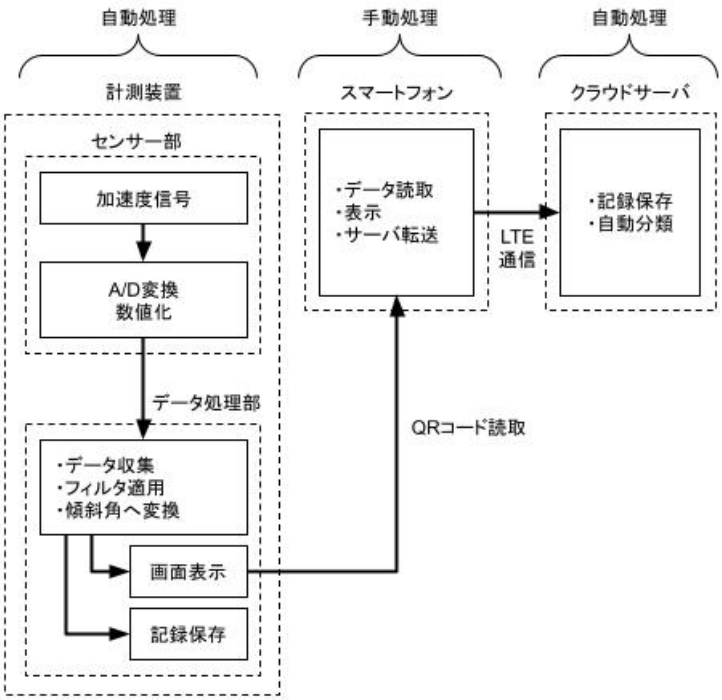
1. 基本事項

技術番号		BR030035−V0425				
技術名		携帯型高精度傾斜測定装置				
技術バージョン		1			作成：	2025年3月
開発者		株式会社TTES				
連絡先等		TEL：	03-5724-4011	E-mail：	info@ttes.co.jp	株式会社TTES 菅沼　久忠
現有台数・基地		10台		基地	東京都目黒区	
技術概要		本技術は、橋梁基礎の洗堀等によって生じる、橋梁下部構造の微小な傾斜変化を測定することを目的とした技術である。 計測装置は、持ち運んで複数の管理対象物を計測することを目的として専用に開発しており、小型軽量である。 測定データは、日時、位置情報とともに装置内メモリカードに保存される。さらに、専用アプリケーションをインストールしたスマートフォンを用いることにより、GISでデータ管理が可能なクラウドサービスに測定データを伝送・分類し、データ整理の省力化を実現する。				
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	㉕沈下・移動・傾斜 ㉖洗掘			
	検出原理	重力加速度				
	検出項目	傾斜角（被測定平面上の直交する2方向の傾斜角）				

2. 基本諸元

計測機器の構成			・計測装置 ・スマートフォン（専用アプリケーションをインストール） ・ベースプレート ・ベースプレートカバー（ベースプレートの保護が必要な場合） ・QRコードプレート ・クラウドシステム
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		【人力】 小型軽量の計測装置を人力で持ち運び、計測部位に置く。
	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85mm×幅85mm×高さ50mm）、最大重量（700gf） ベースプレート：最大外形寸法（長さ100mm×幅100mm×高さ15mm）、最大重量（200gf）
	センシングデバイス		3軸加速度センサ　セイコーエプソン製　M-A352AD10
	計測原理		計測部位に計測装置を置き、3軸加速度センサで重力加速度を計測する。計測した重力加速度から傾斜角を算出する。 測定前には、必要に応じて計測装置のキャリブレーションを行う。キャリブレーションは、ベースプレート上で、計測装置に組み込まれているキャリブレーション機能によって行う。キャリブレーションの所要時間は1分以内である。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・ベースプレートを使用する場合、計測場所にベースプレートを固定できる必要がある。 ・測定者が計測装置を持って計測部位に近接でき、計測装置を計測部位に置くことができる必要がある。 ・動的振動はフィルタリングにより除去しているため，常時微動下でも使用可能である。 ・±45度の傾斜の範囲内で計測可能である。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・ベースプレートを使用する場合、繰り返し測定精度を確保するため、計測装置本体のガイドをベースプレートに押し当てて設置する必要がある。 ・ベースプレート上に異物があると誤差要因となる。 ・平面精度の低い設置面上では、計測位置が異なると表面の凹凸を計測装置が拾い、誤差要因となる。 ・加速度センサの温度依存性が誤差要因となる（キャリブレーションで補正可能）。
	計測プロセス		事前準備：　必要に応じ、各計測部位にベースプレートを固定する。 ①計測装置を持って計測場所に移動する。 ②計測装置の電源を投入する。 ③必要に応じ、計測装置のキャリブレーションを行う。 ④計測部位に計測装置を置き、傾斜測定を行う。 ⑤画面上に表示される測定結果を確認する。 ⑥スマートフォンでQRコードプレートを読み取り、計測位置を特定する。 ⑦スマートフォンで画面上のQRコードを読み取り、測定データをクラウドサーバにアップロードする。（※クラウドサービス利用時） ⑧次の計測場所へ移動する。 ⑨計測場所毎に上記①～⑧の操作を行う。 【計測フロー】

