

1. 基本事項

技術番号	TN020014-V0022		
技術名	ハンマ打撃によるコンクリートの非破壊検査装置CTS		
技術バージョン	ver.4	作成: 2022 年 5 月	
開発者	日東建設株式会社		
連絡先等	TEL: 011-874-6200	E-mail: okamoto@nittokensetsu.co.jp	技術開発部 岡本 真
現有台数・基地	7台(自社保有デモ機)	基地	北海道紋別郡雄武町 ※当社販売店やリース・レンタル会社でも保有
技術概要	<p>CTSは、加速度計を内蔵したハンマでコンクリートを打撃したときの打撃応答波形を測定・解析することにより、非破壊でコンクリートの圧縮強度や、表面近傍(表面から50mm程度まで)のうき・はく離および表面の劣化度合い(塑性化等)を検知するコンクリート用の計測器である。</p> <p>本計測器により、推定強度(STR値)、表面劣化度合い(INDX値)および表面剥離指標値(STAT値)が得られる。うき・はく離の検査を行う場合、このうちSTR値を用いた各測定点での相対比較によりその評価を行う。計測結果は即座に本体ディスプレイ上に表示され、データ整理は表計算ソフトを用いて行う。</p>		
技術区分	対象部位	覆工の横断目地/覆工の水平打継ぎ目/覆工天端/その他覆工面/坑門	
	変状の種類	本体内におけるうき/はく離/表面近くの空洞	
	物理原理	機械インピーダンス(構造および物質の移動抵抗)	
	検出項目	ハンマが打撃対象物に貫入する際の機械インピーダンスと反発する際の機械インピーダンス。	

2. 基本諸元

計測機器の構成	<ul style="list-style-type: none"> ・本計測器は、打撃装置、AD変換機、およびデータの解析・表示・保存を行う記録装置(制御用コンピュータ)が一体構造で構成された計測器である。 ・本計測器は、打撃装置と専用の本体装置で構成された専用機型と、汎用のPCを制御用コンピュータとして活用する汎用機型の2つのタイプがある。 		
移動装置	移動原理	<p>【人力】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・打音検査と同様、測定対象に近接しハンマによる打撃を行う。 	
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> ・一体構造(①専用機型):測定装置(108 x 169 x 42mm)、打撃装置(380g) ・一体構造(②汎用機型):USBデバイス(106 x 40 x 11mm)、打撃装置(380g)、PC(メーカー、型式による) 	

移動装置	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	・移動装置と一体的な構造
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	センシングデバイス	・打撃装置 自社開発【接触タイプ】
	計測原理	・打撃装置により打撃を行い、得られた打撃応答波形から機械インピーダンス値を算出し圧縮強度の推定を行う。計測された打撃応答波形は、波形が最大値に至る前半部分(貫入過程)と後半部分(反発過程)に分けることができる。貫入過程では、コンクリート表面の塑性変形の影響を強く受けるが、反発過程では、コンクリートの弾性変形の復元によってハンマが反発するため、塑性変形の影響を受けづらい。本計測器では、コンクリート表面の塑性変形の影響を避けるため、反発過程の機械インピーダンス値を用いて圧縮強度を推定する。 また、貫入過程と反発過程の機械インピーダンスの比から表面の劣化度合いを、波形のローカルピーク数から骨材はく離の状況などを推定できる。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	・測定対象をハンマで直接打撃する必要があるため、計測部位に近接できる必要がある。 ・コンクリート表面に大きな凹凸があると正しく計測できない可能性がある。 ・打撃装置がコンクリート表面に対して垂直になるよう注意しながら打撃を行う。 ・極端な低温環境下(-5℃以下)では、電子機器の保護が必要な場合がある。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・コンクリートはバラツキの多い材料であり、同一測定点で複数回の測定を行い平均値を求め評価を行う。
計測プロセス	① コンクリート表面に対して打撃装置が垂直になるよう打撃する (明らかな打撃ミスや異常な波形が測定された場合は再度測定を行う。) ② ハンマに内蔵された加速度計の信号をA/D変換。 ③ 信号を解析し、各種指標値の算出 ④ ディスプレイ上に各数値を表示しデータを保存 ⑤ 計測結果を人間が確認、異常の有無を判断 【処理フロー】	
	計測プロセス	
アウトプット	【専用機型】 ・各種指標値をテキストデータで出力。 ・データ出力形式はCSV。 【汎用機型】 ・打撃応答波形を時系列データとして出力。 ・各種指標値をテキストデータで出力。 ・データ出力形式はCSV。	

計測装置	耐久性	-
	動力	<p>【専用機型】 動力源:電気式 電源供給方法:単三乾電池4本</p> <p>【汎用機型】 動力源:電気式 電源供給方法:USBバスパワー(PCの内蔵バッテリーに依存)</p>
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<p>①専用機型:12時間(カタログ値)</p> <p>②汎用機型:PCの内蔵バッテリーに依存(概ね6時間【外気温20℃】)</p>
データ収集・記録装置	設置方法	・移動装置と一体的な構造
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	<p>【専用機型】 計測装置内に保存。計測終了後、PCに出力保存。</p> <p>【汎用機型】 汎用機型:PCのハードディスクに保存。</p>
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	<p>・通信方法:有線(USBケーブル)</p> <p>※①専用機型の場合</p>
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	<p>【専用機型】 動力源:電気式 電源供給方法:単三乾電池4本</p> <p>【汎用機型】 動力源:電気式 電源供給方法:USBバスパワー(PCの内蔵バッテリーに依存)</p>
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-

