−	−
	その他	必要に応じて点検作業車を使用。	−

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	半日程度の当社社内資格認定講習	−
	必要構成人員数	現場責任者1人、計測員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	半日程度の当社社内資格認定講習	−
	作業ヤード・操作場所	通常打音点検と同等	−
	点検費用	【橋梁条件】 橋種　［コンクリート橋］ 部位・部材［　上部構造　主桁　］ 活用範囲　［ 200 ］点 検出項目　［　PCグラウト充填不足 ］ ＜費用＞　合計　75,000円（1日） 【内訳】 ・現場調査費用：60,000円 ・機器経費：15,000円 【備考】 ・高所作業車費用は別 ・トレーニング（半日）費用、OJT（1〜2日）費用は別	橋種　［コンクリート橋］ 部位・部材［　上部構造　主桁　］ 活用範囲　［ 200 ］点 検出項目　［PCグラウト充填不足 ］ ＜費用＞　合計　75,000円（1日） ※　1日8時間の内、3時間がデータ測定とは関係のない車線規制等に要する時間、残り5時間がデータ測定可能な時間とする。 ※PCワイヤに沿って300mm間隔で5点測定するとして、40本の合計200点する。 ※事前の電磁波レーダ等によりPCワイヤ位置をマーキングした状態から測定を開始する場合。
	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	波形処理用タブレットPCは、適切な振動計測か否かを画面表示およびアラーム音で知らせる機能あり。 例：“○”、“信号弱”、“信号強”、アラーム音	−
	利用形態：リース等の入手性	・調査委託業務の請負い可能。 ・計測装置は購入品あるいはレンタル。 （レンタル先：原子燃料工業株式会社、TEL：0724-52-7221）	・レンタル費用：15,000円/日（輸送費は含まない。）
	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。 条件：年間サポート契約	−
	センシングデバイスの点検	計測装置のキャリブレーションは、校正用ステンレス棒の縦振動の理論式より実施。基準値を満たさない場合は、AEセンサ交換、計測ハードウェアの交換で対応。	−
	その他	−	−

