


1. 基本事項

技術番号	BR030037-V0324			
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:	2024年3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: yamamoto.nobuyuki@kumonos.co.jp	空間技術部 山本 伸行	
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。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	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	下部構造(橋脚,基礎)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通	②⑥洗掘	
検出原理	超音波/レーザー/画像(静止画)			
検出項目	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	機体名称	-	
	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)	-		
計測装置	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)	<p>・SS(水中部)</p> <p>最大外形寸法(高さ21.5cm×幅13.6cm×奥行25.7cm)</p> <p>重量(3.9kg)</p> <p>・LS(地上部)</p> <p>最大外形寸法(高さ18.3cm×幅23cm×奥行10.3cm)</p> <p>重量(4.2kg)</p> <p>※設置用三脚を除く寸法</p>	
	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	①作業計画・準備を実施する	<p>LS(地上部)及びSS(水中部)</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。</p> <p>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。2-5-307</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。	<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。</p>

	計測プロセス	<p>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(point)の点群を合成する。</p> <p>LS(地上部)及びSS(水中部)</p> <p>①損傷個所の抽出を行い、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(.fls)で保存される。</p>
	計測頻度	<p>SS(水中部)</p> <p>・1時間に3器械点程度</p> <p>LS(地上部)</p> <p>・1時間に5器械点程度</p> <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>
データ収集・通信装置	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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	・計測誤差:0.013m	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	標準試験方法 3次元座標 洗堀(2021) 実施年 2021年 ①・計測誤差0.002m ②・計測誤差0.002m ③・計測誤差0.006m ④・計測誤差0.004m	材質:コンクリート 水深:2m 上段①・流速0m/s,濁度0度 計測誤差0.002m 中段②・流速0.1~0.2m/s,濁度0度 計測誤差0.002m 中段③・流速0m/s,濁度60~90度 計測誤差0.006m 下段④・流速0.2~0.3m/s,濁度60~90 計測誤差0.004m
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	①半径:15m ②半径:350m	上段①SS(水中部) 半径:15m 下段②LS(地上部) 半径:350m ・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
	感度	校正方法	-	-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-
			性能値	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-
			性能値	-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	
分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
	性能値	①1.5cm 2-5-310	①SS(水中部):メーカー値1.5cm	

※「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)	
作業条件・ 運用条件	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) ・スキヤ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。
	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)



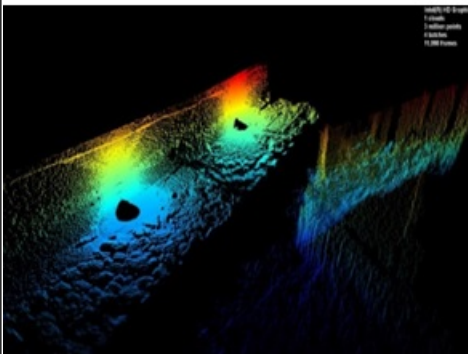
SS (水中部) 計測状況 (水深 1m未満)



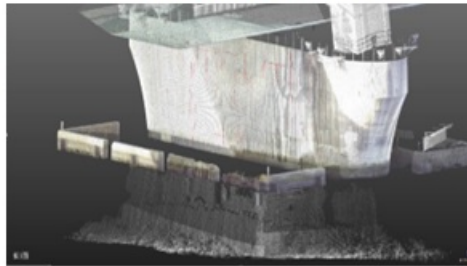
SS (水中部) 積載状況 (船舶)



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-V0324			
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:	2024年3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 fujita-y@eyesay.co.jp	技術開発部 関和彦、藤田吉臣	
現有台数・基地	2台	基地	東京都荒川区	
技術概要	地上型レーザスキャナにより構造物の3次元計測を行い、座標値で形状を復元する。 基準データとして既存の3次元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	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	下部構造(橋脚,基礎)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通	㊸沈下・移動・傾斜 ㊹洗掘	
検出原理	レーザー			
検出項目	3次元座標			

2. 基本諸元

計測機器の構成		計測装置本体を三脚に据え付けることで地上に据え置きし、3次元計測を行うものである。また、計測したデータは計測装置本体内蔵メディア(SDカード)内に保存される。	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	【人力】 本計測機器は、計測装置本体を三脚を用いて地上に据え置き3次元計測を行うものである。 対象構造物の大きさや計測環境による死角が生じ1箇所からの計測のみでは形状を捉える事が困難な場合は必要に応じて、複数箇所から計測する必要がある。複数箇所から計測する際の移動は、人力により三脚ごと移動して、再度設置する。	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	計測装置本体:最大外形寸法(長さ230mm×幅183mm×高さ103mm) 最大重量(4.2kg(バッテリーを含む)) 三脚装着時:三脚高さを1700mmに設定(通常時)し、その上に計測装置本体を装着 ※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℃)	
計測装置	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者1名の動作範囲を確保可能なスペースを複数箇所(構造物の形状による)確保する必要がある。	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	計測精度に影響するため、雨天・降雪時には計測不可(計測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後作業の妨げになるデータはノイズとして捉え除去を行う。 ④リファレンスモデル作成:差分解析を行う為、計測データに対してリファレンスとなるデータが必要となる。対象構造物の設計図面や他の時期に計測したデータ等を用いて、リファレンスモデル(参照値)の作成を行う。 ⑤差分解析:リファレンスモデルと計測機器で取得した3次元座標データを重畳し、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。	
		【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。	

アウトプット		<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。
計測頻度		<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。
耐久性		IP54規格に準拠した防塵・防水性能を装備
動力		<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)
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℃)
データ収集・通信装置	設置方法	-
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	-
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	-
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・誤差:±1.0mm	約10mおよび25mでの系統的測定誤差 ※計測機器メーカーであるFARO社製の提供スペックによる	
		標準試験値	標準試験方法 振動特性 洗堀(2020) 実施年 2021年 ・誤差:-0.18°~+0.17°	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 3.48 5.32 -7.92 ② 3.31 5.50 -7.99 ・計測誤差(単位:度) 0.17 -0.18 0.07	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・0.6m - 350m	・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	・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		・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	未検証	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・45040点/0.1㎡	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 ※	-	
	性能値		-	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・点間距離:0.4mm	・計測対象構造物から3.0m離れた距離に計測機器を設置し、計測パラメータ:1/1×1の条件で計測 ・計測結果を、解析ソフトを用いて解析して算出	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)


項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	桁下高1.0m以上 (作業者が進入し、計測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)	
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	・特別な資格保有、講習会への参加、研修の履修等の条件なし ・計測装置の操作方法および計測機器(計測装置と三脚)の設置箇所の判定のための知識が必要	-
	必要構成人員数	・責任者:1名 ・作業員: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
	計測費用	【見積前提条件】 橋種 [河川橋梁] T型橋脚1基 検出項目 [橋脚1基の洗掘] 設置箇所数 [4カ所] 【概算費用】(外内業含む) [直接人件費]+[安全費]+[一般管理費] = 計 :480,000円 ◆計測対象箇所: 60.0㎡ ◆単価: ¥4,000/㎡ ~	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 Focus[®] 350
防塵・防水性能 (IP54) を装備した超高精度地上型レーザー scanner

FARO

仕様
Focus[®]は、測量計測、3D建設計画、高度計測の用途に最適です。あらゆる環境での作業が可能です。

測定
弊社の最先端の技術により、遠距離測定においても高精度で、Focus[®]は遠くまで高精度で測定が可能です。また、設置場所の制限もありません。

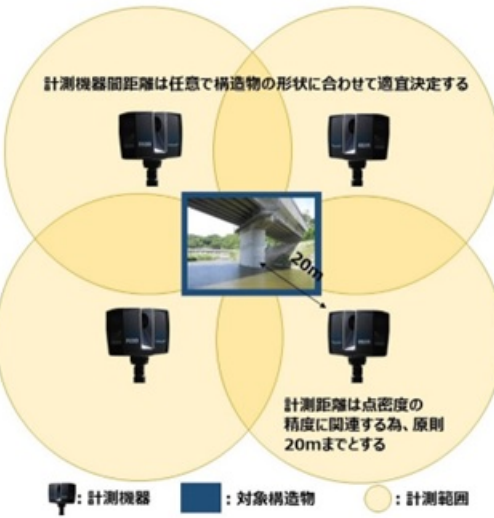
オンサイト検出機能
オンサイト検出機能により、Focus[®]が検出するオブジェクトを自動的に検出・記録・記録でき、測定結果のレポートを作成できます。また、設置場所の制限もありません。

3D計測機能
Focus[®]は3D計測機能に優れており、高精度の3D計測が可能です。

高精度測定モード
高精度測定モードでは、高精度の測定結果を生成するためのソフトウェアを提供しています。高精度の測定結果を生成するためのソフトウェアを提供しています。

オンサイト検出
オンサイト検出機能により、Focus[®]が検出するオブジェクトを自動的に検出・記録・記録でき、測定結果のレポートを作成できます。また、設置場所の制限もありません。

計測機器間距離は任意で構造物の形状に合わせて適宜決定する




計測距離は点密度の精度に関連する為、原則20mまでとする

● : 計測機器 ■ : 対象構造物 ○ : 計測範囲

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

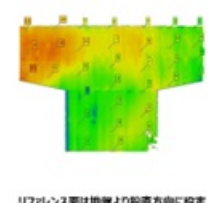
差分解析と橋脚のすりへりヒートマップ表示イメージ図

断面位置図




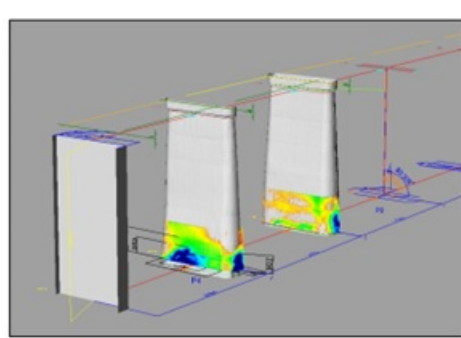
橋脚中心

差分解析結果



リアレンス面は地盤より鉛直方向に設定





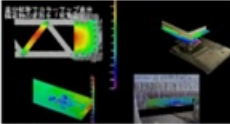
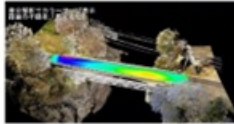
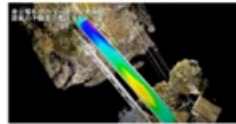
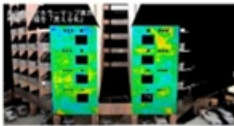
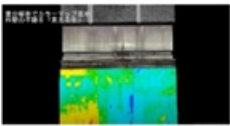
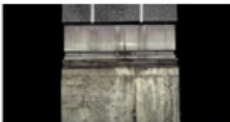
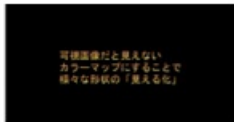
橋脚のすりへりをヒートマップ化

[動画URL]地上型レーザースキャナ計測デモ



<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=P1JQY-UbC-w1JWaTZKg17RbcD_vS8CGWuE&index=6

1. 基本事項

技術番号	BR030039-V0224			
技術名	変位計と熱電対を用いた桁遊間計測システム			
技術バージョン	Ver1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社 構研エンジニアリング / 北見工業大学			
連絡先等	TEL: 011-780-2816	E-mail:	t.takehara@koken-e.co.jp 橋梁部・竹原智久	
現有台数・基地	4基	基地	北海道札幌市 株式会社 構研エンジニアリング	
技術概要	<p>本技術は、主桁に配置した変位計と熱電対から温度変化による遊間量を経時測定する技術である。</p> <p>この遊間の計測による変化量の履歴(経時測定データ)と桁の温度変化による理論伸縮量を比較検討することで、支承の機能不全や伸縮装置の接触などの異常箇所の検出や下部工の変状(側方移動など)の進行が確認できる可能性を有する技術である。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体) 路上(伸縮装置)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他	⑬遊間の異常	
		共通	⑳変形・欠損 ㉑沈下・移動・傾斜	
検出原理	変位置量			
検出項目	2点間の変位置量(伸縮量)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・直線変位計 ・熱電対【温度計】(桁取付治具) ・通信機器(データロガー,bluetooth) ・電源(バッテリー) 桁遊間に変位計, 桁に熱電対を設置し, そのデータをロガーで記録しbluetoothにより発信する。 データは, 数か月に1回程度, 通信機器周辺でbluetoothにより収集(橋面から収集可能) ※電源は, ソーラー発電または商用電源に変更可能 ※通信は, LTEやLPWAによる通信に変更可能	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	【変位計】 <ul style="list-style-type: none"> ・変位計は, 両端を桁端部と胸壁に固定する。 ・桁端部は, 鉛直補剛材等にはめ込むジグにより固定する。 ・胸壁部は, 打込みアンカー等による固定する。 ・変位計は, 1主桁を基本とし桁の上段と下段に設置する。 ・両橋台への設置を推奨する。 【温度計】 <ul style="list-style-type: none"> ・温度計(熱電対)は, 直射日光の影響を受けない桁間の設置を推奨する。 	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・変位計:最大外形寸法(長さ136mm×φ22.2mm)、最大重量(120gf) ・データロガー:最大外形寸法(長さ38mm×幅85mm×高さ75mm)、最大重量(126gf) ・バッテリー:最大外形寸法(長さ166mm×幅126mm×高さ176mm)、最大重量(10.5kgf) 	
	センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> ・変位計 緑測器社製 LP-50FJS ・熱電対 東京測器研究所社製 T型熱電対 ・データロガー 日置電機社製 LR8515 ・バッテリー 電菱社製 JC30-12 	
	計測原理	正常な橋梁は桁の線膨張により, 温度変化で伸縮する。しかし, 支承や伸縮装置, 橋台(胸壁)に接触すると, 温度変化による伸縮が阻害される。この桁の温度変化による理論伸縮量と計測された遊間量の履歴を比較することで, 接触の有無を計測することができる。また, 桁の上下の変位量の履歴も比較することで, 時系列での傾斜有無が計測でき, 接触箇所の推定が可能である。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	【環境条件】 <ul style="list-style-type: none"> ・外気温 -30℃~50℃の範囲であること 【その他】 <ul style="list-style-type: none"> ・一定期間の計測が必要(低温時を包括する時期の設置を推奨) 	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	変位計の固定条件(確実に固定されていない場合, 精度と信頼性に影響を及ぼす)	
	計測プロセス	<ol style="list-style-type: none"> ①桁遊間に設置した変位計の出力電圧と温度を設定頻度で計測する。 変位量は乗法により求める(出力電圧に感度係数を掛ける)。 ②変位量, 温度及び計測日時をデータロガーのメモリに保存する。一定期間計測する。 ③現地でタブレット(PC可)にインストールした計測制御通信ソフトでbluetoothを経由し変位量と温度をダウンロードする。 頻度は計測計画による。 ④変位量から初期値(変位計設置時の計測値)を引いて当該計測日時の変位量を求める。 【処理フロー図】 <p style="text-align: center;">2-5-325</p>	
アウトプット	・計測される変位量と温度の時刻歴のデータはcsvファイルにて保存される。		

	計測頻度	計測頻度は任意で設定可能
	耐久性	・IP65
	動力	バッテリーなどの仮設電源が必要
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	90日(平均外気温:3.5℃, 30分に1回計測, 毎日3時間bluetoothで発信の場合)
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> 【通信機器】 ・計測部より有線で通信機器に接続 ・通信機器の養生を行い橋座等に設置 ・bluetoothでデータを発信 ・近傍(橋面等)でデータを収集
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・通信装置:最大外形寸法(長さ38mm×幅85mm×高さ75mm)、最大重量(126gf)
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・計測機器より有線で通信機器(ロガー機能あり)に接続し, データ収集・保存 ・通信装置から計測したデータをbluetooth経由で受信側PC等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)	<ul style="list-style-type: none"> ・通信機器 日置電機社製 LR8515型番 Bluetooth 2.1+EDR
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・ペアリング:P-256楕円曲線 ・認証方式 :HMAC-SHA256およびAES-CTR ・暗号化方式:AES-CCM暗号化 ・SSP :楕円曲線Diffie-Hellman鍵共有(ECDHE)SSP
	動力	・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)	90日(平均外気温:3.5℃, 30分に1回計測, 毎日3時間bluetoothで発信の場合)

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		
		標準試験値	-		
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・単独直進性±0.3%~±0.5% (精密級±0.1%~±0.2%)	・有効ストローク50mm :単独直進性±0.5%(精密級±0.2%) ・有効ストローク100~300mm :単独直進性±0.3%(精密級±0.1%)	
		標準試験値	標準試験方法 遊間の異常(2020) 実施年 2022年 ・相対差:0.0823mm	・真値:0.011~0.453mm ・測定値:0.051~0.606mm-	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		
		標準試験値	-		
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-		
		標準試験値	-		
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	・50mm~300mm	変位計タイプ6種類 有効ストローク 50mm, 100mm, 150mm, 200mm, 250mm, 300mm 橋梁規模に応じ変位計タイプを選定する ・直流電圧測定範囲0~5V、測定分解能1mV以下のデータロガーを使用する。	
	感度	校正方法	レーザー測長器(標準器)を使った基準点校正		メーカーの校正室で実施する
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	・検出率100%	直流電圧測定分解能1mV以下のデータロガーを使用する。
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	・0.01mm/1mV	感度 0.01mm/1mV 直流電圧測定分解能1mV以下のデータロガーを使用する。
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	0.01mm	0.01mm 直流電圧測定分解能1mV以下のデータロガーを使用する。		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

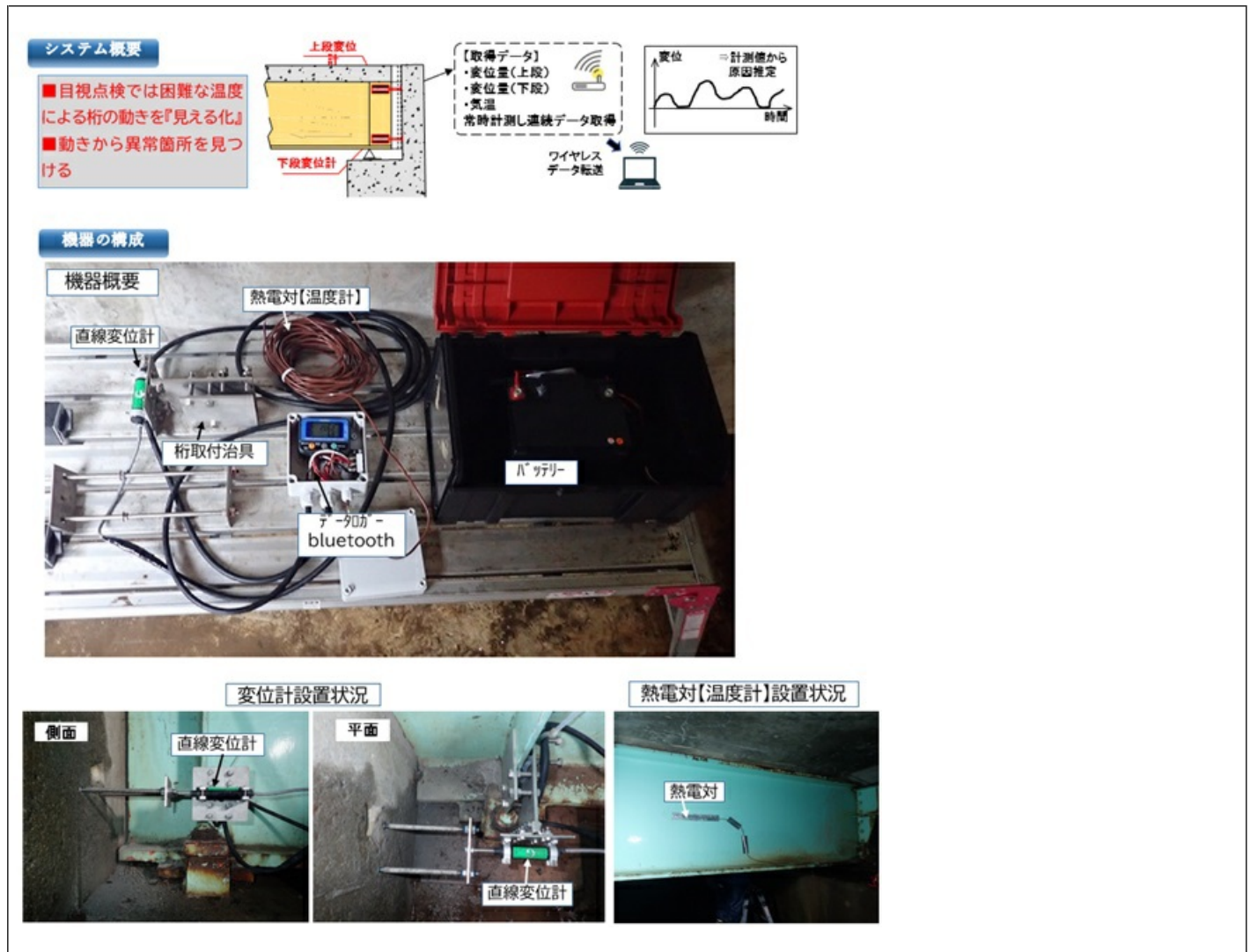
5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	機器の設置スペースを確保する必要がある	-
	周辺条件	機器が雨雪の影響を受ける場合は、必要に応じ養生を実施する必要がある。	-
	安全面への配慮	第三者被害がある橋梁においては、機器の落下防止対策を講じる必要がある	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・機器設置後に動作確認(桁の温度変化や車両载荷等により変位計の動作を確認)を行うのがよい ・データは、数か月に1回程度収集するのがよい ・計測が長期となる場合は、3ヵ月1回程度でバッテリーを交換を行う必要がある 	-

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
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、作業員1人、補助員1人 合計3名	-
	作業ヤード・操作場所	桁下に作業ヤードが必要 作業ヤード範囲: 1m2程度	-
	計測費用	【橋梁条件】 橋種 鋼橋(単純H鋼桁) 橋長 14.6m 全幅員 12.5m 計測箇所 [両橋台の1主桁上下遊間,桁温度] 計測期間 [3ヵ月] 計測項目 [変位量と桁温度] 〈費用〉合計 80万円 ただし,消費税,一般管理費,間接工事費,旅費交通費,足場設置費,診断費用,諸経費は含まないものとする。	-
	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	-	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート制あり	-
	センシングデバイスの点検	-	-
	その他	-	-

6. 図面

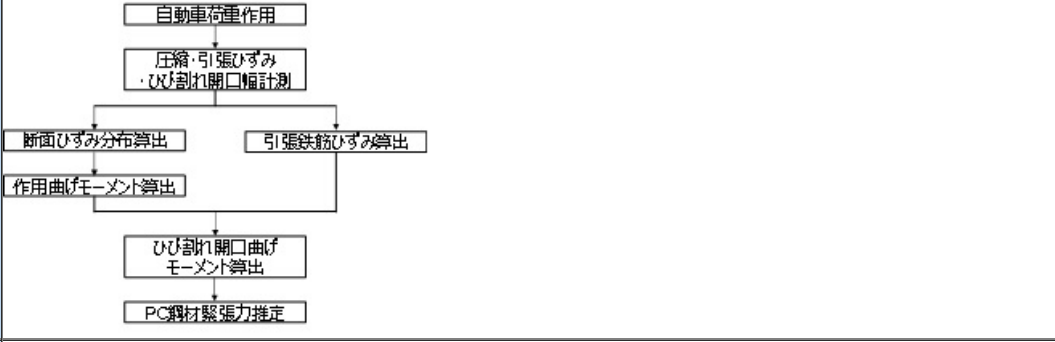


1. 基本事項

技術番号	BR030040-V0224			
技術名	表面ひずみ法によるPC桁の現有PC鋼材緊張力の推定技術			
技術バージョン	—	作成:	2024年3月	
開発者	東電設計(株) / 東京理科大学 / (株)高速道路総合技術研究所 / 飛鳥建設(株)			
連絡先等	TEL: 090-3716-7333	E-mail: kenji-kobayashi@tepsco.co.jp	東電設計(株) 耐震技術部 小林 賢司	
現有台数・基地	(a)ひずみゲージ・ π 型変位計:2セット (b)FBG式光ファイバセンサ・ひずみゲージ:1セット	基地	—	
技術概要	<p>・本技術は、プレストレストコンクリート道路橋の橋軸直角方向のひびわれが生じた主桁を対象として、自動車走行時の主桁表面の圧縮側と引張側のひずみ、およびひびわれ開口幅を計測して、PC鋼材の緊張力を推定する非破壊調査手法である。T型あるいはI型断面のポストテンション方式を対象とする。</p> <p>表面ひずみ等の計測方法は、下記の(a)もしくは(b)のいずれかとする。</p> <p>(a)主桁の圧縮側と引張側のひずみゲージ(長さ90mm)2枚と、引張側のπ型変位計(評点距離50mm)1台</p> <p>(b)主桁の圧縮側と引張側のFBG式光ファイバセンサ(評点距離700~1000mm)2本と、引張側のひずみゲージ(長さ90mm)1枚</p>			
技術区分	橋種	コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通	-	
検出原理	ひずみ			
検出項目	緊張力			

2. 基本諸元

計測機器の構成		(a)主桁の圧縮側と引張側のひずみゲージ(90mm)と、引張側ひびわれ部の π 型変位計のそれぞれを有線でブリッジボックスと動ひずみアンプを介して現地のパソコンに接続する。 (b)主桁の圧縮側と引張側のFBG式光ファイバセンサ(1000mm)をFBG測定器を介して、また引張側のひずみゲージ(90mm)をブリッジボックスと動ひずみアンプを介して、それぞれ現地のパソコンに接続する。	
移動装置	機体名称	—	
	移動原理	【据置型】 ・本計測機器は主桁に固定して計測を行うものであり、自動車の自然走行、あるいは、荷重が既知の試験車の走行ときに動的な計測を行うものである。	
	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	・ひずみゲージは、コンクリート表面に接着剤により取り付け。 ・ π 型変位計は、コンクリート表面に接着剤で取り付け付けた取付コマに、ねじで設置する。 ・FBG式光ファイバセンサは、コンクリート表面に接着剤、もしくはアンカーで取り付け付けた治具で設置する。		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	計測装置: ・動ひずみアンプ:約428(W)×148(H)×320(D)mm ・ブリッジボックス: 65(W)×40(H)×110(D)mm(2台) ・FBG測定器:240×120×97mm		
センシングデバイス	・ひずみゲージ(ゲージ長90mm) 単軸 ・ π 型変位計(評点距離50mm) ・FBG式光ファイバセンサ(評点距離700~1000mm)		
計測原理	・自動車走行に対する主桁の曲げモーメントが大きくなる箇所(支間中央付近)において、圧縮側と引張側にひずみゲージを設置する。ひびわれが複数本、存在する場合、ひびわれ間の中央に設置する。また、主桁の下面、もしくは下フランジ下端のひびわれ部に π 型変位計を設置する。自動車走行に対するひずみとひびわれ開口幅を動的に計測する。ひびわれ開口幅から引張鉄筋のひずみを推定し、圧縮側と引張側のひずみから計測箇所の発生曲げモーメントを算出する。引張鉄筋のひずみと発生曲げモーメントの関係の勾配の変化点から算出したひびわれ開口曲げモーメントから、PC鋼材の残存緊張力を推定する。ひずみゲージはFBG式光ファイバセンサとすることができる。その場合、 π 型変位計は、ひびわれ間のひずみゲージとすることができ、FBG式光ファイバセンサとひずみゲージの差分からひびわれ開口幅とする。		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・センシングデバイス貼付けのために計測部位に近接する必要がある。また、センシングデバイス設置箇所から計測機器まで伝送ケーブルを配線する必要がある。 ・主桁に表面被覆材が施されている場合、ひずみゲージを貼付けるためにひずみゲージの面積の約1.5倍の面積で被覆材を除去する必要がある。 ・ひびわれ開口曲げモーメント以上の曲げモーメントが発生する自動車荷重が作用する必要がある。 (一例として、支間長17.04 m、桁高1 m、支間中央有効緊張力1460kNのT桁の場合で、計測断面に発生する曲げモーメントが概ね600kN・m(荷重79.8kN)以上)		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・サンプリング周期を適切に設定する必要がある。計測する径間内を自動車が通過するのに必要な時間を概ね20点以上で計測するのが望ましい。 ・直角方向のひびわれが鋼材の腐食に起因する場合、腐食に伴ううきが生じている箇所への π 型変位計やFBG式光ファイバセンサの治具の設置は避ける必要がある。		
計測装置	1.圧縮・引張ひずみ・ひびわれ開口幅の計測 ひずみゲージと π 型変位計との組合せ、あるいはFBG式光ファイバセンサとひずみゲージとの組合せで自動車走行時の主桁の圧縮・引張ひずみ、ひびわれ開口幅の計測を行う。		
計測プロセス	2.計測断面のひずみ分布の算出・作用曲げモーメント算出 圧縮と引張のひずみ、および計測断面の主桁の断面二次モーメントと弾性係数から、計測断面に発生している曲げモーメントを算出する。		
	3.引張鉄筋ひずみ推定 ひびわれ開口幅から、引張鉄筋の平均ひずみを算出する。		
	4.ひびわれ開口曲げモーメント算出 ステップ2の曲げモーメントと引張鉄筋のひずみの関係から、ひびわれ開口曲げモーメントを算出する。		
	5.PC鋼材緊張力の推定 ひびわれ開口曲げモーメントからPC鋼材緊張力を算出する。		

		
<p>アウトプット</p>		<p>計測プロセスを経て具体的にアウトプットされるデータの種別、項目、データ形式等を記載する。また、計測データが当初の目的に応じて取得できているか否かを現地で確認可能な機能があれば具体的に記載するとともに、アウトプットを得るまでに要する時間(目安)を記載する。 (記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひずみ、ひびわれ開口幅の計測データは計測用のパソコンにテキスト形式で保存される(約1日)。 ・計測データから、表計算ソフトを使用して、作用曲げモーメント、引張鉄筋ひずみ、ひびわれ開口曲げモーメント、PC鋼材緊張力を算出する(4日)。
<p>計測頻度</p>		<ul style="list-style-type: none"> ・計測頻度は交通量に応じて検討する必要がある。大型車の通行が多い場合の実績は、連続で10分の計測を1時間に3回程度 ・サンプリング周波数は20Hz~30Hz程度
<p>耐久性</p>		<ul style="list-style-type: none"> ・特に規定なし
<p>動力</p>		<ul style="list-style-type: none"> ・電源100Vが必要
<p>連続稼働時間(バッテリー給電の場合)</p>		<p>—</p>
<p>データ収集・通信装置</p>		<p>設置方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計測のときに、桁下などにスイッチボックス、動ひずみアンプ、FBG測定器、ノートパソコンを設置する。 <p>外形寸法・重量(分離構造の場合)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ収集:ノートパソコン程度 ・通信装置:無線通信はしない。 <p>データ収集・記録機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ノートパソコンのハードディスク、あるいは記録メディア(CD・DVD)に保存 <p>通信規格(データを伝送し保存する場合)</p> <p>—</p> <p>セキュリティ(データを伝送し保存する場合)</p> <p>—</p> <p>動力</p> <p>電源100Vが必要。</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> <p>—</p>

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・PC鋼材緊張力の推定誤差2%(導入した緊張力との差) ・PC鋼材緊張力の推定誤差2%(導入した緊張力との差))	・PC鋼材緊張力の推定誤差2%(導入した緊張力との差) ・支間長3m, 桁高0.7m, PC鋼材直線配置の試験体, および支間長17m, 桁高1m, PC鋼材曲げ上げ配置の試験体の載荷試験から導出した値	
		標準試験値	-	-	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・ひずみゲージ・FBG式ファイバセンサ 2000 μ ・ π 型変位計:2mm	-	
	感度	校正方法	メーカーにより校正試験		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	自動車走行に対する主桁の曲げモーメントが大きくなる位置での計測での感度が高い。	-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無		
性能値		約50db	計測機器によって異なる。		
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	16bit	計測機器によって異なる。		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

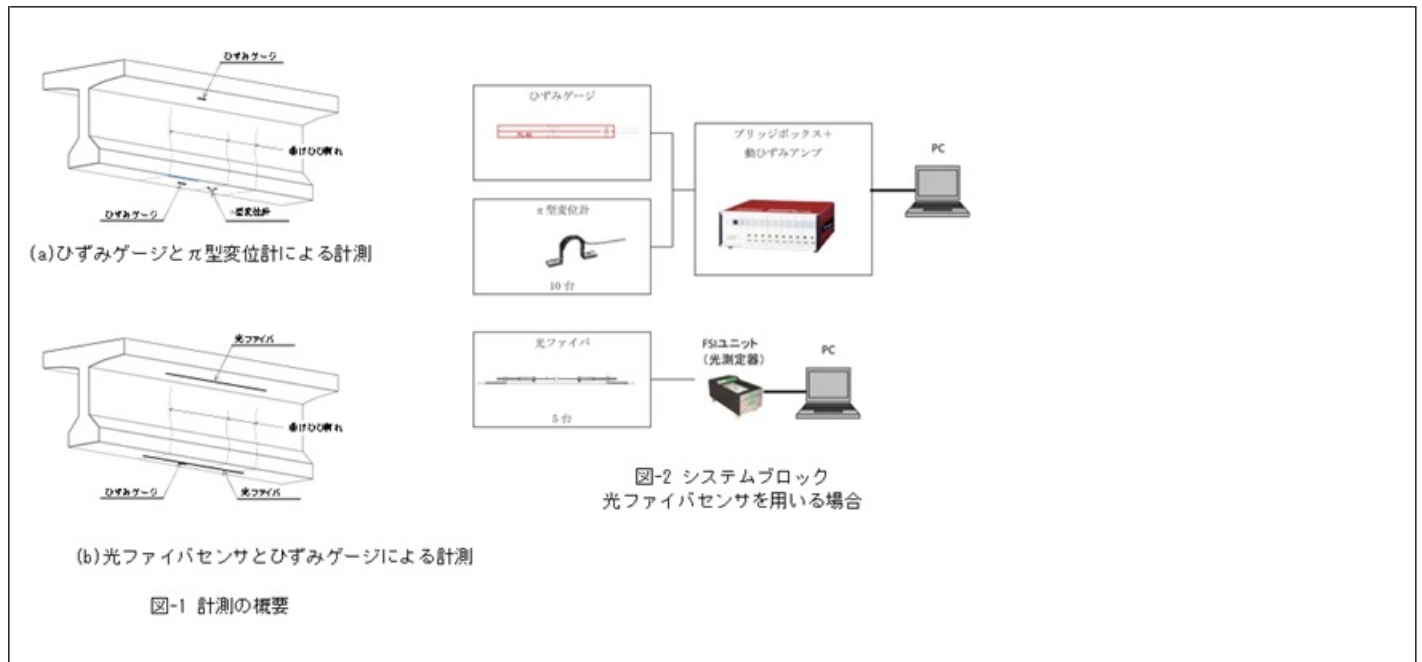
5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	桁下は人が進入でき、センシングデバイスが設置できること。	—
	周辺条件	—	—
	安全面への配慮	桁下に計測機器やノートパソコンを設置し、第三者が容易に触れることができる場合、立入禁止の看板の設置や計測中の注意喚起が必要。	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	荷重が既知の試験車を単独走行させて計測を行う場合、先導車などの対策が必要。	—
	その他	センシングデバイスを設置する際、桁下が高い場合には高所作業車あるいは足場が必要である。	—

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	電気式の計測機器や、FBG式光ファイバセンサ、パソコンの取扱いに精通していること。	—
	必要構成人員数	センシングデバイスの設置作業2名, 計測2名, 現場責任者1人の合計3名	対象橋梁の条件と工程により, 設置作業, 計測の増員を検討する必要がある。
	作業ヤード・操作場所	・主桁にセンシングデバイスを設置し, 計測機器設置場所まで配線が可能な高所作業車や足場の範囲 ・計測場所: 計測機器より10m以内	—
	計測費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 20m 全幅員 18 m(6主桁) 部位・部材 [主桁] 検出項目 [ひずみ・ひびわれ開口幅] 設置箇所数 [1箇所] 計測頻度 [3回/1時間] 計測期間 [1日] <費用> 合計 (a)150万円(経費含む, 旅費・宿泊は除く) (b)150万円(経費含む, 旅費・宿泊は除く)	・費用合計は, 計測器設置(1日), 計測(1日), 計測器撤去(1日)を想定 ・計測は, 高所作業車1台(12m)をリースした場合を想定
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	なし	—
	利用形態:リース等の入手性	ブリッジボックス, アンプはリース可能。	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	なし	—
	センシングデバイスの点検	—	—
その他	桁下が河川のような計測の場所が確保できない橋梁, およびセンシングデバイス, 計測機器の設置が困難な橋梁は対応不可。	—	

