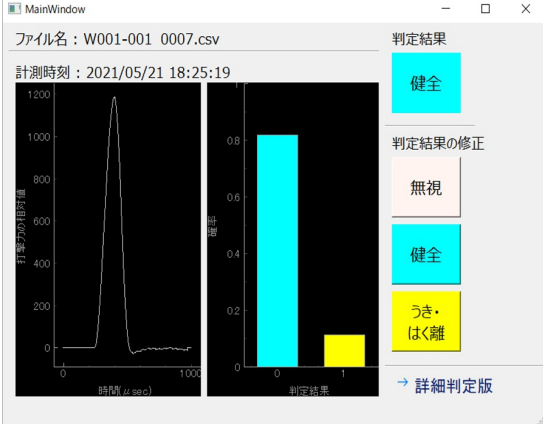


1. 基本事項

技術番号		TN020021-V0023		
技術名		AIを用いた打音検査解析によるコンクリートの診断システム		
技術バージョン		ver.1.0	作成:	2023年3月
開発者		応用地質株式会社／株式会社アイティエス		
連絡先等		TEL: 048-652-4956	E-mail: oyo-mainte-tn2021@oyonet.oyo.co.jp	技術部/事業企画部
現有台数・基地		4台	基地	埼玉県さいたま市北区土呂町2-61-5
技術概要		道路トンネルなどインフラ構造物における、コンクリートの状態把握に伴う打音検査について、打音ハンマーの打撃波形をAIによって解析し、コンクリートの状態を自動判定する技術である。 打音ハンマー（CTS）で打撃を行い、打撃力の波形をグラフ化と「健全」「劣化」「うき・はく離」で判定し、本体ディスプレイ上に、リアルタイムで表示する。また、打撃力の波形をAIにて分析し、トンネルの覆工コンクリートにおける状態を自動的に判定するシステムである。 なお、CTSとは、加速度計を内蔵したハンマーであり、コンクリートを打撃した際の打撃応答波形を測定・解析することで、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）を非破壊で検知可能なコンクリート用の計測器である。 		
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 内装板 坑門		
	損傷の種類	本体工におけるうき はく離 劣化 巻厚の不足または減少 表面近くの空洞、ならびに附属物本体・取付部材等の緩み		
	物理原理			
	検出項目			

2. 基本諸元

計測機器の構成		・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(コンピュータ)が一体構造で構成された計測器である。 ・データ収録はパソコン(タブレット)で行う。
移動装置	移動原理	【人力】 ・打音検査と同様に、覆工表面など測定対象に近接してハンマーによる打撃を行う。
	外形寸法・重量	・一体構造：測定装置(108 x 169 x 42mm)、打撃装置(380g)、USBデバイス(106×40×11mm)、パソコン(タブレット)
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	—
	動力	— (データ収録用パソコンによる)
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	— (データ収録用パソコンによる)
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 日東建設社製【接触タイプ】 記録装置 自社開発
	計測原理	・打音ハンマー(CTS)は打撃装置による打撃から得られた打撃応答波形より、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ーが反発するため、塑性変形の影響を受けづらい。本計測器で用いるハンマーは、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。 ・この打音ハンマー(CTS)で得た打撃応答波形をAIで解析することで、「健全」「劣化」「うき・はく離」を判定する。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	・測定対象を打音ハンマーで直接打撃する必要があるため、計測部位に近接する必要がある。 ・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を実施 (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ディスプレイ上に打撃波形とAI診断結果(「健全」「劣化」「うき・はく離」)を表示 ③計測結果を人間が確認、異常の有無を判断 計測開始 計測プロセス ① 打撃装置によりコンクリート表面を打撃 ② 信号処理 ③ 出力および記録保存 ④ 計測結果を人間が確認 ⑤ 異常の有無を判断
アウトプット	アウトプット	・打撃応答波形を時系列データとして出力する。 ・各種指標値をテキストデータで出力する。 ・データ出力形式はCSVである。
	耐久性	—

	動力	動力源:電気式 電源供給方法:データ収録用パソコン(USBバスパワー)
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	専用機型:データ収録用パソコンの性能による
データ収集・通信装置	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	データ収録用パソコンに保存する。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	通信方法:有線(USBケーブル)
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	データ収録用パソコンによる
	動力	CTSとデータ収録用パソコンをUSBケーブルで接続し、データ通信および動力を確保する。
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	データ収録用パソコンによる