6. 図面

テストハンマ

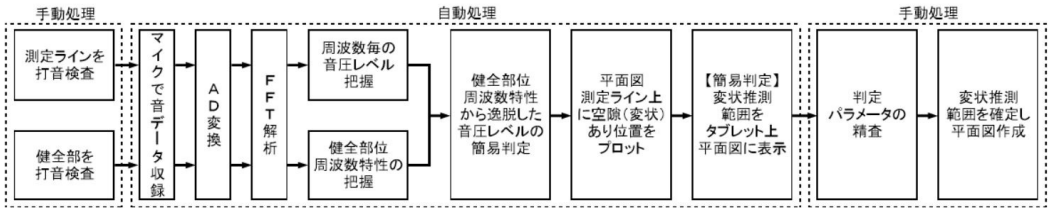


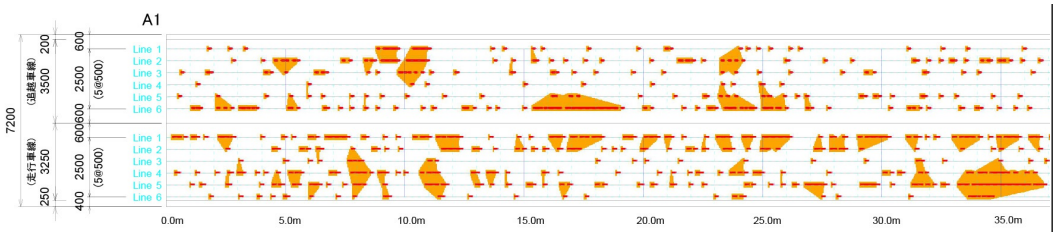
タブレットPC寸法
長さ203mm×幅132mm×高さ18mm

1. 基本事項

技術番号		BR020021−V0325				
技術名		路面打音検査システム T. T. Car				
技術バージョン		バージョン2			**作成：**	2025年3月
開発者		蔦井株式会社／株式会社　アイ・エヌ・シー・エンジニアリング				
連絡先等		TEL：	052-521-9131	E-mail：	n.tsujimoto@tsutai.co.jp	建設事業部 辻本　宗夫
現有台数・基地		2台		**基地**	愛知県名古屋市	
技術概要		路面打音検査システム T.T.Car（ティーティーカー）は、橋梁床版内部や増厚床版と既設床版との境界部、防水層付近等の変状箇所を平面的に把握できる、打音による道路内部の現況を検査・解析する技術である。 点検対象範囲における舗装上に50cm（標準）ピッチの点検ラインを罫書きし、点検ライン上を1.5～2.0km/h程度の速度で点検機器を走行させることで装置内に付属する回転式ハンマーが路面を約6.5cm間隔で叩く。その際、発生した音データを収録、全打音データを独自に設定した異音判定アルゴリズムに基づき解析し、空隙（変状）ありと判定した範囲を平面図化するシステムである。				
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） 路上（舗装）				
	損傷の種類	鋼				
		コンクリート				
		その他	⑮舗装の異常			
		共通				
	検出原理	音響				
	検出項目	音圧レベル（dB）				

2. 基本諸元

計測機器の構成			＜機器の主要な構成＞ ●移動装置 手押し式箱型4輪の点検機器 ●計測装置 移動装置と一体型であり、回転式ハンマー、騒音計、マイクロフォン、近接センサー、バッテリー（近接センサーへの電力供給用） ●データ収集装置 移動装置と分離型であり、タブレットPC
移動装置	機体名称		−
	移動原理		【人力】 検査技術者が計測装置を手押しで走行させながら計測を行うもの。
	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（移動装置+計測装置）：最大外形寸法（長さ645mm×幅526mm×高さ950mm）、総重量18kg
	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		・打音機構　自社開発　金属製回転式6角形ハンマー　直径130mm（重量6kg） ・普通騒音計　アコー社製　型式6236
	計測原理		・打音機構の金属製回転式ハンマーにより打突し、発生した音波を音響受信機（マイクロフォン）で受信し、音響信号として記録する。得られた音響信号をFFT分析し、周波数毎の音圧レベルとして数値化する。 ・普通騒音計のキャリブレーションは、5年毎に計量法に基づく検定を行う。また、案件ごとに点検前に自社にて動作確認を行う。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・コンクリート床版であること。 ・路面が滞水していないこと。 ・調査日前日から降雨がないことが望ましい。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・点検対象路面が不陸または柔らかい場合、回転式ハンマーの打撃力が吸収され小さくなり、正しい音データが取得できない可能性がある。 ・打音以外の音（工事車両等の暗騒音）が打音に対して過大である場合、正しい音データが取得できない可能性があるため、それらの音が発生中は計測を中断する。 ・点検対象路面上にある骨材等の異物を回転式ハンマーで叩いた場合、異音判定対象周波数帯と同じ周波数帯において大きな音圧レベルを検知する可能性があり、異物が多数（広範囲に）落ちている場合、点検前に除去する必要がある。 ・比較対象として健全部を計測するが、健全部データが適切でない場合、解析結果の精度が低下するため、複数の健全部データを取得する必要がある。
	計測プロセス		①健全部及び測定ライン上を測定者が計測装置を走行させ、走行に伴い打音機構の金属製回転式ハンマーが路面を叩き、音波を発生させる。 ②路面を叩くことにより発生した音波は、回転式ハンマー近接に設置してあるマイクロホンにて自動的に音響信号として受信する。 ③受信した音響信号をA/D変換器にて自動処理し、数値化する。 ④数値化されたデータは即時にFFT解析され、周波数毎の音圧レベルを把握する。 ⑤把握した周波数毎の音圧レベルを、健全部位の周波数特性と比較し、健全範囲として設定した音圧レベルから逸脱した音圧レベルが測定された場合、空隙（変状）ありと判定する。 ⑥空隙（変状）ありと判定した点の分布状況から変状推測範囲を図化する。現地ではタブレット上に簡易判定結果を示し、後にパラメータ等を精査して点検結果を確定する。 
			・変状（空隙）ありの箇所は平面図上でプロットされ、プロットの分布状況から変状あり範囲を判定し、当該範囲を着色して表示する。 ・データ出力は画像データ（jpg等）であり、スケールを持つCADデータに重ねて表示する。

