1. 基本事項

技術番号		BR030054−V0225				
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：	2025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		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。 本技術の特徴としては、ハイスピードカメラで動画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。				
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			・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		【設置型】 ・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		・本測定機器は、カメラを三脚の雲台部上部に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		【カメラ】 ・FLIR社　ハイスピードカメラ 【レンズ】 ・フォトロン社　Cマウントレンズ 【データ測定収録PC】 ・DELL Latitude 5420 Rugged 【レーザー距離計】 ・BOSCH GLM400C
	計測原理		・動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)		・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		・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		①事前準備 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。 ②機器設置 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。 ③撮影条件設定・キャリブレーション 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。 ④撮影・データ保存 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に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。 ⑤データ解析 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。 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。

		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。 ⑥映像の編集 撮影動画像を、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。 ・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。
	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かを選択する必要がある。Motion Amplification®softwareで保存したファイルを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内蔵バッテリーで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　Fmax(Hz)=fps÷2
	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	・分解能：0.002(m/sec²)	【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：　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)

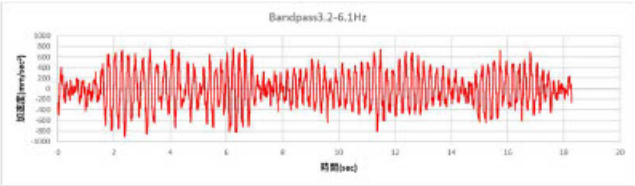

図5　図4で選択した箇所のフィルター処理波形

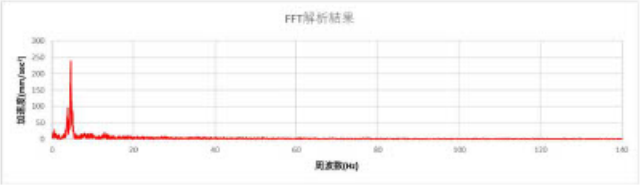

図6　図4で選択した箇所のFFT解析結果波形

測定結果から、解析ソフトでFFT処理により周波数特性が得られる。
　また、固有振動数の帯域の振動をフィルタ処理によって抽出し、振動時系列波形を図示・動画で可視化できる。
　これらを健全時(新設時など)と所定期間(例えば1年後)経過後の取得データを比較する。差異があれば橋梁の剛性に変化が生じたことになり、橋梁の主構造の剛性に変化が起きたことが判断できる。