

## 1. 基本事項

技術番号	BR020023-V0123		
技術名	壁面走行ロボットを用いたコンクリート点検システム(うき)		
技術バージョン	Ver.1.0	作成:	2023/2/27
開発者	非破壊検査(株)/青木あすなろ建設(株)		
連絡先等	TEL: 06-6539-5823	E-mail: mori@hihakaisensa.co.jp	非破壊検査(株)技術本部 森 雅司
現有台数・基地	1台	基地	大阪市西区北堀江
技術概要	本技術は、撮影機能と打音機能を有する壁面走行ロボットを用いてコンクリート構造物の壁面を点検する技術である。 この吸着型壁面走行ロボットの操作は、落下防止用としてワイヤ等(落下防止装置)を設置した状態で遠隔で操作する。		
技術区分	対象部位	下部構造(橋脚,橋台)	
	損傷の種類	鋼	
		コンクリート	⑫うき
		その他	
		共通	
	検出原理	打音	
検出項目	音圧		

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロボット(壁面走行ロボット、コントロールボックス、メインケーブル(電源、通信用)、落下防止装置)</li> <li>・トータルステーション</li> <li>・制御PC</li> <li>・落下防止装置の付帯品(ベルトスリング、滑車、カラビナ等)</li> <li>・発電機(周辺に電源がない場合)</li> </ul>	
移動装置	機体名称	—	
	移動原理	【接触型】 壁面走行ロボットは吸着機構により、構造物に対する吸着力で自重を支える機構を有し、構造物上を移動できる範囲で検査対象場所にアプローチするもの	
	運動制御機構	通信	・有線(LANケーブル)
		測位	・トータルステーションの自動追尾機能
		自律機能	・自律機能はなし (壁面走行ロボットの位置及び傾きの情報は得ている)
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	・移動装置:最大外形寸法(長さ700mm×幅530mm×高さ480mm)、最大重量(21kg)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・最大重量(25kg)	
動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発電機などの仮設電源が必要</li> <li>・動力源:電気式</li> <li>・電源供給容量:発電機など、AC100V、3.0kVA</li> <li>・移動装置への電源供給方法:有線</li> </ul>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・時間制限なし		
計測装置	設置方法	・移動装置の上部に計測装置をボルト・ナットにより取付を行う。計測装置には移動装置に設置するためのアタッチメントが付属している。	
	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940mm×幅530mm×高さ450mm)、最大重量(19kg) ・カメラ機構と一体構造	
	センシングデバイス	打音機構 ・打撃装置: 自社製 機械式打撃マルチ(3連)型 ハンマー重量は1/2ポンド ・マイク: オーディオテクニカ社製 型番AT9912	
	計測原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定部分において金属の打撃子による機械式打撃を与え、発生する音(音響信号)をマイクで收音し、内蔵装置でA/D変換し、有線にてPCに伝送する。PCにてA/D変換された信号に対しFFTなどの処理を実施し、トータルステーションによる位置情報と組み合わせ、PC画面上に検査範囲の音の変化(健全か異常か)を2次元的にマッピングする。</li> <li>・打音検査のキャリブレーションは点検開始前に検査員が点検ハンマーで健全部を探し、その部位の打音信号を健全データとし、他の打音信号との相対変化を画像化して評価する。</li> </ul>	
	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"> <li>・測定面の凹凸は10mm以下とする。</li> <li>・測定面の曲率は直径8.1m以上とする。</li> <li>・対象物の最上部から1mは計測不可範囲となる。</li> </ul>	
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・打音信号が表示範囲を超えないよう音響波形を確認する必要がある。</li> <li>・測定面にコーティングがある場合は、検出精度の低下に留意する必要がある。(事前に調査し、適用の可否を判断する。)</li> <li>・打音信号にはコンクリートの特性や劣化状態などが影響すると考えられ、状況によっては測定面の画像と対比させて評価する必要がある。</li> </ul>	
	計測プロセス	<ol style="list-style-type: none"> <li>①計測装置操作者が打音機構を動作させ、ロボット操作者がロボットを走行させる。打音機構により連続的に発生する打音をマイクで收音し、A/D変換器にてデジタル信号に変換した後、データ収集・通信装置でPCに伝送する。</li> <li>②PCに伝送した打音信号は、ロボットの位置情報とリンクし収録する。</li> <li>③収録された打音信号はFFTなどの処理を行い、PC画面上に検査範囲の音の変化(健全か異常か)を2次元的にマッピングするとともにこれらのデータを保存する。</li> </ol> <pre>             graph LR             subgraph Manual1 [手動処理]             A[走行操作] --&gt; B[マイク測定]             end             subgraph Auto [自動処理]             B --&gt; C[A/D変換]             C --&gt; D[PCに収録]             end             subgraph SemiAuto [半自動処理]             D --&gt; E["①収録したデータをFFTなどの処理を行う ②事前に確認した健全部位のデータと比較し、音の違いを2次元マッピング"]             end             subgraph Manual2 [手動処理]             E --&gt; F["マッピング画像を図面に貼り付け記録作成"]             end             A --&gt; B             B --&gt; C             C --&gt; D             D --&gt; E             E --&gt; F             </pre>	
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検査範囲の打音の変化(健全か異常か)を2次元的にマッピングし、その結果を図面等に貼り付けて記録する。</li> <li>・データ出力はPDF形式である。</li> </ul>	
	耐久性	防水、防塵性能は未確認	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発電機などの仮設電源より電源供給</li> <li>・計測装置への電源供給方法:有線</li> </ul>	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・時間制限なし		