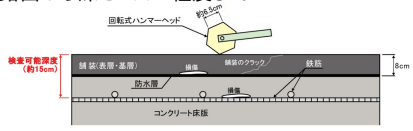
	アウトプット	
	耐久性	防水・防塵性能はない。（タブレットPCはIP65準拠）
	動力	・普通騒音計の電源は単3電池4本
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	−
データ収集・通信装置	**設置方法**	タブレットPCを移動装置上部の取付台に載せてゴムバンドで固定する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	幅272mm×奥行233mm×薄さ16.4mm、総重量0.95kg
	データ収集・記録機能	移動装置に付属させるタブレットPCのハードディスクに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	−
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	−
	動力	・動力源：電気式 ・電源供給方法：バッテリー　11.6V、定格容量2600mAh（タブレットPCに付属）
	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	1.5～2.0km/h	検査技術者がタブレットに表示される速度メーターを見て速度を維持する
			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=模擬損傷のうち新技術で損傷と判定した面積／模擬損傷面積 検出率(t= 5cm):85%（11.88㎡／13.9㎡） 検出率(t= 8cm):80%（11.17㎡／13.9㎡） 検出率(t=10cm):78%（10.88㎡／13.9㎡） 検出率(t=15cm):68%（ 9.38㎡／13.9㎡） 的中率=新技術で損傷と判定した面積のうち正解面積／新技術で損傷と判定した全面積 的中率(t= 5cm):90%（11.88㎡／13.21㎡） 的中率(t= 8cm):91%（11.17㎡／12.32㎡） 的中率(t=10cm):98%（10.88㎡／11.07㎡） 的中率(t=15cm):88%（ 9.38㎡／10.72㎡）	模擬損傷上の舗装厚は、5cm、8cm、10cm、15cm
			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:32% ・的中率:16%	・データ取得手段（移動手段）:手押し型機器、徒歩 ・移動距離:機器5m、徒歩5m(6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	未検証	現地にてメジャーで計測し決定した位置に基づき測定
			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	路面から深さ15cm程度まで  	−
	感度	校正方法	普通騒音計は計量法に基づき日本品質保証機構が校正を実施		−
		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	幅員　制限なし 歩道　制限なし	点検対象幅員内の走行可能な端部から30cm以内は点検不可
	桁下条件	−	−
	周辺条件	解析対象周波数帯が疑われる大音量がある場合は計測不可	−
	安全面への配慮	計測中は注意喚起の看板を設置する。 交通誘導員の配置	−
	無線等使用における混線等対策	−	−
	道路規制条件	点検時は交通規制の必要がある 車道部片側交互通行　　等	−
	塗装剤条件	−	−
	躯体条件	点検対象の路面が点検機器の走行に影響を及ぼすほどの不陸の場合、計測不可	−
	躯体温度条件	−	−
	その他	点検対象の路面が滞水している場合、計測不可 雨天の場合、計測不可。	−

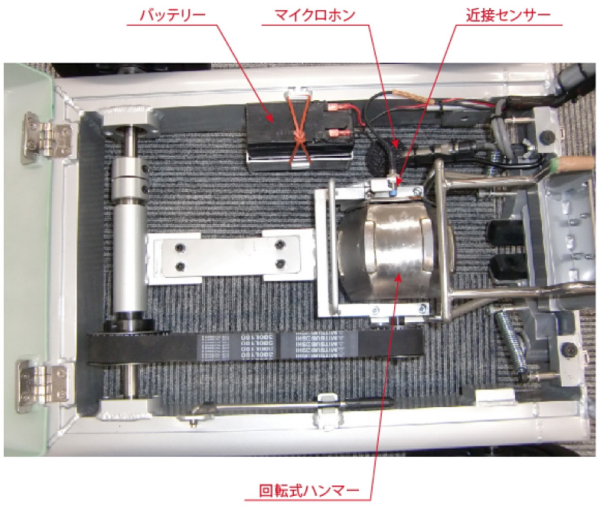
5. 留意事項（その2）

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	資格は不要	解析には専用の自社開発プログラムが必要
	必要構成人員数	現場責任者1人、補助員2人 合計3名	点検対象数量が小さい場合、補助員は1名でも可
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	資格は不要	−
	作業ヤード・操作場所	−	−
	点検費用	対象となる橋梁条件のモデルケースを以下に設定し、その点検費用を記載する。 【橋梁条件】 橋種　コンクリート橋/鋼橋 　橋長　150m 　全幅員　4.0m 　部位・部材　コンクリート床版上部 　活用範囲　525㎡ 　検出項目　音圧レベル（dB） ＜費用＞合計　30万円 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。	・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 ・橋梁の規模、測定条件等に合わせて案件ごとに費用は算出
	保険の有無、保障範囲、費用	保険加入なし	−
	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（点検＋解析）のみ	−
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	−	自社による業務のみ
	センシングデバイスの点検	−	自社による業務のみ
	その他	・損傷の深さ位置、損傷の性状の検知は不可 ・夜間計測　可	−