6. 図面



1. 基本事項

技術番号	BR030041-V0224			
技術名	分布型光ファイバーセンサーによるモニタリング技術			
技術バージョン	1	作成:	2024年3月	
開発者	沖電気工業株式会社			
連絡先等	TEL: 048-431-3598	E-mail: yamaguchi553@oki.com	担当部署: スマートコミュニケーションシステム部 担当者: 山口 徳郎	
現有台数・基地	6式	基地	埼玉県蕨市中央	
技術概要	本技術は、光ファイバーケーブル上のプルリアン散乱光の解析によるモニタリング技術である。本技術の活用で、リアルタイムかつ広範囲の一括測定を可能にすることができ、光ファイバーの伸縮量の変化からひびわれ等の損傷を捉えることが可能である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通	⑦異常なたわみ	
検出原理	周波数			
検出項目	伸縮量			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> 光ファイバー 光ファイバーセンサーWX1033 <p>本計測機器本体は据え置き型装置であり、計測用光ファイバーを上部構造/下部構造に固定し計測を行うものである。また、計測したデータは装置内、ローカルPCおよび通信ネットワーク(有線、LTE等)を介してサーバーに転送される。</p>	
移動装置	機体名称	—	
	移動原理	—	
	運動制御機構	通信	—
		測位	—
		自律機能	—
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	—	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	—	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	—		
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> 計測装置が安定して操作できる設置台上に設置 動作環境条件を満たすこと(温度、湿度、安定電源、雨に濡れないこと等) 		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> 外形寸法:幅430mm×奥行き420mm×高さ132mm(突起物を除く) 重量:約14kg 		
センシングデバイス	シングルモード光ファイバー		
計測原理	<ul style="list-style-type: none"> 光ファイバーに光パルスを入射したときに発生する後方散乱光の1つである「ブリルアン散乱光」の周波数が歪み等に比例して変化するという特性を利用 光ファイバーに沿った対象物の連続的な伸縮歪みを測定することが可能 OKIの装置ではブリルアン散乱光の変化を電気信号の位相シフトに変換するアルゴリズムを採用しリアルタイムに光ファイバー全長の歪み変化を分布的に測定することが可能 		
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"> センサー(光ファイバー)貼付けのために計測部位に近接できる必要がある。また、計測部位から計測装置(測定器)までケーブルを配線する必要がある。 鋼材への光ファイバー設置は塗装などを剥がして鋼材素地を露出する必要がある。また、コンクリートの計測の場合は、設置面の平準化や下地処理を行う必要がある。 		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> 温度変化による見かけ歪みが生じるため、計測データの温度ドリフトに留意が必要である。 コンクリートでの計測にあたっては、不均質な材料の特性や表面形状の不均一などの影響を受けないように対策が必要である。 		
計測プロセス	<ol style="list-style-type: none"> 設計時 <ul style="list-style-type: none"> 構造物の種類や規模、橋りょうなどであれば床版構造などを踏まえ、光ファイバー設置方法(対象物に接着設置、アンカー留めなど)、設置ルートを検討し、光ファイバーの被覆の種類や装置配置を確認すること 施工時 <ul style="list-style-type: none"> 光ファイバーを設置する箇所については、事前に隅出しを行い、設置箇所を特定すること 実測の前に、光ファイバーの導通、光損失テストを行うこと 光ファイバーの端部の収納のために、端子箱を設置すること 端子箱は、落下や浸水などがないように適切な場所に設置すること 維持管理 <ul style="list-style-type: none"> 光ファイバー線材は耐久性が高いが、周辺環境の変化等による予期せぬ障害を考慮し、年に1回程度目視点検することが望ましい 自然条件 <ul style="list-style-type: none"> 計測機器の周囲温度は、0℃～40℃であること 		
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> 計測される歪み値データはcsvファイルにて装置内に保存される。また保存されたデータをサーバーに転送することも可能 現地計測に要する時間は、計測準備に30分、計測に10分、データ確認に5分、機器の撤去に15分程度を要する。 		
計測頻度	最短1秒		
耐久性	—		

	動力	・動力源:電気式(AC100V) ・定格容量:450W
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-
データ収集・通信装置	設置方法	-
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	-
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	-
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	—	—	
		標準試験値	—	—	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	歪み(伸縮) ・測定性能: $\pm 20 \mu \varepsilon$	—	
		標準試験値	—	—	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	—	—	
		標準試験値	—	—	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	—	—	
		標準試験値	—	—	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	$0 \sim 7,500 \mu \varepsilon$	・測定可能距離: 5km ・温度: 20℃	
	感度	校正方法	—	—	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	—	—
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	有	
			性能値	・ $\pm 20 \mu \varepsilon$ (再現性: 1σ) ・ $\pm 60 \mu \varepsilon$ (再現性: 3σ)	歪み(伸縮) ・検出感度: $\pm 20 \mu \varepsilon$ (再現性: 1σ) ・検出感度: $\pm 60 \mu \varepsilon$ (再現性: 3σ)
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	
性能値	—		—		
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	1m	・空間分解能: 1m		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

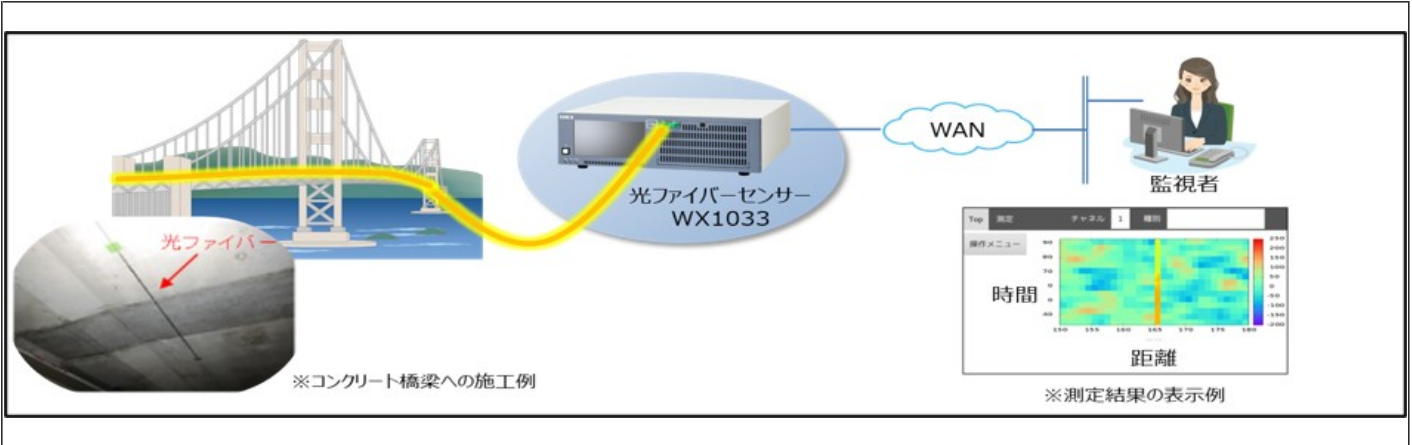
5. 留意事項(その1)

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	-	-
	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	資格不要 装置購入時、オペレーション訓練制度あり	—
	必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	計測規模により異なる。左記は最小人員
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲: 2m2 操作場所: 計測機器付近	—
	計測費用	・調査費用 - 初期費用: 現地調査:約10万円 工事費:約100万円 光ファイバーケーブル:約25万円 光ファイバーセンサー(WX1033A):約1,000万円 小計 1,135万円 - 内業: 計測データ整理(サーバ使用料):約5万円/回 計測結果の解析:約10万円/回 報告書作成:約10万円/回 小計 25万円 ＜費用＞ 合計 1,160万円	算出条件 ・橋種 [コンクリート] ・橋長197m ・幅員9m ・設置光ファイバー長:100m ・光ファイバー延長:160m ・光ファイバーセンサーWX1033:1台 ・日当施工量50m/日
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	自律制御:有、遠隔制御:有	—
	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	購入後1年間:無償修理 以降、スポット・サポート(修理、計測支援)あり(有償)	—
センシングデバイスの点検	—	—	
その他	—	—	

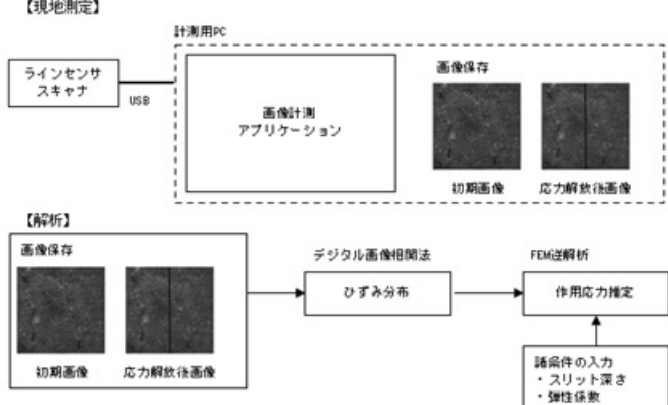
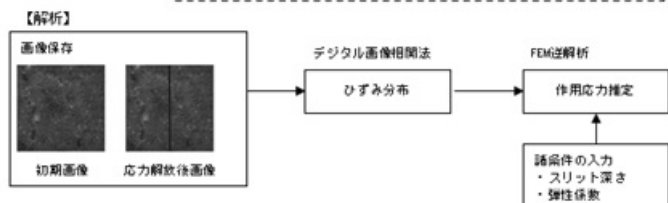
6. 図面



1. 基本事項

技術番号	BR030042-V0224			
技術名	デジタル画像相関法によるひずみ計測技術(スリット応力解放法)			
技術バージョン	1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社 計測リサーチコンサルタント/国立大学法人佐賀大学			
連絡先等	TEL: 082-899-5472	E-mail: oomachi@krcnet.co.jp	事業推進部・大町正和	
現有台数・基地	1台	基地	広島県広島市東区福田1丁目665-1	
技術概要	・本技術は、応力が作用しているコンクリートに作用応力方向に対して直角にスリットを切削し、切削前後の画像をラインセンサスキャナで取得することで、取得画像からデジタル画像相関法により解放ひずみ分布を求める手法である。画像から得られた解放ひずみ分布とFEM解析で得られるひずみ分布とをフィッティングすることでコンクリートの現有応力を推定することができる。			
技術区分	橋種	コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通		
検出原理	静止画			
検出項目	ひずみ			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本検査機は、スリットを切削するカッター、切削前後の画像を取得するスキャナ、計測用PCで構成されている</p> <p>主な機器構成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・スキャナ(本体) ・スリット切削用コンクリートカッター ・計測用PC(計測用アプリケーションが搭載) 	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	人力	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	・対象部材に取付穴(φ3.4mm)を穿孔し、コンクリートビスによって下部コネクタを設置する。下部コネクタに上部コネクタを取り付け、上部コネクタにスキャナを差し込み固定する。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	スキャナ:400mm×400mm×130mm 重量6kg コンクリートカッター:740mm×310mm×365mm 重量6.8kg	
	センシングデバイス	スキャナ(CISセンサ)	
	計測原理	本技術は、一様に応力が作用しているコンクリート部材の表面に作用応力方向に対して直角にスリットを切削し、スリット切削前後のコンクリート表面の画像を取得し、画像からデジタル画像相関法によってスリット切削による解放ひずみを解析し、FEMの逆解析を行うことでコンクリートに作用している応力を推定するものである。	
	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"> ・本検査機は、防滴仕様となっていないため、降雨下または測定面が濡れている状況での作業はできない ・狭隙部では、スキャナやコンクリートカッターが設置できないため適用できない ・曲率半径3m以下の曲面では画像中でピントが合わない部分ができ、適用できない ・電源供給ができない場所は計測できない 	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・初期画像とスリット切削後の画像で測定面の状況(汚れや濡れの状況)が変わると画像解析精度が低下する ・ひびわれが多数存在している箇所は、すでに内在応力が解放された状態となっており、精度の良い計測ができない可能性がある ・スリット切削前後の画像取得時に橋上の載荷重量が極端に異なる場合、精度の良い計測ができない可能性がある。 	
	計測プロセス	<p>現場作業</p> <ol style="list-style-type: none"> ①計測位置、計測対象を決定する ②計測位置を平坦にし、清掃を行う ③測定面に白と黒のスプレーでランダムパターンを付ける ④スリット切削前のコンクリート表面をスキャンする(初期画像の取得) ⑤コンクリートカッターを取り付け、応力作用方向に対して直角にスリットを切削 ⑥スリット切削後のコンクリート表面をスキャンする(応力解放後画像の取得) <p>解析作業</p> <ol style="list-style-type: none"> ①初期画像と応力解放後の画像を用いてデジタル画像相関法によって測定面のひずみ分布を取得 ②ひずみ分布を基にFEMの逆解析を行い、作用応力を推定 <p>【現地測定】</p>  <p>【解析】</p> 	
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> ・計測される画像は計測用PCにbitmap形式で保存される。保存された画像をデジタル画像相関法で解析した結果(ひずみ)はcsvファイルで保存される。 ・現地計測に要する時間は、準備に1時間(コンクリート面の状況による)、初期画像取得(ピント調整含む)に10~30分、スリット切削に30分、応力解放後画像の取得に5~10分、スリットの補修に20分程度を要する。 		

	計測頻度	任意
	耐久性	-
	動力	AC100V
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-
データ収集・通信装置	設置方法	-
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・使用するPCの寸法による
	データ収集・記録機能	・スキャナに接続された計測用PCに画像が保存される
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	通信方法:有線(USBケーブル)
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	PC本体のバッテリーまたはAC100V
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件		
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-			
		性能値	-	-		
		標準試験値	-	-		
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	無			
		性能値	±10%		作用応力の±10% ・測定箇所付近にひび割れないこと ・測定対象のコンクリートの弾性係数が分かること	
		標準試験値	未検証		-	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-			
		性能値	-		-	
		標準試験値	-		-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-			
		性能値	-		-	
		標準試験値	-		-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-			
		性能値	-		-	
	感度	校正方法	-		-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-		
			性能値	-		-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-		
			性能値	-		-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
性能値	-			-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	無				
	性能値	0.021mm/pixel		画像:0.021mm/pixel		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

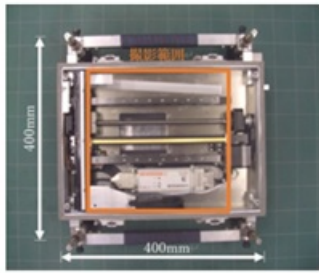
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	人が進入できる程度の高さが必要 高所作業車や足場で測定箇所付近に近接できること	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	計測装置は設置したまま放置しないこと	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	橋梁点検車を使用または橋面にて測定する場合は道路規制が必要	道路管理者および所管警察署との協議が必要
	その他	・雨天時は計測不可	-

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	解析作業については専門の技術者が対応	-
	必要構成人員数	現地作業:現場責任者1人、作業員2人 解析作業:1人	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	計測費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 102m 全幅員 9.25m 部位・部材[主桁] 活用範囲 [-]m ² 検出項目 [ひずみ] <費用> 合計 48万円	数量、対象部位の状況によっては価格が変動する 【計測】約48万円/箇所 ・外業 約10万円/箇所 ・内業 約30万円/箇所 ・機械経費 約8万円/箇所 足場、高所作業車、交通費等は含まず
	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	株式会社計測リサーチコンサルタントが不具合に対応	-
センシングデバイスの点検	スキャナはキャリブレーションシートによって点検を実施	-	
その他	-	-	

6. 図面

機器構成図



(a) 寸法図



(b) 測定の様子

図-1 スキャナ (本体)

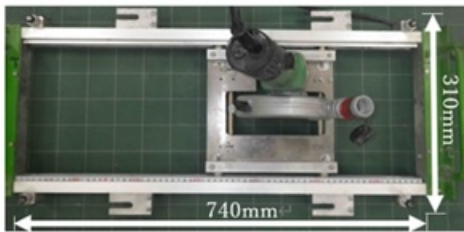


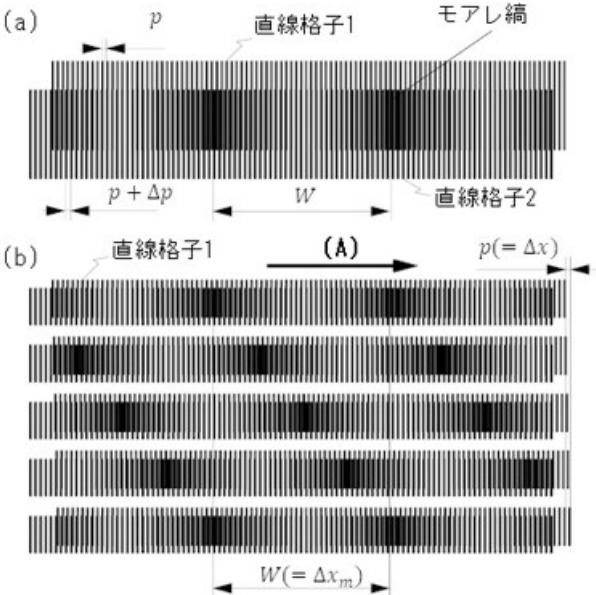
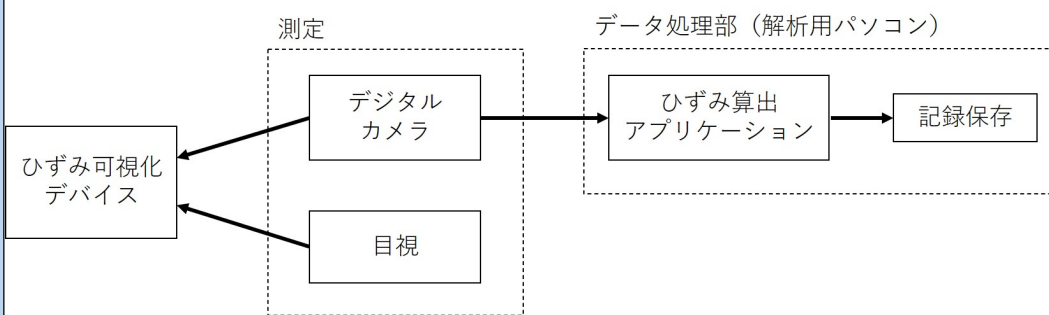
図-2 スリット切削用コンクリートカッター

1. 基本事項

技術番号	BR030043-V0224			
技術名	モアレ縞を用いたひずみ計測技術(ひずみ可視化デバイス)			
技術バージョン	SVD-1	作成:	2024年3月	
開発者	(株)計測リサーチコンサルタント/国立大学法人広島大学			
連絡先等	TEL: 082-899-5472	E-mail: oomachi@krcnet.co.jp	事業推進部・大町正和	
現有台数・基地	350台	基地	広島県広島市東区福田1丁目665-1	
技術概要	<p>本技術は、微小な変位を拡大して表示できるモアレ縞の特徴を用いたひずみ計測用センサである。鋼・コンクリート部材のひずみを定量的に肉眼で読み取ることができるとともに、一般的なデジタルカメラでデバイスを撮影し、そのデジタル画像を解析することで、肉眼で読み取るひずみ値よりもさらに精度の高いひずみ値を算出することが可能な技術である。</p> <p>本体は、線格子や文字状の格子を生成したガラス製のフロントプレート及びリアプレート、鋼製の温度補償板(温度補償 対象:コンクリート及び軟鋼)で構成される。加えて、本体を取り付ける治具やひずみ算出アプリケーションなども付属されている。電気的な要素を使用しないため、電源が不要で、長期的に部材のひずみの変化(応力状態の変化)を確認できる。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通		
検出原理	静止画			
検出項目	ひずみ			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>本機器は、以下で構成されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひずみ可視化デバイス本体 ・取付脚 ・ダミープレート <p>ひずみを計測する場合は、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・デジタルカメラ 1台 ・解析用PC(ひずみ算出アプリケーション(付属品)が搭載) 1台 <p>以上の機器を準備する必要がある</p>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
動力	-		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
設置方法	<p>①設置位置の位置出しを行う ②ダミープレートと取付脚を組立てる ③②で組立てた取付脚を設置位置に置き、アンカー固定または溶接固定を行う ④取付脚からダミープレートを取り外し、ひずみ可視化デバイスを取付ける</p>		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>【検査機本体】 ひずみ可視化デバイス:最大外形寸法(長さ17mm×幅120mm×厚さ6.8mm)</p> <p>【取付治具】 ・取付脚 :最大外形寸法(24mm×77mm×18mm) ・ダミープレート:外形寸法(16mm×110mm×6.8mm)</p>		
センシングデバイス	ひずみ可視化デバイス SVD-1		
	<p>ピッチの異なる直線格子を生成した2枚のプレートを重ねることで発生するモアレ縞の原理を用いている。 直線格子1のピッチをp、直線格子2のピッチをp+Δpとすると、モアレ縞のピッチWは、$((p+\Delta p)/\Delta p) \cdot p$で表される。これらの関係より、直線格子1がピッチpほど移動すると、視覚的に$(p+\Delta p)/\Delta p$倍に拡大表示され、モアレ縞はWほど移動する。 この原理によって、微小変位を視覚的に拡大表示して検出している。</p>		

計測装置	計測原理	 <p>(a) 直線格子1, モアレ縞, 直線格子2, p, $p + \Delta p$, W</p> <p>(b) 直線格子1, (A), $p(= \Delta x)$, $W(= \Delta x_m)$</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"> ・撮影時に、外乱光の影響がないこと (デバイス表面に不均一な影、ハレーションなど) ・設置面が平坦であり、ひずみ可視化デバイスの表面が汚れていないこと (または汚れをふきとれること)
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・正対して撮影できない場合、精度が低下する。 ・撮影時、外乱光の影響がある場合、精度が低下する可能性がある。
	計測プロセス	<p>計測プロセス</p> <p>【目視による計測】</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 設置時に $100 \mu \varepsilon$ ごとの目盛の最も濃く表示されている数値を読み取り、記録する ② 計測時に $100 \mu \varepsilon$ ごとの目盛の最も濃く表示されている数値を読み取り、記録する ③ 上記①②で読み取った数値の差分を計算する <p>【デジタルカメラによる計測】</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 設置時にひずみ可視化デバイスを撮影する (5枚以上推奨) ② 計測時にひずみ可視化デバイスを撮影する (5枚以上推奨) ③ 上記①②で撮影した画像を画像解析アプリケーションにより画像解析してひずみ値を算出  <pre> graph LR subgraph 測定 目視 デジタルカメラ end subgraph データ処理部_解析用パソコン ひずみ算出アプリケーション 記録保存 end デジタルカメラ --> ひずみ算出アプリケーション </pre>
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> ・画像解析アプリケーションで解析されたデータは、csvファイルで保存される。 ・現地の状況や環境にもよるが、現場での作業が目視の場合は1分程度、デジタルカメラによる撮影の場合は1～2分 (5枚以上の撮影)、画像の解析に5分程度 (5枚の画像を解析) 要する
	計測頻度	任意
	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・自然環境下における10年以上の耐候性能 ・自然環境下 (沿岸部暴露) における10年以上の耐腐食性能を持つ
	動力	・ひずみ可視化デバイスの動力は不要
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-
データ収集・通信装置	設置方法	-
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	一般的なデジタルカメラの仕様
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・デジタルカメラの記録メディア (SDカード) ・解析用のPC
	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"> ・デジタルカメラのバッテリー ・PC本体のバッテリー
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	画像解析の場合 繰り返し精度(2σ)±10με 非直線性:±1% of F.S.	画像解析の場合 繰り返し精度(2σ)±10με 非直線性:±1% of F.S.	画像解析の場合 繰り返し精度(2σ)±10με 非直線性:±1% of F.S. ・ひずみ可視化デバイスに正対して撮影 ・設置面が平坦かつ外乱光の影響がない場所で撮影 ・1回の計測当たり5枚以上撮影し、平均値を採用
	標準試験値	標準試験方法 変位 ひずみ(2020) 実施年 2022年 ①相対差:3.59με ②相対差:7.25με		①動的載荷試験の相対差 サンプル数:10 ・引張最大値 リファレンス値:21~32με 測定値:27~28με ・圧縮最大値 リファレンス値:12~13με 測定値:8~12με ②静的載荷試験の相対差 サンプル数:5 ・引張最大値 リファレンス値:24~32με 測定値:25~45με	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	±500με	測定範囲:±500με (F.S.=1000με)	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
性能値		-	-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	目視:50με 画像解析:1με	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	人が進入できる程度の高さが必要 高所作業車や足場で測定箇所付近に近接できること	-
	周辺条件	正対して撮影できる箇所であること	-
	安全面への配慮	設置後、落下することのないようネジのゆるみ止め等の措置を行う	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	高所かつ遠距離からの撮影が困難な場合、高所作業車が必要である	-

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	現場計測前に本技術の使用手法や設定などの研修が必要	-
	必要構成人員数	【設置時】 現場責任者1人、作業員2人 【計測時】 現場責任者1人、作業員1人	-
	作業ヤード・操作場所	設置スペース:1m×1m	-
	計測費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 102m 全幅員 9.25m 部位・部材[主桁] 活用範囲 [-]m2 検出項目 [ひずみ] <費用> 合計 140万円	鋼橋や数量、場所によっては価格が変動する 設置箇所数 [10箇所] 計測頻度 [5回/1年] 計測期間 [1年] <費用> 合計約140万円
	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	-	-
	利用形態:リース等の入手性	ひずみ可視化デバイス一式は購入品のみ 設置については業務委託も可能	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	株式会社計測リサーチコンサルタントが不具合に対応	-
	センシングデバイスの点検	取付にゆるみなどがいないか、本体に割れなどがいないか点検する	-
	その他	-	-

6. 図面

機器構成

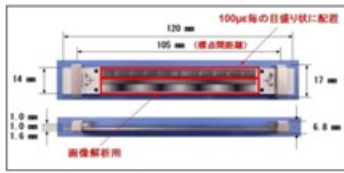


図-1 装置全体像

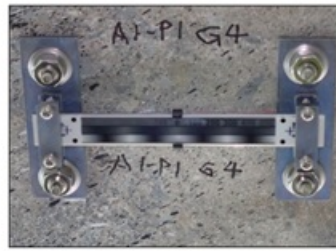


図-2 現場状況



図-3 ひずみ算出アプリケーション



図-4 計測方法

技術概要



①デジタルカメラで検査機を撮影

SD
画像ファイルを転送



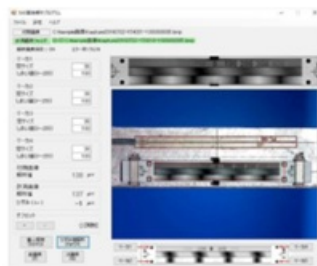
②ひずみ算出アプリケーションを起動

画像読み込み



③初期画像のひずみを解析

比較



④計測画像のひずみを解析

1. 基本事項

技術番号	BR030044-V0224			
技術名	熱検知型MEMS傾斜計とLoRa通信を用いた橋梁の傾斜角モニタリングシステム			
技術バージョン	1	作成:	2024年3月	
開発者	日本仮設株式会社/国立大学法人北見工業大学/株式会社構研エンジニアリング			
連絡先等	TEL: 011-662-6231	E-mail:	hinata@nihonkasetu.co.jp 開発センター・日向洋一	
現有台数・基地	20台	基地	札幌市西区発寒16条14丁目6番50号	
技術概要	<p>本技術は、熱検知型のMEMS傾斜計を用いて遠隔で下部構造(橋脚)の傾斜角を計測する技術である。 この傾斜角の測定精度は0.025度未満で、使用温度は-30~60度、通信距離は最大15km、5年間電池交換なしで運用可能である。 また、車両交通に伴う振動影響をキャンセルするダンパとフィルタを有している。計測データは、LoRa(LPWA)とLTE及びインターネットを経由して、クラウドサーバに保存することで、傾斜角進行の可視化、閾値判定、警告メールの発信機能を有する。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	下部構造(橋脚,橋台,基礎)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通	㊸沈下・移動・傾斜 ㊹洗掘	
検出原理	加速度			
検出項目	傾斜角			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>・計測機器は、傾斜計、計測通信端末、ゲートウェイの3点から構成される。</p> 	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・センサの計測軸(X軸、Y軸)と橋梁の取付方向(橋軸、橋軸直角)を確認して、センサ設置位置を決める。 ・センサ設置個所にアンカー(φ6mm)3本を打込み。 ・センサをセットし、水平器で水平をとり、ナットで締め付ける。 ・ゼロ点設定は遠隔で行うことができる。 	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	傾斜角センサ:最大外形寸法(長さ90×幅70×高さ23mm)、最大重量(300gf)	
	センシングデバイス	傾斜角センサ 緑測器社製 THD3010Z-D-DS5A	
	計測原理	橋脚に傾斜角センサを設置し、傾斜データを計測する。計測した傾斜角データから合成角度と方位計算を行い、橋脚の傾斜の有無を把握する。キャリブレーション(傾斜角のゼロ点設定)は遠隔で行うことができる。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> ・傾斜角センサ設置のために計測部位に近接できる必要がある。 ・太陽光発電のため、計測部位から計測端末(制御・通信・電源部)を離す場合、計測装置までケーブルを配線する必要がある。 ・下部工(Co)のセンサ設置個所に、φ6~8mmのグリップアンカー等3本を設置する必要がある。 	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	日変動、季節変動による計測データのドリフトの留意が必要である。	
計測装置	計測プロセス	<p>①橋脚に設置した傾斜角計によりXY2軸の傾斜角の時刻歴を計測する。傾斜角センサの設置場所や計測時の位置関係を「6. 図面」において詳述する。</p> <p>②XY2軸の傾斜角の時刻歴から合成角度と方位を計算する。一定期間計測を行い、日変動(温度変化)と傾斜角の変動幅の関係を把握する。</p> <p>③日変動と傾斜角の関係、あるいはFEMの数値シミュレーションで求められた洗堀割合と傾斜角の関係から閾値を設定する。</p> <p>④橋脚の傾斜角を常時モニタリングし、計測されたデータから合成角度・方位を算出、閾値との比較を行うことで、洗堀の進行状況を把握する。</p> <p>【処理フロー図】</p> 	
計測装置		<ul style="list-style-type: none"> ・XY2軸の傾斜角の時刻歴データはテキストファイルにて保存。 ・一時保存されたデータはサーバに転送され、合成角度θ・方位φを計算し、閾値内であるか否かをアウトプットする。 ・計測に要する時間は、計測に1分、データ確認に1分程度を要する。 $\theta = \sqrt{[X_((t))]^2 + [Y_((t))]^2}$ $\phi = [\tan]^{-1} (Y_((t)) / X_((t)))$	

	アウトプット	
	計測頻度	<ul style="list-style-type: none"> ・1日、1時間、10分、5分、2分から選択できる。 ・閾値を超えた場合、自動的に2分間隔に変更。
	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・IP67
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・センサ・計測端末の内蔵電源(エナジーハーベスト)で稼働。 ・日中は超小型太陽電池で駆動し、夜間及び不日照時は2次電池(ニッケル水素電池)で駆動する。 ・降雨や降雪により不日照が続き、2次電池が枯渇した場合、1次電池(単三乾電池型リチウム電池)で駆動する。 ・太陽光発電により2次電池の電圧が復帰すると、自動的に2次電池に切り替わる。
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・5年間(外気温:-30~60℃、60分/1日に1回計測の場合)
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・傾斜角センサに有線で接続し、梁部上面に計測端末を固定する。
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・計測端末:最大外形寸法(長さ125mm×幅125mm×高さ75mm)、最大重量(1kgf) ・ゲートウェイ 最大外形寸法(長さ175mm×幅130mm×高さ45mm)、最大重量(500gf)
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・計測端末で収集したデータをLoRa、LTEで伝送し、インターネット(VPN)経由でクラウドサーバーに保存
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> センサ～ゲートウェイ ・通信方法 LoRa(LPWA)、通信規格 920MHz帯 ・通信速度 146bps~22kbps ・通信距離 最大15km ゲートウェイ～LTE基地局 ・通信方法 LTE、通信規格 2.1GHz帯 ・通信速度 23Mbps-45Mbps(上り) ・通信距離 最大1km~1.5km
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・認証方式:ログイン認証 ・暗号化方式:計測端末 - ゲートウェイ間 AES128 暗号化、クラウドサーバ - PC 間 SSL 暗号通信 ゲートウェイ - クラウドサーバ間 さくらインターネットのLTE閉域網接続 ・CSRF対策
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・計測端末 機器内蔵電源(エナジーハーベスト) ・ゲートウェイ AC100V/太陽光発電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"> ・連続5年間(-30~60℃)使用可能

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・測定精度:0.025	・周囲温度 -30~60℃ 絶対直線性:1% (FS%, FS=20°) 水平位置 温度特性:0.1°(25℃の出力角との差) ・周囲温度:-30℃ 測定精度:0.025° (0°±0.5°の範囲)	
		標準試験値	標準試験方法 振動特性 洗堀(2020) 実施年 2022年 ・相対差:0.0245°	・リファレンス値:-4.00~3.00° ・計測値:-4.01~2.96°	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	±10°	周囲温度 -30~60℃	
	感度	校正方法	ポリゴンミラーで校正された治具を使い、校正を実施		・周囲温度:25℃
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	・0.006°	周囲温度 -30~60℃		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

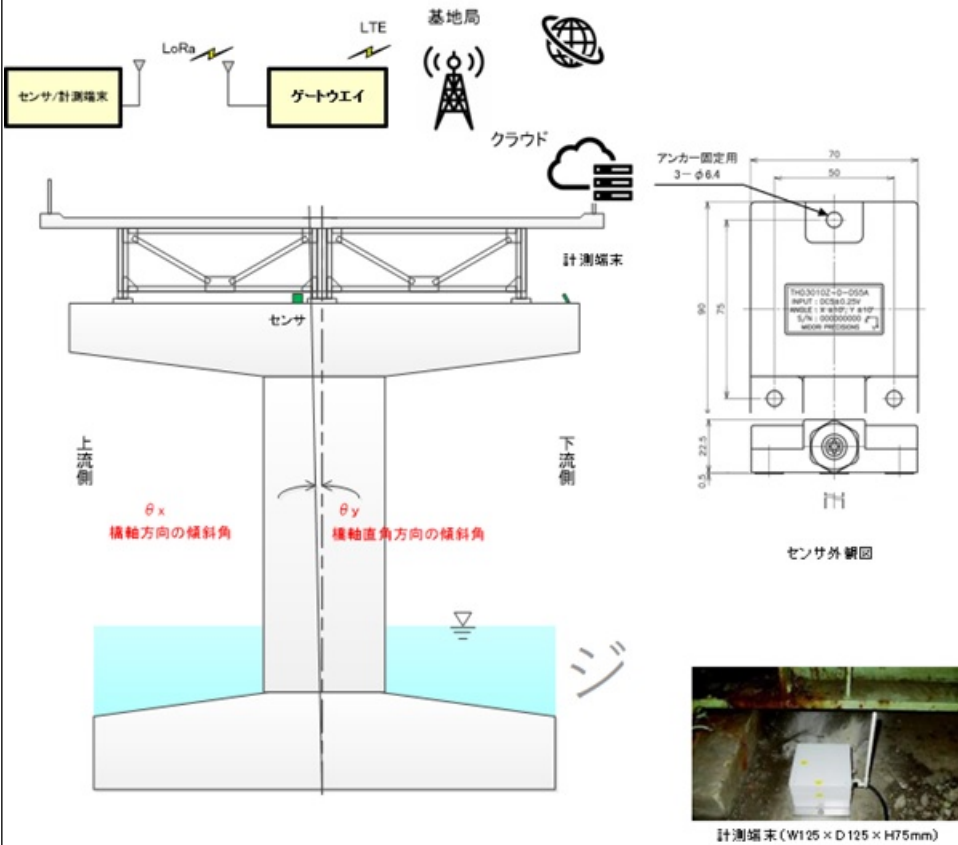
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	桁下は人が進入できる箇所、あるいは橋梁点検車が使用できる箇所	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	センサ設置・撤去中は注意喚起の看板の設置	-
	無線等使用における混線等対策	使用周波数を変更できる(4ch)	-
	道路規制条件	装置の設置・撤去時は交通規制の必要がある 車道部片側相互通行	-
	その他	-	-

