

1. 基本事項

技術番号		TN010001－V0223			
技術名		画像解析を用いたコンクリート構造物のひび割れ定量評価技術			
技術バージョン		Ver.01		作成:	2023年3月
開発者		大成建設株式会社			
連絡先等		TEL: 045-814-7228	E-mail:	hnzmsm00@pub.taisei.co.jp	大成建設(株)技術センター 本澤昌美 ☆導入相談窓口 成和コンサルタント株式会社 t.wave@seiwac.jp
現有台数・基地		—	基地	大成建設(株)技術センター 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1	
技術概要		本技術は、コンクリートのひび割れをデジタル画像から画像解析により抽出し、定量評価する技術であり、画像解析にウェーブレット変換を用いることを特徴とする。また、ひび割れを抽出して、定量的に評価するためには、いくつかの処理プロセスを経る必要があるが、本技術ではこれらを手順通りに実施できるようにひとつのプログラムソフトに集約してシステム化している。これにより、コンクリートのひび割れ図(CAD図)を半自動で描画できる。また、ひび割れ幅ごとのひび割れ長さのヒストグラムを自動で描画し、ひび割れ総延長、平均ひび割れ幅、およびひび割れ密度(単位面積あたりのひび割れ長さ)を自動で算出できる。 本技術の主な処理プロセスは、以下①～④のとおりである。①コンクリートのひび割れの写ったデジタル画像を入力画像として、ひび割れ近傍を太線でトレースしてひび割れ候補領域を指定する。②この範囲の全ての画素に対してウェーブレット変換を行い、一つひとつの画素ごとに得られるウェーブレット係数に基づいてひび割れを判別する。③ひび割れと判別された画素を抽出して、ひび割れ図をCAD形式ファイルに出力する。④ウェーブレット係数から画素ごとにひび割れ幅を算定し、ひび割れ長さのヒストグラムを描画し、ひび割れ総延長、平均ひび割れ幅、およびひび割れ密度(単位面積あたりのひび割れ長さ)を算出する。 ウェーブレット変換による画像解析は、ひび割れ位置の画素とその周囲の画素の輝度値を用いた処理の結果に基づいてひび割れを判別しており、単に輝度値の差のみに基づくひび割れの判別よりも、画像の明るさや色合いなどの影響を受けにくいため、デジタル画像上のひび割れを検出するのに適している。また、ウェーブレット係数とひび割れ幅の相関が高いことから、カメラの種類や撮影方法によらず、検出したいひび割れの最小幅に対応した画質の画像を撮影できれば、目視が困難な箇所でも画像からひび割れの位置を特定し、幅、長さなどを算定できる。 — — — — — — —			
技術区分	対象部位				
	損傷の種類	ひび割れ			
	物理原理	技術が採用する 画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成		本技術は、①撮影条件設定、②分解能計算、③あおり補正、④画像合成、⑤ひび割れトレース、ならびに⑥ひび割れ画像解析の各プログラムから構成されており、これらをひとつのプログラムソフトに統合してシステム化したものである。	
移動装置	移動原理	—	
	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	—	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	—	
	センシングデバイス	カメラ	—
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構 機能	—
		測位機構	—
	耐久性	—	
	動力	—	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	—	
データ収集・通信装置	設置方法	—	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	—	
	データ収集・記録機能	—	
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	—	
	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	—	—
適用可能なトンネルの最大寸法	—	—

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有																																																																																																																	
		—		—																																																																																																																
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有																																																																																																																	
		—																																																																																																																		
		計測結果の比較 技術番号BR010007 ※撮影速度 撮影面積: 16.5m²、撮影時間: A1(13分48秒)、P1(6分49秒) = 20分37秒 = 1237秒(1237sec) 撮影速度 = 16.5 / 1237 = 0.013m²/sec ※最小ひびわれ幅・計測精度 ■カメラ名称: SONY α 7RⅢ ■被写体距離: 3.2 m ■照度: 8.12~74.6 kLux ■風速: 0.0~7.3 m/s ■気温: 13.2~14.1 °C ■焦点距離: 24mm ■シャッター速度: 1/1600秒(絞り優先モード) ■絞り: f 6.3 ■ISO値: 160 ■フォーカス: Auto ■画像Pixel数: 7952×5304 ■空間分解能: 0.6mm/pixel <table><tr><td>ポート番号</td><td>A-2</td><td>A-12</td><td>A-15</td></tr><tr><td>状況</td><td>照</td><td>照</td><td>照</td></tr><tr><td>画像</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>縮尺距離</td><td>0.08</td><td>0.06</td><td>0.06</td></tr><tr><td>計測値</td><td>0.05</td><td>0.02</td><td>0.02</td></tr></table><table><tr><td>ポート番号</td><td>A-10</td><td>A-1</td><td>A-14</td></tr><tr><td>状況</td><td>照</td><td>照</td><td>照</td></tr><tr><td>画像</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>縮尺距離</td><td>0.1</td><td>0.1</td><td>0.1</td></tr><tr><td>計測値</td><td>0.05</td><td>0.02</td><td>0.01</td></tr></table><table><tr><td>ポート番号</td><td>A-4</td><td>A-6</td><td>A-5</td></tr><tr><td>状況</td><td>照</td><td>照</td><td>照</td></tr><tr><td>画像</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>縮尺距離</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.2</td></tr><tr><td>計測値</td><td>0.04</td><td>0.04</td><td>0.01</td></tr></table><table><tr><td>ポート番号</td><td>A-3</td><td>A-9</td><td>A-13</td></tr><tr><td>状況</td><td>照</td><td>照</td><td>照</td></tr><tr><td>画像</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>縮尺距離</td><td>0.1</td><td>0.1</td><td>0.1</td></tr><tr><td>計測値</td><td>0.05</td><td>0.01</td><td>0.01</td></tr></table><table><tr><td>ポート番号</td><td>A-11</td><td>A-7</td><td>A-8</td></tr><tr><td>状況</td><td>照</td><td>照</td><td>照</td></tr><tr><td>画像</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>縮尺距離</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.2</td></tr><tr><td>計測値</td><td>0.01</td><td>0.02</td><td>0.01</td></tr></table> ひびわれ幅彩色 凡例 0.00 ~ 0.10 mm以下 0.10 ~ 0.20 mm以下 0.20 ~ 0.30 mm以下 0.30 ~ 0.40 mm以下 0.40 ~ 0.50 mm以下 0.50 ~ 0.60 mm以下 0.60 ~ 0.70 mm以下 0.70 ~ 0.80 mm以下 0.80 ~ 0.90 mm以下 0.90 ~ <table><tr><th>ひびわれ幅</th><th>計測精度</th></tr><tr><td>0.05mm</td><td>0.11mm</td></tr><tr><td>0.1mm</td><td>0.23mm</td></tr><tr><td>0.2mm</td><td>0.05mm</td></tr><tr><td>0.3mm</td><td>0.22mm</td></tr><tr><td>1.0mm</td><td>0.10mm</td></tr></table>		ポート番号	A-2	A-12	A-15	状況	照	照	照	画像				縮尺距離	0.08	0.06	0.06	計測値	0.05	0.02	0.02	ポート番号	A-10	A-1	A-14	状況	照	照	照	画像				縮尺距離	0.1	0.1	0.1	計測値	0.05	0.02	0.01	ポート番号	A-4	A-6	A-5	状況	照	照	照	画像				縮尺距離	0.1	0.2	0.2	計測値	0.04	0.04	0.01	ポート番号	A-3	A-9	A-13	状況	照	照	照	画像				縮尺距離	0.1	0.1	0.1	計測値	0.05	0.01	0.01	ポート番号	A-11	A-7	A-8	状況	照	照	照	画像				縮尺距離	0.1	0.2	0.2	計測値	0.01	0.02	0.01	ひびわれ幅	計測精度	0.05mm	0.11mm	0.1mm	0.23mm	0.2mm	0.05mm	0.3mm	0.22mm	1.0mm	0.10mm	
		ポート番号	A-2	A-12	A-15																																																																																																															
状況	照	照	照																																																																																																																	
画像																																																																																																																				
縮尺距離	0.08	0.06	0.06																																																																																																																	
計測値	0.05	0.02	0.02																																																																																																																	
ポート番号	A-10	A-1	A-14																																																																																																																	
状況	照	照	照																																																																																																																	
画像																																																																																																																				
縮尺距離	0.1	0.1	0.1																																																																																																																	
計測値	0.05	0.02	0.01																																																																																																																	
ポート番号	A-4	A-6	A-5																																																																																																																	
状況	照	照	照																																																																																																																	
画像																																																																																																																				
縮尺距離	0.1	0.2	0.2																																																																																																																	
計測値	0.04	0.04	0.01																																																																																																																	
ポート番号	A-3	A-9	A-13																																																																																																																	
状況	照	照	照																																																																																																																	
画像																																																																																																																				
縮尺距離	0.1	0.1	0.1																																																																																																																	
計測値	0.05	0.01	0.01																																																																																																																	
ポート番号	A-11	A-7	A-8																																																																																																																	
状況	照	照	照																																																																																																																	
画像																																																																																																																				
縮尺距離	0.1	0.2	0.2																																																																																																																	
計測値	0.01	0.02	0.01																																																																																																																	
ひびわれ幅	計測精度																																																																																																																			
0.05mm	0.11mm																																																																																																																			
0.1mm	0.23mm																																																																																																																			
0.2mm	0.05mm																																																																																																																			
0.3mm	0.22mm																																																																																																																			
1.0mm	0.10mm																																																																																																																			
長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	-																																																																																																																		
	—		—																																																																																																																	
位置精度	性能確認シートの有無 ※	-																																																																																																																		
	—		—																																																																																																																	
色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有																																																																																																																		
	—		—																																																																																																																	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順			本技術では、コンクリートのひび割れをデジタル画像から抽出し、ひび割れの幅や長さを定量的に評価できる。ひび割れの抽出結果や定量的な評価結果は、以下に示すような処理プロセスごとの個別のプログラムソフトを実行することで得られるが、各プログラムソフトをひとつに集約して、ひび割れ画像解析システムとしている。 ①撮影条件設定(半自動): 目標とする空間分解能のデジタル画像を撮影するために、使用するカメラやレンズごとに撮影距離や焦点距離を設定する。 ②分解能計算(半自動): 撮影画像が、目標とした空間分解能で撮影されていることを確認する。 ③あおり補正(半自動): 画像内に矩形の隅角部を基準点に指定して、正対画像に補正する。 ④画像合成(半自動): 分割して撮影した画像の重なる領域を指定して、ひとつの画像に合成する。 ⑤ひび割れトレース(手動): ひび割れ直上をひび割れ幅より数倍太い線でトレースする。 ⑥ひび割れ画像解析(自動): トレース範囲内の全ての画素を対象に、ウェーブレット変換による画像解析を実行する。また、この結果に基づいて、ひび割れ図やひび割れの幅、長さなどを出力する。 解析作業日数: 画像1枚あたり10分程度(ひび割れの量により変動)
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	「コンクリートのひび割れ画像解析プログラムt.WAVE(ティー・ドット・ウェーブ)」(自社開発ソフト) 必要スペック: Windows10, MS Excel2013以降	
	検出可能な変状	ひび割れ (幅, 長さ, ひび割れ密度(単位面積あたりのひび割れ長さ)をひび割れ全画素に対して算定)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・撮影画像に対してウェーブレット変換による画像解析を行い、画素ごとに得られるウェーブレット係数に基づいて、画素ごとにひび割れの判別を行う。 ・ウェーブレット変換による画像解析は、ひび割れ位置の画素とその周囲のコンクリート面の画素の輝度値を用いた解析処理の結果に基づいてひび割れを判別しており、単に輝度値の差のみに基づくひび割れの判別よりも、画像の明るさや色合いなどの影響を受けにくい。 ・撮影条件・仕様等 1) 本画像解析技術を適用できる撮影画像の空間分解能の範囲: 0.2～0.8mm/pixel 2) カメラ: デジタル一眼レフカメラ(推奨), デジタルカメラ 3) 撮影設定: 三脚固定の場合は絞り優先設定(F6.3以上を推奨) UAV撮影の場合は露出速度優先設定(1/500秒以下を推奨) 4) ISO感度: 200以下 5) ラップ率: 30% 6) 画質: 最高(ファイン) 7) 画質フォーマット: JPEG 8) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと
		ひびわれ幅および長さの計測方法	【ひび割れ幅】 ひび割れと判別された画素のウェーブレット係数は、ひび割れ幅の実測値と高い相関がある。これを用いて、本画像解析システムには、予めウェーブレット係数からひび割れ幅を算定する計算式が組み込まれているため、ひとつの画素ごとにひび割れ幅を算定できる。 ただし、これにより算定できるひび割れ幅は、撮影画像の空間分解能の1/4倍から2倍の範囲となる。例えば、撮影画像の空間分解能が0.8mm/pixelの場合、算定できるひび割れ幅は0.2mmから1.6mmの範囲となる。 【ひび割れ長さ】 撮影画像の空間分解能と、ひび割れと判別された画素の数を乗じて算定される。ただし、隣り合う画素が斜め45°方向の部分については、空間分解能を $\sqrt{2}$ 倍した長さで算定される。
		ひびわれ以外	—
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	実際のコンクリートのひび割れ幅の実測値と本手法による解析値を比較したところ、以下の通りであった。 ・撮影画像の空間分解能が0.4mm/pixelの場合 測定点数144点に対して、解析値が実測値の±0.2mmの範囲にある割合は79%, ±0.3mmの範囲にある割合は93% ・撮影画像の空間分解能が0.8mm/pixelの場合 測定点数216点に対して、解析値が実測値の±0.2mmの範囲にある割合は68%, ±0.3mmの範囲にある割合は81% なお、実測値は2人の点検員が同じ場所のひび割れ幅をクラックスケールで計測したものであり、解析値はカメラを3機種用いて同じ場所のひび割れ幅を本手法により推定したものであり、ここではその全てのデータに対して比較している。
		変状の描画方法	ひび割れ: ポリライン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	制限なし
		カラー／白黒画像	カラー
		画素分解能	本画像解析技術を適用できる撮影画像の空間分解能の範囲は0.2～0.8mm/pixelである。この時に算定できるひび割れ幅は、撮影画像の空間分解能の1/4～2倍の範囲である。 ・例えば、空間分解能0.4mm/pixelの場合、検出可能なひび割れ幅は0.1～0.8mmとなる。 ・例えば、空間分解能0.8mm/pixelの場合、検出可能なひび割れ幅は0.2～1.6mm となる。 ただし、定量的に評価できるひび割れ幅の最小値は0.1mmである。すなわち、空間分解能0.2mm/pixelの画像であっても、この場合に評価できるひび割れ幅の最小値は、空間分解能の1/4である0.05mmではなく、0.1mmとなる。
		その他留意事項	ひび割れ直上がチョーキングされている場合は、ひび割れを正確に検出することが難しい。また、検出された場合でも、ひび割れ幅を正確に定量的に評価することも難しい。
出力ファイル形式	JPG／DXF／MS Excel	2-2-5	

調書作成支援の手順	本画像解析を実行すると、出力結果がJPG形式やDXF形式、MS Excelファイルとして、自動的に所定のフォルダー内に保存される。また、これらをMS Excelのシート上に一括して貼付したファイルが自動的に生成される。そのため、点検調書などを作成する時に、個別ファイルを専用のアプリケーションを立ち上げることなく、MS Wordなどの文書ファイルに効率的に貼付することができる。 本画像解析を実行して得られる結果は以下のファイルである。 1)入力画像(あおり補正、画像合成などを実施した後の画像)(JPG形式) 2)ひび割れ図(DXF形式) 3)入力画像上にひび割れ図を重ねた画像(JPG形式) 4)ひび割れ幅ごとのひび割れ長さに関するヒストグラム(MS Excelファイル) このひび割れ図は、ひび割れ幅の範囲ごとに色分けして表示することができる。また、Excelファイルのヒストグラム上には、以下の値が自動的に表示される。 5)ひび割れ総延長 6)平均ひび割れ幅 7)ひび割れ密度(単位面積あたりのひび割れ長さ) なお、予め書式に合わせたMS Excel形式の出力フォーマットを作成しておけば、書式に合わせて出力を自動化することもできる。
調書作成支援の適用条件	・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。 1) 撮影画像の空間分解能が、0.2～0.8mm/pixelの画像であること。 2) 検出したいひび割れの最小幅に対して、空間分解能をその最小幅の2倍以下の範囲に設定した画像であること。 (例えば、検出したいひび割れの最小幅が0.2mmのとき、撮影画像の空間分解能を0.8mm/pixel以下に設定) 3) 被写体に正対した時の法線に対して、30°以内の角度で撮影した画像であること。
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・コンクリートのひび割れ画像解析プログラムt.WAVE(ティー・ドット・ウェーブ)(自社開発ソフト) ・Windows10 ・MS Excel2013以降

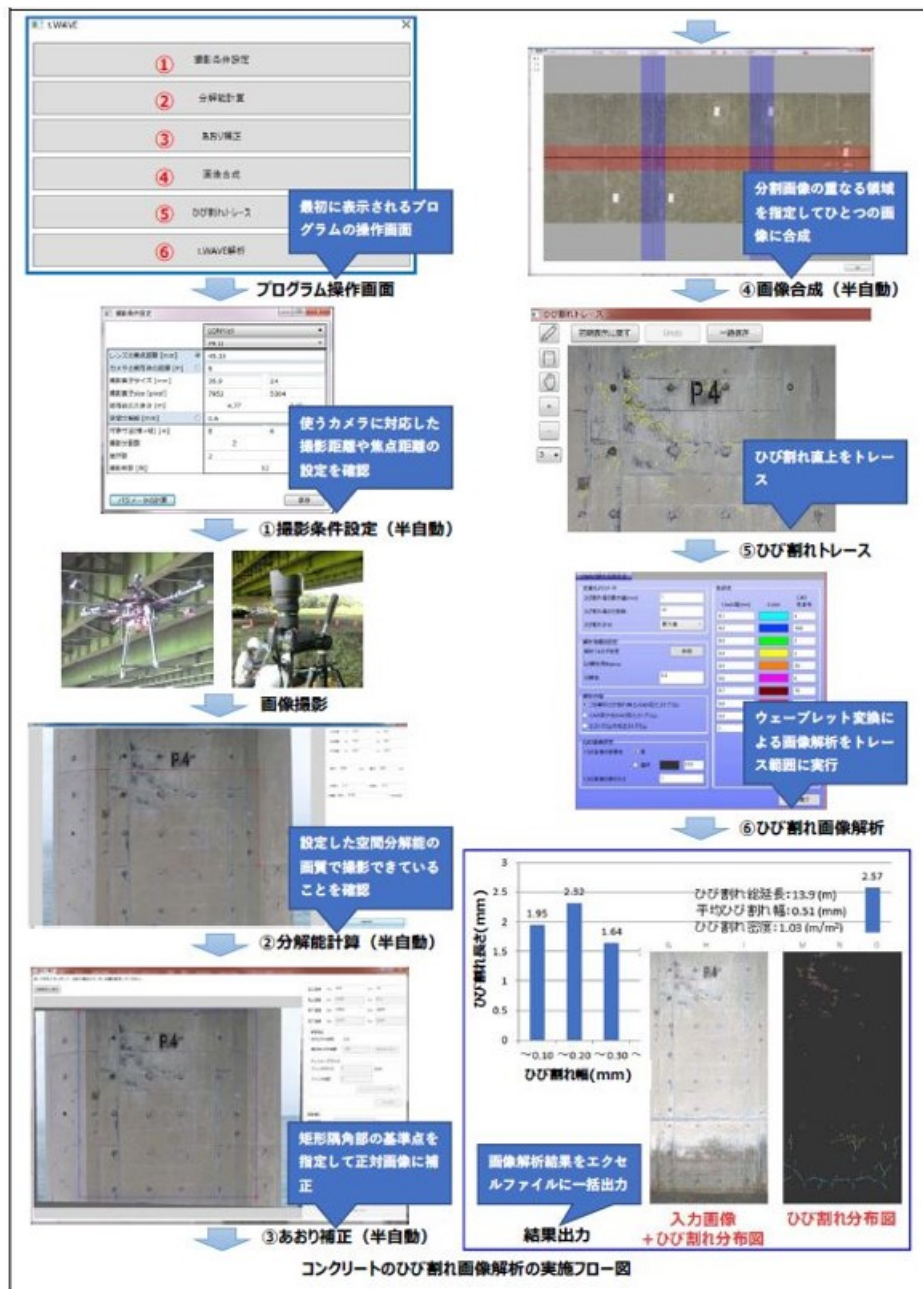
6. 留意事項(その1)

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	安全面への配慮	—	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	—	—
	交通規制の範囲	—	—
	現地への運搬方法	—	—
	トンネル延長の制約	—	—
	車線数の制約	—	—
	断面形状の制約	—	—
	その他	すす汚れによる作業の可否:可	ひび割れと重なっていると、解析に影響する場合がある。

6. 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	特に必要なし	マニュアルに従って操作すれば解析可能
	必要構成人員数	ひび割れ画像解析プログラム操作1人	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	特に必要なし	—
	操作場所	作業ヤード:特に必要なし	—
	計測作業日数	—	—
	点検費用	—	【想定されるユースケース】 ・近接目視によるひび割れ点検の代替 ・ひび割れの経年変化の定量的な把握や補修数量算定の根拠
	保険の有無、保障範囲、費用	—	—
	時間帯(夜間作業の可否)	—	—
	計測時の走行速度条件	—	—
	渋滞時の計測可否	—	—
	設備等による死角条件	—	—
	車両から覆工表面までの距離条件	—	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	—	—
	可搬性(寸法・重量)	—	—
	自動制御の有無	—	—
	利用形態:リース等の入手性	クラウドでの解析. 年間契約者は月300枚まで追加料金なしで利用可能 少量利用者:1000円/枚(クラウド版のみ) 年間契約者:240万円(スタンドアロン版(3ライセンス)インストール可能)	—
	関係機関への手続きの必要性	特に必要なし	—
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	画像解析プログラムソフトの購入,あるいは一定期間のレンタル(ソフト価格:200万円/3ライセンス,レンタル価格:30万円/月)	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	画像解析プログラムの導入および使用方法に関するサポートあり	—
	センシングデバイスの点検	—	—
	その他	特許状況:14件取得, 気象条件:雨天不可, 作業条件:特になし	—

7. 図面



1. 基本事項

技術番号		TN010002－V0323			
技術名		社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」			
技術バージョン		Ver 1.3			作成：2023年12月
開発者		富士フイルム株式会社			
連絡先等		TEL：090-8024-5303	E-mail：infra_service@fujifilm.com	イメージングソリューション事業部 佐藤	
現有台数・基地		無制限	基地	埼玉県さいたま市	
技術概要		本技術は、コンクリート構造物を撮影した写真からコンクリートに発生する「ひび割れの自動検出」と「ひび割れ幅の自動計測」をAIを活用した画像解析で行うシステムである。本技術の活用により従来人手で対応していた検出作業を削減できる。			
技術区分	対象部位	その他覆工面 天井板			
	損傷の種類	ひび割れ			
	物理原理	技術が採用する 画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成		本技術はコンクリート構造物を撮影した写真からコンクリートに発生する「ひびわれの自動検出」と「ひびわれ幅の自動計測」をAIを活用した画像解析で行うソフトウェアのため計測機器は持たない。写真を撮影する計測機器については、デジタル一眼カメラを使用して当社の推奨する撮影条件で撮影した写真を推奨。	
移動装置	移動原理	-	
	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	-	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	カメラ	下記仕様を満たすミラーレス一眼カメラを推奨。または、フルサイズ一眼レフカメラ。 ・センサーサイズ: 縦15.6mm×横23.5mm(APS-C以上) ・焦点距離 (mm) : 14mm～400mm ・ピクセル数: (1000Pixel×1000Pixel以上) ・ダイナミクスレンジ (bit) : 8bit以上 ・コントラストAFは使用しない事を推奨
		パン・チルト機構	必須ではない。
		角度記録・制御機構 機能	必須ではない。
		測位機構	必須ではない。
	耐久性	-	
	動力	-	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-	
データ収集・通信装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	-	
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	-	
	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	-	-
適用可能なトンネルの最大寸法	-	-

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	-	
		-	-	-
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	-	
		-	-	-
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	-	
		-	-	-
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
		-	-	-
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-	
		-	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した画像を「ひびみっけ」で当社クラウドへアップロードする。(手動) ②撮影した画像を自動合成機能でつなぎ合わせる。(自動) ③ひびわれ自動検出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれを検出する。(自動) ④合成後画像中の長方形領域の4頂点を指定し、前記長方形領域の実寸サイズ(mm)を入力する。(手動) ⑤ひびわれ幅・長さを自動計測する(自動)(下記アルゴリズム参照) ⑥自動検出されたひびわれを目視確認し、端点が隣接するひびわれの連結(ボタン押下で自動処理)、ひびわれ長さ・幅に応じたフィルタリング(幅・長さを指定しボタン押下で自動処理)、誤抽出結果の削除(手動)、未抽出箇所のトレース(手動)など、ひびわれ抽出結果の編集を必要に応じて実施する。 ⑦ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動でマーキングする。(手動) 解析作業日数 [トンネル条件] ・延長500m ・ひび割れ密度0.3m/m2 等 ・2車線断面 [作業日数] ・画像合成～変状抽出 1日以内※ ※ひびの編集作業は除く。	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	・社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」(ver.1.3)(当社クラウドサービス)	
	検出可能な変状	・ひび割れ(幅および長さ)(自動検出) ・はく離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水(自動検出可能)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出
			・AI教師データは日本全国47都道府県のRC橋やPC橋の下部構造(橋脚、橋台)や上部構造(主桁、床版)、トンネル覆工コンクリート、ボックスカルバート、ダム、護岸、堤防などのコンクリート構造物におけるひび割れ・床版ひび割れに関する写真に、ひび割れ・床版ひび割れに該当する画素の正解情報を付与したデータ用いて学習させている。
			・撮影条件・仕様等
			1) カメラ:デジタル一眼レフ
			2) 撮影設定:絞り優先設定
			3) ISO感度:ISO200以下
			4) ラップ率:オーバーラップ 30%以上、サイドラップ 30%以上
			5) 撮影角度:正対(被写体表面の法線ベクトルに対し概ね±20°以内)
			6) 画質:最高(ファイン等)
			7) 画像フォーマット:JPEG
			8) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと
	ひびわれ幅および長さの計測方法		・幅:自動検出されたひび割れの画素数幅をひび割れ横断方向の画素の濃淡分布を考慮してサブピクセル精度で計測し、前記画素数幅を1画素当たりの実寸サイズ(※)を用いて、実寸幅に換算することで、サブピクセル精度(0.05mm単位)でひびわれの幅を自動計測。
			・長さ:自動検出されたひび割れの画素数長さを「1画素当たりの実寸サイズ」(※)を用いて実寸長さに換算することで、ひび割れの長さを自動計測。
			※変状検出手順④で入力された長方形領域の4頂点に対する実寸サイズ情報より算出
	ひびわれ以外	・人が画像を確認し、変状箇所を自動または手動でマーキング	
	画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・ひび割れ検出:検出したひび割れの総延長および本数の再現率・適合率がともに95%以上[日本全国47都道府県から収集したAI学習に使用していない画像で評価]	
		本数の再現率 = 正しく検出したひび割れ本数／真のひび割れ本数	
		本数の適合率 = 正しく検出したひび割れ本数／検出したひび割れ本数	
		総延長の再現率 = 正しく検出したひび割れ総延長／真のひび割れ総延長	
		総延長の適合率 = 正しく検出したひび割れ総延長／検出したひび割れ総延長	
		・全国47都道府県で追加学習なく適用可能	
	変状の描画方法	・ひび割れ:ポリライン	
		・はく離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水:ポリゴン	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPG
		ファイル容量	ファイル容量:200MB以下/枚
		カラー／白黒画像	カラー画像(RGB/8bit)
		画素分解能	・ひび割れ幅0.1mmを検出・幅計測するためには0.3mm/pixel以下であることが必要
			・ひび割れ幅0.2mmを検出・幅計測するためには0.6mm/pixel以下であることが必要
	その他留意事項		・三脚・自動雲台での撮影について、初回撮影時は当社または当社代理店による撮影講習を行うことで、正確に撮影する事をサポートする。
			・ひび割れにチョークが重なりひびを目視できない場合や汚れで目視できない場合等、目視でも見えないひびは検出が不可
			・画像サイズ:1000×1000ピクセル～8800×6500ピクセル。前記サイズを超える場合はご相談ください
			・画像やExif情報を編集しないこと
	出力ファイル形式		・当社「ひびみっけ」アプリをインストールして使用すること
			・画像:JPEG(合成画像サイズの長辺が65000ピクセル以下の場合)、PNG(合成画像サイズの長辺が65000ピクセルより大きい場合)
			・CAD:DXF
		・ひび割れ数量積算表:CSV	

