

計測・モニタリング技術(橋梁)

1. 基本事項

技術番号	BR030008-V0020		
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.120(計測部分)、ver.100(指標導出部分)	作成:	2020年3月
開発者	(株)TTES/日本工営(株)		
連絡先等	TEL: 03-3238-8113 TEL: 03-5724-4011	E-mail: a4043@n-koei.co.jp E-mail: suganuma@ttes.co.jp	日本工営(株) 松山公年 (株)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	<p>本技術は、橋梁の活荷重たわみを計測し、耐荷性に関する指標(たわみの経時変化量、たわみ比、たわみ形状)を導出する技術である。</p> <p>計測技術: ・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、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。</p> <p>指標導出技術: たわみ計測結果を用いて、たわみの経時変化量、たわみ比、たわみ形状の耐荷性に関わる指標を導出する。指標導出には、たわみの継続的な計測結果や橋梁諸元等の情報が必要となる。指標を使って詳細調査や対策を実施する橋梁のスクリーニングに活用する。</p>		
技術区分	対象部位	上部構造	
	検出原理	加速度	
	検出項目	たわみ (計測装置設置位置における鉛直方向の活荷重たわみ)	

2. 基本諸元

計測機器の構成	2種類の機器構成を有する。 1)IoT端末型 2)PC接続型 なお、両者の性能は同一である。		
	IoT端末型	PC接続型	
	本計測機器はIP65相当の小型筐体に電源(単3電池x3)、計測装置およびデータ収集・通信装置が搭載された一体構造である。計測したデータは装置内のmicroSDに保存される。保存されたデータは3G回線で、GNSS位置情報とともにクラウドサーバに転送される。クラウドサーバ上で加速度から活荷重たわみに変換されて、対象橋梁のデータベースに自動で紐付け・保存される。	本計測装置は、PC・データロガー・加速度センサで構成される。バッテリーから給電で可動する。PC画面上からの操作で、計測開始・計測終了を指示する。活荷重たわみの値もPC上で確認が可能である。	
移動装置	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		

計測・モニタリング技術(橋梁)

計測装置	設置方法	IoT端末型 【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(設置治具)を使用する。 ・専用のアタッチメントを使用する際は、計測装置をボルト・ナットで固定する。	PC接続型 同左
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・一体構造(電源、計測装置およびデータ収集・通信装置) 最大外形寸法(長さ125mm×幅75mm×高さ75mm) 最大重量(420g)	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) データロガー(バッテリー含む): 最大外形寸法(長さ200mm×幅160mm×高さ120mm)、最大重量950(g) センサ:センサ+センサ治具 最大外形寸法(長さ105mm×幅50mm×高さ50mm)、最大重量520(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-A351AS型版 (センサの内部設定変更あり)	3軸加速度センサ セイコーエプソン社製 M-A550AC20型版 (M-A351ASのCAN接続タイプ) (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。	同左
	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秒以内である。 ・桁形式は単純桁を対象とし、連続桁は適用外とする。	同左
	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。	同左
	計測プロセス	<ol style="list-style-type: none"> 対象橋梁に到着する。 降車、機材を運搬する。 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。 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。 交通状況を確認し計測ボタンを押して計測を開始する。 一時的に交通規制を行い、対象橋梁上に荷重車1台のみを通過させる。通過後に規制を解除する。 計測ボタンを再度押して計測を停止する。 自動的にデータ処理プロセスが開始する。 <ol style="list-style-type: none"> 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。 たわみ波形がIoT端末でクラウド画面に、PC接続型ではPC画面に表示されたことを確認する。 ※電波状況が悪い環境でIoT端末型を利用している場合には、後ほど電波状況がよい環境に移動した際に確認する。 計測機器撤収する。 次の対象橋梁へ移動する。(1.へ) <p>【処理フロー】</p>	
	IoT端末型	PC接続型	

計測・モニタリング技術(橋梁)

