

1. 基本事項

技術番号	BR030020-V0121		
技術名	無線センサネットワーク構造モニタリング		
技術バージョン	V810	作成: 2021年10月	
開発者	サンシステムサプライ株式会社		
連絡先等	TEL: 03-3397-5241	E-mail: info@sunss.co.jp	営業技術部 小幡 聡
現有台数・基地	35台以上	基地	東京都杉並区
技術概要	MEMS加速度センサ、バッテリー、ロガー機能、無線通信機能が一体型となった加速度センサ。本装置にて3成分の加速度/速度(Windows/パソコンにインストールされた専用ソフトウェアより設定変更可能)の計測が可能、また、2成分の傾斜データの取得も専用ソフトウェアの設定にて変更可能。本装置にて計測されたデータはUSB/無線通信を介して遠隔のパソコンやクラウド上へ直接データをアップロードが可能である。		
技術区分	対象部位	橋梁の桁中、床板、橋脚、主塔	
	検出原理	加速度	
	検出項目	加速度	

2. 基本諸元

計測機器の構成		本装置は、計測装置と無線通信、バッテリー/ロガー機能が一体となっており、土木構造物をはじめとする加速度や振動、傾斜などの計測を行う機器である。計測データは本機器内のメモリに蓄積され、USBまたは無線通信によってデータ転送が行われる。無線通信の場合は別途無線ルータ/アクセスポイントを介して、クラウドや遠隔のサーバに転送される。	
移動装置	移動原理	-	
	移動制御機構	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	【据置型】 計測装置を計測したい箇所に据え置いて(固定して)計測を行うものである。 <設置対象:コンクリート構造物> 2点のビスによる固定、専用の接着剤を用いて固定 <設置対象:鋼構造物など> 専用マグネットプレートにて固定、周辺をパテなどで動かないようにしっかり固定	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	外形寸法(長さ39.4mm×幅76.2mm×高さ20.6mm) 重量(65gf)	
	センシングデバイス	3軸加速度センサ アナログデバイス社製 ADXL355	
	計測原理	・計測対象箇所にセンサを設置し、振動データを計測する。計測した振動データから固有値解析を行ったり、2回積分することで変位量を求めたり、傾斜データを算出し、計測箇所の物理データを把握する。DC(直流成分)からの応答があるため、機器は重力加速度方向に1Gの出力がなされる。設置前には各軸を重力加速度方向に向け、機器の動作確認が可能である。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・センサーユニットの軸方向を構造物の軸方向に合わせて設置 ・設置面とユニット間の密着性を高く保つようにパテや接着剤、ビス止めなど適切な方法で固定	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・加速度計測にあたり計測精度向上のため、計測箇所に適したデジタルフィルタ(ハイパスフィルタ)の設定やサンプリング周期(計測したい周波数の2倍以上)などを適切に設定する必要がある。 ・コンクリート構造物での計測にあたっては、不均質な材料の特性や表面密度の不均一などの影響を受けないように機器の固定方法に対策が必要である。	
	計測プロセス	【設置からデータ収集までの一連の流れ】 ①計測したい箇所を決め、固定方法を決める ②センサの軸方向と計測箇所の軸方向をそろえて、設置 ③Windowsパソコンから専用ソフトウェアを起動し、収録の設定を行う ④設置後、初期設置データの取得を行い、基礎データを取得/確認 ⑤データが正常に記録、保存されていることを確認 ⑥CSVデータをエクセルや解析ソフトなどで適宜処理を行う	
	アウトプット	・計測される加速度/速度/傾斜の時刻歴データはcsvファイルにて保存される。 ・現地計測に要する時間は、計測準備に5分、計測にX分、データ確認に5分、機器の撤去に5分程度を要する。	
	計測頻度	・最短 0.00025秒に1回(4,000Hz)	
	耐久性	本装置はUSB接続部がむき出しのため、本機器の防滴防塵対応はない。 別途、自己融着テープや防水シールなどを用いることで屋外での使用も可能	
動力	・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:5.0V、1,300mA ・本装置側面のUSBコネクタよりケーブル接続し、給電を行う		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	内部バッテリー動作の場合、フル充電状態から連続計測の場合(例:125Hz)約3日ほどの稼働が可能である。 バッテリーよりも通信の有無や、サンプリング数などの設定に依存する。		
データ収集・通信装置	設置方法	計測装置と一体	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	計測装置と一体	
	データ収集・記録機能	・内部記録メディア(メモリ16MB)に保存 ・計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータをインターネット/ローカルNET経由で受信側PCに伝送し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)	・通信方法 有線(USB)・無線(WiFi) ・通信規格 2.4GHz帯 ・通信速度 1Mbps~10Mbps ・通信距離 10m~50m	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	・認証方式:WPA、WPA2 ・暗号化方式:TKIP、AES	
	動力	・内部バッテリーより供給(Type-B(micro)のUSBケーブル接続)	
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	・計測装置に搭載するバッテリーからの給電により連続100日(気温25℃の場合)使用可能 *計測モードに依存		

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ -	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	-	
		【性能値】 ±8g 【標準試験値】 未検証			
	校正方法	付属する設定ソフトウェアを用いて、重力加速度方向にセンサ受感軸を向けたキャリブレーション機能あり。		-	
	感 度	検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	推奨する設置方法にて固定されていること
			【性能値】 15.6 μg/LSB 【標準試験値】 未検証		
	検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	推奨する設置方法にて固定されていること	
		【性能値】 64,000LSB/g(X/Y/Z軸) 【標準試験値】 未検証			
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	125Hzサンプリング時	
		【性能値】 -82dBg(80 μgRMS) X/Y軸 (メーカー保証値) -80dBg(100 μgRMS) Z軸 (メーカー保証値) 【標準試験値】 未検証			
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	-	
	【性能値】 20bit (メーカー保証値) 【標準試験値】 未検証				
計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	推奨する設置方法にて固定されていること		
	【性能値】 未実施 【標準試験値】 X/Y/Z軸 1%以内 *計測精度比較検証試験の結果より FFT解析結果(0~100Hz範囲内)の誤差が 最大0.0625Hzであったため。				
計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		
	-				
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 ※		-		
	-				
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		
	-				

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

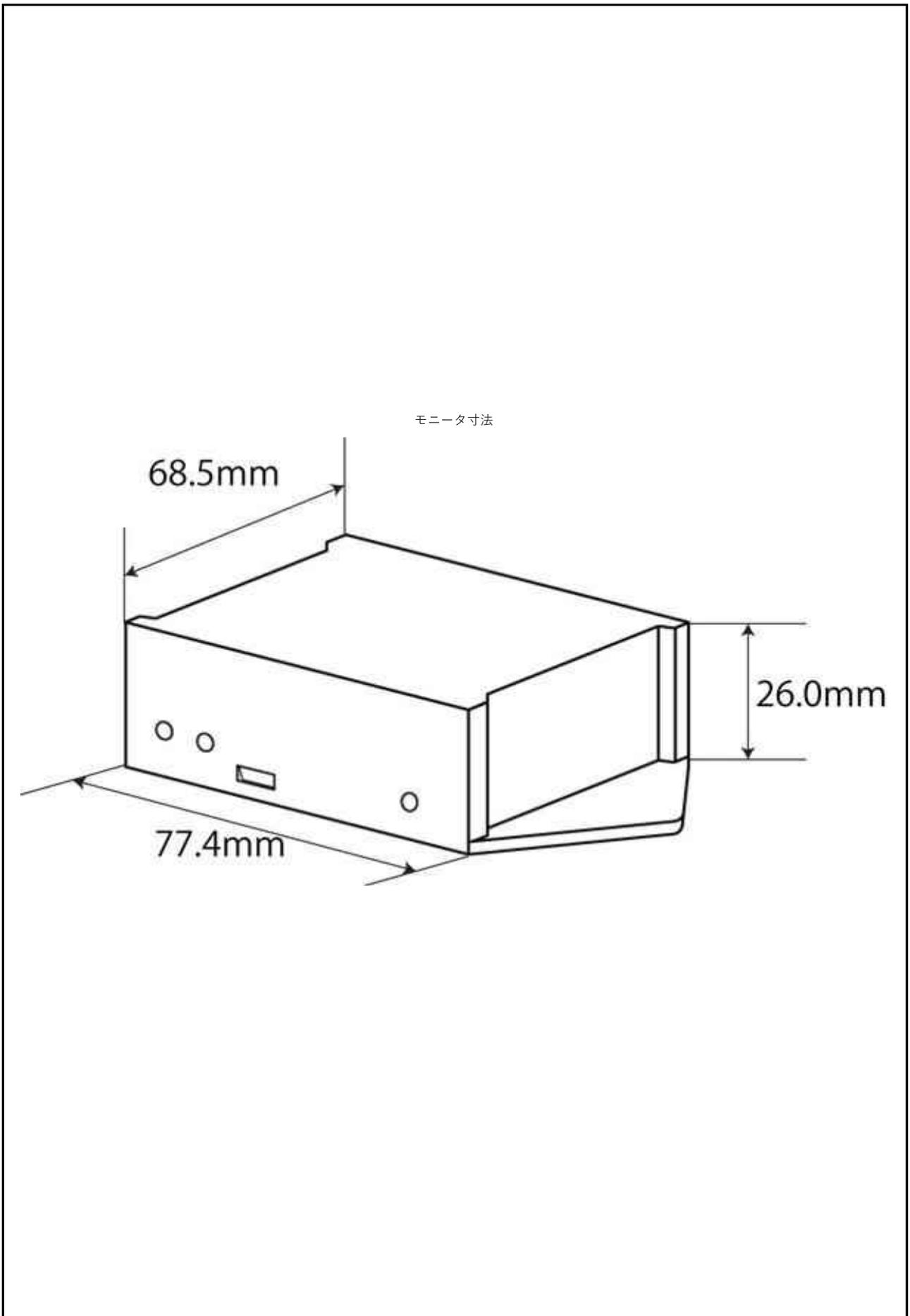
5. 留意事項(その1)

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	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	無線2.4GHz帯の使用が計測環境にある場合は、無線CHの設定を可変にする無線ルータの使用を推奨する。	-
	道路規制条件	-	-
	その他	-	-

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	-	-
必要構成人員数	現場責任者1人、補助員1人 合計2名	-
作業ヤード・操作場所	-	-
計測費用	【センサ】 98,000円(税別) 【モバイルルータ】 65,000円(税別) *回線費等含まず 【クラウド利用かつ機器レンタル】 150,000円/端末/年 *1年単位の契約 【機器設置作業費】 参考価格 50,000円/サイト(関東) *本費用は弊社技術員1名1日で設置可能な数量を 上記費用にて対応	機器の設置/調整作業、データ渡しのみの場合や解析費用などは現場の環境によって費用が変動するため、都度見積対応とさせていただきます。
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	PCの管理ソフトより計測条件を設定し自動計測を行う	-
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	観測サイトおよびクラウドの別途サポート契約による	-
センシングデバイスの点検	重力加速度方向にセンサ受感軸をむけ、1gの出力の有無	-
その他	-	-

6. 図面



モニター画像



1. 基本事項

技術番号	BR030021-V0121		
技術名	橋梁の性能モニタリング技術(省電力無線センサによる遠隔モニタリングシステム)		
技術バージョン	-	作成: 2021年10月	
開発者	オムロンソーシアルソリューションズ株式会社		
連絡先等	TEL: 077-588-9709	E-mail: takuya.kuroda@omron.com	モニタリング事業統括事業部 黒田卓也
現有台数・基地	センサノード: 40台、シンクノード: 10台、動ひずみセンサ: 40台	基地	生産拠点: 滋賀県
技術概要	<p>本技術では、構造物における「加速度」、「動ひずみ」、「温度」、「湿度」を計測し、その計測値から計測者が理解しやすい構造物の特性値として「固有振動数」、「中立軸」、「活荷重」、「桁ひずみ」を演算で導出する。また、解析処理(FEM解析など)を通して、特性値の初期値および限界条件を仮定した上で、限界値シミュレーションを行うことで、管理基準の目安を設定することが可能となる。</p> <p>参照図:「技術概要」</p>		
技術区分	対象部位	主桁、床版、橋脚、橋台	
	検出原理	<p>【動ひずみ】 圧電素子を活用してひずみに比例して出力される電荷を電圧に変換して検出</p> <p>【加速度】 静電容量式MEMSセンサで加速度を検出</p>	
	検出項目	<p>主桁: 固有振動数、中立軸、桁ひずみ(活荷重との相関)、温度</p> <p>床版: 活荷重、温度</p> <p>橋台、橋脚: 加速度(地震時の振動計測)、温度</p>	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>計測機器は、動ひずみセンサ、センサノード、バッテリーユニット、通信アンテナ、シンクノード、GPSユニット、サーバから構成される。</p> <p>【動ひずみセンサ】 センサ部、アンプ部から構成され、センサとアンプは専用ケーブル(1m)で接続されており、アンプ部はセンサノードに専用ケーブル(推奨最大5m)で接続される。</p> <p>【センサノード】 加速度センサ、温度・湿度センサ、無線(920MHz)通信装置を内蔵している。無線通信によりシンクノードに計測データを転送する。センサノードには有線でバッテリーユニット(ケーブル長2m)、アンテナ(ケーブル長2.5m)を接続する。 バッテリーユニットは計測頻度により寿命が異なるため、必要な時期に交換し、計測期間を延長することができる。</p> <p>【シンクノード】 センサノードから転送されたデータを計測単位毎に保存する。ルータを搭載可能であり、遠隔地から保存されたデータを回収できる。</p> <p>【サーバ】 シンクノードのデータを回収し、加速度、ひずみの計測データから、固有振動数、中立軸、活荷重を自動で算出する。</p> <p>※参照図「主要計測機器」</p>	
移動装置	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
動力	-		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
設置方法		<p>【動ひずみセンサ】 計測部位に直接接着剤(スリーエムジャパン製 DP420)で固定する。</p> <p>【センサノード】 設置場所の状況に合わせて、設置プレートを固定する。センサノードは設置プレートに固定し、故障時に交換できる状態とする。</p> <p>【バッテリーユニット】 センサノードと同じプレート上あるいは、別のプレート上に設置する。バッテリー切れの場合に交換できる状態とする。</p> <p>【シンクノード】 自立式(架台上に設置)もしくは電柱のような構造物に抱き込み式のいずれでも設置できる構造になっている。設置場所に合わせて、専用の取付金具を設計し、固定する。</p> <p>【GPSユニット】 GPSが測位できる場所に設置する。直接あるいはプレート上に固定する。</p>	
外形寸法・重量(分離構造の場合)		<p>【動ひずみセンサ】センサ部:270×38×10mm 65g、アンプ部:100×100×60mm 300g</p> <p>【センサノード】160×80×56mm 500g</p> <p>【バッテリーユニット】175×125×60mm 1100g</p> <p>【シンクノード】300×220×450mm 25kg</p> <p>【GPSユニット】100×100×60mm 200g</p>	
センシングデバイス		<p>【動ひずみセンサ】 オムロンソーシアルソリューションズ製 ST100 動ひずみセンサ</p> <p>【加速度センサ】 オムロンソーシアルソリューションズ製 WMS100(センサノード内部に搭載)</p> <p>【温湿度センサ】 オムロンソーシアルソリューションズ製 WMS100(センサノード内部に搭載)</p>	
計測原理		<p>【物理量の計測原理】 定期的なタイムによる時刻トリガおよび、いつ発生するか分からない地震時の振動を計測するための地震トリガの2種類のトリガ機能を有し、自動で起動し計測を開始する。時刻トリガでは一定間隔での計測を継続的に行い、地震トリガでは、低消費電力のトリガ用加速度計で常時振動を計測し、しきい値を超える振動発生時に計測を開始する。トリガ発生後からの計測となるため、地震発生前などのデータは計測できない。 ※参照図「地震トリガイメージ」</p> <p>【動ひずみ計測および特性値の導出原理】 圧電素子が外力を受けて伸縮すると(ひずみが生じると)、電荷が発生・移動し、電流が流れる。それによって、短い周期で変形を繰り返す動的なひずみを計測する。また、発生した電流を増幅するため、わずかな電力を用いるだけで計測が可能である。 ※オムロンソーシアルソリューションズ(株)製品カタログより抜粋 ひずみと電流量の関係は素子毎に出荷時に計測し、感度値として検査書に記載して出荷している。 主桁や床版に動ひずみセンサを設置し、車両通行時の床版ひずみ、桁ひずみを計測する。計測したデータから活荷重(床版)および桁ひずみ(主桁)および中立軸を算出する。 活荷重を算出する場合には、走行試験を行い、単位荷重あたりのひずみ値(影響線)のキャリブレーションを行う。</p> <p>【加速度の計測および特性値の導出原理】 加速度は既知のバネ係数と重さを持ったおもりの移動距離を計測する事で計測できる。この移動距離を静電容量の変化から検出するものが、静電容量式の加速度センサである。 加速度センサを主桁や橋台、橋脚に設置し、振動データを計測する。計測した振動データから固有値解析を行い、経時的な観察から固有振動数を求める。</p>	

計測装置	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<p>【動ひずみの適用条件】</p> <p>○正しく計測するための適用条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁において、車両通行のように橋梁に外力が加わった時の動的な変化をを計測する場合に適用可能。 ・死荷重のような静的またはゆるやかな変化および高速な変化(計測レンジに示す範囲)の計測はできない。 ・計測箇所には、ひびわれなどの損傷がない状態であることが前提。 ・センサ設置空間が確保できること(幅250mm×高さ300mm以上) <p>○中立軸活用のための適用条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートを床版とした鋼桁の性能評価を目的としたモニタリングに適用可能(その他構造は未確認) <p>○活荷重計測のための適用条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート床版に適切なひずみが計測が可能であること(桁に近い場所で床版としてのひずみが計測できない場所は不可) ・計測する床版付近にひびわれなどの損傷がないことが前提。 <p>【加速度の適用条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサで追従できる振動(計測レンジに示す範囲)の振動計測に適用。 ・センサノード設置空間が確保できること(幅500mm×長さ500mm×高さ500mm以上) <p>以下は、両センサ共通</p> <ul style="list-style-type: none"> ・接着剤の硬化には、周囲環境が15℃以上であることが望ましい。15℃以下でやむをえず設置する場合は温めながら圧着すること。 ・5℃以下では設置できない。 ・水没しない場所であること(保護等級IP65) ・シンクノード設置空間が確保できること(幅1000mm×長さ1000mm×高さ1000mm以上) ・シンクノードには商用電源100Vが必要。商用電源が利用できない場合はソーラパネルを使用する。200W×3枚程度(6000mm×2000mm)、蓄電システム(1500mm×1000mm×1000mm) <p>【現場工事条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサの設置面が均一でない場合は(グラインダ等で平滑化できること) ・センサ貼付けのために計測部位に近接できること。 ・計測部位から計測装置(センサノード)までケーブルを配線できること。 ・鋼材のひずみセンサ貼付箇所は塗装などを剥がして鋼材素地を露出できること。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<p>1)計測精度に影響を及ぼす要因</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計測できる周波数範囲を超える領域では減衰が発生するため、センサ仕様を超える目的には使用しないこと。 ・サンプリング周波数は200Hzであり、100Hz以上の強い周波数成分が存在する場合、計測対象周波数領域に折り返しにより、実際と異なる周波数成分が検出される。事前に計測箇所を調査し、支障となる振動がないことを確認する。 ・電源線などが近辺を配線されている場合は、センサ信号にノイズを乗ることがある。計測後あるいは計測時にノイズ除去の対策を講じること。 <p>2)信頼性に影響を及ぼす要因</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外気温-20℃~60℃の範囲であること。本温度条件を超える範囲では機器が正常に動作しないことがある。寒冷地や直射日光の当たる場所では対策を講じること。
	計測プロセス	<p>1)計測、伝送処理(現地のセンサノード、シンクノードでの自動処理)</p> <p>桁、床版等に設置した加速度センサ、動ひずみセンサ、温湿度センサのデータを設定された時刻にセンサノード内でデジタルに変換し、時刻履歴データを計測する。計測したデータはシンクノードに特定小電力無線通信(920MHz)で伝送し、シンクノードに一時保存する。シンクノードに保存されたデータは定期的(設定値)に公衆回線を通してサーバに伝送する。これら処理はすべて設定条件で自動で処理される。各データはGPSより得た時刻情報をシステム内で同期することで、5msec以内の誤差精度を持つ。</p> <p>2)データ演算処理(サーバでの自動処理)</p> <p>構造特性を把握するためのデータを算出する。以下の処理は対象となる橋梁のモニタリングに必要な項目を選択し利用するものである。</p> <p>①固有振動数</p> <p>計測した加速度データを周波数解析し、ピークとなる振動数を自動抽出し、時系列に集計、記録する。</p> <p>②中立軸</p> <p>車両走行時の桁上下面の桁ひずみから、桁の中立軸の位置を算出する。構造物に変化が発生する場合は、桁上と下で発生するひずみのバランスに変化が生じる。その差から桁に発生する中立軸の位置を算出する。</p> <p>③活荷重</p> <p>床版裏側に橋軸直角方向に設置したひずみセンサのデータから、活荷重により発生する床版のひずみ影響線を計測値の軸重に該当する波形の山毎に、最少二乗法で誤差が最少となるように線形倍する(カーブフィッティング)。その倍数が軸重となり、軸重分の算出重量の総和として車両重量を求める。影響線は既知の荷重車の走行試験により計測し作成する。</p> <p>※参照図「軸重算出概念図」、「計測波形例」</p> <p>④桁ひずみ</p> <p>ひずみセンサをウェブフランジの上または下、あるいは上下に設置し計測する。計測値の最大(引張りひずみ)または最小(圧縮ひずみ)を桁ひずみとして算出する。</p> <p>※参照図「計測波形例」</p> <p>⑤活荷重と桁ひずみの相関</p> <p>活荷重計測時刻と桁ひずみ計測時刻から、同一車両走行時の活荷重と桁ひずみデータを自動的に紐づけし、相関データを算出する。</p>
	アウトプット	<p>以下のデータを画面表示、およびCSVファイルで出力</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計測生データ(加速度、ひずみ) ・固有振動数推移(時系列、温度変化データ) ※参照図「固有振動数分布」 ・中立軸の位置推移(時系列、温度変化データ) ※参照図「中立軸の位置分布」 ・活荷重-桁ひずみ相関データ ※参照図「活荷重-桁ひずみ相関」
	計測頻度	<p>通常計測頻度：1日2回(5分/回)および、地震発生時(通常より強い振動検出時)</p> <p>※運用により計測頻度は変更可能</p>
	耐久性	<p>ひずみセンサ、アンブ：IP65相当(社内試験により確認)</p> <p>センサノード、バッテリーユニット：IP65相当(社内試験により確認)</p> <p>シンクノード：IP×3相当(社内試験により確認)</p> <p>GPSユニット：IP65相当(社内試験により確認)</p>

	動力	センサおよびセンサノード: 電池駆動(バッテリーユニットと専用ケーブルで接続) シンクノードおよびGPSユニット: 商用電源(100V)
	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	計測装置と一体 ・センサノード: 920MHz無線通信モジュールを搭載 ・シンクノード: 920MHz無線通信モジュールおよび無線ルータ(LTE)を搭載
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測装置と一体
	データ収集・記録機能	・シンクノード内HDD(保存容量40GB)に一定期間保存(HDD内のデータベース) ・長期保存する場合は、シンクノード内のデータをインターネット(VPN)経由で、サーバに転送し保存する。 ・サーバ内HDD容量については、保存期間により決定する。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	【センサノードーシンクノード間】 ・通信方法 無線 ・通信規格 920MHz(922.3~928.1 MHz) ・通信距離 500m程度(周辺環境に依存) 【シンクノードーサーバ間】 ・通信方法 無線 ・通信規格 LTE
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	【センサノードーシンクノード間】 省電力無線、独自プロトコルであり、セキュリティ対策なし 【シンクノードーサーバ間】 VPN接続
	動力	センサおよびセンサノード: 電池駆動(バッテリーユニットと専用ケーブルで接続) シンクノードおよびGPSユニット: 商用電源(100V)
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	センサおよびセンサノードの計測可能時間(計測、通信) 1日2回(1回5分間)の計測で5年以上

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	有	仕様書記載の使用範囲 【動ひずみセンサ】 ±208.33 μ st (出力感度1.80mV/ μ st、ゲイン設定12dB) 【加速度センサ】 ±2000Gal(X,Y,Z軸)(±2G) 【標準試験値】 未検証	
	校正方法	製造時に選別 出荷時に感度計測を実施し、センサ毎に校正。 設置後は校正しない。		-	
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※	有	仕様書記載の使用範囲 使用周波数範囲 【動ひずみセンサ】 フィルタ特性 0.01~50Hz ±10% (-3dB) 【加速度センサ】 フィルタ特性 DC~62.5Hz(-3dB)
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	有	仕様書記載の使用範囲
	S/N比	ノイズ特性	性能確認シートの有無 ※	有	仕様書記載の使用範囲 ※動ひずみセンサのノイズは使用環境に依存し、変化する。
			【性能値】 【動ひずみセンサ】 0.2~ μ st(実測値) 【加速度センサ】 25 μ g / \sqrt Hz(メーカー保証仕様) 【標準試験値】 未検証		
	分解能	性能確認シートの有無 ※	有	検出性能、検出感度で規定された入力信号をCPUのA/D変換器で変換した時の1ビットあたりの数値を示すものである。 動ひずみセンサ:12ビット 加速度センサ:16ビット	
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	検出性能、検出感度で規定された入力信号をCPUのA/D変換器で変換した時の1ビットあたりの数値を示すものである。 動ひずみセンサ:12ビット 加速度センサ:16ビット	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	
	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 ※		-	
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

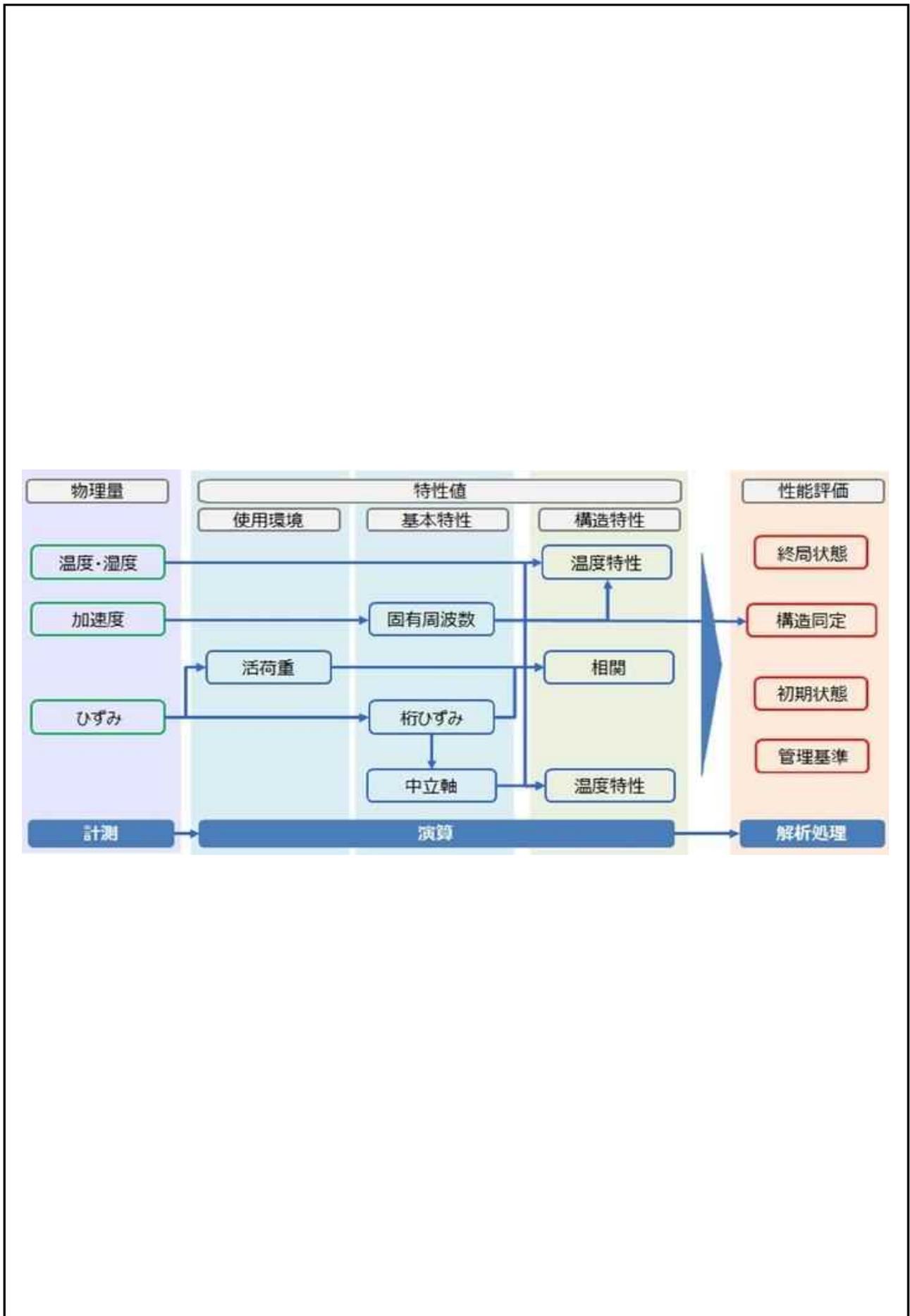
5. 留意事項(その1)

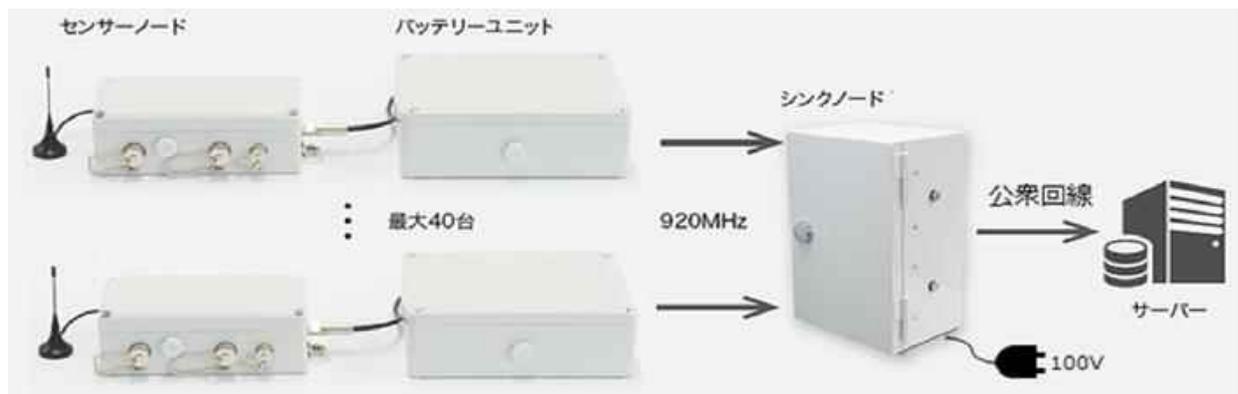
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	センサを設置するための作業場所、立入が可能であること	-
	周辺条件	【加速度センサ】 ・計測したい周波数帯域と同様の強制振動の発生している場所 ・適用範囲外の周波数帯域で、折り返しによる影響が想定される振動が発生している箇所	-
	安全面への配慮	機器の落下防止 緊急時の電源断	-
	無線等使用における混線等対策	無線帯域の利用状況を事前調査し、使用されていない帯域のCHを使用する。	-
	道路規制条件	路面上にある構造物の計測用に機器を設置する場合は、あるいは、橋梁下に道路がある場合は、交通規制が必要となる。	-
	その他	-	-