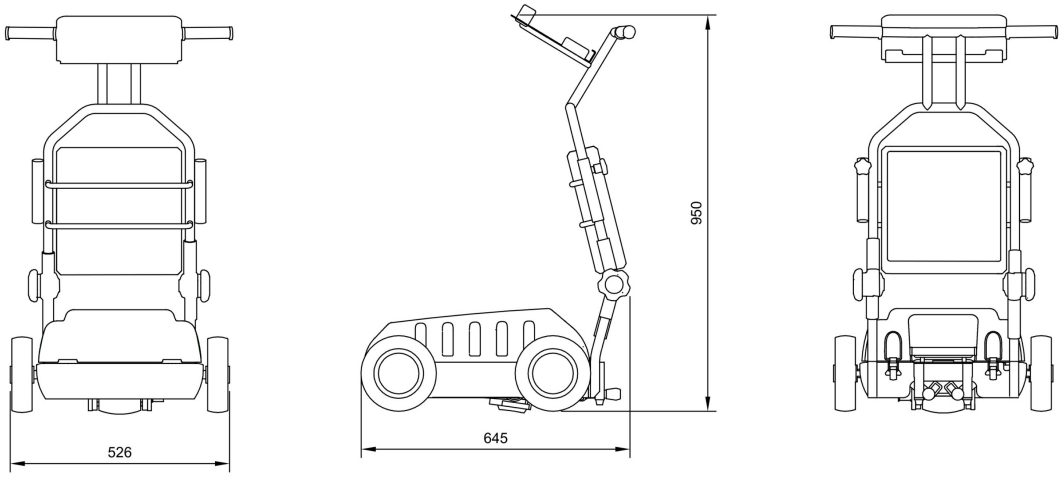
6. 図面

点検機器　全体写真／点検機器の内部(打音機構)／点検機器　立面図･側面図

点検機器　全体写真



点検機器の内部（打音機構）



打音検査機器（Ｔ．Ｔ．Ｃａｒ）立面図・側面図

点検状況(昼間･夜間)