計測装置	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)	同左
	計測頻度	クラウドにデータ転送した後に計測可能 電波状態に依存するが5分程度	連続して計測可能
	耐久性	・IP65	パソコン: IP65 (ただしUSB接続部に保護必要) データロガー: センサ: IP65
	動力	・動力源: 電気式 ・電源供給容量: バッテリ ・定格容量: DC 4.5V 200mA (単三電池)、DC 5.0 V 150mA (USB電源)	パソコン: AC給電もしくはバッテリー (11.1V 4080mAh) データロガー: 12Vバッテリー駆動 加速度センサ: (データロガーから給電)
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・連続稼働時間600分 (10時間) 単三電池3本、外気温: 20°Cの場合	・連続稼働時間240分 (4時間) 外気温: 20°Cの場合の実績
データ収集・通信装置	設置方法	IoT端末型	PC接続型
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・計測装置と一体的な構造	通信装置を有しない
	データ収集・記録機能	記録メディア (microSDカード) に保存 計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータを3G回線でクラウドに転送、保存 ネット接続が確立できない場合には、記録メディアに保存し持ち帰り、事務所からクラウドに転送、保存が可能	PCに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	・通信方法 3G回線 ・通信規格 800MHz帯 ・通信速度 2Mbps	通信装置を有しない
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	・AmazonWebService準拠	通信装置を有しない
	動力	・動力源: 電気式 ・電源供給容量: バッテリ ・定格容量: DC 4.5V 200mA (単三電池)、DC 5.0 V 150mA (USB電源)	通信装置を有しない
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	・計測装置に搭載するバッテリーからの給電により連続10時間 (気温20°Cの場合) 使用可能	通信装置を有しない

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能(飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※		—
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※		—
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※		—
運動位置精度	検証の有無の記載 ※		—

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

計測・モニタリング技術(橋梁)

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	計測レンジ (測定範囲)	検証の有無の記載 ※	無	加速度計の性能を確保する温度条件:-25~+85°C	
		-1G~+1G (加速度計として精度保証範囲)			
	校正方法	デジタル出力のため該当仕様なし			
	感度	検出性能	検証の有無の記載 ※	無	加速度計の性能を確保する温度条件:-25~+85°C
			-5G~+5G (加速度計として動作レンジ(精度保証外))		
	検出感度	検証の有無の記載 ※	無	加速度計の性能を確保する温度条件:-25~+85°C	
		-5G~+5G (加速度計として動作レンジ(精度保証外))			
	S/N比	検証の有無の記載 ※	無	加速度計の性能を確保する温度条件:-25~+85°C	
		Max. 2 μ G/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 加速度計ノイズ密度として (25°C, Avg. 0.5Hz to 6Hz, 水平設置)			
	分解能	検証の有無の記載 ※	無	—	
	24bit				
計測精度	検証の有無の記載 ※	有	従来型の変位計と比較した際の誤差分布に基づき、標準偏差の3倍(3 σ)を算出した。 相対差は試験橋梁にて直接変位計と比較した結果である。		
	コンクリート橋梁 たわみMax=-0.26mmにおいて、誤差3 σ =0.02mm 鋼橋 たわみMax=-4.59mmにおいて、誤差3 σ =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 %				
計測速度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	—	—		
位置精度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	—	—		
色識別性能 (画像等から計測する場合)	検証の有無の記載 ※	—	—		

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

5. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
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	特に無し	—
	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	計測時にダンブ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。

計測・モニタリング技術(橋梁)

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
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、治具設置: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)	—
	操作場所	橋面上	—
	計測費用	計測:機材サービス利用 20万円/日(レンタル) 作業員、誘導員、荷重車、指標算出別 ※1日20橋実施した場合、約5万/橋 (たわみ計測、耐荷性指標算出含む) (たわみ比算出には格子解析が必要な場合がある)	同機材での1日の最大計測実績は30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	レンタル または 業務委託(たわみ計測、耐荷性指標導出)	—
	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-1 計測端末



図-2 設置補助治具