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	機器の使用、設置方法を理解している者 弊社による技術指導、取扱説明後に実施可能	-
必要構成人員数	現場責任者 1人 担当者最低 2人(作業工程により増減)	計測箇所数、設置工事期間により人員は調整
作業ヤード・操作場所	事務所による閲覧、データ確認	監視業務を実施する場所、分析評価を実施する場所でそれぞれデータの閲覧が可能
計測費用	【初期費用】 450万円 ひずみ4箇所、加速度2箇所計測システム ・機器費(250万円)、事前調査費(50万円)、工事費(150万円) ※活荷重計測を含む場合は、走行試験費用(100万円)、キャリブレーション費用(100万円)を追加 【モニタリング費用】 加速度計測のみの場合 120万円/年 活荷重計測を含む場合 150万円/年	動ひずみセンサ:15万円/台 センサノード(バッテリーユニット込み):45万円/台 シンクノード:85万円/台 機器の台数、モニタリング橋梁数など、数量ボリュームにより相談可。 対象橋梁のロケーション、環境により、事前調査、工事費用は大きく変動する。モニタリングに内容により実費用については個別見積もりとなる。
保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない。 利用者に依存。	-
自動制御の有無	自動計測	-
利用形態:リース等の入手性	計測機器は購入を前提 計測データはデータ提供サービス(年1~2回の結果報告)	特性カルテの作成と報告とする。 特性カルテを活用した評価は含まない。
不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制あり	購入時に営業窓口を連絡 不具合発生時は営業担当が技術者を派遣し対応
センシングデバイスの点検	デバイスの点検は不要 システム上で機器の異常については検知可能	-
その他	-	-

6. 図面





1. 基本事項

技術番号	BR030022-V0121		
技術名	塩害補修効果モニタリングシステム		
技術バージョン	ver.01	作成: 2021年10月	
開発者	日本工営(株) モニタリングシステム技術研究組合(RAIMS)		
連絡先等	TEL: 03-3238-8113	E-mail: a4043@n-koei.co.jp	日本工営(株)交通インフラマネジメント部 松山公年
現有台数・基地	数台 (受注生産を基本とする)	基地	東京都千代田区麹町5-4 日本工営(株)
技術概要	<p>本システムは、塩害劣化コンクリート部材の補修箇所が再劣化(マクロセル腐食)する際の電位を経時的に把握する技術である。</p> <p>照合電極を断面修復部境界近傍に設置し、断面修復境界部の鉄筋に生じるマクロセル腐食発生による電位変化を経時的かつ定量的に計測し、塩害補修効果を把握するシステムである。</p> <p>これにより、定期点検(目視)では確認できない初期の鉄筋腐食反応を捉え、再劣化を把握することができる。</p>		
技術区分	対象部位	上部構造(主桁、横桁)／下部構造(橋台、橋脚)	
	検出原理	電位(電圧)	
	検出項目	鋼材の電位	

2. 基本諸元

計測機器の構成		計測装置: 照合電極 データ収集装置: デジタルマルチメーター、ケーブル、ケーブルボックス ・デジタルマルチメーターで鋼材の電位を計測する。	
移動装置	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能 (飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	-	
動力	-		
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	<p>【断面修復時に設置の場合】 はつり出した断面修復境界部の鉄筋に照合電極を結束バンド等で固定する。また、この際は照合電極の検出部を境界部に向けて設置する。なお、照合電極のケーブルは躯体外部に出しておく。さらに、別途、鉄筋に銅線を固定し、ケーブルは同様に躯体外部に出しておく。</p> <p>【断面修復後に設置の場合】 断面修復部付近の健全部に2箇所削孔する。削孔は鉄筋位置までドリル削孔等を行う。削孔部に照合電極を設置し、周辺を無収縮モルタルで埋設し一体化させる。照合電極は、同一鉄筋上に2箇所設置する。さらに、別途、鉄筋を露出させ、鉄筋に銅線を固定し、ケーブルは同様に躯体外部に出しておく。</p>	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・鉛式照合電極の外観寸法(φ22×133mm)※ケーブル除く ・小型照合電極の外観寸法(φ13×7mm)※ケーブル除く 	
	センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> ・鉛式照合電極 日本防蝕工業(株)製 PbM-5型 ・小型照合電極 (株)マルイ製 GBRC腐食試験法 埋設型ミニセンサー <p>※その他、上記と同等以上の性能を有する照合電極であれば使用可能</p>	
	計測原理	<p>・鉄筋が腐食する際、鉄は鉄イオンとしてコンクリート中に溶け出し、電子が鉄筋に蓄積される。これにより生じる電位勾配(電圧)を捉えることで、鉄筋腐食の有無を把握することが可能となる。鉄筋付近に照合電極を配置すると、照合電極に対する鉄筋の電位を計測することができる。鉄筋の腐食が進行することで腐食電流が発生し、照合電極に対する鉄筋の電位が低下する。その低下した電位レベルに応じて、腐食の可能性を判断する。本手法は、断面修復後に発生するマクロセル腐食により発生する鋼材の電位変化を経時的に捉えるものである。</p>	
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼材の電位を計測するために、照合電極を鋼材近傍に設置する必要がある。設置の際に照合電極とコンクリートの間に空隙ができないように断面修復材等で一体化する必要がある。また、鉄筋かぶり小さい場合は照合電極の一部が外部に露出する場合もあるため、風雨による劣化を防ぐためにシーリングを施す必要がある。 ・断面修復に用いる材料が極端に電気抵抗率の高い場合は、電位が正しく計測されない可能性があるため留意する。 	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの含水率や温度変化によって計測値が変動するため留意する必要がある。 	
	計測プロセス	<ol style="list-style-type: none"> ①補修箇所に対して、照合電極・銅線(鉄筋からの導通)を設置する。 【断面修復時】断面修復境界部の鉄筋に照合電極及び銅線を設置する。 【断面修復後】断面修復部の近傍と20cm程度離れた箇所に1つつ照合電極を設置する。また、別途銅線を鉄筋に設置する。 ②設置位置に応じて、定期的に計測がしやすい場所までケーブルを延長しケーブルボックスを配置する。 ③照合電極から配線したケーブルを格納したケーブルボックスにアクセスする。 ④ケーブルボックスに格納したケーブルに対しデジタルマルチメーターの端子を当て、電位を計測する。 ・マイナス端子は照合電極のケーブルに接続する。 ・プラス端子は鉄筋のケーブルに接続する。 ⑤デジタルマルチメーターに表示された電位を読み取り、記録する。 ⑥記録した電位は、飽和硫酸銅電極に対する電位に換算した値も記録する。 換算式は使用する照合電極の種類に応じ、土木学会規準(JSCE-E 601-2018)等を参考とする。 	

		計測装置	データ収集	パソコン等
		照合電極 鋼線 (鉄筋設置)	ケーブル ケーブル ケーブルボックス デジタルマルチメーター ・電位計測	記録保存
表2 各種照合電極測定値から飽和硫酸銅電極への換算式				
照合電極 (kV)	規格	$E^{\text{sat}}_{\text{CuSO}_4} = E^{\text{ref}}_{\text{ref}} + E^{\text{ref}}_{\text{ref}} + (E^{\text{ref}}_{\text{ref}} - E^{\text{ref}}_{\text{ref}}) \cdot (E^{\text{ref}}_{\text{ref}} - E^{\text{ref}}_{\text{ref}})$ [mVvsCSE] [mVvsRef] [mVvsCSE] [mVvsCSE]		
二酸化マンガン電極	MNO	$E^{\text{sat}}_{\text{CuSO}_4} = E^{\text{ref}}_{\text{ref}} + 41.5 - 2.00 \cdot (E^{\text{ref}}_{\text{ref}} - E^{\text{ref}}_{\text{ref}})$		
飽和硫酸銅電極	CSE	$E^{\text{sat}}_{\text{CuSO}_4} = E^{\text{ref}}_{\text{ref}}$		
飽和カルメル電極	SCE	$E^{\text{sat}}_{\text{CuSO}_4} = E^{\text{ref}}_{\text{ref}} - 74.3 - 1.66 \cdot (E^{\text{ref}}_{\text{ref}} - E^{\text{ref}}_{\text{ref}})$		
飽和塩化銀電極	SSE	$E^{\text{sat}}_{\text{CuSO}_4} = E^{\text{ref}}_{\text{ref}} - 128.1 - 2.00 \cdot (E^{\text{ref}}_{\text{ref}} - E^{\text{ref}}_{\text{ref}})$		
標準水素	NHE	$E^{\text{sat}}_{\text{CuSO}_4} = E^{\text{ref}}_{\text{ref}} - 318.0 - 0.90 \cdot (E^{\text{ref}}_{\text{ref}} - E^{\text{ref}}_{\text{ref}})$		
鉛電極	PBE	$E^{\text{sat}}_{\text{CuSO}_4} = E^{\text{ref}}_{\text{ref}} - 800.0 + 0.24 \cdot (E^{\text{ref}}_{\text{ref}} - E^{\text{ref}}_{\text{ref}})$		
$E^{\text{ref}}_{\text{ref}}$: 温度 t [℃] における飽和硫酸銅電極への換算電位 [mVvsCSE] $E^{\text{ref}}_{\text{ref}}$: 温度 t [℃] における当該照合電極の測定電位 [mVvsREF]				
出典：2018年制定 コンクリート標準示方書【規程編】 コンクリート構造物における自然電位測定方法(案) (J-SCE-E 601-2018)				
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> 鋼材の電位(電圧値)を計測する。計測時に値が-350mV(飽和硫酸銅換算)以下の場合、鋼材に腐食が生じている可能性がある。電位を経時的に計測することで、電位変化から腐食傾向を把握することができる。 現地にデジタルマルチメーターを持参していれば、計測結果を現地に即座に確認可能である。 現地計測に要する時間は、初期設置を行った後、計測準備に5分、計測に3分、データ確認に1分、機器の撤去に5分程度を要する。 			
計測頻度	・計測装置に制限はないため任意			
耐久性	照合電極: 塩害環境のコンクリート中において、腐食が生じないこと。 ケーブル: 設置対象環境の気温・湿度・紫外線等に対し、被覆等が耐候性を有していること。 ケーブルボックス: 設置対象環境の気温・湿度・紫外線等に対し、耐候性を有していること。			
動力	・本技術では動力を使用しない。			
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・連続稼働を想定していない(一定の頻度の測定を想定している)。			
データ収集・通信装置	設置方法	・照合電極の設置箇所が、地上から近接できない場合は、照合電極のケーブルを延長し、地上から測定できるようにする。ケーブルは地上からアクセスしやすい場所に設置したケーブルボックスまで配線・格納し、同箇所データ収集する。		
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・ケーブル長・ケーブルボックスの寸法・重量は任意である。		
	データ収集・記録機能	・記録機能は有していない(使用するデジタルマルチメーターの仕様による)。		
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	・対象外 (伝送機能は有していない)		
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	・対象外 (伝送機能は有していない)		
	動力	・動力は有していない。		
データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	・対象外 (伝送機能は有していない)			

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	使用するデジタルマルチメーターによる
		【性能値】 1V(1000mV)~-1V(-1000mV)程度 【標準試験値】 未検証		
	校正方法	検査対象と基準電極を用い、両電極間の電位差が基準値であることで照合電極の性能を確認する。 ※照合電極製造メーカー保証		-
	検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	使用するデジタルマルチメーターによる
		【性能値】 ±0.1mV程度 【標準試験値】 未検証		
	検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	使用するデジタルマルチメーターによる
		【性能値】 ±0.1mV程度 鉄筋が腐食した際に-350mV(飽和硫酸銅換算)以下となる 【標準試験値】 未検証		
	S/N比	性能確認シートの有無 ※		-
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	使用するデジタルマルチメーターによる
		【性能値】 0.1mV(使用するマルチメーター※の機能による) ※三和電気計器(株)社製 CD771を使用 【標準試験値】 未検証		
計測精度	性能確認シートの有無 ※	無	-	
	【性能値】 ±20mV程度 ※照合電極製造メーカーの成績書より 【標準試験値】 未検証			
計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	
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 ※		-	
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	

※「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	・設置箇所に作業員が近接するためのスペースがあること。 ・作業車を用いる場合はそのスペースがあること。	
	周辺条件	-	
	安全面への配慮	・設置時に道路上で作業車を使用する場合は、交通誘導員を配置し実施する。	・詳細は道路管理者および警察署等の関係機関と協議し決定する。
	無線等使用における混線等対策	-	
	道路規制条件	・設置時に道路上で作業車を使用する場合は、交通誘導員を配置し実施する。	・詳細は道路管理者および警察署等の関係機関と協議し決定する。
	その他	-	

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	現場責任者1人、補助員1人 合計2名	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	計測費用	計測機器設置費:40万円(1箇所) データ収集費 30万円(1箇所、月1回、1年間実施の場合)	・費用は設置箇所数により変わることがある。
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託(計測機器費用及び設置作業費用を含む)	-
	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

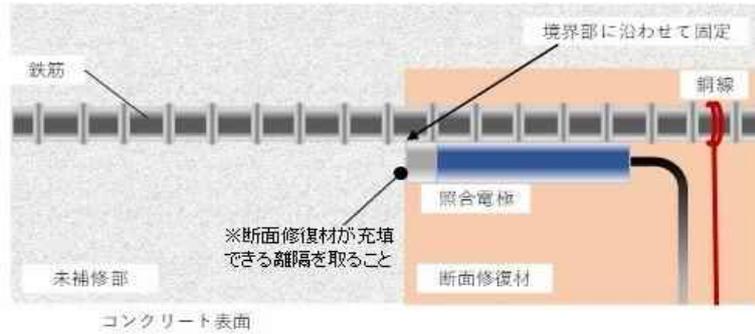


図-1 断面修復施工時における照合電極の設置例



(a) 鉛式照合電極 (φ22×133mm)



(b) 小型照合電極 (φ13×7mm)

写真-1 使用照合電極

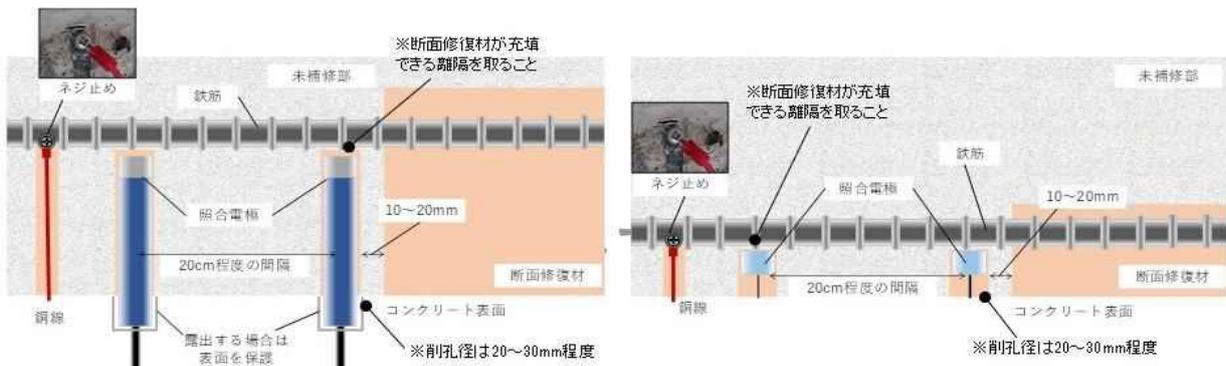


図-2 断面修復後における照合電極の設置例 (左：鉛式照合電極 右：小型照合電極)



写真-2 データ収集状況

1. 基本事項

技術番号	BR030023-V0121		
技術名	広帯域超音波による橋梁基礎の洗掘の計測技術		
技術バージョン	-	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社アルファ・プロダクト 株式会社社長大		
連絡先等	TEL: 03-6457-2666 082-545-6653	E-mail: t.hara@alpha-product.co.jp arii-k@chodai.co.jp	技術部 原 徹
現有台数・基地	2	基地	東京都江東区青海2-4-10 東京都立産業技術研究センター 製品開発支援ラボ313
技術概要	<p>1、概要 発振と受振の2つの探触子を直接対象コンクリートに接触させる2探触子法専用のコンクリート用超音波探査技術。通常の固定周波数ではなく、0.3MHzから1.5MHzまでの広帯域成分の超音波を発振する。 コンクリートの探査では、距離(厚さ)や劣化度等によって透過する周波数は構造物ごとに異なるため、固定周波数では探査できないが、広帯域とすることで長距離探査を可能にしており、密度や組成の異なる2つの物質の境界面で反射エコーが得られることから、コンクリートと土の境界や空洞の始まりを検知できる。水のある空洞では、空洞の始まりから水中にも伝搬する。</p> <p>2、技術特徴 ・印加電流の波形を特殊なものとして、1回の発振で広帯域の超音波を発生させる。 ・広帯域とすることで小さくなる入力エネルギーを、最大1000回の信号を加算することで補完する。 ・発信探触子に高周波発振器を内蔵し、ケーブルでの波形変化を回避する。 ・受信探触子に増幅アンプを内蔵し、ケーブルでの減衰を回避してS/N比を向上させている。 ・探査法によって鉄筋の影響を無視する手法と、鉄筋を探査する手法の選択が可能。 ・減衰補正機能や、任意の時間軸でのFFT機能を搭載して、波形の判定を補完している。</p>		
技術区分	対象部位	橋脚、橋台	
	検出原理	超音波	
	検出項目	フーチング下面の空洞	

2. 基本諸元

計測機器の構成		1、発振探触子、受振探触子各1個 2、広帯域超音波探査機 3、ノートパソコン 4、探査機用充電式バッテリー 5、探触子接続ケーブル(同軸2本) 6、LANケーブル 7、小型液晶モニター	
移動装置	移動原理	-	
	移動制御機構	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)	・ノートPC: 約8時間 ・探査機本体: 約8時間		
設置方法		・探査機と探触子を同軸ケーブルで接続し、探査機とノートパソコンをLANケーブルで接続する。 ・充電式バッテリーを探査機に接続する。 ・探査機とノートPCを起動し、接触媒質を塗布した探触子を探査する位置に設置する。	
外形寸法・重量(分離構造の場合)		・探査機: 幅26cm × 高さ7cm × 奥行28cm、(取っ手含まず)、重量: 約1.5kg ・探触子: 直径52mm × 高さ65mm(発振、受振) 重量: 約900g(1個) ・ノートパソコン: 幅38cm × 奥行25cm × 高さ3.5cm、重量: 約2.2kg ・充電バッテリー: 幅15cm × 奥行26cm × 高さ5cm	
センシングデバイス		・アクティブ型広帯域超音波探触子(自社開発)	
計測原理		コンクリートの探査では、距離(厚さ)や劣化度等によって透過する周波数は構造物ごとに異なるため、固定周波数では探査できないが、広帯域とすることで長距離探査を可能にしており、密度や組成の異なる2つの物質の境界面で超音波が反射し、反射エコーが得られることから、コンクリートと土の境界や空洞の始まりの深さ(距離)を検知できる。水のある空洞では、空洞の始まりから水中にも伝搬する。 ・コンクリートに入射した超音波はコンクリートと空気の境界で全反射するため、大きな反射エコーが得られ、空洞の検知は容易である。 ・空洞の深さを計測する場合は空洞が水につかっている必要がある。	
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)		・探触子表面に超音波の入射効率を改善する接触媒質(グリセリンゼリー)を塗布する必要がある。この接触媒質は水溶性で、2-3日で塗布の痕跡は消える。 ・浅くても速度の速い流水のある箇所では接触媒質が流れるため使用できない。 ・探触子の面の垂直方向に超音波のビームが出る。指向角は約20度。この円錐の中の範囲を測定する。 ・探触子が浸水する箇所ではショートするため、防水対策を行う必要がある。 ・鉄板や繊維シートの上からの探査は問題ない。	
精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・コンクリートの音速は、構造物のコンクリート設計強度や、打設状況、気候・環境等によって異なる。 測定前には必ず対象コンクリートの音速を測定するが、音速測定部位のコンクリートと探査するコンクリートは、同じ設計強度であっても環境や設置個所が異なるため、経験上5%程度の音速差がある。探査機で測定するのは反射エコーを受信するまでの時間であり、これに音速を乗じて距離を計算するため、測定した距離にも5%程度の誤差がある。 ・凹凸の激しいコンクリート表面では接触面積が小さくなり、探査が困難になる。 ・鉄筋は探査の障害とはならない。	
計測プロセス		1、探査機で測定するのは、反射エコーが帰るまでの時間であり、これに音速を乗じて距離を算出するが、コンクリートの音速は一定ではなく、設計強度や打設方法、環境や劣化度により異なるため、測定に当たっては、探査するコンクリートと同時に打設された箇所かつ長さ(厚さ)が分かる部位で音速を測定する。音速測定は探触子で対象部位を挟む透過法で行う。 2、測定した音速の数値を探査ソフトに設定する。探査ソフトの時間表示が距離表示に代わる。この表示される距離は、往復の時間から計算するため、実際の距離の倍を表示している。 3、探査対象コンクリートの損傷や劣化がないと思われる箇所を版厚を測定し、きれいに版厚が把握できるように探査機の各設定値を決める。この設定で以降の探査を行う。 4、探査の目的を考慮し、効果的かつ合理的に探査できるように対象コンクリートの測点を設定し、測点名称を決めてマーキングする。 5、順次測定を行い、十分な波形が得られているかを確認し、測点名で波形を保存する。保存は画像として波形を保存する方法と、波形のデジタルデータ形式(csv形式)で保存する方法があるが、通常は両方で行う。詳細に波形を解析するときにはcsv形式が適している。画像形式(jpg)はあとで設定を変更したりフィルターをかけることができない。 6、必要に応じてバンドパスフィルターやFFTを使用し、波形判定の補助とする。	
アウトプット		・保存データはCSV形式と表示画像のJPGの2種類。 ・波形の横軸が時間(距離)、縦軸は信号の大きさを示す。縦軸に絶対値はない。 ・波形が密で、波形の先端がとがっているほど反射波の周波数が高いことを示す。 FFTを使用すれば、詳細に周波数分布が確認できる。 ・波形全体を見て、振幅と周波数成分から変化点を探し、変化点で波形を区分し、変化点の距離を確認する。 ・上記はその例である。全体を3つに区分し、各区分の距離を色別で記入している。	
計測頻度		1測点で、設定を決定するまでに約5回、約10分。 設定が確定後は1測点で約2回、約5分。	

	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 探触子は密封構造で防滴、ただしコネクタ部分は浸水不可。 探査機はとくになし。
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ノートPCと探査機は充電電池駆動。 探触子は探査機から給電される
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ノートPC: 約8時間(充電バッテリー1個当たり) 探査機: 約8時間
データ 収集・ 通信 装置	設置方法	探査機にLANケーブルで接続されるノートパソコン。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	ノートパソコン: 幅38cm × 奥行25cm × 高さ3.5cm、重量: 約2.2kg
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ノートパソコン本体のハードディスクに保存。 SDカードあるいはUSBメモリーに保存。
	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	内蔵充電電池。
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ -	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	-	
		【性能値】 サンプリング数: 60,000 (クロック5MHzで0.012sec, 音速4000m/secのコンクリートで測定距離48m) 【標準試験値】 未検証			
	感度	校正方法	・測定前の、現地での対象コンクリートの音速測定 ・版厚が確認できる波形の採取とその時の各種設定の確認		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※		-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	-
		【性能値】 61dB(探触子+探査機本体) 【標準試験値】 未検証			
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	-	
		【性能値】 90dB 【標準試験値】 未検証			
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	-	
	【性能値】 ・ADコンバータ: 16bit ・サンプリング周波数: 5.0MHz, 2.5MHz, 1.25MHz 【標準試験値】 未検証				
計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	-		
	【性能値】 コンクリートそのものに5%程度の音速差があるため、 測定した距離にも5%程度の誤差 【標準試験値】 未検証				
計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		
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 ※		-		
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		

※「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	人が歩いて測定地点に行ける事。	-
	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	-	-
	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	自社講習受講者	-
	必要構成人員数	主任技師1名、技師2名	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	計測費用	・業務受託:1日計測、測点数約50-100点、1日当たり約70万円(税、交通費別) ・販売:装置一式1700万円(受注生産、納期3か月)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	購入品(受注生産)、調査業務受託	-
	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	作動音の確認 コネクタの確認	-
その他	-	-	

6. 図面



広帯域超音波探査装置

- ①ノートPC
- ②探触子
- ③探査機本体

橋台下洗堀探査状況写真





接触媒質
ソニコート・コンクリート用



道路下地盤探査状況写真

1. 基本事項

技術番号	BR030024-V0121		
技術名	水中3Dスキャナーによる水中構造物の形状把握システム		
技術バージョン	1	作成: 2021年10月	
開発者	いであ株式会社		
連絡先等	TEL: 022-263-5826	E-mail: ftarou@ideacon.co.jp	いであ株式会社 古殿 太郎
現有台数・基地	2台	基地	神奈川県横浜市都筑区、大阪府大阪市住之江区、福岡県福岡市東区のうち2箇所
技術概要	<p>水中3Dスキャナー(以下3DS)は水中の構造物や水底の詳細形状を高精度・高密度な点群データとして計測する音響機器で、水底に静置した状態で音波発信部を回転させ、半径15mの範囲内の水中形状を3D点群データとして取得する。計測誤差は約2cm、分解能は1.5cm、計測対象は大きさ5cm以上である。音波は上下・左右に向けて発信されるため、水面直下の構造物も計測できる。3DSは小型軽量のため調査員3名、ワゴン車1台、作業船1隻で運用可能で、濁水中や流速2m/sec以下、水深50m以浅(耐圧は1000m)でも使用できる(重機不要)。岸から潜水士により水底静置する場合は作業船が不要となる。3DSはクラックや錆などの微細な変状や色の識別はできず、堰下等の気泡が多い水中の計測もできない。橋脚水中部の計測は三脚による水底静置が基本となるが、対象となる橋脚が多い場合は、作業船に艦装して慣性航法装置と同期させ、ナローマルチビームソナーのように航行しながら短時間で広範囲を計測する(モーションスキャン)ことも可能である。</p>		
技術区分	対象部位	下部構造(橋脚水中部、基礎部)／周辺河床の洗堀／土砂・流木等の堆積	
	検出原理	1350kHzの超音波	
	検出項目	水中構造物、水底地形の3次元形状と座標	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>【水底静置計測】 3DSによる水中計測システムは音波発信部、パンチルト雲台、三脚、ケーブル、ジャンクションボックス、ノートPCと専用のPCソフト、発電機から構成される。音波発信部をパンチルト雲台、三脚に固定してケーブルで船上のジャンクションボックスにつなぎ、ジャンクションボックスとノートPC、発電機(100V、45W)を接続する。計測したデータはリアルタイムで船上のノートPC画面で確認し、ハードディスクに保存する。</p> <p>【船舶艦装計測】 作業船の舷側に金属製のポールを固定し、水中の下端に3DS音波発信部、上端に慣性航法装置のGNSSを固定する。3DSとGNSSをケーブルにより慣性航法装置本体に接続し点群データの歪みを補正するとともに点群の極座標を公共座標に変換する。動揺センサーをノートPCにケーブルで接続して計測状況をリアルタイムで確認するとともにハードディスク内にデータを保存する。</p>
移動装置	移動原理	<p>【据置】:水底静置計測 水底静置計測では、静置場所まで作業船または潜水士で3DSを運搬し水底に垂下・静置して計測を行うものである。</p> <p>【接触型】:船舶艦装計測 3DSを作業船に艦装し、3ノットで航行しながら計測を行うものである。</p>
	通信	有線
	測位	<p>【水底静置計測】 GNSS(水中3Dスキャナーを垂下する作業船の位置)</p> <p>【船舶艦装計測】 GNSS</p>
	自律機能	-
	衝突回避機能 (飛行型のみ)	-
外形寸法・重量	使用する作業船による。操船者、オペレーター、作業補助員の3名が乗船できる大きさ。	
搭載可能容量 (分離構造の場合)	使用する作業船による。	
動力	<p>【水底静置計測】 3DSによる計測は橋脚を囲むように静置して複数回実施する。静置場所を移す際の動力は潜水士または調査船となり、内燃機関はガソリンまたはディーゼル。出力は船による。仮設備不要。</p> <p>【船舶艦装計測】 調査船は内燃機関でガソリンまたはディーゼル。出力は船による。仮設備不要。</p>	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-	
設置方法	<p>【水底静置計測】 音波発信部を三脚に据え付けて、船上から水底に垂下・静置。</p> <p>【船舶艦装計測】 作業船の舷側にステンレス製の架台をクランプで固定し、長さ3mのステンレスポールを架台にナットで固定する。ポール下端に3DS音波発信部を固定して水深約0.8mとなるよう調整し、ポールの上端にGNSSを固定する。作業船の中心部に動揺センサーをナット等で固定し、ケーブルで3DS、GNSSと接続する。動揺センサーをケーブルでノートPCに接続する。GNSS、動揺センサー、ノートPCは濡れないようにビニール袋や防水箱、小型物置等に入れる。</p>	
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	音波発信部:縦27cm×横24cm×高さ40cm、10kg(水中4kg)	
センシングデバイス	<p>3DS: Teledyne Benthos社製 BV5000(1350)</p> <p>【船舶艦装計測】 GNSS、動揺センサー: Applanix社製POS/MV WaveMaster</p>	
計測原理	<p>【水底静置計測】 計測対象に指向性の高い1350kHzの音波を扇状に発信(256ビーム、上下42° 左右1°)し、反射波を受信して時間差を計測する。時間差から計測対象物の距離を算出する。音波発信機の上下角を固定して一定の速度で左右に回転することにより水中構造物・水底質までの距離を点で示し、形状を3D点群データとして可視化する。計測終了後、上下角を変更してさらに左右に回転させることにより、音波発信部を中心とした半径15mの球内を計測する。</p> <p>【船舶艦装計測】 計測対象に指向性の高い1350kHzの音波を扇状に発信(256ビーム、上下42° 左右1°)し、反射波を受信して時間差を計測する。時間差から計測対象物の距離を算出する。音波発信機の上下角を固定して作業船の真横に音波を発信し、橋脚と平行に航行して水中構造物・水底までの距離を点で示し、形状を3D点群データとして可視化する。計測終了後、上下角を変更してさらに航行・計測することにより、水面付近から水深15mまでの橋脚を計測する。</p>	

