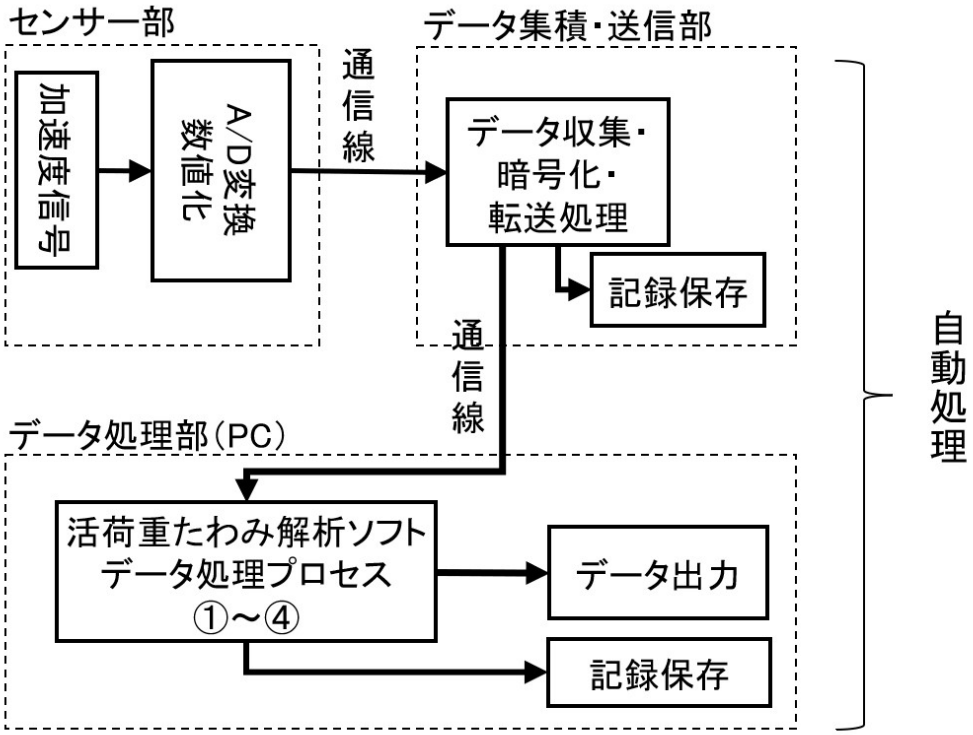
1. 基本事項

技術番号	BR030008−V0525					
技術名	たわみ計測による耐荷性チェックシステム					
技術バージョン	ver.131				作成：	2025年3月
開発者	(株)TTES					
連絡先等	TEL：	03-5724-4011	E-mail：	info@ttes.co.jp	株式会社TTES 菅沼　久忠	
現有台数・基地	10台		基地	東京都目黒区上目黒		
技術概要	本技術は、橋梁の動的活荷重たわみを計測する技術である。 ・荷重車通過時の加速度を測定し，2階積分することで活荷重たわみを算出する。計測の都度，計測機器を橋面上（地覆、路側帯上など）に持ち込み設置し利用する。 ・計測装置を設置し、計測開始の操作を行い、交通状況の安全確認を行った上で、荷重車を橋梁に通過させる。 ・計測完了の操作を行うと、動的活荷重たわみが表示される。 計測作業は、1橋梁あたり10分程度である。また、対応した地図情報サービスも提供しており，計測位置に基づいて、対象橋梁のデータベースに計測値を紐づけて保存する。					
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋				
	対象部位	上部構造（主桁,横桁,縦桁,床版,主構トラス,アーチ,ラーメン） H形鋼桁橋（上部構造（主桁）,床版） RC床版橋（上部構造（主桁）） 鋼				
	損傷の種類	コンクリート				
		その他				
		共通	㉑異常な音・振動 ㉒異常なたわみ			
	検出原理	加速度				
	検出項目	たわみ／活荷重たわみ				