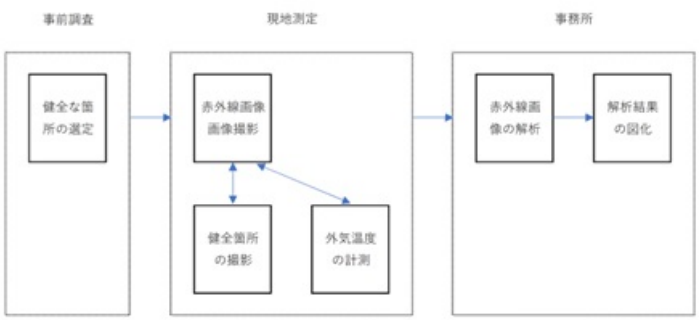
点検状況（昼間）

点検状況（夜間）

1. 基本事項

技術番号		BR020022−V0325				
技術名		赤外線分析による損傷箇所の検出技術				
技術バージョン		Ver.1			**作成：**	2025年3月
開発者		株式会社　テクニカル・シンク				
連絡先等		TEL：06-6430-9174		E-mail：simojima@technicalthink.jp	下嶋　一幸	
現有台数・基地		1台		**基地**	兵庫県尼崎市東園田町	
技術概要		本技術は、赤外線画像から得られる構造物表面の温度分布データを用い、2Dや3D表示による温度コンター図からうき、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰等の損傷範囲をと出する技術である。				
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） 下部構造（橋脚,橋台） 路上（高欄） 溝橋（ボックスカルバート）（頂版）				
	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				
		共通	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			・高性能赤外線カメラ ・データ処理システム（分析ソフト搭載パソコン） ・温度計 ・レーザー距離計 ・台車（三脚搭載） 通常の撮影は調査員が手動により撮影
移動装置	**機体名称**		−
	移動原理		【人力】 ・通常撮影（カメラを携えた調査員が徒歩により移動する） ・台車撮影（固定治具によりカメラおよびパソコンを台車に設置し、台車により移動する）
	運動制御機構	**通信**	−
		測位	−
		自律機能	−
		衝突回避機能(飛行型のみ)	−
	外形寸法・重量		・赤外線カメラ（縦200㎜×横180㎜×厚さ120㎜、重量約3.0kg） ・台車（機材搭載時）（長さ1000㎜×幅500㎜×高さ1200㎜、重量約10kg）
	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**		・台車上にゴムバンドで固定した三脚に赤外線カメラを装着する。パソコンは固定しない。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・赤外線カメラ（縦200㎜×横180㎜×厚さ120㎜、重量約3.0kg）
	センシングデバイス		・赤外線カメラ　FLIR社製　検出波長帯：7.5～14μm／解像度　1024×768／温度分解能　0.02℃
	計測原理		物体の表面から発せられる電磁波（赤外線）を撮影し、電磁波のエネルギーを赤外線カメラ内部で温度に換算した温度分布（サーモグラフィー）を分析・解析の対象とする。損傷の有無は、抜取った温度分布デジタル値を用いて2次元（2D）や3次元（3D）の温度コンター図を作成し、このコンターの乱れの有無を判定の基準とする。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・構造物内部と表面の温度差が小さいと考えられる時間帯の撮影は避ける。 （撮影可能時間帯；9時～16時および20時～4時） ・対象物と正対した画像が望ましい（最大45度の角度まで許容可能）。 ・1枚の画角は、4m×3m以内で対象構造物の占める面積が60%以上であることが望ましい。 ・降雨時の撮影は不可
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・コンクリート表面の日射の影響 ・夜間撮影の場合の照明の影響 ・表面の付着物の影響
	計測プロセス		①事前調査時、調査範囲の中から健全箇所を1箇所選定する。（打音調査による確認と温度コンターの乱れ程度から確認） ②調査範囲の赤外線画像撮影（手動） ③健全箇所の画像の撮影および外気温度の計測（作業前後および作業中1時間に1回の頻度）（手動） ④赤外線画像を持ち帰り、画像解析実施（プログラム処理） ⑤解析結果の図化（プログラム処理） 
	アウトプット		・健全範囲の解析画像（2Dまたは3Dの温度コンター図で健全度範囲のみを着色した画像） ・代表的な損傷箇所の2Dおよび3D温度コンター解析画像 ・上記解析データは独自形式の専用ソフトで読み込み可能
	耐久性		・赤外線カメラの防水・防塵性能無し
	動力		・赤外線カメラの電源は充電タイプ ・台車は手動式
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		・2.5時間／1本のバッテリー（充電タイプ）　2本装備
	設置方法		・台車上部にパソコンを装備（特に固定はしない）

データ収集・通信装置		
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・データの保存は赤外線カメラ内部のカードに収録 ・現地でのデータ確認はノートパソコンを用いる
	データ収集・記録機能	・赤外線内蔵の記録メディア（SDカード）に保存 ・現地でのデータ確認は、赤外線カメラに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)	−
	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　※	無	
			性能値	・通常撮影：600㎡／h ・台車撮影：300㎡／h	・撮影足場がフラットで遮蔽物がないこと
			標準試験値	未検証	―
	4-2 計測精度		性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	・検出率：0.96 ・的中率：0.63	・検出項目が『うき』の場合 ①検出率：96%（25箇所／26箇所） ②的中率：63%（26箇所／40箇所） ・構造物内部と表面の温度差が無いと考えられる時間帯の撮影は避ける。（撮影可能時間帯；9時～16時、20時～4時） ・対象物と正対した画像が望ましい（最大45度の角度まで）。 ・1枚の画角は、4m×3m以内で対象構造物の占める面積が60%以上であることが望ましい。 ・降雨時の撮影は不可
			標準試験値	標準試験方法　うき（2019） 実施年　2022年 ・検出率：0.94 ・的中率：0.95	・検出率：0.94（17箇所／18箇所） ・的中率：0.95（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　※	無	
			性能値	・-5℃～50℃	・メーカー仕様書による ・動作保証外気温度範囲　-5℃～50℃ ・最小焦点距離　1.3m
	感度	校正方法	・メーカーにて黒体炉（基準温度を放出する装置）を用いて校正		メーカー仕様による
		検出性能	性能確認シートの有無　※	-	
			性能値	・7.5～14μm	・赤外線カメラ　FLIR社製　検出波長帯：7.5～14μm／解像度　1024×768
		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	0.02℃	・赤外線カメラ　FLIR社製　温度分解能　0.02℃