計測装置	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<p>【水底静置計測】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・濁水中での計測可能、計測の際の環境条件は距離15m以内、水深は0.5m以上(ソナーヘッドが水没する必要有り) 水深50m以浅、流速2m/sec以下 ・計測対象のサイズは5cm以上で微細なクラックや錆等の色の変化は把握できない、堰下等の気泡が多い水中は計測できない、音波発信部の直上と直下は計測できない。 <p>【船舶艦装計測】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水中での計測可能、計測の際の環境条件は水深0.8m以上(船舶航行可能水深)、15m以浅、流速2m/sec以下 ・計測対象のサイズは10cm以上で微細なクラックや錆等の色の変化は把握できない、堰下等の気泡が多い水中は計測できない。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<p>【水底静置計測】</p> <p>音速は水温、塩分の影響を受けるため、海域・汽水域では適宜水温・塩分を計測してデータ処理時に音速を補正する。また、点群密度は水底静置計測では音波発信部の回転速度により変化し、速度が遅いほど点群密度は高くなるが計測に時間を要する。計測対象から離れるほど点群密度も低下する。</p> <p>【船舶艦装計測】</p> <p>音速は水温、塩分の影響を受けるため、海域・汽水域では適宜水温・塩分を計測してデータ処理時に音速を補正する。また、点群密度は作業船の航行速度により変化し、速度が遅いほど点群密度は高くなるが計測に時間を要する。計測対象から離れるほど点群密度も低下するため、橋脚計測時は5~10m程度離れたところから計測する。</p>
計測プロセス	<p>【水底静置計測】</p> <p>①橋脚から3~10m程度離れたところに水中3Dスキャナーを垂下し、音波発信部を回転させながら橋脚および河床形状を3Dの点群データとして計測する。音波発信部は左右に最大360°、上下に65°~65°回転可能で、回転速度・角度は計測対象や目的によりノートPCにより専用ソフトで設定する。得られたデータはジャンクションボックスを介してノートPCに送られ、ハードディスク等に保存する。橋脚1本に対して橋脚を囲むように6箇所程度で計測を行う。計測状況概要を「6. 図面」に示す。</p> <p>②3D点群データのノイズを処理し、複数の計測データを統合して橋脚および周辺河床の3Dモデルを作成する。</p> <p>③橋脚の3Dモデルを設計図面に重ね合わせて洗堀の規模を算出する。水底静置計測で得られる点群データは音波発信部を原点とする極座標のため、CAD等により設計図面と重ね合わせて公共座標系に変換する。現地調査時に橋脚の水上部を3Dレーザースキャナーにより計測して公共座標系の位置情報を持つ3D点群データを取得し、水中部の点群データと統合することにより、3DSの極座標を公共座標系に変換することもできる。</p> <p>【船舶艦装計測】</p> <p>①水中3Dスキャナーのソナーヘッドの向きを作業船の真横に固定し、音波をに発信する。橋脚計測前に同一箇所を複数回計測するパッチテストを行い、現地計測後のデータ処理時にソナーヘッドの取り付け角度を補正する。橋脚から5~10m程度離れたところを橋脚と平行に2~3ノットの船速で航行して橋脚および河床形状を3Dの点群データとして計測する。得られたデータはジャンクションボックスを介してノートPCに送られ、ハードディスク等に保存する。水深が10mの場合はソナーヘッドの上下角(チルト角)を変えて3回計測する。計測状況概要を「6. 図面」に示す。</p> <p>②3D点群データのノイズを処理し、複数の計測データを統合して橋脚および周辺河床の3Dモデルを作成する。</p> <p>③橋脚の3Dモデルを設計図面に重ね合わせて洗堀の規模を算出する。船舶艦装計測はGNSSと水中3Dスキャナーが同期されるため、公共座標系の位置情報を持つ点群データが取得される。</p>	
アウトプット	<p>【水底静置計測】</p> <p>計測後、設定したスキャン速度と作動角度から点群の任意座標を自動計算し、水中3Dスキャナーオリジナルの収録ファイル(.son)と点群データ(.xyz)でアウトプットされる。</p> <p>【船舶艦装計測】</p> <p>計測ファイルはモーションスキャンオリジナルの収録ファイル(.pds)で保存される。モーションスキャンデータ収録・処理ソフト(PDS)で動揺方位補正、潮位補正、音速度補正、電子基準点による位置情報補正(橋梁下で衛星電波が届かない箇所等)、ノイズ処理等の作業を行った後、点群データ(.xyz)でアウトプットする。計測とは別に機器の艦装・テストに1日、艦装解除に1日必要。</p>	
計測頻度	<p>【水底静置計測】 1時間に3回(概査の場合は1時間に6回)</p> <p>【船舶艦装計測】 100,000m²/日 (水際~水深10mまでを計測対象とし、船速3ノットで計測した場合。上下角を変えて同一箇所を3回計測)</p>	
耐久性	耐圧水深1000m	
動力	ポータブル発電機により電力供給(100V、最大45W)	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-	
設置方法	<p>【水底静置計測】</p> <p>3DSとノートPCを有線で接続し、ノートPCにデータを保存する。専用のPCソフトが必要。</p> <p>【船舶艦装計測】</p> <p>3DSとノートPCを有線で接続し、ノートPCにデータを保存する。専用のPCソフトが必要。</p>	
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	幅40cm×奥行き25cm×高さ3cm、約2.5kg(ノートPCのサイズ)	

集・通信装置	データ収集・記録機能	点群データはファイルサイズがギガ単位となるため、ノートPCのハードディスクか外付け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	ノートPCはポータブル発電機により電力供給
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※		-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	<p>【水底静置計測】 ソナーヘッドが水中にあることが計測に必須であるため</p> <p>【船舶艦装計測】 作業船の航行可能水深</p>
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	<p>【水底静置計測】 性能値: 最大30m/推奨1m~20m 標準試験: ソナーヘッドを中心とする半径15mの球体内の河床・構造物形状を計測</p> <p>【船舶艦装計測】 性能値: 作業船による移動距離は最大20km/日、水深30mまでの橋脚・河床を計測 標準試験: 作業船による移動距離は最大10km/日、水深15mまでの橋脚・河床を計測</p> <p>周波数1350kHzの音波により計測しているため、15m以上では点群の精度・密度が著しく低下</p> <p>水底静置計測の性能値はカタログスペック。 船舶艦装計測の性能値は、移動距離は船速2ノット(約4km/h)で5時間航行した場合を想定。水深はカタログスペック。</p>
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※		-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	【水底静置計測】 流速2m/sec未満、水深50m未満、水中に気泡が無い、橋脚周りにスキャナーやケーブルがひかかる様な障害物が無い 【船舶艦装計測】 流速2m/sec未満、水中に気泡が無い、波高0.5m以下、風速8m以下	
		【水底静置計測】 ソナーヘッドを中心とした半径15mの球体内 【船舶艦装計測】 水面～水深15m			
	校正方法	特になし。橋脚の計測データと設計図面とを比較して適正に計測できているかを判断		-	
	感 度	検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	音波により水中形状を可視化するため、ソナーヘッドと計測対象物との間に音波を反射する障害物がある場合は計測できない
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	5m離れたところから速度2.5ノットで計測した際の分解能。より近いところから計測した場合は分解能は上がる。(点群密度は高くなる)	
	45点/100cm ²				
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 約2cm ブロックサイズ : L76cm、W38cm、H60cm 水中3Dスキャナー計測結果:L75.6cm、W37.1cm、H59.6cm ブロック間距離:1m、水中3Dスキャナー計測結果0.988m 【標準試験値】 検証なし	
	水底静置計測で1mの距離から0.5°/秒でソナーヘッドを回転させてコンクリートブロックを水底静置計測した場合。				
計測速度 (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】:4ノット 【標準試験値】:2~3ノット	船舶艦装計測 4ノットでの計測も可能だが、点群密度が低下する。	
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		GNSSの誤差による	船舶艦装計測
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-	-	-	

※「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)

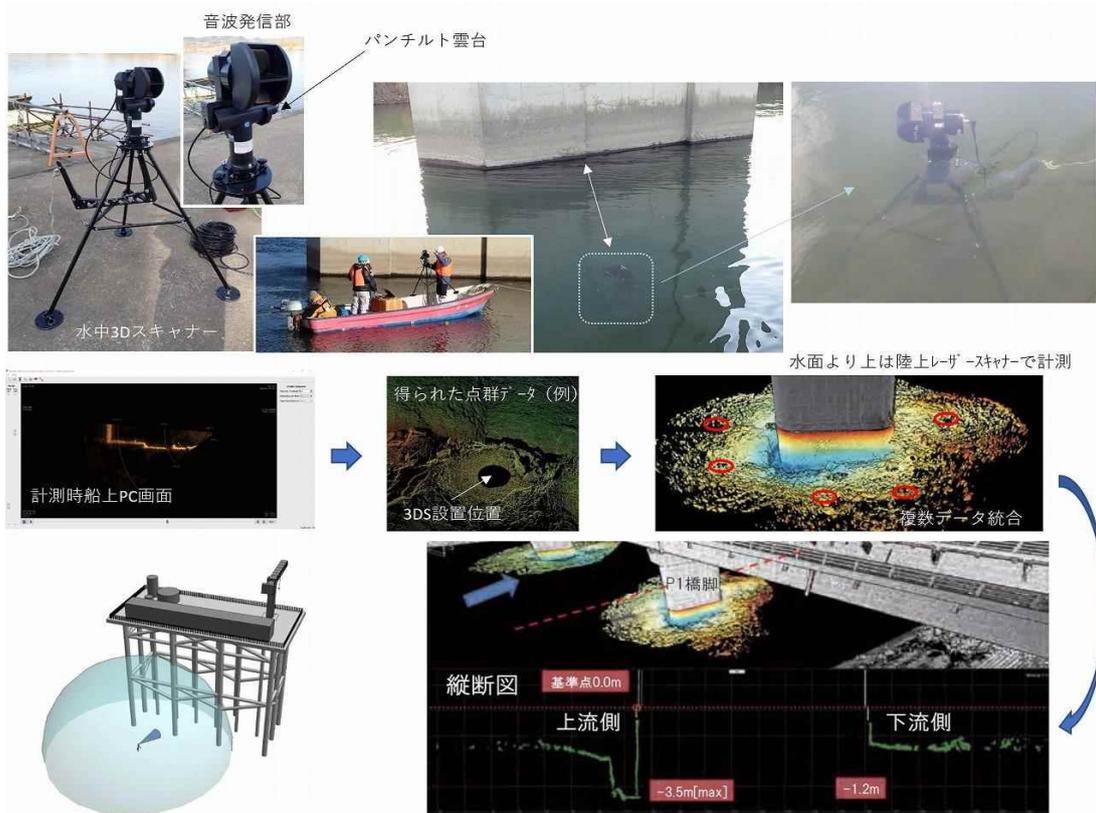
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点 検 時 現 場 条 件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	ポールを立てた作業船が通過するため、水面～桁下は2m程度の空間が必要
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	通常の船上作業に準じる	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	小型船舶による船上作業の安全確保が必要 ・風速7m/s以上は作業不可 ・流速2m/s以上は作業不可 ・波高0.5m以上は作業不可 ・視程300m以下は作業不可	-

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	【水底静置計測】 自社の現地実習1日、机上実習1日またはOJTが必要。 【船舶艦装計測】 ナローマルチビーム計測とほぼ同じ技術が求められる。	-
	必要構成人員数	【水底静置計測】 現場責任者1人(オペレーター)、補助員1人(3DS垂下・回収)、操船者1人、合計3名 【船舶艦装計測】 現場責任者1人(オペレーター)、補助員1人(艦装補助、航行時安全確認)、操船者1人、合計3名	ハイエースバン1台ですべての機材を積み込み可能、積み下ろしに重機不要
	作業ヤード・操作場所	計測作業、機器艦装に船上スペースが幅1.5m×長さ2.0m必要	-
	計測費用	【水底静置計測】: 現場1日35万円、内業25万円 【船舶艦装計測】: 艦装・計測・艦装解除で最低3日必要 現場120万円、内業25万円 (諸手続き・移動にかかる費用、諸経費は含まない)	【水底静置計測】 橋脚及びその周辺の水底形状(10m×10m)を3箇所/日で計測 【船舶艦装計測】 水深10m以浅であれば最大計測距離は10km/日
	保険の有無、保障範囲、費用	機器御動産保険に加入	-
	自動制御の有無	自動制御は無い	-
	利用形態:リース等の入手性	当社調査員による計測・データ整理のみ対応 (機器リースは対応していない)	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	故障時は、別機器により後日再計測	-
	センシングデバイスの点検	点検は求められていないが、計測開始時に得られた点群データの計測値と設計図面等を比較して、故障が無いことを確認	-
その他	気泡の多い堰下や水深0.5m未満では対応困難	-	

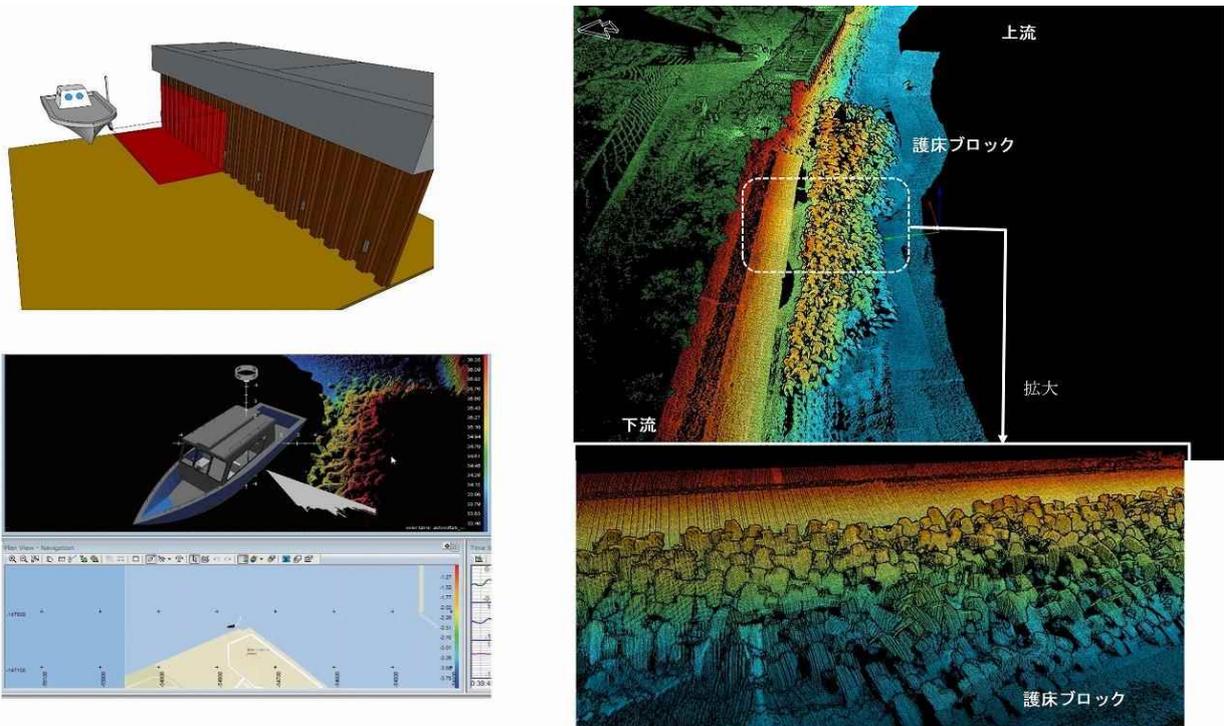
6. 図面

水底静置計測



水底静置計測概要

船舶艀装計測



船舶艀装計測概要

1. 基本事項

技術番号	BR030025-V0121		
技術名	航空レーザ測深による橋梁基礎の洗掘状況モニタリング技術		
技術バージョン	-	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社パスコ		
連絡先等	TEL: 03-6412-2505	E-mail: koabzu8682@pasco.co.jp	東日本事業部 技術センター 空間情報部 大坪 和幸
現有台数・基地	1	基地	名古屋空港(愛知県西春日井郡豊山町大字豊場)
技術概要	<p>移動装置である航空機(回転翼機)に搭載した緑波長のレーザ計測装置を用いて、上空よりレーザ光を照射することで河床の三次元点群データを面的に取得する技術「航空レーザ測深(Airborne Laser Bathymetry)」(以下:ALB)を活用する。</p> <p>ALBは、上空から緑波長と近赤外波長のレーザ光を地表に向けて発射している。緑波長のレーザ光は水面から屈折して水中に貫入し、水底に到達して機器受光部に戻ってくるまでの時間を測定する。近赤外波長のレーザ光は、同様に地表面に反射して戻ってくる時間を測定している。これらのデータ取得後に計算処理によって水底及び地表面の三次元位置座標を求める技術である。航空機に搭載しているため機動性が高く、かつ広域を一定の点間隔及び精度で三次元点群データを取得することが利点である。</p> <p>このALB技術を活用し、水中の橋脚基礎部分周辺の三次元点群データを取得して洗掘状況を把握する。</p>		
技術区分	対象部位	下部構造(橋脚基礎)	
	検出原理	レーザ	
	検出項目	水底地形3次元座標	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測装置(ALB)は、移動装置(回転翼機)を専有して常時搭載した状態で運用している。</p> <p>ALBを搭載した回転翼機は、基地から計測対象地域近傍の前進基地に移動する。前進基地より計測対象地域に移動後、一定の対地高度(約500m)で飛行して上空より計測を行う。</p> <p>計測したデータは、回転翼機のキャビン内に設置した計測装置の記憶機器(SSD)に記録される。計測作業終了後、基地及び前進基地に帰投し、記録されたデータを専用のソフトウェアをインストールした処理装置でデータ処理を行い、三次元点群データを作成する。</p>	
移動装置	移動原理	<p>【飛行型】</p> <p>本計測装置(ALB)は、移動装置(回転翼機)と一体で運用する。</p> <p>ALBと回転翼機は、事前に航空局の修理改造検査を受検しており、ALBのシリアルナンバー及び回転翼機の機体番号は固有の組み合わせに限定されるため、ALBを他の回転翼機に搭載することはできない。</p> <p>従って、本技術を使用する場合は、回転翼機が計測対象地域まで移動することが前提となる。</p>	
	運動制御機構	通信	<p>飛行型</p> <p>回転翼機に人が搭乗し、機体を直接操縦する(有人飛行)</p>
		測位	<p>飛行型</p> <p>機体の三次元位置計測:GNSS/IMU装置</p>
		自律機能	<p>飛行型</p> <p>自律機能無し。人による操縦が前提。</p> <p>ただし、現在位置把握のため、GNSSが用いられる。</p>
		衝突回避機能(飛行型のみ)	<p>操縦士の目視による回避。</p> <p>航空管制及び航空無線による通信。</p>
	外形寸法・重量	移動装置:10.69×12.94×3.14m 1200kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	移動装置と計測装置は一体構造。	
動力	<p>動力源:内燃式(ガスタービンエンジン)</p> <p>電源供給容量:オルタネータにより発電をバッテリーに蓄電後、供給</p>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	180分(回転翼機の積載可能燃料による飛行可能時間)		
設置方法	<p>回転翼機の下部に専用のポッドを設置しており、ALB本体はポッド内部に収納してボルト及びナットにより固定する。</p> <p>ALBのデータ記録機器は、回転翼機のキャビン内部に設置・固定する。</p> <p>実運用にあたっては、事前に航空局の修理改造検査に合格する必要がある。</p> <p>なお、回転翼機とALBは、修理改造検査を受検した組み合わせと同一とし、ALBを他の回転翼機に搭載することはできない。</p>		
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408mm×幅408mm×高さ747mm)、最大重量(41.3kg)		
センシングデバイス	<p>LeicaGeosystems社製</p> <p>距離計測装置:レーザスキャナ(近赤外レーザ、緑レーザ)</p> <p>位置測定装置:GNSS/IMU</p> <p>画像取得装置:デジタルカメラ(RCD30)</p>		
計測原理	<p>回転翼機に搭載した計測装置は、二種のレーザ光(近赤外波長と緑波長)を地上に向けて発射する。</p> <p>近赤外波長のレーザ光は、地物に反射して計測装置の受光部に戻るまでの時間を測定する。</p> <p>緑波長のレーザ光は、水面で屈折して水中に貫入する性質を利用しており、水部では水底に到達して計測装置の受光部に戻ってくるまでの時間を測定する。</p> <p>計測装置の三次元位置及び三軸の傾きや、レーザ光の測定時間のデータを統合計算処理することにより、三次元位置座標を算出する。</p>		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<p>計測装置から発射されたレーザ光が、橋脚基礎部分に至るまでに遮蔽される物体が存在すると計測できない。計測装置は斜め14度方向にレーザ光を照射するため、橋脚の上部工の幅や水面からの上部工の高さに応じて、橋脚基礎部分が計測可能であるか事前の確認が必要である。</p> <p>緑波長のレーザ光は水中に貫入するが、水質によって計測可能深度が変わる。計測装置の仕様として1.5セッキ(透明度の1.5倍)までの水深が計測可能とされている。</p> <p>計測を行う箇所において、事前に水質調査を行ったうえで、想定される水深と水質から計測可否を検討する。水質等の影響で緑波長のレーザ光が水底まで到達しない場合、三次元点群データが取得できずに欠測が発生する。</p>		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・水質の調査 <p>ALBによる測深を行う場合、当該河川の水質及び水深がALB計測に適しているが評価する。通常の水質が良好であったとしても、作業日前に降雨等で水質が低下する可能性があるため、そのような期間は計測を回避するなどの配慮が必要となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GNSS衛星の配置 <p>計測装置は、GNSS衛星を用いた計算処理で計測装置の三次元位置を求めており、その算出にあたってはGNSS衛星の数と配置が重要である。GNSS衛星の配置と数を評価する基準は、DOP(Dilution Of Precision)と呼ばれ、GNSS衛星を用いた解析の精度低下率を示すものである。DOPの値は3以下を標準としており、DOPが大きい場合は三次元点群データの精度も低下する。なお、DOPの値は事前に予測可能であるため、DOPが大きい時間帯には計測を回避するなどの措置が取られる。</p>		

計測装置	計測プロセス	<p>1) 計画準備 計画準備では以下項目について確認する。 ・ALB計測可否及び計測時期の判断 ・要求成果の確認と設定(計測点間隔、成果品項目など) ・ALB計測の計画コース立案 ・調整点の設置箇所選定 ・ALB計測飛行にかかる各種申請</p> <p>2) 航空レーザ測深 1)の計画コースに準じて、ALB計測を行う。</p> <p>3) 調整用基準点の設置と観測 ALBデータの位置精度確認のため、陸部の平らな箇所に所定の数の調整用基準点を設置し、観測作業を行う。</p> <p>4) 三次元計測データ作成 ・航空機のGNSS観測データとIMUデータ、固定局のGNSS観測データを用いて最適軌跡解析処理を行う。 ・最適軌跡解析結果とレーザ測距装置のデータを統合計算処理し、三次元座標を持つ点群データ(三次元計測データ)を作成する。</p> <p>5) オリジナルデータ作成 三次元計測データに対してコース間の標高値を確認(コース間点検作業)し、任意の範囲に切り出したオリジナルデータを作成する。</p> <p>6) グラウンドデータ作成 オリジナルデータから地表及び水底部分以外の地物を除去する処理を行う。この地物を取り除く処理はフィルタリングと呼ばれる。</p> <p>7) 成果品作成 成果品は、通常オリジナルデータ、グラウンドデータ、グリッドデータ、等高線データで構成されており、仕様書に沿って作成する。</p>
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> 計測装置のGNSS/IMU及びレーザ測距装置のデータは、データ記録機器に記録される。 専用のソフトウェアによる統合計算処理によって、三次元計測データを作成する。 通常は、LASデータ及びCSVデータとして出力される。計測プロセスを経て具体的にアウトプットされる 現地では120km/hで計測飛行を行う。計測コースの延長によって計測時間が変わる(10kmの計測に5分程度)。 データ取得状況は上空でリアルタイムで確認する。基地に帰投後、取得データのダウンロード及び一次処理を行って、データの正常性を確認する(着陸後約2時間)。 	
計測頻度	状況に応じて適宜計測を実施する(1年に1回、災害発生後など)	
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 5年程度運用 計測機器メーカーの保証期間は部品交換/修理を適宜行う。 	
動力	移動装置(回転翼機)の動力で発電された電力を供給(専用の電源ケーブル利用) 移動装置は、約180分間の連続飛行が可能。	
連続移動時間 (バッテリー給電の場合)	移動装置より電力を供給	
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> 記録装置は移動装置との一体構造 記録装置は移動装置(回転翼機)のキャビン内部に固定しており、移動装置外部に固定した計測装置とケーブルで接続される。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	記録装置の記録メディア(SSD)に記録
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	移動装置(回転翼機)の動力で発電された電力を供給(専用の電源ケーブル利用)
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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 【飛行型】 移動装置に人が搭乗して操縦 有視界方向による飛行 【標準試験値】 未検証	飛行時の周辺環境を操縦者が判断して飛行する。 降雨時や強風の場合は飛行できない。
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 【飛行型・接触型】 前進基地より300km圏内 【標準試験値】 未検証	最大搭載燃料による移動可能距離
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ 無 【性能値】 GNSS/IMUの解析精度(約15cm) 【標準試験値】 GNSS/IMUの解析精度(約10cm以内)	GNSS衛星の受信状況(DOPが3以下)

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	水質調査(透明度板)による1.5倍の深度まで計測できる。	
		【性能値】 水中は透明度(セッキ板調査)の1.5倍までの深度が計測可能。 【標準試験値】 水中は透明度(セッキ板調査)の1.0~1.5倍までの深度が計測可能。			
	感度	校正方法	【性能値】 ボアサイトキャリブレーションの実施(半年に1回) 【標準試験値】 未検証		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※		-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※		-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※		-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	-	
		【性能値】 陸上:10点/m ² (近赤外波長レーザー) 水部:1点/m ² (緑波長レーザー) * 対地高度500mの場合 【標準試験値】 未検証			
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	無	航空レーザー測深機を用いた公共測量マニュアル(案)の第13条に準じる。	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	無	計測時の計測点密度を維持するための速度。	
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	計測時の計測点密度を維持するための速度。		
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		デジタルカメラは搭載しているが、計測作業時の現況を把握するためであり、計測は行わない。		

※「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	橋梁の上部工によりレーザー光が遮蔽されるため、条件によって橋脚基礎部分が計測できない。回転翼機が安全に運航できるための周辺地形 計測時の水質	-
	周辺条件	回転翼機が安全に運航できるための周辺地形 計測時の水質	-
	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	-	-
	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	回転翼機操縦(操縦士) 計測士(測量士)	-
	必要構成人員数	操縦士1人、機器操作1人 合計2名	計測作業自体は、左記の通り。 その他現場作業(調整点観測、水質調査など)で3~4名が必要。
	作業ヤード・操作場所	機器操作 社内講習7.5時間以上	-
	計測費用	1回計測 2,500千円(税別)	計測条件 計測範囲 0.2km × 1km 計測点密度 水部1点/m ² 、陸部10点/m ²
	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 無し	-
	利用形態:リース等の入手性	計測作業の委託	移動装置、計測装置、作業員を含め、計測作業を作業機関に委託し、計測データを入手する。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
	センシングデバイスの点検	半年に一回(キャリブレーション)	公共測量で運用するためのマニュアルに規定されている。
	その他	-	-

6. 図面

ALB 搭載機器	
機器名	構成
GNSS/IMU	位置姿勢測定装置
1 Chiroptera II	近赤外線レーザー測距儀 緑レーザー測距儀 航空デジタルカメラ(RCD30)
2 Control System	データ記録ユニット



図1 ALB機器構成及び移動装置(回転翼機)への搭載状況

図2 近赤外線レーザーと緑レーザーの計測特性

計測装置(ALB)は、距離計測装置(図1の「1」)とデータ記録装置(図1の「2」)で構成されている。距離計測装置には、近赤外と緑のレーザー測距儀、GNSS/IMU、デジタルカメラが一体化したユニットになっている。距離計測装置は、回転翼機の下部後方に固定された専用ポッドの中に設置・固定されている。データ記録装置は、回転翼機のキャビン内に固定され、距離計測装置とケーブルで接続されている。データ記録装置は、距離計測装置のデータを記録するだけでなく、作業員が距離計測装置のオペレーションや計測状況の監視を行うためにも利用する。

移動装置(回転翼機)を操縦する操縦士は、計画準備作業で作成した計測コースに従って、進行方向、高度、速度を維持しながら航空レーザー計測を行う。レーザー計測では、図2のように近赤外線レーザーは水面高及び地表高、緑レーザーは水中に貫入して水底の標高を取得する。

取得された三次元計測データは、適宜処理及び精度管理を行い、全ての点群(オリジナルデータ)や地表・河床高のみの点群(グラウンドデータ)に加工した上で基本成果とする。最終的に、本成果より図3のように橋脚基礎周辺の地形解析を行い、洗掘状況を評価し