2. 基本諸元

計測機器の構成			・加速度センサ：支間中央の橋面上に固定。 ・PC：加速度センサとUSBケーブルで接続。PC画面上からの操作で、計測開始・計測終了を指示し、活荷重たわみの値もPC上で確認が可能。計測データは LTE回線で、GNSS位置情報とともにクラウドサーバに転送。 ・クラウド：対象橋梁のデータベースに自動でデータを紐付け・保存。
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		【据置】 ・本計測機器は、支間中央の橋面上に設置し計測を行う。 　安全上，地覆上や路側帯の外側等に設置する。 ・必要に応じて専用のアタッチメント（設置冶具）を使用する。 ・専用のアタッチメント使用する際は、計測装置をボルト・ナットで固定する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		PC：例えばToughPad 　最大外形寸法（長さ280mm×幅200mm×高さ27mm）、最大重量1050（g） 加速度センサ：USB接続型加速度計 　最大外形寸法（長さ90mm×幅50mm×高さ32mm）、最大重量 200（g）
	センシングデバイス		3軸加速度センサ　セイコーエプソン社製　M-A352AD型版　（センサの内部設定変更あり）
	計測原理		・計測点（主に支間中央）に3軸加速度センサを搭載した計測装置を設置し、鉛直方向の加速度データを取得する。計測した加速度データを2階積分し、車両通過時間と車両通過時間外を比較することで積分ノイズを除去し、車両通行時の活荷重たわみへ変換する。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・計測装置が衝撃等で浮かないように設置する。 ・計測時は支間上に荷重車1台のみが通過する。 ・荷重車が支間に進入してから退出するまでの通過時間は5秒以内とする。 ・桁形式は単純桁を対象とし、連続桁は適用外とする。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・活荷重たわみへの自動変換処理の精度向上に対して、S/N比の向上のため、できるだけ高重量の荷重車を準備し、車両通過時間を短縮する（安全上問題ない範囲で可能な限り速い速度で走行する）ことが望ましい。
	計測プロセス		1. 対象橋梁に到着する。 2. 降車、機材を運搬する。 3. 支間中央を確認し機材を設置する。 　※設置補助治具を利用している場合には、設置済みの設置補助治具に機材を設置する。 4. 計測機器の電源を入れる。 　※機材キャリブレーションは不要。ただし、出荷時に評価モデルで動作を確認済み。 5. 交通状況を確認し計測ボタンを押して計測を開始する。 6. 一時的に交通規制を行い、対象橋梁上を荷重車1台のみを通過させる。通過後に規制を解除する。 7. 計測ボタンを再度押して計測を停止する。 8. 自動的にデータ処理プロセスが開始する。 　①加速度データを数値積分することで、変位を算出する。 　②算出した変位を分析し、車両通行時の進入と退出時刻を特定する。 　③特定した車両通行区間外のノイズ波形から、車両通行区間に含まれるノイズ量を推定する。 　④数値積分した変位より推定したノイズ量を取り除くことで、活荷重たわみを算出する。 9. たわみ波形がPC画面に表示されたことを確認する。 10. 計測機器撤収する。 11. 次の対象橋梁へ移動する。（1.へ） 【処理フロー】

		
	アウトプット	活荷重たわみデータ 　それに付随するタイムスタンプ ※たわみの経時変化量、たわみ比、たわみ形状 （たわみ計測結果を用いて耐荷性に関する指標を導出した場合）
	計測頻度	連続して計測可能。
	耐久性	・パソコン：IP65（ただしUSB接続部に保護必要） ・センサ：IP65
	動力	・電源供給容量：バッテリ（PCのバッテリーを利用）
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・連続稼働時間240分（4時間）　　外気温：20℃の場合の実績
データ収集・通信装置	設置方法	・通信装置を有しない。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・通信装置を有しない。
	データ収集・記録機能	・PCに保存（SIMカード等で通信回線に接続してクラウドに保存も可能）
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	・HTTPS 通信
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	・SSLによる暗号化通信を実施
	動力	・PC内のSIMカードを利用
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	・PCの連続稼働時間と同じ。240分（4時間）　　外気温：20℃の場合の実績