調書作成支援の手順	①上記「変状検出手順」に従い、変状検出を実施する。 ②変状検出結果(画像、CAD、数量表)のデータを当社クラウドからダウンロードする ③任意のCADソフト、表計算ソフト等で、ダウンロードしたデータを読み込み、点検調書(変状展開図)の所定の項目に貼り付ける。
調書作成支援の適用条件	・適用可能な画像および撮影条件は、上記項目「ソフトウェア情報」の「変状検出の原理・アルゴリズム」「取扱可能な画像データ」を参照
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」(ver.1.3) (当社クラウドサービス) クラウドサービスについて: 当社HPよりユーザー登録後、無料でソフトウェアをダウンロードする。 ソフトウェアを介して、弊社クラウドにて合成・検出を行い解析後、 ソフトウェア上で解析完了になるため、ソフトウェアにダウンロードして成果物に問題がなければ、解析結果を購入する。

6. 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	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	交通規制の要否	-	-
	交通規制の範囲	-	-
	現地への運搬方法	-	-
	トンネル延長の制約	-	--
	車線数の制約	-	-
	断面形状の制約	-	-
	その他	汚れ、すす等がある場合の作業の可否:可 ・すす汚れがある場合、撮影した画像上からひびが目視できれば 検出は可能であるが、目視できないひびは検出不可能。	-

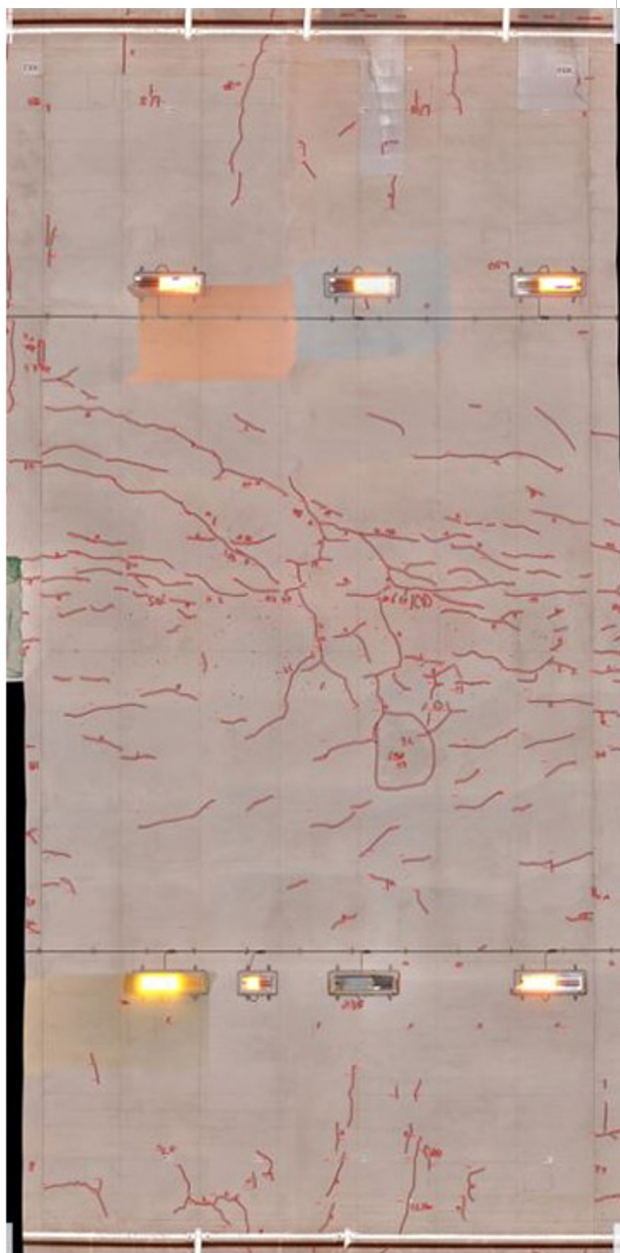
6. 留意事項(その2)

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	マニュアルに沿って操作すれば解析可能 ※撮影についてもデジタル一眼カメラについては当社・代理店にて初回サポートすることで 技量は問いません。
	必要構成人員数	ソフトウェア操作者:1名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	ソフトウェア操作に資格は不要	-
	操作場所	点検現場、事務所などPC操作可能な場所	現場でも写真合成の確認が可能です。
	計測作業日数	写真の合成・ひび検出時間:1時間程度※ ※通信環境による	-
	点検費用	・撮影:撮影した計測機器(車載カメラ・ロボット等)の仕様に準ずる。 弊社は一眼レフ撮影を主体とした撮影器具を提案可能です。 撮影器具は紹介可能です。 撮影はユーザー自身が行う想定です。 ・解析:社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」費用 当社提案の一眼レフを用いた撮影治具の場合 トンネル[コンクリート] 延長 500m 半径 5m(2車線) 検出項目[ひびわれ] ひび割れ密度:0.3/㎡(ひび割れ密度は費用に影響しない) <費用> 0.2mmひび検出の場合に500m1本の場合 撮影時間:2日※ ※当社ではなく利用者様による撮影 ※従来点検と併用して使用を想定 ひびみつけ費用:約450,000円 0.2mmひび検出の場合に500m10本の場合 使用量に応じて割引となり上記より1本辺りの単価は安価になります。詳細はお問合せください。 対象となるひび割れ幅で写真の枚数が増減するため費用が変わる。 サービス料のみで、消費税・一般管理費等は作業者の人件費等は含まず。	社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」費用 写真1枚辺り~400円(消費税別) 使用量に応じて割引きます。 【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・チョーキング・スケッチ作業の代替、人力による近接目視点検の代替
	保険の有無、保障範囲、費用	保険:無	補償範囲などについては、ホームページからのユーザー登録時に表示される利用同意書をご参照願います。
	時間帯(夜間作業の可否)	ソフトウェア操作に時間は含まず。	ソフトウェアのメンテナンスタイムについては、ホームページからのユーザー登録時に表示される利用同意書をご参照願います。
	計測時の走行速度条件	撮影した機器に準ずる。	撮影した画像を確認しひび割れが視認できること、またブレによってひび幅が太く見えないことが必要。
	渋滞時の計測可否	撮影した機器に準ずる。	-
	設備等による死角条件	撮影した機器に準ずる。	-
	車両から覆工表面までの距離条件	撮影した機器に準ずる。	-
	トンネル内照明の消灯の必要性	撮影した機器に準ずる。	-
	可搬性(寸法・重量)	ノートパソコンにインストールし持ち運び可能	-
	自動制御の有無	撮影した機器に準ずる。	-
	利用形態:リース等の入手性	・利用形態:ソフトウェアサービス 社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」のソフトウェアは当社HPよりユーザー登録を行えば無償でインストール可能詳細はホームページよりお問い合わせください。	・ソフトウェアを通じて解析を行った写真1枚毎に課金を行う従量課金型ソフトウェアサービス ・「ひびみつけ」ホームページURL: https://www.fujifilm.com/jp/ja/business/inspection/infra-service/hibimikke
	関係機関への手続きの必要性	ソフトウェアのため、対象外。	-
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	当サービスは解析ソフトであり、費用については利用形態をご参照ください。	

	不具合時のサポート体制の有無及び条件	撮影・計測装置:撮影した計測機器(車載カメラ・ロボット等)の仕様に準ずる。 ソフトウェア利用に関する問い合わせは当社HPまたは代理店にて対応致します。	-
	センシングデバイスの点検	-	-
	その他	特許状況:特になし 気象条件:特になし 作業条件:特になし	-

7. 図面

変状展開図合成



弊社は撮影システムの提案も行っています。撮影した画像を合成して変状展開図にする事が可能です。

1. 基本事項

技術番号	TN010003－V0525			
技術名	走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)			
技術バージョン	TT-2.3		作成:	2024年11月
開発者	中外テクノス株式会社			
連絡先等	TEL: 082-532-1624	E-mail:	t.osaki@chugai-tec.co.jp	大崎
現有台数・基地	2台	基地	広島県広島市 愛知県名古屋市	

走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)は、民生用4Kビデオカメラとラインセンサカメラの2種類の画像センサを搭載した走行型画像計測システムである。ラインセンサカメラを主に使用し、ラインセンサカメラが適さないトンネル(漏水が多く発生し、画像が白飛びするトンネルや路面が不陸なトンネル)では4Kビデオカメラを使用して撮影を行う。

- ・計測の原理やプロセス

車両等に搭載したカメラを撮影面に対して平行に走行しながら撮影する。

- ・計測結果の活用

交通規制なしで高解像度の覆工面画像を取得し、ひび割れやその他の変状を検出して展開画像や変状展開図を作成することができる。



技術概要

		
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 吸音板 天井板 照明 ケーブル類 警報表示板 標識 ジェットファン その他附属物 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所 排水施設 路肩及び路面
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 変形 移動 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断 脱落 腐食 欠損
	物理原理	技術が採用する 画像 技術が採用する 動画

2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測機器は「移動用車両」に「専用フレーム」を積載した分離構造としている。積載した「専用フレーム」には複数の「ビデオカメラ」、「ラインセンサカメラ」、「LED照明」を取り付け「制御盤」や「パソコン」により操作することで撮影を行う。	
移動装置	移動原理	【車両型】 ・内燃機関を搭載した車両に搭載して移動する。 ・歩道トンネルなどでは小型フレームに取り付けて手押し台車や電動台車で移動することも可能。	
	外形寸法・重量	【車両】 ・分離構造(移動装置) ・最大外形寸法(長さ4275mm×幅1675mm×高さ1890mm) ・最大重量(2050kg)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・最大外形寸法(長さ2480mm×幅1585mm×高さ3280mm) ・最大重量(800kg)	
	動力	・動力源:内燃機関 ・燃料:無鉛レギュラーガソリン ・定格出力:71kW	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・内燃機関のため対象外	
計測装置	設置方法	・分離構造、車両の荷台枠内にはめ込み。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・最大外形寸法(長さ2380mm×幅1650mm×高さ2100mm) ・最大重量(500kg)	
	センシングデバイス	カメラ	4Kビデオカメラ ・画素サイズ 1型(縦13.2mm×横8.8mm) ・画素数(縦3840×横2160pixel) ・焦点距離(f=9.3-111.6mm) ・フレーム数(30fps) ・覆工展開画像形式(オルソモザイク) ・覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量:約2GB(カメラ20台合計) ラインセンサカメラ ・画素数:4096×3ライン ・画素サイズ 10.56μm×10.56μm
		パン・チルト機構	4Kビデオカメラ、ラインセンサカメラ ・水平 調整不可 ・鉛直 0°~360°
		角度記録・制御機構 機能	4Kビデオカメラ、ラインセンサカメラ ・鉛直方向のみ手動調整
		測位機構	・レーザードップラー計
	耐久性	IP00 (防水・防塵等の保護なし)	
	動力	・充電されたバッテリーからの電源供給又は内蔵バッテリーからの電源供給。	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		
データ収集・通信装置	設置方法	4Kビデオカメラ ・カメラに内蔵された記録装置を使用。 ラインセンサカメラ ・フレーム内に固定。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	4Kビデオカメラ ・カメラに内蔵された記録装置を使用するため外形寸法なし。 ラインセンサカメラ ・装置寸法 記録装置:長さ274mm X 幅154mm X 高さ350mm、重さ7.93kg (開発中未定)	
	データ収集・記録機能	4Kビデオカメラ ・カメラに挿入されたSDカードに保存。 ラインセンサカメラ ・有線接続されたパソコンに記録。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	4Kビデオカメラ ・通信なし ラインセンサカメラ ・通信方法 有線による、CameraLink ・通信規格 CameraLink ・通信速度 255Mbps-850Mbps ・通信距離 7m~15m	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	通信装置なし	
	動力	4Kビデオカメラ ・カメラに内蔵された記録装置を使用するためカメラの電源に依存する。 ラインセンサカメラ ・車載した撮影装置専用バッテリーからの給電による。 ・外部電源等からの充電を行う。	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	・専用バッテリーからの給電により連続2時間以上(気温20℃の場合)使用可能。 ・計測機器とは別に電源を確保すると24時間無制限に連続使用が可能。	

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	車両搭載の場合 ・最小所要空間寸法 幅3000mm X 高さ4000mm程度 ・道路幅員3000mm×高さ4000mm 手押し台車の場合 ・最小所要空間寸法 幅1500mm X 高さ1500mm程度 ・道路幅員1500mm×高さ1500mm	断面形状に変化が無いこと。 (非常駐車帯等断面形状が異なる箇所がある場合は別設定で改めて撮影する)
適用可能なトンネルの最大寸法	・車両との離隔が側方8m以上または上方8m以上となる場合は不可。	車両との離隔が大きいまたはトンネル内の環境が悪い等で撮影に必要な照度が得られないので場合は不可。

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	
		4Kビデオカメラ ・40km/h ラインセンサカメラ 通常:40km/h 最高:80km/h		路面が未舗装などで車体が大きく揺れる場合は不可。
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2019) 実施年 2022年 【標準試験】 4Kビデオカメラ 最小ひび割れ幅0.2mm (0.2mmのひび割れを画像で確認できる) 計測精度0.46mm (0.1～3mmのひび割れを対象とした確認精度) ひび割れ幅の最小単位:0.1mm ひび割れ長さの最小単位:1mm ラインセンサカメラ 最小ひび割れ幅0.1mm (0.1mmのひび割れを画像で確認できる) 計測精度 (0.1～5mmのひび割れを対象とした確認精度) 走行速度40km/hの場合:0.19mm 走行速度80km/hの場合:0.43mm ひび割れ幅の最小単位:0.1mm ひび割れ長さの最小単位:1mm [覆工表面が煤で汚れた状態でのひび割れの検出性能] 【性能値】 標準試験方法(2022) 実施年 2022年 【標準試験】 4Kビデオカメラ 幅0.3mm:180以上 幅0.5mm:150以上 幅1.0mm:100以上 ラインセンサカメラ ・走行速度40km/h 幅0.3mm:110以上 幅0.5mm:70以上 幅1.0mm:70以上 ・走行速度80km/h 幅0.3mm:120以上 幅0.5mm:100以上 幅1.0mm:80以上 [煤で埋まったひび割れの検出精度] 【性能値】 標準試験方法(2022) 実施年 2022年 【標準試験】 4Kビデオカメラ 煤で埋まったひび割れの最小検出幅0.4mm ラインセンサカメラ ・走行速度40km/h 煤で埋まったひび割れの最小検出幅0.1mm ・走行速度80km/h 煤で埋まったひび割れの最小検出幅0.1mm [マーキングの検出精度] 【性能値】 標準試験方法(2022) 実施年 2022年 【標準試験】 ・検出可能輝度 4Kビデオカメラ 白:50以上 黄:50以上 ピンク:50以上 ラインセンサカメラ ・走行速度40km/h 白:50以上 黄:50以上 ピンク:50以上 ・走行速度80km/h 白:50以上 黄:50以上 ピンク:50以上		【被写体との距離】8m以内(検証時:1.5m) 【補助手段】 断面方向の距離マーカー、進行方向の距離マーカー又はスパン長が必要 【天候】 雨天時撮影不可(検証時:曇) 【路面状態】 路面に不陸がある場合は撮影不可。 【日照条件】 なし。(※白飛びしている場合は、屋外設定にて再度撮影)

2-2-24

	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2019) 実施年 2021年 【標準試験】 4Kビデオカメラ 1.26% ラインセンサカメラ 0.57%		【補助手段】 断面方向の距離マーカー、進行方向の距離マーカー又はスパン長が必要
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 標準試験方法(2019) 実施年 2021年 【標準試験】 4Kビデオカメラ 進行方向: 11.5mm (6測線の平均値) 周方向: 35.8mm (6測線の平均値) ラインセンサカメラ 進行方向: 8.5mm 周方向: 6.0mm		【被写体との距離】 8m以内(検証時:1.5m) 【補助手段】 断面方向の距離マーカー、進行方向の距離マーカー又はスパン長が必要
		性能確認シートの有無 ※	有	
	色識別性能	標準試験方法(2019) 実施年 2021年 【性能値】 フルカラー識別可能 【標準試験】 フルカラー識別可能		条件なし

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		4Kビデオカメラ ①動画から静止画へ変換する。 ②静止画にオルソ補正を行う。 ラインセンサカメラ ①、②省略 以下共通 ③スパン単位で画像の結合を行う。 ④ひび割れ作図ソフトにてひび割れを抽出すると共にひび割れ長さの計測を行う。 ⑤抽出したひび割れをDXFに変換し、CADソフトに読み込む。 ⑥CADソフトに展開画像を読み込み、ひび割れ以外の変状を手動で抽出する。 延長500mのトンネル1本あたり9日	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	・「動画変換」(自社開発ソフト、①動画から静止画変換用) ・「連続変換」(自社開発ソフト、②オルソ補正用) ・「TT画像合成処理」(自社開発ソフト、③画像結合用) ・「ひび割れ作画システム」(自社開発ソフト、④ひび割れ抽出+⑤DXF変換用)	
	検出可能な変状	【覆工】 ひび割れ(幅および長さ)、遊離石灰、はく落、鋼材腐食、漏水、豆板、土砂流出 【内装板】変形、破損、取付部材の腐食、脱落 【路面】 ひび割れ、耐水、土砂堆積 【付属物】腐食、変形、破損	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・AI(畳み込みニューラルネットワーク)によるチョーキングとひび割れの自動検出 ・AI教師データは、ひび割れに関する写真に、技術者がチョーキングとひび割れ部分を学習させている。 教師データ画像は、1万枚以上。 ・撮影条件・仕様 1) ラインセンサカメラ、4Kビデオカメラ 2) 画像フォーマット(カラー:JPEG、BMP) 3) 正対した画像であること。(別途、あおり補正することも可能)
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・ひび割れ幅:校正用画像との比較により技術員が計測 ・長さ:ひび割れ作図ソフト上でトレース、作図した画像の長さを分割した直線長さで自動読み取り
		ひびわれ以外	【うき、はく離以外】 ・技術員による目視により検出 【うき・はく離】 ・近接点検時に記入した変状箇所を示すチョークの画像を技術員が確認し記入する。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・ノンチョーキングひび割れの検出:人為による ・チョーキングひび割れの検出:再現率90%以上・適合率80%以上・F値90%以上 (別途検証用に正解データを準備し、AIより検出したチョーキング結果画像と比較)
		変状の描画方法	・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	1GB
		カラー／白黒画像	カラー
		画素分解能	・4Kビデオカメラではひび割れ幅0.3mmを検出するためには0.5mm/Pixel以下であることが必要 ・ラインセンサカメラではひび割れ幅0.1mmを検出するためには1.0mm/Pixel以下であることが必要
		その他留意事項	・漏水や結露で覆工面が光っている場合には損傷の検出が困難。
	出力ファイル形式	【画像】 JPEG 【ひび割れ】 DXF 【損傷展開図】 DXF、DWG	
調書作成支援の手順		①適応条件に記載の条件によりスパン単位の結合画像を取得する。 ②タッチパネルディスプレイ付きのパソコンで結合画像をひび割れ作図ソフトに読み込み、ひび割れを検出する。 ③ひび割れ以外の損傷も同時に検出する。 ④検出したひび割れやその他の損傷をCADデータとして出力する。 ⑤CADにより損傷図の追記、修正を行う。 ⑥点検調書の様式に損傷図を貼りこむ。 ⑦点検調書にスパン番号等の情報を手動入力する。 ⑧ひび割れ作図ソフト上で選択した損傷を写真台帳へ自動で取り込む。 ⑨点検調書をEXCELにより追記修正して完成させる。	
調書作成支援の適用条件		・以下の条件で撮影し、鮮明な画像データが得られるように撮影すること。 1) 走行速度に条件がない場合は40km/h程度の一定速度で走行する。 2) 撮影面との離隔を一定に保つ。 3) 画像の解像度は0.5mm/pix以下となるよう撮影	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・ひび割れ記入のためのタッチパネルディスプレイ ・画像処理用のパソコン:OS Windows10、CPU Core i7以上 ・「動画変換」(自社開発ソフト、動画から静止画変換用) ・「連続変換」(自社開発ソフト、オルソ補正用) ・「TT画像合成処理」(自社開発ソフト、画像結合用) ・「ひび割れ作画システム」(自社開発ソフト、ひび割れ抽出+DXF変換用) ・クラウドサービスの提供の有無:無	

6. 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	安全面への配慮	特になし	
	無線等使用における混線等対策	無線の使用無し	
	交通規制の可否	不要	照明を当てながら覆工面を撮影することから歩行者のいない状態での撮影が望ましい。
	交通規制の範囲	不要	
	現地への運搬方法	自走による	
	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	・断面形状に変化が無いこと (非常駐車帯等断面形状が異なる箇所がある場合は別設定で改めて撮影する)	
	その他	・すす汚れによる作業の可否:可	

6. 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、車両運転員兼点検補助員1人 合計2名	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	社内研修	
	操作場所	車両内および車両周辺	カメラの調整や撮影画像確認のための駐車場所が必要
	計測作業日数	計測作業日数:2.5日(トンネル10本あたり)	移動日別
	点検費用	・800千円(延長500m×1本) ・3,700千円(延長500m×10本)	移動費・その他原価 一般管理別 【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・人力による点検前のスクリーニング ・スケッチ作業の代替 ・人力による近接目視点検の代替
	保険の有無、保障範囲、費用	加入なし(自動車保険のみ)	
	時間帯(夜間作業の可否)	特になし(夜間作業は可)	
	計測時の走行速度条件	4Kビデオカメラ ・40km/h ラインセンサカメラ 通常:40km/h 最高:80km/h	
	渋滞時の計測可否	渋滞時計測不可	
	設備等による死角条件	ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可	
	車両から覆工表面までの距離条件	8m以内	
	トンネル内照明の消灯の必要性	消灯の必要なし	
	可搬性(寸法・重量)	小型の架台に取り付け可能。対象に合わせて架台寸法の変更可能。	
	自動制御の有無	自動制御無	
	利用形態:リース等の入手性	すべて自社機材	
	関係機関への手続きの必要性	必要なし	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・画像結合ソフト:「TT画像合成処理」(自社開発ソフト) ・解析ソフト:「ひび割れ作画システム」(自社開発ソフト) ・必要作業:担当者による解析作業 ・費用:50000円/km	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制無し	
	センシングデバイスの点検	必要なし	
	その他	・特許状況:特になし ・気象条件:雨天時撮影不可 ・作業条件:路面が未舗装などで車体が大きく揺れる場合は不可。	