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	・橋梁点検車や高所作業車及び橋座上においてセンサ設置技 量。	シミュレーションにより閾値を設定する場合:FEM解析技 術
	必要構成人員数	・技術者1人、補助員1人 合計2名	-
	作業ヤード・操作場所	作業ヤードは不要 モニタリングは、Webブラウザで行う	-
	計測費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 橋長 57m 全幅員 7 m 部位・部材[橋脚] 検出項目 [傾斜角] 設置箇所数 [1箇所] 計測頻度 [1回/時間] 計測期間 [1年] <費用> 合計 300,000円 計測機器レンタル、通信費、クラウドサーバ管理費、データ管理ソ フトウェアの利用料を含む。条件:5年間継続。 <設置費用> 合計 100,000円 但し、仮設足場、旅費は含まれていない。	分析・報告は業務委託
	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	自律制御有	-
	利用形態:リース等の入手 性	業務委託 レンタル	-
	不具合時のサポート体制 の有無及び条件	サポート体制あり、年間保守契約要	-
センシングデバイスの点検	-	-	
その他	大規模災害でLTEが使えない場合、ゲートウェイにPCを直接繋 いでデータを確認することが可能。	-	

6. 図面

・システム概要



1. 基本事項

技術番号	BR030045-V0224			
技術名	水中ドローン(DiveUnit300)を用いた橋梁点検支援技術(洗掘)			
技術バージョン	1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社FullDepth			
連絡先等	TEL: 03-5829-8045	E-mail: sales@fulldepth.co.jp	営業部 平山	
現有台数・基地	3台	基地	〒103-0004 東京都中央区東日本橋2-8-4東日本橋1stビル	
技術概要	<p>本技術は、MNBソナー装備した水中ドローンで橋梁の洗掘を計測する技術である。</p> <p>これは、MNBソナーを水平方向と垂直方向に取り付けることによって、水平方向の音響映像加えて、垂直方向の音響映像で、対象物の奥行きと高さを計測することで、対象物の奥行きと立体の寸法を記録する。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	下部構造(基礎)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通	㊟洗掘	
検出原理	超音波			
検出項目	画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>下記各機器を接続し、一体的な構造となる。(図面参照)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水中ドローン(DiveUnit300):カメラやセンシングデバイス等が一体となった移動装置(水中) ・光ケーブル(テザーユニット):陸上のある操縦用コントローラーと水中ドローンを繋ぐケーブル(水中/陸上) ・操作用PCユニット(セントラルユニット):カメラ映像 センシングデバイスのデータを取得し操縦信号を送るPCユニット(陸上) ・I/Fボックス:オプション用の接続ユニット(水中ドローンと一体的構造)(水中) ・スキット(水平方向MNBソナー取付台):オプション搭載時の取付治具(水中) ・DVL:ホバリング用のセンサー(水中) ・MNBソナー×2(水中) ・MNBソナー表示用PC×2(陸上) 	
移動装置	機体名称	産業用水中ドローン DiveUnit300	
	移動原理	・機体は水平方向に4基(前後左右旋回の動作) 鉛直方向に2基(浮上沈降) 姿勢制御に1基(水平姿勢維持)で、人が操縦して潜航させる。	
	運動制御機構	通信	有線通信型
		測位	—
		自律機能	ホバリング機能 ホールド(方位・姿勢・深度保持)機能
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> ・一体構造(移動装置+計測装置) ・最大外形寸法(L720mm×W410mm×H500mm) ・最大重量(34kg) 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
動力	<ul style="list-style-type: none"> ・動力源:電気式 ・電源供給容量:Li-ion バッテリー 		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・240分(外気温:20℃の場合)		
計測装置	設置方法	移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—	
	センシングデバイス	MNBソナー (マルチビームソナー) Oculus750d(BluePrint社製) ×2	
	計測原理	<p>・濁水中での計測が可能。計測の際には、水平角度130°、垂直角度20°で音波を扇状に発信し、反射波を受信して鉛直方向から見た俯瞰図をリアルタイムで取得することができる。(右図、概念図を参照)</p>  <p>図1 概念図</p>	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<p>・対象物の前に障害物等があり、対象に超音波が当たっていない場合については、計測ができない。(図2)</p>  <p>図2 MNBソナー運用イメージ</p>	
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・淡水と海水で音速が異なるため、設定を調査場所によって設定を合わせる。		
計測プロセス	<ol style="list-style-type: none"> ①水中ドローンに搭載されたソナーで、橋脚及び洗掘等の測定対象となる箇所をソナーで形状を計測する。 ②ソナーを水平方向と垂直方向に取り付ける。 ③水中測位装置、ソナー及びホバリング機能を頼りに、一定の離隔で水平移動や及び同じ場所で垂直移動することで、それぞれの位置で取得したソナーの2次元の映像(図2参照)より、測定対象の計測データを取得する。 ④計測データを統合し、測定対象となる箇所の概形図を作成する。 		
アウトプット	計測した際の映像データは、MNBソナーのオリジナルファイル(.oculus)でアウトプットされる。		
計測頻度	— 2-5-373		
		水深300mの耐圧性能	

	耐久性	※当社独自の耐圧試験機による耐圧試験で確認
	動力	—
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	—
データ収集・通信装置	設置方法	移動装置と一体的構造
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—
	データ収集・記録機能	計測装置内PCのハードディスクにデータ収集。記録を行う
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—
	動力	バッテリー駆動
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	—	—
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 変化量0cm	流速0.2m/s
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	縦:横:高さの最大寸法(mm) 縦:800mm 横:1200mm 高:600mm	【飛行型】水中部 衝突回避距離を加味した最小所要空間寸法を縦、横、高さの最大寸法(mm) 縦:800mm 横:1200mm 高:600mm場合。ホールド機能のみの利用であれば、考慮不要
	標準試験値	標準試験方法 水中(2022) 実施年 2022年 W2.0m×H1.0m ×L1.0m	—
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	・最大稼働範囲 300m	飛行型 (水中潜航) 最大稼働範囲 300m 付属品 テザーケーブルのケーブル長範囲
	標準試験値	—	—
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	—	—
	標準試験値	—	—

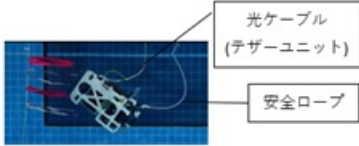
※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	1m/s(1Knot)	プールの静水下において実施 計測時対象物サイズ 幅410mm 高さ375mm 奥行639.5m 基準点からの距離 4.06m 計測値 4.03m	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 0.003m ² /sec	—	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	約3cm	プールの静水下において実施 計測時対象物サイズ 幅410mm 高さ375mm 奥行639.5m 基準点からの距離 4.06m 計測値 4.03m	
		標準試験値	標準試験方法 3次元座標 洗堀(2021) 実施年 2022年 流速0m/s,濁度1度 計測精度 0.027 流速0.2~0.4m/s,濁度1度 計測精度 0.023 流速0m/s,濁度60~90度 計測精度 0.023 流速0.2~0.4m/s,濁度60~90度 計測精度 -	被写体距離 8.0cm	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	—	—	
		標準試験値	—	—	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未実施	—	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2022年 フルカラーチャート識別可能	流速0m/s 被写体距離 8.0cm 濁度1.1度	
	計測レンジ(計測範囲)		性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	120m以内	ソナーを中心とした最大130°扇状角度、最大距離 レンジ120m以内の物体 流速1.0m/s(1Knot)以 内
	感 度	校正方法		—	—
		検出性能		性能確認シートの有無 ※	無
				性能値	凸形状で10cm以上
		検出感度		性能確認シートの有無 ※	無
	性能値			—	—
	S/N比		性能確認シートの有無 ※	無	
性能値			—	—	
分解能		性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	4mm	ビーム数512 範囲分解能 4mm	

※「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	<p>下図のように、安全ロープを取り付けることで、突発的に流速が上がる場合衝突を回避する。 ※光ケーブル(テザーユニット)の引っ張り強度136kgを超える可能性がある場合</p>  <p>図3 安全ロープ</p>	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
	その他	<p>大雨の場合、計測不可。 流速0.5m/sec以下、300m以浅 水深は0.5m以上で垂直方向を計測するために取り付けしたMNBソナーが水中にある必要がある。</p>	—

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	水中ドローンの特性を理解し、点検対象を撮影する際に的確かつ安全な潜航計画を立案できること。	—
	必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	—
	作業ヤード・操作場所	・点検対象付近の約2m×2mの平坦な陸上 ・機材一式を搬入搬出が可能な通路があること	—
	計測費用	機体価格16,900,000円(1基あたり) サブスクリプションサービス価格7,700,000円/年	オプション等の条件により価格が変わります。
	保険の有無、保障範囲、費用	保険加入有 顧客の責に依らない機器の故障について保障 機体の保守点検サービス有	—
	自動制御の有無	無	—
	利用形態:リース等の入手性	購入品のみ	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制あり(前述の「保守点検サービス」加入者を優先的にサポート)	—
	センシングデバイスの点検	無	—
	その他	流速 0.5m/sec以上の河川等(適用不可) 雨天時計測には、テント等の雨天対策が必要 使用温度範囲0℃~40℃	—

6. 図面

DiveUnit300 標準構成



図4 標準構成

DiveUnit300を用いた橋梁点検支援技術(洗撮)の構成

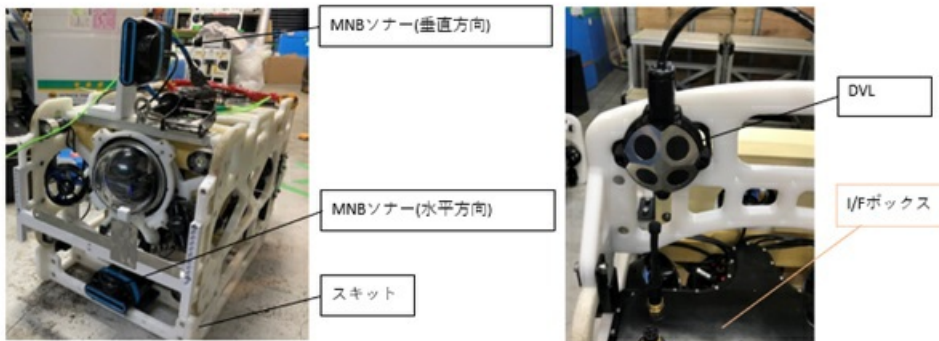


図5 MNBセンサー×2とスキット

図6 DVLとI/Fボックス

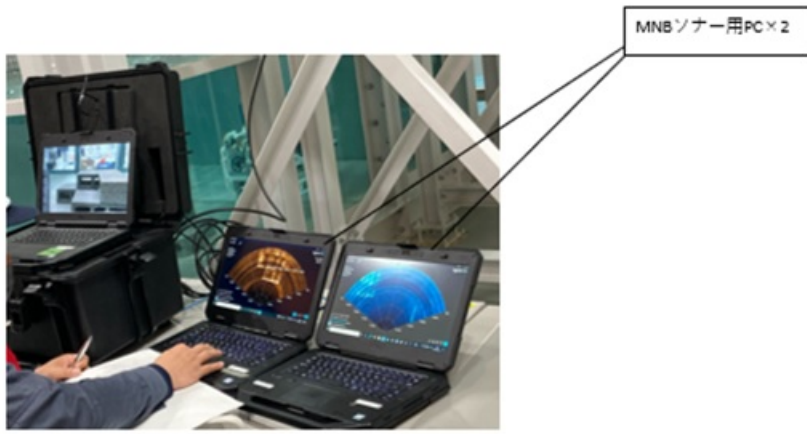


図7 MNBソナー用PC×2

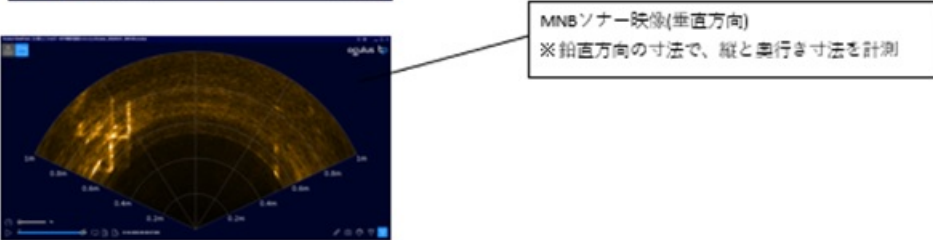
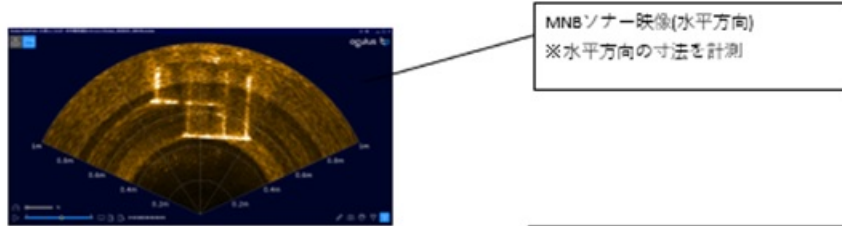
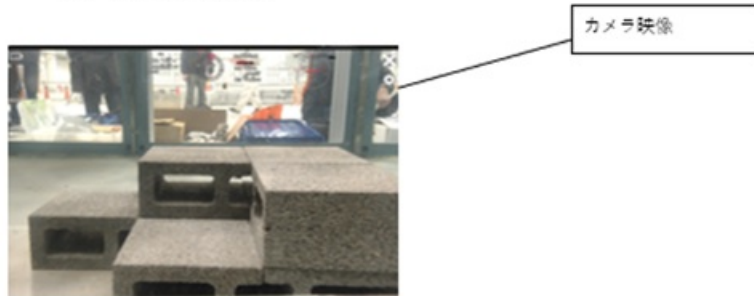
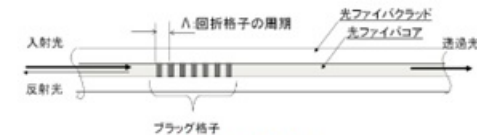
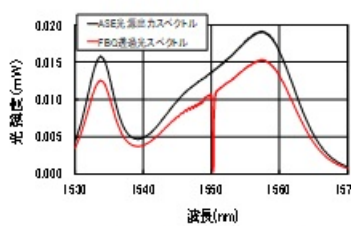
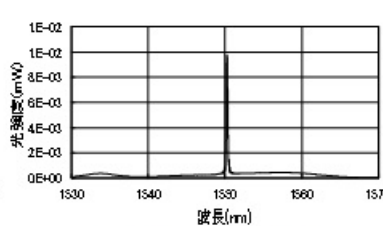
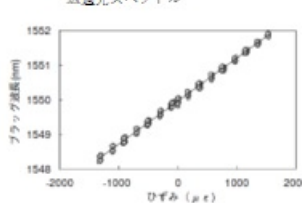
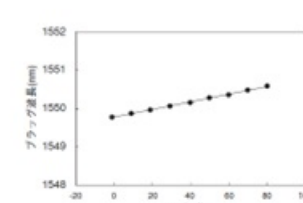


図8 カメラとMNBソナー(水平と垂直)の取得映像

1. 基本事項

技術番号	BR030046-V0124			
技術名	光ファイバFBGセンサを用いた無線型応力モニタリングシステム			
技術バージョン	Ver.1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社IHI検査計測			
連絡先等	TEL: 045-791-3518	E-mail: uejima1792@ihi-g.com	計測事業部 計測技術部 上島秀作	
現有台数・基地	1台	基地	神奈川県横浜市金沢区	
技術概要	長期間耐用型のFBG (Fiber Bragg Grating) センサを使用して、鋼橋の着目部位のひずみを自動計測するシステム。太陽光パネルを備えるため電源が無い現場でも動作可能で、計測データを無線通信で送信することができる。			
技術区分	橋種	鋼橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚) 支承部(支承本体)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通		
検出原理	光の波長の変化			
検出項目	応力(ひずみ)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ①FBGセンサ ②制御装置BOX ③バッテリーBOX ④太陽光パネル 	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
動力	-		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ①FBGセンサは接着剤と一体型となった構造を持つ。計測対象の接地面に付属のプライマーを塗布し、センサを貼り付けた後、キュアリングを実施する。 ①FBGセンサと②制御装置BOXを屋外用光ファイバケーブルを用いて接続する。光ファイバは距離による減衰の影響が少ないため、距離の制限はない。 		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	計測対象に設置するセンサ部分の寸法は40×20×2mm、両端には長さ1mの光ファイバケーブルが付属している。		
センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> ①FBGセンサ: 長期間計測可能FBGセンサ(自社および日東電工株式会社との共同開発品) PCT/JP2020/035044(出願日:2020/9/16) ②光電変換機: FBGA-1525-1565-FA(BAY SPEC社) 		
計測原理	<p>ASE光源(増幅自然光源)は広帯域の波長をもつ光源で、これをFBGセンサに入射すると特定の波長の光のみが反射します。ひずみが生じた場合は反射する光の波長が変化して、波長の変化量はひずみと比例関係にあることから、FBGひずみセンサはこの特性を用いています。</p> <p>図1に①FBGセンサの構造を示す。本センサは、光ファイバのコア内にブラッグ格子と呼ばれる回折格子を形成し、特定の波長のみを反射する機能を持たせた光ファイバ型デバイスである。また、本センサはひずみゲージと比較し、電気的影響(ノイズ)を受けず、耐候性にも優れており、長期間の計測にも適している。図2にASE光源、およびFBGセンサの透過光スペクトルを、図3にFBGセンサの反射光スペクトルを示す。図2、図3より、透過光は1550 nm以外の波長スペクトルを、反射光は1550 nmのみの波長スペクトルを示しているのが分かる。図4および図5に、FBGのひずみと温度をそれぞれ独立に変化させたときのブラッグ波長の変化を示す。これらは直線性を示しており、FBGセンサによる応力(ひずみ)の計測が可能となる。</p>		
計測装置	 <p>図1 FBGセンサの構造</p>		
	 <p>図2 ASE光源、FBGセンサの透過光スペクトル</p>  <p>図3 FBGセンサ反射光スペクトル</p>  <p>図4 FBGセンサによるひずみ測定</p>  <p>図5 FBGセンサによる温度測定</p>		
計測の適用条件(計測原	<ul style="list-style-type: none"> ①FBGセンサ貼付けのために計測部位に近接できる必要がある。また、計測部位から②制御装置BOXまで屋外用光ファイバケーブルを配線する必要がある。 ③鋼材のFBGセンサ貼付箇所は塗装などを剥がして鋼材素地を露出させる必要がある。 		

	<p>理に照らした適用条件)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・母材とFBGセンサの密着性を図るため、設置後にキュアリング作業(80℃で30min程度加熱)をする必要がある。 ・携帯電話の電波が繋がる場所に②制御装置BOXを設置する必要がある。 ・雨天時使用可能 	
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・FBGセンサは温度変化による見かけひずみが生じるため、応力(ひずみ)計測部位近傍に温度計測用のダミーFBGセンサを設置し、温度の影響を除去する必要がある。 	
計測プロセス	<p>①設置したFBGセンサにより応力(ひずみ)の時刻歴を計測する。</p> <p>【処理フロー図】</p> <p>① FBGセンサ</p> <p>② 制御装置BOX</p> <p>③ バッテリーBOX</p> <p>④ 太陽光パネル</p> <p>現地</p> <p>事務所</p>	
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> ・直接計測される物理量の光波長は②制御装置BOX内のPCにcsvファイルとして保存される。 ・保存されたcsvファイルは、監視用PCに伝送され、応力(ひずみ)への変換を行う。 	
計測頻度	<ul style="list-style-type: none"> ・1時間に1回、ただし、変更は可能 ・最大計測期間は5年間 	
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ①FBGセンサ:屋外で5年相当の耐久性 ②制御装置BOX:IP65 ③バッテリーBOX:IP65 	
動力	<ul style="list-style-type: none"> ・システムにバッテリーおよび太陽光パネルが含まれるため、自家発電で駆動可能。 ・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:12V, 5V 	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光パネルを使用している場合は、FBGセンサの耐久期間である5年間は連続モニタリングできる。 ・ただし、バッテリー容量が12V以下になった場合は計測できなくなるが、太陽光パネルにより充電されると自動で計測が再開される。 	
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・②制御装置BOX、③バッテリーBOX、④太陽光パネル:平滑な地面に設置する。チェーンなどで移動しないよう固縛する。
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・②制御装置BOX:最大外形寸法(500×400×200mm)、最大重量(3.0kg) ・③バッテリーBOX:最大外形寸法(400×300×200mm)、最大重量(8.0kg) ・④太陽光パネル(治具を含む):最大外形寸法(1000×500×500mm)、最大重量(3.0kg)
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・①FBGセンサで計測したデータは②制御装置BOX内のPCにCSVファイルで保存される。 ・携帯電話通信網によりデータを伝送することができるため、事務所に設置したPCによりデータを受信することができる。その際には専用の受信用ルータが必要である(システム付属)。
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・通信方法 無線(LTE or 3,4G) ・通信速度 送受信最大200kbps(バースト転送機能有り)
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・IPsec(暗号化アルゴリズム:AES256bit, 3DES)機能を搭載し、携帯電話通信網を利用した高セキュリティなネットワークである。 ・セキュリティプロトコル:ESP
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーにより駆動する。
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・制御装置BOXが駆動している時間帯であればデータ収集可能。

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	計測誤差:±5%	・応力:フルスケール(ひずみが±2000 $\mu\epsilon$ の場合)の±5% ・応力(ひずみ):引張載荷試験において、恒温槽で荷重載荷時の温度を-10℃、30℃、80℃に保持した状態で、引張荷重による試験体の発生ひずみが最大で2000 $\mu\epsilon$ となるよう荷重を載荷した。この試験でのひずみゲージによる計測結果と比較し、検証した。	
		標準試験値	標準試験方法 ひずみ(2020) 実施年 2023年 ・相対差:1.97%(1.1832 $\mu\epsilon$)	・サンプル数:5 ・リファレンス値:58~62 $\mu\epsilon$ ・計測値:57~61 $\mu\epsilon$	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	±2000 $\mu\epsilon$	・応力:ひずみ換算で±2000 $\mu\epsilon$ ・-10℃~80℃の温度範囲	
	感度	校正方法	・外部校正されている光スペクトラムアナライザを用いて校正する。 ①基準FBGセンサのプラグ波長を計測する。 ②光スペクトラムアナライザにより基準FBGセンサを接続し、①の結果と比較する。		・波長のずれが±0.05nm以内
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	・計測可能波長帯域:1525nm-1565nm ・最小検出波長変化量:±1 pm(ひずみ換算で0.8 $\mu\epsilon$)	・光電変換機の性能		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	・計測対象場所に計測員がアクセスできること(作業足場、高所作業車など使用可)	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	・小型アンテナの設置(システム付属)	-
	道路規制条件	-	-
	その他	・計測可能温度範囲 気温-10~+80℃	-

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	・計測員 2名	・安全な場所では1人でも計測可能
	作業ヤード・操作場所	・作業ヤード範囲: センサ設置は1m ² , システム設置は2m ² ・操作場所: システムの設置はFBGセンサ設置箇所から離れていても問題ない。光ファイバケーブルでFBGセンサと制御装置BOXを接続すれば良い。	-
	計測費用	【橋梁条件】 橋種 [鋼橋] 部位・部材 [上部構造(主桁、横桁、床版等)/下部構造(製橋脚)/支承部(支承本体)] 作業日数 1日 検出項目 [応力(ひずみ)] 設置箇所数 [2点] 計測頻度 [1時間のうち5分間(変更可能)] 計測期間 [6か月] 外業 120万円(機器使用料を含む) 内業 30万円(応力と時刻歴データの整理) ＜費用＞ 合計 150万円(移動費は含まない)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	・保険には加入していない	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態: リース等の入手性	・点検サービスのみ(計測、解析、評価)	-
	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	・校正機関による校正(1回/年) ・外部校正不可の場合は社内点検(1回/年)	-
その他	・携帯電話通信網が使えない場所(地下など)ではデータ伝送が困難	-	

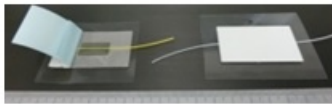
6. 図面



写真1 システム構成



写真2 制御装置BOXの内部

写真3 長期間計測可能FBGセンサ
(左：設置前、右：設置後)

1. 基本事項

技術番号	BR030047-V0124			
技術名	計測装置(3DSL-Rhino"ライノ")を用いた三次元計測システム(支承部の機能障害)			
技術バージョン	22Q4 Ver 1.0	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社セイコーウェーブ			
連絡先等	TEL: 042-595-7041	E-mail: haru.shinmura@seikowave.jp	総務・営業支援担当 新村 波瑠	
現有台数・基地	2台	基地	東京都立川市高松町	
技術概要	<p>【目的】 本計測システムは、夏季と冬季に1回ずつ、橋梁の支承本体形状を三次元計測し、夏季と冬季の移動量や変動角度などを算出することで、支承部の機能障害を検出するものである。</p> <p>【構成】 本計測システムは、専用ケーブルで接続された計測装置本体と、専用ソフトウェアを搭載したパーソナルコンピュータ(PC)で構成される。</p> <p>【動作概要】 本計測装置の一方の窓から縦縞のパターン光(LED光)を、対象となる支承部表面に照射し、もう一方の窓からその画像を手動トリガーによって撮影し、PCに送信して三次元座標を生成する。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	支承部(支承本体)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他	⑩支承部の機能障害	
		共通		
検出原理	パターン光(LED光)投影法			
検出項目	画像(投影したパターン光が写りこんだ24コマの静止画)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ○計測装置本体 (3DSL-Rhino) ○パーソナルコンピュータ ○接続用システムケーブル (7.5m、他に短いケーブルや延長ケーブルも用意あり) ○バッテリーパック 	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	<p>【人力型】</p> <p>・人が計測装置を持ち運びながら計測を行う。</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	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	・計測装置のハンドルを両手で持って計測する。手持ちで安定しない場合は、計測装置の底に三脚用ネジがあるので、一脚などを接続し、安定させる。計測装置を移動させる場合は、本装置一式には移動装置はついていないため、計測者が計測対象場所まで運ぶ。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・計測装置寸法: 300(W)×158(D)×155(H) mm、重量 1.7kg	
	センシングデバイス	・1/3 型CMOSイメージセンサー (644 x 484 ピクセル、最大フレームレート 309 fps, ADコンバーター 12-bit)	
	計測原理	<p>・構造化光位相シフト法: 装置内蔵のプロジェクターからパターン光を投射し、内蔵カメラで24コマの視差画像を撮影することで、計測対象物表面の三次元座標(点群、メッシュ、計測1面につき最大30万点)を得る。1面の計測所要時間は0.08秒。</p> <p>・現場でのキャリブレーションは不要。</p> <p>・計測装置の分解能: 縦横方向 0.4mm, 奥行方向 50ミクロン。</p> <p>・計測寸法の再現性(繰り返し誤差): ±50ミクロン以下 (1σ)。</p>	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<p>・計測対象物に直射日光が当たらないように、また、雨粒が当たらないように養生が必要。</p> <p>・計測対象物の見たままをデータ化するため、外来付着物が存在する場合、外来付着物も合わせて計測してしまう。そのため、必要に応じて、外来付着物を除去すること。</p> <p>・計測可能な対物距離は35cm ~ 47cmであり、1回の計測で取得可能な範囲は、270mm x 150mmの範囲である。PC搭載当社オリジナルソフトウェアを使うことで、さらに広い範囲をソフトウェアによる三次元座標合成も可能。</p>	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<p>・計測装置内蔵のプロジェクターからパターン光(LED光)を投射し、そのパターンが計測対象物に当たった状態をカメラで撮影するため、パターン光よりも強い光(太陽の直射日光等)が当たると、計測ができなくなる、あるいは、計測データの品質が落ちる。対象表面の外光照射度10,000ルクス以下が目安となる。計測装置は自発光型なので、暗所での計測は問題ない。</p> <p>・カメラで複数フレーム(24コマ)撮影し、三次元座標を計算するため、24コマ投射の間(80ミリ秒)、大きな揺れがあると計測不能、ないしデータ品質劣化を招く。ただし、計測用ソフトウェアは、一定以上の揺れがあった場合、揺れが収まるまでデータを取得しない機能を備えているため、一定のデータ品質を保つことができる。</p> <p>・計測対象表面に水滴がついている場合は、測定ができないため、乾いたウェスで拭う必要がある。</p> <p>・カメラで複数フレーム(24コマ)撮影し、三次元座標を計算するため、24コマ投射の間(80ミリ秒)、大きな揺れがあると計測不能、ないしデータ品質劣化を招く。ただし、計測用ソフトウェアは、一定以上の揺れがあった場合、揺れが収まるまでデータを取得しない機能を備えているため、一定のデータ品質を保つことができる。</p> <p>・計測対象表面に水滴がついている場合は、測定ができないため、乾いたウェスで拭う必要がある。</p>	
	計測プロセス	<p>・計測装置は、パターン投影用プロジェクターと、デジタルカメラの2つの要素から構成されている。プロジェクターからは、PMP (Phase Measuring Profilometry)パターン、いわゆる構造化パターンが投影され、計測対象物にあたったパターンをデジタルカメラで撮影することで、空間位相 (Phase)データが生成される。同時に、カメラのピクセル単位で反射光の強度を保存し、テクスチャ情報としてデータ化する。これらの画像と位相データを独自のアルゴリズムで計算することで、迅速に対象物の三次元座標を得ることができる。この一連の流れを説明したのが下図である。</p> <p>三次元座標の計算では、計測用PCに保存された、個々の装置の光学系特性やパターン特性を網羅したキャリブレーションデータを使うため、計測にあたり、現場でのキャリブレーションは不要である。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①計測用PCと計測装置を現場に人力で運ぶ。 ②計測用PCと計測装置をシステムケーブルで接続し、電源供給を開始する。 ③計測用PCにて、計測用ソフトウェアを立ち上げ、計測装置と計測対象物との距離が35cm~47cm 以内になるよう、また手振れが小さくなるように保持する。 ④計測装置の右ハンドルについているトリガーボタンを押して、データを取得できることを確認する。 ⑤Paintingアイコンをクリックして、自動合成モードを立ち上げる。⑥画面中央に表示されるリアルタイム3D点群画像を確認し、トリガーボタンを押す。 ⑦PCからトラッキング音が出ていることを確認しつつ、かつ、重畳領域が半分以上になるようにパターン投影を移動させ、トリガーボタンを押す。ソフトウェアが自動的に配置を実行し、画面に連続3D点群画像を表示する。 ⑧上記⑦の作業を繰り返し、支承部全体、あるいは、アクセス可能な側の部位の計測を完了させる。 ⑨計測用ソフトウェアの保存アイコンで、支承全体の3D点群データをPLY形式で保存する。⑩CloudCompare を立ち上げ、保存されたPLYファイルを読み込む。 ⑪固定点から移動部までの距離や角度を求める。 	

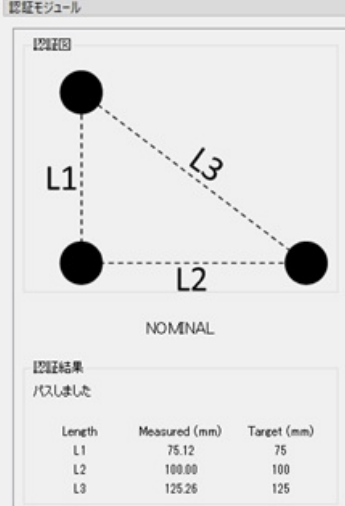
		<p>⑫上記作業を計測対象となる支承で実施し、夏季・冬季の移動距離等を比較することで、機能障害を判断する。</p>
<p>アウトプット</p>		<p>① 支承本体外形の三次元形状画像(点群、メッシュ情報を含むPLYファイル)。 ② 支承本体固定部と可動部の位置関係データ(距離、角度)。 ③ 夏季・冬季のデータ比較(移動距離、角度など)。</p>
<p>計測頻度</p>		<p>・夏季1回と冬季1回。ないし、明け方1回と昼過ぎ1回、など温度変化の大きい時点でそれぞれ測定する。</p>
<p>耐久性</p>		<p>・計測装置本体は、IP54相当の耐水性・防塵性を有する。PCには防塵性、耐水性はない。</p>
<p>動力</p>		<p>・AC100V出力端子を備えたバッテリー装置(500Whr)。</p>
<p>連続稼働時間(バッテリー給電の場合)</p>		<p>・外部給電方式のため、バッテリー装置の容量に応じて稼働時間が異なる。当社が所有しているバッテリー装置を利用した場合、計測装置とPCを連続して5時間弱駆動することが可能。(計測装置の平均消費電力=15W。PCの平均消費電力=100W。)</p>
<p>データ収集・通信装置</p>	<p>設置方法 外形寸法・重量(分離構造の場合) データ収集・記録機能 通信規格(データを伝送し保存する場合) セキュリティ(データを伝送し保存する場合) 動力 データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)</p>	<p>- - - - - - -</p>

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	
		標準試験値	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		性能値	<p>・L1誤差:0.16%、L2誤差:0%、L3誤差:0.21</p> 	<p>・計測装置の寸法測定精度を検証するための3角形のジグ(認証試験片)を用意している。3辺の頂点に配置されたボール3個がひとつの画面に入る状態で計測し、3個のボール中心点間の長さを求め、Tartget値と測定値を表示する。3辺の誤差がいずれも1mm未満の場合、パス、の表示が出る。</p> <p>測定日:2022/10/24</p> <p>L1 真値:72.12mm 測定値:75mm</p> <p>L2 真値:100mm 測定値:100mm</p> <p>L3 真値:126.26mm 測定値:126mm</p> <p>・測定値がターゲット値と1mm以上の誤差がある場合、この認証試験はパスしない。その場合、工場にて、精密な再校正が必要である。</p> <p>・認証試験を行う場合、外光が直接当たらないように、外光を遮断しなければならぬ(50ルクス以下)。また、認証試験片は、安定した、かつ、正反射(ないし鏡面反射)の無い台の上に置くこと。</p> <p>・ジグとカメラ光軸角度=90度±15度以内であること。</p> <p>・揺動排除(高精度モード)で計測すること。</p>
		標準試験値	標準試験方法 支承の機能障害(2022) 実施年 2023年 ・相対差:23.93%(0.909mm)	<p>・サンプル数:2</p> <p>・真値:3.83mm、3.77mm</p> <p>・測定値:4.60mm、4.80mm</p>
		性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	
	標準試験値	-		
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	
		標準試験値	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	
		標準試験値	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	<p>・計測対象物との距離:350mm~470mm</p> <p>・測定範囲:1面あたり150mm x 270mm@対象物との距離450mm。(標準搭載の自動合成ソフトウェア Painting により、さらに広い範囲の測定も可能(最大600mm x 600mm程度))。</p>	<p>・計測対象面に雨滴がないこと。</p> <p>・ジグとカメラ光軸角度=90度±15度以内であること。</p> <p>・外光照射度50ルクス以内であること。</p> <p>・揺動排除(高精度モード)で計測すること。</p>
	感度	校正方法	<p>・当社が提供する簡易校正ジグを計測することで、ターゲット値との誤差を計測することができる。</p>	<p>・計測対象面に雨滴がないこと。</p> <p>・ジグとカメラ光軸角度=90度±15度以内であること。</p> <p>・外光照射度50ルクス以内であること。</p> <p>・揺動排除(高精度モード)で計測すること。</p>
検出性能		性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	
検出感度		性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	2-5-393 100%	<p>・計測対象面に雨滴がないこと。</p> <p>・ジグとカメラ光軸角度=90度±15度以内であること。</p>

	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	・外光照度50ルクス以内であること。 ・揺動排除(高精度モード)で計測すること。
		性能値	-	-
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	・縦横の分解能 = 0.4mm ・深さの分解能 = 0.05mm	・計測対象面に雨滴がないこと。 ・ジグとカメラ光軸角度=90度±15度以内であること。 ・外光照度50ルクス以内であること。 ・揺動排除(高精度モード)で計測すること。

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

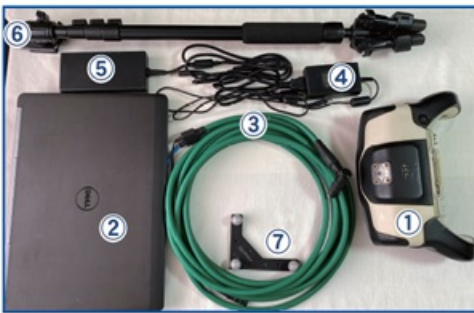
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	・高所作業をする場合は、墜落制止用器具の装着が必要である。	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	1) 直射日光が当たる場合は、遮光養生(日傘程度で十分)を施すか、直射日光の当たらない時間帯での計測が必要である。 2) 雨天の場合は、雨養生が必要である。計測対象面に雨滴が付着した場合は、乾いたウェスで拭き取ること。 3) 排水機能が十分に機能せず、湿潤している場合は、計測対象面を乾いたウェスで拭き取ること。ウェ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