※「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	立ち入り可能箇所と対象構造物の撮影角度45度以下を確保できること	−
	桁下条件	撮影距離最小1.3m以上が確保できること（最大距離は50m程度以上でも可	−
	周辺条件	撮影対象との間に遮蔽物がないこと	−
	安全面への配慮	状況により保安員の配備が必要な場合あり	−
	無線等使用における混線等対策	−	−
	道路規制条件	不要	−
	塗装剤条件	金属系の塗料を使用していないこと 光沢のある塗料を使用していないこと	−
	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	日射や特定の熱源がないこと	−
	その他	撮影可能時間帯は　9時～16時　および　20時～4時 対象の部材が画角の60%以上を占めていること	−

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	2〜3回の現地研修経験が有れば問題無し	−
	必要構成人員数	点検技術者　1名　＋　助手　1名（その他交通保安員が必要な場合あり）	−
	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	制限なし	−
	点検費用	【橋梁条件】 橋種［コンクリート橋］ 橋長　60m（2径間） 全幅員　20 m 部位・部材［床版］ 活用範囲　［1200 ］㎡ 検出項目［うき・剥離・漏水等 ］ ＜費用＞　合計　¥445,000. -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	−	−
	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	サポート可	−
	センシングデバイスの点検	無し	−
	その他	−	−

6. 図面

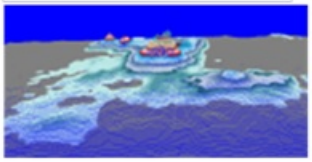
赤外線カメラ

データ解析用PC

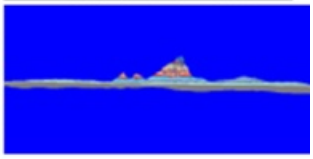
台車

2D解析例

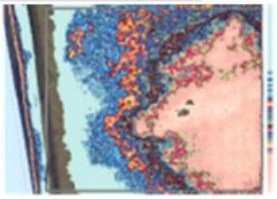
3D解析例（斜め上からの鳥瞰図



3D解析例（水平からの鳥瞰図

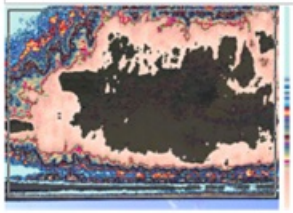


健全部のみの解析結果



打音による確認済
（全面健全部）

健全部と損傷可能性部の解析結果

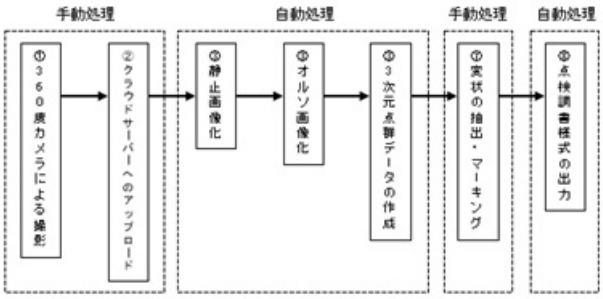


着色部分が健全部
ｺﾝｸﾘｰﾄの地肌が見えている
所が損傷の可能性部分

1. 基本事項

技術番号		BR020024−V0325				
技術名		360度カメラ撮影による定期点検支援技術（剥離・鉄筋露出）				
技術バージョン		Ver.01			**作成：**	2025年3月
開発者		一般社団法人 先端インフラメンテナンス研究所 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				
連絡先等		TEL：	06-6367-2310	E-mail：	ogura.nori@atim.or.jp	(一社)先端ｲﾝﾌﾗﾒﾝﾃﾅﾝｽ研究所 小椋紀彦
現有台数・基地		市販品であり一般購入可能		**基地**	大阪府大阪市北区西天満	
技術概要		本技術は、溝橋などの小規模橋梁を対象とし、全方位を撮影できる360度カメラで構造物全体を一括で撮影し、撮影データを元に自動で3次元の点群データに変換、かつ任意の位置での撮影写真を自由に確認することができる。また、点群データ上に損傷（剥離・鉄筋露出）箇所をマークすることで点検調書への損傷写真の掲載が可能である。				
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）				
	損傷の種類	鋼				
		コンクリート	⑦剥離・鉄筋露出			
		その他				
		共通				
	検出原理	画像（静止画／動画）				
	検出項目	画像解析				