		
	アウトプット	・傾斜測定値と計測実施日時、位置情報をまとめたデータはCSVファイルにてマイクロSDカードに保存される。また、クラウドサービス利用時は、スマートフォン用アプリを用いることでクラウドサーバにデータが保存され、ブラウザ上で閲覧およびCSV形式で出力することができる。 ・現地計測に要する時間は、計測準備・キャリブレーションに10分、計測に1分、データ確認に1分、機器の撤去に1分程度を要する。
	計測頻度	-
	耐久性	-
	動力	・計測装置内にリチウムイオンバッテリーを内蔵 ・USB Type-C端子から充電可能
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	10時間（外気温：25℃の場合）
データ収集・通信装置	**設置方法**	データ記録機能は計測装置に内蔵されている。 クラウドサービスを利用する場合の通信装置は、専用アプリケーションをインストールしたスマートフォンを使用する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	使用するスマートフォンによる。
	データ収集・記録機能	・計測装置に挿入した記録メディア（マイクロSDカード）に保存。 ・計測実施後、計測装置の画面に表示されるQRコードをスマートフォンの専用アプリケーションで読み取り、計測データをインターネット経由でクラウドサービスに転送・保存。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	・通信方法　LTE
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	Amazon Web Services に準拠
	動力	・電源用仮設備は不要
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	使用するスマートフォンによる。

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
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（単位：度） 0.005　0.008　0.010	・サイン台、ブロックゲージによる計測精度試験結果（2021.8.30 計測実施） ①リファレンスデータ取得装置：　サイン台(NG102)、ブロックゲージ(BM3-32-2) ②本装置 ・計測結果（単位：度） 1回目　2回目　3回目 ① 2.866　5.739　8.627 ② 2.871　5.747　8.637 ・計測誤差（単位：度） 0.005　0.008　0.010
			標準試験値	標準試験方法　振動特性　洗堀（2020） 実施年　2021年 ・計測誤差（単位：度） 0.04　0.01　-0.01	・福島ロボットテストフィールドにおける計測精度試験結果 ①リファレンスデータ取得装置：　デジタル傾斜計（Pro3600） ②本装置 ・計測結果（単位：度） 1回目　2回目　3回目 ① 8.99　3.03　-6.00 ② 9.03　3.04　-5.99 ・計測誤差（単位：度） 0.04　0.01　-0.01
	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	①-1G～+1G ②-45度～+45度	上段①-1G～+1G （加速度計として精度保証範囲） 下段②-45度～+45度 （傾斜角測定範囲） ・加速度計の性能を確保する温度条件：-25～+85℃
	感度	校正方法	-		-
		検出性能	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・-5G～+5G	・加速度計としての動作レンジ（精度保証外） ・加速度計の性能を確保する温度条件：-25～+85℃
		検出感度	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・-5G～+5G	・加速度計としての動作レンジ（精度保証外） ・加速度計の性能を確保する温度条件：-25～+85℃
			性能確認シートの有無　※	無	

	S/N比	性能値	Max. 2μG/√Hz 加速度計ノイズ密度として （25℃,Avg.0.5Hzto6Hz,水平設置）	・加速度計の性能を確保する温度条件：-25～+85℃
	分解能	性能確認シートの有無　※	無	
		性能値	①0.06uG ②0.01度	上段①0.06uG （加速度計としての分解能） 下段0.01度 （傾斜角分解能） ・加速度計の性能を確保する温度条件：-25～+85℃

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項（その1）

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	道路幅員条件	-	-
	桁下条件	-	-
	周辺条件	橋脚、橋台上部等の計測部位に本計測機器を設置できるスペースがあること。 設置物サイズ： 計測装置：最大外形寸法（長さ85mm×幅85mm×高さ40mm） ベースプレート：最大外形寸法（長さ100mm×幅100mm×高さ15mm） QRコードプレート：最大外形寸法（長さ60mm×幅40mm×高さ1mm）	-
	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	-	-
	その他	温度条件：0℃～40℃	-

5. 留意事項（その2）

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	計測装置の取扱説明書を事前に確認	-
	必要構成人員数	計測者：1名	-
	作業ヤード・操作場所	計測部位近傍	-
	計測費用	計測装置利用料（レンタル）：　5万円／月・台 ベースプレート、QRコードプレート　各1枚（販売）：　1．4万円 （いずれも税抜価格。2025.1現在）	・スマートフォンはiPhoneのみ対応(2025.1現在) ・iPhoneはレンタル可。レンタル料が別途必要。 ・クラウドサービス利用時は、クラウドサービス利用料が別途必要。
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	-
	自動制御の有無	自動制御無し	-
	利用形態：リース等の入手性	レンタル	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	不具合時は代替品と交換	-
	センシングデバイスの点検	出荷時に点検を行う	-
	その他	-	-