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3σ:0.02mm ・最大たわみ誤差(mm):0.01mm ・最大たわみ誤差(%):3.18 %	・コンクリート橋 たわみMax.=-0.26mmにおいて，誤差3σ＝0.02mm ・コンクリート橋（接触式変位ゲージとの相対差） 最大たわみ誤差(mm) =0.01mm 最大たわみ誤差 (%) = 3.18 %
			標準試験値	標準試験方法　変位　活荷重たわみ (2020) 実施年 2020年 ・誤差3σ:0.08mm ・相対差 X(mm):0.06mm ・相対差 x (%) : 1.48 %	・鋼橋 たわみMax.=-4.59mmにおいて，誤差3σ＝0.08mm ・鋼橋（接触式変位ゲージとの相対差） 相対差 X(mm) =0.06mm 相対差 x (%) = 1.48 %
	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	・-1G～+1G	・-1G～+1G （加速度計として精度保証範囲） ・加速度計の性能を確保する温度条件:-30～+70℃
	感度	校正方法	-		-
		検出性能	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・-15G ～ +15G	・-15G ～ +15G （加速度計として動作レンジ（精度保証外）） ・加速度計の性能を確保する温度条件:-30～+70℃
		検出感度	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・0.06 μg/LSB	・0.06 μg/LSB （加速度計としての感度） ・加速度計の性能を確保する温度条件:-30～+70℃
	S/N比		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・0.5 μg/√Hz typ	・0.5 μg/√Hz typ ・加速度計の性能を確保する温度条件:-30～+70℃
	分解能		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・24bit	・加速度計の性能を確保する温度条件:-30～+70℃

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項（その1）

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	幅員が橋長より短いこと	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	橋面上に設置する場合、地覆や路側帯に計測装置がおけるスペースがあること。	-
	安全面への配慮	交通規制が必要である。	詳細は道路管理者および警察と協議する。
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	交通規制が必要である。	詳細は道路管理者および警察と協議する。
	その他	計測時にダンプトラック等の荷重車を走行させる。	予め荷重車の重量を測定しておく必要がある。

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	計測装置の利用講習会を事前に受講	-
	必要構成人員数	現地踏査、冶具設置：作業員2人 現地計測 　計測・設置班：作業員1人、交通誘導員2人、運転手1人 （橋梁の規模により変動する可能性あり）	-
	作業ヤード・操作場所	橋面上	-
	計測費用	たわみ計測： 　機材サービス利用 20万円/10日（レンタル） 　　・作業員、誘導員、荷重車等を含まず 耐荷性指標導出： 　都度見積	同機材での1日の最大計測実績は35橋
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	-
	自動制御の有無	自動制御なし	-
	利用形態：リース等の入手性	たわみ計測 　レンタルまたは業務委託 耐荷性指標導出 　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	出荷時に点検し、評価用モデルで動作確認を行う。	-
	その他	-	-