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
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	・人が近接できれば適用可能	—
障害物回避	・人が計測時に回避する	—

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
計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
	【性能値】 未検証 【標準試験値】 標準試験方法 2022年 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14 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=0.525 的中率=0.836 当該技術で検出した空洞箇所数のうち、 検出率 = $\frac{\text{供試体内の空洞箇所数}}{\text{供試体内の空洞箇所数}}$ 当該技術で検出した空洞箇所数のうち、 的中率 = $\frac{\text{供試体内の空洞箇所数}}{\text{当該技術により検出した空洞箇所数}}$		・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。 ・測定対象をハンマー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。 ・測定面とハンマー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。
	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)
点検時現場条件	作業範囲	・人が近接できれば適用可能	—
	安全面への配慮	・ヘルメット、安全帯を着用すること	—
	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、人により運搬	—
	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)
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	—
	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:3300点 ※測定用足場、高所作業車、交通規制の費用は別途 外業:100,000円(コンクリート表面処理、測点マーキング含む)	【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・トンネル覆工面の打音点検の判定補助
	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 ・片側交互通行規制が可能である事 ・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
	保険の有無、保障範囲、費用	作業現場ごとに対応	—
	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)	測定装置(108mm x 69mm x 42mm)、打撃装置(380g)、パソコン(タブレット) ※収納ケース収納時(400mm x 120mm x 270mm、4kg(パソコン除く))	—
	自動制御の有無	無	—
	利用形態:リース等の入手性	・購入、計測委託	—
	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、トンネル管理者およ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、計測時に使用	—
	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	—
	その他	【特許状況】 ・装置価格に含まれる 【気象条件】 雨天作業時は装置が濡れないよう注意する 【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 【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ー打撃を行えない場合は計測が困難である	—

6. 図面



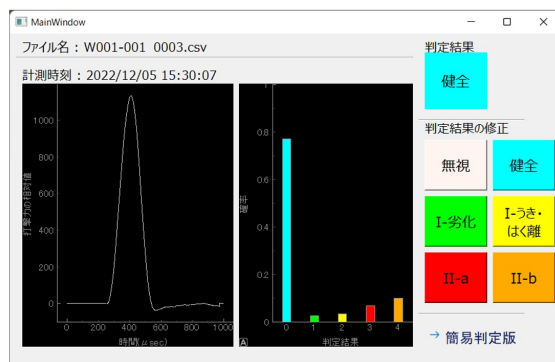
測定状況-1



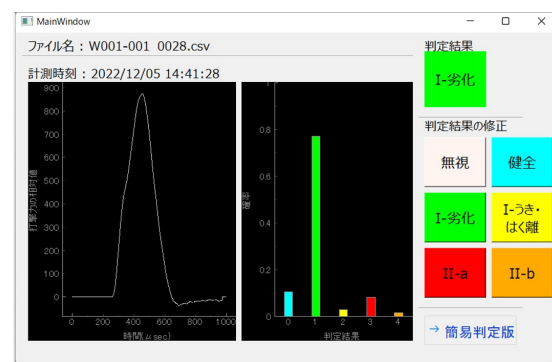
測定状況-2

— 打撃波形のAI判定結果 —

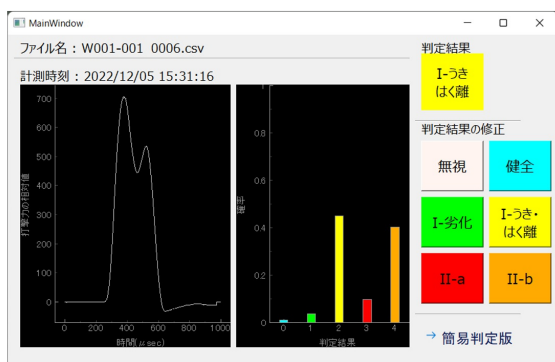
「健全」評価の表示例



「劣化」評価の表示例



「I-うき・はく離」評価の表示例



「II-a」評価の表示例