2. 基本諸元

計測機器の構成			・360度カメラ ・データ転送用端末（ノートパソコン or タブレット端末） 本手法で計測に使用する機器は、360度カメラのみである。360度カメラで撮影した動画をクラウドサーバーにアップロードし、画像解析はアップロード先のサーバーで行う。
移動装置	**機体名称**		−
	移動原理		【人力】 ・計測者が360度カメラを保持して撮影する。
	運動制御機構	**通信**	−
		測位	−
		自律機能	−
		衝突回避機能(飛行型のみ)	−
	外形寸法・重量		−
	搭載可能容量 (分離構造の場合)		−
	動力		−
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		−
計測装置	**設置方法**		−
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・最大外形寸法（長さ 110mm×幅45mm×高さ30mm）、最大重量（150kgf）
	センシングデバイス		・深圳嵐ビジョン社製カメラ　Insta360 ONE X2 ・動画解像度 5.7K@30/25/24fps、4K@50/30fps、3K@100fps ※360度撮影をできるものなら他製品でも適用可能(記載の内容は、Insta360 ONE X2の場合)
	計測原理		・撮影した360度動画を撮影時間、角度毎に分割して静止画像化し、静止画層を正射変換してオルソ画像とする。 ・オルソ画像を用いて写真測量法により3次元情報を取得し、3次元点群データを作成する。 ・写真測量に使用したオルソ画像は点群データとリンクされており、オルソ画像を確認して損傷をプロットすることで、変状データも点群データとリンクされ、位置情報が付与される ・リンクされたオルソ画像、点群データ、変状データより、点検調書様式の損傷図と写真帳が作成可能である。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・検出できる変状は、画像で確認できるものに限る。 ・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・構造物が煤により汚れている場合は、ひびわれの検出が困難 ・光量が確保できない暗所、夜間の場合は照明が必要 ・360度カメラで撮影できない箇所は変状の検出不可
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・撮影距離 1.0～5.0m（360度カメラと構造物との距離が1.0m以上になる場合は、計測性能が低下する） ・撮影速度 1.0m/s程度 ・撮影設定 5.7K動画またはハイパープラス撮影
	計測プロセス		①360度カメラで対象構造物を撮影する。（手動） ②撮影した動画をクラウドサーバーにアップロードする。（手動） ③動画を撮影時間、角度毎に分割して静止画像化する。（自動） ④画像を正射変換し、オルソ画像とする。（自動） ⑤オルソ画像を用いて写真測量法により3次元情報を取得し、3次元点群データを作成する。（自動） ⑥写真測量に使用したオルソ画像は点群データとリンクされ、点群データ上で同位置を指定することで、閲覧が可能となる。（自動） ⑦オルソ画像を確認して損傷をプロットする。（手動） ⑧変状データは、抽出に使用したオルソ画層と同様に点群データとリンクされ、位置情報が付与される。（自動） 
	アウトプット		【専用ファイル形式】 損傷形状データを追記した3次元データのダウンロードはできないが、調書形式のエクセルデータの他に、点群データやオルソ画像、アップロードした動画、動画から変換した静止画像については、クラウドサーバーからダウンロード可能
	耐久性		・IPX8（防塵等級はメーカー規格ではIP規格適用外、実績値としてはIP4X相当）
	動力		・カメラに内蔵されたバッテリーを使用

	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・最大80分間（5.7K@30fps）
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	・動画は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	−
	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	・桁下0.5m	・徒歩で撮影するため、桁下空間は人が進入できる規模の空間が必要である。
	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	・1.0m/s程度	・徒歩による計測を想定
			標準試験値	標準試験方法　（2019） 実施年　2022年 ・0.438㎡/sec	・徒歩による計測 ・風速：2.3～2.7　m/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　剥離・鉄筋露出（2020） 実施年　2022年 ・相対差：22.4㎠	真値：75～96㎠ 測定値：60～102㎠ ・被写体距離：1.5～2.0 m ・照度：9.3～73.6　kLux
	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	・フルカラー選別可能	−
			標準試験値	標準試験方法　剥離・鉄筋露出（2020） 実施年　2022年 ・フルカラーチャート識別可能	・照度：9.3～73.6kLux
	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　※	無	
			性能値	・5.7K動画あるいはハイパーラップス撮影	・サンプリング周波数：100kHzで集音