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	・計測装置の取り扱いに慣れ、一定品質の測定データを得るためには、当社技術者によるトレーニング(3時間程度)が必要である。	-
	必要構成人員数	・計測装置の操作者1名、PC操作者1名 合計2名	-
	作業ヤード・操作場所	・計測対象箇所から7メートル以内に、PCを設置する場所(30cm x 30cm程度)が必要である。7メートルを超える場合は、延長ケーブルを利用する。	-
	計測費用	【橋梁条件】 橋種 [鋼橋/Co橋] 橋長:規定しない 全幅員:規定しない 部位・部材 [支承部・支承部本体] 検出項目 [支承部の機能障害] 設置箇所数 [0 : 計測の都度持ち込む。設置はしない] 計測箇所数 [1日につき支承部4箇所] 計測頻度 [2回 / 年] 計測期間 [半年] (夏季に1回、冬季に1回) <費用> 合計50万円(支承部4箇所、夏季1回の計測、冬季1回の計測、報告書作成)	-
	保険の有無、保障範囲、費用	・計測装置とPCには動産保険加入(保険料は点検費用込み)。第三者補償の保険には加入していない。	-
	自動制御の有無	無し	-
	利用形態:リース等の入手性	・レンタル(稼働日5日間より貸出可。以後1日単位での延長可。費用は5万円/日) ・計測業務受託(一日単位で対応可。費用は計測・解析・報告含め約30万円~60万円/日および交通宿泊費実費相当額加算)	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・有り	・電話対応、ウェブ会議対応、データ解析対応、装置修理、等
センシングデバイスの点検	・簡易型検証用ジグを使つての事前点検可能。通常、1か月に1回程度の頻度で十分。	-	
その他	・支承部が外部から目視できない状態では計測できない。	-	

6. 図面

図1 計測装置一式



一式内容物

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

上記内容物は全て運搬用ベリカンケースに収容されます。

図2 計測対象面にパターン光を投影し、計測実施
(夏季1回、冬季1回)

図3 3D画像(点群、メッシュ)生成

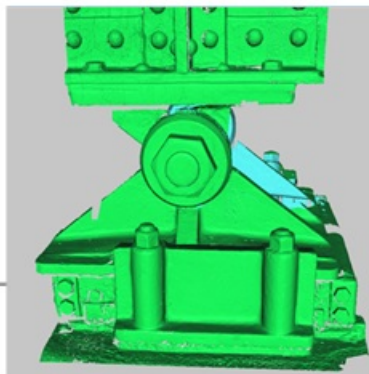
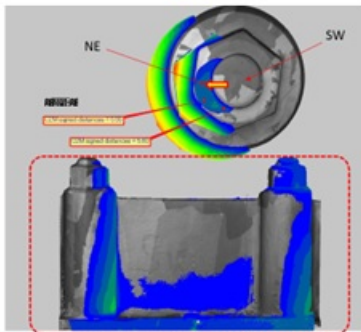


図4 夏季・冬季データを重ね合わせる、可動部移動距離を求め



赤破線内で固定点として、支承可動部の移動距離等を求める。

図5 可動部の夏季・冬季の角度のずれを求める



<計測装置 3DSL-Rhino(ライノ)のセットアップと計測作業の動画>
https://seikowave.jp/video/Rhino_setup_H264_audio.mp4

1. 基本事項

技術番号	BR030048-V0124			
技術名	映像解析による非接触桁たわみ計測技術			
技術バージョン	-	作成:	2024年3月	
開発者	計測検査株式会社			
連絡先等	TEL: 093-642-8231(代表)	E-mail: kkeigyo@keisokukensa.co.jp	担当部署 営業部(代表)	
現有台数・基地	1台	基地	福岡県北九州市八幡西区陣原	
技術概要	<p>本技術は、動画映像を用いて車両が橋梁上を通過する際に桁に発生するたわみを計測・可視化するものである。本技術を用いることで、撮影データから遠隔・非接触でたわみを計測可能である。</p> <p>本技術の特徴としては、ハイスピードカメラで動画映像を撮影するだけで、ターゲット等を設置しなくても任意の計測対象表面の変位を遠隔・非接触で計測が可能である。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通		
検出原理	動画映像			
検出項目	活荷重たわみによる変位量			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> 計測装置: ハイスピードカメラ、カメラ三脚 データ収集・通信: 有線(制御・解析PCにデータ収集) 必要に応じて、対象箇所への照度不足を補うための照明装置を用いる。 	
移動装置	機体名称	IRIS M	
	移動原理	<p>【設置型】</p> <ul style="list-style-type: none"> 本計測機器は計測装置とデータ収録・通信が一体構造であり、人力で調整や設定を行い、地面に据え置いて計測を行うものである。 	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> 本測定機器は、カメラを三脚の雲台上部に1/4インチねじで固定し、測定対象物が観察できる場所に三脚を設置して計測する。 振動によるブレの低減の為に、三脚の脚に免振ゲルパッドを敷き計測する。 カメラレンズは、測定対象に合わせて必要なスペックのものに付け替えが可能である。 	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	計測装置: カメラ本体(レンズなし) 最大外形寸法(長さ75mm×幅43mm×高さ35mm)、最大重量(0.9kgf)	
	センシングデバイス	<p>【カメラ】</p> <ul style="list-style-type: none"> FLIR社 ハイスピードカメラ <p>【レンズ】</p> <ul style="list-style-type: none"> フォトロン社 Cマウントレンズ <p>【データ測定収録PC】</p> <ul style="list-style-type: none"> DELL Latitude 5420 Rugged <p>【レーザー距離計】</p> <ul style="list-style-type: none"> BOSCH GLM400C 	
	計測原理	<ul style="list-style-type: none"> 動画画像から計測対象表面の模様を追跡、画面内の各点の動き分布をMotion Amplification®softwareによって解析し、人の目では見えない小さな動きを増幅・可視化する。また、動画画像内の任意範囲を選択しピクセル解析することで、対象物の変位を算出し、車両通過時に発生する活荷重たわみ成分を算出する。 	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> 焦点距離6mmのレンズを用いて撮影した場合、最大画角は1,920×1,080mmの領域が撮影され、10mの距離から撮影した場合、変位分解能は20.83μmとなる。 撮影距離は、撮影前にレーザー距離計などで予め計測する。 照度が不足する場合は照明装置を使う。地面から桁までの距離、撮影対象の周辺環境(日照の影響の有無など)、撮影時間等を考慮して機材を選定して測定を行う。 設置場所については、計測対象となる桁下面を撮影できる位置で、かつ計測時にカメラが揺れないような強固な場所を選定する。 雨、陽炎、日照変動(明るさ変動)の影響を受けにくい環境で撮影を行うよう計画する。 	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> 計測対象表面の特異点を画像処理により変位算出するため、計測対象表面に特異点が必要である。 光沢のある表面の場合、ハレーションが起きて測定困難となる可能性がある。 計測対象表面に対し正対していない場合、対象までの距離と角度が不正確だと誤差の要因となる。計測対象表面に対して±20°以内で計測することを推奨する。 20°以上での計測となる場合、解析結果に補正計算を行うことで計測可能である。 	
	計測プロセス	<p>①事前準備</p> <p>橋梁の位置、種類、構造、周辺の交通量など基本情報・設計情報を調査する。機材の設置位置及び設置位置からの対象物までの距離、画角、地形、照明の要否、撮影条件などの調査をする。以上を踏まえ、撮影計画を立てる。</p> <p>②機器設置</p> <p>撮影計画に基づき、機器を設置する。三脚にカメラ・レンズを取り付けて、計測対象に向け固定する。カメラと測定解析用PCをUSB3.0screw look cableで接続する。</p> <p>③撮影条件設定・キャリブレーション</p> <p>測定解析用PC内のMotion Amplification®softwareでカメラ向き角度、画角、フォーカスを合せ、レンズの焦点距離を確認する。次に、Motion Amplification®softwareでPC画面上の設定画面より明るさ、撮影フレームレート、露光時間、撮影時間を設定する。最後に、レーザー距離計を用いてカメラと対象物との距離を測定し、その値を入力する。これにより、キャリブレーションが完了となる。</p> <p>④撮影・データ保存</p> <p>作業者は、Motion Amplification®softwareを操作し、撮影を開始し、任意の計測後、撮影を終了する。この時、撮影開始のタイミング及び測定時間の打合せを事前しておく必要がある。測定時間を打合せにて決定し、測定終了した後データの保存を行う。</p> <p>⑤データ解析</p> <p>測定解析用PCのMotion Amplification®softwareより、解析したいデータを読み込み、解析実施箇所を打ち合わせ解析を行う。</p> <p>Motion Amplification®softwareでデータを読み込み、表示された映像内の解析したい箇所を範囲選択すると、自動で</p>	

	<p>時系列波形と周波数スペクトラム波形が作成される。作成された時系列波形および周波数スペクトラム波形はMotion Amplification®softwareにより、縦軸の成分を変位、速度、加速度と選択が可能であり、選択した成分の時系列波形を表示させることが可能である。表示した時系列変位波形、周波数スペクトラム波形をcsv形式に変換して数値データを得る。</p> <p>⑥映像の編集</p> <p>撮影動画を、フィルター処理や明るさ調整、再生スピード調整などの追加解析を行うことで視覚的に振動を確認でき、測定対象物の挙動把握を行うことができる。映像はMP4形式にも変換可能である。</p> <p>・現地計測に要する時間は1時間程度であり、内訳として機器設置、設定に20分、計測およびデータ確認に30分、機器の撤去に10分程度を要する。</p>	
アウトプット	<p>・撮影された映像はMotion Amplification®software形式で保存される。Motion Amplification®softwareでファイルを読み込み、任意の場所を選び時系列波形、周波数スペクトル波形をcsv形式で保存が可能である。</p>	
計測頻度	<p>・計測頻度は、1試験終了の後、測定対象物の振動が収まってから次の試験を行うことを推奨する</p> <p>・再現性確認のために、1試験につき3回以上の測定を推奨する</p>	
耐久性	<p>・水濡れ厳禁</p>	
動力	<p>・カメラは測定解析用PCバッテリーより供給</p>	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<p>・6時間 (測定解析用PCバッテリー供給の時、外気温: 25℃、30分に1回計測の場合)</p>	
データ収集・通信装置	設置方法	<p>・データ収集・処理部となる測定解析用PCは、計測装置とUSB3.0screw look cable接続となる</p> <p>・測定解析用PCはPC用三脚の上に設置する</p>
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<p>・データ収集・通信装置: 最大外形寸法 (長さ352mm×幅249mm×高さ37mm)、最大重量 (2.22kgf)</p>
	データ収集・記録機能	<p>・撮影された映像は測定解析用PCに保存される。測定終了時に測定データを保存するか否を選択する必要がある。Motion Amplification®softwareで保存したファイルを読みだし処理を行う。処理を施すと処理済みデータはその都度保存が可能である。</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>・測定解析用PCは、PC内臓バッテリーで6時間の撮影計測が可能である。</p> <p>・計測作業が長時間に及ぶ場合は、AC出力ポータブル電源から給電を行いながら撮影計測が可能である。。</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>・ファイル保存先のディスク空き容量に依存する。なお、1データファイルの容量は、測定時間、フレームレートによって異なる。</p>

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・相対差:0.12mm(9.33%)	・動画をピクセル解析 ・レーザー式変位計と本技術測定値との相対差 変位の相対差 鉛直方向:0.12mm(9.33%) 撮影距離:1m 計測回数:3回 加振周波数:10Hz 撮影フレームレート:120fps	
		標準試験値	標準試験方法 ひずみ(2020) 実施年 2023年 ・相対差:3.30%(0.1261 $\mu\epsilon$)	・サンプル数:5 ・リファレンス値:-3.77~-3.92 $\mu\epsilon$ ・計測値:-3.62~-3.79 $\mu\epsilon$	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・最小変位:0.25 μm	・計測範囲:測定対象物が測定画面に収まる範囲 ・50mmレンズ、1mの距離で測定するとき	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	検出感度	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
性能値		-	-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	・0.25 μm	・計測範囲:測定対象物が測定画面に収まる範囲 ・50mmレンズ、1mの距離で測定するとき $R\mu = D/F \times 12.5$ $R\mu$:最小変位分解能(μm) D:カメラから対象までの撮影距離(m) F:レンズの焦点距離(mm) ※12.5は検証に基づいた換算係数		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・桁下は人が進入できる箇所であること	・長さ700mmの三脚を持って移動できること ・桁下に三脚を据え付けできること(水などがある場合は設置不可)
	周辺条件	・計測対象表面に追跡可能な模様があること ・数秒間の計測時間中に大きな環境光変動が発生しないこと ・計測対象表面に局所的な照明変化(水面からの反射光など)が発生しないこと ・カメラ-計測対象表面間に雨粒や雪、植物、昆虫などが入り込まないこと	・模様がなない場合は、マグネット型ターゲットを設置することで計測可能となる場合がある ・暗くて画像が映らない場合は別途照明を利用することを推奨する ・局所的な明るさの変化・ものの動きを変位として誤算出してしまうため、映り込みに注意して画角を設定する
	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	-	・照明安定環境下、温度安定環境下で撮影すること ・雨、雪、陽炎などが映りこまないこと ・計測機器設置場所が振動しない事
	その他	・屋内撮影:十分な明るさが必要なため、照明を使用した撮影を推奨する ・屋外撮影:雨天・小雨・大雨の場合は測定は不可	-

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	・OJTによる説明・講習を受け、撮影方法や注意点を習得した者	-
	必要構成人員数	・測定解析用PC操作者1名、補助者(測定合図出し等)1名 合計2名	-
	作業ヤード・操作場所	・作業ヤード範囲: 2m ² ・操作場所: 計測機器より1m以内	-
	計測費用	【橋梁条件】 橋種 [鋼橋/Co橋] 橋長 指定なし 全幅員 指定なし 部位・部材 [上部工、桁] 検出項目 [変位量] 設置箇所数 [1~3箇所] 計測頻度 [随時] 計測期間 [一日] <費用> 合計600,000円(データ解析、報告書作成含む)	・計測可否が不明な場合、現地踏査が別途必要 ・経費(運送費、交通費、宿泊費、日当、雑材費)は別途
	保険の有無、保障範囲、費用	・有	-
	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	・業務委託	・計測作業、解析・報告書作成作業
	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 計測システムの基本構成



図2 本技術を用いた桁たわみ測定イメージ



図3 本技術で撮影した画像、解析したい場所を選択(赤四角部分)

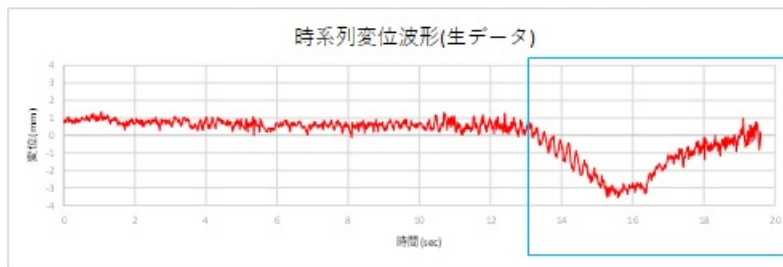


図4 図3で選択した箇所の時系列変位波形

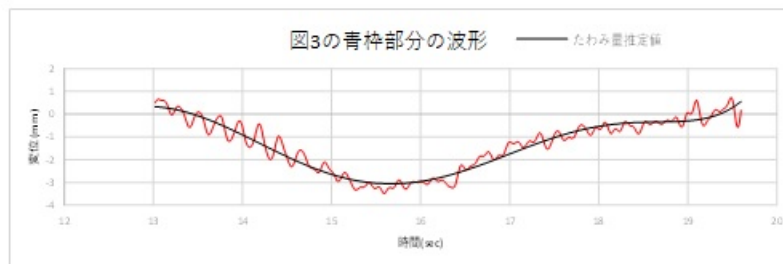
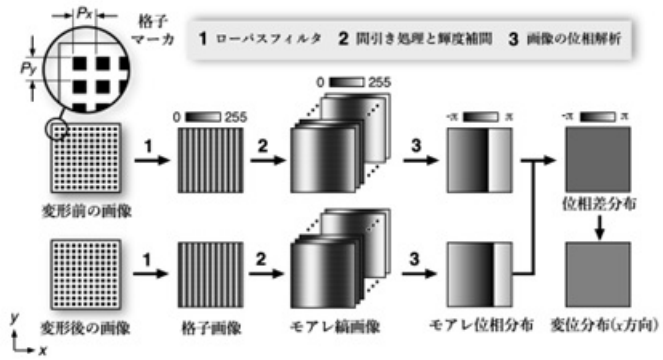


図5 最小二乗法によりたわみ量を推定した結果

1. 基本事項

技術番号	BR030049-V0124			
技術名	ドローン空撮による橋梁のたわみ計測			
技術バージョン	—	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社 CORE技術研究所 国立研究開発法人産業技術総合研究所 京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 インフラ先端技術産学共同講座			
連絡先等	TEL: 03-5825-9166	E-mail: ogura.nori@coreit.co.jp	東京支店 技術部 小椋 紀彦	
現有台数・基地	3台	基地	東京都台東区浅草橋3丁目8番5号 VORT浅草橋8F	
技術概要	<p>ドローン空撮による橋梁のたわみ計測とは、無人航空機(以下「ドローン」という)に搭載したデジタルカメラ(以下「カメラ」という)を用いて橋梁を撮影し、検査車両の通過等に伴う橋梁のたわみを計測する技術である。</p> <p>本技術は、測定対象となる橋梁の測定したい箇所(一般的には橋の中央)に繰り返し模様がある測定マーカと、ドローンの画像ぶれを補正するために、たわみがほぼゼロの箇所(一般的には橋脚や橋台)に2つ以上の基準マーカを事前に設置する。これらのマーカをドローンカメラで撮影して、画像のぶれ補正を行い、橋梁のたわみ値を算出する点検方法である。計測タイミングとしては、状態把握や補修後の確認時などに利用できる。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台) 支承部(支承本体)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通	②異常なたわみ	
検出原理	画像(静止画/動画)			
検出項目	たわみ			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> 基本ベース機器: ドローン 画像撮影機材: ドローンに搭載するカメラ(動画、静止画)、SDカードに保存 格子マーカ: 一定周期の繰り返し模様がある格子マーカ(基準マーカ2枚以上、測定マーカ1枚以上) 	
移動装置	機体名称	・AUTEL EVO II Pro (Autel Robotics)	
	移動原理	<ul style="list-style-type: none"> 【飛行型】 ・自重を揚力で支えることで、平面方向、鉛直方向いずれの移動にも物理的制約が存在しないもの。 	
	運動制御機構	通信	<ul style="list-style-type: none"> 【無線通信】 ・操縦系周波数: 2.4GHz帯
		測位	・GNSS測位(全地球航法衛星システム)
		自律機能	・自律機能有、制御機構への入力はGPS-GNSS
	衝突回避機能(飛行型のみ)	・プロペラガード(水平)	
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> ・外形寸法(長さ354mm×幅424mm×高さ110mm) ・最大重量(1.2kg) 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
動力	<ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーなどの仮設電源が必要 ・動力源: 電気式 ・電源供給容量: バッテリー ・定格容量: 11.55V、7100mAh 		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・最大40分(外気温: 20℃の場合)		
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ: ドローンカメラを利用する。 ・格子ターゲット: 粘着テープなどによる貼り付けもしくはマグネットで固定する。 		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローン: 長さ354mm×幅424mm×高さ110mm、1.2kg ・格子マーカ: 格子サイズは50mmピッチ、マーカサイズは300mm×300mm(橋のスパン長さが30mの場合を想定) 		
センシングデバイス	・1インチCMOSセンサ、20MPピクセル、6K動画撮影		
計測原理	<ul style="list-style-type: none"> ・橋の中央部に1つの測定用格子マーカと、橋脚に2つ以上の基準格子マーカを設置し、これらのマーカが同時に被写体として写っている動画データをドローンカメラで記録する。記録した画像データから高精度な画像ぶれ補正を行い、橋梁のたわみ計測を解析する。 ・計測に用いる格子マーカのピッチ間隔の情報は既知であるため、キャリブレーションは不要である。 <p>具体的には、</p> <ol style="list-style-type: none"> ①一定間隔の繰り返し模様が描かれた格子マーカ(複数個)の変形前と変形後の画像をドローンカメラで撮影する。 ②画像上での2つ以上の基準マーカの中心座標を算出し、変形前後で各基準マーカの中心座標が同じ値になるように画像ぶれを補正する。 ③画像ぶれ補正後の画像に対して、下図のとおり、ローパスフィルタなどの画像処理により2次元の格子模様をx方向またはy方向の1次元の格子模様に分離する。 ④それぞれの方向の1次元の格子模様に対して、間引き処理と輝度補間を行い、同時に複数枚の位相がシフトされたモアレ縞画像を得る。 ⑤得られたこれらのモアレ縞画像の位相解析を行う。この画像処理を変形前と変形後の格子画像にそれぞれ行い、モアレ縞の位相差分布から物体の変位分布を求める。 ⑥最後に基準マーカABに対する測定マーカCの相対変位量を算出して、橋のたわみ値とする。 		
計測装置	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> ・格子マーカ設置のために計測部位に近接する必要がある。鉄橋の場合はマグネット、コンクリート橋の場合は粘着テープなどを使い、格子マーカを設置する。長期に渡って計測を行う場合は耐久性のある塗装を施したマーカを使用する。 	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・画角や撮影距離に応じて、適切な測定結果が得られるよう、格子ピッチのサイズや格子全体の大きさを適切にする必要がある。 ・実験で使用する格子マーカは防塵性・防水性と耐熱性のある素材が望ましい。 	
		<ol style="list-style-type: none"> ①橋脚および橋の中央部に設置した格子マーカをドローンより画像撮影を行う。現地計測に要する時間は、計測準備に30分、計測に5分、データ確認に10分、機器の撤去に10分程度を要する。 ドローンの飛行場所や計測時の位置関係を「6. 図面」において詳述する。 ②検出した2つ以上の基準マーカの位置からドローンの画像ぶれ補正を行う。 ③サンプリングモアレ法を用いて、基準マーカと測定マーカの変位量を算出し、基準マーカの変位量に対する測定マーカの変位量を求める。 ④橋のたわみ量を定期的にモニタリングし、計測されたたわみ量から橋梁の健全性を把握する。 	

計測プロセス	【処理フロー図】	
	アウトプット	・計測されるたわみ値(変位)の時刻歴データはcsvファイルとして保存される。
	計測頻度	・動画撮影のフレームレート: 24~30fps
	耐久性	・IP60程度
	動力	・バッテリー(7100mAh)、充電時間は90分
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・最大で40分(外気温:20℃)
データ収集・通信装置	設置方法	・移動装置と一体的な構造(ドローンカメラ)
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・解析用ノートパソコン 市販品 B4サイズ程度
	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	・AC100V (ACアダプタにてDC12V)
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	-	・構造物(橋梁)から離れた場所(10メートル以上)からの画像撮影を実施するため、構造物に接近する必要がない。
	標準試験値	標準試験方法 地上・自然風(2019) 実施年 2023年 ・変化量:0cm 標準試験方法 室内・人工風(2023) 実施年 2023年 ・水平方向 3Dモーションキャプチャでは、測定不可 ・鉛直方向 3Dモーションキャプチャでは、測定不可	・風速:6.6m/s(自然風) ・室内では本ドローンの飛行制御が出来ないため、室内での人工風による安定試験を中止した。
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	【飛行型】 最小所要空間寸法: 縦、横、高さ(1000、1000、-) (mm)	目視確認できる範囲
	標準試験値	・未検証	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	【飛行型】 最大距離:300m	目視確認できる範囲
	標準試験値	標準試験方法 飛行体(ドローン)(2022) 実施年2023年 ・50m	・風速:6.6m/s
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	・垂直:±0.02mm、水平:±0.02mm	・たわみ計測時はホバリングで撮影
	標準試験値	・未検証	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・相対差:1%(0.5mm)	・移動ステージによる移動量(計測値)との相対差 y方向の変位の相対差: 0.5 mm未満(1%) (※ドローンと格子マーカの距離は7m程度の室内実験、および30mの室外実験で検証)格子ピッチの1/100 (例 50mmピッチ使用時は0.5mm) ※ 天候および計測距離などの条件による	
		標準試験値	標準試験方法 活荷重たわみ(2022) 実施年2023年 ・相対差:7.7%(0.170mm)	・サンプル数5 ・平均たわみ量(真値):2.219mm	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・垂直:±0.02mm、水平:±0.02mm	・たわみ計測時はホバリングで撮影	
		標準試験値	・未検証	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2023年 ・フルカラーチャート識別可能	・照度:10.8~66.9kLux	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・10mmピッチから200mmピッチ	・格子マーカの大きさによる(最大1m程度) ・標準格子(50mmピッチ、A3サイズ)	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・検出率:100%	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・格子ピッチの1/100~1/1000	・激しい陽炎がないこと
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無		
性能値		・格子ピッチの1/100	-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	・格子マーカのピッチの1/1000 (=0.1%)	・格子ピッチが正確に印刷されている		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

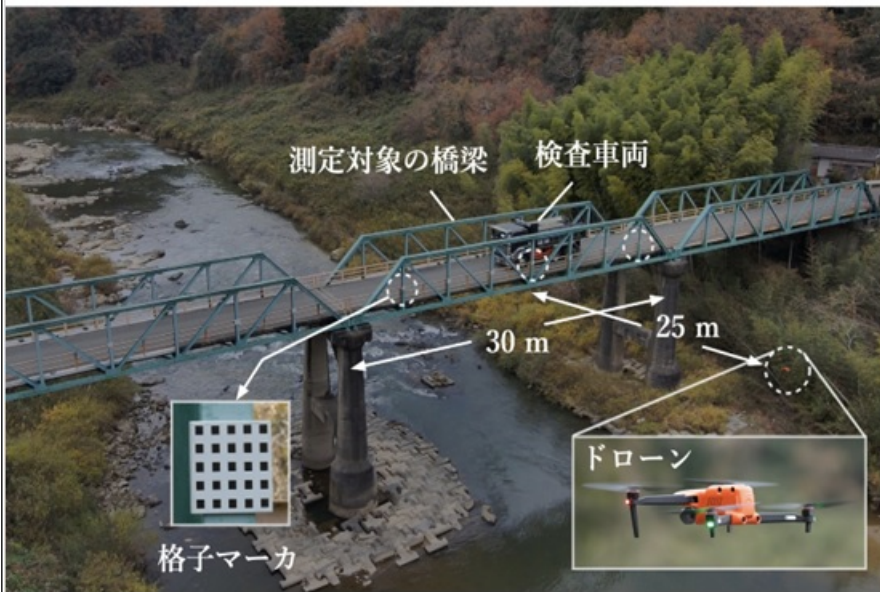
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	・格子マーカを撮影できること。障害物はないことを条件とする	—
	周辺条件	・ドローンの飛行範囲内に電波塔や電線がある場合は不可 ・陽炎や霧が激しい現場環境の場合は、測定結果のばらつきが大きくなる場合がある	—
	安全面への配慮	・飛行中は操縦者および補助者による監視し、計測中は注意喚起の看板の設置	—
	無線等使用における混線等対策	・事前に無線の混線状況を確認すること	—
	道路規制条件	・格子マーカの貼り付け・撤去作業時に車道の規制が必要な場合がある。	—
	その他	・大雨、霧と陽炎がある場合は計測誤差が大きくなる可能性がある ・高所を計測する場合には、格子マーカを設置するために足場あるいは高所作業車が必要である。	—

5. 留意事項(その2)

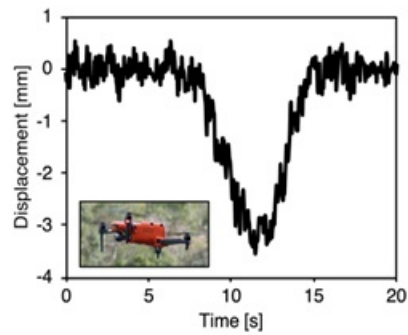
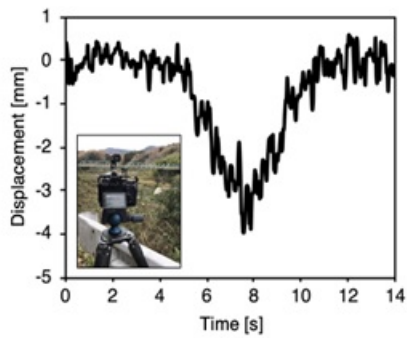
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	・JUIDA無人航空機操縦技能、無人航空機安全運航管理者	—
	必要構成人員数	・現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	・現場責任者は道路橋点検士の資格保有者
	作業ヤード・操作場所	・一般的な無人航空機の飛行環境に準ずる ・飛行体を目視確認可能な位置	—
	計測費用	【橋梁条件】 橋種 [3径間溶接単純桁トラス橋] 橋長 87.6 m (1径間約30m) 全幅員 5.0 m 部位・部材 [垂直材] 検出項目 [変位] 設置箇所数 [9] 計測頻度 [6回] 計測期間 [1日] <費用> 合計 300,000円(業務委託の場合)	・1径間ごとに実施
	保険の有無、保障範囲、費用	・対人・対物保証保険有	—
	自動制御の有無	・自律制御有	—
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート制なし	—
	センシングデバイスの点検	—	—
その他	・悪天候(台風・暴雨など)や第三者影響範囲(民家など)は適用不可	—	

6. 図面

・ドローン空撮による橋梁のたわみ計測の実験中の様子(2021年12月実施時)




・スパン長さが30mのトラス橋を対象に2トンの検査車両が通過時に、従来の遠方方向から三脚に固定されたカメラからサンプリングモアレ法を利用して得られたたわみ値(左図)と、ドローン空撮から画像ぶれ補正して得られたたわみ値(右図)である。



1. 基本事項

技術番号	BR030050-V0124			
技術名	IoTを活用した変位量を常時計測するモニタリング技術			
技術バージョン	Ver1.0	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社パスコ			
連絡先等	TEL: 03-5435-3560	E-mail: taodma5360@pasco.co.jp	事業統括本部 営業部 和田 智靖	
現有台数・基地	1000台 (2023年4月時点)	基地	東京都目黒区下目黒1-7-1	
技術概要	<p>本技術は、IoTセンサーを活用した橋梁の遠隔モニタリング技術である。橋梁に設置するセンサーとデータを管理するクラウドシステムで構成される。</p> <p>これは、センサーは橋台と橋桁端部に設置し、遊間の変位を常時計測し状態を監視する。計測データはクラウド上のサーバーへ常時蓄積され、遊間の変位量が設定した値を超えた時には管理者へアラームを発報し通知する。</p> <p>本技術の適用場面は、措置としての監視(遠隔モニタリング)を行う場面である。</p> <p>遊間の変位をモニタリングすることで、遊間異常の他、支承部の異常、橋台の移動、橋脚の洗堀に伴う沈下・傾斜など損傷の発見につながる可能性がある。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁) 支承部(支承本体)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他	⑬遊間の異常	
		共通		
検出原理	軸棒につながる抵抗式位置センサーによる変位量			
検出項目	2点間の変位量(伸縮量)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・抵抗式位置センサー ・温度センサ ・3軸加速度センサ ・LTE通信モジュール ・バッテリー 	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・接着剤により固定する。(センサー設置面を清掃し接着剤により接着する。接着剤による取付が不可能な場合、取付金具により取付を行う。) 	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	計測装置:最大外形寸法(長さ約370mm×幅約80mm×高さ約50mm)、最大重量(約370g、電池含む)	
	センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> ・抵抗式位置センサー ・加速度センサ ・温度センサ 	
	計測原理	<ul style="list-style-type: none"> ・抵抗式位置センサーのレバー位置により抵抗値が変化するので、その変化により距離の検出を行う。 ・加速度センサは重力加速度を、既知のバネ係数と重さを持った重りの移動距離を静電容量の変化を計測することで検出する。 ・加速度センサは故障に繋がる衝撃や、計測精度に影響を与える姿勢変化の検出に利用する。 	
	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"> ・遊間の計測は1軸のため、検出したい遊間距離がその伸縮方向にあること。 ・本体を設置できる空間があり、接着箇所が平面に近いこと。平面でない場合、接着剤・パテ等で埋められる範囲であること。 ・常時水に触れている場所ではないこと。 	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・通行人や車両の衝突などによる力を受けないこと(通過車両による振動は可)。 ・水没しないこと。 ・日照・周辺の高温設備等による極端な温度上昇がないこと。 ・短時間のうちに強制送信を繰り返さないこと。 	
	計測プロセス	<p>①一定時間ごとに、抵抗式位置センサーで距離を検出する。この際、複数回計測を行い、例外値を除外することで、車両通過に伴う振動や荷重による変化を除外する。また、筐体内温度も同時に計測する。</p> <p>②一日一回、LTEにてサーバに計測結果を送信する。</p> <p>③サーバに蓄積されたデータを閲覧/分析し、橋梁の状態を把握する。</p> <p>④衝撃や大きな姿勢変化があった場合、①②のプロセスとは別に随時送信する。</p> 	
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> ・データは遊間距離と筐体内温度がサーバに保存される。csv形式にてダウンロードも可能。 ・データは設置直後から計測しており、データは翌日以降からサーバに蓄積される。ただし設置の初期状態では接着剤が硬化するまでデータが不安定なため、設置の翌日以降のデータを見ることを原則とする。 	
	計測頻度	<ul style="list-style-type: none"> ・10分に1回計測(ただし衝撃や大きな姿勢変化は常時検出) ・保証期間は設置後5年間 	
	耐久性	IPx6	
動力	・機器内蔵バッテリーにより動作		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・約5年間以上		
計測装置	設置方法	・計測装置・通信装置は一体的な構造。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	2-5-415	
	データ収集・記録機能	・計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータを、クラウドサーバ上に保存	

データ収集・通信装置	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	・通信方法 無線 ・通信規格 LTE Cat.M1
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	・VPN接続
	動力	・内蔵バッテリー ・約5年以上 (標準的環境下で計測間隔[10分] / データ送信間隔[1日1回] を続けた場合)
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	・1日144回 (10分毎) の計測、1日1回の送信で約5年間

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

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・相対差:±0.1mm	・計測する変位が±20mm以内であること。 ・使用温度-20℃～+60℃の範囲で使用すること。	
		標準試験値	標準試験方法 遊間の異常(2020) 実施年 2023年 ・相対差:0.42%(0.02mm)	・サンプル数3 ・リファレンス:11.460mm、-7.500mm、 18.380mm ・測定値:11.49mm、-7.48mm、18.42mm	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	■変位測定 ・測定範囲-20.00mm～+20.00mm(1軸方向のみ) ■温度測定 ・測定範囲-20℃～+60℃	-	
	校正方法	-	-	-	
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	■変位測定 ・最小表示値0.01mm ・測定精度±0.1mm ■温度測定 ・最小表示値0.1℃ ・測定精度±2℃	-
	検出感度	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	-	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	<ul style="list-style-type: none"> ・センサーを接着剤または弊社所定の取付け金具等で取付けができること。 ・センサー本体と固定部との段差が60mm以内であること。 ・火山性ガス及び塩害等によりセンサーが腐食する可能性がないこと。 	<ul style="list-style-type: none"> ・塗装やシート材等の施された橋梁へのセンサー設置は撤去時に塗装等を毀損するおそれがあるため、接着剤での取付けに留意する。
	安全面への配慮	・センサーと欄干等に落下防止対策のためワイヤーで固定する。	-
	無線等使用における混線等対策	・LTE Cat.M1の通信範囲内	-
	道路規制条件	・センサーの設置・保守・撤去時は現場状況により交通規制の必要性がある。	・交通規制の必要性は道路管理者と協議し必要に応じて警察へ届出を行う。
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・使用温度-20℃~+60℃の範囲で使用する。 ・変位は10分間隔に一度の頻度で取得し、1日1回データをクラウドサーバーへアップロードする。 	・管理するデータ閲覧用クラウドシステムへアクセスできる。

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	・センサーの取付はパスコの作業員が実施する。	-
	必要構成人員数	・設置作業:現場責任者1人、センサー設置作業1名 合計2名	・設置環境、周辺の交通環境の状況により、必要に応じて補助員・保安員を別途配置する。
	作業ヤード・操作場所	・センサーの取付作業員の作業スペースを確保できること	-
	計測費用	1) 契約費用(計画・準備・打ち合わせ) 1契約につき 20万円 ※1 2) 設置費用(1橋あたり) 1台目 =10万円/台 ※2、※3 同一橋梁2台目以降 =1万円/台 3) サービス価格(センサー利用料、通信量、システム利用料、保守料を含む) 月額利用料 =1万円/月・台	※1.注記)1契約あたり (1契約で複数の橋梁へセンサー設置する契約は可能。橋梁数、センサー設置数により 2)設置費用を計上)。 ※2.足場等の設置が不要な設置環境を想定する。 ※3.北海道、沖縄、島しょ部は除く。
	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	・計測・送信は全て自動で行う。	・クラウドサーバー上で、アラームを発報する変位量を設定。
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託	・センサーの設置、保守、クラウド提供はパスコで行う。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・有り	-
	センシングデバイスの点検	・センサー取付け後、初回の定期点検を半年後以降の点検は1年ごとに実施。	・現地にて、センサーの取付け状況・外観、周辺環境等を確認し、必要に応じて改善や障害物撤去等の措置を実施。
その他	-	-	