6. 図面

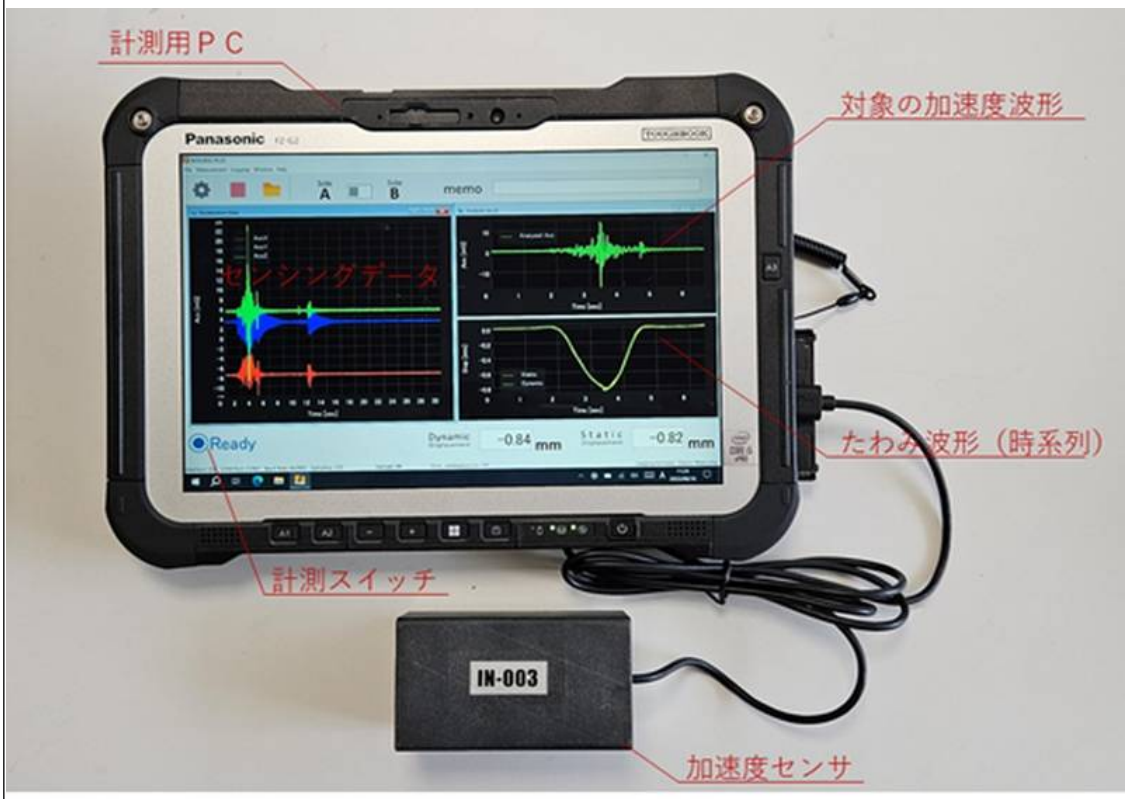


図-A　計測用PCとセンサ

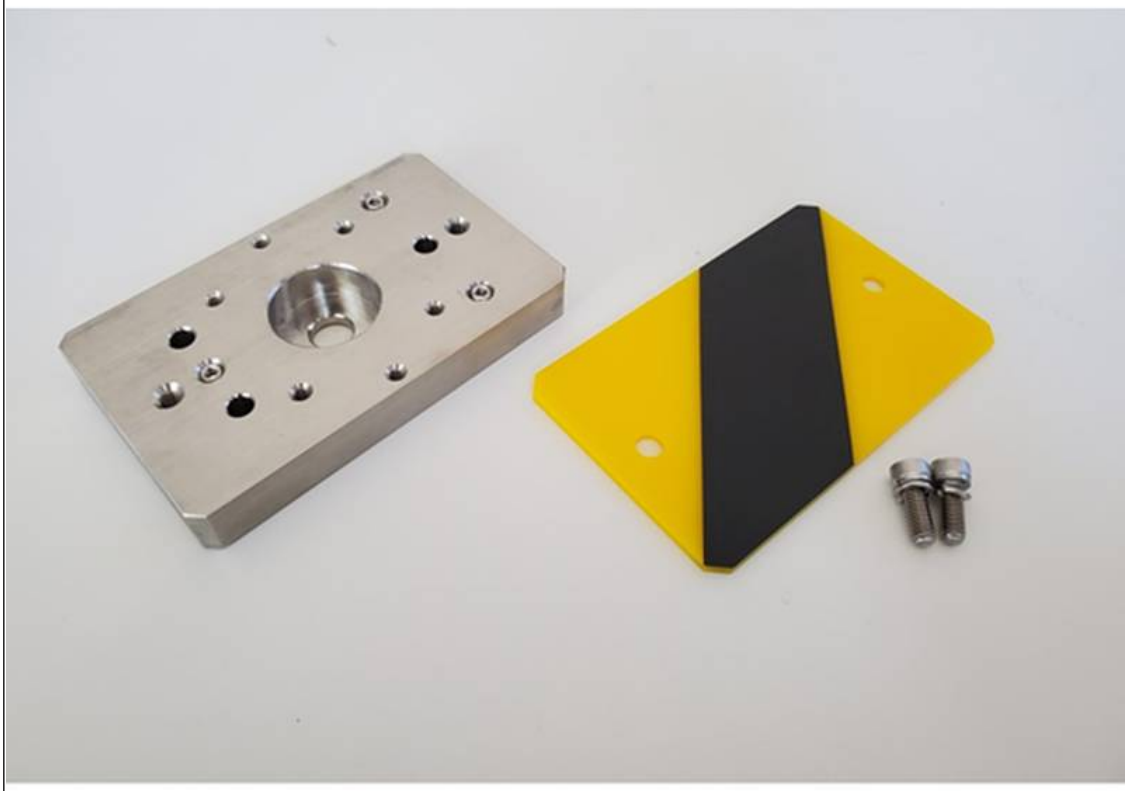