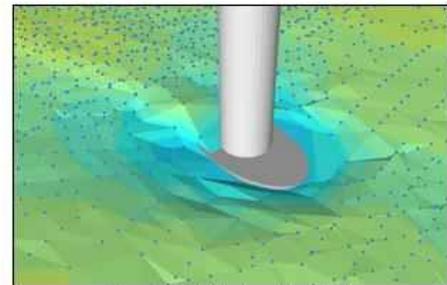


図3 橋脚基礎周辺の地形解析

1. 基本事項

技術番号	BR030026-V0021		
技術名	デジタルカメラによる支承点検技術		
技術バージョン	Version 1.0	作成: 2021年10月	
開発者	パナソニック システムソリューションズジャパン株式会社		
連絡先等	TEL: 080-9946-5263	E-mail: yamamoto.toshi@jp.panasonic.com	パブリックシステム事業本部 システム開発本部 センシングソリューション部 システム開発3課 山本俊明
現有台数・基地	2台	基地	神奈川県横浜市都筑区佐江戸町600番地
技術概要	<p>機能障害の有無を調査したい支承部をデジタルカメラで動画撮影し、その動画をパソコンにインストールした解析用ソフトウェアで分析処理することで、支承部の変位量(垂直・水平)ならびに回転角を計測する技術である。</p> <p>本技術では、計測対象に計測用マーカ等を貼付・設置する必要がなく、そのため計測時にマーカ貼付・設置のための足場構築や高所作業が不要である。さらにマーカ無しで計測できるため撮影した支承部の任意の箇所の変位量、回転角を計測可能である。</p> <p>また、計測した変位量や回転角を撮影した動画に合成して表示することもでき、支承の動きを直感的に分かりやすく表示することも可能である。</p> <p>※本技術の一部は、(公財)鉄道総合技術研究所が国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて検証を実施したものである。</p>		
技術区分	対象部位	支承部	
	検出原理	動画	
	検出項目	変位量(水平・垂直)/回転角	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>・本計測機器は、デジタルカメラで撮影した動画をパソコンにインストールした解析用ソフトウェアで分析処理することで、支承の変位量(垂直・水平)ならびに回転角を自動計測する技術である</p> <p>・デジタルカメラ、録画データ保存用SDカード、ならびに解析用ソフトウェアをインストールしたPCが主な構成要素であり、現場においてこのPCを使用して、デジタルカメラの設定ならびに撮影操作、撮影した動画の目視確認、計測結果の簡易的な確認を行うことが可能である。</p>	
移動装置	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
動力	-		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
設置方法	<p>【据置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●デジタルカメラ <ul style="list-style-type: none"> ・三脚に固定する。 		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ●デジタルカメラ <ul style="list-style-type: none"> ・パナソニック製 型番:LUMIX DC-BGH1 -外形寸法 : 幅 約93.0mm x 高さ 約93.0mm x 奥行 約78.0mm -重量 : 約545g(本体のみ) ●デジタルカメラ用レンズ <p>撮影要件によって次の2つのレンズを使い分ける</p> <ol style="list-style-type: none"> ①望遠レンズ (目安として、撮影対象物との撮影距離が5m以上の場合に使用) <ul style="list-style-type: none"> パナソニック製 型番:H-PS45175 -外形寸法 : 最大径61.6mm、全長90.0mm(先端よりマウント基準面まで) -重量 : 約210g -焦点距離 : 45-175mm ②広角レンズ (目安として、撮影対象物との撮影距離が5m以内の場合に使用) <ul style="list-style-type: none"> パナソニック製 型番:H-PS14042 -外形寸法 : 最大径61.0mm x 全長26.8mm(先端よりマウント基準面まで) -重量 : 約95g -焦点距離 : 14-42mm ●三脚 <ul style="list-style-type: none"> ・品番指定なし(剛性の高いもの) ●記録用メディア(SDXC/SDHCメモリーカード) <ul style="list-style-type: none"> ・品番指定なし(UHS-I/UHS-II U3(UHS Speed Class 3)以上推奨) ●PC(デジタルカメラ BGH1操作) <ul style="list-style-type: none"> ・パナソニック製 Let's note CF-SV7 -外形寸法 : 幅283.5mm x 奥行203.8mm x 高さ24.5mm(突起部除く) -重量 : 約0.999kg(付属のバッテリーパック(S)(約255g)装着時) 		
センシングデバイス	<p>デジタルカメラ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・パナソニック製 型番:LUMIX BGH1 <p>デジタルカメラ用レンズ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・パナソニック製 型番:H-PS45175 ・パナソニック製 型番:H-PS14042 		
計測原理	<p>・本部分をカメラで動画撮影し、その動画を解析用ソフトウェアで分析処理を行う。</p> <p>分析処理においては、動画中の連続する2枚の画像を比較し、その変位量(位置的なずれ量、単位は画素)を計算する。この計算を繰り返すことで、変位量の時系列データを得、これを元に支承部の変位量ならびに回転角(とその時間的な変化)を求める。</p> <p>・支承部の変位量の実寸値を得るために、撮影した動画に写っている任意のものの実寸法をメジャーなどで計測しておき、画素数を実寸法に換算するための係数を算出。分析処理によって得た変位量(単位は画素)をこの係数を元に実寸法に換算する。</p>		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> ・計測対象を一定時間、安全に撮影できる場所(カメラ等の機器の設置場所)の確保が必要である。 ・カメラと計測対象間に遮蔽物が存在する場合は撤去が必要である(例えば伸びた雑草、雑木林等)。 ・降雨、降雪など悪天候時のため撮影に影響が生じる場合は計測することが出来ない。 ・計測対象の外観にテキスチャ(模様や汚れ)が全く無い場合は計測することができない。 		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・変位計測にあたり計測精度向上のため、カメラの露出、画角、フォーカスを適切に設定することに留意する必要がある。 ・同様にカメラが交通振動や風によって振動した場合にも計測精度への悪影響が発生するおそれがあるため、カメラの設置場所、設置方法、撮影時の天候等に留意する必要がある。 ・また大気の揺らぎも計測精度に影響するため、特にカメラと計測対象との間の距離が長くなる場合には留意が必要である。 		

計測プロセス	<p>① 支承部を撮影できる場所にカメラを設置し(計測対象に対して正対)、カメラの露出、画角、フォーカスを調整する。 ② カメラで動画撮影を実行し、撮影した動画データはSDカードに記録される。 ③ 記録した動画データをSDカード経由でパソコンに転送し、パソコンにインストールされている解析用ソフトウェアを使って計測対象の任意の位置を選択し、変位量の時刻歴データを算出する。 ④ 変位の時刻歴データから計測対象箇所の回転角を算出する。</p> <p>現地計測に要する時間は、計測準備に30分、計測に1分程度、データ確認に20分、機器の撤去に10分程度を要する。</p> <div style="text-align: center;"> </div>
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> 計測される変位量と回転角の時刻歴データはcsvファイルにて保存される。 上記の計測した結果は解析用ソフトウェアのグラフィック機能によりグラフ表示したり、撮影した画像に変位量をベクトルとして重畳表示したりして、現地で確認することもできる。
計測頻度	3回
耐久性	-
動力	作業時間に応じて、バッテリーなどの仮設電源が必要になる場合がある。
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> デジタルカメラ パナソニック製 型番:LUMIX DC-BGH1(オプションバッテリー AG-VBR59) 約150分(レンズH-ES12060使用時、FHD/60p(MP4))
データ収集・通信装置	<p>【据置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 解析用ソフトウェア搭載PC <ul style="list-style-type: none"> PC操作可能な場所に据え置き 記録メディア(SDカード) <ul style="list-style-type: none"> デジタルカメラに挿入
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> 解析用ソフトウェア搭載PC パナソニック製 Let's note CF-SV7 <ul style="list-style-type: none"> 外形寸法 : 幅283.5mm×奥行203.8mm×高さ24.5mm(突起部除く) 重量 : 約0.999kg(付属のバッテリーパック(S)(約255g)装着時)
データ収集・記録機能	記録メディア(SDカード)に保存
通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
動力	PCについて、作業時間に応じて、バッテリーなどの仮設電源が必要になる場合がある。
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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	レンズ焦点距離=20mm、かつ撮影距離=1.5mの場合
		【性能値】 幅約1.18m×高さ約0.66mの範囲内にある支承とその周辺部を計測可能 【標準試験値】 未検証		
	校正方法	-	-	-
	検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	撮影時に十分な光量が保証され、かつ撮影対象に十分なテクスチャ(模様や汚れ)が存在すれば確実に検出可能。
		【性能値】 撮影した画像からの変位検出率100% 【標準試験値】 未検証		
	検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	-
	分解能	性能確認シートの有無 ※	-	-
		【性能値】 1/30画素 【標準試験値】 未検証		
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	計測範囲が幅約1.18m×高さ約0.66m、撮影画素数3840(横)×2160(縦)の場合
	【性能値】 未検証 【標準試験値】 橋軸方向 相対差0.014mm (1.20%) 鉛直方向 相対差0.012mm (3.04%) (レーザー変位計との比較において)			
計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-	-	
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 ※	-	-	
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-	-	

※「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	桁下に存在する対象物を計測する場合は、人が進入できる箇所や進入できる空間が必要	-
	周辺条件	・計測対象を一定時間、安全に撮影できる場所の確保が必要 ・カメラと計測対象間に遮蔽物が存在する場合は撤去が必要(例えば伸びた雑草、雑木林等)	-
	安全面への配慮	カメラ、三脚、電源(バッテリー)を公道上に設置せざるを得ない場合は、注意喚起の看板等の設置が必要	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	カメラ、三脚、電源(バッテリー)を公道上に設置せざるを得ない場合は、注意喚起の看板等の設置が必要	-
	その他	・降雨、降雪など悪天候時のため撮影に影響が生じる場合は使用不可 ・計測対象を一定時間、安全に撮影できる場所の確保が必要	-

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)
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	機器の設置レイアウトによっては補助員を増員することが望ましい場合がある(例えば、カメラとPCの距離を離して設置せざるを得ない場合等)
作業ヤード・操作場所	計測機器とカメラの距離 1m~20m以内	-
計測費用	<ul style="list-style-type: none"> ・調査費用(外業):32万円(橋梁1カ所/1日) ・調査費用(内業):100万円(橋梁1カ所/1日分の計測結果まとめ) ・機械経費:30万円/日(橋梁1カ所/1日) ※機器貸出し費用(レンタル経費) ・その他の費用:交通費、宿泊費は別途計上 	-
保険の有無、保障範囲、費用	保険未加入	-
自動制御の有無	自動制御なし	-
利用形態:リース等の入手性	購入品またはレンタル品	-
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	年に1度は定期点検を実施することが望ましい	-
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・転倒・落下等により著しく破損した場合は対応困難 ・レコーダーやPCの記憶装置の故障・破損に伴う記録データの滅失には対応不可 ・撮影時、支承部に対してカメラは基本的に正対で設置とするが、角度をつけざるを得ない場合は、水平・垂直のいずれか1方向のみ±30度以内なら許容 	-

6. 図面

◆ハードウェア構成



◆計測作業フロー

(1) 撮影

デジタルカメラを設置し、露出、画角、フォーカス等の調整を行い、動画を撮影する。

図1-1 支承部(撮影対象)



図1-2 撮影状況



(2) 解析

撮影データを解析用ソフトウェアへ取り込み、計測したい箇所(計測点)を設定し、ソフトウェア上で分析処理することで、支承の変位量(垂直・水平)ならびに回転角を自動計測する。

図2-1 解析用ソフトウェア画面(抜粋)

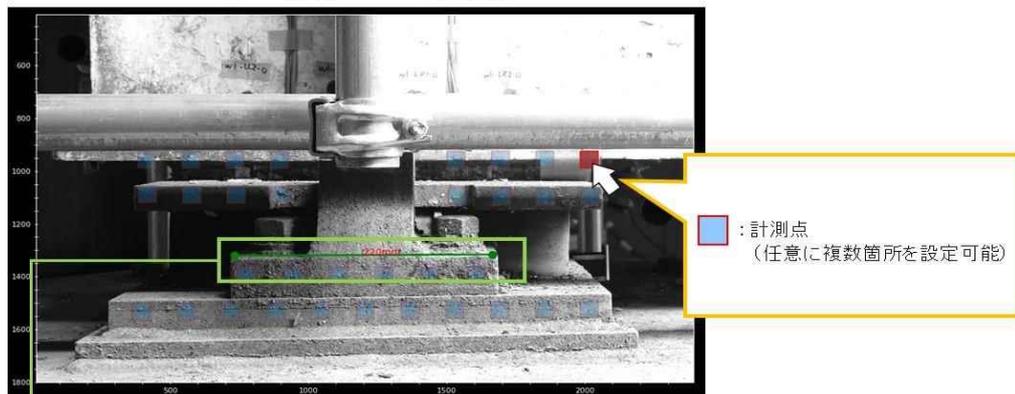


図2-2 実寸値設定箇所の拡大図



※写っている任意のものの実寸値を計測し、解析用ソフトウェアに設定しておくことで、実寸での計測が可能

(3) 解析結果表示

① 変位量(垂直(Y)・水平(X))での変位

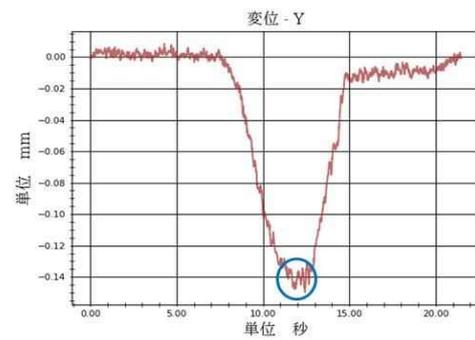
図3-1の通り画像に変位量をベクトルとして重畳表示が可能。
(サンプルはY方向成分のみのベクトル表示)

また、図3-2の通り、各計測点における変位量グラフの出力も可能。
CSVデータとしての出力も可能。

図3-1 計測開始12秒後の変位成分ベクトル表示(Y)



図3-2 ポイントAにおける変位量Yのグラフ



② 支承部の回転角

図3-3 ベクトル表示

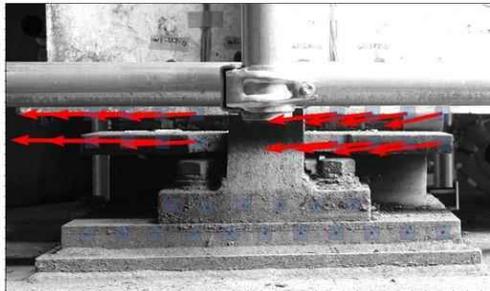


図3-4 回転計算に用いる計測点設定箇所

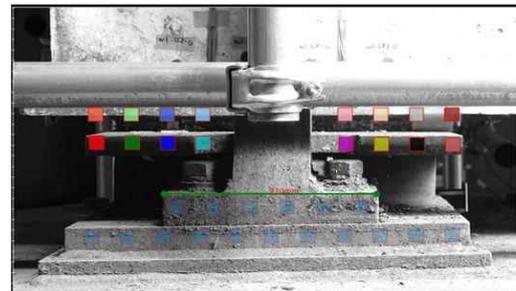
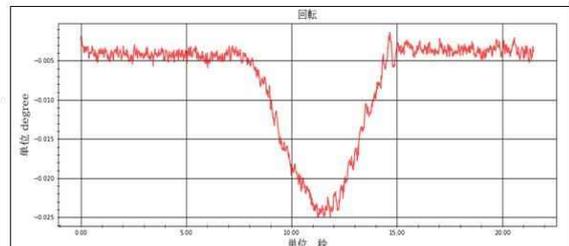


図3-3の通り、画像に変位量をベクトルとして重畳表示が可能。
また、図3-5は、図3-4に示した計測点を含む部材を剛体と仮定して求めた回転角の時系列データのグラフ出力である。
回転角データもCSVとして出力可能。

図3-5 回転角グラフ



1. 基本事項

技術番号	BR030027-V0021		
技術名	無線伝送装置を用いた変位計による支承移動量の測定		
技術バージョン	Ver1	作成: 2021年10月	
開発者	沖電気工業株式会社 愛知県道路コンセッション株式会社 前田建設工業株式会社		
連絡先等	TEL: 06-6260-0700	E-mail: nozaki765@oki.com hashizume808@oki.com yamamichi015@oki.com	イノベーション推進センター ネットワーク技術研究開発部 野崎 正典
現有台数・基地	4台	基地	大阪市中央区備後町2-6-8 サンライズビル9F
技術概要	<p>本技術は、橋梁の点検部位に変位計を設置することで、支承、桁、橋脚の変位量を定期的に測定し、変化量を確認する技術である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・無線伝送装置と接続された防水型変位計は、電池駆動可能な920MHz帯無線の伝送機能を備え、ゲートウェイとの直接接続が困難な場合は、無線マルチホップ中継機能により測定エリアを拡大する技術を有する。 ・ゲートウェイは、太陽光発電機能を備え、間欠動作することで商用電源なしにLTE通信を実現する。(以後、ゼロエナジーゲートウェイと呼ぶ) <p>また、支承、桁、橋脚の変位は、複数の計測が可能で、同時に計測時の温・湿度の情報も取得しており、温度変化により鋼桁が伸縮する様子を遠隔でモニタリング可能である。さらに支承の移動量と気温の相関関係から正常度のスコア値を算出し、このスコア値の変化を参照することで支承の機能障害を検知することができる。</p>		
技術区分	対象部位	支承部	
	検出原理	静ひずみ	
	検出項目	2点間のひずみ(伸縮量)	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測器は防水型変位計と無線伝送装置がケーブルで接続された装置であり、橋脚に固定し計測を行うものである。また、計測したデータは、無線でゼロエナジーゲートウェイに送信され、ゼロエナジーゲートウェイで集約されたデータはLTEでサーバに転送される。</p> <p>サーバへはインターネットを経由してブラウザでアクセスでき、日々の支承部の変化量を測定することができる。</p>	
移動装置	移動原理	据置	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	<p>【防水型変位計】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋脚等に変位計を固定し、固定点にセンサー先端を接触させた状態で取り付ける。 <p>【無線伝送装置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ゼロエナジーゲートウェイまで電波強度が-90dBm以上確保できるような見通しの良い場所に設置する。 	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>【防水型変位計】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・寸法: 319 mm 重量: 350g <p>【無線伝送装置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・寸法: (W)175 x (D)175 x (H)75 mm 重量: 500g 	
	センシングデバイス	<p>【防水型変位計】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・(株)東京測器研究所 型番: FDP-50A ・差動トランス式変位計 	
	計測原理	<ul style="list-style-type: none"> ・橋脚の支承部に防水型変位計と無線伝送装置を設置し、支承部の変位量を測定する。 ・測定した支承の変位量と気温の相関関係から鋼桁の伸縮に関する正常度のスコア値を算出し、このスコア値の変化を参照することで支承の機能障害を検知する。 	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> ・支承部に対してアングル等を用いた不動点を設置可能なこと。 ・不動点と支承部との距離に応じて最適な防水型変位計の型番を選択すること。 ・無線伝送装置は電波の見通しの良い環境に設置すること。 <p>なお、防水型変位計と無線伝送装置を接続するケーブル長は10mである。</p>	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・温度変化による見かけひずみが生じるため、計測データの温度ドリフトに留意が必要である。 	
	計測プロセス	<p>図面1を参照</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 測定対象の支承部に不動点を設け、可動する桁端部と不動点の間に防水型変位計を設置する。 2) 防水型変位計に無線伝送装置を接続し、測定した変位量と温度データを920MHz帯無線で伝送する。 3) 日射量が確保できる場所にゼロエナジーゲートウェイを設置し、無線変位計で測定したデータをLTE通信機能を用いてクラウド上に設置したインフラモニタリングシステムに送信する。 4) インフラモニタリングシステムでは、データの可視化を行い、温度と変位量の相関関係から支承部の健全度をスコア値化する。 5) 道路管理者は監視端末のWebブラウザを用いて収集データおよび健全度のスコア値を参照する。 6) スコア値が異常値になった場合は、管理者に対してメールで通知する。 	
	<p>図面1は、計測プロセスのシステム構成を示しています。センサー部には「変位量測定」を行う防水型変位計と「A/D変換 920MHz 無線化 電池駆動」を行う無線伝送装置が有線で接続されています。無線伝送装置は920MHzマルチホップ無線でゼロエナジーゲートウェイと通信します。ゼロエナジーゲートウェイには「920MHz/LTE変換」と「太陽光発電」が搭載されています。ゼロエナジーゲートウェイはLTEでインフラモニタリングシステムと通信します。インフラモニタリングシステムには「監視端末」(ブラウザ・データ可視化)、「データ保存」(温度、支承変位量、支承健全度)、「データベース」(データ保存)、「メール発報」が含まれています。</p>		
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> ・支承部の変位量、装置内温湿度、無線伝送装置の電池電圧、ゼロエナジーゲートウェイの発電量や電池電圧、支承部の健全度スコア値の時系列グラフをWebブラウザを用いてリアルタイムで参照可能である。 ・計測データはCSVファイルとしてダウンロード可能である。 ・スコア値が異常値になった場合は、管理者に対してメールで通知する。 	
	計測頻度	<ul style="list-style-type: none"> ・基本は1時間に1回 ・地震発生などの有事に際には、サーバからコマンドを送信し、即時測定も可能 	
耐久性	<p>【防水型変位計】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IP68 		

	動力	<p>【防水型変位計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 無線伝送装置から防水型変位計に対して電源を供給 <p>【無線伝送装置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 内蔵電池で動作 電池型式: 円筒形二酸化マンガンリチウム電池 品名: CR17450A 標準容量: 2500 mAh 標準放電電流: 5 mA 本数: 4本
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> 約3年 (測定条件: 1回/1時間)
データ 収集 ・ 通信 装置	設置方法	<p>【ゼロエネルギーゲートウェイ】</p> <ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電が可能となるように南向きで日当たりが良い場所に設置する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<p>【ゼロエネルギーゲートウェイ】</p> <ul style="list-style-type: none"> 寸法: (W)230 x (D)284 x (H)378 mm 重量: 4kg
	データ収集・記録機能	<p>【ゼロエネルギーゲートウェイ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ゼロエネルギーゲートウェイ上でデータは保存せず、LTEを用いてサーバに転送する
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	<p>【無線伝送装置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 規格: IEEE 802.15.4g準拠、ARIB STD-T108準拠 周波数: 920MHz帯 (922.3MHz~928.1MHz) チャンネル: 33,34ch~59,60ch (2単位チャンネルの同時使用) プロトコル: 無線マルチホップネットワーク (SmartHop SR仕様) <p>【ゼロエネルギーゲートウェイ】</p> <ul style="list-style-type: none"> モバイル通信規格: LTE-Cat.1 (NTTドコモ回線)
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	<p>【無線伝送装置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 認証方式: 共通鍵を用いた機器認証 暗号化方式: AES128
	動力	<p>【ゼロエネルギーゲートウェイ】</p> <ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電 ニッケル水素電池 (二次電池)
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	<p>【ゼロエネルギーゲートウェイ】</p> <ul style="list-style-type: none"> 連続不日照9日間

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ -	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	-	
		・使用する防水型変位計の種類による FDP-10A (10mm) FDP-25A (25mm) FDP-50A (50mm) FDP-190A (100mm)			
	校正方法	・メーカーにより校正試験を実施			
	感 度	検出性能	性能確認シートの有無 ※		
		検出感度	性能確認シートの有無 ※		無
		【性能値】 ・約300uV/mm 【標準試験値】 未検証			
	S/N比	性能確認シートの有無 ※			
		-			
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
	【性能値】 ・0.01mm 【標準試験値】 ・0.01mm				
計測精度	性能確認シートの有無 ※	有			
	【性能値】 ±0.1mm (橋軸方向、鉛直方向共通) 【標準試験値】 橋軸方向 相対差0.135mm (12.55%) 鉛直方向 相対差0.058mm (19.91%)				
計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※				
	-				
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 ※				
	-				
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※				
	-				

※「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)

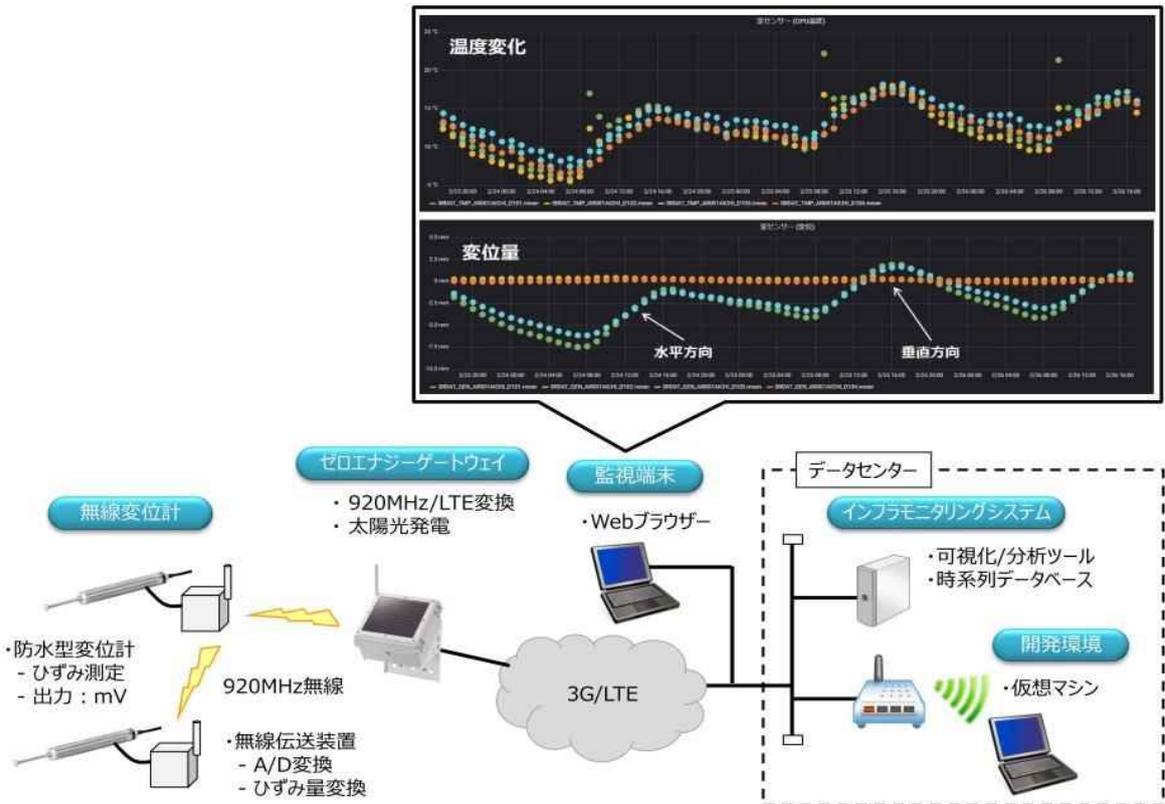
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点 検 時 現 場 条 件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	・無線伝送装置とゼロエナジーゲートウェイが直接通信不可な場合は、無線中継器を設置すること ・ゼロエナジーゲートウェイは日当たり良い南向きに設置すること	-
	安全面への配慮	・各装置の落下防止策を実施のこと	-
	無線等使用における混線等対策	・設置前に未使用チャンネルを確認の上、設置すること。	-
	道路規制条件	・一般道や道路に高所作業車を利用して設置する場合、交通規制が必要になる場合がある。	-
その他	-	-	

5. 留意事項(その2)

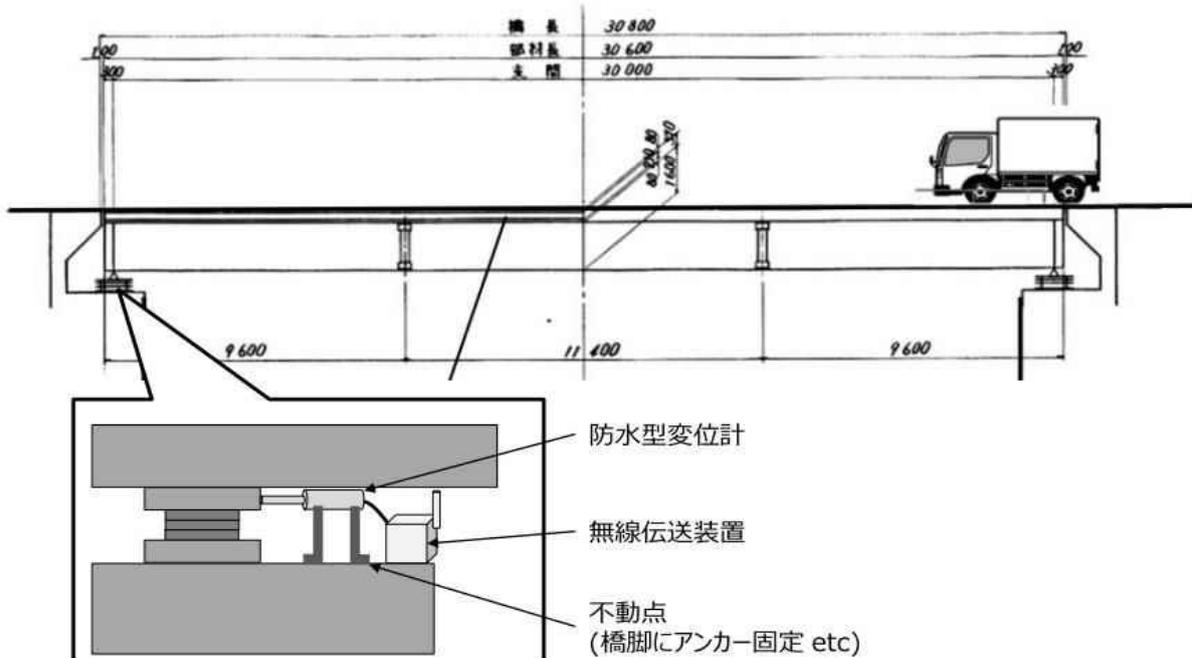
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	・設置作業:現場責任者1人、他1名程度	-
	作業ヤード・操作場所	・自動計測のため操作は不要	-
	計測費用	・システム費:約100万円~	-
	保険の有無、保障範囲、費用	・保険無し	-
	自動制御の有無	・設定した計測条件で自動計測 ・しきい値超過を自動検出してメール発報	-
	利用形態:リース等の入手性	・機器販売 設置・計測は有償にて対応	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制あり 機器故障は SENDBACK による修理対応 その他の保守は有償にて対応	-
	センシングデバイスの点検	・有償にて対応	-
その他	・温湿度範囲:-20~60°C、25~85%RH 結露なきこと	-	