6. 図面

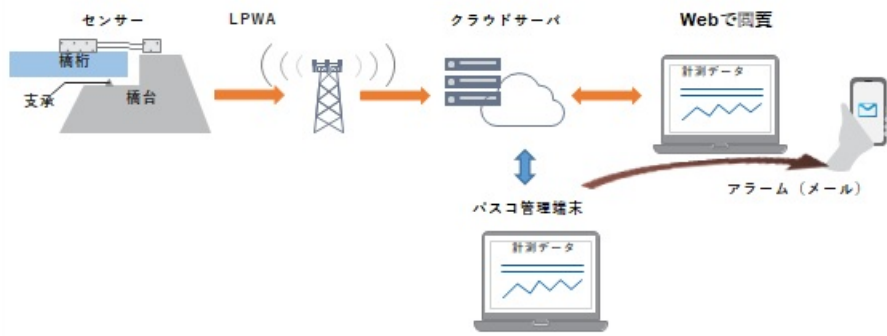


図1 技術全体の構成

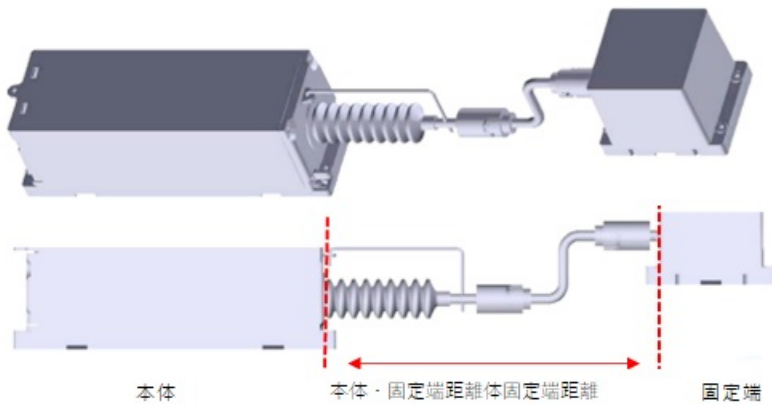


図2 センサー外観

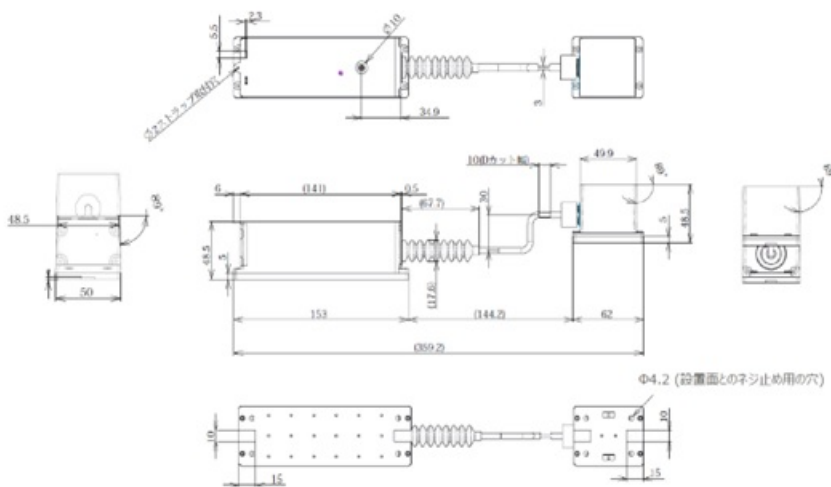


図3 センサー図面



図4 計測データの管理画面

1. 基本事項

技術番号	BR030051-V0124			
技術名	穿孔法による応力測定技術			
技術バージョン	Ver.1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社IHI検査計測			
連絡先等	TEL: 045-791-3518	E-mail: uejima1792@ihi-g.com	計測事業部 計測技術部 上島秀作	
現有台数・基地	3台	基地	神奈川県横浜市金沢区	
技術概要	鋼製の構造部材に小径穴(標準値: ϕ 2mm, 深さ1mm)の穿孔を行い、その解放ひずみをひずみゲージを使用して計測することで、穴周辺に作用する内在応力(死荷重および活荷重による応力および残留応力などによって部材に内在する全応力)を評価する手法である。ASTM(American Society for Testing and Materials)規格に則り解析することで、深さ方向の内在応力分布を評価する。			
技術区分	橋種	鋼橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚) 支承部(支承本体)		
	損傷の種類	鋼	-	
		コンクリート	-	
		その他	-	
		共通	-	
検出原理	ひずみ			
検出項目	内在応力			

2. 基本諸元

計測機器の構成		(1)穿孔装置 (2)ひずみ測定器 (3)電子制御システム、 (4)データ処理PC (1)～(4)は有線にて接続される。穿孔装置に付属する電動モーターに取り付けられた超硬ドリルで対象物を穿孔する。また、穿孔装置のステッピングモーターが電子制御システムによって制御されることで正確に掘り進むことが可能である。穿孔により得られた解放ひずみはひずみ測定器を通してPCへ送られる。このPCはデータ収集だけでなく、電子制御システムの制御も兼ねる。	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	(1)穿孔装置:対象物が鋼材の場合、穿孔装置の足部分の磁石で固定することができる。磁力で固定ができない場合は、足部分と対象物を接着剤で固定する。 (2)ひずみ測定器、電子制御システム:穿孔装置、PCの近傍に置き、ケーブルを介して接続される。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・穿孔装置:最大外形寸法(長さ170mm×幅150mm×高さ170mm)、最大重量(4.6kg) ・ひずみ測定器:最大外形寸法(長さ52.5mm×幅200mm×高さ121mm)、最大重量(850g) ・電子制御システム:最大外形寸法(長さ245mm×幅220mm×高さ140mm)、最大重量(5.4kg)	
	センシングデバイス	・ひずみゲージ 主に、東京測器研究所社製 型番 FRS-2 3軸 ・ひずみ測定器 HBM社製 QuantumX 型番 MX440B	
	計測原理	・計測対象場所にひずみゲージを貼付け、ひずみゲージ中心を段階的に穿孔する。穿孔によって、穿孔位置に内在する応力が解放されることによるひずみ(解放ひずみ)を取得する。取得した解放ひずみをASTM規格に則り解析することで各深さの内在応力を評価する。 ・キャリブレーションは穿孔開始直前のひずみ値をゼロとすることで行う。 ・本技術は穴を開けるため、全く同じ位置の計測は不可能である。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・ひずみゲージ貼付けのために計測部位に近接できる必要がある。また、計測部位から計測装置(測定器)までケーブルを配線する必要がある。 ・鋼材のひずみゲージ貼付箇所は塗装などを剥がして鋼材素地を露出する必要がある(ひずみゲージに対して穿孔するため、コーティング材塗布の必要なし)。 ・母材とひずみゲージの密着性を図るため、湿潤状態ではゲージ貼付作業はできない(測定は雨天や降雪時は装置一式にシートをかければ可能)。 ・母材とひずみゲージの密着性を図るため、ゲージ貼付け面が平らであること。 ・部材端部や異種材料を跨いだ計測は不可。 ・計測箇所はひずみゲージ貼り付けるため15mm×15mm以上の範囲が必要(詳細はひずみゲージサイズによる)	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・ひずみ計測にあたり計測精度向上のため、S/N比の向上に留意する必要がある。特に、ノイズ低減のために、アースを取る場所に留意が必要である。 ・温度変化による見かけひずみが生じるため、鉄鋼の線膨張率に近いひずみゲージの使用が望ましい。 ・計測精度向上のため、可能な限り計測位置を垂直に穿孔する必要がある。 ・応力解析時の補正のために実際の穿孔穴径を計測することが望ましい。	
	計測プロセス	①PCに穿孔条件(穿孔深さ、ドリル送り速度等)を入力する。 ②鋼材に貼り付けたひずみゲージに対して、穿孔装置により穿孔を行う(自動)。 ③穿孔による解放ひずみはひずみ測定器でAD変換され、PCに送信される(自動)。 ④各深さに対応する解放ひずみ値がPCに収録され、同時にPC画面に解放ひずみグラフが描かれる(自動)。 ⑤目標深さまでの穿孔が完了したことを確認後、穿孔穴径をダイヤルゲージを使用して測定する。 ⑥PCに穿孔穴径を入力して計測が完了となる。 ⑦計測データをASTM規格に基づき解析し、各深さの内在応力値を求める。 【処理フロー図】	

		<p>自動処理</p> <p>穿孔装置 → 穿孔装置の制御 → 通信ケーブル → 穿孔装置の制御 → 通信ケーブル → データ処理部 (PC)</p> <p>ひずみゲージ → リード線 → ひずみ測定器 → A/D変換 → LANケーブル → データ処理部 (PC)</p> <p>データ処理部 (PC) 内の処理: 計測条件設定 → データ収集・グラフ化 → 応力解析 → 記録保存</p>
アウトプット		<ul style="list-style-type: none"> ・計測される各穿孔深さに対応する解放ひずみ、穿孔穴径はDATファイルにてPC保存される。保存されたデータをASTM規格に基づき解析し、各深さの内在応力値をアウトプットする。 ・得られる情報は、平面応力の3方向成分、最大最小主応力、最大主応力方向、ミーゼス応力など。 ・現地計測に要する時間は、計測準備に60分、計測に30分、データ確認に15分、機器の撤去に30分程度を要する。
計測頻度		<ul style="list-style-type: none"> ・1回の計測で深さ方向に20分割(標準深さ1mm、1ステップ0.05mm)して解放ひずみを計測する。 ・性能保証期間は装置校正有効期間と同等。
耐久性		<ul style="list-style-type: none"> ・ひずみ測定器:IP20 (EN 60529)
動力		<ul style="list-style-type: none"> ・穿孔装置、電子制御システム:AC100V ・ひずみ測定器:DC24V
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		<p>設置方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・PC:穿孔装置、ひずみ測定器、電子制御システムの近傍に置き、ケーブルを介して接続される。 <p>外形寸法・重量 (分離構造の場合)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法(長さ375mm×幅265mm×高さ270mm)、最大重量(2.2kg) <p>データ収集・記録機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひずみ測定器から計測したデータをLANケーブル経由でPCに伝送しハードディスクに保存。 ・データはDATファイルにて保存され、計測中に通信が断絶した場合でも、その時点までのデータが保存される。 ・DATファイルは専用の解析ソフトウェアで処理する。 <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> <ul style="list-style-type: none"> ・AC100V <p>データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)</p>

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	[システム一式の計測精度] ・引張応力が100MPaのとき±7%、200MPaのとき±6%		・計測位置の内在応力が対象とする材料の降伏応力の80%未満で定量的な結果が得られる(ASTM規格準拠) ・本システム一式の計測精度は社内試験で検証済み。 ・SM490材(厚さ10mm)の一軸引張試験により、引張試験機のロードセル値と本システムの計測値を比較した。
		標準試験値	未検証	-	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・降伏応力の80%以内		・定量的評価では対象とする材料の降伏応力の80%以内ASTM規格に準拠 ・穿孔部分が均質・等方材料であること
	感度	校正方法	・ひずみゲージ データシートによる ・ひずみ測定器 ひずみ校正器による		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	検出感度	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	-		・ひずみ値±1×10 ⁻⁶ の分解能を有するひずみ測定器を使用する(ASTM規格に準拠) ・ひずみ測定器は分解能24bitコンバータ内蔵	

※「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	・計測対象場所に計測員がアクセスできること(作業足場、高所作業車など使用可)	-
	安全面への配慮	・穿孔中の高速回転ドリルによる受傷注意 ・飛散した切粉による受傷注意	・安全保護メガネの利用推奨
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	・橋梁自重(死荷重)測定の場合は車両を載せないこと	・車両が載った場合は「死荷重+活荷重」となる
	その他	ひずみ測定器 ・気温-20~+65℃ ・相対湿度5~95%(結露がないこと) ・少雨時は適用可(装置にシートをかける)	-

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	・ST(ひずみ)レベル2以上 (社団法人 日本非破壊検査協会)	-
	必要構成人員数	・計測員2名	・安全な場所では1人でも計測可能
	作業ヤード・操作場所	・作業ヤード範囲: 4m ² ・操作場所: 計測機器より1m以内	・計測開始後は自動計測するため、離れていても問題ない
	計測費用	1日作業・2か所測定の場合 ・調査費用計 500,000円 (外業:200,000円、内業:300,000円) ・機器経費:100,000円 合計 600,000円	・移動費は含まない
	保険の有無、保障範囲、費用	・保険には加入していない	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート制あり	-
	センシングデバイスの点検	・ひずみゲージ 抵抗と絶縁の確認(都度) ・ひずみ校正器による(1回/年)	-
	その他	・連続した非常に大きな衝撃が生じる現場では対応不可 ・穿孔位置が曲率の大きい場所では対応不可	-

6. 図面

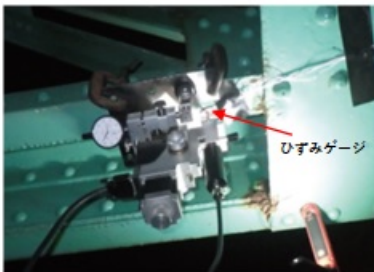
◆穿孔装置



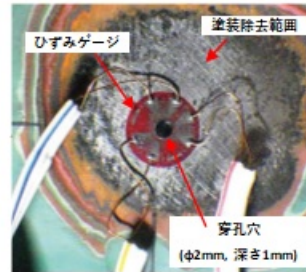
◆システム一式



◆穿孔装置設置状況 (上向き)



◆ひずみゲージ貼付け状況



1. 基本事項

技術番号	BR030052-V0124			
技術名	ドローン・スマホ・ソナーにより橋梁全体の状態・形状計測技術			
技術バージョン	-	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社特殊高所技術/PROSPIT			
連絡先等	TEL: 075-574-7077	E-mail: rope@tokusyu-kousyo.co.jp	特殊高所技術(本社)	
現有台数・基地	ドローン12台/ソナー1台(基地:東京/大阪/京都/名古屋/福岡/三重)	基地	京都府京都市南区吉祥院三ノ宮町1	
技術概要	<p>本技術は、スマートフォン、ドローン、水中ソナーを用いて橋梁全体の状態を把握する技術である。</p> <p>地上部は、スマートフォン及びドローンを用いて損傷箇所の画像を取得する。</p> <p>水中部は、ソナー技術を用いて反射波映像で基礎部、河床の形状を把握する。</p> <p>また、水中部のソナー計測結果と下部構造位置の整合をとるため、ドローンによる3次元モデルを構築する。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,縦桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台,基礎)		
	損傷の種類	鋼	①腐食 ③ゆるみ・脱落 ⑤防食機能の劣化	
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧漏水・遊離石灰 ⑨抜け落ち ⑪床版ひびわれ	
		その他	⑬遊間の異常 ⑭路面の凹凸 ⑮舗装の異常 ⑯支承部の機能障害	
		共通	⑩補修・補強材の損傷 ⑫定着部の異常 ⑬変色・劣化 ⑭漏水・滞水 ⑮異常なたわみ ⑯変形・欠損 ⑰土砂詰まり ⑱沈下・移動・傾斜 ⑲洗掘	
検出原理	スマートフォン・ドローン:静止画/動画 水中ソナー:超音波			
検出項目	部位・部材の損傷、形状寸法			

2. 基本諸元

計測機器の構成		[地上部] ・スマートフォン ・ドローン [水中部] ・移動装置:計測器をポールに設置して人力で移動 ・計測装置:ソナー端子 ・データ収集・通信:SDカードに保存(Wifi通信により、計測中の画像はタブレットに映し出される)	
移動装置	機体名称	[ソナー] ローランス社製 ActiveTarget Live Sonar	
	移動原理	[人力型] ・スマートフォン,水中ソナー:人が計測装置を持ち運びながら計測を行う。 [飛行型] ・併用するドローンは、手動飛行および自動飛行により下部工、基礎周辺を飛行する(機体は任意である)。	
	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	・ソナー計測器:ソナー取り付けポール長さ2m ・ソナー本体(背負いタイプ) :外形寸法(長さ50cm×幅40cm×高さ20cm)、重量(15kg)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	・電源供給容量:バッテリー 12V/20Ah	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・240分(外気温:+5℃~20℃の場合)		
計測装置	設置方法	・対象物及び損傷部を直接計測できる位置で計測する。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	[ソナー(水中部)] ・ローランス社製 ActiveTarget Live Sonar	
	計測原理	[ソナー(水中部)] ・ソナー端子を水中に沈め、超音波を発信し、受信した反射波により形状を計測する。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	[ソナー(水中部)] ・濁水中での計測可能 ・計測可能な水深は、50cm以上とする。 ・気泡、魚影に超音波が反射するため反射波が乱れる。 ・超音波を反射しない躯体(鋼板)は計測不可	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・ソナー端子が躯体の計測面に対して、垂直に設置されると、反射波が明瞭になり、斜めに入ると反射波に幅が広がるため、計測値に差異があるため、端子を回転させて反射波が明瞭となる位置を確認する。	
	計測プロセス	①橋脚・基礎(躯体)の計測位置に目印をつけ、それをめがけてソナーの端子を水中に入れる。 ②反射波形をタブレット上のライブ画像で確認し、反射波形状を画像として取得する。 ③ドローン等で橋脚全体を3Dモデル化(点群化)し、ソナー計測した位置と水面の位置関係の整合をとる。 ④ソナーの反射波を図面上に重ね合わせ、人力でCAD等で洗掘ラインを可視化する。 <p style="text-align: center;">図.計測プロセス</p>	
	アウトプット	[スマートフォン,ドローン(地上部)] ・画像/動画 画像処理による、3次元モデル(点群データLas等) [ソナー(水中部)] ・画像	
	計測頻度	・計測時毎1回	
	耐久性	・高防水・防塵(規格未公開) 2-5-432	
動力	・バッテリーより専用ケーブルで供給		

	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・240時間 (外気温:5℃~20℃)
データ収集・通信装置	設置方法	・ポールに取り付けたソナー端子を水中に沈める。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	-
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	-
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 洗掘・形状寸法(2021) 実施年 2023年 ・相対誤差:0.083mm(濁度2.6度) ・相対誤差:0.126mm(濁度87.8度)	・サンプル数:24(濁度2.6度) ・サンプル数:24(濁度87.8度)	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・対象面からの離隔50cm~30m範囲	-	
	感度	校正方法	・代理店によるサポートによる		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・桁下は人が進入できる箇所	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	-	・人が橋脚からアプローチする場合、特殊高所技術の安全管理による
	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)

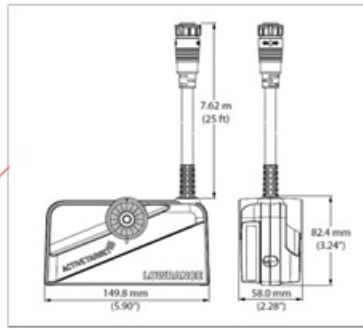
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	・操作技術を習得した者、点検従事者	-
	必要構成人員数	・現場責任者1人、操作1 合計2名	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	計測費用	【鋼橋/コンクリート橋】 橋長50m 幅員20m [橋面積 1000m ²] 橋梁点検 1日作業 +洗掘調査 現場4名 費用:700,000円/日	・橋梁点検業務に付随して実施 ・洗掘調査のみの実施場合は計測条件等を確認が必要
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託	・橋梁点検業務に付随して実施
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-	

6. 図面

	ドローン(例)	スマートフォン	ソナー
機器	米国: Skydio社製 SkydioS2+ 等	iPhone12以降モデル (LiDAR機能付き)	米国: LOWRANCE社 GARMIN社/HUMMIN BIRD社等 LIVE SONAR
寸法	L229×W274×H126(mm)	L146×W72×H8(mm)	L150×W40×H60 (mm)



【機器一覧】



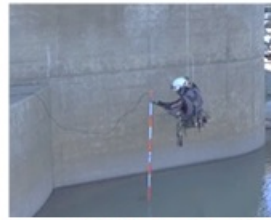
【ソナー端子(受発信子)】



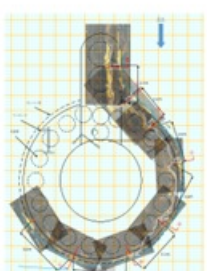
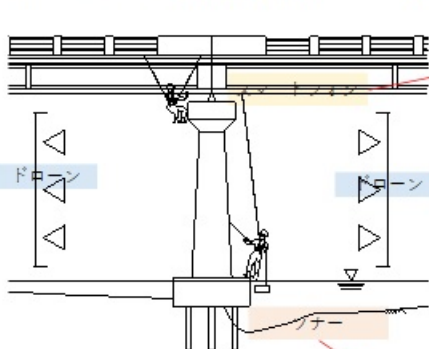
【スマートフォン支承部撮影状況】



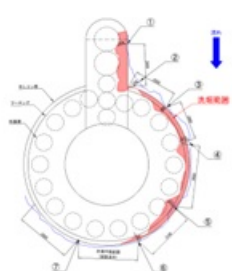
【ドローン】



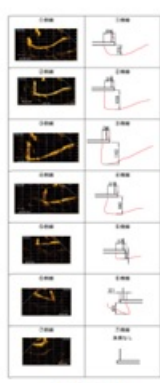
【ソナー基礎部の洗堀調査状況】



【図面との照合】



【図化】



【図化】

1. 基本事項

技術番号	BR030053-V0124			
技術名	ワイヤレスモニタリングシステム			
技術バージョン	-	作成:	2024年3月	
開発者	グレートスタージャパン株式会社			
連絡先等	TEL: 045-228-8677	E-mail: s.nakamura@gresatstarjapan.co.jp	営業部 中村聡	
現有台数・基地	2台	基地	神奈川県横浜市中区山下町223-1	
技術概要	<p>本技術は、3軸の傾斜センサー等を用いて遠隔で下部構造(橋脚)の傾斜角を計測する技術である。 橋梁等の構造物にワイヤレスセンサーを設置することで、内蔵3軸の傾斜センサーによる角度値、レーザー距離計による距離値ワイヤレスセンの観測データをワイヤレスセンサーでクラウドに転送し、データをさまざまな場所で確認できるシステムである。本技術で採用する機種には、3軸の傾斜センサーだけのTTSと距離計機能がついた3軸の傾斜センサーODSの2機種がある。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,横桁,床版) 下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通	⑳異常なたわみ ㉑変形・欠損 ㉒沈下・移動・傾斜 ㉓洗掘	
検出原理	慣性計測装置(IMU)			
検出項目	傾斜角			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・センサーを橋脚等に固定 ・計測装置:3軸傾斜センサーまたは距離計付3軸傾斜センサー ・4Gゲートウェイによりデータをクラウドに送信 ・PCやスマートフォンにて角度変化、距離変化を観測 	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	・移動なし	
	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90mm×幅90mm×高さ90mm)、最大重量(0.6kgf)	
	センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> ・Senceive社製 3軸傾斜センサー ・Senceive社製 レーザー距離計 	
	計測原理	・橋脚等に3軸傾斜センサー設置し、傾斜の変化を計測する。変化量を観測することで、事故、災害予測が可能 またレーザー距離計付のセンサーでは同時に変位の年化量も計測可能	
	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"> ・移動通信(4G等電話回線)を有するエリア ・移動体などの変位振動が大きい場所には適さない 	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・設置時にセンサー確実に固定する必要がある ・温度変化による膨張、収縮のひずみが生じるが、同時に温度データをモニタリングすることで正常、異常の判断する。 	
	計測プロセス	<p>①橋脚等に設置したセンサの傾斜角及び距離値をゲートウェイに送信 ②ゲートウェイからデータをクラウドに転送上のWeb ③PCからWebモニターにて傾斜角及び距離値を確認 ④継続的にモニタリングすることで、データの変化を観察 ⑤閾値を設定することで、アラートによる警告が発動される</p> 	
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> ・計測される傾斜角または距離値のデータはWebモニター上にグラフ化され、また各数値はcsvファイルにて出力可能。 ・機器の設置に要する時間は通信設定を含めて1~2時間程度。PCで確認可能 	
	計測頻度	<ul style="list-style-type: none"> ・データ取得間隔は最低1秒から設置可能。TTSは15年(1測定/30min)、ODSは10年(1測定/30min) ・1回/30分でTTSは15年、ODSは10年の電池寿命。電池交換可能 	
	耐久性	・IP68	
動力	・内蔵リチウムイオンバッテリー		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・TTS(3軸傾斜センサー)は15年(1測定/30分)、ODS(距離計付3軸傾斜センサー)は10年(1測定/30分)		
データ収集・通信装置	設置方法	・センサー周辺(最大300m)に4Gゲートウェイを設置。センサーと4Gゲートウェイは2.4G無線で接続	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・4Gゲートウェイ:最大外形寸法(長さ395mm×幅120mm×高さ65mm)、最大重量(1.2kgf)	
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・計測される傾斜角または距離値のデータはWebモニター上にグラフ化され、また各数値はcsvファイルにて出力可能。 ・データの取得間隔は最低1秒から設定可能 	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・通信方法 4G ・通信規格 3.4 - 3.6GHz / 698 - 806MHz ・通信速度 平均150Mbps ・通信距離 4G受信範囲 	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	・Microsoft Azureクラウド使用(ISO/IEC2701準拠) 2-5-440	
	動力	・ソーラパネルまたはAC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)	制限なし
----------------------	------

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	ODS 距離計 ・再現性(精度): $f \pm 0.15\text{mm}$ TTS 3軸傾斜センサー ・再現性(精度): $\pm 0.0005^\circ$ ($\pm 0.009\text{mm/m}$)	-	
		標準試験値	標準試験方法 洗堀 傾斜角(2020) 実施年 2023年 ・相対差: 0.0785°	・サンプル数3 ・リファレンス値: $-3.00, -5.90, 4.40^\circ$ ・計測値: $-2.94, -6.00, 4.47^\circ$	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・3軸傾斜センサー: 全方向角度計測可能 ・距離計の計測範囲: $40\text{mm} \sim 150\text{m}$	-	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・3軸傾斜センサー: 0.0001° ($\pm 0.0018\text{mm/m}$) ・距離計: 0.1mm	-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

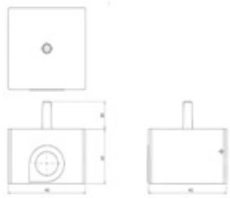
5. 留意事項(その1)

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	・水中の観測は適さない	-
	周辺条件	・移动通信(4G等電話回線)を有するエリア	-
	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	-	-

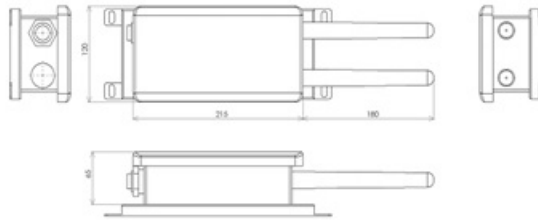
5. 留意事項(その2)

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	-	-
	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	・作業員がセンサーおよび4Gゲートウェイを設置可能なエリア	-
	計測費用	<p>【橋梁条件】① 橋種 [コンクリート橋/鋼橋] 橋長 35m 全幅員 10 m 部位・部材 [橋桁] 検出項目 [傾斜角] 設置箇所数 [4箇所(センサー4台、4Gゲートウェイ1台)] 計測頻度 [30分] 計測期間 [1年] <費用> 合計 1,265,000円 (保守含む)</p> <p>【橋梁条件】② 橋種 [コンクリート] 橋長 35m 全幅員 10 m 検出項目 [変位] 設置箇所数 [3箇所] 計測頻度 [1回/月] 計測期間 [1年] <費用> 合計710,000円 (保守含む)</p>	-
	保険の有無、保障範囲、費用	・保険には加入していない	-
	自動制御の有無	・自律制御無	-
	利用形態:リース等の入手性	・購入およびレンタル	レンタル先:計測ネットサービス株式会社 〒114-0013 東京都北区東田端2-1-3 天宮ビル6・7F TEL:03-6807-6466(代表)
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート制あり	-
	センシングデバイスの点検	-	-
	その他	-	-

6. 図面



ODS/TTS



4Gゲートウェイ

TTS (3軸傾斜センサー)

15 円

5 円

1 円

3軸傾斜センサー	
分解能	0.0001° (0.0018mm/m)
再現性	±0.0005° (±0.009mm/m)
バッテリー寿命	1~15年
防塵・防水	IP68
設置	全方向

ODS (距離計測機能付き3軸傾斜センサー)

10 円

バッテリー寿命

距離計	
分解能	0.1mm
再現性	±0.15mm
測距範囲	0.04~150m

センサーが設置面から傾いた時、角度に変化が生じることでスレを検知します。

+

取付用アダプター

Point

あらゆる形状・環境において360°
全方位へ取付可能!

対象物までの距離を計測し、傾斜変動による歪みを検出します。

変位計、伸縮計、ひずみ計、圧力計、水位計、ひびれ、土圧、水分計、亀裂、地層り計、温度計など、各種センサーと連携できます。

1. 基本事項

技術番号	BR030054-V0124			
技術名	映像解析による非接触固有振動計測技術			
技術バージョン	-	作成:	2024年3月	
開発者	計測検査株式会社			
連絡先等	TEL: 093-642-8231(代表)	E-mail: kkeigyo@keisokukensa.co.jp	担当部署 営業部(代表)	
現有台数・基地	1台	基地	福岡県北九州市八幡西区陣原	
技術概要	<p>本技術は、動画映像を用いた遠隔・非接触の計測手法により、車両が橋梁上を通過する際に桁に発生する振動加速度を計測・可視化するものである。</p> <p>本技術の特徴としては、ハイスピードカメラで動画映像を撮影するだけで、ターゲット等を設置しなくても任意の計測対象表面の振動加速度を遠隔・非接触で計測が可能である。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁)		
	損傷の種類	鋼	-	
		コンクリート	-	
		その他	-	
		共通	-	
検出原理	動画映像			
検出項目	振動数/周波数スペクトル			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> 計測装置: ハイスピードカメラ、カメラ三脚 データ収集・通信: 有線(制御・解析PCにデータ収集) 必要に応じて、対象箇所への照度不足を補うための照明装置を用いる。 	
移動装置	機体名称	IRIS M	
	移動原理	<p>【設置型】</p> <ul style="list-style-type: none"> 本計測機器は計測装置とデータ収録・通信が一体構造であり、人力で調整、設定を行い、地面に据え置いて計測を行うものである。 	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> 本測定機器は、カメラを三脚の雲台上部に1/4インチねじで固定し、測定対象物が観察できる場所に三脚を設置して計測する。 振動によるブレの低減の為に、三脚の脚に免振ゲルパッドを敷き計測する。 カメラレンズは、測定対象に合わせて必要なスペックのものに付け替えが可能である。 	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	計測装置: カメラ本体(レンズなし) 最大外形寸法(長さ75mm×幅43mm×高さ35mm)、最大重量(0.9kgf)	
	センシングデバイス	<p>【カメラ】</p> <ul style="list-style-type: none"> FLIR社 ハイスピードカメラ <p>【レンズ】</p> <ul style="list-style-type: none"> フォトン社 Cマウントレンズ <p>【データ測定収録PC】</p> <ul style="list-style-type: none"> DELL Latitude 5420 Rugged <p>【レーザー距離計】</p> <ul style="list-style-type: none"> BOSCH GLM400C 	
	計測原理	<ul style="list-style-type: none"> 動画画像から計測対象表面の様態を追跡、画面内の各点の動き分布をMotion Amplification®softwareによって解析し、人の目では見えない小さな動きを増幅・可視化する。また、動画画像内の任意範囲を選択しピクセル解析することで、対象物の振動加速度を算出し、加振試験を行った際の振動振幅、固有振動周波数を算出する。 	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> 焦点距離6mmのレンズを用いて撮影した場合、最大画角は1,920×1,080mmの領域が撮影され、10mの距離から撮影した場合、加速度の分解能は0.002m/sec²となる。 撮影距離は、撮影前にレーザー距離計などで予め計測する。 照度が不足する場合は照明装置を使う。地面から桁までの距離、撮影対象の周辺環境(日照の影響の有無など)、撮影時間等を考慮して機材を選定して測定を行う。 設置場所については、計測対象となる桁下面を撮影できる位置で、かつ計測時にカメラが揺れないような強固な場所を選定する。 雨、陽炎、日照変動(明るさ変動)の影響を受けにくい環境で撮影を行うよう計画する。 	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> 計測対象表面の特異点を画像処理により変位算出するため、計測対象表面に特異点が必要である。 光沢のある表面の場合、ハレーションが起きて測定困難となる可能性がある。 計測対象表面に対し正対していない場合、対象までの距離と角度が不正確だと誤差の要因となる。計測対象表面に対して±20°以内で計測することを推奨する。20°以上の計測となる場合、解析結果に補正計算を行うことで計測可能である。 	
	計測プロセス	<p>①事前準備</p> <p>橋梁の位置、種類、構造、周辺の交通量など基本情報・設計情報を調査する。機材の設置位置及び設置位置からの対象物までの距離、画角、地形、照明の要否、撮影条件などの調査をする。以上を踏まえ、撮影計画を立てる。</p> <p>②機器設置</p> <p>撮影計画に基づき、機器を設置する。三脚にカメラ・レンズを取り付けて、計測対象に向け固定する。カメラと測定解析用PCをUSB3.0screw look cableで接続する。</p> <p>③撮影条件設定・キャリブレーション</p> <p>測定解析用PC内のMotion Amplification®softwareでカメラ向き、画角、フォーカスを合せ、レンズの焦点距離を確認する。次に、Motion Amplification®softwareでPC画面上の設定画面より明るさ、撮影フレームレート、露光時間、撮影時間を設定する。最後に、レーザー距離計を用いてカメラと対象物との距離を測定し、その値を入力する。これにより、キャリブレーションが完了となる。</p> <p>④撮影・データ保存</p> <p>作業者は、Motion Amplification®softwareを操作し、撮影を開始し、任意の計測後、撮影を終了する。この時、撮影開始のタイミング及び測定時間の打合せを事前しておく必要がある。測定時間を打合せにて決定し、測定終了した後データの保存を行う。</p> <p>⑤データ解析</p> <p>測定解析用PCのMotion Amplification®softwareより、解析したいデータを読み込み、解析実施箇所を打ち合わせ解析を行う。</p> <p style="text-align: center;">2-5-448</p> <p>Motion Amplification®softwareでデータを読み込み、表示された映像内の解析したい箇所を範囲選択すると、自動で時系列波形と周波数スペクトラム波形が作成される。</p>	

		<p>作成された時系列波形および周波数スペクトラム波形はMotion Amplification®softwareにより、縦軸の成分を変位、速度、加速度と選択が可能であり、選択した成分の時系列波形を表示させることが可能である。表示した時系列加速度波形、周波数スペクトラム波形をcsv形式に変換して数値データを得る。</p> <p>⑥映像の編集 撮影動画を、フィルター処理や明るさ調整、再生スピード調整などの追加解析を行うことで視覚的に振動を確認でき、測定対象物の挙動把握を行うことができる。映像はMP4形式にも変換可能である。</p> <p>・現地計測に要する時間は1時間程度であり、内訳として機器設置、設定に20分、計測およびデータ確認に30分、機器の撤去に10分程度を要する。</p>
	アウトプット	・撮影された映像はMotion Amplification®software形式で保存される。Motion Amplification®softwareでファイルを読み込み、任意の場所を選び時系列波形、周波数スペクトル波形をcsv形式で保存が可能である
	計測頻度	・計測頻度は、1試験終了の後、測定対象物の振動が収まってから次の試験を行うことを推奨する ・再現性確認のために、1試験につき3回以上の測定を推奨する
	耐久性	・水濡れ厳禁
	動力	・カメラは測定解析用PCバッテリーより供給
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・6時間(測定解析用PCバッテリー供給の時、外気温:25℃、30分に1回計測の場合)
データ収集・通信装置	設置方法	・データ収集・処理部となる測定解析用PCは、計測装置とUSB3.0screw look cable接続となる ・測定解析用PCはPC用三脚の上に設置する
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・データ収集・通信装置:最大外形寸法(長さ352mm×幅249mm×高さ37mm)、最大重量(2.22kgf)
	データ収集・記録機能	・撮影された映像は測定解析用PCに保存される。測定終了時に測定データを保存するか否を選択する必要がある。Motion Amplification®softwareで保存したファイル呼びだし処理を行う。処理を施すと処理済みデータはその都度保存が可能である。
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	・測定解析用PCは、PC内臓バッテリーで6時間の撮影計測が可能である。 ・計測作業が長時間に及ぶ場合は、AC出力ポータブル電源から給電を行いながら撮影計測することが可能である。
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	・ファイル保存先のディスク空き容量に依存する。なお、1データファイルの容量は、測定時間、フレームレートによって異なる。