図-B　設置治具とカバープレート

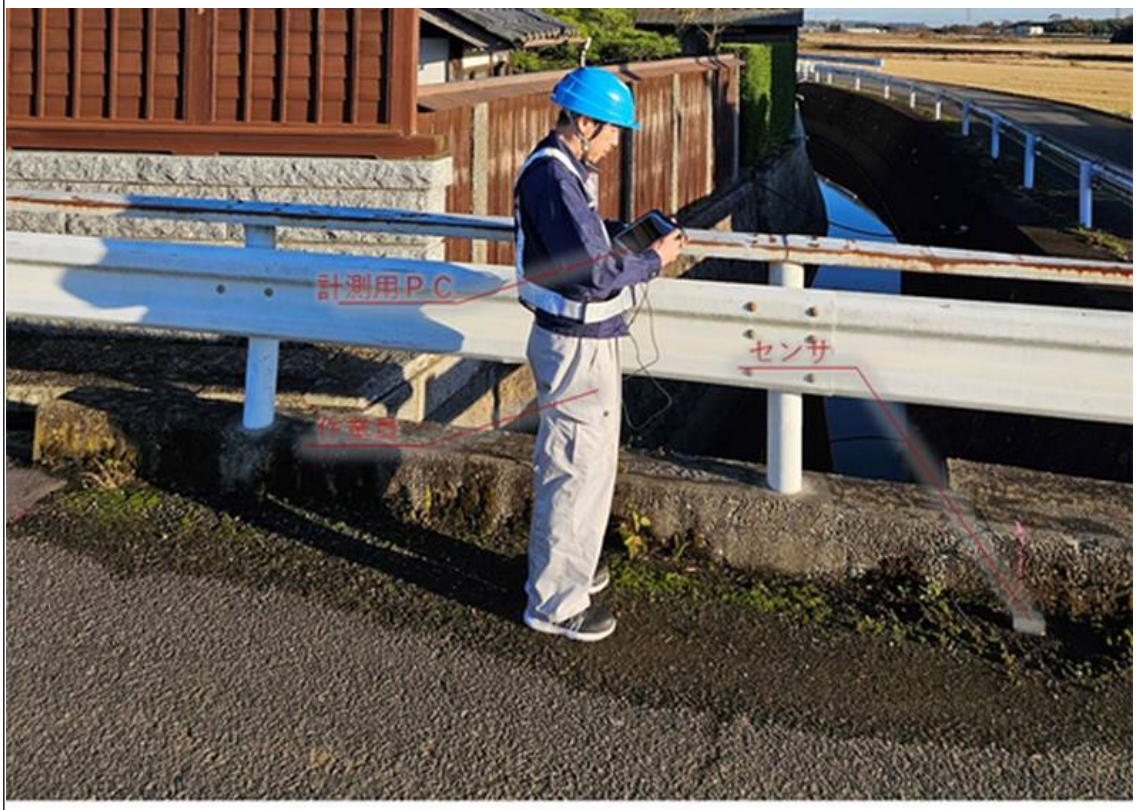


図-C　計測状況の例①

図-D　計測状況の例②