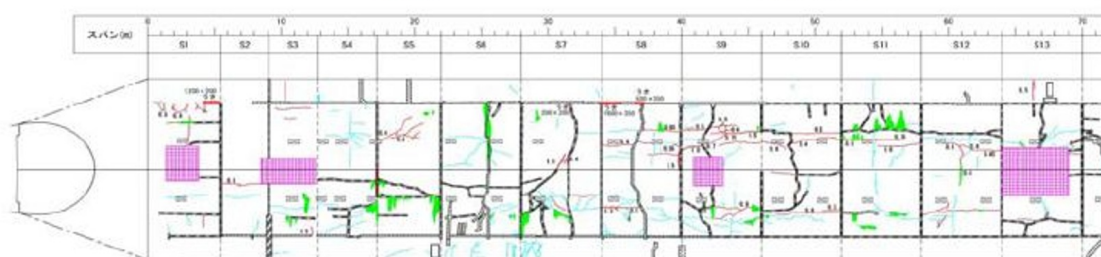
7. 図面



外観



撮影状況



変状展開図例



手押し台車例



鉄道用トロ台車例

1. 基本事項

技術番号		TN010004－V0525			
技術名		道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム)			
技術バージョン		－		作成:	2025年2月
開発者		西日本高速道路エンジニアリング四国(株)			
連絡先等		TEL:	087-834-2386	E-mail:	toshiaki.takabatake@w-e-shikoku.co.jp 営業部営業企画課 高畑 東志明
現有台数・基地		1台		基地	香川県高松市花園町三丁目1番1号
技術概要		カラーラインセンサーカメラによる高精細な可視画像撮像システムを用いて、ひび割れ、はく離、漏水等の外観変状を検出する技術である。			
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 吸音板 天井板 照明 ケーブル類 ジェットファン その他附属物 はく落防止対策工 漏水対策工			
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ はく離 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断 脱落 腐食 欠損			
	物理原理	技術が採用する 画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測機器は、「カラーラインセンサーカメラとLED照明を固定した計測装置」と「各カメラのデータを保存するSSDと処理装置(PC)を組み合わせた記録装置」を「移動車両」に一体化させたものである。	
移動装置	移動原理	【車両型】 ・内燃機関を搭載した車両にて移動する。 ・車両にセンシング機器を設置し、交通流にそって走行しながら車道と撮影対象箇所の離隔の範囲内でアプローチするもの。	
	外形寸法・重量	・一体構造(移動装置+計測装置) ・最大外形寸法(長さ7020mm×幅2180mm×高さ3140mm)※測定車両寸法 ・最大重量(6185kg)※測定車両重量	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	計測機器を搭載した車両による移動 ・動力源:内燃機関 ・燃料:ディーゼル	
	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	カメラ	【カラーラインセンサーカメラ】 ・画素数(4096画素) ・覆工展開画像形式 : その他(Jpeg) ・覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量:約25MB(Jpegの場合)
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構 機能	・カメラの画角は固定
		測位機構	・車速センサー、覆工断面、カメラの位置・画角、レーザ距離計
	耐久性	・計測機器の防水・防塵性能無し	
	動力	・動力源:電気式 ・電源供給方法:発電機 ・定格容量:AC100V、12KVA	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	車両搭載の発電機による稼働 【カタログ掲載値】 ・燃料タンク容量 … 62 L ・燃料消費量 … 3.2 L/h ・連続稼働時間 : 62 (L) / 3.2 (L/h) ≒ 約19時間	
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	・カメラに付属した記録メディア(SSD)にデータを保存する。保存データは、有線接続された計測用PCにて確認可能。現場作業完了後、SSDから記録用ハードディスクにデータをコピーする。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	・動力源:電気式 ・電源供給方法:発電機 ・定格容量:AC100V、12KVA	
	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	・道路幅員2180mm×高さ3140mmよりも大きく、車両が走行できること	—
適用可能なトンネルの最大寸法	・計測機器との離隔が3.5m～5.0m程度であること	—

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 未検証 【標準試験値】 ・100km/h以下 (検証時の走行速度:40~45km/h)		—
	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 (2019) 実施年 2015年 ・最小ひび割れ幅 : 0.3mm (0.3mmのひび割れを画像で視認できる) ・計測精度 : 0.42mm (0.3mmのひび割れのみを対象とした検出精度) ・ひび割れ幅の最小単位 : 0.1mm		—
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	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 (2019) 実施年 2019年 ・長さの相対誤差 : 1.8% ・ひび割れ長さの最小単位 : 1mm		—
	位置精度	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 (2019) 実施年 2019年 ・進行方向: 63.7mm ・周方向 : 28.7mm		—
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・フルカラー識別可能 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・フルカラー識別可能		—

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①半断面分の撮影データ(3枚分)を合成し、明度調整、トンネル目地(スパン区切り)設定を行い、画像出力を行う。 ②出力したスパン毎のトンネル全周分(合計6枚分)の画像データを合成し、1スパン単位の覆工展開画像を作成する。 ③1スパン毎の覆工展開画像を「トンネル診断システム」を用いて読み込み、トンネル毎に展開画像を表示する。 ④上記覆工展開画像を目視で確認し、ひび割れ等の変状を手動で抽出する。 ※各作業①～④で使用するソフトウェアについては、次項「ソフトウェア名」を参照。	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	①ひび割れ統合編集ソフトウェア(自社開発ソフト) ②覆工画像作成ソフト(自社開発ソフト) ③④トンネル診断システム(自社開発ソフト)	
	検出可能な変状	・ひび割れ(幅および長さ)、はく落跡、骨材露出(ジャンカ)、エフロレッセンス、漏水	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・覆工展開画像を「トンネル診断システム」にて拡大表示し、システム内に実装されている疑似的なクラックスケールを画像上のひび割れ付近に設置して、目視にてひび割れ幅を人力で判定し、手動で抽出を行う。 ※抽出のためのシステム操作を習得している者であれば、特別な技術は不要。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅:画像上に疑似的なクラックスケールを設置して計測 ・長さ:ひび割れ沿いの長さを自動計測 上記項目については、「トンネル診断システム」により計測が可能。 ※抽出のためのシステム操作を習得している者であれば、特別な技術は不要。
		ひびわれ以外	・うき・はく離、鋼材腐食:変状箇所を示すチョークを含む画像を基に、目視確認し、手動抽出。 ※抽出のためのシステム操作を習得している者であれば、特別な技術は不要。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—
		変状の描画方法	・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	約25MB
		カラー／白黒画像	カラー／白黒画像
		画素分解能	・ひび割れ幅0.2mmを検出するためには1mm/Pixel以下であることが必要
		その他留意事項	・覆工面に正対した画像であること ・覆工面が煤により汚れている場合は、ひび割れの検出が困難 ・坑口部が白飛びしている場合は、変状の検出が困難 ・漏水が多い(滴水)箇所はハレーションが生じやすく、変状の検出が困難
	出力ファイル形式	・JPEG(画像データ) ・DXF(ひび割れ展開図)	
調書作成支援の手順		—	
調書作成支援の適用条件		—	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		—	

6. 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	安全面への配慮	・回転灯の点灯 ・電光表示パネルにて「調査中」表示	—
	無線等使用における混線等対策	特に無し	—
	交通規制の可否	・交通規制は必要ないが、覆工表面に照明を当てながら計測するため、歩行者がいない状態での計測が望ましい	—
	交通規制の範囲	・不要	—
	現地への運搬方法	・測定機器が搭載された車両により自走運搬	—
	トンネル延長の制約	・特に無し(記録媒体の上限まで)	—
	車線数の制約	・特に無し	—
	断面形状の制約	・道路幅員2180mm×高さ3140mmよりも大きく、車両が走行できること	—
	その他	—	—

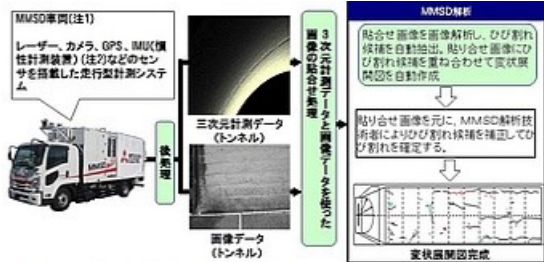
6. 留意事項(その2)

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	・解析システムの操作方法を習得したもの ※システム操作は簡単で、短時間で習得可能(特別な技術は不要)	—
	必要構成人員数	・現場責任者1人、機器操作者1人、車両運転員1人(合計3名)	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・計測車両の運転 : 準中型免許(7.5t未満) ・測定・解析システム : 特に無し(システム操作の習得)	—
	操作場所	・計測車両 後部座席PC設置場所	—
	計測作業日数	準備・片付けで約1時間程度 点検作業時間は、対象トンネル延長の往復走行時間	—
	点検費用	【概算費用】(外内業含む) 直接人件費 : 375,200円 直接経費 : 1,762,000円 (周長17m×延長500m×10トンネルの場合)	【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・ひび割れ、はく離、漏水等の外観変状の検出
	保険の有無、保障範囲、費用	・無し	—
	時間帯(夜間作業の可否)	・坑口付近に直射日光が当たっている場合、坑口付近と坑内の輝度の差が大きくなるため、画像が白飛びしてしまう。 (晴天の昼間よりも、曇天・夕方～夜間の方が望ましい)	—
	計測時の走行速度条件	・100km/h以下	—
	渋滞時の計測可否	・渋滞による低速走行は計測可能 (ただし、車両が完全停止する場合は計測不可)	—
	設備等による死角条件	・ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可	—
	車両から覆工表面までの距離条件	・計測機器との離隔が3.5～5.0m程度であること	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	・特に無し	—
	可搬性(寸法・重量)	・測定機器が搭載された車両による移動	—
	自動制御の有無	・可視画像撮影カメラにオートフォーカス機能有り (事前に標準断面図から、計測機器と覆工表面までの距離を計算する必要有り)	—
	利用形態:リース等の入手性	・請負業務 ・計測車両および解析ソフトウェアの販売可能	—
	関係機関への手続きの必要性	・交通管理者との協議	—
	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 (ライセンス契約による販売可) ・必要作業: 担当者による解析作業 (担当者: 解析ソフトの操作方法を習得したもの)	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・測定機器、解析システムの購入に応じてサポート体制有り	—
	センシングデバイスの点検	・測定機器は開始前に動作確認を行う ・年1回、機器メンテナンスを行う	—
	その他	・計測・解析システムの動作条件(※推奨値) OS: Windows7, 10 メモリ: 8GB以上 CPU: Intel Core i5	—

7. 図面



1. 基本事項

技術番号		TN010005-V0323			
技術名		社会インフラモニタリングシステム(MMSD II)			
技術バージョン		MMSD II		作成:	2023年3月
開発者		三菱電機株式会社			
連絡先等		TEL: 03-3218-2633	E-mail: mmsdmdmd@nk.MitsubishiElectric.co.jp	社会環境事業部 社会システム第二部	
現有台数・基地		2	基地	神戸市兵庫区和田崎町1-1-2 三菱電機 神戸製作所	
技術概要		三菱インフラモニタリングシステム (MMSD II) は、8Kラインカメラ、高密度レーザーを搭載し、交通規制を行わずに走行しながらトンネル覆工面や路面を計測する技術である。 計測した結果は、高解像画像データ・3次元点群データとして出力する。これらのデータを三菱電機が独自に開発したソフトウェアにより解析し、ひび割れ、遊離石灰、漏水等の変状を抽出する。抽出した変状は変状展開図や変状写真台帳として出力可能。 MMSD車両(注1) レーザー、カメラ、GPS、IMU(慣性計測装置) (注2)などのセンサを搭載した走行型計測システム  注1)MMSDとは「Mitsubishi Mobile Monitoring System for Diagnosis」の略 注2)IMU(Inertial Measurement Unitの略):車のヨーイング、ピッチング、ローリングを検出する装置			
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 吸音板 天井板 照明 ケーブル類 警報表示板 標識 その他附属物 はく落防止対策工 漏水対策工 排水施設 路肩及び路面			
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ 変形 移動 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断 緩み 脱落 亀裂 腐食 欠損			
	物理原理	技術が採用する 画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成		6t貨物車両をベースとした車両に高密度レーザー、GNSS、IMU、8Kラインカメラ等のセンシング機器を搭載。 センシング機器のデータは車両に搭載した記録装置に保存する。	
移動装置	移動原理	車両型 ・6t貨物車両をベースとした車両にセンシング機器を設置し、交通規制を行うことなく計測が可能。	
	外形寸法・重量	計測車両寸法：全高 3,530mm、幅 2,400mm、全長 8,430mm 総重量：10,330kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	・動力源：内燃機関 ・燃料：ディーゼル ・定格出力：13kVA ・バッテリーなどの仮設電源は不要	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	—	
計測装置	設置方法	計測機器は、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	カメラ	8Kラインカメラ ・ピクセル数：8,192pixel ・撮像範囲：壁面全周＋路面 ※路肩部については、撮影環境により制限あり
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構 機能	・GNSSによって車両自己位置を計測して記録 ・IMUにより、3軸の角度と加速度を計測し記録
		測位機構	高密度レーザー、GPS、IMU、距離計を活用し、位置情報を取得する。取得した位置情報を元にレーザーデータに座標を付与する。高密度レーザーで取得した壁面の座標をラインカメラで撮像した画像に付与する
	耐久性	・IP64 (高密度レーザー以外) ・IP54 (高密度レーザー)	
	動力	・移動装置の内燃機関によって発電された電力を用いる ・バッテリーなどの仮設電源は不要	
データ収集・通信装置	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・発電機とUPSから給電する機構を設けている。 ・精度保持のため、8 時間以内に一度シャットダウンを行い、再度セットアップを行うことで連続稼働が可能。 ・ディスク容量、および発電機燃料は、計測前に容量確保・給油しておくことで連続稼働が可能。	
	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	・計測装置内に、専用記録装置を備え、全ラインカメラの画像データ及び各種センシングデータを専用記録装置に記録 ・データは、データセンターの大容量専用ストレージで保管	
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	・通信方法 有線 ・通信規格 USB3.0 ・通信速度 - ・通信距離 -	
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	・専用記録装置から直接HDDへデータを転送 ・HDDはボリュウム全体を暗号化	
	動力	・移動装置の内燃機関によって発電された電力を用いる ・バッテリーなどの仮設電源は不要	
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	・計測機器とは別に電源を確保することで無制限に連続使用が可能	

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	計測車両(全高:3.6m、幅:2.4m)が安全に通過できるトンネル	分合流部や非常駐車帯などでトンネル断面形状が大きく変化する場合は、断面形状の変化に合わせた別途計測を行う
適用可能なトンネルの最大寸法	撮影するラインカメラの視点から7m	分合流部や非常駐車帯などでトンネル断面形状が大きく変化する場合は、断面形状の変化に合わせた別途計測を行う

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 一般道の場合、最大60km/h (0.5mm/pixelとした場合) 【標準試験値】 計測時50km/h走行		■性能 【画素分解能】 1.0mm/pixel :80km/h 0.5mm/pixel :60km/h 0.25mm/pixel :30km/h ■環境 【天候】荒天対応不可。雨天時は現場判断(検証時 晴れ) 【路面状態】凍結・積雪対応不可。 路面の段差や障害物などで車両走行に乱れが生じると画質に影響を及ぼす場合がある。 【GNSS測位】 GNSS測位不可時、計測精度に影響の出る場合がある
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 幅0.1mmのひび割れが目視で判別可能 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2018年 ・最小ひび割れ幅 0.1mm 計測精度 0.22mm 最小ひび割れ幅とは、技術で見ることのできるひび割れの最小幅。運用上は0.3mm以上、もしくは0.3mm未満で検出。 ・吹付けコンクリート面での計測も可 (ひび割れの検出手順は画像処理性能の「検出手順」と同様)		■環境 【日照条件】 坑口付近は日光の影響を受ける場合があるため、坑口付近の照度差が安定する日没後の計測を実施する場合があります。(検証時は昼間に計測)
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 相対精度3mm(rms)以内 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 0.67%		「撮影速度」「計測精度」に記載の環境条件に準拠 【性能値】は良好なGPS受信を前提としたスペック
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 相対精度3mm(rms)以内 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・周方向 :17.5mm ・進行方向:13.3mm		「撮影速度」「計測精度」に記載の環境条件に準拠 【性能値】は良好なGPS受信を前提としたスペック
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 8bitグレースケール 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・グレースケール識別可能 ・輝度240未満で識別可能であり、輝度差約20を区別可能		「撮影速度」「計測精度」に記載の環境条件に準拠

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		自社開発ソフトウェアを搭載した自社解析サーバーで、以下の処理を行うことで変状検出する。 1)撮影した画像を自社開発のオリジナルソフトウェアにより3D実形状をもとに自動で貼り合わせる。（自動） 2)変状（ひび割れ、遊離石灰・漏水）を自社開発のオリジナルソフトウェアにより抽出する。（自動） 3)抽出した変状（ひび割れ、遊離石灰・漏水）をDXFに変換し、市販のCADソフト上で目視確認し、筋状の汚れ等ひび割れ以外 の抽出結果を手動で削除する。（手動） 4)手動編集したDXFを自社開発のオリジナルソフトウェアに登録し、ひび割れの長さ・幅、遊離石灰・漏水の大きさ（範囲）を自動計測する。（自動） 5)うき、はく離、鋼材腐食については、手動により変状種別を判別する。（手動） 【計測・解析作業日数】 ①延長500mのトンネル1本の場合 計測（外業）：1日 解析（内業）：1ヶ月程度 ②延長500mのトンネル×10本を一括して計測する場合 （対象トンネルは近隣地域にある想定） 計測（外業）：5日程度 解析（内業）：2ヶ月程度		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	三菱インフラモニタリングシステムⅡ（MMSDⅡ）オリジナルソフトウェア		
	検出可能な変状	ひび割れ（幅および長さ）、遊離石灰・漏水		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	画像の画素をソフトウェアで認識し、画素の輝度変化からひび割れ候補を抽出した後、特徴に基づきフィルタリングしひび割れを検出する	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅：ひび割れと自動検出した画素(pixel)数に、1pixelあたりの長さを乗ずることでひび割れ幅を算出する。ひび割れの境界部分の画素では、そのグレースケールに応じた値をひび割れ幅に加味する。 ・長さ：ひび割れをベクトル化して頂点数を減らしたうえで、その直線距離を計測する。	
		ひびわれ以外	人による解析の支援として、析出物、漏水の領域毎にディープラーニングにより検出・分類する。さらに、人手によりフィードバックを加え精度を向上する。	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	最小ひび割れ幅 0.3mm 計測精度 0.22mm 最小ひびわれ幅の検証において撮影した画像から各模擬ひびわれ幅の計測結果と真値の誤差(mm)の二乗平均平方根を誤差として算出。	
		変状の描画方法	・ひび割れ：ポリライン ・ひび割れ以外：ポリゴン	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPG	
		ファイル容量	覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量：約100MB	
		カラー／白黒画像	白黒	
		画素分解能	ひび割れ幅0.3mmを検出するためには0.25mm/pixel以下であることが必要	
		その他留意事項	・覆工面に正対した画像であること ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出に影響することもある ・覆工面が煤により汚れている場合は、ひび割れの検出が困難な場合がある	
出力ファイル形式	展開画像:JPEG 変状展開図:DXF 変状写真台帳:Excel			
調書作成支援の手順		1) 点検調書の様式・既存データをシステムに取り込む 2) 点検調書の様式に従い、新規入力項目を入力。 既存データは、1)にてシステムに登録 3) 現地撮影した画像データから展開画像を自動生成 4) 展開画像をシステムで解析し、変状展開図を自動生成 5) システムで自動生成した変状展開図を手動編集し、システムに登録 6) 手動編集した変状展開図を基に、変状写真台帳を自動生成。必要に応じて変状写真台帳に追加項目を手動入力する。 7) 点検調書としてとりまとめる		
調書作成支援の適用条件		1) 被写体に対して正対して撮影 2) ひび割れの計測精度が「最小ひび割れ幅0.2mm」となるように撮影		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		三菱インフラモニタリングシステムⅡ（MMSDⅡ）オリジナルソフトウェア 三菱多次元設備管理システム（MDMD） クラウドサービス提供については、今後サービス予定		

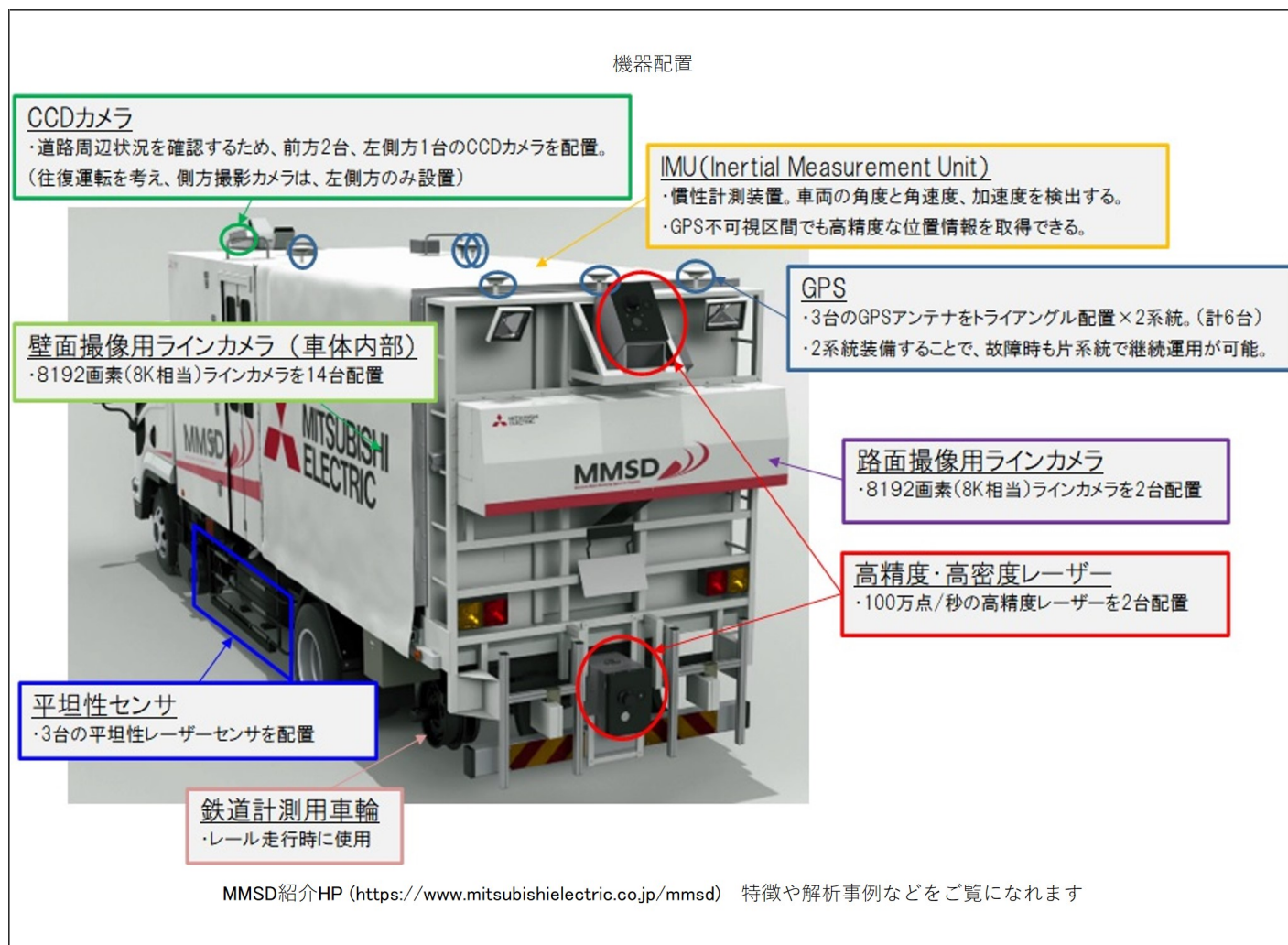
6. 留意事項(その1)

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	安全面への配慮	・高密度レーザーは、クラス1であり人体への影響は無い。 ・壁面および路面撮像用の赤外線レーザー照明はクラス3Rであるが、計測範囲への侵入検知、または走行速度が一定以下になることで、出力をクラス1に落とす安全装置を備える。	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	不要	—
	交通規制の範囲	不要	—
	現地への運搬方法	車両による自走	—
	トンネル延長の制約	—	—
	車線数の制約	—	—
	断面形状の制約	分合流部や非常駐車帯などでトンネル断面形状が大きく変化する場合は、断面形状の変化に合わせた別途計測を行う。	矩形断面やシェッドも計測可能
	その他	すす汚れによる作業の可否 : 可	汚れやすす等でひび割れが見えづらい場合は、部分的にひび割れが確認できているエリアからひび割れの延長を想定する。

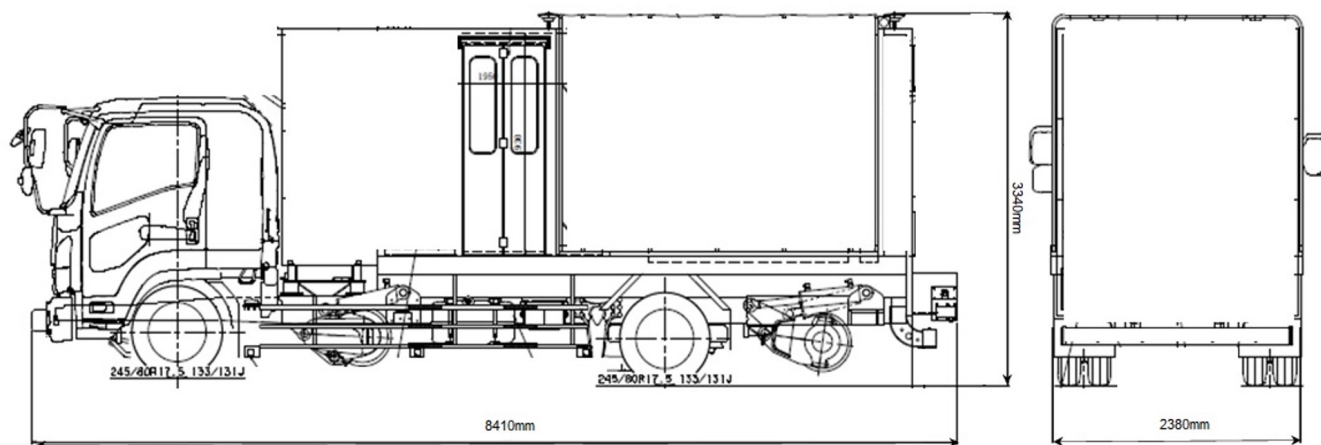
6. 留意事項(その2)

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	社内選定基準に基づく	計測の原理を理解し、機器操作・調整のスキルを習得した者
	必要構成人員数	現場責任者1名、点検員1名、点検補助員1名、車両運転員1名 合計4名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	社内資格基準	計測の原理を理解し、機器操作・調整のスキルを習得した者
	操作場所	車両内	トンネル周辺に作業ヤードは不要
	計測作業日数	8時間/日 【計測・解析作業日数】 ①延長500mのトンネル1本の場合 計測(外業) :1日 解析(内業) :1ヶ月程度 ②延長500mのトンネル×10本を一括して計測する場合 (対象トンネルは近隣地域にある想定) 計測(外業) :5日程度 解析(内業) :2ヶ月程度	—
	点検費用	(各種条件により変動するため、個別にお問合せください)	【想定される活用方法(ユースケース)】 ・近接目視点検前に走行型計測を実施し、MMSDの計測結果を基に近接目視点検作業を効率化する
	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 :無制限	—
	時間帯(夜間作業の可否)	一(夜間作業は可)	坑口付近の照度差が安定する夜間作業を推奨
	計測時の走行速度条件	最大80km/h	【画素分解能】 0.7mm/pixel :80km/h 0.5mm/pixel :60km/h 0.25mm/pixel :30km/h
	渋滞時の計測可否	停止を伴わない範囲であれば渋滞でも計測は可能	—
	設備等による死角条件	ジェットファン・照明等の附属物、内装板の背面は撮影不可	—
	車両から覆工表面までの距離条件	2m～7m	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	なし	—
	可搬性(寸法・重量)	自走	—
	自動制御の有無	無	—
	利用形態:リース等の入手性	計測解析サービス・業務請負	—
	関係機関への手続きの必要性	必要なし (交通規制不要・緩和申請不要)	—
	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(三菱インフラモニタリングシステムⅡ(MMSDⅡ))オリジナルソフトウェアを使用	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	三菱電機 神戸製作所内にサポート体制を構築	—
	センシングデバイスの点検	年に1回、精度調整を実施	—
	その他	【特許状況】車両搭載機器の設置に関する特許、車両仕様、画像解析、3次元点群解析等に関する各種特許を取得済み 【気象条件】荒天対応不可、雨天時は現場判断。 【作業条件】未舗装路や凹凸の激しい路面での計測は非推奨	—