※「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）

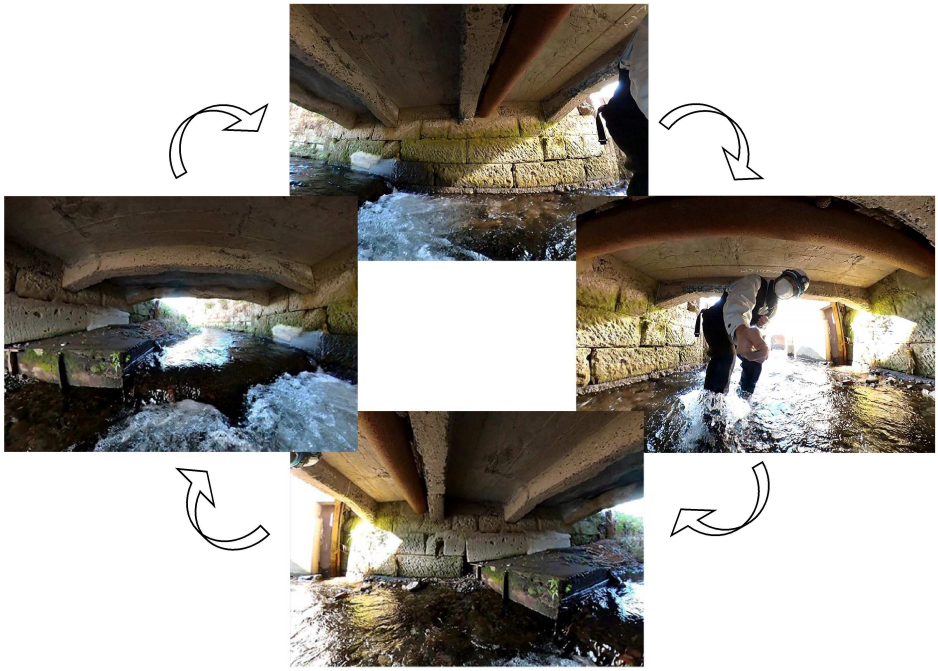
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	−	−
	桁下条件	・桁下高さ0.5m程度（人が進入できる高さ）以上	−
	周辺条件	−	−
	安全面への配慮	−	−
	無線等使用における混線等対策	−	−
	道路規制条件	−	−
	塗装剤条件	−	−
	躯体条件	−	−
	躯体温度条件	−	−
	その他	・光量が確保できない暗所、夜間の場合は照明が必要	−

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	・橋梁点検に精通するもの	−
	必要構成人員数	・現場責任者1人、計測者1人、合計2名	−
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	−	−
	作業ヤード・操作場所	・不要	−
	点検費用	橋種　［コンクリート橋、鋼橋］ 橋長　15m 全幅員　8m 部位・部材　［床版、橋台］ 活用範囲　［ 150 ］㎡ 検出項目　［ひびわれ／剥離・鉄筋露出／漏水・遊離石灰］ ＜費用＞　合計　1,000,000円(経費含む)	−
	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	−	−
	利用形態：リース等の入手性	・購入品のみ	−
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・無	−
	センシングデバイスの点検	−	−
	その他	−	−

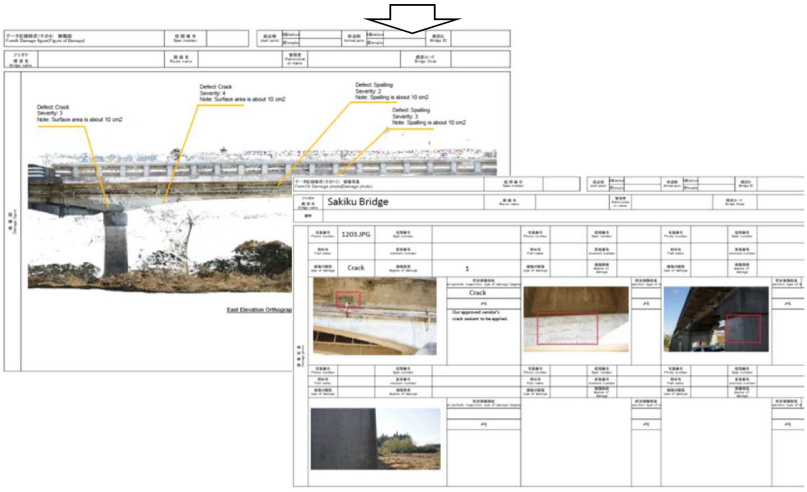
6. 図面

360度カメラ



360度画像

3次元点群データ



点検調書