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	・相対差:0.95%(0.10Hz)	・圧電式加速度計による本技術測定値との相対差 周波数相対差:0.10Hz(0.95%) 撮影距離:1m 計測回数:3回 加振周波数:10Hz 撮影フレームレート:120fps	
		標準試験値	標準試験方法 剛性評価(2020) 実施年 2023年 ・相対差:1.11%(0.0585Hz)	・サンプル数:5 ・リファレンス値:5.04~5.74Hz ・計測値:4.98~5.67Hz	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)		性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・測定周波数:0~90Hz(180fps撮影時) ・最大測定周波数:650Hz(低解像度、 1,300fpsで撮影時)	・Fmax(測定可能な最大周波数)はfps(フレーム レート)によって決定。 ※fps:1秒間あたりの画像(フレーム)数 撮影映像データから算出されるFFT解析周波数 範囲の最大Fmaxは $F_{max}(Hz)=fps \div 2$
	校正方法		-		-
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	感度	検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	S/N比		性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	分解能		性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・分解能:0.002(m/sec ²)	【6mmのレンズを用いて、10mの距離から撮影した 場合】

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・桁下は人が進入できる箇所であること	・長さ700mmの三脚を持って移動できること ・桁下に三脚を据え付けできること(水などがある場合は設置不可)
	周辺条件	・計測対象表面に追跡可能な模様があること ・数秒間の計測時間中に大きな環境光変動が発生しないこと ・計測対象表面に局所的な照明変化(水面からの反射光など)が発生しないこと ・カメラ-計測対象表面間に雨粒や雪、植物、昆虫などが入り込まないこと	・模様がない場合は、マグネット型ターゲットを設置することで計測可能となる場合がある ・暗くて画像が映らない場合は別途照明を利用することを推奨する ・局所的な明るさの変化・ものの動きを変位として誤算出してしまうため、映り込みに注意して画角を設定する
	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	-	・照明安定環境下、温度安定環境下で撮影すること ・雨、雪、陽炎などが映りこまないこと ・計測機器設置場所が振動しない事
	その他	・屋内撮影:十分な明るさが必要なため、照明を使用した撮影を推奨する ・屋外撮影:雨天・小雨・大雨の場合は測定は不可	-

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	・OJTによる説明・講習を受け、撮影方法や注意点を習得した者	-
	必要構成人員数	・測定解析用PC操作者1名、補助者(測定合図出し等)1名 合計2名	-
	作業ヤード・操作場所	・作業ヤード範囲: 2m ² ・操作場所: 計測機器より1m以内	-
	計測費用	【橋梁条件】 橋種 [鋼橋/Co橋] 橋長 指定なし 全幅員 指定なし 部位・部材 [上部工、桁] 検出項目 [振動数、周波数スペクトラム] 設置箇所数 [1~3箇所] 計測頻度 [随時] 計測期間 [一日] <費用> 合計600,000円(データ解析、報告書作成含む)	・計測可否が不明な場合、現地踏査が別途必要 ・経費(運送費、交通費、宿泊費、日当、雑材費)は別途
	保険の有無、保障範囲、費用	・有	-
	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	・業務委託	・計測作業、解析・報告書作成作業
	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 計測システムの基本構成



図2 本技術を用いた固有振動測定の実イメージ



図3 本技術で撮影した映像



図4 映像内で解析箇所を選択する(赤四角部分)

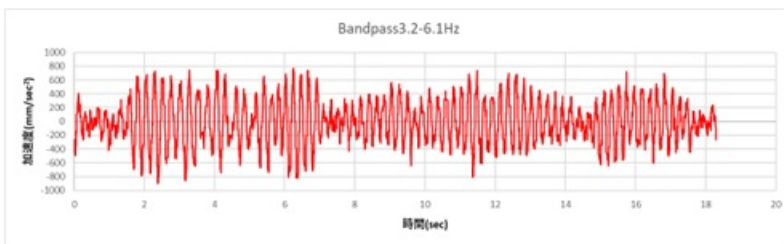


図5 図4で選択した箇所のフィルター処理波形

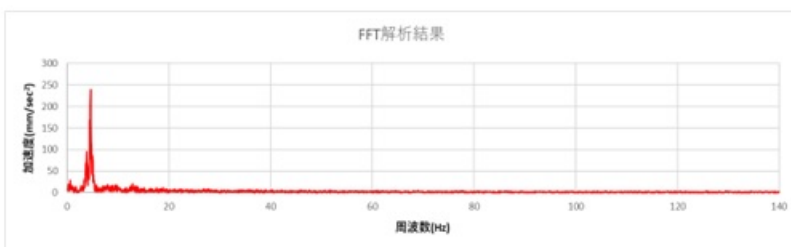


図6 図4で選択した箇所のFFT解析結果波形

1. 基本事項

技術番号	BR030055-V0024			
技術名	遠隔監視装置(支承の機能障害)			
技術バージョン	Ver1.0	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社アイベック			
連絡先等	TEL: 076-438-0808	E-mail: i_iot@ipecc-com.jp	〒931-8453 富山市中田一丁目113-1 株式会社アイベック IoT開発部	
現有台数・基地	4台	基地	富山県富山市	
技術概要	支承部の機能障害や遊間の異常について、支承に設置した計測装置(変位計・傾斜計・温度計)で計測したデータをクラウドサーバーに蓄積し、遠隔地からパーソナルコンピュータやスマートフォンなどで閲覧することができる遠隔監視技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	支承部(支承本体) H形鋼桁橋(支承部(支承本体)) RC床版橋(支承部(支承本体))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他	⑬遊間の異常 ⑯支承部の機能障害	
		共通		
検出原理	電圧			
検出項目	・2点間の変位 ・傾斜角			

2. 基本諸元

計測機器の構成		・計測装置:変位計・傾斜計・温度計を支承等に固定 ・データ収集・通信:有線(LTE/LTE-Mでクラウドサーバーに転送)								
移動装置	機体名称	-								
	移動原理	-								
	運動制御機構	通信	-							
		測位	-							
		自律機能	-							
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-							
	外形寸法・重量	-								
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-								
	動力	-								
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-								
計測装置	設置方法	・移動なし ・変位計・傾斜計:支承等に磁石、接着剤、ボルト・ナット等で固定 ・温度計:支承・変位計・傾斜計等に接着剤等で固定								
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・変位計 最大外形寸法(長さ220mm×幅50mm×高さ50mm)、最大重量0.3kg ・傾斜計 最大外形寸法(長さ115mm×幅70mm×高さ25mm)、最大重量0.4kg ・温度計 最大外形寸法(長さ30mm×幅10mm×高さ10mm)、最大重量0.1kg								
	センシングデバイス	・変位計 緑測器製 製品型名LP-50FJS ・傾斜計 緑測器製 製品型名ESC3010Z-V-DB0L01 ・温度計 TEXAS INSTRUMENTS製 LM61CIZ 計測装置の仕様 <table border="1" data-bbox="454 1093 1481 1706"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>仕 様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> 変位計 緑測器製  </td> <td> 測定仕様: 測定範囲: 0-50mm 最小分解能: 0.025 mm 単独直線性: ±0.5%FS 電源: ソーラー電源一体通信機より供給 外径: φ22.2 mm シャフト形状: M6 </td> </tr> <tr> <td> 傾斜計 緑測器製  </td> <td> 規格: 測定範囲: -10~10° 絶対直線性: ±0.5%FS 電源: DC 8~30V (外部バッテリー) 外形: 70×90×23 mm </td> </tr> <tr> <td> 温度計 TEXAS INSTRUMENTS 製  </td> <td> 測定範囲: -30~100°C 電源: 2.7~10V (外部バッテリー) </td> </tr> </tbody> </table>	名称	仕 様	変位計 緑測器製 	測定仕様: 測定範囲: 0-50mm 最小分解能: 0.025 mm 単独直線性: ±0.5%FS 電源: ソーラー電源一体通信機より供給 外径: φ22.2 mm シャフト形状: M6	傾斜計 緑測器製 	規格: 測定範囲: -10~10° 絶対直線性: ±0.5%FS 電源: DC 8~30V (外部バッテリー) 外形: 70×90×23 mm	温度計 TEXAS INSTRUMENTS 製 	測定範囲: -30~100°C 電源: 2.7~10V (外部バッテリー)
	名称	仕 様								
	変位計 緑測器製 	測定仕様: 測定範囲: 0-50mm 最小分解能: 0.025 mm 単独直線性: ±0.5%FS 電源: ソーラー電源一体通信機より供給 外径: φ22.2 mm シャフト形状: M6								
傾斜計 緑測器製 	規格: 測定範囲: -10~10° 絶対直線性: ±0.5%FS 電源: DC 8~30V (外部バッテリー) 外形: 70×90×23 mm									
温度計 TEXAS INSTRUMENTS 製 	測定範囲: -30~100°C 電源: 2.7~10V (外部バッテリー)									
計測原理	・変位計:支承等に変位計を設置し、支承の移動に伴う変位変化を計測する。 ・傾斜計:支承等に傾斜計を設置し、支承の傾斜に伴う傾斜角の変化を計測する。 ・温度計:支承近傍に設置し、周辺の温度変化を計測する。									
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・計測装置設置のために計測部位に近接できる必要がある。また、計測部位からデータ収集装置までケーブルを配線する必要がある。 ・NTT docomo 通信サービスエリア。									
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・計測精度向上のため変位計と傾斜計の固定金具は剛性の高いものでしっかり固定する。 ・温度変化に伴う抵抗変化により電圧変化が生じるため、計測データの温度ドリフトに留意が必要である。									
	①支承に設置した計測装置により、変位・傾斜の変化や温度に応じた電圧信号を得る。 ②データ収集装置内で電圧信号をデジタル変換し、通信装置でクラウドサーバーへデータを送信する。 ③クラウドサーバー上で電圧信号を対応する変位・傾斜の変化や温度に変換する。 ④パーソナルコンピュータ等からWebモニターにてデータを確認する。 ⑤継続的にモニタリングすることで、データの変化を観察する。 ⑥しきい値を設定することで、メールによる警告が発動される。									

計測プロセス	<p style="text-align: center;">計測プロセス</p>	
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> 計測された変位・傾斜角・温度のデータは、端末で数値とグラフで表示 各計測値は、CSVファイルにて出力可能 機器の設置に要する時間は、通信設定を含めて1日程度
	計測頻度	<ul style="list-style-type: none"> 5～60分間隔を1分単位で設定可能 最大計測期間2年間(計測間隔20分の場合)
	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 変位計:IP65 傾斜計:IP67 温度計:IP44相当
	動力	<ul style="list-style-type: none"> 変位計:通信装置より供給 傾斜計:仮設12Vバッテリー 温度計:乾電池4本
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> 連続稼働時間2年間(計測間隔20分)
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> データ収集装置と通信装置は有線で計測装置に接続し、陽の当たる場所に固定する。 データ収集装置・通信装置の固定は、仮設支柱または防護柵・親柱等に金属バンド・アンカー等で固定する。
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> データ収集装置 最大外形寸法(400mm×400mm×200mm)、最大重量5kg 通信装置 最大外形寸法(282mm×148mm×170mm(アンテナ・取付金具を含まない))、最大重量2kg
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> 計測装置で計測したデータをデータ収集装置・通信装置から移動通信網経由でクラウドサーバーに伝送して保存 データ収集装置に記録機能無
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> 通信方法 LTE または LTE-M 通信規格 3.44 - 3.52GHz / 1940 -2150MHz / 728 -890MHz 通信速度 平均150Mbps(LTEの場合) 通信距離 NTTdocomo LTE受信範囲
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> 認証方式:CHAP または PAP AmazonWebServicesを使用(ISO 2701準拠)
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ソーラーパネルおよびバッテリー
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> データ収集装置と通信装置の日照無し連続稼働可能日数は7日間(計測間隔20分の場合)

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	-	-	
		標準試験値	標準試験方法 変位 支承部の機能障害(2020) 実施年 2024年 ・橋軸方向 ①相対差 0.09mm(16.8%) ②相対差 0.04mm(8.8%) ・鉛直方向 ①相対差 0.09mm(27.9%) ②相対差 0.06mm(18.2%)	橋軸方向 ①静的載荷試験の相対差(1/2L) サンプル数:3 リファレンス値:-0.565~-0.544mm 測定値:-0.490~-0.430mm ②静的載荷試験の相対差(1/4L) サンプル数:3 リファレンス値:-0.487~-0.457mm 測定値:-0.460~-0.400mm 垂直方向 ①静的載荷試験の相対差(1/2L) サンプル数:3 リファレンス値:-0.329~-0.293mm 測定値:-0.430~-0.370mm ②静的載荷試験の相対差(1/4L) サンプル数:3 リファレンス値:-0.361~-0.335mm 測定値:-0.430~-0.400mm	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)		性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	・変位計:0-50mm ・傾斜計:±10° ・温度計:-30~100℃	-
	校正方法		-	-	-
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
	S/N比		性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	分解能		性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	・変位計:フルスケールの0.05% ・傾斜計:フルスケールの0.05% ・温度計:フルスケールの0.05%	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

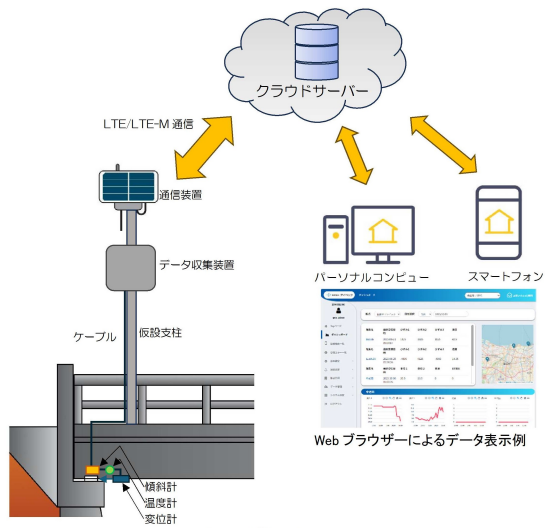
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・高所作業車または橋梁点検車等で支承にアプローチできること	-
	周辺条件	・高圧電線や発電変電施設など高周波発生源が近くでないこと ・移動通信(DocomoLTE、LTE-M)を有するエリア	-
	安全面への配慮	・計測中は注意喚起の看板の設置	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	・装置の設置・撤去時は交通規制要	・道路管理者との事前協議が必要
	その他	-	-

5. 留意事項(その2)

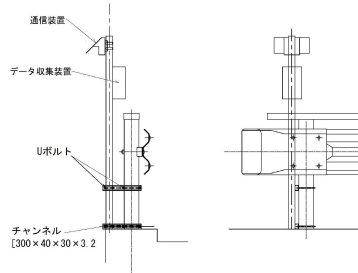
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	・電気工事・通信技術・計測技術に関する基礎知識、クラウドサーバーに関する基礎知識があること	-
	必要構成人員数	・設置作業:現場責任者1人、作業員1名 ・合計2名	-
	作業ヤード・操作場所	・作業ヤード範囲:5m ² ・操作場所:通信機より1m以内	-
	計測費用	橋種 [コンクリート橋/鋼橋] 橋長 [61.8m] 全幅員 [5 m] 部位・部材[支承] 検出項目 [変位、傾斜、温度] 設置箇所数 [通信機1箇所、変位1箇所、傾斜1箇所、温度1箇所] 計測頻度 [20分] 計測期間 [1年] <費用> 850,000円(保守含む)	-
	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	・自律制御有	-
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託	・機器設置、保守、クラウドサーバー提供はアイベックで行う
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制あり	-
センシングデバイスの点検	・計測装置設置後1年ごとに点検を実施	・現地にて、計測装置設置状況・外観、周辺環境等の確認とバッテリー交換を行い、必要に応じて改善や障害物撤去等の措置を実施	
その他	・クラウドサーバーのデータ保存期間は1年	・1年を超えるデータが必要な場合は、クラウドサーバーよりデータを定期的にダウンロードのうえ保存可能	

6. 図面

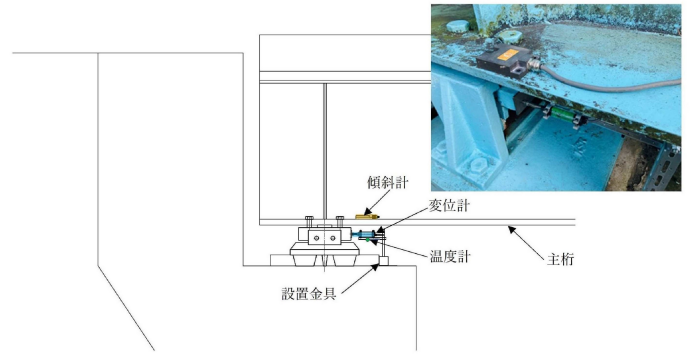
システム概要図



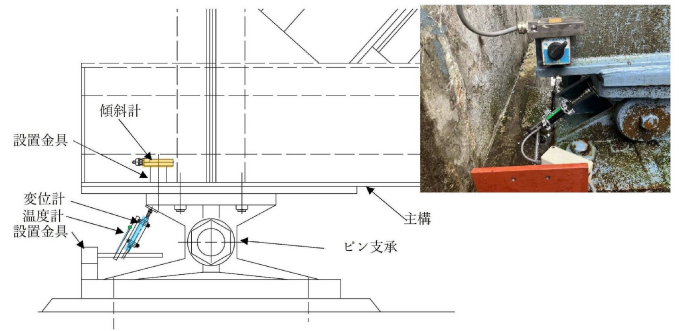
システム概要図



データ収集・通信装置機設置例



線支承およびローラー支承の計測装置設置例

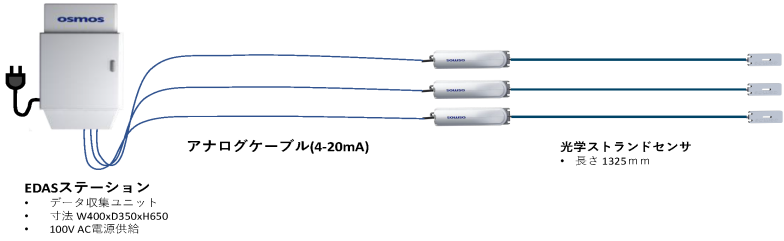





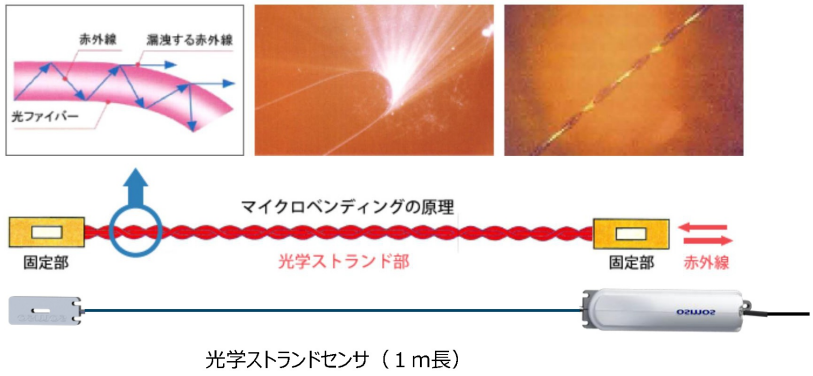


ピン支承の計測装置設置例

1. 基本事項

技術番号	BR030056-V0024			
技術名	光学ストランドセンサによる構造物のひずみ計測・モニタリング技術			
技術バージョン	-	作成:	2024年3月	
開発者	日揮株式会社			
連絡先等	TEL: 045-307-4744 080-3550-7446	E-mail: osmos@jgc.com	日揮株式会社 OSMOSグループ 吉村直樹	
現有台数・基地	光学ストランドセンサ 5台 モニタリングステーション 2台 ※約1~2カ月間の準備期間で必要台数の追加調達可能	基地	神奈川県横浜市西区	
技術概要	<p>光ファイバーの技術を用いた『光学ストランドセンサ』は、構造物に生じた変位量をセンサ長1m間の平均ひずみ(分解能1μ)として計測する。専用クラウドサーバーに計測データが自動保存され、遠隔地から計測データの確認やダウンロードができる。</p> <p>システムの特徴として、1/100秒間隔(100Hzサンプリング周波数)でひずみ値を常時監視し、構造物に生じた変状を即時に検知し、担当者にEメールで通知する機能が備わっている。</p> <p>本モニタリングシステムには、①センサをデータ収集ユニットと接続する有線システム、②バッテリー稼働する無線式システムの2種類があり、ニーズや現場条件に合わせた応力(ひずみ)計測が可能である。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,床版,主構トラス) 下部構造(橋脚) H形鋼桁橋(上部構造(主桁),床版) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート	⑥ひびわれ ⑦剥離・鉄筋露出 ⑧床版ひびわれ	
		その他		
		共通		
検出原理	光の強度			
検出項目	応力(ひずみ)			

2. 基本諸元

計測機器の構成	<p>①有線式 EDAS(エダス)システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 光学ストランドセンサ ● アナログケーブル(4-20mA出力) ● EDASステーション(データ収集ユニット) <p>②無線式 LIRIS(リリス)システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 光学ストランドセンサ ● SMSモジュール(携帯電話回線による通信ユニット、バッテリー稼働) <p>有線式 EDAS (エダス) システム</p>  <p>アナログケーブル(4-20mA)</p> <p>光学ストランドセンサ ・ 長さ 1325mm</p> <p>EDASステーション</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ データ収集ユニット ・ 寸法 W400xD350xH650 ・ 100V AC電源供給 <p>無線式 LIRIS (リリス) システム</p>  <p>SMSモジュール</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ モバイルSIM内蔵 ・ バッテリー駆動 ・ 無線によるデータ送信 <p>光学ストランドセンサ ・ 長さ 1325mm</p>
移動装置	<p>機体名称</p> <p>移動原理</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>
設置方法	<p>光学ストランドセンサ</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 鋼構造物:ネオジム磁石、接着剤 ● コンクリート構造物:アンカービス Φ4 x 25mm、接着剤  <p>コンクリート床版への設置状況 アンカービスおよび接着剤による設置</p>  <p>鋼桁への設置状況 ネオジム磁石による設置</p>
外形寸法・重量(分離構造の場合)	光学ストランドセンサ 全長:1325mm 重量:600g
センシングデバイス	2-5-464 光ファイバーを用いた光学ストランドセンサ (仏オスモス社製)

計測原理	<p>光ファイバーを用いた『光学ストランドセンサ』は、マイクロベンディングと呼ばれる原理に基づき、全長1mのひも状のセンサ(ストランド)部に内臓された3つ網状に編み込まれた光ファイバーを通過する赤外線(赤外線)の光の強度から変位量を計測する。</p> <p>光学ストランドセンサによるひずみ計測の原理</p>  <p>光学ストランドセンサ (1m長)</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"> ● 光学ストランドセンサを構造物に設置する際は、計測部位に近接できる必要がある ● センサ長1mを設置するには、構造物にフラットなスペースが必要である。ただし、円弧状へ意見への設置(例:トンネル覆工)は可能である ● 有線式EDAS(エダス)システムの場合は、センサとEDASステーション間にはケーブル配線(最大延長200m)が必要である。また、EDASステーションには電源供給(100V AC)が必要となる ● 携帯電話の電波が繋がる場所にシステム(アンテナ)を設置する必要がある
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ● 光学ストランドセンサは、プレテンション(約5kgf)をかけて設置することで、$\pm 1500 \mu$の範囲を1μの分解能で計測できる。センサの固定点にゆるみやずれ等が生じることで、計測値に影響を及ぼす恐れがある。 ● 構造物に直接接していないセンサ部に物理的な接触等があった場合、計測値に影響を及ぼす可能性がある ● 使用温度範囲:-30°C ~ 50°C
計測プロセス	<p>光学ストランドセンサにより、センサ固定部1m間の平均ひずみの時刻歴を計測する</p> <p>【処理フロー図】</p> <p>有線式 EDAS (エダス) システム</p>  <p>無線式 LIRIS (リリス) システム</p>  <p>専用クラウドサーバー</p> <p>PC: Webアプリ ・計測データグラフ化 ・ダウンロード(記録保存)</p> <p>事務所</p>
アウトプット	<p>①有線式 EDAS(エダス)システム 光学ストランドセンサによって計測されたひずみは、データ収集ユニット(EDASステーション)から専用クラウドサーバーに保存され、Webアプリからcsvフォーマットにてダウンロードできる。</p> <p>②無線式 LIRIS(リリス)システム 光学ストランドセンサによって計測されたひずみは、データ通信用モジュールから専用クラウドサーバーに保存され、Webアプリからcsvフォーマットにてダウンロードできる。</p>
計測頻度	<p>動的計測: 1/100秒ごとのひずみ値 静的計測: 1~60分(設定による)ごとのひずみ値</p>
耐久性	<p>2-5-465 センサ部は、屋外で5年相当の耐久性、IP65</p>

	動力	<p>①有線式 EDAS(エダス)システムの光学ストランドセンサ アナログケーブル(4-20mA)からの給電</p> <p>②無線式 LIRIS(リリス)システムの光学ストランドセンサ リチウムイオンバッテリー(3.6V) 12カ月のバッテリー寿命</p>
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	②無線式 LIRIS(リリス)システムの光学ストランドセンサ 12カ月のバッテリー寿命
データ収集・通信装置	設置方法	<p>①有線式 EDAS(エダス)システム EDASモニタリングステーション : 壁および架台掛け設置、収納BOX内に横置き設置</p> <p>①有線式 EDAS (エダス) システム</p> <p>データ収集装置: EDASモニタリングステーション W400xD350xH650 IP65</p> <p>設置方法</p> <p>室内: 壁掛け</p> <p>橋梁箱桁内: ラック掛け</p> <p>屋外: 収納BOX内に設置</p> 
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	EDASモニタリングステーション: 寸法W400xD350xH650、重量25kg
	データ収集・記録機能	データ収集装置(EDASステーション)に接続したモバイル通信用ルーターから専用クラウドサーバーに保存され、Webアプリからcsvフォーマットにてダウンロードできる
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	携帯電話回線による無線通信(LTE or 3,4G)
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	専用クラウド セキュリティ規格 SSL
	動力	①有線式 EDAS(エダス)システム EDASモニタリングステーション : 100V AC電源による給電
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	随時

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	計測誤差:最大2% (10 μ)		-
		標準試験値	標準試験方法 変位 ひずみ (2020) 実施年 2024年		①動的載荷試験の相対差 サンプル数:5 リファレンス値:46.0~56.2 $\mu\epsilon$ 測定値:47.3~57.5 $\mu\epsilon$ ②静的載荷試験の相対差(1/2L) サンプル数:3 リファレンス値:54.6~56.2 $\mu\epsilon$ 測定値:54.3~55.5 $\mu\epsilon$ ③静的載荷試験の相対差(1/4L) サンプル数:3 リファレンス値:27.0~27.1 $\mu\epsilon$ 測定値:26.4~27.3 $\mu\epsilon$
			①相対差 1.42 $\mu\epsilon$ (2.83%) ②相対差 0.91 $\mu\epsilon$ (1.65%) ③相対差 0.38 $\mu\epsilon$ (1.39%)		
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	$\pm 1500\mu\epsilon$		使用温度範囲:-30 $^{\circ}$ C~50 $^{\circ}$ C
	校正方法	専用の校正ベンチ(精度1 μ)を用いて校正する			ひずみレンジ $\pm 500\mu$ の範囲を100 μ 刻みで校正を行った際の最大誤差が10 μ 以内の精度となるように校正する
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
	検出感度	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	1 μ m		使用温度範囲:-30 $^{\circ}$ C~50 $^{\circ}$ C

※「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	計測対象場所に作業員がアクセスできること(作業足場、高所作業車など使用可)	-
	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	使用温度範囲:-30℃~50℃	-

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	作業員 2~3名	-
	作業ヤード・操作場所	-	-
	計測費用	<p>【橋梁条件】 橋種:鋼桁橋・PC桁橋 部位・部材:上部構造(主桁、床版等) 作業日数:1日 検出項目:ひずみ(応力) 設置箇所数:2点</p> <p>【システム条件】 適用システム:無線式システム 計測頻度:静的1時間ごと、管理閾値によるトリガー計測 計測期間:1年間</p> <p>【費用】 設備費:150万円(機器リース、クラウド、アプリ利用料含む) 労務業:100万円(設置作業、データの整理等) 合計 :250万円</p> <p>※費用は設置の足場条件や期間、立地により変動する ※旅費交通費等は別途</p>	-
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	<p>業務委託(システム設置、メンテナンス、システム利用料) ※システムはすべてリース</p> <p>条件:機材の在庫が無い場合、1~2カ月程度の準備期間を要する</p>	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制あり	-
センシングデバイスの点検	計測・モニタリング開始前にデバイス動作確認を行う	-	
その他	遠隔でのデータ収集のために4G/LTEの通信環境が必要となる	-	

6. 図面

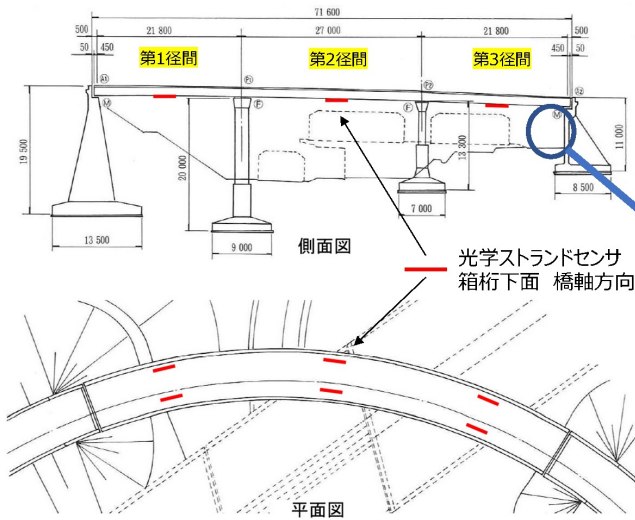
①有線式 EDAS(エダス)システムの適用事例

対象構造: 道路橋 3径間連続PC箱桁橋

利用システム: EDASモニタリングステーション x1台

光学ストランドセンサ x 6台

・ システム設置状況



光学ストランドセンサ設置状況



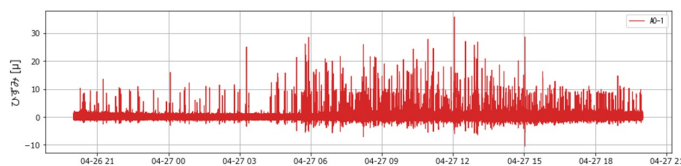
モニタリングステーション設置状況



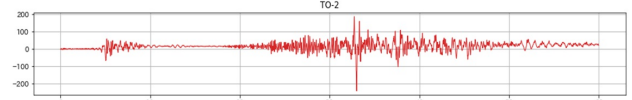
桁下の仮設物置小屋に設置

・ 取得データおよびデータ分析例

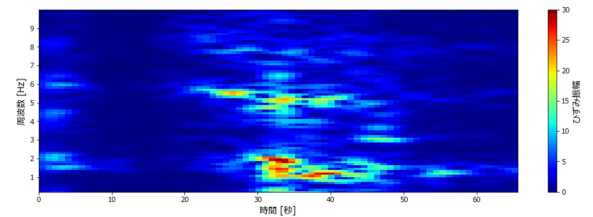
動的ひずみ時刻歴波形 (24時間分)



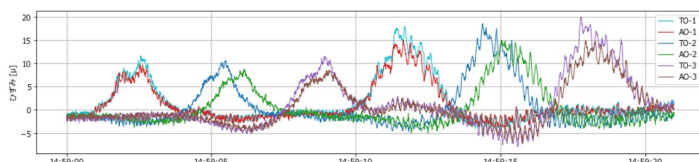
大型地震発生時の動的ひずみ波形 (トリガーによる自動計測)



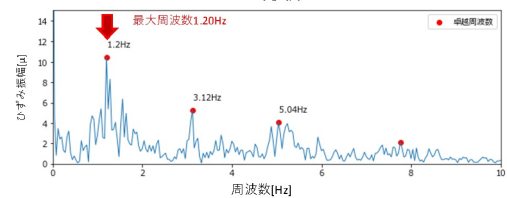
スペクトログラム分析



重車両の2台連続通過時のひずみ波形 (全センサ20秒間)



FFT分析

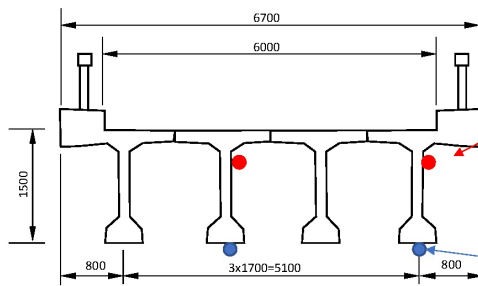


②無線式 LIRIS(リリス)システムの適用事例

対象構造:道路橋 単純ポステンPC橋

利用システム:無線式LIRIS OS x 4台

・ システム設置状況



PC桁上縁

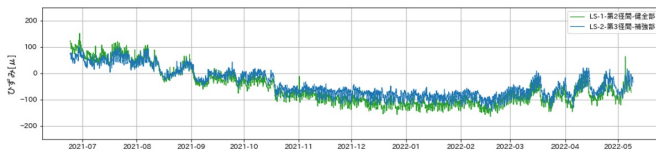


PC桁下縁

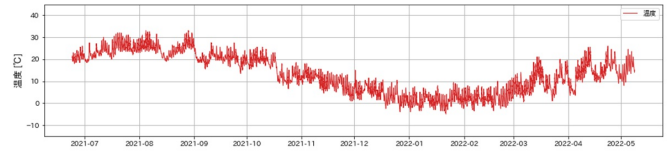
センサーの設置状況

・ 取得データ例 静的データ (1時間ごと)

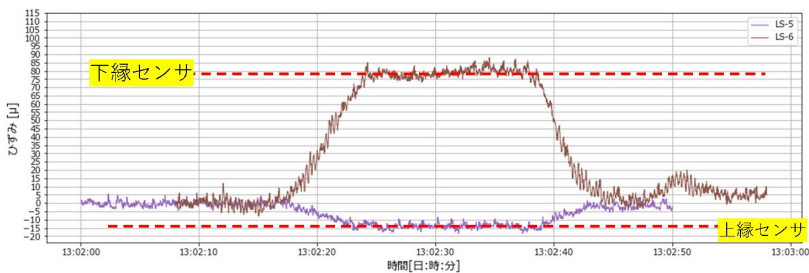
1年間のひずみ計測履歴



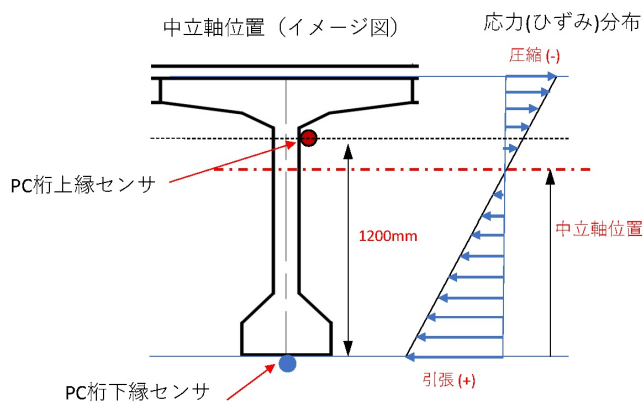
1年間の温度計測履歴



・ 取得データ例 動的データ (現場無線通信による)