7. 図面



車両寸法



1. 基本事項

技術番号	TN010006-V0624				
技術名	走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミーム・アル)／MIMM(ミーム)				
技術バージョン	ver.6			作成:	2024年3月
開発者	MIMM-R: パシフィックコンサルタンツ(株) MIMM: 計測検査(株)				
連絡先等	TEL:	MIMM-R: 03-6777-4763 MIMM: 093-642-8231	E-mail:	MIMM-R: tn-mimm@ss.pacific.co.jp MIMM: kkeigyo@keisokukensa.co.jp	MIMM-R: 交通基盤事業本部 トンネル部 MIMM: 営業部
現有台数・基地	MIMM-R、R2号機 各1台 MIMM2,3号機 各1台		基地	MIMM-R: 茨城県つくば市 MIMM: 福岡県北九州市, 神奈川県横浜市	

技術概要

走行型計測車両 MIMM-R

高密度レーザ(100 万点/秒)

非接触内部欠陥レーダ

TYPE2:内部欠陥ジャンカ

全周 18 台ビデオカメラ (Full HD 200 万画素)

画像撮影装置

ひび割れ、変状を連続撮影

高密度レーザ(100 万点/秒)

非接触空洞探査レーダ

TYPE1:巻厚と背面空洞

覆工の 3 次元形状計測

Pegasus II U (IMU,GNSS,12M カメラ)

トンネル覆工壁面の連続画像撮影システム、高精度3次元レーザ計測システム、非接触レーダー探査システムを車両に搭載し、覆工表面ひび割れや漏水等の変状と、トンネル断面形状、巻厚、背面空洞等を計測する。
走行型計測結果により覆工壁面展開画像および変状展開図を作成することで、変状位置を正確に把握することが可能となること
から、高品質な変状展開図を作成することが可能となる。
MIMM-Rに搭載された3次元レーザ計測システムを併用することで、断面形状や断面変形の有無を把握することができるため、
外力性変状の評価するための定量的なデータを得ることができる。
MIMM-Rに搭載された覆工巻厚・背面空洞調査レーダーシステムを併用することで、巻厚不足の判定や背面空洞の有無、突発性
崩壊の危険性評価を行うための定量的なデータを得ることができる。
カメラシステムとして別車両のMIMMがあり、画像計測はMIMM-Rと同等の機能、性能であるため、表題に併記した。

図-1 技術概要

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 吸音板 天井板 ケーブル類 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所 排水施設 路肩及び路面 監査歩廊
------	------	--

	損傷の種類	本体内における圧 ひび割れ うき はく離 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断
	物理原理	技術が採用する 画像 その他(具体名を記載する)

2. 基本諸元

計測機器の構成		【計測装置の構成】 本計測装置は、3トン車両後方に切り離し可能な計測室を置き、撮影角度を0.1度刻み(位置決め精度0.03度)で調整可能な電動雲台、16倍の望遠機能を備えたデジタル・ビデオカメラ、録画装置、照明用のLEDからなる画像撮影部と、高精度レーザースキャナ・GPS・IMU・オドメータ等で構成される高精度レーザ計測部、および2種類のレーダ計測部(覆工巻厚・背面空洞探査用レーダ、うきなど内部欠陥探査レーダ)からなる。高精度レーザスキャナはPegasus II U (Z+Fレーザ、IMU、GNSS、カメラ)と高精度レーザZ+Fの2台から構成し、Pegasus II Uは計測室後方ルーフ部に、Z+Fレーザは車両後方に75～90°で設置し、2台のレーザースキャナーは、100万点／秒、回転数最大200回／秒の性能を備える。	
移動装置	移動原理	車両型 ・内燃機関を搭載した車両にて移動する。 ・車両に切り離し可能な計測室(カメラ、レーザ、レーダを搭載)を設置し、一般車両に混じって交通規制を行うことなく通常走行しながら計測を行うことが可能。 ・陸運局にて規制緩和認定を取得しており、道路使用申請なしに走行計測することができる。	
	外形寸法・重量	・車両＋計測室一体構造(ただし分離可能) ・長さ:5.99m 幅:2.08m 高さ:3.63m ・車両総重量7.22t	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・計測室(分離可能) ・長さ:4.24m 幅:2.02m 高さ:2.21m 重量:2,600kg	
	動力	・動力源:内燃機関 ・燃料:ディーゼル ・定格出力:13kW ・仮設備は不要	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・移動装置としては連続稼働時間の制限は特になし	
計測装置	設置方法	・分離可能構造。 ・3トン車両後方に設置された計測室は車両本体とボルト・ナットにより締結、分離時はボルト・ナットを取り外しフォークリフトまたは移動式クレーン等を用い切り離し作業を行う。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・計測室(分離可能) 長さ:4.24m 幅:2.02m 高さ:2.21m 重量:2,600kg	
	センシングデバイス	カメラ	【ビデオカメラ】 ・MIMM-R:Full-HDカメラ 18台 (有効画素数 200万画素:1920×1080) MIMM-R2号機 4Kカメラ 800万画素:4096×2160 10台 MIMM2号機 SD 38万画素 20台、MIMM3号機 Full-HDカメラ 18台 200万画素) ※性能カタログ、確認シートの標準試験は、38万画素カメラ搭載時のMIMM-Rにて行っている。 (MIMM-Rはver.4にて、200万画素 Full-HDカメラに改良、MIMM-R2号機は、800万画素カメラ搭載) MIMM-R、MIMM3号機の200万画素カメラ、およびMIMM-R2号機の800万画素カメラは、38万画素による標準試験性能の同等以上の性能を確認している。 ・画像分解能の設定 0.75～1.5mm/pixに対応可能 ・エリアカメラ、グローバルシャッター ・SS:標準は1/2000. 50km/hの場合SS:1/3,000以上 ・動画フレームレート 30 fps ・照明 LED照明48台(MIMM-R2号機 28台) 3m離隔での照度は5,000lx程度 ・覆工展開画像形式 : その他(覆工壁面正対画像(jpeg/AutoCAD外部参照反映可能)。必要に応じて、3次元テクスチャ作成も可能) ・覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量 : 100～200MB程度(3次元テクスチャ含まず)
			・鉛直0°～360°
			カメラの画角は対象トンネルの形状および撮影画像精度(解像度)に応じて都度設定する可動式。
			レーザ計測、GNSS、IMU、オドメータ距離計
	耐久性	・デジタル・ビデオカメラ:公式な防塵、防水等級は無し、但しケーシングによりIP51相当、LED照明:IP65 ・測位のためのレーザ計測装置:Pegasus II U IP52、レーザースキャナー部 IP54	
	動力	・カメラ計測装置は、移動装置の内燃機関によって発電された電力を用いる。 ・測位のためのレーザ計測装置はバッテリーを使用(バッテリーは専用装置を車両搭載済みであり、仮設備は不要)	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・カメラ計測装置は、8時間程度(内燃機関によって発電した電力を使用しており、特に制約はなく、通常1日使用が可能。)(外気温:0～40℃、連続計測の場合:カメラはトンネル通過時のみ稼働させる) ・測位のためのレーザスキャナーはバッテリー給電であり連続稼働時間は4時間程度であるが、計測に合わせ断続的に計測するため、通常1日:8時間程度の使用が可能。(外気温:0～40℃)	
データ収集・通信装置	設置方法	・分離可能構造。3トン車両後方に設置された計測室は車両本体とボルト・ナットにより締結、分離時はボルト・ナットを取り外しフォークリフトまたは移動式クレーン等を用い切り離し作業を行う。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	計測室(分離可能) 長さ:4.24m 幅:2.02m 高さ:2.21m 重量:2,600kg	
	データ収集・記録機能	・カメラから有線接続されたレコーダに記録し、データを保存する。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	・移動装置の内燃機関によって発電された電力を用いる。	

	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	—
--	------------------------------	---

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	・R3.5m以上 ・R3.5m以下(SL1.5m程度)の場合、道路中央を走行することにより高さ3.8m幅3.5m程度まで対応可	・複数回走行が必要な場合がある。 ・照明や標識等の付帯物が走行に支障の無い事を確認する必要がある。
適用可能なトンネルの最大寸法	・R8.5m以下	・カメラからの直線距離が1.5m～7.5m以内推奨 ・車線数に応じ複数回走行が必要 ・照明や標識等の付帯物が走行に支障の無い事を確認する必要がある。

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・70km/h程度以下 【標準試験値】 ・検証時41km/hで走行		【条件は下記の各性能も共通】 【天候】 降雨時はレンズに付いた水滴により鮮明な画像が撮影できないため不可。 【路面状態】 舗装状態が望ましい。整地されていれば未舗装でも対応可能(車両揺れが激しい(大きい)場合、覆工壁面に対する被写体距離と角度が大きく変化するため画質が劣る可能性があるため)。 【GNSS測位】 GNSS測位可能な坑外から計測を開始できれば、坑内でのGNSS測位不可状態での計測が可能。 【日照条件】 1000 lx 以上の照度から 70 lx 以下の環境照度に連続的に計測する場合は白飛びに注意(絞り等の設定変更により解消可能)。
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・最小ひび割れ幅の検出分解能は0.3mm程度 ・ひび割れ幅の検出は0.5mm刻み程度で運用 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2018年 ・最小ひび割れ幅0.2mm (0.2mmのひび割れを画像で視認できる) ・計測精度0.43mm (0.2mmのひび割れのみを対象とした検出性能) ・吹付けコンクリート面での計測も可		【性能値】 画像によるひび割れ検出の最小検出分解能は0.3mm程度で、閉合ひび割れ、クロスひび割れ、変状の進行性、新規ひび割れ、ひび割れ密度の変化などを画像から確認できる。 ひび割れ幅の検出は検出手法上0.1mm刻みの検出は可能であるが、実務上0.5mm刻み程度で運用している。 【標準試験値】 計測精度の0.43mmは、模擬供試体の0.2mmのひび割れに対し、ひび割れ幅を0.3mm刻み程度で検出したときの計測精度。【標準試験の計測精度は、確認シートを参照】
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・1%以下(補正後50mm程度) 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2018年 ・1.23%		【性能値】 ・画像とレーザ点群を重畳させ変状長さ精度を向上(点群の坑口位置補正を実施) 【標準試験値】 ・標準試験の長さ計測精度は、確認シートを参照
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・50mm程度以下(補正後) 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2018年 ・進行方向: 59.0mm (5測線の平均値) ・周方向: 19.7mm (4測線の平均値)		【性能値】 ・画像とレーザ点群を重畳させ変状位置精度を向上(点群の坑口位置補正を実施) 【標準試験値】 ・標準試験の位置精度は、確認シートを参照
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・フルカラー識別可能 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2018年 ・フルカラー識別可能		【標準試験値】 ・標準試験の色識別性能は、確認シートを参照

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順

手法1)

- ①撮影した画像を覆工1スパンごとに合成する。位置同期はレーザー一点群座標による。(自動・調整は一部手動)
- ②ひび割れの自動抽出機能により、画像からひび割れ(幅、位置)を抽出する。(自動・事前作業は手動)
- ③最大ひび割れ幅によるひび割れ展開図に変換し、DXF出力する。(自動)
- ④ひび割れ以外の変状については、画像から手動で抽出する。(手動)

手法2)

- ①撮影した画像を覆工1スパンごとに合成する。位置同期はレーザー一点群座標による。(自動・調整は一部手動)
- ②ひび割れ、漏水などの自動抽出機能により、画像からひび割れなどの変状を抽出する(ラスターデータ)。(自動・ノイズ調整は手動)
- ③ひび割れ幅、長さを求め、対策工区分の判定を行う。(自動・判定は一部手動)
- ④ひび割れ、漏水などをベクターデータとして展開図に変換し、DXF出力する。(自動)

【解析作業日数】
以下の条件の場合の標準的な作業日数

【トンネル条件】

- ・延長500m
- ・ひび割れ密度0.3m/m² 等
- ・2車線断面

【作業日数】

- ・画像合成 2日
- ・変状抽出 2日 等

走行型計測車両MIM-Rの走行イメージ（画像計測状況）

①レーザ点群

②カメラ配置

③合成（カメラ色分け）

④出力合成画像

画像とレーザ点群の位置同期による
画像補正と合成

ひび割れ抽出

ひび割れ最大幅変換

DXF出力

ひび割れ抽出の手順（手法1）

図-2 変状検出手順

ソフトウェア 情報	検出可能な変状	手法1) ひび割れ(幅、長さ) 手法2) ひび割れ(幅、長さ)、漏水、遊離石灰、はく落跡、その他目視により確認できるもの	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	手法1) 自社開発ひび割れ自動抽出ソフト HALCON ・ひび割れ自動抽出ソフト(HALCON)により、コンクリート面とひび割れのピクセルの輝度値から、ひび割れを自動抽出し、ひび割れ幅を検出する。(ひび割れ以外は、手動検出) 手法2) AIによる変状抽出ソフト セマンティックセグメンテーションによるディープラーニング ・ひび割れをピクセル単位でセマンティックセグメンテーションにより抽出する。 ・使用する画像は、1.5mm/pix以上の画質(低圧縮JPEG画像)を用い、高精細化手法を併用。 ・教師データは、100スパン以上、1タイル256×256pix(or 512×512pix)、ひび割れをピクセル単位で作成。 近接目視点検前に計測した画像により画像と位置同期した展開図を作成する。近接目視時に修正した点検結果としてのひび割れ判定を教師データ作成の基本とし、画像上のひび割れを技術者が判断したうえで教師データを作成する。 ・撮影条件・仕様等(手法1)2)共通) 1) カメラ:ビデオカメラ 2) 撮影設定:絞り優先設定 3) ラップ率:オーバーラップ 30%、サイドラップ 30% 4) 画質:1.5mm/pix以上 5) 画質フォーマット:JPEG、TIFF、PNG、BMPなど 6) 注意事項: ・画像から作成した変状展開図を近接目視時に確認し修正すること⇒教師データ作成は修正後の最終展開図を使用する。展開図は画像と位置情報が一致している必要あり
		ひびわれ幅および長さの計測方法	手法1) ・ひび割れ幅: HALCONによりピクセルの輝度値から、ひび割れ幅を検出する(1.5mm/pixの分解能であるが、輝度使用により0.3mm程度以上のひび割れ幅の検出が可能) ・ひび割れの検出レイヤ(0.3mm未満, 0.3～0.5, 0.5～1.0, 1.0～2.0, 2.0～3.0, 3.0以上を基本としたレイヤカスタマイズ可能) ひび割れ長さ: ひび割れをポリラインに変換し、長さを確認する。ひび割れ位置、長さはレーザによる位置座標から算出している。 手法2) ・ひび割れ幅:セマンティックセグメンテーションにより、ピクセル毎のひび割れ存在可能性を算出する「ひび割れ検出アルゴリズム」により自動抽出する。具体的には2倍の高精細化技術により、1.5mm/pixの分解能を0.75mm/pixに改善し、ピクセル以下のひび割れ幅については、周辺のピクセルを使って補間し、輝度による重み付けを行うことで、ひび割れの存在可能性の分布を求めることによって、0.3mm程度以上のひび割れ検出が可能。 ・ひび割れ長さ: セマンティックセグメンテーションにより抽出したひび割れをベクター化し、ポリラインでのひび割れ長さを検出する。
		ひびわれ以外	手法1) 【漏水、遊離石灰、はく落跡、鉄筋露出、ジャンカ、コールドジョイント、照明、JFなど】 ・画像から手動にて抽出する。うきについては、近接目視、打音検査の結果を踏まえて修正する。 手法2) 【漏水、遊離石灰、はく落跡】 ・ひび割れ同様、セマンティックセグメンテーションのアルゴリズムにより、ピクセル単位で、漏水、遊離石灰、はく落跡を抽出する。ピクセル集合体の面データ(ラスターデータ)として自動抽出する。 ・教師データは、100スパン以上、漏水など面データとしてピクセル単位で作成する。 教師データは、画像のみの判断で作成せず、近接目視、打音検査の点検結果を反映させて作成する。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	手法2) ・ひびわれの検出:再現率80%程度(漏水、遊離石灰、チョーク、壁面汚れがひび割れに重なっておらず、明瞭なひび割れであった場合) ・漏水、遊離石灰、チョーク、壁面汚れなどがひび割れと重なっており、画像上ひび割れが分類できない状態の場合は、検出不能。 ・漏水、遊離石灰については、再現率80%～90%程度。
		変状の描画方法	・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	手法1)2)共通 JPEG、TIFF、PNG、BMPなど
		ファイル容量	手法1)2)共通 50MB～200MB程度/1スパン (1.5mm/pixの場合、50～80MB程度/スパン)
		カラー／白黒画像	手法1)2)共通 カラー
		画素分解能	手法1)2)共通 ・ひび割れ幅0.3mmを検出するためには1.5mm/Pixel以下であることが必要
		その他留意事項	・基本的にはトンネル覆工表面全周画像を対象とし、スパン単位で合成した見下げの展開画像とする ・画像の縦横比が実際のトンネル周長とスパン長の比率に等しいこと(正確なアスペクト比であること) ・画像の歪み ⁴⁾ があり、台形などを補正し、壁面に正対した画像とする ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・覆工面の煤、漏水、遊離石灰によりひび割れが不可視の場合は、ひび割れの検出が困難

	出力ファイル形式	【汎用ファイル形式の場合】 JPEG／DXF等 【クラウドサービス提供の有無】 無し
		手法1) ①適応条件に記載の条件により画像データを取得する。 ②画像データおよび同時に計測したレーザ点群データを下記支援ソフトiTAMSに取り込む。 ③iTAMSのドロー編集画面にて、ひび割れ抽出、その他の変状抽出作業を行い、変状展開図を作成する。 ④近接目視、打音検査を実施。事前に作成した変状展開図をタブレットに取り込み、現地にて修正作業を行う。 ⑤iTAMSのドロー編集画面にて、変状箇所の抽出、対策工区分の判定などを行う。 ⑥画像の他、レーザ、レーダの結果を一元化して3D可視化し、統合型評価診断システムにより診断する。 ⑦抽出した変状箇所に応じた写真を帳票用に自動作成。 ⑧点検帳票を所定のフォーマットに自動出力する。記録はデータベースで一元管理する。 手法2)の場合は、上記③の部分をAIにて抽出する。
		iTAMSのドロー編集画面 点検帳票をを所定フォーマットに自動出力 走行型計測 画像計測 レーザ計 レーダー計 巻厚・空洞レーダー 内部欠陥レーダー 画像合成 + 損傷図 点群座標 による 位置同期 レーザ 点群 点群座標 による 位置同期 巻厚・空洞 コンター 断面図 内部欠陥 空洞コンタ 断面図 巻厚 うきの探査 内部欠陥探査結果 施工箇所 3D可視化 画像、損傷図の重ね3D表示 変形モードの3D表示 空洞、内部欠陥の3D表示 DB・診断システム 点群座標による位置同期した画像、損傷図、変形図、空洞・内部欠陥などの情報を一元化して3D可視化表示し、表示モードを切り替えて、変状規模、原因、健全度を総合的に診断する。 トンネル点検入力ツール オンサイトシステム iPad Pro 事前作成した展開図を活用し、近接目視点検結果、写真をその場で入力、複数端末間で同期、展開図・DBへ反映。 【効率化促進】 データベースシステム 統合型評価診断システムの概要（3次元可視化、オンサイトシステム、データベース） 図-3 調査作成支援の手順
	調査作成支援の適用条件	手法1) ・基本的にはトンネル覆工表面全周画像を対象とし、スパン単位で合成した見下げの展開画像とする ・画像の縦横比が実際のトンネル周長とスパン長の比率に等しいこと(正確なアスペクト比であること) ・画像の歪み、あおり、台形などを補正し、壁面に正対した画像とする ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・覆工面の煤、漏水、遊離石灰によりひび割れが不可視の場合は、ひび割れの検出が困難 ・画像から作成した変状展開図を近接目視時に確認し修正すること 手法2) ・上記の手法1)の適用条件と同じ
	調査作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・現地での入力:タブレット (iPad) ・点検調査作成OS Windows8.1以降 ・帳票作成、DBシステム :iTAMS (自社開発ソフト) ・クラウドサービス提供:なし

6. 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	安全面への配慮	・特になし ・測位に使用するレーザはクラス1であり、人体に影響はない。	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	不要 (陸運局許可取得済)	—
	交通規制の範囲	—	—
	現地への運搬方法	・車両に搭載して運搬 等	—
	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	・特になし	—
	その他	【汚れ、すす等がある場合の作業の可否】 ・すす汚れ等がある場合は、一般的な場合は、照明が透過し撮影することは可能。すすが固着して非透過の場合は撮影不能。	【作業条件・運用条件】 ・交通規制が不要であるため、原則として事前の関係機関への申請等手続きは不要。 ・照明設備やジェットファン、内装板の背面など計測車両から物理的に視野が確保できない覆工表面の走行型画像計測はできない。

6. 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	・社内基準	—
	必要構成人員数	・車両運転員1人、計測機器操作1人、合計2名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・社内講習必要	—
	操作場所	・車両内 (作業ヤード不要)	—
	計測作業日数	・計測作業日数:1日で500m程度のトンネル3本～10本程度可能 同一路線の連続するトンネルの場合、10本程度可能。 ・平均作業時間:8時間/日 等	—
	点検費用	・計測サービスを提供 ・計測費用 人力による従来点検業務費用に比べ、条件により、ほぼ同等から3割程度縮減可能費用は、トンネル数(トンネル群の距離)、延長、変状の大小(ひび割れ密度)、打音検査の量、矢板工法がNATMなどにより変わる。 ・近接目視点検、打音検査含む ・画像合成、展開図作成、点検帳票作成含む 【実績】 R2近畿地整管内トンネル点検・診断及び修繕計画業務より国交省近畿地整道路メンテナンスセンター 点検(近接、打音)、内業(変状抽出、展開図作成、レーザ解析、レーダ解析)、交通規制を含み、従来点検に対して、16%コスト低減 【近畿地整実績の条件】 ・トンネル数:6本 ・2車線断面、照明灯具あり ・2回目以降点検 ・延長:短いトンネルから順に 38,330,389,740,1420,2810m ・ひび割れ密度:同上順に 0.55,0.14,0.19,0.08,0.14,0.14 ・画像計測、変形モード解析、レーダ解析実施 ・スクリーニング後、近接目視、打音検査実施 ・交通規制含む	近畿地整実績は、統括システム全体の費用 一般的には、例えば、 ・トンネル500m程度 10本計測の場合 直接人件費 外業 3,500,000円 内業 11,000,000円 直接経費 3,500,000円 その他費 22,000,000円 業務価格 40,000,000円 (従来点検に比べ、30%程度縮減) ・トンネル500m 1本のみ (従来点検とほぼ同等) 【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・客観的・正確な変状展開図作成(変状位置の正確な把握、変状進行性の把握、近接目視点検前に作成) ・近接目視点検前に、問題箇所や健全箇所のスクリーニングを実施 ・人力による近接目視点検を支援、スケッチ作業省力化による作業効率向上、コスト低減効果 ・統合型診断システムによる総合的判断による健全性診断の支援
	保険の有無、保障範囲、費用	・加入済み、保証範囲:人+自転車+車、保証金額:無制限	—
	時間帯(夜間作業の可否)	・特になし(夜間作業も可)	—
	計測時の走行速度条件	・70km/h程度以下	—
	渋滞時の計測可否	・特になし	—
	設備等による死角条件	・ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可 等	—
	車両から覆工表面までの距離条件	10m程度以内	—
	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)	・特になし	—
	自動制御の有無	無	—
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託にて対応	—
	関係機関への手続きの必要性	・必要なし(陸運局許可取得済)	—
	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 ・必要作業:担当者による解析作業 ・上記計測費に含む	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有	—
	センシングデバイスの点検	・日常点検、年/1回定期点検	—

	その他	【特許状況】 ・特になし 【気象条件】 ・1mm/h以上の降雨時の計測は不可 【作業条件】 ・特になし	本システムは、カメラ、レーザの他に、2種類のレーダ計測部（覆工巻厚。背面空洞探査用レーダ、うきなど内部欠陥探査レーダ）を搭載しているため、レーダ技術については別途性能カタログを作成する。 カメラシステムとして別車両のMIMMがあり、画像計測はMIMM-Rと同等の機能、性能であるため、表題に併記した。

7. 図面

走行型高速3D計測システムによるインフラ点検・診断技術

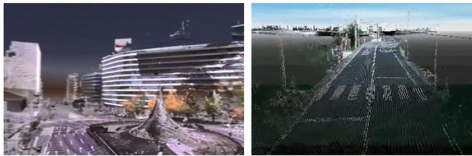
・ 走行型計測車両 MIMM-R



カメラ、レーザ、レーザおよび、近接目視、打音検査を総合的に融合させ、適切な判定を実施し、トンネル点検・診断全般の効率化、省力化などの支援を目指す。

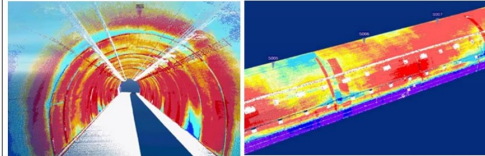
地形測量対応MMS (3Dマッピング)

- ・ 高精度地形測量、地物認識
- ⇒ 道路管理の電子化、CIM導入への対応



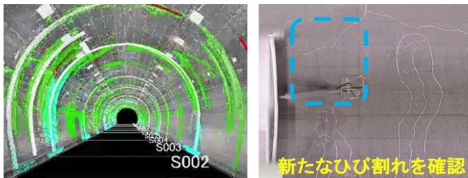
MMS: 3次元形状計測: 高精度レーザ(100万点/秒)

- ・ トンネル形状、変形モード解析、段差検出
- ⇒ ひび割れ変状原因、進行性が推定可能



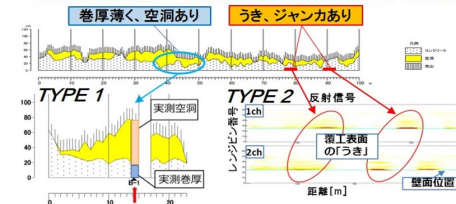
MIS: 3次元画像計測、損傷度評価

- ・ 0.2mm幅のひび割れ検出精度(70km/h)
- ⇒ 近接目視点検の支援、効率化、正確な位置



MRS: 非接触型レーザ: 2タイプ (50~70km/h)