6. 図面

図１　計測装置概要

- 小型(85mmx85mmx50mm)
- 高精度加速度センサ搭載
- Liイオンバッテリ搭載
- USB-Cコネクタにて充電可
- 防水(IPx7相当)
- microSDスロット搭載
- 計測データを簡易にクラウド連携できる、QRコードを利用したインターフェース搭載（専用スマホアプリ使用）

図２　計測機器構成

・計測装置
一体構造（電源、センサー部、データ処理部）で小型軽量であり、単体で計測操作が可能である。リチウムイオンバッテリー、マイクロSDカードスロットおよびUSB Type-C端子を備え、マイクロSDカードへ測定データを保存し、USB Type-C端子からの充電が可能である。

・スマートフォン
専用アプリケーションをインストールしたもので、測定データをクラウドサービスへアップロードする際に用いる。

・ベースプレート
計測場所毎に設置する。ベースプレートを、計測装置の位置と向きを決定するガイドとすることで、繰り返し測定精度を確保する。

・ベースプレート用カバー
測定時以外はベースプレート用カバーを設置しておき、ベースプレートの表面を保護する。

・QRコードプレート
計測位置を登録したQRコードタグで、スマートフォンの専用アプリケーションで読み取ることで、予め登録してある計測位置を読み出すことができる。

図３　使用方法

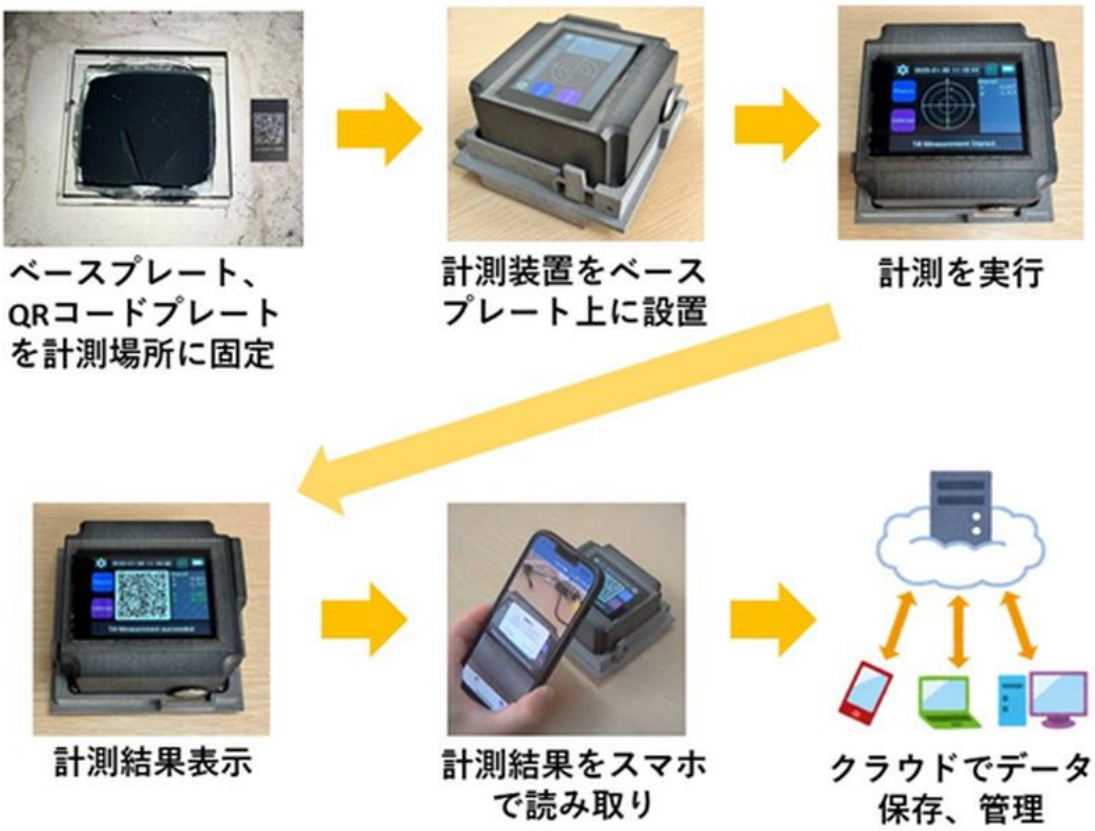


図４　クラウド画面

計測データの時系列グラフ

計測時の写真