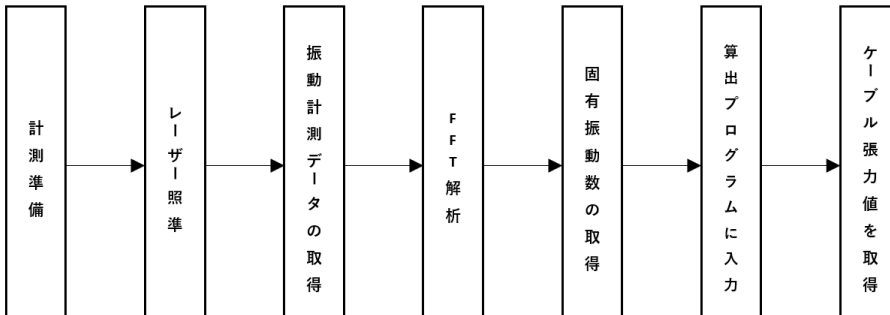
リアルタイムデータ計測状況



1. 基本事項

技術番号	BR030057-V0024			
技術名	レーザードップラー振動計による非接触のケーブル張力測定技術			
技術バージョン	Ver.1	作成:	2024年3月	
開発者	神鋼検査サービス株式会社			
連絡先等	TEL: 079-445-7272(技術部)	E-mail: fukui.yasuhiro@kobelco.com	技術部 技術開発Gr 福井 康大	
現有台数・基地	1台	基地	兵庫県高砂市荒井町新浜2-3-1	
技術概要	<p>本技術は、斜張橋のケーブルやPC橋の外ケーブルなどのケーブルについて、レーザードップラー振動計を用いて離れた場所からケーブルに接触しないでケーブル振動を計測し、そのデータをもとに張力を算出するものである。</p> <p>レーザードップラー振動計から得られたケーブル振動の複数の固有振動数とその次数及びケーブルの既知の情報から、両端を支持されたケーブルの張力を推定する。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(斜張橋,外ケーブル)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通		
検出原理	速度			
検出項目	張力			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・レーザードップラー振動計 ・三脚 ・パソコン ・計測及び解析プログラム ※レーザードップラー振動計は端末(パソコン)と接続し、操作及びデータの取得は端末内専用ソフトで全て行う。	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	据置型	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
設置方法	計測対象のケーブルが視認できる位置に、三脚を用いてレーザードップラー振動計を設置する。計測対象のケーブルとレーザードップラー振動計との距離は30m以内とする。		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	レーザードップラー振動計 89mm(H)×125mm(W)×344mm(L) 質量3.1kg		
センシングデバイス	レーザードップラー振動計		
計測原理	計測対象のケーブルに照準を合わせてレーザードップラー振動計を設置し、車両等の通行や風による常時微動によって、所定時間の速度の時刻歴データを計測する。 計測した速度の時刻歴データを用いてFFT解析を行ない、ケーブルの固有振動数を求める。 張力算出プログラムを用い、得られた複数の固有振動数とその次数及び既知であるケーブルの長さ、単位重量からケーブルの張力を算出する。		
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> ・レーザードップラー振動計設置場所より、ケーブルを視認かつレーザー反射波を受信できること。 ・ケーブル張力を算出するためには、ケーブル長さ及び単位重量が必要になるため、設計図面等からこれらの値を把握する必要がある。 ・無風状態かつ車両等の通行が無く、ケーブルに常時微動が発生していない場合は、ケーブルの振動測定が不可能なため、ケーブル張力は算出できない。ただし、打撃等による強制振動を与えれば、振動測定が可能となるため、ケーブル張力を算出できる。 		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーブルの振動が大きく、照準位置が大きく外れる場合は計測できない。 ・ケーブルの高次(3次以上)の固有振動数が識別できない場合は、精度が落ちる。 		
計測装置	計測プロセス	<p>計測対象のケーブルが視認できる位置にレーザードップラー振動計を設置し、車両等の通行や風による常時微動によって、所定時間の速度の時刻歴データを計測する。</p> <p>計測した速度の時刻歴データを用いてFFT解析を行ない、ケーブルの固有振動数を高次(3次以上)まで複数ピックアップする。</p> <p>張力の算出プログラムに、計測で得られた高次のケーブル固有振動数と次数、既知であるケーブルの長さ、単位重量を入力することでケーブル張力の推定値を算出する。</p>  <pre> graph LR A[計測準備] --> B[レーザー照準] B --> C[振動計測データの取得] C --> D[FFT解析] D --> E[固有振動数の取得] E --> F[算出プログラムに入力] F --> G[ケーブル張力値を取得] </pre> <p style="text-align: center;">計測プロセス</p>	
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> ・計測した速度の時刻歴データはpvdファイルにて操作端末(パソコン)に保存される。 ・操作端末内のソフトでFFT解析を行い、張力算出に必要な固有振動数を得る。 ・得られた固有振動数を用いて、張力の算出プログラムに既知情報を入力することで、張力を得る。 	
計測頻度	計測は1ケーブルあたり1回とする。 ※必要な固有振動数が得られなかった場合は、再度計測を行う。		

	耐久性	保護等級:IP64 DIN EN 60068-2-11に基づく塩分の多い環境での耐性検証済み (閉じられたソケットまたは接続されたソケット、閉じられたUSBソケット)
	動力	・モバイルバッテリー:高性能軽量充電式バッテリーA-MPS-PB1 (リチウムオンポリマー電池) ・プラグイン電源:12 V AC / DC (モバイル電源へ接続可能)
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	約2時間
データ収集・通信装置	設置方法	レーザードップラー振動計は端末(パソコン)と有線又はWi-Fiで接続し、操作及びデータの取得は端末で全て行う。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	端末(パソコン)内のHDDに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	-
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	①誤差:±1%以内 ②誤差:±1%以内	レーザードップラー振動計と加速度計によりケーブル張力比較 【試験概要】 引張試験機を用いてケーブルに引張力を掛け、ハンマリングによる振動を測定する。レーザードップラー振動計と加速度計のデータより算出されたケーブル張力を比較する。 試験条件 ① ケーブル仕様: IWRC 6XFi(29) O/O B種 φ10 ケーブル長さ: 3.27 m 単位重量: 0.44 kg/m ② ケーブル仕様: IWRC 6XFi(29) O/O B種 φ20 ケーブル長さ: 3.22 m 単位重量: 1.76 kg/m	
		標準試験値	標準試験方法 張力 斜材 (2021) 実施年 2024年 ・張力誤差: -1.0%~0.9%	・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、-1.0%~0.9% ・張力 参考値: 647.3~655.6kN 測定値: 649~654kN ・斜材径 φ170 ・角度24°	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)		性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	感度	校正方法		-	-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
	S/N比		性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-	
分解能		性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	2-5-477	-	

※「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	レーザークラス2	短時間の露出では目に対する影響は認められない。 ただし、故意にレーザーを凝視する行為は危険である。
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	雨天の場合は、計測機器の故障の原因となるので原則測定不可能となる。	-

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	操作 1名、記録 1名 合計2名	現場責任者を配置する(現場責任者兼操作 1名等に対応可)。
	作業ヤード・操作場所	レーザードップラー振動計を三脚にて安全に設置できるスペースが必要。 各ケーブルを視認するため、設置箇所を移動する可能性がある。 振動計の操作及び計測データの確認に必要なスペース: 1m×1m程度	-
	計測費用	【調査費用】外業(現場作業):380千円、内業(机上作業):320千円 ※現場作業1日、Max.32本の測定を想定 【その他】一般管理費、間接工事費、旅費交通費、諸経費、消費税等は含まず	【橋梁規模】橋長:約200m(歩道部あり) ケーブル本数:32本
	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	-	-
その他	-	-	

6. 図面

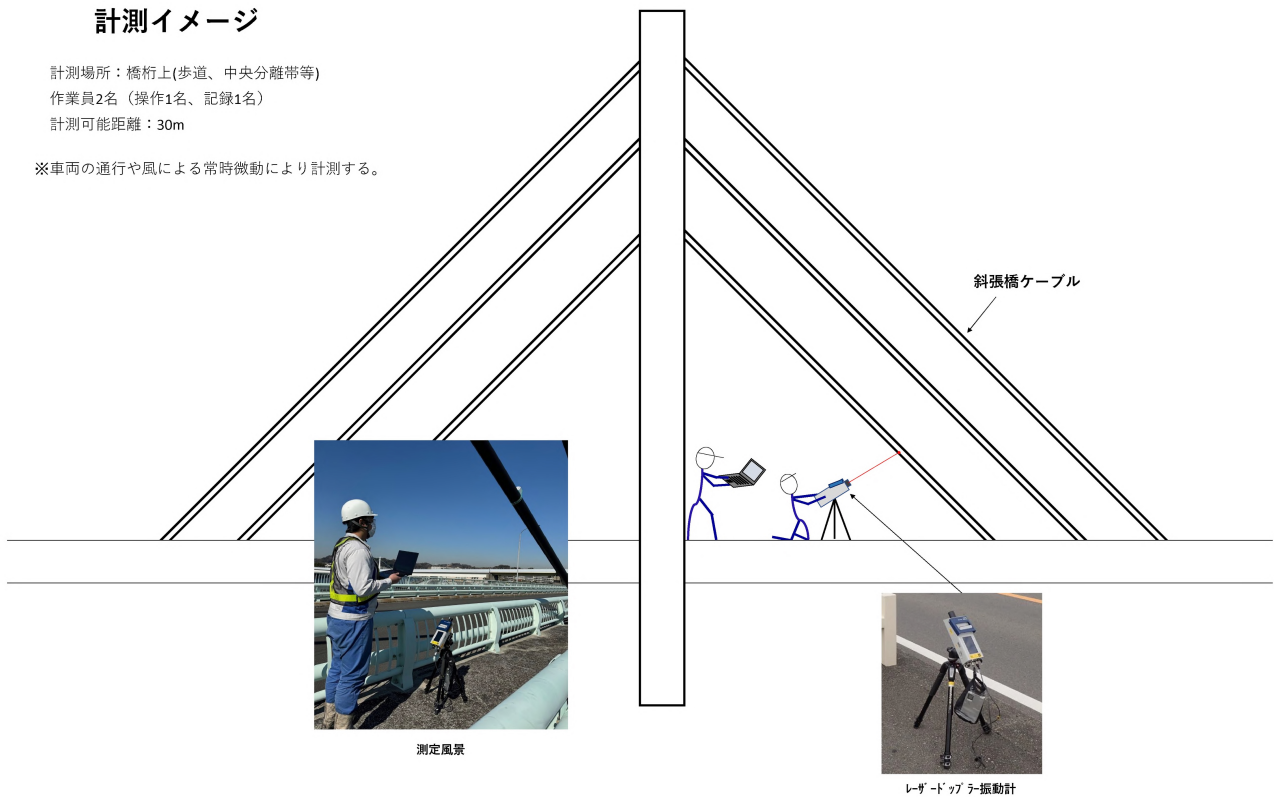
計測イメージ

計測場所：橋桁上(歩道、中央分離帯等)

作業員2名(操作1名、記録1名)

計測可能距離：30m

※車両の通行や風による常時微動により計測する。



1. 基本事項

技術番号	BR030058-V0024			
技術名	Single-i(シングル アイ)工法			
技術バージョン	Ver1.0	作成:	2024年3月	
開発者	一般社団法人 Triple EYE(トリプル アイ)協会			
連絡先等	TEL: 054-278-8309	E-mail: ken52@earth-shift.co.jp	トリプルアイ協会事務局長 東 誠司	
現有台数・基地	3台	基地	東京都杉並区、静岡県静岡市	
技術概要	本工法(Single-i工法)は、道路橋床版等の測定対象に1次削孔(Φ5mm)、特殊カラー樹脂の注入、2次削孔(Φ9もしくはΦ10.5mm)を行い、内視鏡を用いて内部状況を確認する微破壊検査技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版,その他(コンクリート部材一般))		
	損傷の種類	鋼	-	
		コンクリート	⑥ひびわれ	
		その他	その他(土砂化、防水層とコンクリート界面の剥がれ)	
		共通	-	
	検出原理	画像(静止画)		
検出項目	コンクリート床版のひびわれ コンクリート床版の土砂化			

2. 基本諸元

計測機器の構成		①鉄筋探査 ストラクチャースキャン等の鉄筋探査計 ②1次削孔 ロングビットドリルミニ(削孔径:Φ5mm)および吸引装置付きろ過水循環機 ③特殊カラー樹脂 主剤(液体)と硬化剤(粉体)からなるアクリル樹脂 ④2次削孔 ロングビットドリルミニ(削孔径:Φ9mmまたはΦ10.5mm)および吸引装置付きろ過水循環機 ⑤孔内の確認と記録保存 内視鏡i-SCOPE(IPLEX NX、オリンパス製)およびエンコーダ	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
設置方法	①削孔時 ロングビットドリルミニと一体の真空バットの水平を確保した後にバキューム設置(床版下面からの測定も可能) ②孔内確認時 削孔箇所において、エンコーダと一体の真空バットの水平を確保した後にバキューム設置		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	ドリル(架台含む)2kg、水循環機3kg、内視鏡2kg、寸法は6.図面参照のこと		
センシングデバイス	内視鏡(i-SCOPE)およびエンコーダ		
計測原理	コンクリートの内部状況は内視鏡(i-SCOPE)により撮影した画像(直視画像、側視画像)から判断する ひびわれ幅はステレオ撮影した側視画像から判断する		
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	要因:孔内に残存する土砂等 対策:エアコンプレッサー等を使用して孔内の土砂等を取り除く		
計測装置	①準備作業(調査箇所の選定など) ②鉄筋位置の確認 ③一次削孔(削孔径:Φ5mm) ④特殊カラー樹脂注入 ⑤二次削孔(削孔径:Φ9mmまたはΦ10.5mm) ⑥内視鏡による孔内調査 ⑦削孔部の充填補修 ⑧柱状図の作製		

計測プロセス	<pre> graph TD A[準備作業] --> B[鉄筋位置の確認] B --> C[一次削孔 (Φ5mm)] C --> D[特殊カラー樹脂注入] D --> E[二次削孔 (Φ9or10.5mm)] E --> F[内視鏡による孔内調査] F --> G[削孔部の充填補修] F --> H[柱状図の作製] </pre>	
	アウトプット	①内視鏡で撮影した床版内部状況の画像(直視画像・側視画像)(jpgファイル形式) ②内視鏡で撮影した画像データから専用のソフトを用いて作成した床版内部の柱状図(jpgファイル形式) ③上記①,②を取りまとめた報告書(wordファイル形式)
	計測頻度	-
	耐久性	30孔(ドリルビットを用いて削孔した場合)
	動力	発電機(2.8KVA)
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	2時間(内視鏡がバッテリー駆動の場合)
データ収集・通信装置	設置方法	-
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	SDカード
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	-
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件		
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-			
		性能値	-	-		
		標準試験値	-	-		
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	無			
		性能値	幅0.01mm以上の水平ひびわれ		以下①、②の条件で画像撮影を行う。 ①孔内に特殊カラー樹脂を注入 ②側視レンズを取り付けた内視鏡を用いて孔内をステレオ撮影	
		標準試験値	未検証	-		
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-			
		性能値	-	-		
		標準試験値	-	-		
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-			
		性能値	-	-		
		標準試験値	-	-		
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無			
		性能値	幅0.01mm以上のひびわれ	-		
	感 度	校正方法	-	-		
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-		
			性能値	-	-	
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-		
			性能値	-	-	
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-		
性能値	-		-			
分解能	性能確認シートの有無 ※	無				
	性能値	0.01mm	-			

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

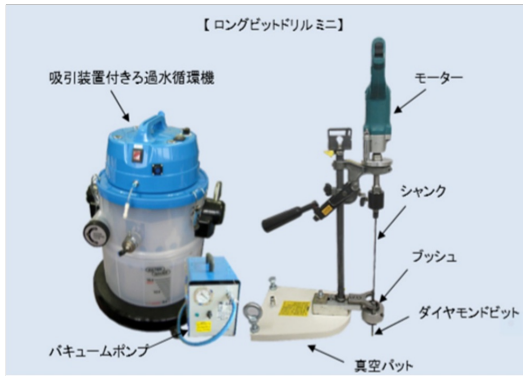
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	①作業スペースが1.5m ² 以上必要(1m×1.5m)	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	①床版上面(舗装面)から実施する場合、交通規制が必要 ②床版下面から実施する場合、高所作業車等の足場が必要	①舗装の撤去は不要 ②鋼板下面からの調査も可能
	その他	-	-

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	①Single i(シングル アイ)工法技能講習会を修了した者 ②Single i(シングル アイ)工法技能講習会を修了した者と同 等以上の技量を持つもの	Single i(シングル アイ)工法技能講習会とは、一般社団 法人 Triple EYE(トリプル アイ)協会が実施する講習会
	必要構成人員数	2人	-
	作業ヤード・操作場所	①自然条件 ・降雨時でも削孔機に雨水が当たらないように養生をすることで 作業を進めることができる ②現場条件 ・作業スペースが1.5m ² 以上必要(1m×1.5m)	①床板上面(舗装面)から実施する場合、交通規制が必要 ②床板下面から実施する場合、高所作業車等の足場が 必要
	計測費用	【橋梁条件】 橋種[鋼橋、RC床版橋] 橋長・幅員[指定なし] 部位・部材[RC床版] 【調査事例】10箇所/1日当たり ・現地調査:約 8万円/箇所(昼間作業の場合) ・調査結果取りまとめ他:約 30万円~(ソフト使用料含む) 1箇所あたり、約 11万円~	夜間作業の場合、人件費×1.5 宿泊費、旅費・交通費は含まない 交通規制費用、足場、作業車リース等は別途
	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

削孔



使用機材
(削孔装置)

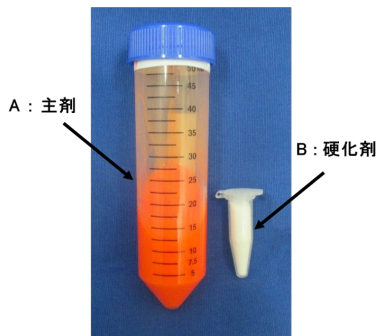


削孔状況
(舗装表面から)



削孔状況
(床版下面から)

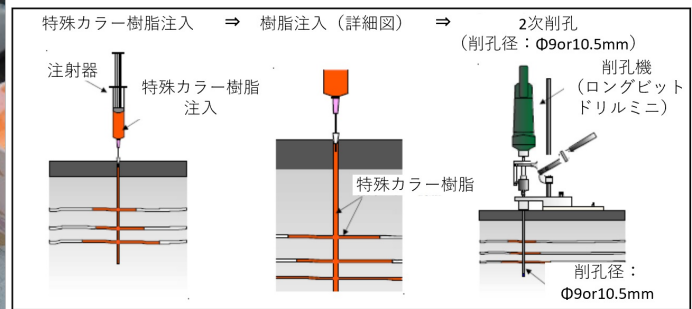
特殊カラー樹脂



特殊カラー樹脂

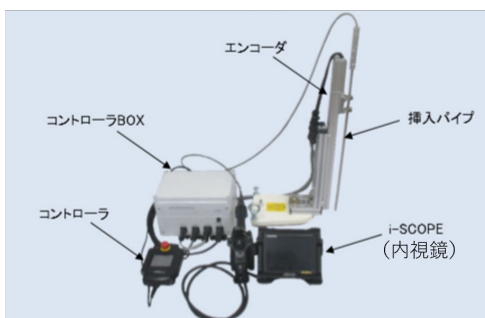


注入状況



特殊カラー樹脂注入とひびわれ検出のイメージ

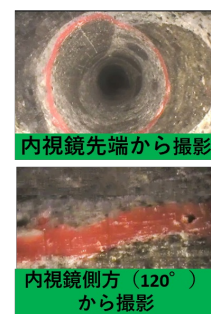
孔内の確認と記録



使用機材
(内視鏡、エンコーダ)



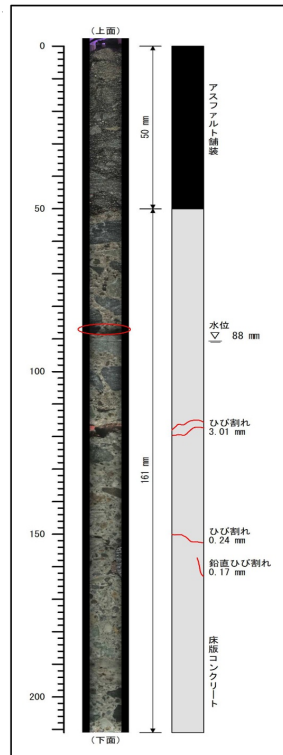
内視鏡による孔内撮影状況



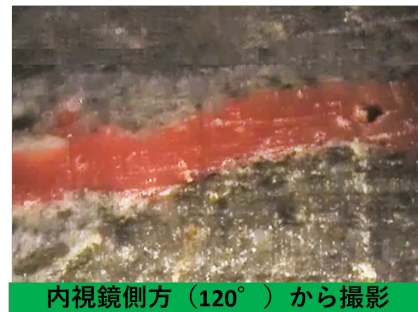
孔内撮影画像
(上: 直視、下: 側視)

アウトプットイメージ

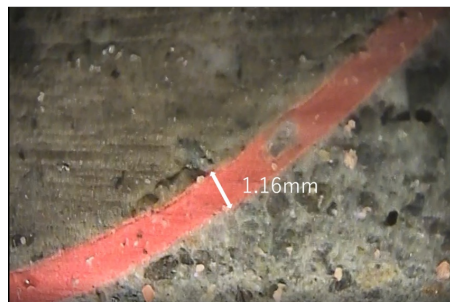
①柱状図と孔内画像



柱状図



②ひびわれ幅



ひびわれ幅の測定例



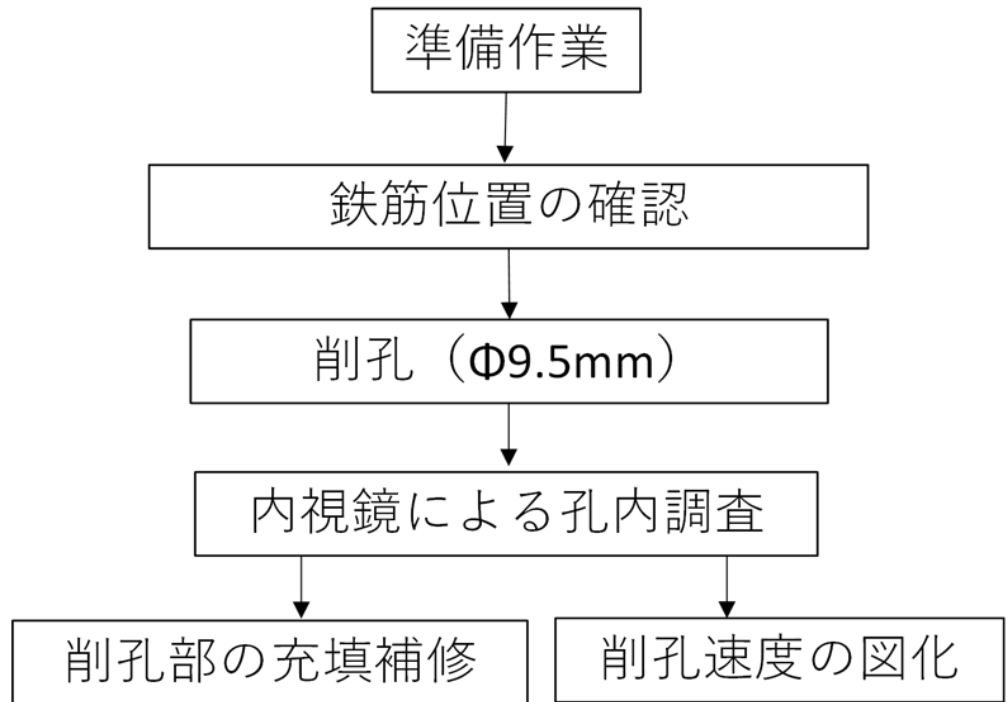
ひびわれ幅の測定原理
ステレオ撮影 (実体視) によりひびわれ幅を特定

1. 基本事項

技術番号	BR030059-V0024			
技術名	MDT工法			
技術バージョン	ver.1.0	作成:	2024年3月	
開発者	一般社団法人 Triple EYE(トリプル アイ)協会			
連絡先等	TEL: 054-278-8309	E-mail: ken52@earth-shift.co.jp	トリプルアイ協会事務局長 東 誠司	
現有台数・基地	2台	基地	静岡県富士市、埼玉県越谷市	
技術概要	本工法(MDT工法)は、道路橋床版等の測定対象に押し付け力を一定とした削孔ドリルにより削孔(Φ9.5mmが標準)し、削孔時の削孔速度の変化から、ひびわれ等の床版内部の状況を推定する微破壊検査技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(床版,その他(コンクリート部材一般))		
	損傷の種類	鋼	-	
		コンクリート	⑥ひびわれ	
		その他	その他(土砂化、防水層とコンクリート界面のはがれ)	
		共通	-	
	検出原理	削孔速度、画像(静止画)		
検出項目	コンクリート床版のひびわれ コンクリート床版の土砂化			

2. 基本諸元

計測機器の構成		①鉄筋探査計 ②削孔装置 削孔機、削孔ビット ③押し付け装置 ロボットシリンダー ④給排水装置 給排水供給装置 ⑤測定器 変位計、データロガー、動ひずみアンプ、測定用パソコン ⑥パソコン(データ記録のため) ⑦内視鏡(コンクリート内部状況を観察する場合)	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能 (飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	削孔機と一体の真空バットの水平を確保した後にバキューム設置	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	20kg(プロトタイプ)	
	センシングデバイス	①変位計	
	計測原理	削孔時に一定の力(15kgf)でドリルを舗装面に押し付け、その際の削孔速度を巻き取り式の変位計で測定する。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	測定は下向きに行う(押し付け力を一定としているため)	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	防水層	
	計測プロセス	①準備作業 ②鉄筋位置の確認 ③削孔(Φ9.5mm) ④内視鏡による孔内調査 ⑤削孔部の充填補修 ⑥削孔速度の図化	



アウトプット	①削孔速度と床版厚のグラフ(Excelファイルまたはjpgファイル形式) ②内視鏡により撮影した画像(jpgファイル形式)
計測頻度	-
耐久性	30孔(1孔あたり、ダイヤモンドビットで削孔深さ20cm程度まで削孔した場合)
動力	発電機(2.8KVA)
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	2時間(内視鏡がバッテリー駆動の場合)
設置方法	-
外形寸法・重量(分離構造の場合)	1kg程度(ノートパソコン)
データ収集・記録機能	-
通信規格(データを伝送し保存する場合)	-
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
動力	-
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	幅0.1mm以上の水平ひびわれ		以下①、②の条件で削孔速度の測定を行う。 ①舗装面に対して鉛直方向下向きに測定 ②測定中の削孔速度の平均が1~2mm/sec範囲を推移している状態で、削孔速度が4mm/sec以上に増加
		標準試験値	-	-	-
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	-	-	-
		標準試験値	ひびわれ位置±2mmの誤差	-	-
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	-
		標準試験値	-	-	-
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	0.1mm以上の欠陥	-	-
	感度	校正方法	-	-	-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
性能値	-		-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	ひびわれ幅0.1mm以上で検出可能	-	-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

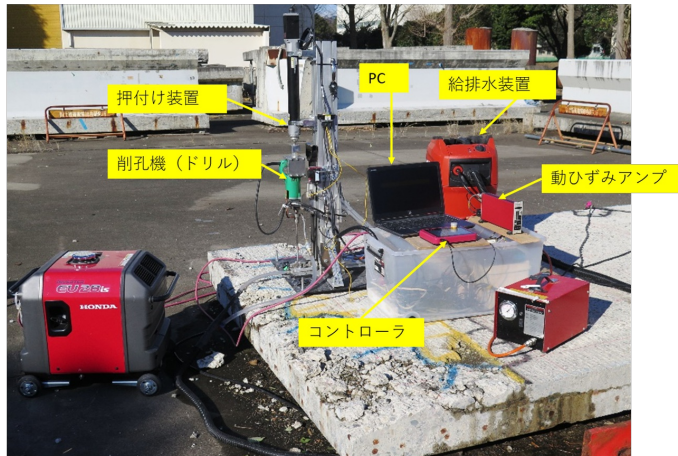
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	①作業スペースが1.5m ² 以上必要(1m×1.5m)	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	測定は下向きのみ	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	①調査時は交通規制が必要	舗装の撤去は不要
	その他	-	-

5. 留意事項(その2)

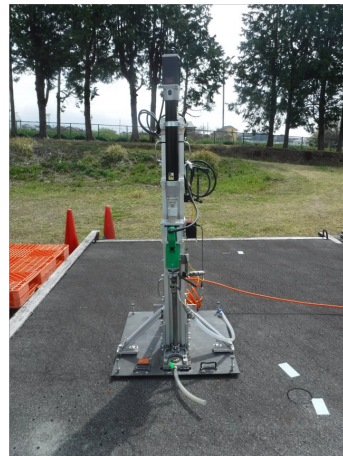
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	①Single i(シングル アイ)工法技能講習会を修了した者 ②Single i(シングル アイ)工法技能講習会を修了した者と同 等以上の技量を持つもの	Single i(シングル アイ)工法技能講習会とは、一般社団 法人 Triple EYE(トリプル アイ)協会が実施する講習会
	必要構成人員数	2人	-
	作業ヤード・操作場所	①自然条件 ・降雨時でも削孔機に雨水が当たらないように養生をすることで 作業を進めることができる ②現場条件 ・作業スペースが1.5m ² 以上必要(1m×1.5m)	①床板上面(舗装面)から実施する場合、交通規制が必 要
	計測費用	【橋梁条件】 橋種[鋼橋、RC床版橋] 橋長・幅員[指定なし] 部位・部材[RC床版] 【調査事例】16箇所/1日当たり ・現地調査:約 5万円/箇所(昼間作業の場合) ・調査結果取りまとめ他:約 30万円~(ソフト使用料含む) 1箇所あたり、約 6.9万円~	夜間作業の場合、人件費×1.5 宿泊費、旅費・交通費は含まない 交通規制費用、足場、作業車リース等は別途
	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

MDT工法の機材



使用機材 (一式)



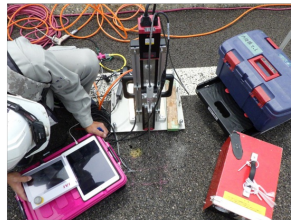
使用機材 (削孔機)

MDT工法の作業手順 (①~④)

①押し付け力一定で削孔、その際の変位を測定



②モニター上に削孔深さと削孔速度の関係を表示



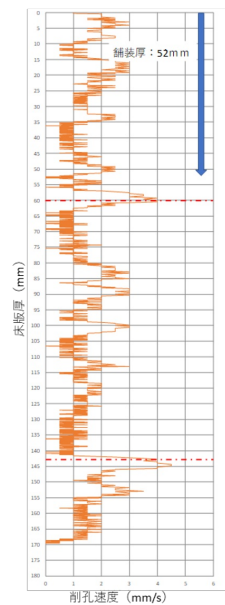
③必要に応じて、削孔内部を観察



④削孔個所の埋め戻し



アウトプットイメージ



削孔速度と床版厚のグラフ



水平ひび割れ・1 (路面から60mm付近)



水平ひび割れ・2 (路面から143mm付近)

内視鏡により撮影した画像

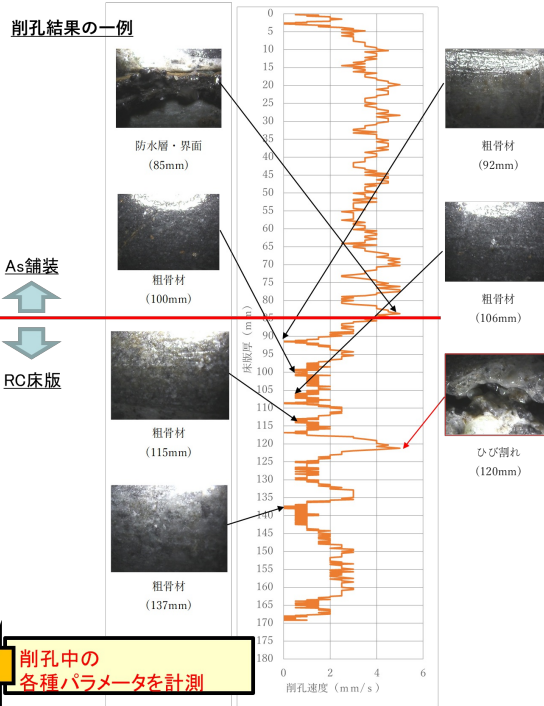
MDT工法の試験結果



小径削孔機械の仕様

装置	項目
削孔装置	削孔機
	削孔ビット
押付け装置	ロボットリンター
給排水装置	給排水供給装置
測定器	変位計
	データロガー
	動いずみアンプ
	測定用パソコン

削孔結果の一例



削孔速度が遅い、遅くなる箇所は粗骨材、健全なコンクリートなどの硬い材料が存在する。

削孔速度が急激に速くなる箇所は、ひび割れや空隙が存在する。

削孔速度とコンクリート内部の状態の関係を分類

削孔速度とコンクリートの変状の関係(案)

削孔速度 mm/s	コンクリート床版の状態
0.1~2.5	健全なコンクリート部もしくは粗骨材
2.5~4.0	軟化したコンクリート部もしくはひび割れ部
4.0以上	ひび割れ部もしくは空隙

削孔中の各種パラメータを計測

1. 基本事項

技術番号	BR030060-V0024			
技術名	水中自航型ロボット(水中ドローン)による橋梁の洗掘点検支援技術			
技術バージョン	1	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社ジュンテクノサービス			
連絡先等	TEL: 049-265-8651	E-mail: info@jun-techno.com	高橋	
現有台数・基地	3	基地	〒350-1129 埼玉県川越市大塚1-6-27	
技術概要	<p>本技術は、水中自航型ロボット(水中ドローン)を用いて洗掘の確認及び計測を行う点検支援技術である。 搭載した2Dイメージングソナーの音響映像より、水平方向で幅の計測、鉛直方向で高さや奥行きを計測を行う。 音響映像の水平、鉛直の各方向の切り替えは、水中ドローンを横方向に回転させて行う。</p>			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	下部構造(橋脚,橋台,基礎)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通	㊸変形・欠損 ㊹洗掘	
検出原理	超音波			
検出項目	画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置:水中ドローン(FIFISH V6 PLUS)、制御及び映像表示端末:(iOS、iPadOS又はandroid端末) ・計測装置:本体内蔵光学カメラ、2Dイメージングソナー(Oculus750d)、音響映像表示用PC ・記録装置:microSDカード ・通信装置:リモートコントローラー、デザーケーブル(有線) 	
移動装置	機体名称	FIFISH V6 PLUS	
	移動原理	【水中ドローン型】 固定された計6基のスラスター回転制御により、潜水して機体の移動を行う。移動装置と光学カメラが一体構造であり、イメージングソナーは機体上部に治具で固定して専用コネクターで接続する。操縦はオペレーターが手動で行う。	
	運動制御機構	通信	有線通信
		測位	-
		自律機能	<ul style="list-style-type: none"> ・深度維持機能(水圧計) ・距離・高さ保持機能(測距ソナー)
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	移動装置と計測装置の一体構造 外形寸法(383mm×331mm×220mm) 重量(6.8kg)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	本体内バッテリー(リチウムイオンPanasonic 21700) 定格出力14,400 mAh/ 156 Wh 最高充電電圧12.9 V FIFISHクイックチャージで充電時間2時間 ※オプションパーツ使用により陸上給電可能	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	稼働時間4~8時間(静水環境)		
計測装置	設置方法	移動装置と一体構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	2Dイメージングソナー(oculus M750d)	
	計測原理	超音波のパルス信号を水中に発信し、反響を受信して音響映像として出力する。 寸法の計測は、超音波の反響を受信するまでの時間と音速との相関により計算される。 対象に対して水平方向と鉛直方向にそれぞれ信号を発信し、水平方向では幅、鉛直方向では高さ及び深さの計測を行う。 信号の水平または鉛直方向切替は、機体の横方向回転にて行う。	
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	対象物の前方に障害物がある場合、音波の影となる箇所については計測不可。	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	水中の音速は、水温や深度、塩分濃度により異なる。 水温と深度については内蔵センサーにより自動取得されるが、塩分濃度は環境に合わせて設定を行う。	
	計測プロセス	<ol style="list-style-type: none"> ①2Dイメージングソナーを搭載した水中ドローンを潜航させ、橋脚または橋台周辺を移動しながら、音響映像にて基部の状態を確認する。 ②水平姿勢で移動しながら洗掘状況を確認し、一定間隔又は変状箇所毎に水中ドローンの姿勢を変えて鉛直方向の音響映像を確認する。縦横両方向の音響映像を取得することで、変状の幅、高さ、深さの寸法及び水深を記録する。 ③近接して光学カメラ映像による撮影を併せて行う。 ④取得したデータをもとに、損傷図を作成する。 	
	アウトプット	取得した音響映像の情報を、オリジナルファイル(.oculus)にて保存。 専用ソフトウェアにて再生する事で、音響映像の確認や寸法計測が可能。	
	計測頻度	-	
	耐久性	最大耐水深:150m	
	動力	移動装置と共用のバッテリー駆動	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	稼働時間4~8時間(静水環境)		
データ収集・通信装置	設置方法	移動装置と一体構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	音響映像表示用端末(PC)内の記録装置に保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	移動装置と共用のバッテリー駆動 2-5-500	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存す	-	

る場合)