6. 図面

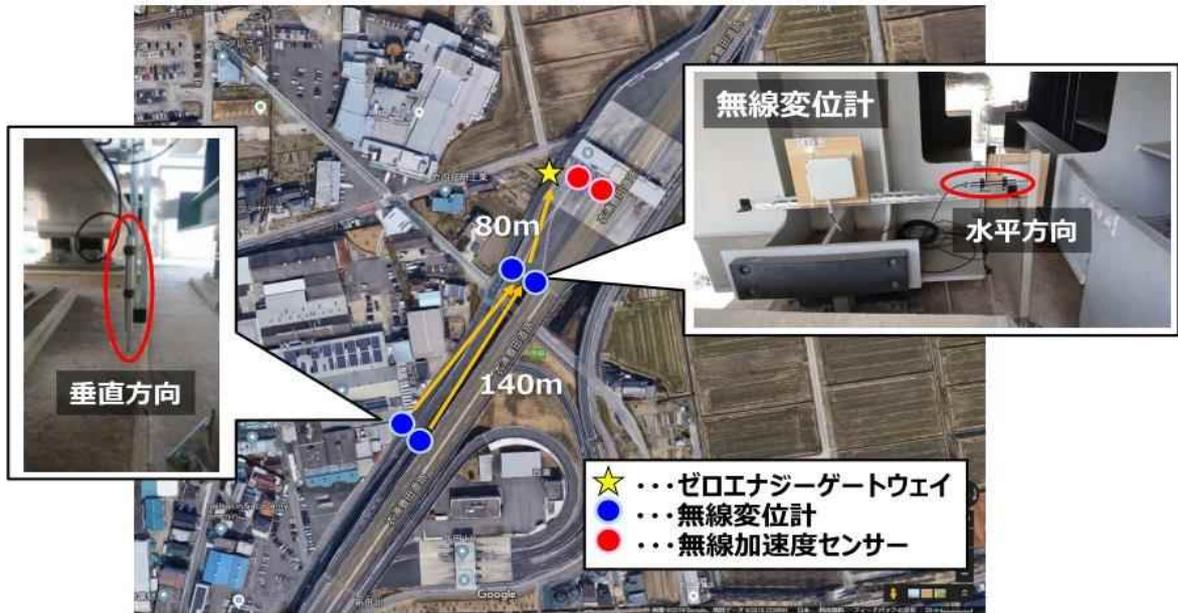
システム構成図



設置図面



設置事例-1



設置事例-2



1. 基本事項

技術番号	BR030028-V0021		
技術名	LPWA通信を利用した支承モニタリングシステム		
技術バージョン	1	作成: 2021年10月	
開発者	京橋ブリッジ株式会社 特定非営利活動法人 橋守支援センター		
連絡先等	TEL: 0669616173	E-mail: komon@kyobashi.net	公門和樹
現有台数・基地	3	基地	1
技術概要	<p>支点部の桁の水平方向の動きを変位計で計測し、そのデータをLPWA通信を用いて長期遠隔モニタリングするシステムである。主に支承の耐久性をモニタリングすることを目的として橋軸方向の水平変位を計測対象としている。システムは15分を基本とした単位時間ごとに支点部の桁の水平変位(最大値、最小値)を測定するとともに、支承劣化程度を把握するための累積変位量も収録する。また地震や衝突による異常変位を検知する。それらのデータはLPWA通信を利用してクラウドへ送られ蓄積される。監視者はクラウド閲覧またはクラウドからのメールによってモニタリングすることができる。</p>		
技術区分	対象部位	支承部	
	検出原理	ひずみ	
	検出項目	変位量	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>支承付近に設置した変位計によって支点部での桁の水平方向の動きを計測する。収納ボックスには測定、送信及びバッテリー等が収納される。収納ボックスとソーラーパネルは測定対象近傍(概ね10m程度内)の堅固な場所(橋座、桁等)に設置し、かつソーラーパネルについては日照が確保できる場所に設置する。変位計と測定器は有線で接続される。収録した変位データは15分毎にLPWA通信(Sigfox)でサーバへ継続的に転送される。</p>	
移動装置	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> 変位計は支点部での桁の水平方向変位を測定するので、不動点となる支承付近の橋座面やパラペット等に設置する。変位計スタンドは接着剤で固定する(マグネットでは長期的にずれることがあるため補助的に使用する)。 桁の水平方向変位を測定できるよう変位計の端蝕子を上沓またはソールプレートに接触させる。 測定器等の収納ボックスは変位計からの配線が届き、安定して設置可能な橋座や桁本体などの堅固な場所にアンカーボルトで固定する。標準構成での変位計ケーブル長が10mで、設置位置がケーブル長の制限を受ける場合は100m以内で適宜延長する。 ソーラーパネルはバッテリーを納める収納ボックスに届き、安定して設置可能な桁座や桁本体などの堅固で日照を受ける場所にポールバンドで固定する。適当な固定対象がない場合は標準構成に含む支柱をアンカーボルトで固定して使用する。標準構成でのケーブル長が5mで、設置位置がケーブル長の制限を受ける場合は10m以内で適宜延長する。 		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> 変位計: 寸法(スタンド含む) 幅約100mm × 奥行約300mm × 高さ約300mm 重量約0.5kgf 収納ボックス: 寸法 幅約200mm × 奥行約150mm × 高さ約250mm 重量約1.0kgf ソーラーパネル: 寸法 幅約350mm × 奥行約50mm × 高さ約250mm 重量約1.0kgf 		
センシングデバイス	ひずみゲージ式変位計		
計測原理	<ul style="list-style-type: none"> 変位計で支点部での桁の水平方向の変位を計測する。 累積変位量は、変位の変化量の和である。 15分毎の変位の最大・最小値及び累積変位量を記録し、Sigfoxサーバへ送信する。 長期にわたり継続的に測定する(15分毎の収録～送信インターバルを繰り返す)。 		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	データ通信にLPWA通信の一つであるSigfoxを利用しており、そのカバーエリアでの使用が条件となる。カバーエリアの情報はSigfox提供元HPで確認可能。ただしカバーエリア内でも地形等の環境により通信できないことがある。商用電源が無くてもソーラーパネルによる電源供給で動作するが、その場合はソーラーパネルが日照を受ける場所に設置できることが条件となる。		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	センサーや収録部・通信部にノイズをもたらすような強い電波などがあると精度や信頼性に影響する。またセンサーやソーラーパネルに飛来物や鳥などの動物が接触すると故障する可能性がある。		
計測プロセス	<ul style="list-style-type: none"> 変位計で支点部の桁の水平変位を計測する。 支承の耐久性に着目する場合の測定対象は可動端橋軸方向水平変位2支点(異常検知に着目する場合は直角方向設置も可能) 累積変位量は、変位の変化量の和である。 単位時間(15分～)での変位の最大・最小値及び累積変位量を記録する。 単位時間ごとにSigfoxで記録データをクラウドへ送信する。 異常値を認めた場合は単位時間によらず記録データを送信(異常時通報)。 異常値とは、温度変化や荷重載荷によって生じる常時の変位や設計値で想定している値を逸脱した値。 Sigfoxクラウドへ送られたデータは、管理者へE-mailで送信される。測定データを一括して保存する場合はSigfoxクラウドからCSVデータをダウンロードする。 		

アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> 各箇所の単位時間あたりの変位の最大値、最小値、累積変位量 異常時は、各箇所の異常値 データ保存はSigfoxクラウドからE-mail及びCSVファイルダウンロード 計測結果の分析については別途個別対応	
計測頻度	データ集計は標準15分毎(11分毎～任意) 異常時通報時は随時	
耐久性	-	
動力	DC12V(バッテリー)	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	ソーラー給電で連続稼働可能であるが、給電が途絶えた場合のバッテリー単体での稼働時間は約10日。 <ul style="list-style-type: none"> 標準バッテリー容量は$12V \times 9Ah = 108Wh$、収録機器の消費電流は$5V \times 60mA = 0.3W$、バッテリー単体での稼働時間は$108Wh / 0.3W = 360h = 15日$(>想定10日)。 標準ソーラーパネルは10W、標準バッテリーをフル充電させるためには、$(12V \times 9Ah) / (10W - 0.3W) = 11.1h \rightarrow 12h$を要する。国内での1年を通した平均日照時間は約5時間と言われており、$12h / 5(h/日) = 2.4日 \rightarrow 3日$。上記のとおり無充電で稼働時間10日を確保しており電源に関してはソーラー充電下で継続的に供給可能。 	
データ収集・通信装置	設置方法	データ収集・通信装置はボックスに収納されている。ボックスは橋座または桁本体にアンカーボルトで固定したポール等に取り付ける方法を基本としている
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	300mm × 250mm × 150mm(収納ボックスサイズ)、重量約1kg
	データ収集・記録機能	標準では15分間収録し、その間の最大値・最小値・累積変位量を装置内に一時的に記録し、データ送信後にリセットされる。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	Sigfox(LPWA通信)
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	遠隔通信に使用するSigfoxのセキュリティ <ul style="list-style-type: none"> Sigfox基地局とバックエンドまではVPN接続 Sigfoxデバイス(モニタリング装置)とバックエンドまでは暗号化(AES-128) MAC認証
	動力	DC12V(バッテリー及びソーラーパネルで給電)または商用電源
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ -	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	計測レンジに対応した変位計を用いること	
		【性能値】 測定対象による (例)温度伸縮がある場合は、設計基準を参考に設定する。例えば支間10mの橋軸方向変位であれば15mmを測定範囲とする。 (例)温度伸縮の影響はない場合は常時の基準値等を参考に設定する。 【標準試験値】 未検証			
	校正方法	設置時に測定レンジ内でストロークさせる		変位計単体だけでなくシステムとして動作させ、通信データから動作が正常かどうか確認すること	
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※		無
		検出感度	【性能値】 計測レンジ/1024(10bit) 【標準試験値】 未検証		
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	計測レンジに対応した変位計を用いること	
		【性能値】 0.05mm程度(計測レンジ30mmの場合の実証値) 【標準試験値】 未検証			
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	計測レンジに対応した変位計を用いること	
		【性能値】 未検証 【標準試験値】 橋軸方向 相対0.0789mm (6.49%)			
計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		
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 ※		-		
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

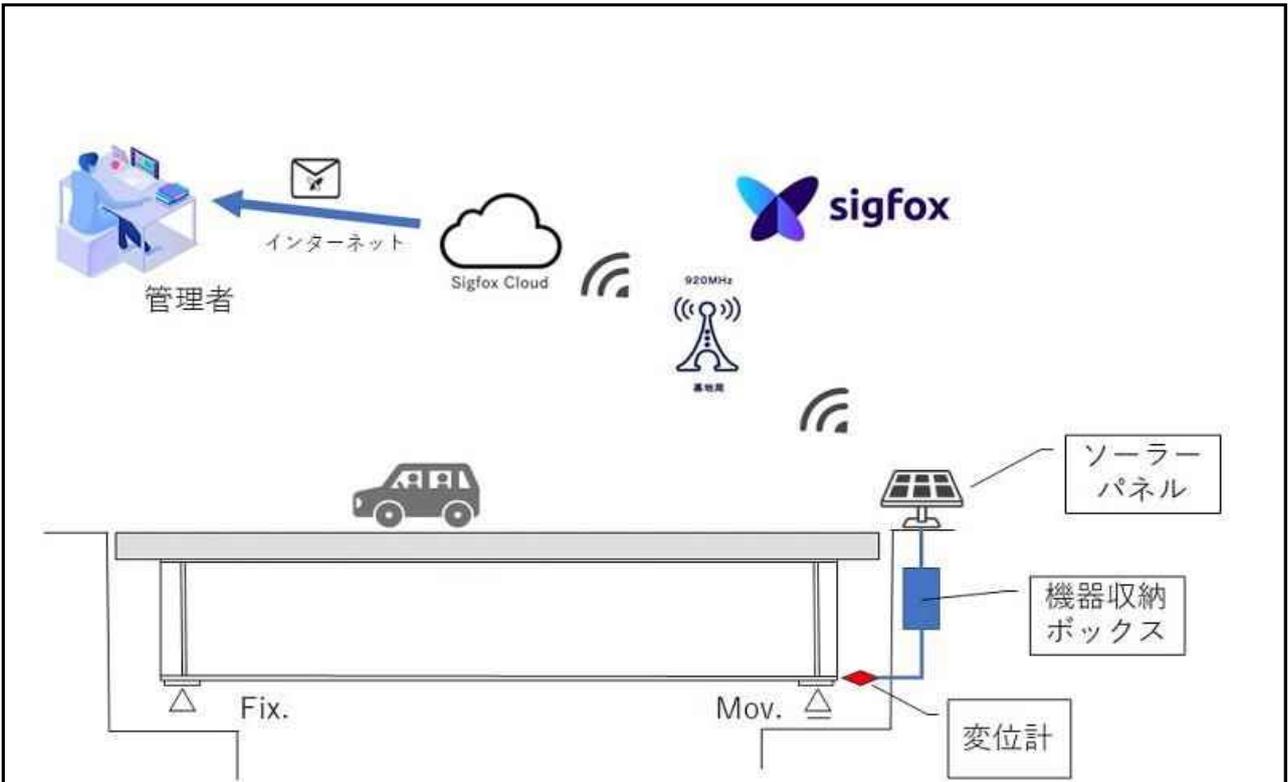
5. 留意事項(その1)

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	商用電源もソーラーパネル電源も使えない場合は適用不可 (バッテリー単体では長期稼働できないため)	ソーラーパネルを設置する場合は日照がある堅固な場所が必要
	安全面への配慮	飛散や落下のないよう確実に固定すること	-
	無線等使用における混線等対策	Sigfoxサービスエリア内であること。サービスエリア内であっても現地で事前に通信状況を確認すること	建物間や山間ではSigfoxサービスエリア内でも単体で使用できないことがある。その場合は基地局設置等を検討する
	道路規制条件	-	-
	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	変位計が取付けできること ソーラーパネルや測定機器を固定できること	一般的な計測作業と比較して特別な技量が必要ではないが、設置経験者や計測専門業者の作業が望ましい
	必要構成人員数	2名(保安体制を除く)	一般的な計測作業と比較して特別な作業はないが、保安体制をのぞいても作業性を考慮して複数名での作業が望ましい
	作業ヤード・操作場所	-	-
	計測費用	機器一式 9万円(簡易ひずみゲージ式変位計2台、ケーブル延長10mの構成の場合。現場に応じて機器構成は適宜対応) 設置業務やデータ監視は別途 ※例・上路桁の2支承にセンサーを取り付け、毎月収録データのレポートを作成する場合 ・機械経費 15万円(機器一式、据付機械等) ・現場作業 10万円(2人・日)~ ・内業 データ通信費0.2万円(年)、レポート作成3万円(月) データをメール送信するのみの場合は、データ通信費のみで可能。異常時もメール送信されるが、データ監視や現場確認作業等は別途。	-
	保険の有無、保障範囲、費用	無	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	販売または設置作業請負:リース無し	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有:京橋ブリッジ株式会社及び橋守支援センターで対応	不具合のあるセンサーは代替品提供、不具合に起因しないものは実費対応。なお不具合によって生じた損害は補償しない。
	センシングデバイスの点検	任意(例えば監視データに異常が生じた場合)	-
	その他	-	-

6. 図面



設置概要・送信機器ボックス・変位計設置例



支承近傍にソーラパネル及び送信機器ボックスを設置。桁端部に変位計設置 (橋軸方向測定)

1. 基本事項

技術番号	BR030029-V0021		
技術名	一眼レフカメラ撮影画像による桁および支承部移動量計測		
技術バージョン	-	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社NTTドコモ 大日本コンサルタント株式会社 国立大学法人京都大学		
連絡先等	TEL: 03-5156-2512	E-mail: doic-imagepf-infra-ml@nttdocomo.com	株式会社NTTドコモ 法人ビジネス本部 5G・IoTビジネス部 中村・長尾
現有台数・基地	6台	基地	東京都千代田区永田町2-11-1
技術概要	橋梁上を20t以上の大型車両を途中停止させずに通過させたときの桁たわみ量、支承部移動量をカメラ映像から計測する。桁や支承部の移動量を計測したい箇所にターゲットマーカを設置し、一眼レフカメラカメラで接写した動画を深層学習モデルに読み込ませることで桁や支承部の移動量を計測する。移動量は水平方向でも垂直方向でも可能。		
技術区分	対象部位	主桁(鋼橋、PC橋)/支承部	
	検出原理	動画	
	検出項目	変位量	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> デジタル1眼レフカメラ 三脚 	
移動装置	移動原理	<p>【人力】</p> <ul style="list-style-type: none"> 撮影ポイント毎に人間が計測機器一式を移動させる。 	
	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	-	
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-		
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> 三脚をセットし、カメラとレンズを取り付け、撮影する。 		
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> デジタル1眼レフカメラ：GH-5S 幅 約138.5mm 高さ 約98.1mm 奥行 約87.4mm 重量 580g レンズ：撮影距離1m程度の場合H-HSA12035を使用 最大径67.6mm x 長さ73.8 mm 桁撮影の場合：三脚はManfrotto プロ三脚 055シリーズ アルミ 3段 MT055XPRO3を使用 折り畳み時：長さ12.7 x 幅12.7 x 高さ61.01cm、2.49kg) 支承部撮影の場合：三脚はVelbon テーブルミニ三脚 ウルトラ 353 ミニを使用 最低高 130mm 縮長188mm 質量 597g 		
センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> デジタル1眼レフカメラ：GH-5S 幅 約138.5mm 高さ 約98.1mm 奥行 約87.4mm 重量 580g レンズ：撮影距離1m程度の場合H-HSA12035を使用 最大径67.6mm x 長さ73.8 mm 		
計測原理	<ul style="list-style-type: none"> AI(畳み込みニューラルネットワーク)によって動画のフレーム間の光学的な差異を検出し、ピクセルの移動量を計測する。 AI教師データは公開されている学習済モデルを基にしたものを使用 撮影条件・仕様等 <ol style="list-style-type: none"> 1) カメラ: デジタル一眼レフ 2) 撮影設定: 絞り優先設定 3) 画質: 4K 30fps All-Iフレーム設定 4) 動画フォーマット: mov, H.264 5) 注意事項: 必ず対象部位に2次元ターゲットマーカを設置し、2次元ターゲットマーカにピントを合わせて撮影すること 		
計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> 大型車両は通過する際に途中停車せずに通過させる必要がある。 2次元ターゲットマーカ貼付けのために計測部位に近接できる必要がある。2次元ターゲットマーカはマグネットによる吸着力があるため地面に対して水平に貼り付けできれば貼り付け方は問わない。 カメラは2次元ターゲットマーカに対して正対して撮影する必要がある。(焦点距離30cm程度の距離で接写する場合、1辺の長さが最低3cmの2次元ターゲットマーカが貼り付けられる必要がある) 		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> 計測精度向上のため一眼レフカメラのレンズから2次元ターゲットマーカまでの間に物(例:雨粒や枝葉など)が写り込まない環境での撮影が望ましい。 2次元ターゲットマーカの模様がはっきりと写るように2次元ターゲットマーカへの照度が1000lux程度になるように照射ライトの使用が望ましい。 計測中に複数車両が同時に通行すると、どの荷重による変位および移動量かの特定ができないため精度低下の可能性が存在する。そのため桁変位および支承部移動量を計測する際には全面交通規制が必要。支承部の機能判定のみであれば片側交通規制のみで実施可能。 		
計測装置	<ul style="list-style-type: none"> 主桁もしくは支承部に2次元ターゲットマーカを設置し、車両通過時の鉛直方向および水平方向の移動量を計測する。 		
計測プロセス	<ul style="list-style-type: none"> 手順 <ol style="list-style-type: none"> ① 動画のトリミング箇所を2次元ターゲットマーカが写っている範囲からはみ出さないようにトリミングする(手動) ② 処理した動画をAIへ入力する(自動) ③ 2次元ターゲットマーカのサイズ(mm)が動画中に何ピクセルで描画されているかを計算しピクセルをmmに変換する式をたてる。(手動) ④ ③でたてた式をAIの出力結果へ適用させてmmへ変換する。(自動) 		

		当該技術の処理フロー
		
		<p>1. 撮影したい箇所に2次元マーカを貼り付け、重量荷重車が通過する間撮影する</p> <p>2. 撮影動画内の2次元マーカが写っている範囲内で256ピクセル四方の正方形にトリミングして読み込ませる</p> <p>3. AIによって計測された変位はcsvファイル形式で出力する (画像はcsvを可視化しセンサーデータと比較しているときの例)</p>
アウトプット		<ul style="list-style-type: none"> 計測される映像データは、movファイルにてSDカード内に保存される。保存されたデータは解析用マシンへ移動し、開発したプログラムへ読み込ませる。プログラムから移動量データがcsvファイルにて出力される。 現地計測に要する時間は、計測準備に20分、大型車両が停車せずに通過する時間×撮影回数、機器の撤去に20分程度を要する。
計測頻度		・1回から計測可能
耐久性		-
動力		・一眼レフカメラ内蔵バッテリー
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		<ul style="list-style-type: none"> ・約65分(レンズ H-FS12060使用時、4K/30p/100Mbps AACでの撮影の場合) ・温度:-10~40℃ / 湿度:10~80%
設置方法		・一眼レフカメラ本体のスロットにSDカードをセットする。
外形寸法・重量 (分離構造の場合)		-
データ収集・記録機能		・4K動画撮影時はSDXC/SDHC メモリーカード UHS-I/UHS-II U3(UHS Speed Class 3)が必要。
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)		-
データ収集・通信装置		

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※		雨天、降雪、強風時(平均風速3m/s程度以上)は撮影不可。
		-		
	感 度	校正方法	-	-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	
	S/N比	性能確認シートの有無 ※		-
	分解能	性能確認シートの有無 ※		-
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	<ul style="list-style-type: none"> ・2次元ターゲットマーカ-の中心を256ピクセル四方の正方形でトリミングしてAIへ入力。 ・撮影時の照度は桁1640lux、支承部1365lux、焦点距離は桁は40cm、支承部は30cmにて撮影。 ・256ピクセル四方の正方形1フレームの解析に平均21ms必要
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-
	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 ※		-
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	

※「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)
道路幅員条件	-	-
桁下条件	<ul style="list-style-type: none"> ・三脚が安定して設置できる地面が確保できること ・撮影対象に対して正対できる場所に三脚が設置できること 	-
周辺条件	-	-
安全面への配慮	-	-
無線等使用における混線等対策	-	-
道路規制条件	<ul style="list-style-type: none"> ・桁変位計測および支承部の移動量計測を実施するには全面通行規制を行い、20t以上の大型車両1台のみが途中停車せずに通過するときの動画を撮影する必要がある。 ・支承部の下沓が動いていないかの確認などの支承部の機能確認のみであれば通行止めは不要。 	-
点検時現場条件 その他	<ul style="list-style-type: none"> ・2次元ターゲットマーカ―は白と黒の正方形をランダムに描画させたものである。 ・貼り付けた2次元ターゲットマーカ―を1辺が256ピクセル以上の正方形でトリミングできるように撮影する必要がある。 ・1辺が256px以上の正方形にトリミングする際には白と黒の正方形が均等に写っている箇所をトリミングすることが望ましい。 ・2次元ターゲットマーカ―を計測したい部位に貼り付ける必要がある。 ・2次元ターゲットマーカ―の大きさ目安は1辺5.6cmの正方形で、ターゲットマーカ―内に描画されている白と黒の正方形は1辺3.48mmである。デジタル一眼レフカメラと撮影対象との距離によって変更可能である。 ・2次元ターゲットマーカ―はマグネットによる貼り付けが可能である。 ・30cmの距離で接写できる場合、1辺最低3cm以上の2次元ターゲットマーカ―が貼り付けられる必要がある。 ・近接撮影が困難な場合は、上記よりも大きい2次元ターゲットマーカ―にて代用することが可能。 <div style="text-align: center;"> <p>2次元ターゲットマーカ―の寸法</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・ 2次元ターゲットマーカ―の1辺 = 56mm ・ ランダムに描画された白と黒の正方形の1辺 = 3.48mm </div>	-

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	-	-
必要構成人員数	・最低2人以上 ・1人は20t以上の大型車両が橋梁上を通過開始するタイミングを撮影者へ通知する者、1人は重量車両が通行を開始する時刻を正確に記録する作業とデジタル一眼レフカメラの撮影状況を確認する作業をする者	-
作業ヤード・操作場所	・カメラに手の届く橋下のみ ・一度撮影を開始すればバッテリー駆動可能且つSD記録可能 時間内は操作不要	-
計測費用	計測対象動画 ・2次元ターゲットマーカ数:1マーカ ・計測動画数:5動画 <費用>合計300,000円(動画像を用いた計測作業費のみ)	・詳細は本カタログ記載の連絡先までお問合せ下さい。
保険の有無、保障範囲、費用	-	-
自動制御の有無	-	-
利用形態:リース等の入手性	-	-
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

撮影全景



- 支承部撮影箇所
- 桁撮影箇所
(雨天のため内側)

桁撮影時の様子1



- 2次元ターゲット
マーカー
- 一眼レフカメラ
- 三脚

桁撮影時の様子2



- 2次元ターゲット
マーカー
(焦点距離=40cm
照度=1640 lux)
- 一眼レフカメラ
- 照射用ライト

支承部撮影時の様子



- 2次元ターゲット
マーカー
(焦点距離=35cm
照度=1365 lux)
- 一眼レフカメラ
- 照射用ライト

1. 基本事項

技術番号	BR030030-V0021		
技術名	重力加速度を用いた傾斜角による橋桁変形計測技術		
技術バージョン	1.0	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社TTES		
連絡先等	TEL: 03-5724-4011	E-mail: suganuma@ttes.co.jp	菅沼 久忠
現有台数・基地	9台	基地	東京都目黒区上目黒
技術概要	本技術は、橋桁に複数設置した加速度計のデータを傾斜角に変換し、橋梁の変形形状を算出する技術で、橋桁の変形を定量的に把握できる。動的载荷に加えて、静的载荷によるたわみ形状も算出できる。算出されたデータはPC内にCSVファイルに保存され、併せてグラフ表示される。		
技術区分	対象部位	鋼橋/コンクリート橋	
	検出原理	重力加速度	
	検出項目	たわみ	

2. 基本諸元

計測機器の構成	・本計測機器は、3軸加速度計、CANケーブル、データ収集装置、PCから構成される。	
移動装置	移動原理	【据置型】 3軸加速度計を橋桁に固定し、計測を行う。
	通信	-
	測位	-
	自律機能	-
	衝突回避機能 (飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	-
動力	-	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-	
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・3軸加速度計は、地覆上や路側帯の外側に設置する。橋面以外では、箱桁内部やウェブ面することも可。 ・3軸加速度計は、橋桁に対して直線上に5個以上設置し、両端の2つは支点直上に設置する。 ・地覆などコンクリート部に設置する場合には、設置治具をコンクリートアンカーで設置し、3軸加速度計をボルト・ナットで設置治具に固定する。 ・CANケーブルにて、3軸加速度計とデータ収集装置を接続する。 	
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・3軸加速度計：外形寸法 (長さ 65mm × 幅 60mm × 高さ 30mm)、重量 (128 gf) ・設置治具：外形寸法 (長さ 120mm × 幅 75mm × 高さ 15mm)、重量 (1020 gf) 	
センシングデバイス	・3軸加速度計 セイコーエプソン社製 M-A552AC1x	
計測原理	<p>ステップ1. 橋軸方向の直線L上に3軸加速度計を複数設置し、加速度を計測する。</p> <p>ステップ2. 直線L上の各設置位置 x_i (mm) で計測された重力加速度 A_i (mG) から、傾斜角 θ_i (μrad) を算出する。</p> <p>ステップ3. 各設置位置 $\{x_1, \dots, x_n\}$ の傾斜角 $\{\theta_1, \dots, \theta_n\}$ から、最小二乗法により、任意の位置 x (mm) に対する傾斜角を示す関数、傾斜角関数 $\theta(x)$ (μrad) を、m 次多項式 $a_1 x^m + \dots + a_{m+1}$ として算出する。</p> <p>ステップ4. $\theta(x)$ (μrad) を積分して、位置 x (mm) に対する変位を示す関数、変位関数 $\delta(x)$ (mm) を算出し、橋桁の変形形状とする。</p> <p>The diagram shows a bridge cross-section with sensors (3-axis accelerometers) placed at various points along the span. A truck is shown on the bridge. The inclination angles θ_i are measured at each sensor location. The inclination angle function $\theta(x)$ is plotted against sensor position x (m). The displacement function $\delta(x)$ is plotted against sensor position x (m).</p>	
計測装置	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> ・計測の範囲は連続した構造体であり、不連続な断面を持たないこと。 ・例えば、単純桁が複数径間に続く場合やゲルバー桁の場合、各桁ごとに計測を行うこと。 ・設置治具を固定するために、3軸加速度計の設置箇所には、コンクリートアンカーを1か所(深さ 25mm程度)を打つ必要がある。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・3軸加速度計の設置間隔は、4m以下が望ましく、間隔が広くなると精度が低下する。 ・段差の車両通過による衝撃など、高周波の振動による突発的な変形には追従性が低下する。

計測プロセス	<p>■自動処理範囲</p> <p>① 3軸加速度計を設置し、計測機器全体の配線を行う。 ② 3軸加速度計の加速度を連続計測し、ファイルに保存する。(計測原理 ステップ1)</p> <p>■手動処理範囲</p> <p>③ PC上のソフトウェアで前項のファイルを読み込み、各設置位置で計測された重力加速度から、各設置位置の傾斜角を算出する。 (計測原理 ステップ2) ④ 同ソフトウェアにて処理パラメータを設定し、傾斜角から、最小二乗法により、傾斜角関数 $\theta(x)$ を算出する。 (計測原理 ステップ3) ⑤ 同ソフトウェアにて傾斜角関数 $\theta(x)$ を積分して変位関数 $\delta(x)$ を算出し、変形形状としてファイル保存およびグラフ表示する。 (計測原理 ステップ4)</p> <p>【処理フロー】</p>
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> 算出される変形形状のデータは CSVファイルにて保存される。また、ソフトウェア画面上でグラフとしても確認できる。 変形形状のデータは、加速度の計測頻度と同じ頻度で算出される。 現地計測に要する時間は、設置作業に半日、データ算出に半日 (例えば計測時間1時間程度の場合)、機器の撤去に1時間程度を要する。
計測頻度	<ul style="list-style-type: none"> 車両通過時の動的変位であれば、200Hz の加速度計測が必要。 静的変位で、変動が緩やかであれば、1Hz にすることも可能。
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・IP67
動力	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーからCANケーブルで給電
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・給電されていれば連続稼働が可能。
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・計測装置にCANケーブルで接続し、橋梁の近くにデータ収集機器とPCを置いて計測する。
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・データ収集機器:外形寸法 (長さ 152mm × 幅 77mm × 高さ 103mm)、重量 (645 gf) ・PC: 一般的なノートPCを利用可能
データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ノート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	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーなどの仮設電源が必要
データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーからの給電により連続8時間使用可能

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ -	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	加速度計の性能を確保する温度条件: -30~+70°C	
	感度	校正方法	デジタル出力のため該当仕様なし		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	加速度計の性能を確保する温度条件: -30~+70°C
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	加速度計の性能を確保する温度条件: -30~+70°C
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	加速度計の性能を確保する温度条件: -30~+70°C	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	-	
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	計測精度: 従来の接触式変位計と比較した際の誤差分布に基づき、標準偏差の3倍(3σ)を算出した。 相対差: 試験橋梁にて従来型の接触式変位計と比較した。	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	
	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 ※		-	
	色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