- ・ 巻厚・空洞探索 & 内部欠陥(うき、ジャンカ)
- ⇒ 高速非接触レーザ(離隔3m)は世界初の技術



技術紹介



動画



技術紹介 <https://www.pacific.co.jp/service/infrastructure/tunnel/close-up/mimm-r/>

動画 https://www.youtube.com/watch?v=hZfctUCVs_E
https://www.youtube.com/watch?v=q_DvV9u8XEw

図-4 全体図

1. 基本事項

技術番号		TN010007－V0425			
技術名		一般車両搭載型トンネル点検システム			
技術バージョン		1.4		作成：	2025年3月
開発者		株式会社リコー			
連絡先等		TEL：070-4361-9490	E-mail：	rimo@jp.ricoh.com	リコーフューチャーズビジネスユニット 社会インフラ事業センター渡辺 真史
現有台数・基地		モノクロ計測装置2台、カラー計測装置1台	基地	神奈川県海老名市	
技術概要		本技術は、一般車両に搭載したトンネル壁面計測装置とその展開画像を利用して調書作成を支援する技術である。計測装置は、複数モノクロまたカラーの被写界深度拡大ラインカメラ（※）とライン照明で構成され、交通規制不要な速度(40-80km/h程度)で走行しながらトンネルの覆工部の画像を撮影する。画像処理技術により作成した（覆工面の）展開画像では、本体工における最小幅0.3mmのひび割れや漏水・チョーキング等の変状や附属物のねじの緩み等（合いマーク）を判別可能である。撮影した高精細な展開画像から変状展開図を作成可能なため、近接目視点検及び調書作成の省力化・精度向上に寄与する。また、3次元点群の計測を行うことも可能である。（オプション） ※被写界深度拡大カメラは通常のレンズと比べ、明るさを維持したままピントの合う範囲を4-5倍近く広げることができる、「ピンボケしにくい」カメラであり、リコー独自の技術である。			
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 吸音板 天井板 照明 ケーブル類 ジェットファン その他附属物 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所 監査歩廊			
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 変形 移動 沈下 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断 緩み 脱落 亀裂 腐食 欠損			
	物理原理	技術が採用する 画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成			本計測機器は「複数のモノクロまたカラーの被写界深度ラインカメラ(※) 及びライン照明を固定した計測装置」と「各カメラのデータを保存するSSDと処理装置を組み合わせた制御装置」と「制御装置とネットワークでつながっているオペレータが使用するノートPC」の構成であり、「移動車両」のルーフ部に計測装置を固定し、移動車両の中に制御装置が設置され、ノートPCにてオペレーションする。※ 被写界深度拡大カメラは、通常のレンズと比べ明るさを維持したままピントの合う範囲を4-5倍近く広げることができる、「ピンボケしにくい」カメラであり、リコー独自の技術である。明るいレンズであるため、照明を省電力化でき、高解像度の画像にも関わらず一般車両に搭載できるサイズを実現している。		
移動装置	移動原理		【車両型】メインは内燃機関を搭載した車両。(電気モータを搭載した車両も可能)		
	外形寸法・重量		・分離構造(移動装置) ・最大外形寸法(長さ4245mm×幅1690mm×高さ1530mm) ・最大重量(1090-1170kgf)		
	搭載可能容量(分離構造の場合)		【モノクロカメラ計測装置】 ・最大外形寸法(長さ1880mm×幅1230mm×高さ1050mm) ・最大重量 約96kgf 【カラーカメラ計測装置】 ・最大外形寸法(長さ2000mm×幅1200mm×高さ1045mm) ・最大重量 約120kgf		
	動力		・動力源:内燃機関 ・燃料:レギュラーガソリン(電気モータでも可) ・定格出力:70-80kW		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		-		
	設置方法		一般車両のルーフ部にキャリア用のバーとアルミフレームでできたアタッチメントを取り付け、その上に計測装置を固定する。全てネジ止め。		
計測装置	外形寸法・重量(分離構造の場合)		【モノクロカメラ計測装置】 ・最大外形寸法(長さ1880mm×幅1230mm×高さ1050mm) ・最大重量 約96kgf 【カラーカメラ計測装置】 ・最大外形寸法(長さ2000mm×幅1200mm×高さ1045mm) ・最大重量 約120kgf		
	センシングデバイス	カメラ	・被写界深度拡大モノクロラインカメラ または カラーラインカメラ ・センサーサイズ(縦820mm×横0.2mm)、焦点距離(50mm以上)		
		パン・チルト機構	無し		
		角度記録・制御機構 機能	制御機構無し		
		測位機構	・IMU、レーザードップラー計、TOFセンサ(Lidar含む) ・高精度3次元点群計測装置(オプション)		
	耐久性		IP54準拠		
	動力		【モノクロカメラ計測装置】 ・バッテリー(1112Wh(22Ah) 公称電圧 DC50.6V)を利用 【カラーカメラ計測装置】 ・バッテリー(2.2kW (85Ah) 定格電圧25.9V) x4(並列)を利用		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		【モノクロカメラ計測装置】 ・バッテリー1ユニットにつき、約50分間連続稼働可能(照明連続点灯) 【カラーカメラ計測装置】 ・バッテリー4ユニットにて、約156分連続稼働可能(照明連続点灯) (標準でバッテリー4ユニット搭載) ※バッテリーを追加することにより、更なる連続稼働可能		
データ収集・通信装置	設置方法		車内に設置		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)		制御装置:幅1100mm×長さ550mm×高さ800mm		
	データ収集・記録機能		カメラを制御する制御装置のSSDにデータを保存する。保存データは、USB-SSDにコピーすることで外部に持ち出す。		
	通信規格(データを伝送し保存する場合)		・通信方法 有線 ・通信規格 USB3.0		
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		無線を使用しない		
	動力		【モノクロカメラ計測装置】 ・バッテリー(1.9kW(74Ah) 定格電圧25.9V) x2(並列)を利用 【カラーカメラ計測装置】 ・バッテリー(2.2kW (85Ah) 定格電圧25.9V) x4(並列)を利用		
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)		【モノクロカメラ計測装置】 バッテリーからの給電により連続約11時間 使用可能※ 【カラーカメラ計測装置】 バッテリーからの給電により連続約20時間 使用可能※ ※バッテリーを追加することで、更なる連続使用が可能		

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	【性能値】道路幅員3000mm×高さ3350mm 【標準試験】未検証	トヨタ プロボックス/サクシードを車両とした場合
適用可能なトンネルの最大寸法	【性能値】道路幅員15000mm以下、高さ8500mm以下であれば撮影可能 【標準試験】未検証	-

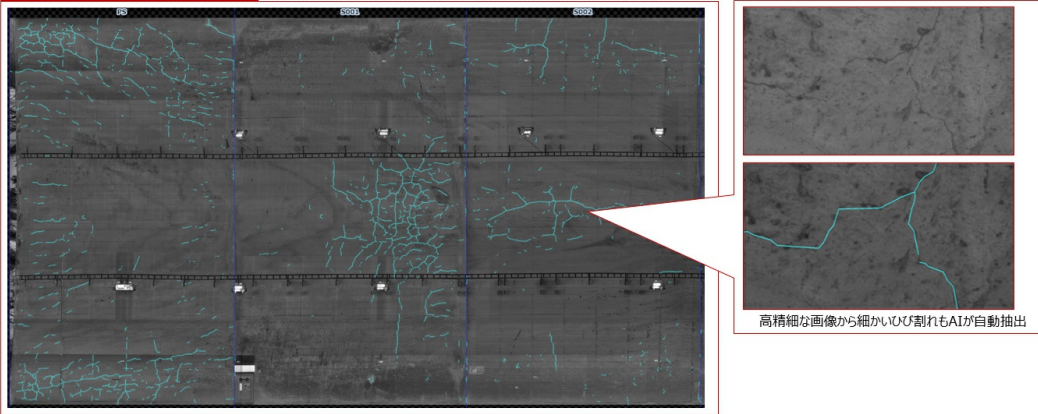
4. 計測性能

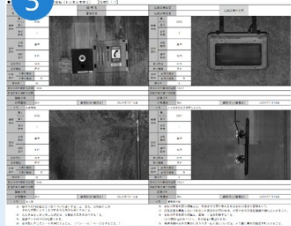
項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
撮影速度		性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】10km/h-80km/h【標準試験】38km/h		上限速度はトンネルの形状や覆工面の状態等による
計測精度		性能確認シートの有無 ※	有	
		【計測精度1 通常のひび割れ】 【性能値】 ・最小ひび割れ幅 モノクロ機 0.2mm /カラー機 0.3mm ・計測精度 未検証 ・ひび割れ幅の最小単位 0.1mm ・ひび割れ長さの最小単位 10mm 【標準試験】実施年 モノクロ計測装置2018年、カラー計測装置2024年 ・(モノクロ) 最小ひび割れ幅 0.2mm (0.2mmのひび割れを画像で視認できる) ・(カラー) 最小ひび割れ幅 0.3mm (0.3mmのひび割れを画像で視認できる) ・(モノクロ) 計測精度 0.100mm (0.3mmのひび割れのみを対象とした場合の検出精度) [計測エリアを手動にて設定した場合] ・(モノクロ):計測精度 0.326mm (0.3mmのひび割れのみを対象とした場合の検出精度) [計測エリアを自動検出結果に基づいて自動で設定した場合] ・(カラー) 計測精度 0.181mm (0.3mmのひび割れのみを対象とした場合の検出精度) [計測エリアを手動にて設定した場合] 【計測精度2 覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れ】 【性能値】 ・覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れ識別 未検証 ・グレースケールシート上の黒色直線が検出可能な輝度 未検証 【標準試験】実施年 モノクロ計測装置2022年、カラー計測装置2024年 ・(モノクロ/カラー共通) 覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れ識別可否 幅0.2mm:可 幅0.3mm:可 幅0.5mm:可 幅0.7mm:可 幅0.8mm:可 - 吹付コンクリート面での計測も可 ・グレースケールシート上の黒色の直線が検出可能な輝度 直線の幅0.3mm:輝度50以上 ※1 直線の幅0.5mm:輝度50以上 ※1 直線の幅1.0mm:輝度50以上 ※1 ※1 低輝度部は低コントラストであり、モニタの明るさなどの閲覧する環境に依存するため、輝度補正を実施することを推奨する。 【計測精度3 煤で埋まったひび割れ】 【性能値】 ・煤等により埋まったひび割れの識別可否 未検証 【標準試験】実施年 モノクロ計測装置2018年、カラー計測装置2024年 ・(モノクロ/カラー共通)煤等により埋まったひび割れの識別可否 幅0.1mm:可 幅0.4mm:可 幅0.7mm:可 - 吹付コンクリート面での計測も可 【計測精度4 ひび割れ等のマーキング】 【性能値】 ・コンクリート面のマーキング識別可否 未検証 ・グレースケールシート面のマーキングの識別可否 未検証 【標準試験】実施年 モノクロ計測装置2018年、カラー計測装置2024年 ・コンクリート面のマーキング識別可否及びグレースケールシート面のマーキング可否 以下画像参照		【計測精度1 通常のひび割れ】 【撮影速度】40km/h以下(試験時) 【被写体との距離】5500mm程度(通常の2車線のトンネルのサイズ)まで 【覆工コンクリート以外の計測可否】 吹付コンクリートでもカメラで撮影可能であれば、計測可能 【計測精度2 覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れ】 【撮影速度】40km/h以下(試験時) 【覆工コンクリート以外の計測可否】 吹付コンクリートでもカメラで撮影可能であれば、計測可能 【計測精度3 煤で埋まったひび割れ】 【撮影速度】40km/h以下(試験時) 【覆工コンクリート以外の計測可否】 吹付コンクリートでもカメラで撮影可能であれば、計測可能 【計測精度4 ひび割れ等のマーキング】 【撮影速度】40km/h以下(試験時) 【覆工コンクリート以外の計測可否】 吹付コンクリートでもカメラで撮影可能であれば、計測可能

	表1.コンクリート面のマーキング識別可否結果 モノクロ(左)、カラー(右)																																																																																			
	<table><tr><th colspan="2">マーキング色・幅</th><th colspan="3">マーキングの向き</th></tr><tr><th>色</th><th>幅[mm]</th><th>水平</th><th>垂直</th><th>45°</th></tr><tr><td rowspan="2">白</td><td>5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>10</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td rowspan="2">黄</td><td>5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>10</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td rowspan="2">ピンク</td><td>5</td><td>×</td><td>×</td><td>×</td></tr><tr><td>10</td><td>×</td><td>×</td><td>×</td></tr></table>					マーキング色・幅		マーキングの向き			色	幅[mm]	水平	垂直	45°	白	5	○	○	○	10	○	○	○	黄	5	○	○	○	10	○	○	○	ピンク	5	×	×	×	10	×	×	×	<table><tr><th colspan="2">マーキング色・幅</th><th colspan="3">マーキングの向き</th></tr><tr><th>色</th><th>幅[mm]</th><th>水平</th><th>垂直</th><th>45°</th></tr><tr><td rowspan="2">白</td><td>5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>10</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td rowspan="2">黄</td><td>5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>10</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td rowspan="2">ピンク</td><td>5</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>10</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr></table>					マーキング色・幅		マーキングの向き			色	幅[mm]	水平	垂直	45°	白	5	○	○	○	10	○	○	○	黄	5	○	○	○	10	○	○	○	ピンク	5	○	○	○	10	○	○	○
	マーキング色・幅		マーキングの向き																																																																																	
色	幅[mm]	水平	垂直	45°																																																																																
白	5	○	○	○																																																																																
	10	○	○	○																																																																																
黄	5	○	○	○																																																																																
	10	○	○	○																																																																																
ピンク	5	×	×	×																																																																																
	10	×	×	×																																																																																
マーキング色・幅		マーキングの向き																																																																																		
色	幅[mm]	水平	垂直	45°																																																																																
白	5	○	○	○																																																																																
	10	○	○	○																																																																																
黄	5	○	○	○																																																																																
	10	○	○	○																																																																																
ピンク	5	○	○	○																																																																																
	10	○	○	○																																																																																
表2.グレースケールシートのマーキング識別可否結果 モノクロ(左)、カラー(右)																																																																																				
	<table><tr><th colspan="2">マーキング色・幅</th><th colspan="3">マーキングの向き</th></tr><tr><th>色</th><th>幅[mm]</th><th>水平</th><th>垂直</th><th>45°</th></tr><tr><td rowspan="2">白</td><td>5</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td></tr><tr><td>10</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td></tr><tr><td rowspan="2">黄</td><td>5</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>200以下</td><td>240以下</td></tr><tr><td>10</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>210以下</td><td>全輝度 (250以下)</td></tr><tr><td rowspan="2">ピンク</td><td>5</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>10</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>					マーキング色・幅		マーキングの向き			色	幅[mm]	水平	垂直	45°	白	5	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	10	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	黄	5	全輝度 (250以下)	200以下	240以下	10	全輝度 (250以下)	210以下	全輝度 (250以下)	ピンク	5	-	-	-	10	-	-	-	<table><tr><th colspan="2">マーキング色・幅</th><th colspan="3">マーキングの向き</th></tr><tr><th>色</th><th>幅[mm]</th><th>水平</th><th>垂直</th><th>45°</th></tr><tr><td rowspan="2">白</td><td>5</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td></tr><tr><td>10</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td></tr><tr><td rowspan="2">黄</td><td>5</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td></tr><tr><td>10</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td></tr><tr><td rowspan="2">ピンク</td><td>5</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td></tr><tr><td>10</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td><td>全輝度 (250以下)</td></tr></table>					マーキング色・幅		マーキングの向き			色	幅[mm]	水平	垂直	45°	白	5	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	10	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	黄	5	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	10	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	ピンク	5	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	10	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)
	マーキング色・幅		マーキングの向き																																																																																	
	色	幅[mm]	水平	垂直	45°																																																																															
白	5	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)																																																																																
	10	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)																																																																																
黄	5	全輝度 (250以下)	200以下	240以下																																																																																
	10	全輝度 (250以下)	210以下	全輝度 (250以下)																																																																																
ピンク	5	-	-	-																																																																																
	10	-	-	-																																																																																
マーキング色・幅		マーキングの向き																																																																																		
色	幅[mm]	水平	垂直	45°																																																																																
白	5	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)																																																																																
	10	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)																																																																																
黄	5	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)																																																																																
	10	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)																																																																																
ピンク	5	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)																																																																																
	10	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)	全輝度 (250以下)																																																																																
長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※		有																																																																																	
	【性能値】(モノクロ/カラー共通) 0.1~1.9% 程度 【標準試験】モノクロ計測装置 2019年、カラー計測装置2024年 (モノクロ) 0.88% (カラー) 0.30%				【撮影速度】 80km/h以下 ※1 【被写体との距離】 1.0-7.5m ※1 上限速度はトンネルの形状や覆工面の状態等による																																																																															
位置精度	性能確認シートの有無 ※		有																																																																																	
	【性能値】未検証 【標準試験】モノクロ計測装置 2019年、カラー計測装置2024年 (モノクロ) 進行方向:54.0mm、周方向:15.7mm (カラー) 進行方向:13.5mm、周方向:14.2mm				【撮影速度】 80km/h以下 ※1 【被写体との距離】 1.0-7.5m ※1 上限速度はトンネルの形状や覆工面の状態等による																																																																															
色識別性能	性能確認シートの有無 ※		有																																																																																	
	【性能値】(モノクロ)グレースケール識別可能 【標準試験】2019年 グレースケール識別可能 ほぼ全明るさ(輝度250未満)で識別可能であり、輝度差約10を区別可能				【撮影速度】 80km/h以下 ※1 【被写体との距離】 1.0-7.5m ※1 上限速度はトンネルの形状や覆工面の状態等による																																																																															
	【性能値】(カラー)フルカラー識別可能 【標準試験】2024年 フルカラー識別可能																																																																																			

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①3DLidarなどの三次元計測情報を基にして、壁面の形状・計測装置の姿勢を算出し、縦横比が正確なオルソ画像に変形する(自動) ②変形後の画像を覆工1スパンごとにつなぎ合わせる。つなぎ合わせでは、カメラのオーバーラップ部の画像の特徴量を基にする(自動) ③ひび割れの自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひび割れを抽出する(自動) ④抽出したひび割れを目視で確認し、筋状の汚れ等ひび割れ以外の抽出結果を手動で削除する また、ひび割れの未検出箇所は変状を書き込む(手動) ⑤ひび割れ幅・ひび割れの長さを計測する(自動/手動)(ひび割れ幅に関しては、下記アルゴリズム参照) ※ ひび割れ幅計測を高精度で行う場合には、手動で計測したいエリアを設定する。 特に、大きいひび割れの経時変化(進行性の有無)を計測したい場合は、ひび割れ全体よりも同じポイントで計測することを推奨している。 解析作業日数:画像合成5日、変状抽出 5-10日(トンネル条件: 延長1km, 2車線断面) AIによるひび割れ抽出結果 
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	点検調書作成支援ソフト v1.1
	検出可能な変状	ひび割れ(幅および長さ)
	ひびわれ	・AI(畳み込みニューラルネットワーク)によるひび割れ画素の自動検出(1画素ごとに検出) ・AI教師データは覆工コンクリートにおけるひびわれに関する写真の上から開発者がひび割れをトレースしてラベリングしたデータ。 ・撮影条件・仕様等 - コンクリート壁面が白とび・黒つぶれ無き事 - 煤やコケなど著しくひび割れとのコントラストが低い箇所は対象外 ・AIで自動検出した結果に対して、人手で整形作業(ノイズ除去・断絶の結合)を実施
	ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅:画像に対して二次微分フィルタを畳み込み、ひび割れの方向と垂直な方向に沿ってゼロクロス点間の画素数を計算する。そのため、サブピクセルレベルの計測が可能。 ・長さ:ソフトによりひび割れ沿いの長さを自動計測
	ひびわれ以外	現時点では自動検出は未対応のため、手動で検出を行っている。 (漏水・チョーキング箇所をAI(畳み込みニューラルネットワーク)にて自動抽出できるように開発中)
	画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	ひびわれの検出:Recall 81.5%,Precision 63.2%,DICE71.1% 各数値は以下の数式により算出したものである。 $Recall[\%] = \frac{\text{正解したひび割れの総画素数}}{\text{テストしたひび割れの総画素数}} \times 100$ $Precision[\%] = \frac{\text{正解したひび割れの総画素数}}{\text{ひび割れ画素に識別した総画素数}} \times 100$ $DICE[\%] = 2 \times \frac{\text{正解したひび割れの総画素数}}{\text{テストしたひび割れの総画素数} + \text{ひび割れ画素に識別した総画素数}} \times 100$ ※上記はAIによる自動抽出結果であり、最終的には人手でノイズ削除や断絶した箇所の結合を行う。
損傷検出の原理・アルゴリズム		・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン

	変状の描画方法	正解領域 重なり領域 AI予測領域 Recall Precision Dice <table><tr><td></td><td>ひび割れ Recall(%)</td><td>ひび割れの Precision(%)</td><td>ひび割れの Dice(%)</td></tr><tr><td>運用モデル</td><td>81.5</td><td>63.2</td><td>71.1</td></tr></table>				ひび割れ Recall(%)	ひび割れの Precision(%)	ひび割れの Dice(%)	運用モデル	81.5	63.2	71.1
			ひび割れ Recall(%)	ひび割れの Precision(%)	ひび割れの Dice(%)							
		運用モデル	81.5	63.2	71.1							
		取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	PNG、JPEG								
			ファイル容量	上限無し								
カラー／白黒画像	カラー/白黒画像											
画素分解能	0.3mmを抽出するのであれば、最低0.6mm/pix程度の分解能が必要											
その他留意事項	・画像の縦横比が実寸と同じであり、1画素あたりのサイズが既知であること ・ひび割れにチョークが重なっている箇所のみ検出が困難 ・周辺が煤で汚れているひび割れのみ検出が困難											
出力ファイル形式	DXF、PNG、JPEG、 ※弊社開発のクラウドソフトを利用することでより高精細な非圧縮画像も閲覧可能											
調書作成支援の手順		① 弊社クラウドソフト上にトンネル展開画像と変状展開図を重畳表示させる。 ② 重畳表示状態から診断が必要な各変状に対して、診断情報を入力する。 ③ 弊社クラウドソフト上で「作業完了」指示をすることで、国交省の様式に基づいた、調書が自動作成される。 ※ 対応様式については順次拡張予定です。 1  展開画像+変状図表示 2  診断入力 3  調書作成										
調書作成支援の適用条件		・弊社の走行撮影結果を用いない場合は、以下の条件の画像データが必要となる 1) 被写体に対して正対している 2) 各スパンで分離している ・ブラウザが動作する環境であること										
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・点検調書データのダウンロード: OS Windows10以降、ブラウザ Chrome ・リコー製点検調書作成支援ソフト v2.0 ・クラウドサービス提供: 有										

6. 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	安全面への配慮	特に無し(交通規制なし)	-
	無線等使用における混線等対策	特に無し	-
	交通規制の要否	不要	-
	交通規制の範囲	不要	-
	現地への運搬方法	計測装置を一般車両へ取付後、自走	-
	トンネル延長の制約	特に無し	-
	車線数の制約	特に無し	-
	断面形状の制約	・道路幅員3.0m～15m、高さ3.35m～8.5m ・非常駐車帯等により断面寸法変化のある区画では再計測が必要になる	-
	その他	煤・汚れが著しく付着している箇所はひび割れの計測制度や検出精度が低下する。	-

6. 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	取り扱いのための簡単な社内講習を受講していただく必要あり	-
	必要構成人員数	車両運転員1人、オペレーター1人 合計2人	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・車両の運転:普通自動車免許 ・計測装置の操作:簡単な事前講習を受講済であること	-
	操作場所	操作場所:車両内 作業ヤード:坑口付近の作業ヤードは不要	-
	計測作業日数	・約0.25日/本 (トンネル延長:500m程度。準備・片付け時間含む)	-
	点検費用	[トンネル条件] ・延長500m(1本及び10本計測時) ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面、歩道なし、照明有り、 [費用] ・新技術活用による費用 トンネル1本の場合:500,000円 トンネル10本の場合: 4,500,000円 輸送費等含む (東京都内への移動の場合) [日数・費用算定上の条件] ・画像撮影・成果物作成 ・附属物の背面などの不可視部なし [日数] ・トンネル1本の場合 外業作業:1日、内業作業:4日 ・トンネル10本の場合 外業作業:2.5日程度、内業作業:16日程度	【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・人力による点検前のスクリーニング、 ・スケッチ・現場写真撮影作業の代替 ・人力による近接目視点検の代替もしくは補助 ・人力による変状展開図作成の補助 ・人力による調書作成(変状写真台帳等)の補助
	保険の有無、保障範囲、費用	・車両:計測装置を搭載する車両の保険内容による (当社にて車両を準備する場合は任意保険加入済) ・計測装置:動産保険加入済	-
	時間帯(夜間作業の可否)	・特になし(夜間作業は可)	-
	計測時の走行速度条件	10km/h-80km/h程度	・上限速度はトンネルの形状や覆工面の状態による
	渋滞時の計測可否	車が停止しなければ計測可能	ただし、10km/h以上を推奨
	設備等による死角条件	ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可	-
	車両から覆工表面までの距離条件	1000mm～7500mmの範囲内	-
	トンネル内照明の消灯の必要性	無し	-
	可搬性(寸法・重量)	分離型のため、計測装置のみ運搬可能	-
	自動制御の有無	有	自動露光制御・自動成否判定等あり
	利用形態:リース等の入手性	以下のいずれかによる ・業務委託 ・計測装置のレンタル	-
	関係機関への手続きの必要性	-	-
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・展開画像作成ソフト: 自社開発ツール使用。担当者による解析作業 ・変状図作成支援ソフト: 自社開発ツール(クラウドサービス)。利用者による解析作業(+AIによる補助機能) ・ソフト費用: 上記計測作業費用に含む	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有	-
	センシングデバイスの点検	計測事前点検:カメラと照明の調整確認 機材全体点検:1年に1度、撮影システム全体の点検	-
	その他	・特許状況:性能達成のための特徴的な技術(被写界深度拡大カメラ、クラウドサービス等)について、国内外で特許出願済(登録済含む) ・気象条件:降雨時の計測は不可 ・作業条件:特になし	車両:トヨタ プロボックス/サクシード 推奨 他車種 要相談