データ収集・通信装置	設置方法	・移動装置の上部にデータ収集・通信装置(計測装置と一体)をボルト・ナットにより取付を行う。データ収集・通信装置には移動装置に設置するためのアタッチメントが付属している。
	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940mm×幅530mm×高さ450mm)、最大重量(19kg) ・カメラ機構と一体構造
	データ収集・記録機能	・計測機器で収集したデータを有線で地上の制御PC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)	・通信方法 有線(LANケーブル) ・通信規格 Ethernet ・通信距離 0m~100m
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—
	動力	・計測装置より電源供給
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	・時間制限なし

## 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 ※	無	
	性能値	【接触型】 最小断面寸法:縦1m×横1m	・本体寸法:長さ1000mm×幅530mm×高さ630mm ・進入可能な空間の最小断面寸法:縦1m×横1m
	標準試験値	未検証	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	・100m	ケーブル長さ:最大100m
	標準試験値	未検証	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
	性能値	・距離精度:±(1.5mm+2ppm×D) (D:測定距離)	トータルステーションの設置位置や距離により位置精度は異なる。 トータルステーションSX-105T 角度精度:5" 距離精度(D:測定距離):±(1.5mm+2ppm×D)
	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 ※	無		
		性能値	移動速度:最大64mm/s	—	
		標準試験値	・0.016m/s	・風速: 10m/s	
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	無		
		性能値	検出率(%)=66.6% 的中率(%)=100%	模擬うきサイズ150mm角、200mm角、300mm角をそれぞれ深さ50mm、75mm、100mmに配置したコンクリート供試体で検証	
		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	トータルステーションSX-105T 角度精度:5" 距離精度(D:測定距離): ±(1.5mm+2ppm×D)	トータルステーションの設置位置や距離により位置精度は異なる	
		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 ※	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	打音信号 電圧:±5V 周波数特性:70~16,000Hz	—	
	感度	校正方法	キャリブレーションは点検開始前に検査員が点検ハンマーで健全部を探し、その部位の打音信号を健全データとする。		—
		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 ※	無	
			性能値	・-39dB	・マイク感度:-39dB
	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	12bit	A/D変換12bit サンプリング周波数:100kHzで集音		

※「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:制限なし 歩道:制限なし	—
	桁下条件	桁下高:100m未満 桁下に1m×5mのスペースが確保できること	—
	周辺条件	落下防止ワイヤーが設置できること 対象物が円柱の場合、直径8.1m以上であること	—
	安全面への配慮	壁面走行ロボットの落下防止用としてワイヤー等を設置する 計測中は作業員以外は立入禁止	—
	無線等使用における混線等対策	状況によりトランシーバーを使用することがある	—
	道路規制条件	道路の規制無	—
	塗装剤条件	測定面が塗装されている場合は、検出精度の低下に留意する必要がある (事前に調査し、適用の可否を判断する)	—
	躯体条件	構造物の表面は平滑で凹凸は10mm以下であること 躯体が円柱の場合、直径8.1m以上であること	—
	躯体温度条件	0~40℃	—
	その他	降雨、降雪時は適用不可	—

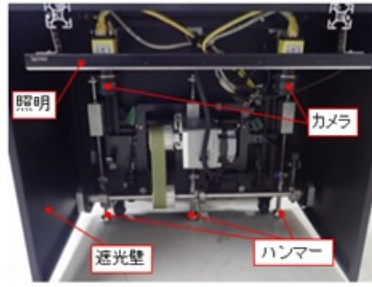
## 5. 留意事項(その2)

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	本技術に習熟している者	—
	必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人、データ監視1人、補助員1人 合計4名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	社内トレーニング受講者	—
	作業ヤード・操作場所	作業ヤード範囲:1m×5m 操作場所:装置が目視できる場所	—
	点検費用	【橋梁条件】 橋種 [コンクリート橋] 高さ:30m 幅:7 m 部位・部材:コンクリート橋脚の柱部 活用範囲:210m <sup>2</sup> 検出項目:うき 現地作業:1日(解析含む) <費用> 合計 420,200円	ひびわれの検出も同時に実施 ※諸経費は含まない
	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	自律制御無	—
	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	装置の故障時は修理	—
	センシングデバイスの点検	自社による定期点検及び使用前点検	—
その他	適用の可否は図面や現場の確認を行い判断する	—	

## 6. 図面



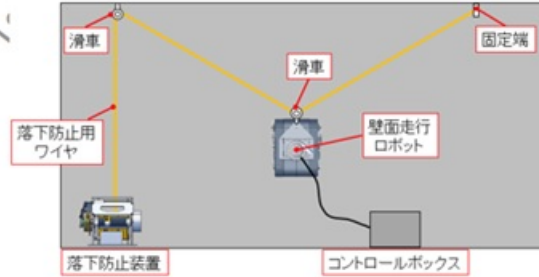
装置概要  
長さ1000mm×幅530mm×高さ630mm



計測装置  
カメラ:2台、ハンマー×マイク:3セット



点検実施状況



落下防止設置イメージ

動画URL

<https://www.hihakaikensa.co.jp/technologies/robot.html>