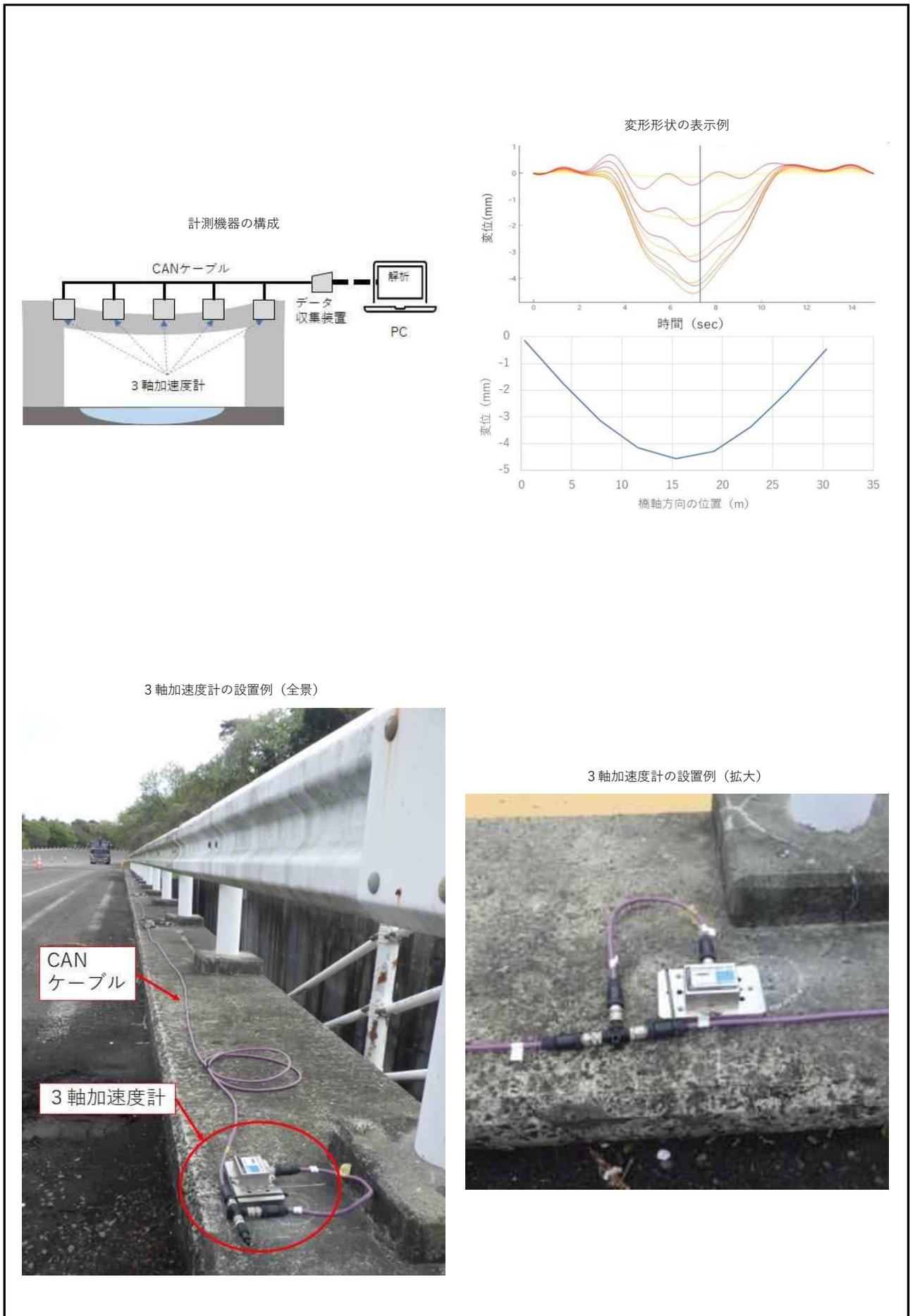
5. 留意事項(その1)

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	・地覆や路側帯、もしくは、箱桁内部やウェブ面に3軸加速度計がおけるスペースがあること。 ・橋梁周辺にデータ収集装置およびPCが置けるスペースがあること。	-
	安全面への配慮	・3軸加速度計およびCANケーブルの養生を確実に実施し、歩行者や通過車両等との接触が無いように注意すること。	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	地覆や路側帯に3軸加速度計の設置およびCANケーブルの敷設を実施する際に、歩道等の十分なスペースが無い場合には交通規制が必要。	-
	その他	3軸加速度計の設置に、設置治具を用いる場合、25mm コンクリートアンカーを打設可能か確認する。	-

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	当社指導のもとで、3軸加速度計の設置およびデータ解析作業を実施した経験があること	-
	必要構成人員数	2人工×2日 1日目: 設置作業 2日目: 午前(8時~12時) 計測作業 午後(13時~17時) 撤去作業	-
	作業ヤード・操作場所	橋梁付近のPCを設置した場所	-
	計測費用	【橋梁条件】 橋種 特段の制約なし 橋長 15m 部位・部材 上部構造(橋桁) 検出項目 橋桁変形 設置箇所数 5箇所 計測頻度 毎秒1回 計測期間 4時間 <費用> 980,000 円	・消費税、一般管理費、間接工事費、旅費交通費、諸経費は含まないものとする。 ・設置作業に交通規制不要とする。 ・計測は日中に実施とする。 ・報告書作成は含まず、計測データはCSVファイルにて提供とする。
	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	自動制御無し	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート制無し	-
	センシングデバイスの点検	長期の連続計測の場合には業務委託の範囲内で実施。	-
その他	-	-	

6. 図面



1. 基本事項

技術番号	BR030031-V0021		
技術名	衝撃荷重載荷試験機「SIVE」による床版たわみ計測		
技術バージョン	1	作成: 2021年10月	
開発者	大日本コンサルタント株式会社 国立大学法人金沢大学		
連絡先等	TEL: 048-615-2224	E-mail: yokoyama_hiroshi@ne-con.co.jp maki_yuji@ne-con.co.jp	大日本コンサルタント株式会社インフラ技術研究所 横山広, 牧 祐之
現有台数・基地	1台	基地	国立大学法人金沢大学 理工研究域社会基盤学系構造工学研究室 住所: 石川県金沢市角間町
技術概要	道路橋床版の載荷試験を橋面上から実施する技術で、重錘を落下させて発生する衝撃エネルギーの作用による床版たわみを、橋面上に配置した加速度計から得られる波形を積分処理することで変位換算して取得する。本試験法では、橋梁下側に足場等の設備が不要である。		
技術区分	対象部位	・鋼橋/上部構造(床版) ・Con橋/上部構造(床版)	
	検出原理	加速度	
	検出項目	床版たわみ	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>【基本構成と概要】 計測機器は衝撃加振部(図-1)と計測システム、及び移動装置から構成される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衝撃加振部 鋼製の重錘(250kg)による衝撃荷重を作用させるために、重錘をコントロールするマグネットとウインチ、重錘が接触するクッションプレートと衝撃荷重を検出するロードセル、舗装に接する載荷板で構成される。クッションプレートには衝撃吸収型ゴムが固定されており(特許技術)、その効果によって、重錘が落下時にバウンドしないように工夫されている。 ・計測システム 橋面上の載荷板直下と主桁上、及びその中間点(複数可)に加速度センサを配置(図-1)し、カウンター式小型フォークリフトに固定した測定機に接続してパソコンでデータを処理するシステムを構成。 ・移動装置 衝撃加振部本体を任意の計測位置にセットするために、カウンター式小型フォークリフトを使用する。
		図-1 試験状況
移動装置	移動原理	<p>【人力】 計測のための移動はカウンター式小型フォークリフトを使用。 任意の位置に移動可能。</p>
	運動制御機構	<ul style="list-style-type: none"> 通信 - 測位 - 自律機能 - 衝突回避機能(飛行型のみ) -
	外形寸法・重量	<p>分離構造:(カウンター式小型フォークリフト) 外形寸法(全長2050mm×全高1925mm×全幅:875mm(全方車輪位置が最大))、自重:約890kg(うち、約10kgはウインチとマグネット用の後付けの電源装置重量) ※衝撃加振部は基本構成のカウンター式小型フォークリフトの他にも任意のフォークリフトで移動可能</p>
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<p>フォークリフトのツメが使える範囲 積載能力:600kg</p>
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・動力源:電気式 ・電気供給容量:バッテリー ・バッテリー容量:24V50AH/5HR
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p>連続計測で6時間程度(0~+50°C) ※移動の他に、重錘用ウインチ、マグネット離脱用電源にも使用。スベアバッテリーを用意して交換すれば連続使用が可能。</p>
設置方法	<p>移動装置と分離構造 ・衝撃加振部にはカウンター式小型フォークリフトのツメが差し込める枠を設定してあり、それを利用して一体化する。 計測時には、フォークリフトのツメを下ろして無負荷となるためボルト固定等は不要。 ・測定機 東京測器製TMR-211はカウンター式フォークリフトに固定</p>	
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・衝撃加振部:外形寸法(高さ1660mm×幅700mm×奥行き600mm)、重量(約500kg) ・測定機:外形寸法(コントロールユニット+表示ユニット+4Gユニット(高さ100mm×幅200mm×奥行き100mm))、重量(1.9kg) 	
センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> ・単軸加速度センサ 東京測器製 型番:ARF-500A、ARJ-200A ・ロードセル 東京測器製 型番:KCE-500kNA 	
計測原理	<p>床版上の任意の計測位置に加速度センサを設置し、衝撃荷重を作用させて波形データを取得する。1測点当たり3回程度測定して波形データが安定していることを確認する。取得した波形データは積分処理して変位(床版たわみ)に換算する。市販のロードセルによる荷重検出、加速度計による波形取得であり、特別なキャリブレーションを必要としないが、出庫前の動作確認として矩形鋼板によるテストを実施する。</p>	
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> ・計測に当たり橋面上の交通規制が必要である。 ・片側交互通行規制で試験を実施する際に、重錘落下時には試験機近傍に通行車両が無いことを確認してデータを取得する。 ・載荷面、加速度センサ接地面に凹凸が無く、載荷並びにデータ取得に問題ない平滑面である必要がある。 ・測定機やパソコンが防水仕様では無いため、降雨・降雪時の計測は避ける。 ・試験機移動は調査対象の範囲内のみであり、トラック等による試験機一式の陸送が必要 	
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・データサンプリング周波数など基本値は床版構造用として設定済み。 ・データ記録のためのトリガーをロードセルの検出荷重にしているため、大型車通行による振動でトリガーが作動することがある。よって、データが確実に取得できているか、載荷毎に確認する必要がある。 	

計測装置	計測プロセス	<p>①計測位置をマーキングする。 ②加速度センサを載荷位置、主桁上など計測点に配置する。 ③重錘を落下させ加速度の時刻歴を計測する。 ④加速度波形を確認して、積分範囲を設定し2階積分によって、床版たわみ(変位)に換算する。 ⑤床版たわみから主桁たわみを減じて、床版単体のたわみを把握する。各たわみ値は載荷点が最大値を示す時刻で抽出する。(荷重が伝播していく過程で、床版変位最大の時刻と主桁変位最大の時刻にはずれがあるため) 初期データ取得後、たわみ値が過小であるなど必要に応じて重錘落下高さを調整する。 ⑥取得データの整理としてたわみ分布を作成する。 (図-2 計測フロー)</p>
		<p>図-2 計測フロー</p>
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> 計測で取得する加速度の時刻歴は測定機で数値化されてパソコンに取り込まれる。そのデータをエクセルなどで積分処理することで床版たわみの時刻歴を得る。 床版たわみまでを試験現場で確認する際には、データ処理に5分程度/1載荷を必要とする。通常は荷重の時刻歴波形を確認することでデータ取得の異常をチェックする。
	計測頻度	・計測位置毎に3回の載荷を実施
	耐久性	-
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリー式であり、移動用のカウンター式小型フォークリフトの電源と共有 ・カウンター式小型フォークリフトの動力源 ・動力源:電気式 ・電気供給容量:バッテリー ・バッテリー容量:24V50AH/5HR
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・カウンター式小型フォークリフトと電源を共有しており、試験機の移動量に影響を受ける。 連続計測で6時間程度(冬期を除く) ※移動の他に、重錘用ウインチ、マグネット離脱用電源にも使用。スベアバッテリーを用意して交換すれば連続使用が可能。 	
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・計測システム(加速度センサ)は衝撃加振部の設置位置近傍の任意のデータ取得位置に人力で配置 ・荷重検出のロードセルは衝撃加振部に組み込み
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・外付け加速度センサ:外形寸法(高さ×125mm×直径79mm)、重量(約1.5kg) (有線で測定機に接続、最大6個使用可能)
	データ収集・記録機能	・計測データは、測定機で変換され有線接続されているパソコンに保存
	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	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリー式であり、移動用のカウンター式小型フォークリフトの電源と共有 ・カウンター式フォークリフトの動力源 ・動力源:電気式 ・電気供給容量:バッテリー ・バッテリー容量:24V50AH/5HR
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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ -	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	<p>【性能値】</p> <ul style="list-style-type: none"> 測定機: $\pm 20,000 \mu \epsilon$ 加速度計: ARF-500A 500m/s² ARJ-200A 200m/s² ロードセル: 許容荷重500kN、許容過負荷120% 定格出力 約1.25mV/V$\pm 10\%$ <p>【標準試験値】 未検証</p>	<p>測定機: 使用時温度環境 0~+50°C 加速度計: 使用時温度環境 -10~+50°C よって、計測可能温度帯は 0~+50°C 湿度: 85%RH 以下(結露を除く)</p> <p>降雨、積雪時には計測しない。</p>																										
	校正方法	性能確認シートの有無 ※	無	<p>【性能値】</p> <ul style="list-style-type: none"> 加速度計: 試験成績書の校正係数使用 具体的校正はメーカー対応 ロードセル: 試験成績書の校正係数使用 具体的校正はメーカー対応 <p>【標準試験値】 未検証</p>	計測器メーカー: 東京測器																										
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	<p>【性能値】</p> <ul style="list-style-type: none"> 加速度計: 応答周波数範囲 500Hz程度 ロードセル: 固有振動数16kHz <p>測定機のトリガ設定レベルで検出性能が決定される。 トリガ前時間: 0.03秒 トリガレベル: $-3.8555 \mu \cdot \text{mV} \cdot ^\circ\text{C}$</p> <p>【標準試験値】 未検証</p>	<p>測定機: 使用時温度環境 0~+50°C 加速度計: 使用時温度環境 -10~+50°C よって、計測可能温度帯は 0~+50°C 湿度: 85%RH 以下(結露を除く)</p> <p>降雨、積雪時には計測しない。</p>																									
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	<p>【性能値】</p> <ul style="list-style-type: none"> 加速度計: 入出力端子間抵抗 ARF-500A 入力/出力: 119.8 Ω / 119.8 Ω ARJ-200A 入力/出力: 983.2 Ω / 983.3 Ω ロードセル: 入出力抵抗 350 $\Omega \pm 1\%$ <p>【標準試験値】 未検証</p>	<p>測定機: 使用時温度環境 0~+50°C 加速度計: 使用時温度環境 -10~+50°C よって、計測可能温度帯は 0~+50°C 湿度: 85%RH 以下(結露を除く)</p> <p>降雨、積雪時には計測しない。</p>																									
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	<p>【性能値】</p> <ul style="list-style-type: none"> 加速度計: ひずみ式変換器でありS/N比の概念はない。 測定機: メーカー非公表 <p>【標準試験値】 未検証</p>	<p>測定機: 使用時温度環境 0~+50°C 加速度計: 使用時温度環境 -10~+50°C よって、計測可能温度帯は 0~+50°C 湿度: 85%RH 以下(結露を除く)</p> <p>降雨、積雪時には計測しない。</p>																										
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	<p>【性能値】</p> <ul style="list-style-type: none"> 測定機 $\pm 20000 \times 10^{-6}$ひずみレンジ (2×10^{-6}ひずみ分解能) $\pm 10000 \times 10^{-6}$ひずみレンジ (1×10^{-6}ひずみ分解能) $\pm 5000 \times 10^{-6}$ひずみレンジ (1×10^{-6}ひずみ分解能) <p>【標準試験値】 未検証</p>	<p>測定機: 使用時温度環境 0~+50°C 加速度計: 使用時温度環境 -10~+50°C よって、計測可能温度帯は 0~+50°C 湿度: 85%RH 以下(結露を除く)</p> <p>降雨、積雪時には計測しない。</p>																										
計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	<p>【性能値】 未検証</p> <p>【標準試験値】 計測たわみ値(SIVE) / 床版下面からの変位計によるたわみ値=0.88(平均値)(表-1)</p> <table border="1" data-bbox="491 1691 901 1870"> <thead> <tr> <th rowspan="2">落下高さ (cm)</th> <th colspan="2">たわみ平均値(mm)</th> <th>計測たわみ値</th> </tr> <tr> <th>S I V E</th> <th>変位計</th> <th>変位計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>0.21</td> <td>0.23</td> <td>0.91</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0.25</td> <td>0.29</td> <td>0.86</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0.32</td> <td>0.35</td> <td>0.91</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0.35</td> <td>0.42</td> <td>0.83</td> </tr> <tr> <td colspan="3">計測たわみ値/変位計 ⇒ 平均</td> <td>0.88</td> </tr> </tbody> </table>	落下高さ (cm)	たわみ平均値(mm)		計測たわみ値	S I V E	変位計	変位計	10	0.21	0.23	0.91	15	0.25	0.29	0.86	20	0.32	0.35	0.91	25	0.35	0.42	0.83	計測たわみ値/変位計 ⇒ 平均			0.88	<p>降雨、積雪時には計測しない。 中央の加速度計はブチルゴムテープで舗装上に接着固定すること。 また、1測点3回実施し、平均値から$\pm 10\%$を超える計測値を除いた平均値を計測値とする。</p>
落下高さ (cm)	たわみ平均値(mm)		計測たわみ値																												
	S I V E	変位計	変位計																												
10	0.21	0.23	0.91																												
15	0.25	0.29	0.86																												
20	0.32	0.35	0.91																												
25	0.35	0.42	0.83																												
計測たわみ値/変位計 ⇒ 平均			0.88																												
	性能確認シートの有無 ※	無																													

計測速度 (移動しながら計測する場合)	【性能値】 ・過去の実績 支間30m旧鉄桁18パネル(54回載荷):3時間 1載荷当たり3分20秒 ・カウンター式小型フォークリフトの移動速度 カタログ値:2.9km/h(全負荷)、3.0km/h(無負荷) 【標準試験値】 未検証		降雨、積雪時には計測しない。
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 ※	-	計測位置は事前にマーキングしており、カウンター式小型フォークリフト使用のため、位置調整が可能
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	無	-

※「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	試験機幅700mm以上の幅員が必要	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	重錘落下時には衝撃音が発生するので、それが問題になる場合には注意が必要。 例)山間部での猛禽類繁殖期など	-
	安全面への配慮	重錘を落下させる際には、落下タイミングを関係者に分かるように発声する。 例)サン、ニ、イチ、ラッカ。等	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	計測は橋面上で実施するため、交通規制が必要 車線規制で実施可能	-
	その他	降雨、降雪時には計測しない。	-

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	計測に際し必要となる資格は無い。	-
	必要構成人員数	現場責任者1名、測定操作1名、センサ配置2名 合計4名 他に交通誘導員が道路の状況に応じて2名以上が必要	-
	作業ヤード・操作場所	3m×床版支間、床版支間が2.5mであれば7.5m ² 操作場所はパソコンを固定するカウンター式小型フォークリフト周辺	-
	計測費用	橋種〔鋼橋鈹桁〕 橋長 30m級 幅員 8m級 部位・部材〔床版〕 検出項目〔床版たわみ〕 検出箇所数〔18パネル〕 計測頻度〔1パネル5回載荷〕 計測期間〔1日〕※条件によっては前日に載荷位置マーキング (費用)合計3,210,000円(経費を含む) 床版1パネル当たり178,300円	-
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	開発者に計測を依頼するか、試験機器の貸し出しを依頼	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	不具合時は電話対応によるサポートを実施 経験者による計測を推奨	-
	センシングデバイスの点検	試験実施前(出庫前)の矩形鋼板によるテストで動作確認を実施	-
	その他	橋面の縦断勾配、横断勾配が3%を超える場合には要相談	-

6. 図面

計測状況写真



(テントは降雨対策として使用)

1. 基本事項

技術番号	BR030032-V0021		
技術名	振動画像によるケーブル張力計測技術		
技術バージョン	1	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社 長大 パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社		
連絡先等	TEL: 082-511-8401	E-mail: arii-k@chodai.co.jp amou.chika@jp.panasonic.com	構造事業本部 技術統括部 有井 賢次
現有台数・基地	1台	基地	広島県広島市
技術概要	デジタルカメラの動画撮影機能を用いて既設斜張橋ケーブルの振動の様子を撮影し、撮影した動画を画像解析することにより変位時刻歴波形を作成し、その時刻歴波形よりFFTを用いて卓越振動数を計算した結果を用いて、算式よりケーブル張力を推計する。 動画画像から変位時刻歴波形を抽出する方法は、デジタル画像相関法を用いる。		
技術区分	対象部位	斜材	
	検出原理	動画(デジタル画像相関法)	
	検出項目	張力	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> 本計測機器は高画素のデジタルカメラで撮影した高精細動画から画像処理によって撮影対象の詳細な動的挙動の計測を行うものである。 デジタルカメラと録画データ保存用SDカードと解析用アプリケーションがインストールされたPCが主な構成要素であり、現場にてこのPCを使い撮影した画像の良否をチェックしたり、撮影対象の挙動の計測結果を簡易的に確認することも可能である。 基本的には撮影した動画はSDカードに記録された状態でオフィスに持ち帰り、発注者の指示に基づき、解析用アプリケーション上で計測したい部位の詳細な挙動計測や周波数分析等を行う。 この際、動画内に写っている限りは何度でも計測しなおすことが原理的に可能なため、発注者が得たい情報を得るために様々な試行錯誤を繰り返して、得られる情報の質を向上させることも可能である。 	
移動装置	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
設置方法	【据置】 ・デジタルカメラを三脚に固定する。		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	寸法:幅138.5mm×高さ98.1mm×奥行87.4mm 重量:935g		
センシングデバイス	デジタルカメラ Lumix DC-GH5(パナソニック製) デジタルカメラ用レンズ H-FS12060(Lumix G VARIO 12-60mm/F3.5-5.6 ASPH.POWER O.I.S.)		
計測原理	<ul style="list-style-type: none"> 計測対象物(ケーブル等)をカメラで撮影し、その動画から解析用アプリケーション上で画像処理により任意の計測対象物の複数箇所の変位量の時系列データを得、これを元に回転量、固有振動数等を演算で算出する。 計測対象物の変位量、回転量の実寸値を得るために、撮影した画像に写っているものの実寸法を測量等で計測し、画像処理によって得られた変位量(単位は画素数)を実寸法に換算する。 		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> 計測対象を一定時間、安全に撮影できる場所(カメラ等の機材の設置場所)の確保が必要である。 カメラと計測対象間に遮蔽物が存在する場合は撤去が必要である(例えば伸びた雑草、雑木林等)。 降雨、降雪など悪天候時のため撮影に影響が生じる場合は計測することが出来ない。 計測対象の外観にテキスチャ(模様や汚れ)が全く無い場合は計測することができない。 		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> 変位計測にあたり計測精度向上のため、カメラの露出、画角、フォーカスを適切に設定することに留意する必要がある。 同様にカメラが交通振動や風によって振動した場合にも計測精度への悪影響が発生するおそれがあるため、カメラの設置場所、設置方法、撮影時の天候等に留意する必要がある。 また大気の影響も計測精度に影響するため、特にカメラと計測対象との間の距離が長くなる場合には留意が必要である。 		
計測プロセス	<ol style="list-style-type: none"> 計測対象物(ケーブル等)を撮影できる場所にカメラを設置し(計測対象に対して正対)、カメラの露出、画角、フォーカスを調整する。 カメラで動画撮影を実行し、撮影した動画データはSDカードに記録される。 記録した動画データをSDカード経由でパソコンに転送し、パソコンにインストールされている解析用アプリケーションを使って計測対象の任意の位置を選択し、変位量の時刻歴データを作成する。 変位の時刻歴データから計測対象箇所の回転量、固有振動数等を算定する。 数式よりケーブル張力を推計する。 		
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> 計測される変位量の時刻歴データ、変位量、回転量及び固有振動数等のデータはcsvファイルにて保存される。 上記の計測した結果は解析ソフトのグラフィック機能によりグラフ表示したり、撮影した動画に変位をベクトルとして重畳表示したりして、現地で確認することもできる。 		
計測頻度	3回		
耐久性	防塵・防滴性能あり(デジタルカメラ)		
動力	作業時間に応じて、バッテリーなどの仮設電源が必要になる場合がある。		

	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	実撮影可能時間: 約60分(モニター時: DC-GH5M付属レンズ12-60mm使用時, MP4(4K/30p/100Mbps AAC)
データ 収集・ 通信 装置	設置方法	【据置】 ・解析用アプリケーション搭載PC: PC操作可能な場所に据え置き ・記録メディア(SDカード): デジタルカメラに取付
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・解析用ソフトウェア搭載PC
	データ収集・記録機能	・記録メディア(SDカード)に保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	PCについて、作業時間に応じて、バッテリーなどの仮設電源が必要になる場合がある。
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 ケーブル振動数30Hz以下で、かつ検出感度1/30画素以上の変位を有する振動であること。	
		[性能値] 計測可能なケーブル振動数: 20Hz以下			
	感度	校正方法	校正不要		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 撮影時に十分な光量が保証され、且つ撮影対象に十分なテクスチャ(模様や汚れ)が存在すれば確実に検出可能。
			[性能値] 撮影した画像からの変位検出率100%		
	[標準試験] 撮影した画像からの変位検出率100%				
	検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	-	
	[性能値] 1/30画素				
	[標準試験] 未検証				
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 1/30画素相当	
[性能値] 30dB					
[標準試験] 未検証					
分解能	性能確認シートの有無 ※	無	-		
[性能値] 撮影した画像における1画素相当量の1/30					
[標準試験値] 未検証					
計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 要確認 【標準試験値】 斜材径φ170 角度24°		
[性能値] 加速度計測によるケーブル張力算定結果との比較 レファレンス用加速度計からの張力と当該技術による張力の誤差は、±5.0%					
[標準試験] 加速度計測によるケーブル張力算定結果との比較 レファレンス用加速度計からの張力と当該技術による張力の誤差は、5回の計測において、-3.9%~2.2%					
計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		
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 ※		-		
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		

※「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)
道路幅員条件	-	-
桁下条件	桁下に存在する対象物を計測する場合は、人が進入できる箇所や進入できる空間が必要	-
周辺条件	・計測対象を一定時間、安全に撮影できる場所の確保が必要 ・カメラと計測対象間に遮蔽物が存在する場合は撤去が必要(例えば伸びた雑草、雑木林等)	-
安全面への配慮	カメラ、三脚、電源(バッテリー)を公道上に設置せざるを得ない場合は、注意喚起の看板等の設置が必要	-
無線等使用における混線等対策	-	-
道路規制条件	カメラ、三脚、電源(バッテリー)を公道上に設置せざるを得ない場合は、注意喚起の看板等の設置が必要	-
その他	・降雨、降雪など悪天候時のため撮影に影響が生じる場合は使用不可 ・計測対象を一定時間、安全に撮影できる場所の確保が必要 ・計測装置の検出感度(1/30~1/100画素)以下の極微小な変位は計測不可 ・現地計測に要する時間は、計測準備に30分、計測・データ確認に30分、機器の撤去に15分程度を要する。	-

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)
調査技術者の技量	・デジタルカメラ操作方法の講習をうけている者	-
必要構成人員数	・2名(撮影者及び記録者)	-
作業ヤード・操作場所	・デジタルカメラの設置場所	-
計測費用	ケーブル本数20本を有する斜張橋の場合 ・調査費用(外業):20万円/日/橋 ・調査費用(内業):100万円/5日/橋 ・機械経費:20万円/橋 ・その他の費用:交通費, 宿泊費は別途計上	-
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	-	-

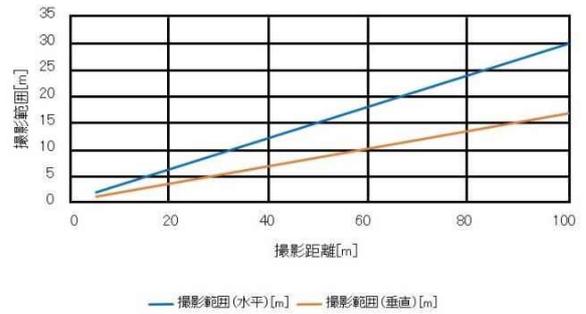
6. 図面

計測状況 (撮影状況)



撮影距離と撮影範囲

撮影距離と撮影範囲 (f=60mmレンズ)



※60mmレンズを用いた場合の撮影可能範囲

振動抽出着目点



図-1 撮影画像内の振動抽出着目点

※3箇所

時刻歴波形とFFT変換結果

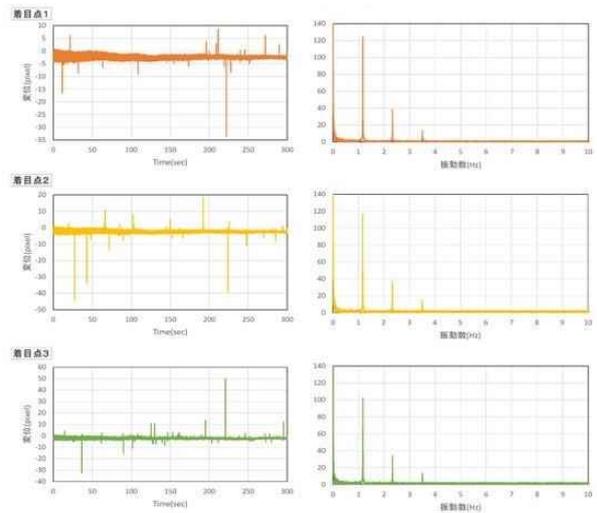


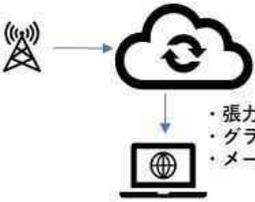
図-2 実位時刻歴波形

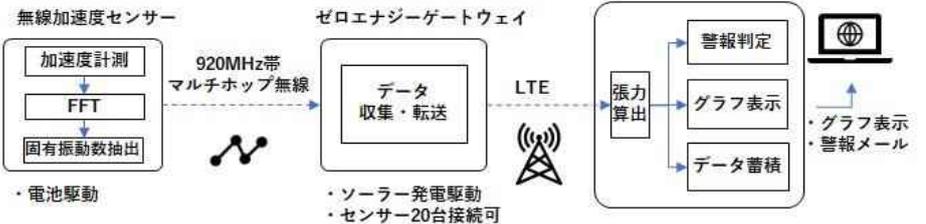
図-3 振動数解析結果

1. 基本事項

技術番号	BR030033-V0021		
技術名	無線加速度センサーによる斜張橋の斜材張力モニタリング		
技術バージョン	Ver.1	作成: 2021年10月	
開発者	沖電気工業株式会社		
連絡先等	TEL: 080-2673-5297 048-431-5180	E-mail: hashizume808@oki.com	ソリューションシステム事業本部IoT プラットフォーム事業部スマートコ ミュニケーションシステム部 橋爪 洋
現有台数・基地	20台	基地	埼玉県蕨市 OKIシステムセンサー
技術概要	斜張橋の重要部材である斜材ケーブルの張力を無線加速度センサーにより、遠隔から常時モニタリングする技術である。斜材ケーブルの異常(破断、腐食、疲労き裂、保護管の腐食・き裂による張力変化)が発生し、張力が基準値を超えて変化した場合には、これを自動検知し、メールで発報できる。斜材ケーブルに設置する無線加速度センサーは、長期間(5年)の電池駆動とマルチホップ無線伝送に対応している。また、LTEでセンサーデータをサーバへ転送するゼロエナジーゲートウェイは、ソーラー発電駆動に対応している。このため、設置時の電源及び通信の配線工事が不要である。		
技術区分	対象部位	斜材ケーブル	
	検出原理	加速度	
	検出項目	固有振動数、張力	