7. 図面

モノクロカメラ計測装置+高精度3次元点群取得装置(オプション)

トンネル壁面計測装置の特長

トンネル壁面計測装置

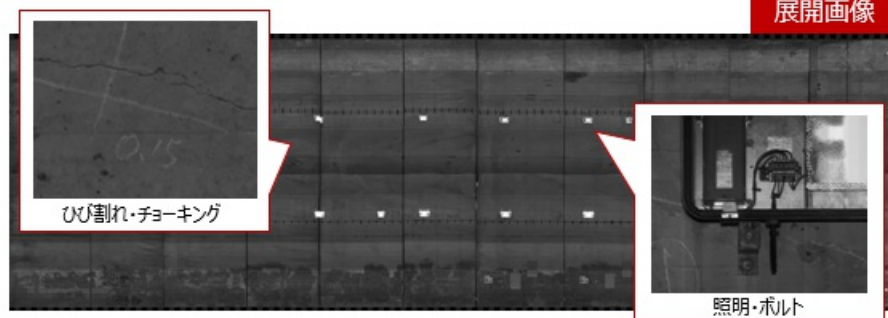


高精度3次元点群計測装置

計測風景



展開画像



提供サービス

提供サービス**トンネル点検での「低コスト化×高精度計測」の同時実現をご提案します。****トンネル撮影から変状図作成までの流れとサービスの概略**

トンネル撮影

一般車両に装着して走行計測。交通規制も不要です。

一般車両のルーフキャリアに計測装置を装着して交通規制不要な速度で走行しながら、トンネル内壁面を効率的に撮影することができます。リコー独自技術「被写界深度拡大（E-DoF）ラインカメラ」を用いた計測装置により、薄暗いトンネル内でも高画質での画像撮影を実現します。

●撮影イメージ



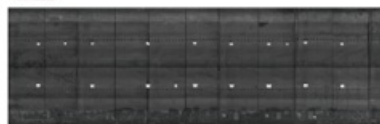
走行車線側の内壁面を撮影。往復走行することにより全壁面の画像を取得します。

展開画像作成

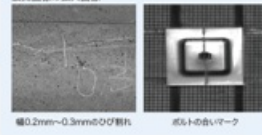
高精度な展開画像を作成して提供。微細な変状も判別可能に。

撮影した画像から覆工面の形状に応じて画像処理を行い、高精度な展開画像を作成いたします。画像からは、幅0.3mm程度のひび割れや漏水などの変状のほか、合いマークを付けたボルトのゆるみまでも確認できるため、現場での変状図のスケッチや写真撮影などの工数を大幅に削減します。附属物の点検にも応用可能です。

●展開画像



●展開画像の拡大画像



幅0.2mm～0.3mmのひび割れ

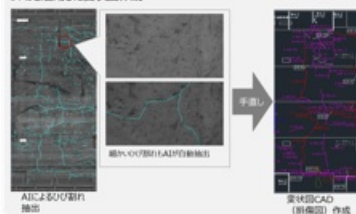
ボルトの合いマーク

変状図 (CAD) 作成

AI技術を活用した変状図作成により、精度向上・変状見逃しのリスクを軽減します。

変状図 (CAD) を作成いたします。展開画像を基に作成するため、各変状の位置精度が高くなり正確な変状図を残すことが可能となります。また、ひび割れはAI（人工知能）にて抽出を行うため、変状図作成作業の効率化や、ひび割れの見逃しを防ぎ、変状図の精度向上に貢献いたします。

●AIを活用した変状図作成



AIによるひび割れ抽出

幅0.2mmのひび割れをAIで自動抽出

変状図CAD (別画面) 作成

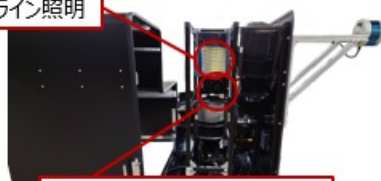
カラーカメラ計測装置

【新開発】カラー画像計測装置

- カラー画像が撮影ができる計測装置を新規開発しました。
- 画像撮影効率の高さはそのままに、高精細なカラー画像によりトンネルの状況を把握しやすくなりました。
- さらに汎用性を高め、簡単に鉄道トンネルを撮影することも可能となりました。

トンネル壁面計測装置 (カラー)

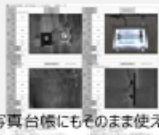
ライン照明



**被写界深度拡大 (E-DoF)
カラーラインカメラ**

忠実な色再現

リコーの光学技術・画像処理技術により高い再現性を実現。
忠実な色再現により、現場状況の把握を促進します。

写真台帳にもそのまま使えます。



計測風景



カラー展開画像



トンネルモニタリングサービスの更なる活用

トンネルモニタリングサービスの更なる活用

社内レビュー・照査のデジタル化

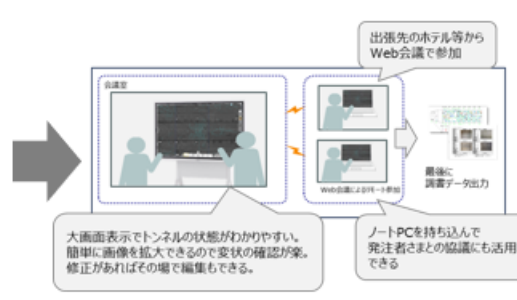
これまでの課題

- ・レビューの際、資料を紙出力しているため、印刷コストがかかる。また確認後は資料をシュレッダーするので紙ゴミも増えてしまう。
- ・変状写真の撮り忘れ、手元資料から確認できない箇所は再度現地に行って撮影・確認する必要がある。



サービス活用

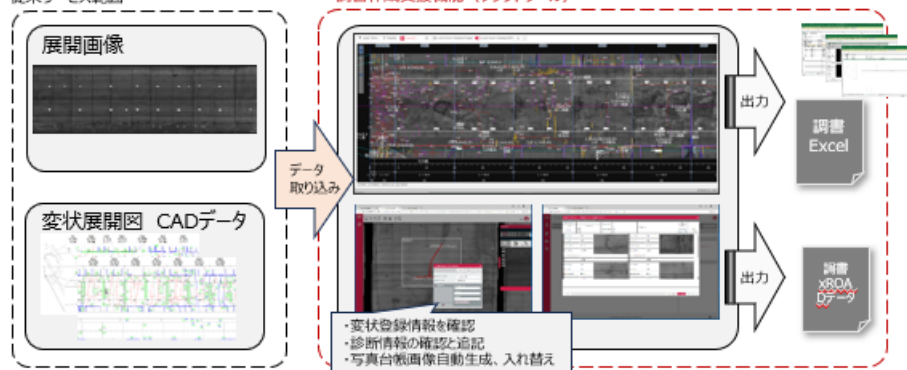
- ・クラウドViewerで変状を簡単に確認可能。頻繁に資料を紙出力する必要がなくなります。
- ・調査支援機能により、写真整理や現地での写真撮り直しの手間が大幅に減ります。
- ・一般的なWeb会議と組み合わせることで、遠隔地のメンバーともリアルタイムに情報共有がはかれます。



調査作成支援機能

従来サービス範囲

調査作成支援機能 (クラウドツール)



展開画像にCADを重ねて表示

高画質な展開画像上にCADを重ねて表示することができるため、変状の確認・位置の特定が容易となります。従来では同様の作業をCADソフト上にて行おうとすると、PCの性能が必要となりましたが、本Viewerはクラウド上にあるため、PCの性能に依存することなく活用することが可能です。

変状の選択・診断結果入力機能

Viewer上で変状登録、診断情報の確認・追記をすることが可能。展開画像を見ながら直感的に作業できるため、作業の効率化が図れます。また登録された変状は、写真台帳のサイズに合わせて自動的に画像切り出しされます。

各種フォーマットへの柔軟な対応

自治体ごとにカスタマイズされた調査ExcelやxRoad用データに出力することが可能です。

1. 基本事項

技術番号		TN010008－V0525				
技術名		トンネル覆工表面撮影システム				
技術バージョン		－			作成：	2023年3月
開発者		(株)三井E&Sテクニカルリサーチ (株)トノックス				
連絡先等		TEL：	0863-23-3029	E-mail：	trc-yusuke-hatada@mes.co.jp	レーダー事業室 旗田 祐介
現有台数・基地		1台		基地	岡山県玉野市	
技術概要		トンネル覆工表面撮影システムは、カラーラインセンサカメラを搭載した専用車両で覆工表面を撮影しトンネル全体の展開図を作成する技術で、従来は近接目視点検時(目視検査) 結果のスケッチで対応していた。				
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				
	損傷の種類	ひび割れ うき はく離 鋼材腐食				
	物理原理	技術が採用する 画像				

2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測機器はカラーラインセンサーカメラ13台と高照度LEDを搭載した「カメラユニット」と「撮影画像処理装置」を「移動車両」に一体化させたものである。	
移動装置	移動原理	【車両型】 ・内燃機関を搭載した車両にて移動する。(車両一体型)	
	外形寸法・重量	・一体構造(移動装置+計測装置) ・外形寸法(長さ659cm×幅240cm×高さ350cm) ・重量(7080kgf)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)		
	動力	・動力源:内燃機関 ・燃料:ディーゼル ・定格出力:2.99kW	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・走行車両内燃機関:約13時間(燃費5km/L、計測時平均時速40km/h想定、連続走行距離500km)	
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	カメラ	ピクセルサイズ (5μm×10μm):10μmピッチ 波長感度 : 350~1050nm(ピーク 660nm) ピクセル数 : 4080 列配置 ライン転送速度 : 14.1kHz(データ転送速度56Mピクセル/s) レンズ焦点距離 : 200mm(電動フォーカス、電動絞り機能付き) 覆工展開画像形式 : オルソ 覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量 : 約2GB
		パン・チルト機構	・水平稼働範囲 360°
		角度記録・制御機構 機能	該当なし
		測位機構	・レーザースキャナ搭載:計測画像の歪補正用(スキャナ中心から覆工表面までの距離を所定角度で計測) 計測範囲 0.7m~80m、角度分解能 0.25°~1.0° ・距離計:レーザードップラー式距離計、距離分解能:1mm
	耐久性	・IP51程度	
	動力	・撮影ユニットに搭載された発電機により発電された電力を用いる。	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・発電機:約8時間(実績による。全システム連続稼働時。計測時平均時速40km/h想定、連続走行距離320km) ※計測装置(PC)の保存装置SSDの容量制限(1TB)により、40km毎にSSD内のバックアップ(PC内データ消去)が必要。	
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	・各カメラに接続された記録用PC内の記録メディア(ハードディスク)にデータを保存する。 ・保存データは、各記録用PCおよび操作PCにて確認可能。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	・撮影ユニットに搭載された発電機により発電された電力を用いる。	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—	

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	・被写体(トンネル覆工面)までの距離 車両中心から2,500mm以上	—
適用可能なトンネルの最大寸法	・被写体(トンネル覆工面)までの距離 車両中心から7,500mm以下	—

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・最大撮影速度 80km/h 【標準試験】 ・検証時 30～40km/h(法定速度内で走行)		【動作条件】 周方向計測ピッチ:0.2mm 進行方向ピッチ:0.5mm
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		実施年 2018年 【性能値】 ・最小ひび割れ幅 0.2mm (0.2mmのひび割れを画像で視認できる) 【標準試験】 ・最小ひび割れ幅 0.2mm (0.2mmのひび割れを画像で視認できる) ・計測精度 0.1mm ・ひび割れ幅の読み取り最小単位 0.2mm ・ひび割れ長さの読み取り最小単位 10mm 【煤等により埋まったひび割れの検出可否】 ・ひび割れ幅0.1mm:可 ・ひび割れ幅0.2mm:可 ・ひび割れ幅0.3mm:可 ・ひび割れ幅0.4mm:可 ・ひび割れ幅0.5mm:可 ・ひび割れ幅0.7mm:可 ・ひび割れ幅0.8mm:可		【天候】 悪天候時は不可。トンネル内では天候に関わらず調査は可能であるが、トンネルまでの移動中、トンネルへの水滴付着などにより撮影画像に影響を及ぼす可能性がある。 【路面状態】 特になし(冬用タイヤ等により対処)。ただし悪路は不可。 【トンネル覆工状況】 ・トンネル覆工表面に結露なきこと。水分が反射して表面状況を正しく捉えられない可能性がある。 ・トンネル覆工表面に煤等汚れがなきこと。表面状況を正しく捉えられない可能性がある。 ・ひび割れとチョークが重なっていないこと。ひび割れにチョークが重なっていると、画像からひび割れが確認できない可能性がある。
	長さ計測精度(長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	
		実施年 2018年 【性能値】 ・誤差1%以内 【標準試験】 ・検証1 : 0.98% ・検証2 : 0.55%		【天候】 悪天候時は不可。トンネル内では天候に関わらず調査は可能であるが、トンネルまでの移動中、トンネルへの水滴付着などにより撮影画像に影響を及ぼす可能性がある。 【路面状態】 特になし(冬用タイヤ等により対処)。ただし悪路は不可。 【トンネル覆工状況】 ・トンネル覆工表面に結露なきこと。水分が反射して表面状況を正しく捉えられない可能性がある。 ・トンネル覆工表面に煤等汚れがなきこと。表面状況を正しく捉えられない可能性がある。 ・ひび割れとチョークが重なっていないこと。ひび割れにチョークが重なっていると、画像からひび割れが確認できない可能性がある。
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		実施年 2018年 【性能値】 ・誤差1%以内 【標準試験】 ・検証1 : 進行方向:20.0mm、周方向:18.8mm ・検証2 : 進行方向:38.2mm、周方向:9.3mm		【天候】 悪天候時は不可。トンネル内では天候に関わらず調査は可能であるが、トンネルまでの移動中、トンネルへの水滴付着などにより撮影画像に影響を及ぼす可能性がある。 【路面状態】 特になし(冬用タイヤ等により対処)。ただし悪路は不可。 【トンネル覆工状況】 ・トンネル覆工表面に結露なきこと。水分が反射して表面状況を正しく捉えられない可能性がある。 ・トンネル覆工表面に煤等汚れがなきこと。表面状況を正しく捉えられない可能性がある。 ・ひび割れとチョークが重なっていないこと。ひび割れにチョークが重なっていると、画像からひび割れが確認できない可能性がある。 【GNSS測位】 特になし

	色識別性能	性能確認シートの有無 ※ 標準試験方法(2019) 実施年 2019年 【性能値】 ・フルカラー識別可能 【標準試験】 ・フルカラー識別可能 白色照明により昼夜問わず可視光範囲である24色カラーチャートは識別可能。	有

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		〔手順〕 ①撮影した画像をレーザスキャナで取得したトンネル断面形状データで幾何補正し歪の無い画像に変換 ②スパン継ぎ目を参考に1枚のスパン毎の画像に合成する。合成された画像を1000×800/17ファイルの画像にタイル化する。 ③画面上に表示される展開図用スパン枠に②で作成した画像をはめ込む。この時、スパン継ぎ目およびFL部がスパン枠に一致するよう画像サイズを変更・調整する。 ④画像上で変状部をトレースして展開図のベースとなるデータを作成する。 ひび割れ幅は疑似的なクラックスケールをポップアップ画面に表示、比較して入力する。 ⑤抽出した変状はDXFに変換し、CADソフトで展開図にする。 〔解析日数〕 ・500m×1トンネルの場合 : 最短6日	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	・「新トンネル解析ソフト ver1.0.0.7」(自社開発ソフト)	
	検出可能な変状	・ひび割れ(幅および長さ)、目地切れ、コールドジョイント、ジャンカ、材料劣化、漏水、エフロレッセンス、材料劣化、補修、鋼材腐食など(目視で確認できる変状)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・人が画像を確認(技術者による目視確認)して、ひび割れを人力でトレース
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅:画像上に疑似的なクラックスケール表示して入力する ・長さ:起終点を人力で指定し、CAD上で直線距離を計測
		ひびわれ以外	・人が画像を確認(技術者による目視確認)して、変状を人力でトレース
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—
		変状の描画方法	・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	・カラービットマップ
		ファイル容量	・1000画素×800画素/17ファイルのタイル化された画像(1スパンあたり8000~10000ファイル程度)
		カラー／白黒画像	・カラー画像
		画素分解能	・0.2mm/1画素
		その他留意事項	・覆工面に正対した画像であること ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・覆工面が煤により汚れている場合は、ひび割れの検出が困難 ・撮影時された画像は十分な明るさ調整とフォーカス調整された画像であること ・撮影時の不陸による揺れのある画像の補正は不可
	出力ファイル形式	〔汎用ファイル形式の場合〕 ・DWG形式 〔専用ファイル形式の場合〕 ・新トンネル解析ソフトの編集機能(作図機能)を無しにしたものでスパン毎の画像と作図内容の閲覧が可能	
調書作成支援の手順		〔変状展開図作成手順〕 ①撮影した画像をレーザスキャナで取得したトンネル断面形状データで幾何補正し歪の無い画像に変換 ②スパン継ぎ目を参考に1枚のスパン毎の画像に合成する。合成された画像を1000×800/17ファイルの画像にタイル化する。 ③画面上に展開図用スパン枠が表示され、そのスパン枠に②で作成した画像をはめ込む。この時、スパン継ぎ目およびFL部がスパン枠に一致するよう画像サイズを変更・調整する。 ④画像上で変状部をトレースして展開図のベースとなるデータを作成する。 ひび割れ幅は、画面上に表示される疑似的なクラックスケールと比較して入力する。 ⑤抽出した変状はDXFに変換し、CADソフトで展開図にする。	
調書作成支援の適用条件		・覆工面に正対した画像であること ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・覆工面が煤により汚れている場合は、ひび割れの検出が困難 ・撮影時された画像は十分な明るさ調整とフォーカス調整された画像であること ・撮影時の不陸による揺れのある画像の補正は不可	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・「新トンネル解析ソフト ver1.0.0.7」(自社開発ソフト)	

6. 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	安全面への配慮	—	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	・不要	—
	交通規制の範囲	・不要	—
	現地への運搬方法	・自走式	—
	トンネル延長の制約	・制約なし	—
	車線数の制約	・制約なし	—
	断面形状の制約	・被写体(トンネル覆工面)までの距離 車両中心から2,500mm以上、7,500mm以下	—
	その他	・すす汚れによる作業の可否 : 可	覆工面の状況:すす汚れ等でひび割れ等変状が目視できない場合、検出精度が低下または検出不可

6. 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	・現場責任者1人、点検員1人、車両運転員1人、合計3名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・車両運転員 中型自動車免許(8t以下限定免許含む)	—
	操作場所	・車両内	—
	計測作業日数	【参考】新技術活用による作業日数 [トンネル条件] ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面、歩道なし ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし [作業日数] 条件1) 延長500m×1トンネル 外業:1日、内業:最短6日 条件2) 延長500m×10トンネル 外業:1日、内業:最短20日 [日数算定上の条件] ・条件2) 50km以内に10トンネルが連続する場合を想定。	—
	点検費用	【参考】新技術活用による計測費用 [トンネル条件] ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面、歩道なし ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし [費用] 条件1) 延長500m×1トンネル 外業705千円、内業895千円 合計1,600千円 条件2) 延長500m×10トンネル 外業650千円、内業5,350千円 合計6,000千円 [費用算定上の条件] ・条件2) 50km以内に10トンネルが連続する場合を想定。 ・現地1日(8h)を想定した場合。 ・旅費交通費、移動経費は別途計上とする。	【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・人力による近接目視点検の代替およびスケッチ作業の代替(展開図作成含む) ※打音検査および叩き落しは除く
	保険の有無、保障範囲、費用	・加入済み 保証範囲: 対物・対人、保証金額: 無制限 保証範囲: 人身傷害、保証金額: 3,000万円 保証範囲: 搭乗者傷害、保証金額: 1,000万円 保証範囲: 車両、保証金額: 7,000万円	—
	時間帯(夜間作業の可否)	・制約なし(夜間作業は可)	—
	計測時の走行速度条件	・80km/h以下	—
	渋滞時の計測可否	・計測可能	—
	設備等による死角条件	・ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可	—
	車両から覆工表面までの距離条件	・被写体(トンネル覆工面)までの距離 車両中心から2,500mm以上、7,500mm以下	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	・必要なし	—
	可搬性(寸法・重量)	・自走式	—
	自動制御の有無	無	—
	利用形態:リース等の入手性	・委託業務(解析サービス、計測技術者派遣のみも対応可) ・リース(21年度～予定)	—
	関係機関への手続きの必要性	—	—
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト:有 「新トンネル解析ソフト ver1.0.0.7」(自社開発ソフト) ・必要作業:担当者による画像データ、展開図作成 ・費用:トンネル延長1km当たり 1,389,700円 (諸経費は別途/平成30年度設計業務委託等技術者単価)	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・有、条件:車両持込	—
	センシングデバイスの点検	・年に1回、機器の定期点検を行い性能を確認する。	—
	その他	・特許状況 : 特になし ・気象条件 : 特になし ・作業条件 : 特になし	・気象条件 : 雨天時はトンネル外の計測走行は不可。 (計測機器故障に繋がるため)

7. 図面



計測時は後部シャッターが開いて照明ユニット、撮影ユニットが後方に張出す(600mm程度)



1. 基本事項

技術番号		TN010009－V0123			
技術名		トンネルの点検業務における調書作成を補助するインフラ点検レポートサービス			
技術バージョン		V1		作成:	2023年3月
開発者		沖電気工業株式会社			
連絡先等		TEL: 03-3454-2111	E-mail: ifrmt-websales@oki.com	ソリューションシステム事業本部 社会インフラソリューション事業部 ビジネス開発部 岩井 康宏	
現有台数・基地		クラウドサービス1環境	基地	東京都港区芝浦4-10-16	
技術概要		本技術は道路トンネルの定期点検業務で点検結果を記録する作業をタブレット端末により実施し、点検調書を作成する技術。 本技術は、市販のタブレット端末にソフトウェアをインストールすることで利用可能。 点検現場でタブレット端末を用いて点検結果を入力し、そのデータを調書形式で取得できる。これにより図面作成や写真整理などの調書作成作業が可能。			
技術区分	対象部位				
	損傷の種類				
	物理原理				

2. 基本諸元

計測機器の構成		①タブレット端末 ②Wi-Fiルーター ③クラウドサービス ④作業用パソコン		
		構成図		
		●タブレット端末は最大9台まで同時に利用可能 ●Excel, CAD (DXF) など編集可能なデータ出力 ●公衆回線との接続なしで点検作業が実施可能 ●国土交通省の定める各種帳票に対応 ●タブレット端末間はWi-Fi通信でデータ共有可能 ●地方自治体が定める様式に対応可能 (有償)		
		インフラ点検レポートサービスの構成図		
移動装置	移動原理	—		
	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	—		
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	—		
	センシングデバイス	カメラ	—	
		パン・チルト機構	—	
		角度記録・制御機構 機能	—	
		測位機構	—	
	耐久性	—		
	動力	—		
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	—			
データ収集・通信装置	設置方法	—		
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	使用するタブレット端末に順ずる。		
	データ収集・記録機能	・点検記録時はタブレット端末のハードディスクに保存。 ・点検終了後、タブレット端末よりクラウドサービスにアップロードする際はインターネット回線を経由してクラウドサービス側のDBに保存		
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	タブレット端末の無線LANインターフェースに準ずる (IEEE802.11a/b/g/n準拠) 2-2-83		

	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	TLSで通信路を暗号化
	動力	バッテリー駆動(使用するタブレット端末に順ずる。)
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	通信時間はトンネル延長や変状記録量に応じて変化

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	—	
適用可能なトンネルの最大寸法	—	

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	
		—		—
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	無	
		—		—
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	無	
		—		—
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
		—		—
	色識別性能	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. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		—		
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	—		
	検出可能な変状	—		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	—	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	—	
		ひびわれ以外	—	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—	
		変状の描画方法	—	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	—	
		ファイル容量	—	
		カラー／白黒画像	—	
		画素分解能	—	
		その他留意事項	—	
出力ファイル形式	—			
調書作成支援の手順		【使用方法】 1.点検実施前(事務所作業) トンネルの諸元情報等をクラウドサーバに登録し、点検前データを作成。タブレット端末で点検前データを取得。 2.点検実施時(現場作業) 1)タブレット端末で変状をスケッチ 2)タブレット端末で写真撮影・変状内容を入力 3)変状内容は、タブレット端末の画面に表示される候補から選択し入力 3.点検実施後(事務所作業) 1)タブレット端末から点検結果をクラウドサーバへアップロード。その後、写真番号や健全性などを登録・編集。複数の調書に記載する項目は、クラウドサーバが各調書の該当箇所に反映。 2)クラウドサーバの画面の流れに沿って調書形式のファイル(.xlsx)・CAD形式のファイル(.dxf)で取得。必要に応じ、修正や清書を実施。		
調書作成支援の適用条件		(利用者にて各種準備が必要) ①作業用パソコン ハードウェア:プロセッサIntel Core M または Core i3以上 メモリー:2GB以上 ディスプレイ:1280×1024以上を推奨 ソフトウェア:OS Windows 10 32／64-bit OS 日本語版 ブラウザ:Internet Explorer 11、Google Chrome 49以降 Office:Microsoft Excel 2010 以降 CAD:AutoCAD 2000以降 ②タブレット端末 ハードウェア:プロセッサIntel Core M または Core i3以上 メモリー:4GB以上 記憶容量:2GB以上の空き容量 ディスプレイ:タッチパネル付きカラー液晶ディスプレイ 1280×1024以上 10.1型以上を推奨 無線LANインターフェース:IEEE802.11a／b／g／n準拠 内蔵カメラ:有効画素数 120万画素以上 入力デバイス:タッチペン 電源:バッテリー駆動時間 7時間以上 ソフトウェア:OSWindows 10 64-bit OS 日本語版 ブラウザ:Google Chrome 49以降 (その他 防水、防塵、耐衝撃仕様が望ましい) ③Wi-Fiルータ(タブレット端末間の通信利用時) ハードウェア:無線LANインターフェースIEEE802.11a／b／g／n準拠 電源:バッテリー内蔵		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・「インフラ点検レポートサービス」(自社開発ソフト クラウドサービス提供) その他は調書作成支援の適用条件の記載の通り		

6. 留意事項(その1)