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	深度維持機能:±1cmに深度を保持	-
	標準試験値	標準試験方法 (2019) 実施年 2023年 変化量0cm	流速0.2m/s
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	縦500mm×横500mm×高さ500mm	航行には0.3m以上の水深が必要
	標準試験値	標準試験方法:水中部(2022) 実施年:2023年 W2.0m×H1.0m×L1.0m	水深1.2m
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	6 DOF(自由度) 動作:左右、上下、前後 回転:360°ヨーリング、360°ピッチ、360°ローリング 最大可動範囲:300m(使用するテザーケーブル長による)
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	使用周波数や表示レンジにより異なる	
		標準試験値	標準試験方法:洗掘・形状寸法(2021) 実施年:2023年 流速0m/s,濁度1.6度 計測精度 0.054 流速0.2~0.4m/s,濁度1度 計測精度 0.054 流速0m/s,濁度60~90度 計測精度 0.054 流速0.2~0.4m/s,濁度60~90度 計測精度 0.054	-	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	750kHz:120m 1.2MHz:40m	使用周波数により異なる	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
S/N比		性能確認シートの有無 ※	-		
	性能値	-	-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	750kHz:4mm 1.2MHz:2.5mm	使用周波数により異なる 最小計測単位:0.01m		

※「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	-	-
	その他	・流速0.5m/sec以下 ・水深0.5m以上	-

5. 留意事項(その2)

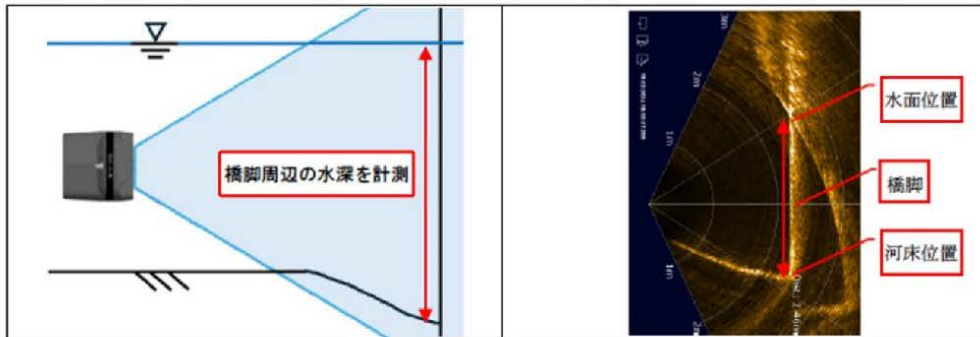
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	水中ドローン及び2Dイメージングソナーの特性について理解していること。	作業従事者は、(一社)日本水中ドローン協会認定の「水中ドローン安全潜航操縦士」等の資格取得を推奨。
	必要構成人員数	操縦員、ケーブル操作員、記録、監督者の3名	-
	作業ヤード・操作場所	・ケーブル捜査員が立入可能な、水深0.5m以上の水中ドローン投入点(船上作業可) ・2.0m四方程度の作業ヤード	-
	計測費用	・業務委託費用:調査1日あたり698,000円(税別)～1日あたり橋脚6基程度調査可能 ・機体一式価格:8,463,900円(税別) FIFISH V6 PLUS(水中ドローン、200mケーブル、コントローラー、充電器、ハードケース) oculus M750d(2Dイメージングソナー)	※作業環境による、人員や船舶手配費用等の追加有り。 ※旅費、交通費費別
	保険の有無、保障範囲、費用	・機体付帯保険有り ・機体購入後1年間のメーカー保証 ・FIFISH日本修理サポートセンターによる修理・点検サービス	-
	自動制御の有無	無し	-
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託 ・機器購入	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・FIFISH日本修理サポートセンターによる修理・点検サービス	-
	センシングデバイスの点検	無し	-
	その他	・水中ドローン以外は非防水の為、雨天時は対策必要 ・流速0.5m/sec以下	-

6. 図面

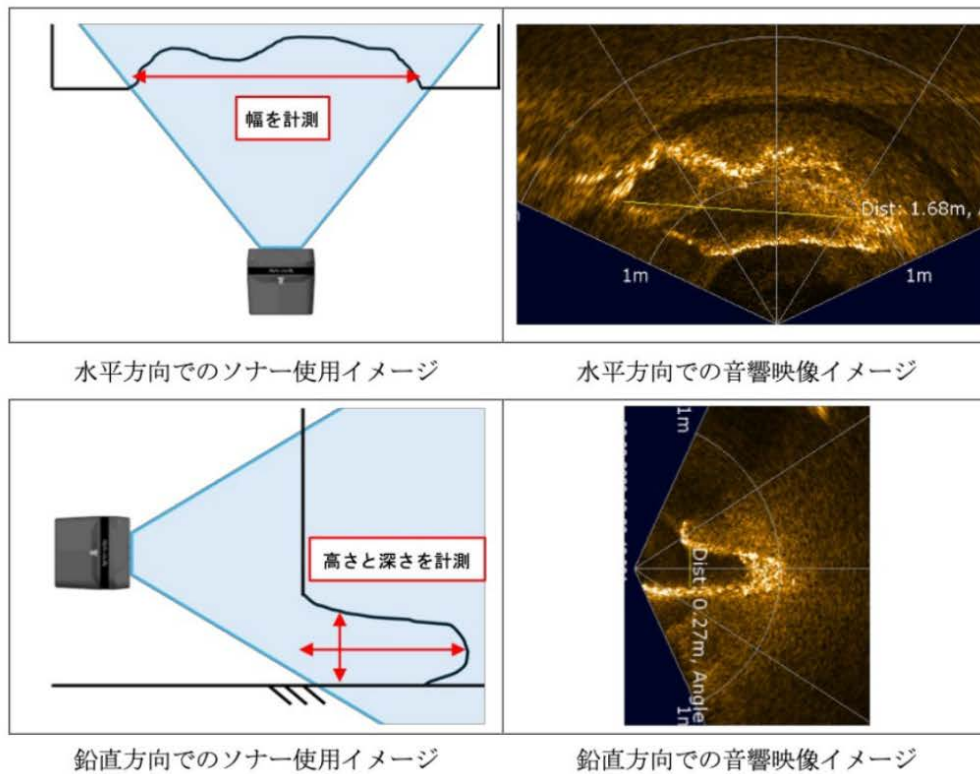
基本構成



洗掘調査イメージ



変状の計測イメージ



1. 基本事項

技術番号	BR030061-V0024			
技術名	イメージングソナーを装備した小型ボートによる洗掘調査技術			
技術バージョン	1	作成:	2024年3月	
開発者	(株)テクノコンサルタント			
連絡先等	TEL: 097-578-7811	E-mail: info@wj-rdc.jp	開発室 小石 明	
現有台数・基地	1	基地	大分県大分市	
技術概要	イメージングソナーとGNSS等を装備した小型ボートと、それらを制御する地上側PC、レーザーケーブルから構成された水中計測技術である。リアルタイムで洗掘状況および小型ボートの位置及び方位を知ることができる。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	下部構造(橋脚,その他(護岸・堤体・水門))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通	㊸変形・欠損 ㊹洗掘	
検出原理	超音波			
検出項目	3次元座標			

2. 基本諸元

計測機器の構成		イメージングソナーとGNSSを装備した小型ボート、パソコン、揚収装置、テザーケーブルから構成される		
移動装置	機体名称	「水底プロファイラ ソコミエール」		
	移動原理	スラスト4台により水平方向について自由に移動可能		
	運動制御機構	通信	テザーケーブルを用いた有線通信	
		測位	MovingBase方式RTK-GNSSにて位置計測 方位角精度0.1°程度	
		自律機能	なし(追加予定)	
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-	
	外形寸法・重量	全長918mm 全幅300mm 全高420mm 重量11kg		
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-		
	動力	電気(4sリチウムイオンポリマーバッテリー)		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	3時間		
計測装置	設置方法	遠隔制御が可能なジンバルにて保持		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
	センシングデバイス	blueprint subsea製イメージングソナー oculus M750d		
	計測原理	750kHz又は1.2MHzの扇状に形成された超音波ビームを対象物に照射し、反射波を計測することで、対象物の形状を把握する。		
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	750kHz使用時 水深120m 1.2MHz使用時 40mまで		
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	大量の浮遊物があると計測できない恐れがある。		
	計測プロセス	ソナーを直下方向に向けて照射することにより、鉛直方向断面画像を得ることができる。また、ジンバルにより水平方向に方向を変化させて計測することで、水平断面を計測することもできる。		
	アウトプット	ソナー生データ(.oculus形式)、画像(.jpg)		
	計測頻度	40Hz		
	耐久性	温度-5°~35°		
	動力	バッテリー(移動装置と一体)		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	3時間		
データ収集・通信装置	設置方法	PCにてデータ収集		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-		
	データ収集・記録機能	テザーケーブルによる有線通信によりデータ送信		
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	テザーケーブルによる有線通信:IEEE-1901準拠		
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-		
	動力	-		
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-		

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	高さ0.5m 幅0.5m 水深0.5m以下は侵入不可	-
	標準試験値	標準試験方法:水上部(2024) 実施年:2023年 W3.0m×H2.3m×L5.0m	水深1.2m
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	有	
	性能値	半径200m以内(テザーケーブル長に依存する)	-
	標準試験値	可動範囲 5.0m	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法:洗掘・形状寸法(2021) 実施年:2023年 流速0m/s,濁度1.6度 計測精度 0.114	-	-
			流速0.2~0.4m/s,濁度1.6度 計測精度 0.114 流速0m/s,濁度60~90度 計測精度 0.114 流速0.2~0.4m/s,濁度60~90度 計測精度 0.114	-	-
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	750kHz使用時 水深120m 1.2MHz使用時 40mまで	淡水、海水、懸濁していないこと 水深0.5m以上	
	感度	校正方法	社内水槽にて試験		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
性能値	-		-		
分解能	性能確認シートの有無 ※	-			
	性能値	レンジ分解能 750KHz:4mm 1200KHz:2.5mm 角度分解能 750KHz:1 1200KHz:0.6° 画面上にてcmオーダーで計測可能	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	クリアランス0.5m以上必要	桁下ではGNSS信号が受信できないので、位置情報を得ることができない恐れがある
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	流速1m/s以下	-

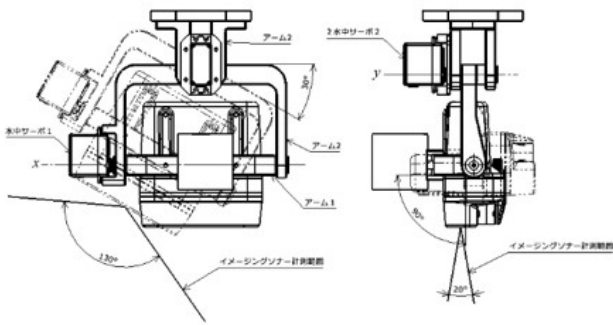
5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	-	-
	必要構成人員数	3名 操作者1名 作業補助1名 監督者1名	-
	作業ヤード・操作場所	揚収装置:1m×1m程度 操作場所:1m×2m程度	橋梁上から降下させる場合、張り出しや添加管等がないこと
	計測費用	【橋梁条件】 橋種[コンクリート橋] 橋長300m 全幅員10m 部位・部材[橋脚のみ] 活用範囲[3,000㎡] 検出項目[洗堀] <費用> 調査費用 外業30万円 内業10万円 機械経費 10万円(1日) ※諸経費、旅費交通費等は別	作業量:橋脚4基/日 桁下高10m、 水深3m、 径間長50m、 流速1m/sec以下
	保険の有無、保障範囲、費用	無し	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	業務委託	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	-	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-	

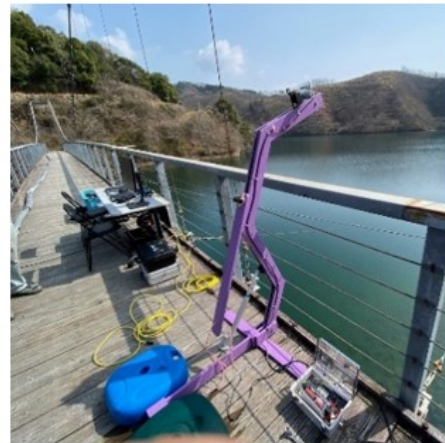
6. 図面



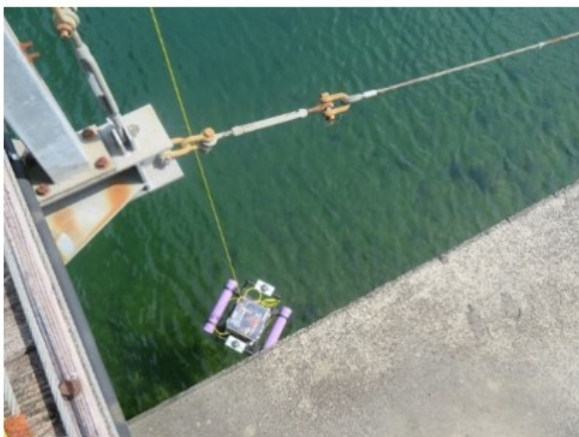
装置概要



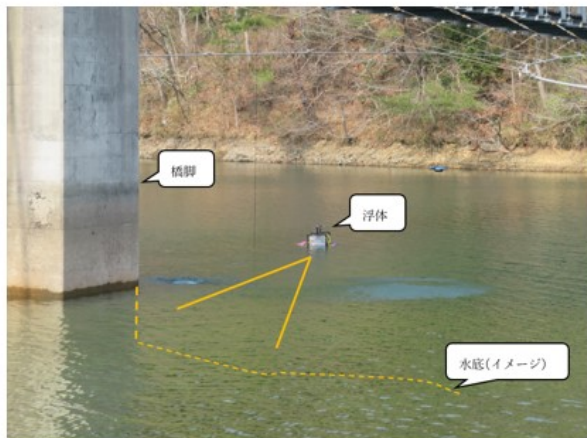
イメージングソナー及びジンバル



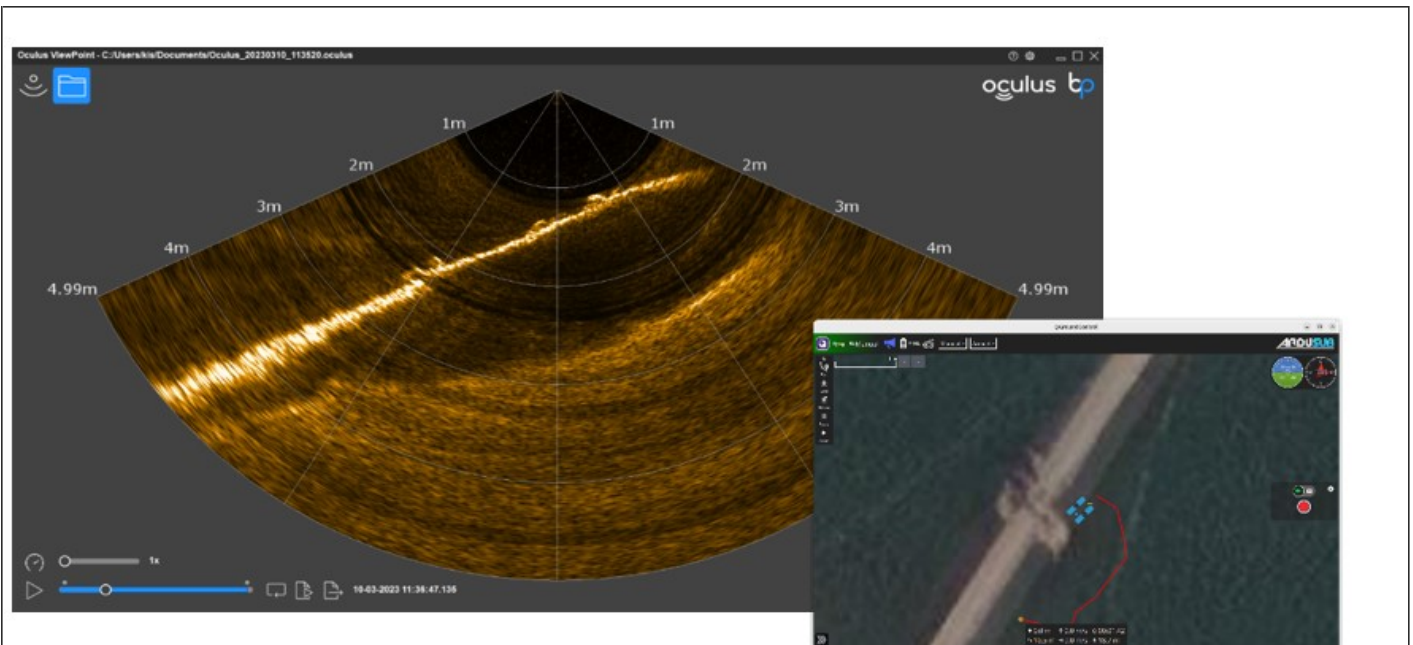
浮体・揚収装置・ウインチの設置状況



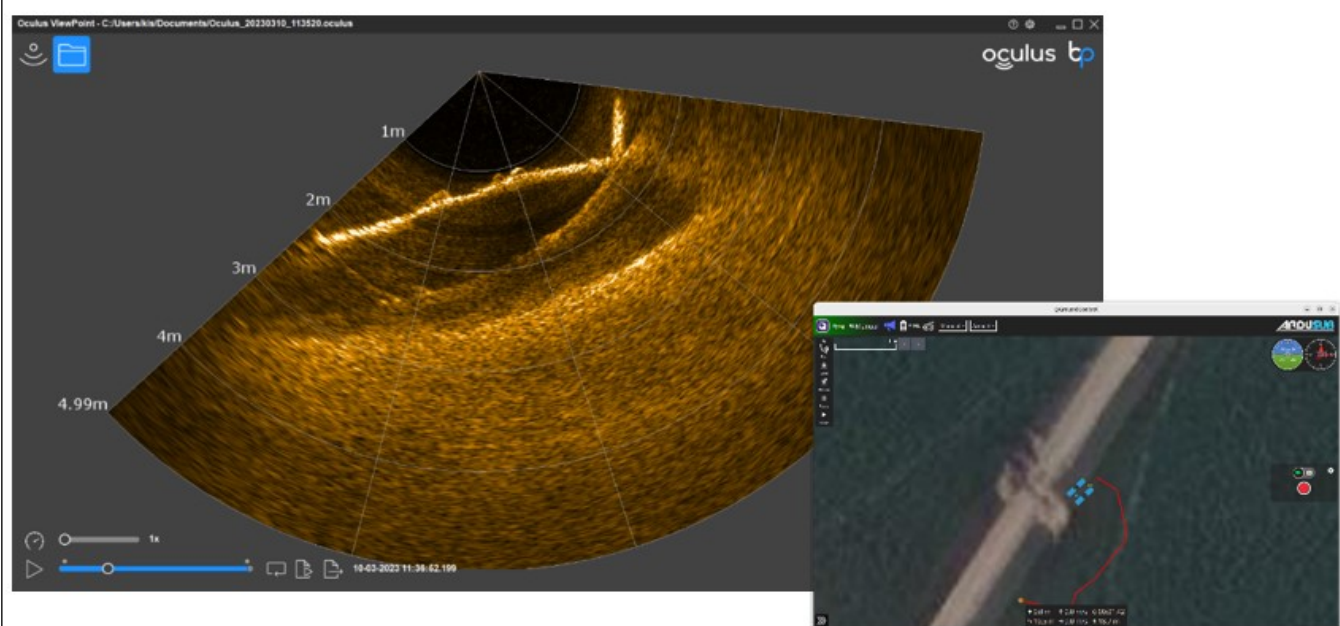
揚収装置による浮体投入状況



橋脚計測状況



イメージングソナーによる計測結果
(鉛直方向照射・チルト無し)



イメージングソナーによる計測結果
(鉛直方向照射・15度チルト)

1. 基本事項

技術番号	BR030062-V0024			
技術名	遠隔監視装置(洗掘)			
技術バージョン	Ver1.0	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社アイベック			
連絡先等	TEL: 076-438-0808	E-mail: i_iot@ipec-com.jp	〒931-8453 富山市中田一丁目113-1 株式会社アイベック IoT開発部	
現有台数・基地	4台	基地	富山県富山市	
技術概要	橋脚や橋台の沈下・移動・傾斜・洗掘に伴う傾斜を橋脚橋台の橋座面に設置した傾斜計で計測したデータをクラウドサーバーに蓄積し、遠隔地からパーソナルコンピュータやスマートフォンなどで閲覧することができる遠隔監視技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	下部構造(橋脚,橋台)		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
	共通	㊟沈下・移動・傾斜 ㊟洗掘		
検出原理	・電圧			
検出項目	・傾斜角			

2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> 計測装置: 傾斜計・温度計を橋脚・橋台の橋座面に固定 データ収集・通信: 有線(LTE/LTE-Mでクラウドサーバーに転送) 				
移動装置	機体名称	-				
	移動原理	-				
	運動制御機構	通信	-			
		測位	-			
		自律機能	-			
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-			
	外形寸法・重量	-				
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-				
動力	-					
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-					
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> 移動なし 傾斜計: 橋台・橋脚の橋座面に接着剤・アンカーボルト等で固定 温度計: 橋台・橋脚の橋座面・傾斜計等に接着剤等で固定 					
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜計 最大外形寸法(長さ115mm×幅70mm×高さ25mm)、最大重量0.4kg 温度計 最大外形寸法(長さ30mm×幅10mm×高さ10mm)、最大重量0.1kg 					
センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜計 緑測器製 製品型名ESC3010Z-V-DB0L01 温度計 TEXAS INSTRUMENTS製 LM61CIZ 					
	<p style="text-align: center;">計測装置の仕様</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> 傾斜計 緑測器製  </td> <td> 規格: 測定範囲: -10~10° 絶対直線性: ±0.5%FS 電源: DC 8~30V (外部バッテリー) 外形: 70×90×23 mm </td> </tr> <tr> <td> 温度計 TEXAS INSTRUMENTS 製  </td> <td> 測定範囲: -30~100°C 電源: 2.7~10V (外部バッテリー) </td> </tr> </tbody> </table>	名称	仕様	傾斜計 緑測器製 	規格: 測定範囲: -10~10° 絶対直線性: ±0.5%FS 電源: DC 8~30V (外部バッテリー) 外形: 70×90×23 mm	温度計 TEXAS INSTRUMENTS 製 
名称	仕様					
傾斜計 緑測器製 	規格: 測定範囲: -10~10° 絶対直線性: ±0.5%FS 電源: DC 8~30V (外部バッテリー) 外形: 70×90×23 mm					
温度計 TEXAS INSTRUMENTS 製 	測定範囲: -30~100°C 電源: 2.7~10V (外部バッテリー)					
計測原理	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜計: 橋脚・橋台に設置し、支承の傾斜に伴う傾斜角の変化を計測する。 温度計: 傾斜計近傍に設置し、周辺の温度を計測する。 					
計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> 計測装置設置のために計測部位に近接できる必要がある。また、計測部位からデータ収集装置までケーブルを配線する必要がある。 NTT docomo 通信サービスエリア。 					
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傾斜計の固定金具は剛性の高いものでしっかり固定する。 温度変化に伴う抵抗変化により電圧変化が生じるため、計測データの温度ドリフトに留意が必要である。 					
計測装置	<ol style="list-style-type: none"> 橋台・橋脚の橋座面に設置した傾斜計・温度計により、傾斜角の変化や温度に応じた電圧信号を得る。 データ収集装置内で電圧信号をデジタル変換し、通信装置でクラウドサーバーへデータを送信する。 クラウドサーバー上で電圧信号を対応する傾斜角の変化や温度に変換する。 パーソナルコンピュータ等からWebモニターにてデータを確認する。 継続的にモニタリングすることで、データの変化を観察する。 しきい値を設定することで、メールによる警告が発動される。 					
計測プロセス						

	<p style="text-align: center;">計測プロセス</p>
アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> 計測された傾斜角・温度のデータは、端末で数値とグラフで表示。 各計測値は、CSVファイルにて出力可能。 機器の設置に要する時間は、通信設定を含めて1日程度。
計測頻度	<ul style="list-style-type: none"> 5～60分間隔を1分単位で設定可能 最大計測期間2年間(計測間隔20分の場合)
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜計:IP67 温度計:IP44相当
動力	<ul style="list-style-type: none"> 傾斜計:仮設12Vバッテリー 温度計:乾電池4本
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> 連続稼働時間2年間(計測間隔20分)
設置方法	<ul style="list-style-type: none"> データ収集装置と通信装置は有線で計測装置に接続し、陽の当たる場所に固定する。 データ収集装置・通信装置の固定は、仮設支柱または防護柵・親柱等に金属バンド・アンカー等で固定する。
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> データ収集装置 最大外形寸法(400mm×400mm×200mm)、最大重量5kgkg 通信装置 最大外形寸法(282mm×148mm×170mm(アンテナ・取付金具を含まない))、最大重量2kg
データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> 計測装置で計測したデータをデータ収集装置・通信装置から移動通信網経由でクラウドサーバーに伝送して保存 データ収集装置に記録機能無
通信規格(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> 通信方法 LTE または LTE-M 通信規格 3.44 - 3.52GHz / 1940 -2150MHz / 728-890MHz 通信速度 平均150Mbps (LTEの場合) 通信距離 NTTdocomoLTE受信範囲
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> 認証方式:CHAP または PAP AmazonWebServicesを使用(ISO 2701 準拠)
動力	<ul style="list-style-type: none"> ソーラーパネルおよびバッテリー
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> データ収集装置と通信装置の日照無し連続稼働可能日数は7日間(計測間隔20分の場合)

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 洗堀 傾斜角(2020) 実施年 2024年 誤差:-0.82~+1.21°	サンプル数3 ・リファレンス値:1.63°、-5.86°、3.94° ・計測値:1.38°、-4.65°、3.12°	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・傾斜計:±10° ・温度計:-30~100℃	-	
	感度	校正方法	-	-	
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-	
			性能値	-	-
		S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値		-	-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・傾斜計:フルスケールの0.05% ・温度計:フルスケールの0.05%	-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

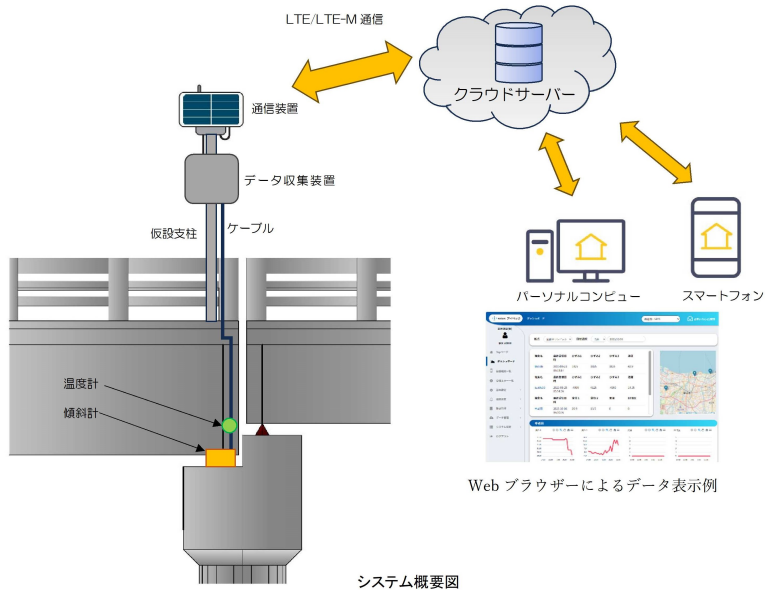
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	・高所作業車または橋梁点検車等で橋座面にアプローチできること	-
	周辺条件	・高圧電線や発電所など高周波発生源が近くにあること ・移动通信(Docomo LTE)を有するエリア	-
	安全面への配慮	・計測中は注意喚起の看板の設置	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	・装置の設置・撤去時は交通規制要	・道路管理者との事前協議が必要
	その他	-	-

5. 留意事項(その2)

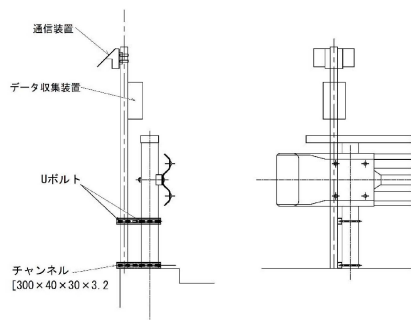
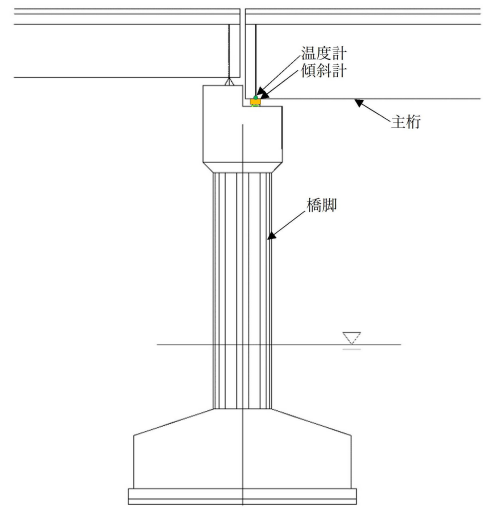
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	・設置作業:電気工事に関する基礎知識、通信技術に関する基礎知識、クラウドサーバーに関する基礎知識があること	-
	必要構成人員数	・設置作業:現場責任者1人、作業員1名 ・合計2名	-
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲: 5m ² 操作場所: 通信機より1m以内	-
	計測費用	橋種 [コンクリート橋/鋼橋] 橋長 [61.8m] 全幅員 [5m] 部位・部材[支承] 検出項目 [傾斜、温度] 設置箇所数 [通信機1箇所、傾斜1箇所、温度1箇所] 計測頻度 [20分] 計測期間 [1年] <費用> 800,000円(保守含む)	-
	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	・自律制御あり	-
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託	・機器設置、クラウドサーバー提供・保守はアイベックで行う
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制あり	-
	センシングデバイスの点検	・計測装置設置後1年ごとに点検を実施	・現地にて、計測装置設置状況・外観、周辺環境等の確認とバッテリー交換を行い、必要に応じて改善や障害物撤去等の措置を実施
その他	・クラウドサーバーのデータ保存期間は1年	・1年を超えるデータが必要な場合は、クラウドサーバーよりデータを定期的にダウンロードのうえ保存可能	

6. 図面

・システム概要図



システム概要図



データ収集・通信装置機設置例



傾斜計の設置例

1. 基本事項

技術番号	BR030063-V0024			
技術名	加速度センサによる橋梁点検ツール			
技術バージョン	Ver.1.0	作成:	2024年3月	
開発者	株式会社ケー・エフ・シー 株式会社中電シーティーアイ			
連絡先等	TEL: 06-6361-6040	E-mail: tsubomoto.takashi@kfc-net.co.jp	営業企画部 坪本 隆司	
現有台数・基地	20台	基地	愛知県名古屋市	
技術概要	本技術は、橋梁の上部構造に設置した加速度センサを用いて、加速度を計測し振動特性(固有振動数、振動モード)を検出することにより、振動特性の変化を可視化し、剛性の変化を評価する技術である。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造(主桁,主桁ゲルバー部,横桁,縦桁,床版) H形鋼桁橋(上部構造(主桁),床版) RC床版橋(上部構造(主桁))		
	損傷の種類	鋼		
		コンクリート		
		その他		
		共通		
検出原理	加速度			
検出項目	剛性評価(固有振動数/固有振動モード形状)			

2. 基本諸元

計測機器の構成		・無線加速度センサ ・加速度センサ親機 ・計測用パソコン	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
設置方法	<p>橋梁路面に置く。アンカーや両面テープ等での固定は不要。 設置箇所は、橋脚間中央側部に設置。</p>  <p style="text-align: center;">設置例1</p>  <p style="text-align: center;">設置例2</p>		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>【センサ】 ・HBK G-LINK-200: 約Φ44mm × 47mm 【センサ親機】 ・HBK WSDA-200-USB: 約59mm × 21mm × 10mm (アンテナは含まない)</p>	
	センシングデバイス	加速度センサ	
	計測原理	<p>【加速度センサ】 本計測に使用している加速度センサはMEMS(Micro Electro Mechanical System)技術によるセンサである。MEMSの特徴は、高精細、高ノイズ耐性、高コストパフォーマンスな優れた計測能力である。MEMSは半導体の上に組み上げた微細な機械的な構造から物理情報を測定する技術で、差動コンデンサ構造のセンサ(ユニット・セル・センサ)により構成されている。 物理運動がユニット・セル・センサへ加わると、内部に構成された機械的な構造部がたわむことで、ユニット・セル・センサ内に電圧変化が発生する。この物理運動より生じた電圧変化を、アナログ測定回路を使い正確にセンシングすることで、周囲の環境情報を的確に数値化する。</p> <p>【剛性変化の可能性の検知】 加速度センサにより計測した値から、上部構造が損傷する主要因と考えられる振動モードの周波数を抽出する。この周波数から相対剛性比を算出し、過去の剛性比と比較することで剛性の変化を把握する。</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>【センサ設置】 ・橋梁路面へのアクセスが可能であること。 ・センサ設置範囲に極端な凹凸や曲面がないこと。</p>	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<p>・センサ設置位置 (初回計測時は橋脚間中央側部に設置する。2回目以降は、初回と同じ位置(マーキング等をした位置)に設置する。)</p> <p>計測現場で最低限実施する項目は下記プロセスのうち2)である。 3)も現場で実施してもよい。(計測できているかの確認としても現場での実施を推奨する。)</p> <p>1) 事前準備 2) 加速度の測定 3) 状態評価</p>	

計測プロセス		
	アウトプット	計測用パソコンのソフトウェア上で、1計測で1枚のレポート形式でアウトプットされる。 計測データ等はバックアップフォルダに自動的に保存される。
	計測頻度	・定期点検、日常点検等のような頻度でも使用可能。 ・1回の計測は5～10分ほどの計測で完了。
	耐久性	・HBK G-LINK-200:IP67
	動力	内蔵バッテリー
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・HBK G-LINK-200: 連続20時間程度 (気温等により変動する。)
データ収集・通信装置	設置方法	加速度センサ親機を計測用パソコンに接続する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測用パソコンは市販のパソコンを使用する。(Windows10であること。)
	データ収集・記録機能	計測したデータおよび分析レポートは計測用パソコン内のHDDに記録される。 必要に応じて過去データを外付けHDD等に移動することも可能。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	パソコン内蔵バッテリーまたはAC給電可能なACバッテリーを利用することも可能。
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	有		
		性能値	未検証	-	
		標準試験値	標準試験方法 剛性評価(2024) 実施年 2024年 ・誤差:-0.78~0.80%	動的載荷5回実施 各周波数の最大差 1回目 -0.78% 2回目 +0.80% 3回目 -0.75% 4回目 +0.65% 5回目 +0.75%	
	4-3 位置精度(移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-		
		性能値	-	-	
		標準試験値	-	-	
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・加速度センサ:±8g	-	
	感度	校正方法	・製造時にメーカー校正。 ・計測時は校正しない。		-
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・加速度センサ:DC~1kHz	・使用可能温度:-40℃~+85℃
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	
			性能値	・温度精度:±0.15mg/℃	-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	・ノイズレベル:25 μg/√Hz	-	
分解能	性能確認シートの有無 ※	無			
	性能値	・加速度センサ:20bit	-		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	センサ設置位置は作業員がアクセス可能であること。	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	センサ設置の際に車道へ立ち入る必要がある際には、周囲の交通に十分な注意をすること。	-
	無線等使用における混線等対策	無線加速度センサを使用するため、メーカー取り扱い書および技適マークを確認し使用すること。	-
	道路規制条件	車道への立ち入りも設置と撤収する際の一時的な立ち入りのみとなる。 状況に併せて適宜検討すること。	-
	その他	-	-

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
作業条件・ 運用条件	調査技術者の技量	計測員および分析員は技術的な知識がなくても可能。計測、ソフトウェア取り扱いとは別途手順書に沿って実施すれば同じ結果を得られる。	-
	必要構成人員数	現場責任者1人、計測・操作1人 合計2人	-
	作業ヤード・操作場所	センサ設置位置は作業員がアクセス可能であること。 操作場所はセンサより20～50m以内。(現地の状況による。) また、計測データソフトウェアは事務所でも操作可能。	-
	計測費用	橋種(鋼橋・コンクリート橋)(※点検受託の場合) 橋長:15m以下(1径間の場合) 全幅員:8m程度 設置箇所数:1箇所 計測頻度:1回/年 計測期間:5～10分/回 〈費用〉合計約4万円 (機械経費含む。橋梁間移動0.1日/橋含む。)	対象橋梁のロケーション、規模等により事前調査が必要となる場合もある。 対象橋梁により実費用については別途見積もりとなる。
	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	事前準備、加速度の測定、ソフトウェアでの計算、出力までを受託項目とする。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制あり。	-
	センシングデバイスの点検	-	-
	その他	-	-

6. 図面