2. 基本諸元

計測機器の構成	<p>無線加速度センサーは、斜張橋の斜材ケーブルに設置して使用するものであり、計測した加速度から固有振動数を算出し、920MHz帯マルチホップ無線でデータ送信する。920MHz帯マルチホップ無線でゼロエナジーゲートウェイに集約されたデータは、LTEでサーバへ転送する。サーバへはインターネットを経由してブラウザでアクセスでき、日々の張力の変化を監視することができる。また、張力の変化量が基準値を超えた場合には、自動で警報をメール送信できる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>無線加速度センサー</p>  <ul style="list-style-type: none"> 電池駆動 加速度・固有振動数を計測可 </div> <div style="text-align: center;"> <p>ゼロエナジーゲートウェイ</p>  <ul style="list-style-type: none"> ソーラー発電駆動 センサー20台接続可 </div> <div style="text-align: center;"> <p>データ収集サーバ</p>  <ul style="list-style-type: none"> 張力算出 グラフ表示 メール発報 </div> </div>		
移動装置	移動原理	据置	
	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	<p>【無線加速度センサー】 無線加速度センサーは、ステンレスバンドで斜材ケーブルに固定する。なお、ステンレスバンドで斜材ケーブルに傷が付くことを防止するため、天然ゴムシートを巻いておく。</p> 		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	【無線加速度センサー】 寸法:(L)140mm×(W)76×(H)60mm、重量:約530g		
センシングデバイス	加速度センサー		
計測原理	<p>斜材ケーブルにかかる加速度を計測し、高速フーリエ変換(FFT)で得られる周波数スペクトルから、低次から高次までの固有振動数を抽出する。斜材ケーブルの張力は固有振動数から算出する。斜材ケーブルの低次から高次までの固有振動数f_iと次数の関係式(下図)がある。計測した固有振動数とその次数から、最小二乗法で関係式における2つの係数(A、B)を同定できる。係数Bに含まれるケーブル長さL、及び、単位長さあたりの質量ρAは設計値があるため、係数Bから張力Tを算出できる。また、設置直後の張力を初期値とし、張力の変化量を監視する。変化量が基準値を超えた場合、自動検出して、メールで発報する。</p>		

計測装置	$f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4} i^4 + \frac{T}{4\rho AL^2} i^2$ <p> 係数A 係数B f_i: 固有振動数 (Hz) i: 次数 T: 張力 (N) EI: 曲げ剛性 (N・m²) L: ケーブル長 (m) ρA: 単位長さあたり質量 (kg/m) </p>
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	計測値は外部環境(通行量、風速、温度等)に影響を受けるため、平均化処理によるノイズ除去を行うなどの留意が必要である。
計測プロセス	<p>1) 無線加速度センサーは斜材ケーブルの加速度を計測し、FFTと固有振動数抽出を行い、ゼロエナジーゲートウェイに920MHz帯マルチホップ無線でデータを送信する。</p> <p>2) 920MHz帯マルチホップ無線によりゼロエナジーゲートウェイに集約されたデータは、LTEでサーバへ転送する。</p> <p>3) サーバで算出された張力はデータベースに蓄積され、インターネットでサーバに接続したブラウザでグラフ表示できる。</p> <p>4) 設置後の初期値からの張力の変化量が基準値を超過した場合には自動でメール発報される。</p>  <p>無線加速度センサー ゼロエナジーゲートウェイ</p> <p>加速度計測 920MHz帯マルチホップ無線 データ収集・転送 LTE 張力算出 警報判定 グラフ表示 データ蓄積</p> <p>FFT 固有振動数抽出 電池駆動 ソーラー発電駆動 センサー20台接続可 警報メール</p>
アウトプット	計測データはWebブラウザから時系列グラフで参照可能である。 張力変化量がしきい値が超過したとき自動で電子メールが送信可能である。 計測データはCSV形式のファイルでダウンロード可能である。
計測頻度	通常は1日4回(6時間毎) 10分毎から24時間毎まで設定可能である。 計測頻度を多くした場合、電池寿命に影響する。
耐久性	IP65
動力	【無線加速度センサー】 リチウム電池CR17450×2本
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	【無線加速度センサー】 電池寿命5年間
設置方法	【ゼロエナジーゲートウェイ】 太陽光発電が可能となるように南向きで日当たりが良い場所に設置する。
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	【ゼロエナジーゲートウェイ】 寸法:(W)230x(D)284x(H)378 mm、重量:約4Kg
データ収集・記録機能	計測データはLTEでサーバに転送されグラフ表示可能である。 計測データはサーバでデータベースに保存される。また、CSVファイルで保存可能である。
通信規格 (データを伝送し保存する場合)	920MHz帯マルチホップ無線、LTE
セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	認証方式: 共通鍵を用いた機器認証 暗号化方式: AES128
動力	【ゼロエナジーゲートウェイ】 太陽光発電、ニッケル水素電池
データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	【ゼロエナジーゲートウェイ】 連続不日照9日間

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ -	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 斜材ケーブルの常時微動により固有振動数を検出可能であること
	校正方法	-	-	-
	検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	-
	検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	-
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	-
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 単位長さ重量64.3kg/m、ケーブル長60.5m、角度56° 単位長さ重量91.6kg/m、ケーブル長204.4m、角度21° 【標準試験値】 斜材径φ170、180 角度24°
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-
	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 ※		-
	色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-

※「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)

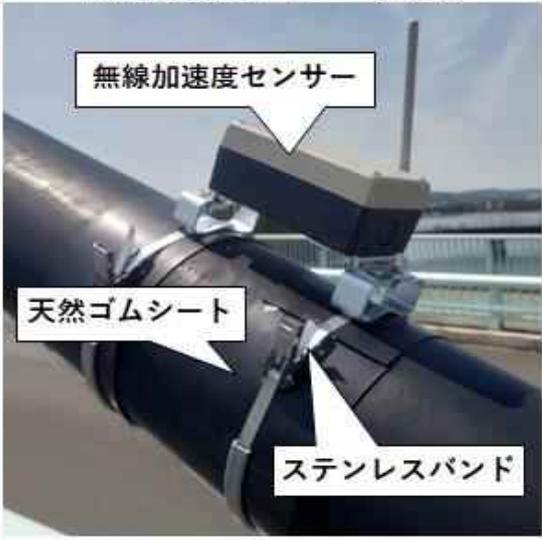
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点 検 時 現 場 条 件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	無線加速度センサーからゼロエナジーゲートウェイに直接電波が届かない場合は、無線中継器を設置すること。 ゼロエナジーゲートウェイは日当たり良い南向きに設置すること。	-
	安全面への配慮	各装置は落下防止策を実施する。	-
	無線等使用における混線等対策	設置前に未使用チャンネルを確認の上、設置する。	-
	道路規制条件	高所作業を利用して設置する際は、交通規制が必要になる場合がある。	-
	その他	-	-

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	-	-
必要構成人員数	現場責任者1名、補助員1名の計2名	-
作業ヤード・操作場所	自動計測のため操作不要	-
計測費用	斜張橋の斜材ケーブル2カ所をモニタリングした場合の計測費用の例 機器費:70万円 年間計測費:100万円	-
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	常時、自動で計測 常時、しきい値監視により異常時はメールで自動発報	-
利用形態:リース等の入手性	機器販売 設置及び分析・報告は業務委託	-
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 ・機器故障はセンドバックによる修理対応 ・その他は有償にて対応	-
センシングデバイスの点検	有償にて対応	-
その他	【無線加速度センサーの環境条件】 -20~60℃、25~85%RH 結露無きこと 【ゼロエナジーゲートウェイの環境条件】 -20~60℃、10~95%RH	-

6. 図面

機器設置方法例

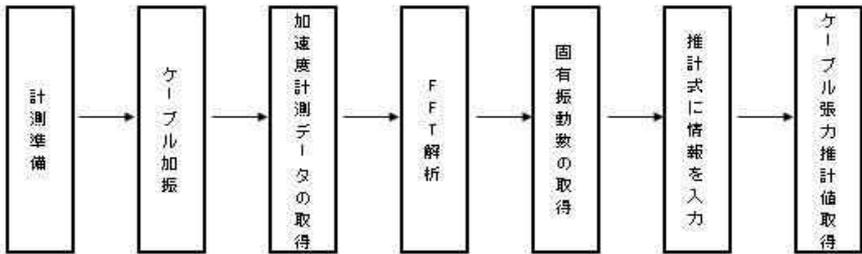
<p>機器配置イメージ</p>  <p>無線加速度センサー</p> <p>920MHz帯 マルチホップ無線</p> <p>LTE</p> <p>ゼロエナジーゲートウェイ</p>	<p>ゼロエナジーゲートウェイ 設置例</p>  <ul style="list-style-type: none">・支柱にバンド固定・電源・通信の配線不要
<p>無線加速度センサー 設置例</p>  <p>無線加速度センサー</p> <p>天然ゴムシート</p> <p>ステンレスバンド</p>	



1. 基本事項

技術番号	BR030034-V0021		
技術名	加速度計測によるケーブルの張力計測技術		
技術バージョン	1	作成: 2021年10月	
開発者	神鋼鋼線工業株式会社 京都大学		
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	1台	基地	兵庫県尼崎市中浜町10-1
技術概要	<p>本技術は、斜張橋の斜材やPC橋の外ケーブルなどのケーブルについて加速度計の計測データをもとに張力を推計するものである。加速度計の計測データを用いてケーブルの複数モードの固有振動数を把握し、ケーブルの既知の情報と共に張力の推計式に入力することで張力の推計値を得る。</p> <p>本技術は、両端が単純に支持されているケーブルのほか、定着部近傍にダンパー等の制振装置付のケーブル、または、ニールセン橋等の交点クランプを有するケーブルにおいても、張力の推計が可能である。</p> <p>【1】両端支持ケーブルの張力推計技術 両端を支持されたケーブルの張力を推計する技術。一般的な振動法に必要な事前のキャリブレーションを不要とする技術であり、ケーブル張力と曲げ剛性を同時に推計することが可能。</p> <p>【2】制振装置付ケーブルの張力推計技術 制振装置付のケーブルを対象に、制振装置の取外しを行わずに直接ケーブル張力を推計する技術(ダンパー等の制振装置付ケーブルは【1】では張力の推計が不可、張力の推計には制振装置の取外しが必要)。</p> <p>【3】交点クランプ付ケーブルの張力推計技術 交点クランプ付のケーブルを対象に、交点クランプの取外しを行わずに直接ケーブル張力を推計する技術(ニールセン橋のケーブルなどの交点クランプ付ケーブルは【1】では張力の推計が不可、張力の推計には交点クランプの取外しが必要)。</p>		
技術区分	対象部位	ケーブル	
	検出原理	加速度	
	検出項目	張力	

2. 基本諸元

計測機器の構成		・本計測技術は、加速度を検出する加速度計および記録計、ケーブルに打撃を与えるための樹脂製ハンマーならびにケーブルの張力の推計に必要なアプリケーションを使用できる端末(パソコン)から構成される(常時微動で張力を推計する際は、樹脂製ハンマーは不要)。	
移動装置	移動原理	据置	
	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	・計測対象のケーブルの任意の位置に加速度計を固定(マグネット等を用いる)し、打撃等によりケーブルを振動させ、加速度の計測を行う。 計測対象のケーブルに加速度計の設置位置に、ホースバンド等を巻き付けて固定し、その上に加速度計を設置する。 計測対象が被覆等が無いケーブルであれば、直接、加速度計を設置しても良い。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	加速度計 8mm(Hex)×13.3mm(H) 質量約3g 記録計 約140mm(H)×175mm(W)×45mm(D) 質量約800g(電池含む)	
	センシングデバイス	加速度計:リオン製PV-91CH相当	
	計測原理	・計測対象のケーブルに加速度計を設置し、打撃等による自由振動または車等の通行による常時微動によって、所定時間の加速度の時刻歴データを計測する。 ・計測した加速度の時刻歴データを用いてFFT解析を行い、計測対象のケーブルの複数の固有振動数を把握する。 ・張力の算出式に、計測で得られた複数の固有振動数、および既知であるケーブルの長さ、単位重量等の諸元を入力することで、算出結果として、ケーブルの張力を得る。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・加速度計を設置可能な足場等のスペースがあること	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・固有振動数を把握するため、計測対象のケーブルの振動の節となるところに、加速度計を設置することがないように、設置位置を適切に設定する必要がある。ケーブルの定着位置から、ケーブル全長の1/8以下のところに加速度計を設置できることが望ましい。 ※たとえばケーブルの3次モードの節となる位置の近傍に加速度計を設置すると、3次モードの固有振動数の把握が困難になる。 ※ただし、特定のモード次数の固有振動数が取得できなくても、張力の推計は可能である。 ・ケーブル長さ、単位重量等は既知の値として入力するため、設計図書等から事前に把握しておく必要がある。	
	計測プロセス	<p>・計測対象のケーブルに加速度計を設置し、打撃等による振動を与えて、所定時間の加速度の時刻歴データを計測する。 ・計測した加速度の時刻歴データを用いてFFT解析を行い、計測対象のケーブルの複数の固有振動数を把握する。 ・張力の推定式に、計測で得られた複数の固有振動数、および既知であるケーブルの長さ、単位重量等の諸元を入力することで、結果として、ケーブルの張力の推計値を得る。</p>  <p style="text-align: center;">【計測プロセス】</p>	
	アウトプット	<p>・計測される加速度の時刻歴データはwaveファイルにて保存される。 ・保存されたデータを記録メディア(CFカード)を介して、張力算出用の端末に移動する。 ・張力算出用の端末でFFT解析を行い、張力算出に必要な固有振動数が得られているか確認する。 → 必要な固有振動数が得られていれば、計測は終了。 ・現地計測に要する時間は、計測準備に5分、計測に1分、データ確認に1分、機器の撤去に3分程度要する。 ・得られた固有振動数を用いて、張力算出用の端末を用いて、張力の推計を行う。 ・アウトプットされるデータは張力の計測値であり、現地確認用の速報値は、上述のデータ確認後、5分程度要する。</p>	
	計測頻度	計測は1ケーブルあたり3回とする。	
	耐久性	-	
動力	記録計の電源は乾電池を使用する。		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	1ch測定で約8時間(使用環境5℃～40℃)		
設置方法	データ収集:計測装置で取得したデータを、データ分析用の端末に記録メディアを介して移動して、データを収集する。 データ分析用の端末は、任意の場所で良い。		

データ 収集・ 通信 装置	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	記録メディア(CFカード、SDカード)に保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	-
	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
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ -	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※		-	
	校正方法	-		-	
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※		-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※		-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※		-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※		-	
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 【1】両端支持ケーブルの張力推計技術 $\alpha = \pm 5\%$ 【2】制振装置付ケーブルの張力推計技術 $\alpha = \pm 6\%$ 【3】交点クランプ付ケーブルの張力推計技術 $\alpha = \pm 10\%$ 【標準試験値】 レファレンス用加速度計からの張力と支援技術による張力の誤差は-1.5%~0.8%であった。 【標準試験値】 斜材径 $\phi 170, 180$ 角度 24°	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	
	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 ※		-	
	色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

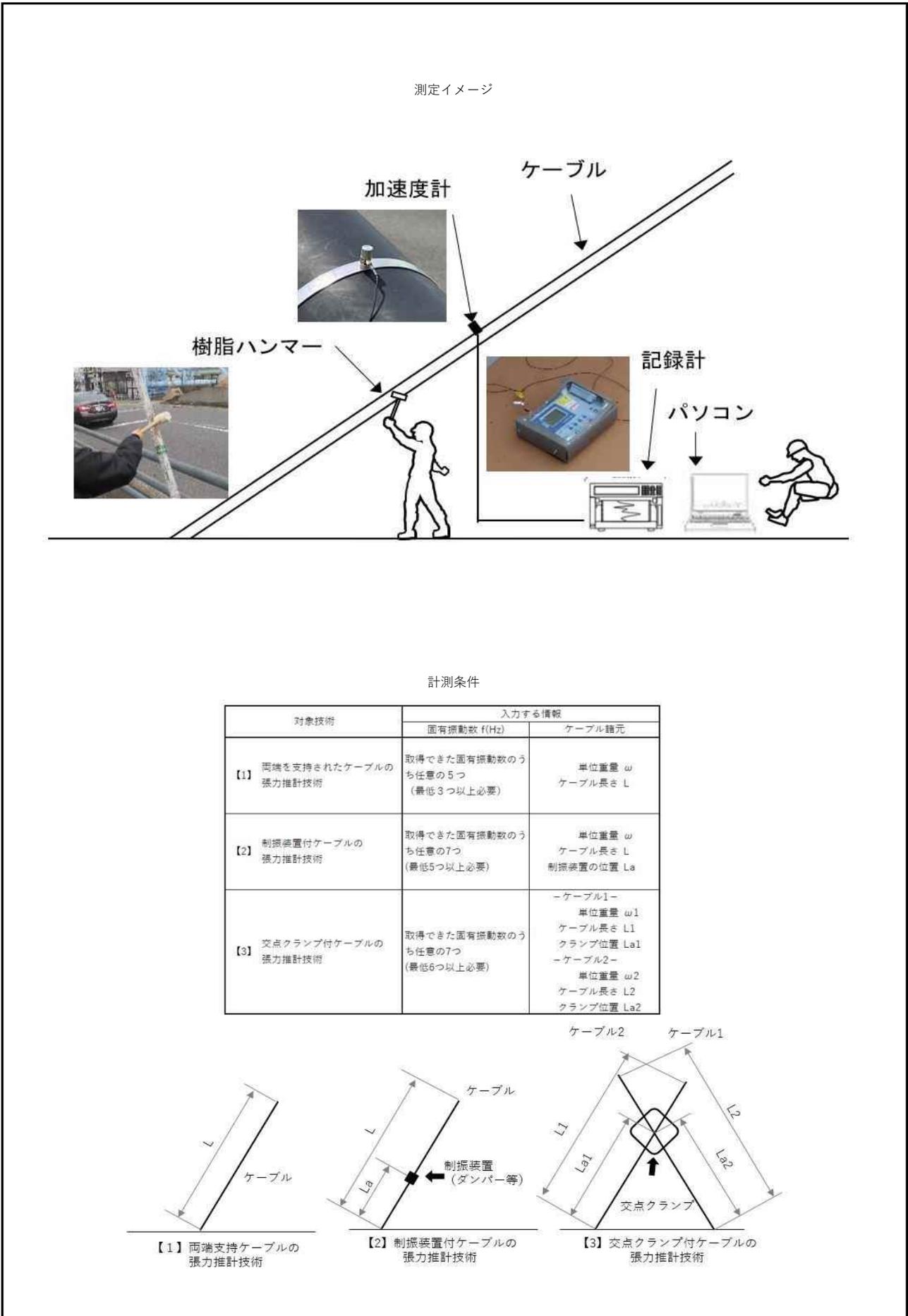
5. 留意事項(その1)

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	計測対象のケーブルに近づくために、高所作業車等を使用する場合は交通規制が必要となる	-
	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。	計測対象のケーブルに加速度計の取付や加振するにあたって、ケーブルに近接できない場合は、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)
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	-
作業ヤード・操作場所	ケーブルに加速度計が設置でき、かつ加振できる事が必要 計測データの確認に必要なスペースは1m×1m程度	-
計測費用	対 象: 斜材ケーブル 数 量: 30ケーブル 検出項目: ケーブル張力 費 用: 【1】両端支持ケーブルの張力推計技術 790,000円 【2】制振装置付ケーブルの張力推計技術 20,000円 【3】交点クランプ付ケーブルの張力推計技術 80,000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	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	-	-
センシングデバイスの点検	-	-
作業条件・運用条件 その他	<ul style="list-style-type: none"> ●斜張橋の斜材等で、制振装置(ダンパー等)が定着部近傍に取り付けられたケーブルを対象に、制振装置を取り外さずに行う張力計測 →【2】制振装置付ケーブルの張力推計技術 ※制振装置が両端の定着部近傍に取り付けられている等、1本のケーブルに制振装置が複数ある場合は適用範囲外。 ●ニールセン橋等で2本のケーブルの交差部に交点クランプが取り付けられたケーブルを対象に、交点クランプを取り外さずに行う張力計測 →【3】交点クランプ付ケーブルの張力推計技術 ※1本のケーブルに2箇所以上の交差部を持ち、それぞれ交点クランプが取り付けられている場合は適用範囲外。 ●ケーブル両端の定着部が単純支持されているケーブル、もしくは制振装置や交点クランプ等を取り外して、一時的に単純支持されているケーブルを対象に行う張力計測 →【1】両端支持ケーブルの張力推計技術 	-

6. 図面



1. 基本事項

技術番号	BR030035-V0021		
技術名	携帯型高精度傾斜測定装置		
技術バージョン	1	作成: 2021年10月	
開発者	株式会社TTES		
連絡先等	TEL: 03-5724-4011	E-mail: info@ttes.co.jp	株式会社TTES 榎 慎吾
現有台数・基地	10台	基地	東京都目黒区
技術概要	<p>本技術は、橋梁基礎の洗掘等によって生じる、橋梁下部構造の微小な傾斜変化を測定することを目的とした技術である。計測装置は、持ち運んで複数の管理対象物を計測することを目的として専用に開発しており、小型軽量である。測定データは、日時、位置情報とともに装置内メモリカードに保存される。さらに、専用アプリケーションをインストールしたスマートフォンを用いることにより、GISでデータ管理が可能なクラウドサービスに測定データを伝送・分類し、データ整理の省力化を実現する。</p>		
技術区分	対象部位	下部構造(橋脚、橋台、基礎)	
	検出原理	重力加速度	
	検出項目	傾斜角(被測定平面上の直交する2方向の傾斜角)	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測機器は、計測装置、ベースプレート、ベースプレート用カバー、キャリブレーション用プレートで構成される。クラウドサービス利用時は、専用アプリケーションをインストールしたスマートフォンを、通信装置として利用する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計測装置 一体構造(電源、センサー部、データ処理部)で小型軽量であり、単体で計測操作が可能である。マイクロSDカードスロットおよびUSB Type-C端子を備え、マイクロSDカードへ測定データを保存し、USB Type-C端子からの外部給電が可能となっている。 ・ベースプレート 計測部位毎に必要なに応じて設置する。ベースプレートを、計測装置の位置と向きを決定するガイドとすることで、繰り返し測定精度を確保する。 ・ベースプレート用カバー 測定時以外はベースプレート用カバーを設置しておき、ベースプレートの表面を保護する。 ・キャリブレーション用プレート 計測装置のキャリブレーション(校正)に用いる。キャリブレーション用プレートをぐらつかない安定した場所に置き、キャリブレーション用プレート上に装置を置き、画面表示に従って操作することで、簡易にキャリブレーションを実施できる。 ・スマートフォン 専用アプリケーションをインストールしたもので、測定データをクラウドサービスへアップロードする際に用いる。 	
移動装置	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
動力	-		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
設置方法	<p>【人力】 小型軽量の計測装置を人力で持ち運び、計測部位に置く。</p>		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>計測装置本体:最大外形寸法(長さ95mm×幅95mm×高さ80mm)、最大重量(400gf) ベースプレート:最大外形寸法(長さ90mm×幅90mm×高さ10mm)、最大重量(200gf) キャリブレーション用プレート:最大外形寸法(長さ100mm×幅100mm×高さ15mm)、最大重量(1000gf)</p>		
センシングデバイス	3軸加速度センサ セイコーエプソン製 M-A351AS		
計測原理	<p>計測部位に計測装置を置き、3軸加速度センサで重力加速度を計測する。計測した重力加速度から傾斜角を把握する。</p> <p>測定前には、必要に応じて計測装置のキャリブレーションを行う。キャリブレーションは、高精度に平面加工されたキャリブレーション用プレート上で、計測装置に組み込まれているキャリブレーション機能によって行う。キャリブレーションの所要時間は1分以内である。</p>		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> ・ベースプレートを使用する場合、計測場所にベースプレートを固定できる必要がある。 ・測定者が計測装置を持って計測部位に近接でき、計測装置を計測部位に置くことができる必要がある。 ・動的振動はフィルタリングにより除去しているため、常時微動下でも使用可能である。 ・GNSSによる位置情報取得のため、屋外でGNSS衛星信号を受信できる必要がある。 ・±45度の傾斜の範囲内で計測可能である。 ・計測装置は非防水である。 		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・ベースプレートを使用する場合、繰り返し測定精度を確保するため、計測装置本体のガイドをベースプレートに押し当てて設置する必要がある。 ・ベースプレート上に異物があると誤差要因となる。 ・平面精度の低い設置面上では、計測位置が異なると表面の凹凸を計測装置が拾い、誤差要因となる。 ・加速度センサの温度依存性が誤差要因となる(キャリブレーションで補正可能)。 		
計測プロセス	<p>事前準備: 必要に応じ、各計測部位にベースプレートを固定する。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①計測装置を持って計測場所に移動する。 ②計測装置の電源を投入し、GNSS測位完了まで待機する。 ③必要に応じ、計測装置のキャリブレーションを行う。 ④計測部位に計測装置を置き、傾斜測定を行う。 ⑤画面上に表示される測定結果を確認する。 ⑥スマートフォンで画面上のQRコードを読み取り、測定データをクラウドサーバにアップロードする。(※クラウドサービス利用時) ⑦次の計測場所へ移動する。 ⑧計測場所毎に上記①～⑦の操作を行う。 <p>【計測フロー】</p>		

計測装置		
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> ・傾斜測定値と計測実施日時、位置情報をまとめたデータはCSVファイルにてマイクロSDカードに保存される。また、クラウドサービス利用時は、スマートフォン用アプリを用いることでクラウドサーバにデータが保存され、ブラウザ上で閲覧およびCSV形式で出力することができる。 ・現地計測に要する時間は、計測準備・キャリブレーションに10分、計測に1分、データ確認に1分、機器の撤去に1分程度を要する。
	計測頻度	-
	耐久性	-
動力	<ul style="list-style-type: none"> ・計測装置内に単3乾電池×3本を内蔵 ・USB Type-C端子から外部電源入力可能 	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	6時間(外気温:25°Cの場合)	
データ収集・通信装置	設置方法	データ記録機能は計測装置に内蔵されている。 クラウドサービスを利用する場合の通信装置は、専用アプリケーションをインストールしたスマートフォンを使用する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	使用するスマートフォンによる。
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・計測装置に挿入した記録メディア(マイクロSDカード)に保存。 ・計測実施後、計測装置の画面に表示されるQRコードをスマートフォンの専用アプリケーションで読み取り、計測データをインターネット経由でクラウドサービスに転送・保存。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	・通信方法 LTE
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	AmazonWebServices準拠
	動力	・電源用仮設備は不要
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	使用するスマートフォンによる。

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ -	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ -	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ -	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ -	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 -1G~+1G (加速度計として精度保証範囲) -45度~+45度 (傾斜角測定範囲) 【標準試験値】 未検証	加速度計の性能を確保する温度条件:-25~+85℃	
	校正方法	デジタル出力のため該当仕様なし		-		
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 -5G~+5G (加速度計としての動作レンジ(精度保証外)) 【標準試験値】 未検証	加速度計の性能を確保する温度条件:-25~+85℃
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 -5G~+5G (加速度計としての動作レンジ(精度保証外)) 【標準試験値】 未検証	加速度計の性能を確保する温度条件:-25~+85℃
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 Max. 2μG/√Hz 加速度計ノイズ密度として (25℃, Avg. 0.5Hz to 6Hz, 水平設置) 【標準試験値】 未検証	加速度計の性能を確保する温度条件:-25~+85℃	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 0.06μG (加速度計としての分解能) 0.01度 (傾斜角分解能) 【標準試験値】 未検証	加速度計の性能を確保する温度条件:-25~+85℃	
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 サイン台、ブロックゲージによる計測精度試験結果 (2021.8.30 計測実施) ①リファレンスデータ取得装置: サイン台(NG102)、ブロックゲージ(BM3-32-2) ②本装置 計測結果(単位:度) 1回目 2回目 3回目 ① 2.866 5.739 8.627 ② 2.871 5.747 8.637 計測誤差(単位:度) 0.005 0.008 0.010 【標準試験値】 福島ロボットテストフィールドにおける計測精度試験結果 ①リファレンスデータ取得装置: デジタル傾斜計(Pro3600) ②本装置 計測結果(単位:度) 1回目 2回目 3回目 ① 8.99 3.03 -6.00 ② 9.03 3.04 -5.99 計測誤差(単位:度) 0.04 0.01 -0.01	計測前にキャリブレーションを実施し、ベースプレートを使用した場合の計測精度。	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		
	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 ※		-		
	色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		

※「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	橋脚、橋台上部等の計測部位に本計測機器を設置できるスペースがあること。 設置物サイズ: 計測装置:最大外形寸法(長さ95mm×幅95mm×高さ80mm)、 ベースプレート:最大外形寸法(長さ90mm×幅90mm×高さ10mm)	-
	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	-	-
	その他	温度条件:0°C~40°C	-

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	計測装置の取扱説明書を事前に確認	-
	必要構成人員数	計測者:1名	-
	作業ヤード・操作場所	計測部位近傍	-
	計測費用	計測装置利用料(レンタル): 5万円/月・台(税抜) スターターキット(販売): 3万円(税抜) (スターターキット内容: キャリブレーション用プレート 1個、 ベースプレート 10個、 ベースプレートカバー 10個)	・計測装置利用料に、スマートフォン用アプリケーション利用料を含む。 ・クラウドサービス利用時は、クラウドサービス利用料が別途発生する。
	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	自動制御無し	-
	利用形態:リース等の入手性	レンタル	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	不具合時は代替品と交換	-
	センシングデバイスの点検	出荷時に点検を行う	-
その他	-	-	

6. 図面

図1 計測装置概要

計測装置概要



- ・小型軽量傾斜測定専用デバイス
(寸法:長さ90mm×幅90mm×高さ75mm、
重量:350g(単三電池3本含む))
- ・ワンタッチ高精度傾斜測定機能
- ・装置組み込みキャリブレーション機能
- ・高精度加速度センサ搭載
- ・GNSS受信機能搭載
- ・microSDカードスロット搭載
- ・USB type-C端子から外部給電可能
- ・屋外でも視認性の高い画面
- ・測定データを数値とQRコードで表示
- ・スマートフォンでQRコードを読み取り、
クラウドサービスへアップロード可能

図2 計測機器構成

計測機器構成



計測装置



ベースプレート

キャリブレーション
用プレートスマートフォン
(クラウドサービス
連携用)