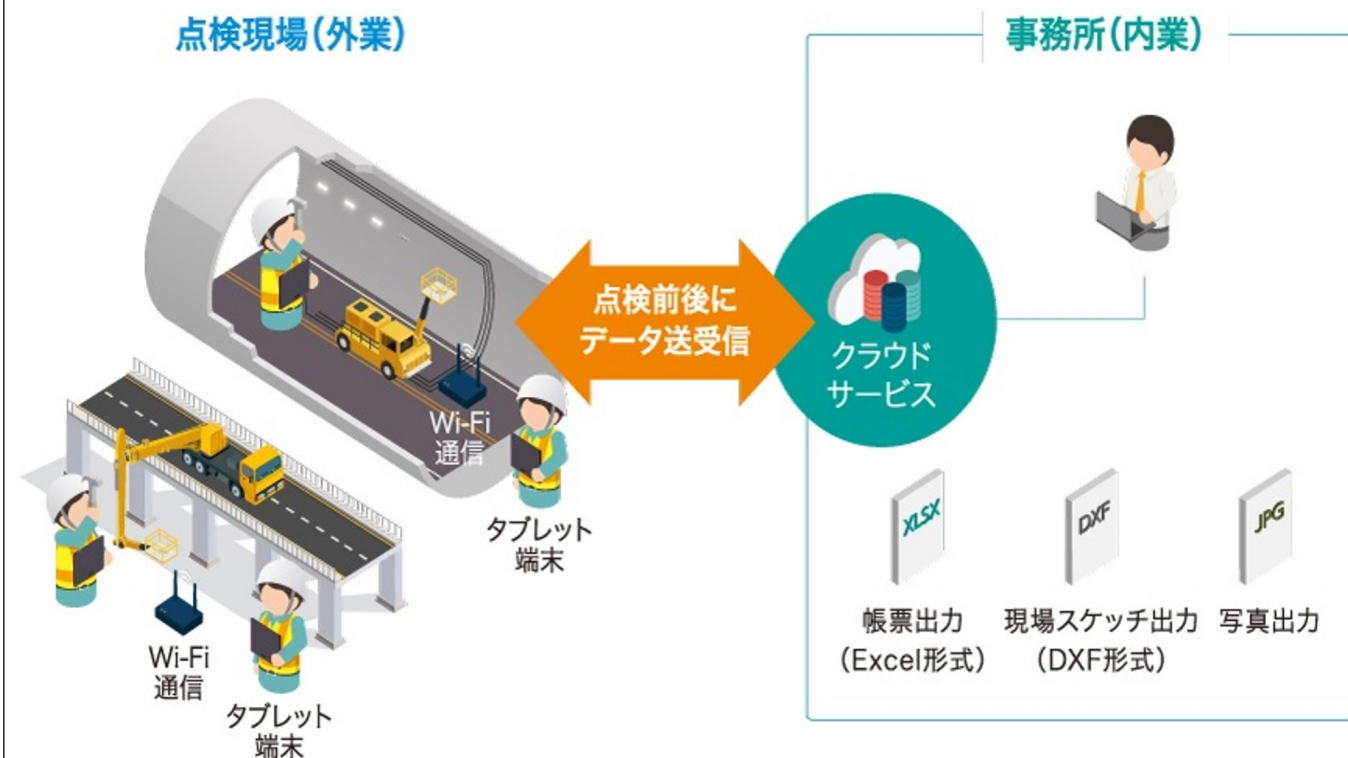
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	安全面への配慮	特になし(定期点検に必要な配慮をしていただく)	
	無線等使用における混線等対策	タブレット端末間通信を行う場合は現場にて親端末、子端末を設定する。 混線に関しては使用するWi-Fiルータの性能による	
	交通規制の要否	特になし(定期点検に必要な交通規制をしていただく)	
	交通規制の範囲	特になし(定期点検に必要な交通規制をしていただく)	
	現地への運搬方法	タブレット端末を人による運搬する	
	トンネル延長の制約	3km以上は相談	
	車線数の制約	2車線の表現固定	
	断面形状の制約	円形のトンネルは対応可能で、それ以外の形状は下絵挿入機能を使うなど工夫が必要	
	その他	汚れ、すす等がある場合の作業:可	

6. 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	現場操作作業:現場の規制時間も限られるため事前にタブレット端末の基本操作知識が必要。 事務所作業:マニュアル見ながら操作するため特に不要	
	必要構成人員数	・現場入力操作(点検)員:1人～9名(9台まで同時に利用可能) ・事務所作業捜査員:1名(上記入力操作員と同じでよい)	現場作業と事務所作業のリアルタイムに連携しての作業はない
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	特になし	
	操作場所	作業ヤード:否	現場にて地上でも高所作業車でも操作する上で現場入力操作(点検)員の安全が確保できる場所
	計測作業日数	計測作業日数(想定):5日(延長500m) 計測作業日数(想定):50日(延長500m×10本)	・操作習熟すれば、従来点検作業と同等の日数 想定トンネル条件 ・延長500mのトンネル ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面,歩道なし ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし ・照明灯具がある ・トンネル半円の弧の長さ20m
	点検費用	サービス利用料 トンネル1本あたりの延長500m以上1000m未満/利用期間6カ月/¥330,000(トンネル1本あたりの費用) 延長500mのトンネルで10本利用する場合は下記になる。 利用期間6カ月/¥3,300,000(トンネル10本分の費用)	複数本利用する場合、トンネル延長は合算しません。事例にある500mのトンネル延長10本の場合、合算して5000mという計算ではなく、トンネル1本毎の延長で(事例ですと500mのトンネル10本として)サービス利用料を頂戴いたします。 その他のトンネル延長での料金に関しては問い合わせ窓口よりお問い合わせください。 【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・現場作業における点検結果の収集及び、事務所作業における調書の作成 (現場作業でタブレットPCを用いて点検結果を入力し、そのデータを調書形式で取得でき、事務所作業での図面作成や写真整理などの調書作成作業を省力化する。)
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	
	時間帯(夜間作業の可否)	特になし	
	計測時の走行速度条件	—	
	渋滞時の計測可否	—	
	設備等による死角条件	—	
	車両から覆い表面までの距離条件	—	
	トンネル内照明の消灯の必要性	タブレット端末のカメラを使用する場合は照明の必要あり(消灯は不要)	
	可搬性(寸法・重量)	—	
	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	サービス利用(クラウドサービスとタブレット端末アプリケーションが提供される、タブレット端末自体は利用者側の準備になる)	
	関係機関への手続きの必要性	特になし (必要があれば発注者に使用する許諾をいただく。)	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	解析ソフト無	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・ソフトに関するサポート体制「有、サポートの問い合わせは平日9-17時 サポート専用メールアドレスから受付」 ・タブレット端末などハードに関してはサポート無し	
	センシングデバイスの点検	—	
	その他	特許状況:特開2018-116592 気象条件:特になし 作業条件:特になし	・タブレット端末操作を1～2時間程度を1週間操作練習するとある程度不安なく現場操作はできると考える。 ・道路トンネル定期点検要領 平成31年3月 道路トンネル定期点検記録様式(13種)および道路トンネル定期点検要領 平成31年2月 道路トンネル記録様式(様式A-1,A-2)に対応。平成26年様式も対応。

7. 図面

構成図



- タブレット端末は最大9台まで同時に利用可能
- 公衆回線との接続なしで点検作業が実施可能
- タブレット端末間はWi-Fi通信でデータ共有可能
- Excel、CAD (DXF) など編集可能なデータ出力
- 国土交通省の定める各種帳票に対応
- 地方自治体が定める様式に対応可能(有償)

インフラ点検レポートサービスの構成図

インフラ点検レポートサービスの構成図



1. 基本事項

技術番号		TN010010－V0325			
技術名		ひび検			
技術バージョン		Ver.2.0.0			作成：2023年3月
開発者		中外テクノス株式会社			
連絡先等		TEL：082-532-1624 082-532-1623	E-mail：n.okui@chugai-tec.co.jp t.kojihara@chugai-tec.co.jp yu.fujii@chugai-tec.co.jp	工業エンジニアリング事業本部 技術部 奥井 憲昭	
現有台数・基地		9台	基地	広島県広島市西区横川新町10-21 研究技術センター 東京都中央区東日本橋3丁目7-17 CTビル 愛知県名古屋市守山区花咲台2丁目303 大阪市淀川区西中島7丁目1-5 辰野新大阪ビル2F	
技術概要		トンネルの連続画像からひびわれをAIで自動検出し、CAD図 (dxf) に変換する技術である。対象はコンクリート面のひび割れであり、画像はコンクリート面に正対して撮影したもの、もしくはあおり補正後の1スパン画像やオルソ画像にも適用できる。なお、検出したひび割れについては、ソフトで幅情報（レイヤー）などの編集が可能であり、画像に距離情報を与えることで、ひび割れの長さや幅の検出もできる。ひび割れ以外の変状もソフト上で付加データを入力することでCAD図 (dxf) へ反映させることができ、データの集計や分類も可能。			
技術区分	対象部位	覆工の横断目地 覆工天端 その他覆工面 その他補修箇所 坑門			
	損傷の種類	ひび割れ			
	物理原理	技術が採用する 画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成		—	
移動装置	移動原理	—	
	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		—
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		—
	センシングデバイス	カメラ	—
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構 機能	—
		測位機構	—
	耐久性		—
	動力		—
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		—
データ収集・通信装置	設置方法		—
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		—
	データ収集・記録機能		—
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)		—
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		—
	動力		—
	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	—	—
適用可能なトンネルの最大寸法	—	—

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	-	
		—		—
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	-	
		—		—
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	-	
		—		長さが既知のものを画像内に移し込むもしくは合成後の画像に長さを指定する
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
		—		—
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-	
		—		—

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した画像をソフトに読み込む(単体画像、合成画像、オルソ画像) ②読み込んだ画像に寸法情報を付与する(手動) ③ひび割れの自動検出機能(AI)により、ひび割れ(長さ・幅)を検出する(自動) ④検出したひび割れをソフト上で確認し、フィルタリングをかける(手動) ⑤過検出、誤検出、未結合ひび割れなどの修正を行う(手動) ⑥必要に応じてひび割れ以外の損傷をソフト上で描画する(手動) ⑦描画されている損傷の数量を集計する(自動) ⑧描画された損傷をDXFに変換して出力する(自動)解析作業日数 200m/日(ひび割れのみ)	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	「ひびわれ検出システム Ver2.0.0」(自社開発ソフト)	
	検出可能な変状	ひび割れ(画像に基準長さを与えることで、長さや幅も測定可能)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・AI(畳み込みニューラルネットワーク)によるひび割れの自動検出 ・AI教師データは、ひび割れに関する写真に技術者がひび割れ部分を学習 教師データ画像は1万枚以上 ・撮影条件・仕様 1) デジタルカメラ、ラインカメラ(4K)、ビデオカメラ(4K) 2) 画像フォーマット(カラー:JPEG、BMP) 3) 正対した画像であること。(あおり補正後の画像でも適用可能)
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅:自動検出されたひび割れと画素(pixel)と輝度情報を計測し、ひび割れ幅を算出する。 ・長さ:画像に寸法値を与えて、pixel長さから換算する。
		ひびわれ以外	・変状種別を手動で描画(システム上orCAD操作)
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	80%程度(撮影条件による)
		変状の描画方法	・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリライン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEGおよびBMP
		ファイル容量	画像1枚あたり 最小256×256Pixel(約1m×1m)、最大30000×20000Pixel(約15m×10m)
		カラー／白黒画像	カラー(RGB8bit)
		画素分解能	・ひび割れ幅0.3mmを検出するためには、1mm/Pixel以下であることが必要 ・ひび割れ幅0.1mmを計測するためには、0.3mm/Pixel以下であることが必要
		その他留意事項	・覆工面に正対した画像であること ・JPEGの「圧縮ビット/ピクセル」等の設定によっては、別途変換作業が必要
	出力ファイル形式	JPEG／DXF	
調書作成支援の手順		①画像データからひび割れを検出し、ソフト上でひび割れ以外の損傷を描画しCAD(dxf)データに出力する。 ②作成したCADデータをスパン毎につなぎ併せ、変状展開図を作成する。 ③ソフト上で記入したデータの集計を行う。	
調書作成支援の適用条件		以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。 1) 被写体に対して正対して撮影(あおり補正後の画像でも可) 2) 検出が必要なひび割れ幅から撮影画像の解像度を設定する ・0.4m/m2以上のひび割れ密度の場合に適用の優位性が生じる	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・Matrox社製「MatroxImagingLibrary(MIL)」(市販ソフト) ・「ひびわれ検出システム ver2.0.0」(自社開発ソフト) ・CADソフト(市販ソフト)※クラウドサービスの提供なし	

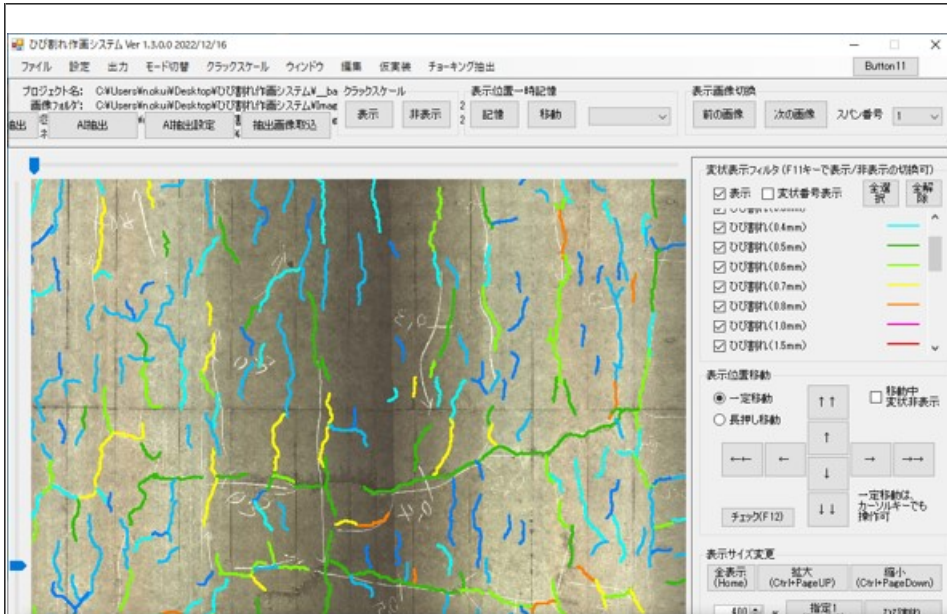
6. 留意事項(その1)

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	安全面への配慮	—	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	—	—
	交通規制の範囲	—	—
	現地への運搬方法	—	—
	トンネル延長の制約	—	—
	車線数の制約	—	—
	断面形状の制約	—	—
	その他	以下の場合、ひび割れの検出精度が低下する。 1) すず汚れがある。 2) 画質が悪い。	—

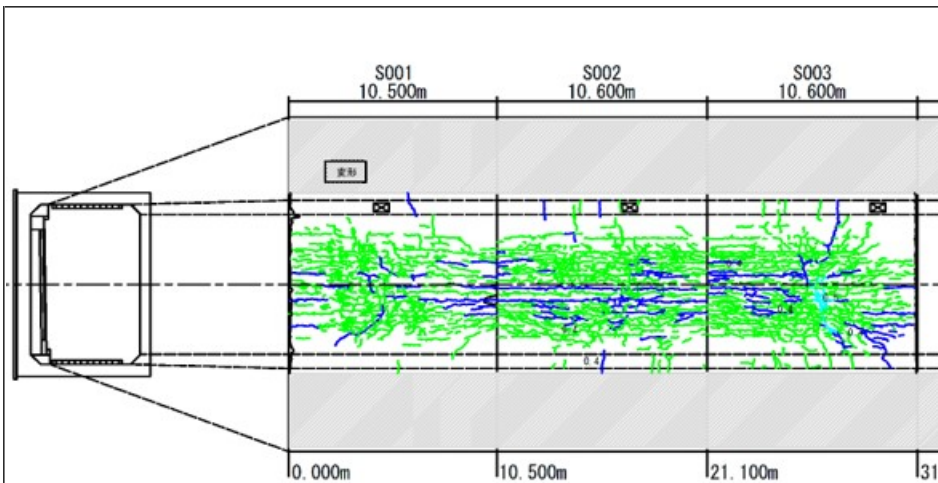
6. 留意事項(その2)

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	—	—
	必要構成人員数	—	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	操作場所	所内作業のため、作業ヤード等は不要	—
	計測作業日数	—	—
	点検費用	—	【想定されるユースケース】 ・走行型画像計測技術を使用した場合のスケッチ作業の代替および変状図作成作業の省力化 ・近接目視作業の代替手段(画像計測)の補助 ・補修設計数量の算出
	保険の有無、保障範囲、費用	—	—
	時間帯(夜間作業の可否)	—	—
	計測時の走行速度条件	—	—
	渋滞時の計測可否	—	—
	設備等による死角条件	—	—
	車両から覆工表面までの距離条件	—	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	—	—
	可搬性(寸法・重量)	—	—
	自動制御の有無	—	—
	利用形態:リース等の入手性	受託サービス	解析条件ごと、都度見積もりとなります。
	関係機関への手続きの必要性	—	—
	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(ひび割れ検出システム)を使用 :Matrox社製 「MatroxImagingLibrary(MIL)」(市販ソフト) ・必要作業:担当者による解析作業およびCADによる変状展開図作成	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	受託範囲内での対応	—
	センシングデバイスの点検	—	—
	その他	特許状況:特になし 気象条件:特になし 作業条件:特になし	適用できない条件 ・コンクリート表面が著しく汚れている、もしくは画質が悪い場合。

7. 図面



ひび割れ検出画面(AI検出)



ボックスカルバート変状展開図 (CAD図)

1. 基本事項

技術番号	TN010011ーV0324			
技術名	統合型トンネル点検・診断支援システムーiTAMS:データベースシステム、オンサイトシステムー			
技術バージョン	ver.3		作成:	2024年3月
開発者	パシフィックコンサルタンツ(株)			
連絡先等	TEL: 03-6777-4763	E-mail:	tn-mimm@ss.pacific.co.jp	交通基盤事業本部 トンネル部
現有台数・基地	統合版1システム、個別版あり	基地	東京都千代田区神田錦町	

技術概要

MIMM-Rにより画像・レーザ・レーダ計測を行い、各種3次元解析やAIによる変状原因把握を行うことで外力性・進行性・空洞など覆工の状態把握を行うとともに、現場でのスケッチ効率化、帳票の自動出力を行うことによって、現場作業効率化、内業の省力化を図る統合型点検・診断支援システムである。

本登録において、統合型トンネル点検・診断支援システムのうち、画像処理系の技術を取り纏めた。

・【iTAMS:データベースシステム】 MIMM-Rにより点検前に取得した画像を処理しスパン合成画像の作成、画像による変状抽出、客観的・正確な位置での変状展開図の作成、近接目視点検結果の反映などをPC画面で一連の作業を行い、一括処理により帳票を自動出力するとともに、経年データを一元管理するデータベースシステム

・【オンサイトシステム】 MIMM-Rにより点検前に取得した画像・レーザ・レーダにより変状展開図を作成し、タブレットに入れ現場でのスケッチ作業を効率化する技術

・【統合型トンネル点検・診断支援システム】 MIMM-Rにより画像・レーザ・レーダ計測を行った結果を3次元解析、AI処理などを行って点検結果を3次元可視化し、各種データを総合的に評価することで、覆工の状態把握を行う統合型点検診断支援を行う技術関連する性能カタログ

TN030007 統合型トンネル点検・診断支援システムのうち、レーザを活用した技術

TN010006 走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミーム・アール)／MIMM(ミーム)

TN030003 MIMM-R(ミーム・アール)のレーザースキャナを活用したトンネル覆工の形状、変形の状態把握技術

TN020006 走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミーム・アール)ーレーダ探査技術

走行型計測

計測・解析結果

3D可視化

DB・診断システム

画像計測

レーザ計

レーダ計

巻厚・空洞レーダー
内部欠陥レーダー

画像合成
+
損傷図

点群座標
による
位置同期

レーザ
点群

点群座標
による
位置同期

巻厚空洞
コンター
断面図

内部欠陥

空洞コンタ

断面図

巻厚

うきの探査

電工壁面

内部欠陥探査結果

空洞、内部欠陥の3D表示

変形モードの3D表示

画像、損傷図の重ね3D表示

点群座標による位置同期した画像、損傷図、変形図、空洞・内部欠陥などの情報を一元化して3D可視化表示し、表示モードを切り替えて、変状規模、原因、健全度を総合的に診断する。

オンサイトシステム

事前作成した展開図を活用し、近接目視点検結果、写真をその場で入力、複数端末間で同期、展開図・DBへ反映。
【効率化促進】

iPad Pro

ITAMS:DBシステム

図-1 技術概要図

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 吸音板 天井板 ケーブル類 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所 排水施設 路肩及び路面 監査歩廊

2-2-101

	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 鋼材腐食 巻厚の不足または減少 背面空洞 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断
	物理原理	技術が採用する 画像

2. 基本諸元

計測機器の構成		【計測装置の構成】 本計測装置は、3トン車両後方に切り離し可能な計測室を置き、撮影角度を0.1度刻み(位置決め精度0.03度)で調整可能な電動雲台、16倍の望遠機能を備えたデジタル・ビデオカメラ、録画装置、照明用のLEDからなる画像撮影部と、高精度レーザースキャナ・GPS・IMU・オドメータ等で構成される高精度レーザ計測部、および2種類のレーザ計測部(TYPE1:覆工巻厚・背面空洞探査用レーダ、TYPE2:うきなど内部欠陥探査レーダ)からなる。 高精度レーザスキャナはPegasus II U (Z+Fレーザ、IMU、GNSS、カメラ)と高精度レーザZ+Fの2台から構成し、Pegasus II Uは計測室後方ルーフ部に、Z+Fレーザは車両後方に75～90°で設置し、2台のレーザースキャナーは、100万点/秒、回転数最大200回/秒の性能を備える。	
移動装置	移動原理	車両型 ・内燃機関を搭載した車両にて移動する。 ・車両に切り離し可能な計測室(カメラ、レーザ、レーダを搭載)を設置し、一般車両に混じって交通規制を行うことなく通常走行しながら計測を行うことが可能。 ・陸運局にて規制緩和認定を取得しており、道路使用申請なしに走行計測することができる。	
	外形寸法・重量	・車両+計測室一体構造(ただし分離可能) ・長さ:5.99m 幅:2.08m 高さ:3.63m ・車両総重量7.22t	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・計測室(分離可能) ・長さ:4.24m 幅:2.02m 高さ:2.21m 重量:2,600kg	
	動力	・動力源:内燃機関 ・燃料:ディーゼル ・定格出力:13kW ・仮設備は不要	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・移動装置としては連続稼働時間の制限は特になし	
計測装置	設置方法	・分離可能構造。 ・3トン車両後方に設置された計測室は車両本体とボルト・ナットにより締結、分離時はボルト・ナットを取り外しフォークリフトまたは移動式クレーン等を用い切り離し作業を行う。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・計測室(分離可能) 長さ:4.24m 幅:2.02m 高さ:2.21m 重量:2,600kg	
	センシングデバイス	カメラ	【ビデオカメラ】 ・MIMM-R:Full-HDカメラ 18台(有効画素数 200万画素:1920×1080) MIMM-R2号機 4Kカメラ 800万画素:4096×2160 10台 ・画像分解能の設定 0.75～1.5mm/pixに対応可能 ・エリアカメラ、グローバルシャッター ・SS:標準は1/2000. 50km/hの場合SS:1/3,000以上 ・動画フレームレート 30 fps ・照明 LED照明48台 3m離隔での照度は5,000lx程度 ・覆工展開画像形式 : その他(覆工壁面正対画像(jpeg/AutoCAD外部参照反映可能)。必要に応じて、3次元テキスト作成も可能) ・覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量 : 100～200MB程度(3次元テキスト含まず)
		パン・チルト機構	・鉛直0°～360°
		角度記録・制御機構 機能	カメラの画角は対象トンネルの形状および撮影画像精度(解像度)に応じて都度設定する可動式。
		測位機構	レーザ計測、GNSS、IMU、オドメータ距離計
	耐久性	・デジタル・ビデオカメラ:公式な防塵、防水等級は無し、但しケーシングによりIP51相当、LED照明:IP65 ・測位のためのレーザ計測装置:Pegasus II U IP52、レーザースキャナー部 IP54	
	動力	・カメラ計測装置は、移動装置の内燃機関によって発電された電力を用いる。 ・測位のためのレーザ計測装置はバッテリーを使用(バッテリーは専用装置を車両搭載済みであり、仮設備は不要)	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・カメラ計測装置は、8時間程度(内燃機関によって発電した電力を使用しており、特に制約はなく、通常1日使用が可能。)(外気温:0～40℃、連続計測の場合:カメラはトンネル通過時のみ稼働させる) ・レーザスキャナーはバッテリー給電であり連続稼働時間は4時間程度であるが、計測に合わせ断続的に計測するため、通常1日:8時間程度の使用が可能。(外気温:0～40℃)	
データ収集・通信装置	設置方法	・分離可能構造。3トン車両後方に設置された計測室は車両本体とボルト・ナットにより締結、分離時はボルト・ナットを取り外しフォークリフトまたは移動式クレーン等を用い切り離し作業を行う。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	計測室(分離可能) 長さ:4.24m 幅:2.02m 高さ:2.21m 重量:2,600kg	
	データ収集・記録機能	・画像:カメラから有線接続されたレコーダに記録し、データを保存する。 ・レーザ:計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータを車両に搭載したPCに伝送しハードディスクに保存 ・レーダ:計測中は、PCのハードディスクに保存。計測終了後、別記録媒体(CD、DVD、HDD等)に出力保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	・移動装置の内燃機関によって発電された電力を用いる。 ・レーザ計測装置の動力はバッテリーを使用	
	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	・R3.5m以上 ・R3.5m以下(SL1.5m程度)の場合、道路中央を走行することにより高さ3.8m幅3.5m程度まで対応可	・複数回走行が必要な場合がある。 ・照明や標識等の付帯物が走行に支障の無い事を確認する必要がある。
適用可能なトンネルの最大寸法	・R8.5m以下	・カメラからの直線距離が1.5m～7.5m以内推奨 ・車線数に応じ複数回走行が必要 ・照明や標識等の付帯物が走行に支障の無い事を確認する必要がある。