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
適用可能なトンネルの最小寸法	・人が点検可能なスペース (打音検査が行える程度のスペース)	—
適用可能なトンネルの最大寸法	・人が点検可能な作業床を設置し近接できれば適用可能	—
障害物回避	・装置そのものがトンネル内付属物と干渉する事はない。	—

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
計測精度	性能確認シートの有無 ※ 有 標準試験方法(2020) 実施年 2022年 表面近傍(深さ10mm~50mm)に空洞を模したコンクリート供試体計16体を対象に測定を実施。 ※本実験の計測対象箇所に目地部は含まない。 検出率=0.512 的中率=0.943 $\text{検出率} = \frac{\text{正解個数のうち技術で検出できた個数}}{\text{打音異常の正解個数}}$ $\text{的中率} = \frac{\text{当該技術で検出した打音異常のうち正解個数}}{\text{技術で検出した個数(誤検出数含む)}}$	・コンクリート表面に大きな凹凸があると正しく計測できない可能性がある。 ・測定対象をハンマで直接打撃する必要があり、表面被覆等の処理が施されている場合、被覆厚や材料によっては測定ができない。 ・測定面とハンマの衝突時の打撃角度が±10度程度に収まるよう注意しながら打撃を行う。
計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※ 無	
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	

※「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(適用条件等)
点検時 現場条件	作業範囲	・手の届く範囲	—
	安全面への配慮	・ヘルメット、安全帯の着用	—
	無線等使用における混線等対策	・特になし	—
	交通規制の要否	・要(高所作業車を使用する場合)	—
	交通規制の範囲	・交通規制を行う場合は「片側車線」 ・交通規制を行わない場合は「不要」	—
	現地への運搬方法	・専用の収納ケースに収納し、人による運搬	—
	気温条件	・特になし。ただし、極端な低温環境下(-5℃以下)では、電子機器の保護が必要な場合がある。	—
	トンネル延長の制約	・特になし	—
	車線数の制約	・特になし	—
	断面形状の制約	・コンクリート厚さ100mm以上	—
その他	・すす汚れがある場合の作業の可否:可	—	

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・特になし	—
	必要構成人員数	点検員1人、点検補助員1人	—
	操作に必要な資格等の有無	・特になし	—
	操作場所	・作業ヤード: 否	—
	計測費用	測定数量: 3250点 ※測定用足場、高所作業車、交通規制の費用は別途 外業: 84,800円(コンクリート表面処理、測点マーキング含む) 内業: 70,500円	—
	計測作業日数	計測作業日数: 1日	計測作業日数算定上の条件 ・片側交互通行が可能である事 ・測定範囲は地上から2m程度の高さまで(手を伸ばして届く範囲)。それ以上の高さの場合は高所作業車を使用する。 ・トンネル半径および延長は無制限 注: 作業日数は測定点数により異なる

作業条件・運用条件	保険の有無、保障範囲、費用	・加入済み、保証範囲:対人・対物 保証金額:1億円	
	時間帯(夜間作業の可否)	・特になし	—
	計測時の走行速度条件	・特になし	—
	渋滞時の計測可否	・特になし	—
	車両から覆工表面までの距離条件	・特になし	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	・特になし	—
	可搬性(寸法・重量)	【①専用機型】 測定装置(108mm x 69mm x 42mm)、打撃装置(380g) ※収納ケース収納時(400mm x 120mm x 270mm、4kg) 【②汎用機型】 USBデバイス(106mm x 40mm x 11mm)、打撃装置(380g)、 PC(メーカー、型式による) ※収納ケース収納時(390mm x 130mm x 240mm、4kg)	—
	自動制御の有無	・無	—
	利用形態:リース等の入手性	・購入、レンタル	—
	関係機関への手続きの必要性	・高所作業車等を使用する場合交通規制を必要とするため、トンネル管理者及び警察との協議を要する。	—
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト:自社開発ソフトを使用 ・必要作業:表計算ソフトによるデータ整理	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・有(製造元あるいは販売店へ連絡)	—
センシングデバイスの点検	・1年に1回あるいは50,000打撃に1回、製造メーカーによる定期点検	—	

作業条件・運用条件	その他	<p>【特許状況】 ・装置価格に含まれる</p> <p>【気象条件】 ・雨天作業時は装置が濡れないよう注意する</p> <p>【作業条件】 ・トンネル上部の計測には高所作業車等が必要である。</p> <p>【適用できない(適用できなかった)条件等】 ・障害物などにより十分な打撃力でハンマ打撃を行えない場合は計測が困難。</p>	—
-----------	-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

6. 図面

① 専用機型

計測装置
(108 x 169 x 42mm)

打撃装置 (380g)

測定画面

② 汎用機型

AD変換機
(106 x 40 x 11mm)

タブレットPC (Windows OS)

打撃装置 (上記打撃装置と同じ)

測定点	X座標	Y座標	打撃数	圧力 [N/mm ²]	打撃力[MJ]	劣化	割罫	Vel[m/s]	Wln[m]
1	38.40	7.72	1.107	00-00	1.28	1.25			
2	38.72	8.28	1.103	00-00	1.47	1.34			
3									

測定画面

測定状況