図3 使用状況(例)



①ベースプレートを
測定部位に固定



②装置をベースプレート上に設置
(装置本体のガイドをベース
プレートの角に合わせて
位置合わせ)



③測定実施

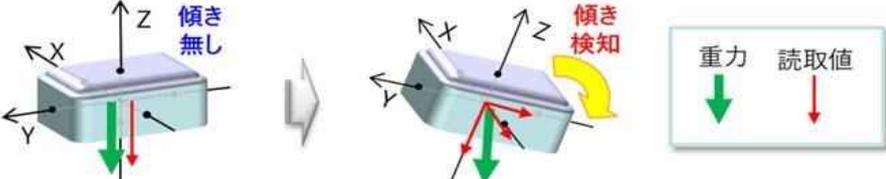
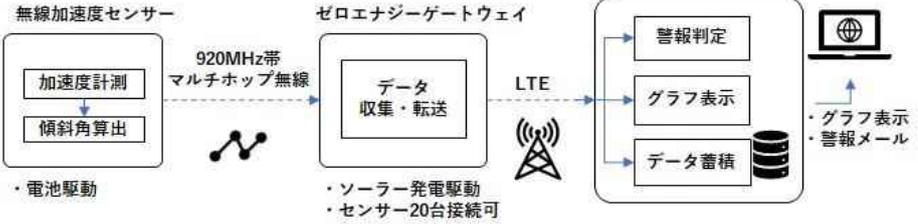


④測定値が数値表示
+QRコード表示される

1. 基本事項

技術番号	BR030036-V0021		
技術名	無線加速度センサーによる橋脚の傾斜角モニタリング		
技術バージョン	Ver1	作成: 2021年10月	
開発者	沖電気工業株式会社		
連絡先等	TEL: 080-2673-5297 048-431-5180	E-mail: hashizume808@oki.com	ソリューションシステム事業本部IoT プラットフォーム事業部スマートコ ミュニケーションシステム部 橋爪 洋
現有台数・基地	20台	基地	埼玉県蕨市 OKIシステムセンター
技術概要	洗堀による橋脚の傾き等の異常発生を無線加速度センサーにより、遠隔で常時モニタリングする技術である。河床の洗堀等により橋脚基礎の機能低下が発生し、傾斜角が基準値を超えて変化した場合には、これを自動で検知し、メールで発報できる。橋脚に設置する無線加速度センサーは、長期間(5年)の電池駆動とマルチホップ無線伝送に対応している。また、LTEでセンサーデータをサーバへ転送するゼロエナジーゲートウェイは、ソーラー発電駆動に対応している。このため、設置時の電源及び通信の配線工事が不要である。本システムは、傾斜角の他、橋脚の固有振動数、河川の水位を合わせて計測できる。		
技術区分	対象部位	橋脚	
	検出原理	加速度	
	検出項目	傾斜角、固有振動数	

2. 基本諸元

計測機器の構成	<p>無線加速度センサーは、橋脚にかかる加速度から橋軸方向及び橋軸直角方向の傾斜角を算出し、920MHz帯マルチホップ無線で送信する。920MHz帯マルチホップ無線でゼロエナジーゲートウェイに集約されたデータは、LTEでサーバへ転送する。サーバにインターネット経由でブラウザでアクセスし、日々の傾斜角の変化を監視することができる。また、傾斜角の変化量が基準値を超えた場合には、自動で警報をメールで送信できる。ゼロエナジーゲートウェイは、通信機能のみの単体型の他、超音波水位計または水圧式水位計を一体化したタイプがある。</p>  <p>無線加速度センサー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電池駆動 ・ 傾斜・固有振動数を計測可 <p>ゼロエナジーゲートウェイ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ソーラー発電駆動 ・ センサー20台接続可 ・ 水位計一体型有り <p>データ収集サーバ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ グラフ表示 ・ メール発報
移動装置	<p>移動原理</p> <p>据置</p> <p>運動制御機構</p> <ul style="list-style-type: none"> 通信 測位 自律機能 衝突回避機能(飛行型のみ) <p>外形寸法・重量</p> <p>搭載可能容量(分離構造の場合)</p> <p>動力</p> <p>連続稼働時間(バッテリー給電の場合)</p>
計測装置	<p>設置方法</p> <p>【無線加速度センサー】 エポキシ系接着剤またはボルトで橋脚に固定する。 通信ケーブル、電源の配線は不要。</p> <p>外形寸法・重量(分離構造の場合)</p> <p>【無線加速度センサー】 寸法:(L)140mm×(W)76×(H)60mm、重量:約530g</p> <p>センシングデバイス</p> <p>加速度センサー</p> <p>計測原理</p> <p>【無線加速度センサー】 3軸加速度センサにかかる重力を合成して、橋軸方向及び橋軸直角方向の2方向の傾斜角を算出する。</p> 
計測装置	<p>計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)</p> <p>平らな設置面が確保できること</p> <p>精度と信頼性に影響を及ぼす要因</p> <p>取り付け時の固定(計測装置の固定に緩みが無いこと) 周囲温度(直射日光の当たる位置は避けること)</p> <p>計測プロセス</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 無線加速度センサーは計測した3軸の加速度値から2方向の傾斜角を算出し、ゼロエナジーゲートウェイに920MHz帯マルチホップ無線でデータを送信する。 2) 920MHz帯マルチホップ無線によりゼロエナジーゲートウェイに集約されたデータは、LTEでサーバへ転送する。 3) 計測データはサーバでデータベースに蓄積され、インターネットでサーバに接続したブラウザでグラフ表示できる。 4) 傾斜角の初期値からの変化量が基準値を超過した場合には自動でメール発報できる。  <p>無線加速度センサー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電池駆動 <p>ゼロエナジーゲートウェイ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ソーラー発電駆動 ・ センサー20台接続可 <p>データ収集サーバ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ グラフ表示 ・ 警報メール <p>アウトプット</p> <p>計測データはWebブラウザから時系列グラフで参照可能である。 傾斜角の変化量が基準値を超過した場合には自動で電子メールが送信可能である。 計測データはCSV形式のファイルでダウンロード可能である。</p>

	計測頻度	通常は10分間隔。1分毎から24時間毎まで設定可能である。
	耐久性	IP65
	動力	【無線加速度センサー】 リチウム電池CR17450×2本
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	【無線加速度センサー】 電池寿命5年間
データ 収集・ 通信 装置	設置方法	【ゼロエナジーゲートウェイ】 太陽光発電が可能となるように南向きで日当たりが良い場所に設置する。 通信ケーブル、電源の配線は不要。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	【ゼロエナジーゲートウェイ】 寸法:(W)230×(D)284×(H)378 mm、重量:約4Kg
	データ収集・記録機能	計測データはLTEでサーバに転送されグラフ表示可能である。 計測データはサーバでデータベースに保存される。また、CSVファイルで保存可能である。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	920MHz帯マルチホップ無線、LTE
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	認証方式:共通鍵を用いた機器認証 暗号化方式:AES128
	動力	【ゼロエナジーゲートウェイ】 太陽光発電、ニッケル水素電池
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	【ゼロエナジーゲートウェイ】 連続不日照9日間

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	-	
		【性能値】 傾斜角範囲: ±60° 【標準試験値】 未検証			
	校正方法	傾き発生装置との比較		-	
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	-
			【性能値】 傾斜角: 0.01° 【標準試験値】 傾斜角: 0.01°		
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	-
			-		
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	-	
		-			
	分解能	性能確認シートの有無 ※	有	-	
	【性能値】 傾斜角: 0.01° 【標準試験値】 傾斜角: 0.01°				
計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	温湿度の影響を含まない 福島ロボットテストフィールドの橋梁における計測結果は確認シートを参照。 ・各条件で3回以上計測し、変動は±0.01°以内。 ・レファレンスとの差異-0.04~+0.06°(手動設置による誤差含む)		
計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		
	-				
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 ※		-		
	-				
色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-		
	-				

※「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	無線加速度センサーからゼロエナジーゲートウェイまで直接電波が届かない場合は無線中継機を設置すること。 ゼロエナジーゲートウェイは日当たり良い南向きに設置すること。	-
	安全面への配慮	各装置は落下防止策を実施する。	-
	無線等使用における混線等対策	設置前に未使用チャンネルを確認の上、設置すること。	-
	道路規制条件	高所作業を利用して設置する場合、交通規制が必要になる場合がある。	-
	その他	-	-

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	-	-
必要構成人員数	現場責任者1名、補助員1名の計2名	-
作業ヤード・操作場所	自動計測のため操作は不要	-
計測費用	橋脚3カ所をモニタリングした場合の計測費用の例 機器費:80万円 年間計測費:100万円	-
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	常時、自動で計測 常時、しきい値監視により異常時はメールで自動発報	-
利用形態:リース等の入手性	機器販売 設置及び分析・報告は業務委託	-
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 ・機器故障はセンドバックによる修理対応 ・その他の保守は有償にて対応	-
センシングデバイスの点検	・有償にて対応	-
その他	【無線加速度センサーの環境条件】 -20~60°C、25~85%RH 結露無きこと 【ゼロエナジーゲートウェイの環境条件】 -20~60°C、10~95%RH	-

6. 図面

機器設置方法例



システム構成



監視画面例



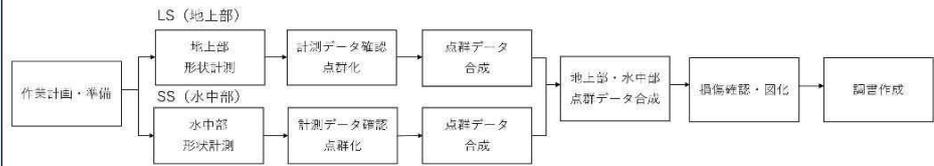
1. 基本事項

技術番号	BR030037-V0021		
技術名	スキャニングソナーとレーザースキャナによる橋梁基礎形状計測技術		
技術バージョン	Ver1.0	作成: 2021年10月	
開発者	クモノスコーポレーション(株)		
連絡先等	TEL: 072-749-1188	E-mail: miyamoto@kankou.co.jp	社長特命室 宮本彬彦
現有台数・基地	1台	基地	大阪府箕面市
技術概要	<p>SS(水中部)※1及びLS(地上部)※2は対象物の形状を計測し、3次元座標として形状をデータ化する技術である。SS(水中部)は高周波測深用のソナーヘッドを三脚に装着し、水底に機材を沈めて水中の地形や構造物の形状を計測することで、洗掘状況や構造物の変位や損傷を把握することができる。LS(地上部)は地形や構造物の地上部にレーザーを高速照射し対象物の形状を3次元計測する。</p> <p>SS(水中部)及びLS(地上部)で取得したデータは、それぞれの共通点近傍となる水面付近の形状と水位を基準として、合成することができる</p> <p>※1. スキャニングソナー ※2. レーザースキャナ</p>		
技術区分	対象部位	Co橋/下部構造(橋脚水中部、基礎部)	
	検出原理	SS(水中部): 超音波 LS(地上部): 静止画/レーザー	
	検出項目	SS(水中部): 水底地形3次元座標 LS(地上部): 地上部3次元座標	

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本計測機はSS(水中部)及びLS(地上部)により構成する。</p> <p>SS(水中部):スキャニングソナーを三脚に固定し、水底に設置して別途操作装置にて計測を行う。移動は人力で行い、計測した結果は有線にて別途データ収集装置によって保存される。通信装置はなくデータ収集装置のデータを使用する。</p> <p>LS(地上部):レーザースキャナを三脚に固定し、陸上に設置して計測を行う。移動は人力で行い、計測した結果はLS(地上部)内蔵のデータ記録装置に保存される。</p>	
移動装置	移動原理	<p>【人力】</p> <p>・本計測機器は人が計測装置を運びながら、水中及び地上にて計測を行う。</p>	
	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	水面から水底への水深・流速に合わせて、人力・補助船外機・ガソリン船外機を選択する。	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
設置方法	対象物及び損傷が直接計測できる水中及び地上部に三脚を用いて機器を設置する。		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・SS(水中部) 最大外形寸法(高さ21.5cm×幅13.6cm×奥行25.7cm) 重量(3.9kg) ・LS(地上部) 最大外形寸法(高さ18.3cm×幅23cm×奥行10.3cm) 重量(4.2kg) ※設置用三脚を除く寸法 		
センシングデバイス	<p>SS(水中部):Teledyne BlueView社製 BV5000</p> <p>LS(地上部):FARO社製 Focus3D S350</p>		
計測原理	<p>SS(水中部):本体ソナーヘッド部より1.35MHzの音波256本を扇状に発信し、反射した音波を受信して水中にある位置を計測する。</p> <p>計測したデータを専用解析ソフトで解析し、対象物の3次元座標を取得する。</p> <p>傾斜計は内蔵されておらず、鉛直面もしくは水面を計測する。</p> <p>LS(地上部):本体レーザー発射部よりノンプリズムレーザーを発射し、反射したレーザーを受信して地上部の形状位置を計測する。</p> <p>計測したデータを汎用解析ソフトで解析し、対象物の3次元座標を取得する。</p>		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<p>SS(水中部)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・濁水中での計測可能(濁度90で検証済み) ・計測の水深は50cm以上、流速2m/sec以下 ・計測対象物の最小寸法は5cm以上 ・カメラ機能がないためカラスキャンは不可 ・水平が把握できる箇所を計測 ・気泡がある場合は計測が困難。 <p>LS(地上部)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地面の場合、計測可能 ・対象物がレーザーを反射しにくい素材の場合は、計測不可 ・積雪時・降雨時は使用しない。 ・水中は計測できない。 		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<p>SS(水中部)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・音速が環境により変化するため、音速計を用いて数値を実測し、補正に活用する。 ・常時洗掘され続ける環境の場合は計測が難しい。 <p>LS(地上部)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地面に機材が水平に設置できる箇所を選定する。 		

計測装置	計測プロセス	<p>LS(地上部)及びSS(水中部)</p> <p>①作業計画・準備を実施する</p> <p>LS(地上部)</p> <p>①対象物の周囲に移動し、LS(地上部)にて対象物の形状および地上部の変状を計測する。 1器械点あたりの現地計測に要する時間は、計測準備に1分、計測に8分、データ確認に1分、器械の撤去に2分程度を要する。</p> <p>②対象物の死角ができないように機材を適宜移動し、対象物全体を計測する。</p> <p>③PCにて計測結果を点群化する。</p> <p>④各器械設置箇所の点群を合成する。</p> <p>SS(水中部)</p> <p>①対象物近傍に移動し、SS(水中部)を水中に設置後計測する。 1器械点あたりの現地計測に要する時間は、計測準備に5分、計測に5分、データ確認に5分、器械の撤去に5分程度を要する。</p> <p>②対象物の死角ができないように機材を適宜移動し、対象物全体を計測する。</p> <p>③PCにて計測結果を点群化する。</p> <p>④各器械設置箇所の点群を合成する。</p> <p>LS(地上部)及びSS(水中部)</p> <p>①損傷箇所の抽出を行い、寸法及び位置を図化する。</p> <p>②調書を作成する。</p>
	アウトプット	<p>SS(水中部):計測結果は生データファイル(.son)及び3次元点群ファイル(.xyz)で保存される。</p> <p>LS(地上部):計測結果は生データファイル(.fis)で保存される。</p>
	計測頻度	<p>SS(水中部)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1時間に3器械点程度 <p>LS(地上部)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1時間に5器械点程度 <p>※水中環境により変動する</p>
	耐久性	<p>SS(水中部):IP68 耐圧水深1000m</p> <p>LS(地上部):IP55</p>
	動力	<p>SS(水中部):外部電源(バッテリーもしくは発電機を使用)</p> <p>LS(地上部):バッテリー</p>
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<p>LS(地上部):4時間</p>
	設置方法	<p>SS(水中部):PCへの有線接続によるPC内部保存</p> <p>LS(地上部):本体一体型</p>
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<p>SS(水中部):ノートPCサイズ</p>
	データ収集・記録機能	<p>SS(水中部)::PC内部保存</p> <p>LS(地上部):本体メモリーカードに保存</p>
	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	<p>SS(水中部):外部電源(バッテリーもしくは発電機を使用)</p>	
データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-	



3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 静水、淡水及び海水 濁度:泥や小石が舞い上がらないこと 流速により三脚が移動しないこと 水深が50cm以上あること 水中に気泡が発生しないこと 三脚据え付けに支障のある水中障害物がないこと	
	校正方法	-		-	
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※		-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※		-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※		-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 SS(水中部):メーカー値1.5cm 【標準試験値】 未検証	
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【性能値】 検証場所:護岸 材質:木材(テストピース) 水深:5m 流速:未計測 濁度:未計測(淡水) 【標準試験値】 材質:コンクリート 水深:2m 流速0m/s,濁度0度 流速0.1~0.2m/s,濁度0度 流速0m/s,濁度60~90度 流速0.2~0.3m/s,濁度60~90	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	
	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 ※		-	
	色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	

※「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	SS(水中部): 桁下は人・船舶が進入できる箇所 LS(地上部): 固定された器械設置できる箇所	
	周辺条件	船舶を使用する場合は護岸に直接立ち入れること。	
	安全面への配慮	水中据え付け作業が必要な場合は潜水士が実施する。 船上作業については河川管理者の確認が必要。	
	無線等使用における混線等対策	-	
	道路規制条件	-	
	その他	SS(水中部) 計測で船舶を使用する場合、波浪等で船舶が安全に航行できない場合は計測不可。 濁度90以上の濁水での計測は検証が必要。 LS(地上部) 仮設足場・船舶からの計測は不可。	

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)
調査技術者の技量	BV5000及び3DLS操作技量 点群確認・処理能力 弊社技術指導あり	当社の技術指導を受講すること
必要構成人員数	3名 操作者1名 作業補助1名 地上部計測者1名	水深が深く、水上からの三脚設置が不可能な場合は、潜水士による機材設置作業が必要
作業ヤード・操作場所	SS(水中部) ・PCが操作できる環境があること ・有線ケーブルが届く範囲 LS(地上部) ・スキャナが設置できる箇所があること	SS(水中部) ・現場の範囲が大きく、地上部から有線操作できない場合は、船舶等にPCを設置し機材を操作する。
作業条件・運用条件 計測費用	【橋梁条件】 橋種[コンクリート橋] 橋長100m 全幅員10m 部位・部材[橋脚のみ] 活用範囲[1,000㎡] 検出項目[洗堀] <費用> 調査費用 外業27万円 内業36万円 機械経費 32万円(1日) ※諸経費、旅費交通費等は別途。 ※現場により変動します。	作業量:橋脚3基/日 桁下高10m、 水深3m、 径間長30m、 流速0.5m/sec以下
保険の有無、保障範囲、費用	任意	-
自動制御の有無	無	-
利用形態:リース等の入手性	計測業務 レンタル業務(自社対応) 販売業務	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	弊社から販売・レンタルの場合はサポートあり(別途有償)	-
センシングデバイスの点検	SS(水中部):校正点検 LS(地上部):校正点検	-
その他	-	-

6. 図面

SS (水中部) 機材



LS (地上部) 機材



LS (地上部) 計測状況



SS (水中部) 計測状況 (水深 1m未満)



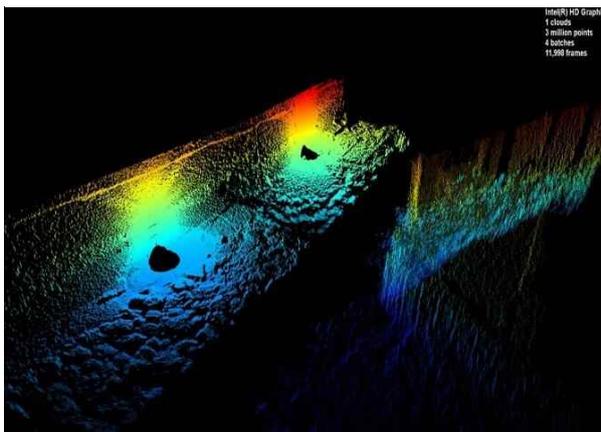
SS (水中部) 計測状況 (水深 1 m 未満)



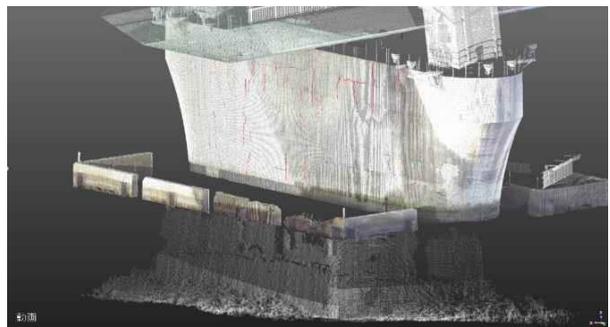
SS (水中部) 積載状況 (船舶)



SS (水中部) 水中計測結果



SS (水中部) 及びLS (地上部) データ統合



1. 基本事項

技術番号	BR030038-V0021		
技術名	3Dデータを活用した構造物の状態把握(洗掘)		
技術バージョン	バージョン1	作成: 2021年10月	
開発者	アイセイ株式会社		
連絡先等	TEL: 03-6806-7281	E-mail: seki-k@eyesay.co.jp	技術開発部 関和彦
現有台数・基地	2台	基地	東京都荒川区
技術概要	地上型レーザー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次元設計データや設計図面を使用し、比較を行うことで変化した箇所や変化量を算出する技術。橋梁下部工の傾斜等構造物の全体的な変化を捉えることが可能。注視する箇所の特定や経時的なモニタリングとしての活用が可能である。		
技術区分	対象部位	鋼部材/コンクリート部材全般	
	検出原理	レーザー	
	検出項目	3次元座標(洗掘)	

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、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に内蔵メディア(SDカード)内に保存される。	
移動装置	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。	
	移動制御機構	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、その上に計測装置本体を装着 ※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))		
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員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(計測装置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、測定装置の内部温度を15℃以上とする必要あり(計測装置本体は標準で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。 対象物に強磁性がある場合は、地球磁場に影響を与え、測定精度が低下する恐れがあり。		
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、橋脚の鉛直度を確認し、洗掘の疑いの有無を判定する。 ⑥ヒートマップ作成: 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ヒートマップを作成する。ヒートマップを用いて、洗掘箇所を可視化する。		
計測装置	【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。		

<p>アウトプット</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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ヒートマップに可視化が可能となる。
<p>計測頻度</p>	<ul style="list-style-type: none"> 洗掘や変化を捉える場合は、業務受託時の1回の計測を実施する。 経時的なモニタリングを行う際は、計測機器を据え置くのではなく、現地に不動点を設置する事で都度計測を行い、基準データや前回計測データとの比較を行うため、特に性能保証期間を定めない。
<p>耐久性</p>	<p>IP54規格に準拠した防塵・防水性能を装備</p>
<p>動力</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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)
<p>連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)</p>	<p>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℃)</p>
<p>データ収集・通信装置</p>	<p>設置方法 -</p> <p>外形寸法・重量 (分離構造の場合) -</p> <p>データ収集・記録機能 -</p> <p>通信規格 (データを伝送し保存する場合) -</p> <p>セキュリティ (データを伝送し保存する場合) -</p> <p>動力 -</p> <p>データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合) -</p>

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近接での安定性能 (飛行型のみ)	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
狭小進入可能性能	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
最大可動範囲	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-
運動位置精度	性能確認シートの有無 ※ <input type="checkbox"/>	-

※「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	計測レンジ (計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 90%の反射率を持つ面(白)に対して垂直入射した場合、ランバート反射モデル使用 ※計測機器メーカーであるFARO社製の提供スペックによる	
	感度	校正方法	【性能値】 国際度量衡委員会(CIPM)相互承認協定の参加国であるNISTまたは別の認定された計量標準総合センターによって国際単位系(SI)に基づき校正を実施	【標準試験値】 未検証	【性能値】 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】 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
		検出感度	【性能値】 国際度量衡委員会(CIPM)相互承認協定の参加国であるNISTまたは別の認定された計量標準総合センターによって国際単位系(SI)に基づき校正を実施	【標準試験値】 未検証	【性能値】 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 2)計測結果を、解析ソフト「Trimble RealWorks」を用いて解析して感度を算出
	S/N比	性能確認シートの有無 ※		-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 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 2)計測結果を、解析ソフトを用いて解析して算出	
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	無	【性能値】 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】 材質 コンクリート 距離 5m以上 風速 4.4m/s~7.0m/s	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	
	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 ※		-	
	色識別性能 (画像から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※		-	

※「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、計測機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	-	-
	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)
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 ・作業員:1名	-
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
作業条件・運用条件	計測費用	費用は計測環境及び計測構造物の構造(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

計測装置設置図

FARO Laser Scanner Focus³ 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
Focusは、距離計測、2軸傾斜センサ、角速度計測の精度向上により、あらゆる環境でのスキャンが可能。

遠距離
動作速度範囲の拡大により、遠距離環境においてもスキャン可能。Focusを高い場所でも高い場所でも、プロジェクトに活用可能。

オンサイト補正機能
オンサイト補正機能により、Focusの補正スキャン環境でも、オフィスでも保証・調整できる。高精度のスキャンデータを保証。また、段階的な補正ドキュメントも自動生成可能。

IP54の防塵・防水性能
FocusはIP54規格に準拠し、外観環境に対して防塵・防水性能を確保。

HDR画像
HDR画像をオーバーレイ
HDRカメラは、周囲の景色が美しい環境でスキャンしたデータに対して、鮮やかなカラーオーバーレイを生成。詳細な画像を簡単に取得。

アクセサリ
任意性を考えたインターフェースにより、他のアクセサリもスキャナーに接続でき、カスタマイズが可能。

利点

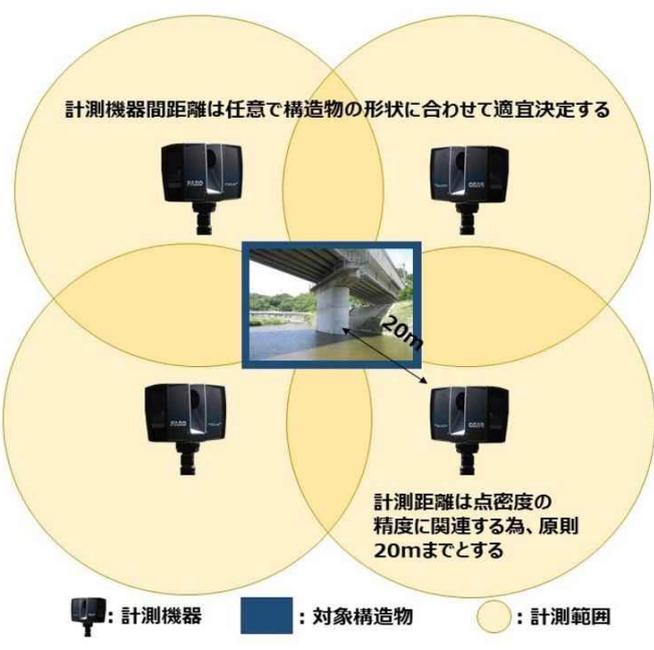
- ▶ 狭や遠、高さからスキャナーを保護し、難しい環境の中でもスキャンが可能。
- ▶ オンサイト補正機能により、信頼性の高いデータが取得可能。
- ▶ 距離精度と角度精度の向上により、建物により近いスキャンデータも取得可能。
- ▶ 内蔵アクセサリにより、作業性を考えた設置や機能拡張が可能。
- ▶ 大型で頑固なラックシステムにより、簡単にスキャナーの操作が可能。

長距離計測用レーザースキャナー

Focusシリーズは、コンパクトで軽やかかつ連続的な操作可能なFAROレーザースキャナー製品の最新モデルです。このシリーズのスキャナーは、市場の中で最も作業性を考慮したレーザースキャナーで、IP54規格に準拠したスキャン精度の向上と対象距離の向上、内蔵アクセサリ、オンサイト補正機能などのユーザーにとって重要な機能が加わりました。

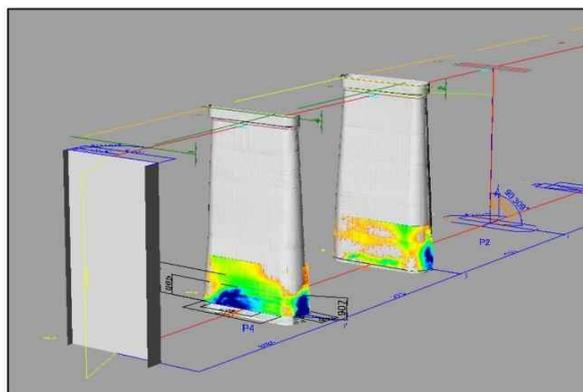
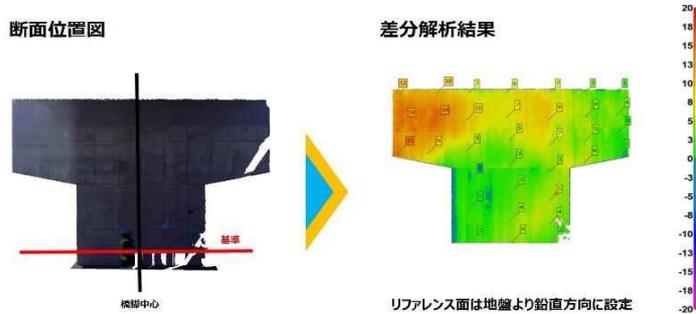
Focus³ 350は、FAROのよく知られたFocus³レーザースキャナーのあらゆるメリットと、取扱いも柔軟な機能を組み合わせています。屋内、屋外にかかわらずレーザースキャンを駆使でき、非常に信頼性が高く、遠距離、信頼性の高い製品です。

FARO Focus³ 350は、BDIMC、公共の安全と科学捜査などの業界においてあらゆる用途に対して、より高度なレーザースキャンが可能です。



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

差分解析と橋脚のすりへりヒートマップ表示イメージ図



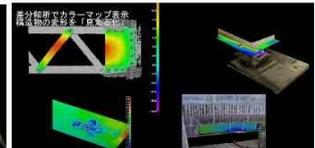
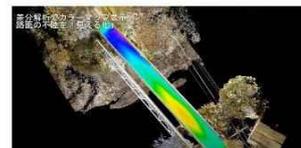
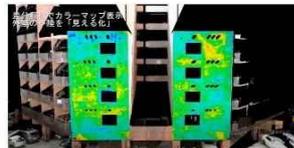
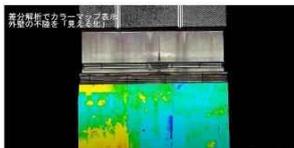
橋脚のすりへりをヒートマップ化

[動画URL]地上型レーザスキャナ計測デモ



<https://www.youtube.com/watch?v=9k6RUA28P-g>

[動画URL][差分解析『色の世界』]



https://www.youtube.com/watch?v=FLZ7SLMR5qM&list=PLIQY-UbC-w1JWaTZKg17RbcD_vS6CGWuE&index=6