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	
		【性能値】 ・70km/h程度以下 【標準試験値】 ・検証時41km/hで走行		【条件は下記の各性能も共通】 【天候】 降雨時はレンズに付いた水滴により鮮明な画像が撮影できないため不可。 【路面状態】 舗装状態が望ましい。整地されていれば未舗装でも対応可能(車両揺れが激しい(大きい)場合、覆工壁面に対する被写体距離と角度が大きく変化するため画質が劣る可能性があるため)。 【GNSS測位】 GNSS測位可能な坑外から計測を開始できれば、坑内でのGNSS測位不可状態での計測が可能。 【日照条件】 1000 lx 以上の照度から 70 lx以下の環境照度に連続的に計測する場合は白飛びに注意(絞り等の設定変更により解消可能)。
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	無	
		【性能値】 ・最小ひび割れ幅の検出分解能は0.3mm程度 ・ひび割れ幅の検出は0.5mm刻み程度で運用 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2018年 ・最小ひび割れ幅0.2mm (0.2mmのひび割れを画像で視認できる) ・計測精度0.43mm (0.2mmのひび割れのみを対象とした検出性能) ・吹付けコンクリート面での計測も可		【性能値】 画像によるひび割れ検出の最小検出分解能は0.3mm程度で、閉合ひび割れ、クロスひび割れ、変状の進行性、新規ひび割れ、ひび割れ密度の変化などを画像から確認できる。 ひび割れ幅の検出は検出手法上0.1mm刻みの検出は可能であるが、実務上0.5mm刻み程度で運用している。 【標準試験値】 計測精度の0.43mmは、模擬供試体の0.2mmのひび割れに対し、ひび割れ幅を0.3mm刻み程度で検出したときの計測精度。【標準試験の計測精度は、TN010006-V0221確認シートを参照】
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	無	
		【性能値】 ・1%以下(補正後50mm程度) 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2018年 ・1.23%		【性能値】 ・画像とレーザ点群を重畳させ変状長さ精度を向上(点群の坑口位置補正を実施) 【標準試験値】 ・標準試験の長さ計測精度は、TN010006-V0221 確認シートを参照
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
		【性能値】 ・50mm程度以下(補正後) 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2018年 ・進行方向: 59.0mm (5測線の平均値) ・周方向: 19.7mm (4測線の平均値)		【性能値】 ・画像とレーザ点群を重畳させ変状位置精度を向上(点群の坑口位置補正を実施) 【標準試験値】 ・標準試験の位置精度は、TN010006-V0221 確認シートを参照
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	無	
		【性能値】 ・フルカラー識別可能 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2018年 ・フルカラー識別可能		【標準試験値】 ・標準試験の色識別性能は、TN010006-V0221 確認シートを参照

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

【統合型トンネル点検・診断支援システムの手順】

- ①近接目視点検前に交通規制なしで走行型計測車両MIMM-Rにより、画像、レーザ、レーダの計測を実施
- ②iTAMS:データベースシステムにより、画像合成、画像による変状検出、展開図作成を実施
- ③展開図、画像をオンサイトシステム(iPAD)に出力
- ④近接目視、打音検査時にオンサイトシステムを活用して効率化を図るとともに、点検結果をオンサイトシステムに反映
- ⑤オンサイトシステムからiTAMS:データベースシステムに点検結果を反映した展開図を作成し、点検・診断結果をPC上で整理し、帳票に自動出力

- ⑥過去の点検記録、補修履歴などをデータベースシステムで一元管理

【iTAMS:データベースシステムの機能】

- ①画像により変状検出・解析システム(画像合成、ひび割れ自動抽出等)
- ②Drawingシステム(点検展開図等)
- ③データベースシステム(点検帳票自動作成、経年データの一元管理)
- ④Viewerシステム(点検帳票、画像、3D)
- ⑤iPAD連携

【画像による変状検出手順】(iTAMS:データベースシステムの機能の一部)

手法1)

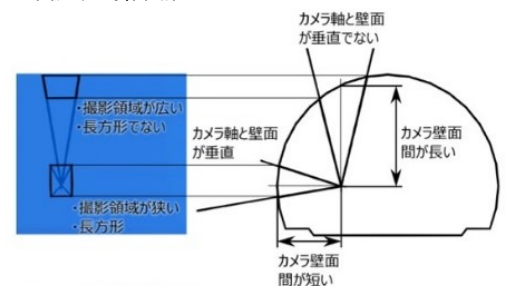
- ①撮影した画像を覆工1スパンごとに合成する。位置同期はレーザ一点群座標による。(自動・調整は一部手動)
- ②ひび割れの自動抽出機能により、画像からひび割れ(幅、位置)を抽出する。(自動・事前作業は手動)
- ③最大ひび割れ幅によるひび割れ展開図に変換し、DXF出力する。(自動)
- ④ひび割れ以外の変状については、画像から手動で抽出する。(手動)

手法2)

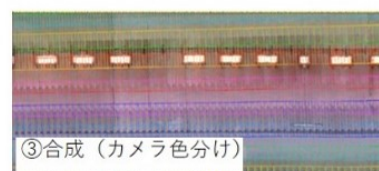
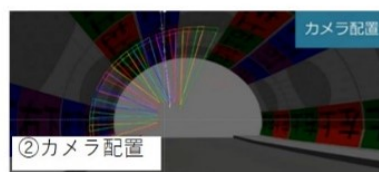
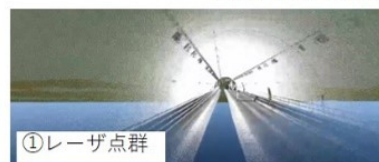
- ①撮影した画像を覆工1スパンごとに合成する。位置同期はレーザ一点群座標による。(自動・調整は一部手動)
- ②ひび割れ、漏水などの自動抽出機能により、画像からひび割れなどの変状を抽出する(ラスタデータ)。(自動・ノイズ調整は手動)
- ③ひび割れ幅、長さを求め、対策工区分の判定を行う。(自動・判定は一部手動)
- ④ひび割れ、漏水などをベクターデータとして展開図に変換し、DXF出力する。(自動)



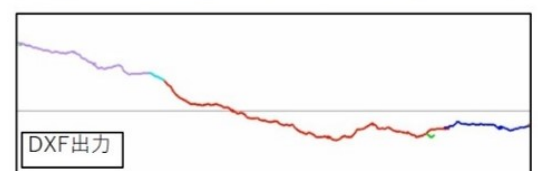
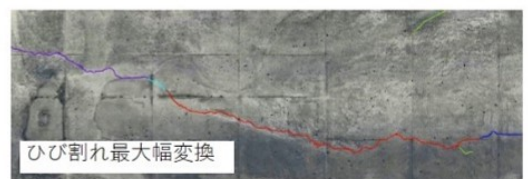
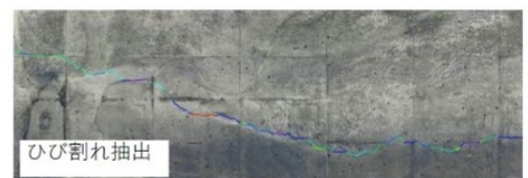
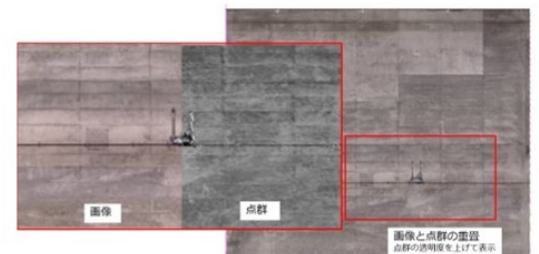
走行型計測車両MIMM-Rの走行イメージ（画像計測状況）



変状検出手順



画像とレーザ点群の位置同期による
画像補正と合成



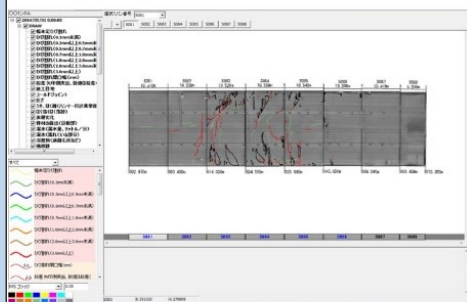
ひび割れ抽出の手順（手法1）

ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	【iTAMS:データベースシステム】 自社開発 【オンサイトシステム】 自社開発 【画像による変状検出】(iTAMS:データベースシステムの機能の一部) 手法1) ひび割れ自動抽出ソフト HALCON (ライブラリ使用での自社開発) 手法2) AIによる変状抽出ソフト(自社開発) ディープラーニング (CNN) 、セマンティックセグメンテーション	
	検出可能な変状	【画像による変状検出】(iTAMS:データベースシステムの機能の一部) 手法1) ひび割れ(幅、長さ) 手法2) ひび割れ(幅、長さ)、漏水、遊離石灰、はく落跡、その他目視により確認できるもの	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	【画像による変状検出】 手法1) 自社開発ひび割れ自動抽出ソフト HALCON ・ひび割れ自動抽出ソフト(HALCON)により、コンクリート面とひび割れのピクセルの輝度値から、ひび割れを自動抽出し、ひび割れ幅を検出する。(ひび割れ以外は、手動検出) 手法2) AIによる変状抽出ソフト セマンティックセグメンテーションによるディープラーニング ・ひび割れをピクセル単位でセマンティックセグメンテーションにより抽出する。 ・使用する画像は、1.5mm/pix以上の画質(低圧縮JPEG画像)を用い、高精細化手法を併用。 ・教師データは、100スパン以上、1タイル256×256pix(or 512×512pix)、ひび割れをピクセル単位で作成。 近接目視点検前に計測した画像により画像と位置同期した展開図を作成する。近接目視時に修正した点検結果としてのひび割れ判定を教師データ作成の基本とし、画像上のひび割れを技術者が判断したうえで教師データを作成する。 ・撮影条件・仕様等(手法1)2)共通) 1) カメラ:ビデオカメラ 2) 撮影設定:絞り優先設定 3) ラップ率:オーバーラップ 30%、サイドラップ 30% 4) 画質:1.5mm/pix以上 5) 画質フォーマット:JPEG、TIFF、PNG、BMPなど 6) 注意事項: ・画像から作成した変状展開図を近接目視時に確認し修正すること⇒教師データ作成は修正後の最終展開図を使用する。展開図は画像と位置情報が一致している必要あり
		ひびわれ幅および長さの計測方法	【画像による変状検出】 手法1) ・ひび割れ幅: HALCONによりピクセルの輝度値から、ひび割れ幅を検出する(1.5mm/pixの分解能であるが、輝度使用により0.3mm程度以上のひび割れ幅の検出が可能) ・ひび割れの検出レイヤ(0.3mm未満, 0.3～0.5, 0.5～1.0, 1.0～2.0, 2.0～3.0, 3.0以上を基本としたレイヤカスタマイズ可能) ひび割れ長さ: ひび割れをポリラインに変換し、長さを確認する。ひび割れ位置、長さはレーザーによる位置座標から算出している。 手法2) ・ひび割れ幅:セマンティックセグメンテーションにより、ピクセル毎のひび割れ存在可能性を算出する「ひび割れ検出アルゴリズム」により自動抽出する。具体的には2倍の高精細化技術により、1.5mm/pixの分解能を0.75mm/pixに改善し、ピクセル以下のひび割れ幅については、周辺のピクセルを使って補間し、輝度による重み付けを行うことで、ひび割れの存在可能性の分布を求めることによって、0.3mm程度以上のひび割れ検出が可能。 ・ひび割れ長さ: セマンティックセグメンテーションにより抽出したひび割れをベクター化し、ポリラインでのひび割れ長さを検出する。
		ひびわれ以外	【画像による変状検出】 手法1) 【漏水、遊離石灰、はく落跡、鉄筋露出、ジャンカ、コールドジョイント、照明、JFなど】 ・画像から手動にて抽出する。うきについては、近接目視、打音検査の結果を踏まえて修正する。 手法2) 【漏水、遊離石灰、はく落跡】 ・ひび割れ同様、セマンティックセグメンテーションのアルゴリズムにより、ピクセル単位で、漏水、遊離石灰、はく落跡を抽出する。ピクセル集合体の面データ(ラスターデータ)として自動抽出する。 ・教師データは、100スパン以上、漏水など面データとしてピクセル単位で作成する。 教師データは、画像のみの判断で作成せず、近接目視、打音検査の点検結果を反映させて作成する。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	【画像による変状検出】 手法2) ・ひびわれの検出:再現率80%程度(漏水、遊離石灰、チョーク、壁面汚れがひび割れに重なっておらず、明瞭なひび割れであった場合) ・漏水、遊離石灰、チョーク、壁面汚れなどがひび割れと重なっており、画像上ひび割れが分類できない状態の場合は、検出不能。 ・漏水、遊離石灰については、再現率80%～90%程度。
		変状の描画方法	【画像による変状検出】 ・ひび割れ: ポリライン ・ひび割れ幅: 30°

取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	iTAMS:データベースシステム全般共通 変状検出手法1)2)共通 JPEG、TIFF、PNG、BMP など
	ファイル容量	変状検出手法1)2)共通 50MB～200MB程度/1スパン (1.5mm/pixの場合、50～80MB程度/スパン)
	カラー／白黒画像	変状検出手法1)2)共通 カラー
	画素分解能	変状検出手法1)2)共通 ・ひび割れ幅0.3mmを検出するためには1.5mm/Pixel以下であることが必要
	その他留意事項	・基本的にはトンネル覆工表面全周画像を対象とし、スパン単位で合成した見下げの展開画像とする ・画像の縦横比が実際のトンネル周長とスパン長の比率に等しいこと(正確なアスペクト比であること) ・画像の歪み, あおり, 台形などを補正し, 壁面に正対した画像とする ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・覆工面の煤、漏水、遊離石灰によりひび割れが不可視の場合は、ひび割れの検出が困難
	出力ファイル形式	【汎用ファイル形式の場合】iTAMS:データベースシステム全般共通 JPEG／DXF等
【統合型トンネル点検・診断支援システムによる調書作成手順】 ①近接目視点検前に交通規制なしで走行型計測車両MIMM-Rにより、画像、レーザ、レーダの計測を実施 ②iTAMS:データベースシステムにより、画像合成、画像による変状検出、展開図作成を実施 ③展開図、画像をオンサイトシステム(iPAD)に出力 ④近接目視、打音検査時にオンサイトシステムを活用して効率化を図るとともに、点検結果をオンサイトシステムに反映 ⑤オンサイトシステムからiTAMS:データベースシステムに点検結果を反映した展開図を作成し、点検・診断結果をPC上で整理し、帳票に自動出力 ⑥過去の点検記録、補修履歴などをデータベースシステムで一元管理 iTAMS:データベースシステムによる調書作成手順 手法1) ①適応条件に記載の条件により画像データを取得する。 ②画像データおよび同時に計測したレーザ点群データを下記支援ソフトiTAMSに取り込む。 ③iTAMSのドロー編集画面にて、ひび割れ抽出、その他の変状抽出作業を行い、変状展開図を作成する。 ④近接目視、打音検査を実施。事前に作成した変状展開図をタブレットに取り込み、現地にて修正作業を行う。 ⑤iTAMSのドロー編集画面にて、変状箇所の抽出、対策工区分の判定などを行う。 ⑥画像の他、レーザ、レーダの結果を一元化して3D可視化し、統合型評価診断システムにより診断する。 ⑦抽出した変状箇所に応じた写真を帳票用に自動作成。 ⑧点検帳票を所定のフォーマットに自動出力する。記録はデータベースで一元管理する。		

2-2-108

調書作成支援の手順

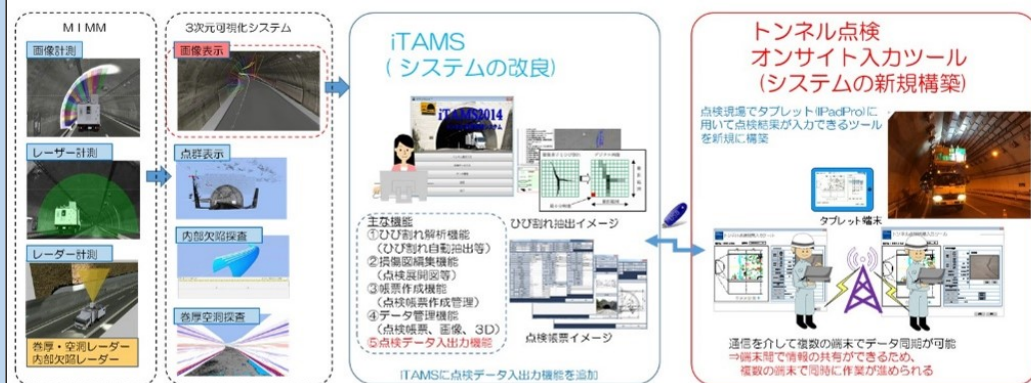


iTAMSのドロー編集画面



点検帳票例

点検帳票をを所定フォーマットに自動出力



点検入力ツールの主な機能(上記以外)

変状写真入力機能



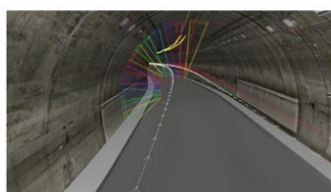
ひび割れなどの変状、異常のスケッチを1つ1つ選択して、写真を紐付ける。写真はタブレット上からも直接撮影可能とする。
⇒現場で損傷情報と写真が紐付けられるため、業務の効率化が図れる

変状結果集計機能

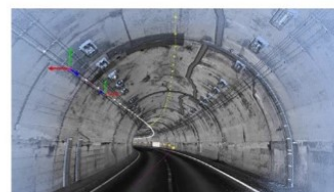


ひび割れなどの変状、異常のスケッチをトンネル全体もしくはスパン毎に集計することができる。
⇒損傷写真の撮影漏れ、損傷状況の記入漏れなどのチェックが図れ、点検データの精度向上が図れる。

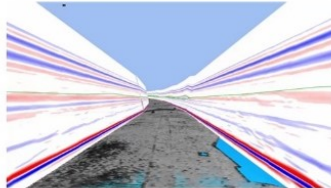
オンサイトシステムの概要



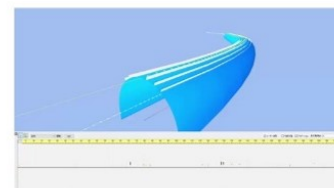
画像表示



点群表示



巻厚、空洞探査



内部欠陥(うき、ジャンカ)探査

3次元可視化システムの事例 (3次元可視化により診断を支援)

図-3 調書作成支援の手順

調書作成支援の適用条件

【画像による変状検出】

手法1)

- ・基本的にはトンネル覆工表面全周画像を対象とし、スパン単位で合成した見下げの展開画像とする
- ・画像の縦横比が実際のトンネル周長とスパン長の比率に等しいこと(正確なアスペクト比であること)
- ・画像の歪み、あおり、台形などを補正し、壁面に正対した画像とする
- ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難
- ・覆工面の煤、漏水、遊離石灰によりひび割れが不可視の場合は、ひび割れの検出が困難
- ・画像から作成した変状展開図を近接目視時に確認し修正すること

手法2)

- ・上記の手法1)の適用条件と同じ

調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名

- ・帳票作成、DBシステム : iTAMS (自社開発ソフト)
- ・現地での入力: タブレット (iPad)
- ・点検調書作成OS Windows8.1以降
- ・クラウドサービス提供: なし

6. 留意事項(その1)

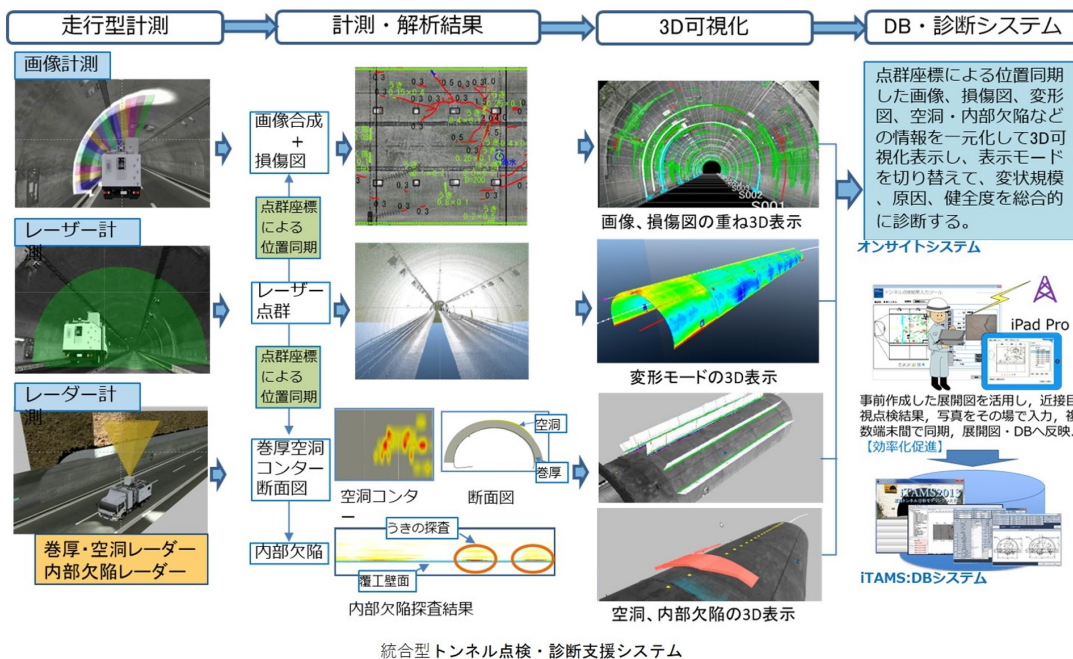
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	安全面への配慮	・特になし	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	不要	—
	交通規制の範囲	—	—
	現地への運搬方法	・車両に搭載して運搬 等	—
	トンネル延長の制約	・特になし	—
	車線数の制約	・特になし	—
	断面形状の制約	・特になし	—
	その他	【汚れ、すす等がある場合の作業の可否】：可	【作業条件・運用条件】 ・交通規制が不要であるため、原則として事前の関係機関への申請等手続きは不要。 ・照明設備やジェットファン、内装板の背面など計測車両から物理的に視野が確保できない覆工表面の走行型画像計測はできない。 ・すす汚れ等がある場合は、一般的には、照明が透過し撮影することは可能。すすが固着して非透過の場合は撮影不能。

6. 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	・社内基準	
	必要構成人員数	・車両運転員1人、計測機器操作1人、合計2名	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・社内講習必要	
	操作場所	・車両内 (作業ヤード不要)	
	計測作業日数	・平均作業日数(計測作業):1日で500m程度のトンネル3本～10本/日可能 同一路線の連続するトンネルの場合、10本程度可能。 ・平均作業時間:8時間/日 等	
	点検費用	・計測サービスを提供 ・計測作業日数は、トンネル数(トンネル群の距離)、延長、変状の大小(ひび割れ密度)、打音検査の量、矢板工法かNATMなどにより変わる。 ・新技術により事前計測スクリーニング後、近接目視点検、打音検査を実施 ・画像合成、展開図作成、点検帳票作成含む 【実績】 R2近畿地整管内トンネル点検・診断及び修繕計画業務より 国交省近畿地整道路メンテナンスセンター 点検(近接、打音)、内業(変状抽出、展開図作成、レーザ解析、レーダ解析)、交通規制を含み、従来点検に対して、16%コスト低減 【近畿地整実績の条件】 ・トンネル数:6本 ・2車線断面、照明灯具あり ・2回目以降点検 ・延長:短いトンネルから順に 38,330,389,740,1420,2810m ・ひび割れ密度:同上順に 0.55,0.14,0.19,0.08,0.14,0.14 ・画像計測、変形モード解析、レーダ解析実施 ・スクリーニング後、近接目視、打音検査実施 ・交通規制含む	近畿地整実績は、統合型システム全体の費用 一般的には、例えば、 ・トンネル500m程度 10本計測の場合 直接人件費 外業 3,500,000円 内業 11,000,000円 直接経費 3,500,000円 その他費 22,000,000円 業務価格 40,000,000円 (従来点検に比べ、30%程度縮減) ・トンネル500m 1本のみ (従来点検とほぼ同等) 【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・客観的・正確な変状展開図作成(変状位置の正確な把握、変状進行性の把握、近接目視点検前に作成) ・近接目視点検前に、問題箇所や健全箇所のスクリーニングを実施 ・人力による近接目視点検を支援、スケッチ作業省力化による作業効率向上、コスト低減効果 ・統合型診断システムによる総合的判断による健全性診断の支援
	保険の有無、保障範囲、費用	・加入済み、保証範囲:人+自転車+車、保証金額:無制限	
	時間帯(夜間作業の可否)	・特になし(夜間作業は可)	
	計測時の走行速度条件	・1mm/h以上の降雨時の計測は不可	
	渋滞時の計測可否	・特になし	
	設備等による死角条件	・ジェットファン、照明等の付属物の背面は撮影不可	
	車両から覆工表面までの距離条件	10m程度以内	
	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)	・特になし	
	自動制御の有無	無	
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託にて対応	
	関係機関への手続きの必要性	・必要なし(陸運局許可取得済)	
	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 ・必要作業:担当者による解析作業 ・上記計測費に含む	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有	
	センシングデバイスの点検	・日常点検、年/1回定期点検	

その他	【計測作業日数】			
	・計測サービスを提供			
	・計測作業日数は、トンネル数(トンネル群の距離)、延長、変状の大小(ひび割れ密度)、打音検査の量、矢板工法かNATMなどにより変わる。			
	・新技術により事前計測スクリーニング後、近接目視点検、打音検査を実施			
	・画像合成、展開図作成、点検帳票作成含む			
	【計測作業日数の実績】			
	R2近畿地整管内トンネル点検・診断及び修繕計画業務より			
	国交省近畿地整道路メンテナンスセンター			
	トンネル6本あたりの現地作業日数の実績			
	従来点検日数	新技術活用点検日数	日数比率	低減率
16日		8日	50%	50%
内訳 1km以上の場合			36%	64%
1km未満の場合			80%	20%
【特許条件】:特になし				
【気象条件】				
・現地計測は、1mm/h以上の降雨時の計測は不可				
【作業条件】				
・特になし				

7. 図面



・ 走行型計測車両 MIMM-R



技術紹介



動画



技術紹介
動画

<https://www.pacific.co.jp/service/infrastructure/tunnel/close-up/mimm-r/>
https://www.youtube.com/watch?v=hZfctUCVs_E
https://www.youtube.com/watch?v=q_DvV9u8XEw

1. 基本事項

技術番号		TN010012-V0325			
技術名		トンネル点検システム「ロードビューワ」(覆工撮影～調書作成)			
技術バージョン		1.2		作成:	2025年1月
開発者		株式会社構研エンジニアリング			
連絡先等		TEL: 011-522-7379	E-mail:	https://www.koken-e.co.jp/contact/	(株)構研エンジニアリング防災施設部
現有台数・基地		4台	基地	北海道札幌市東区	
技術概要		トンネル点検システム「ロードビューワ」(覆工撮影～調書作成)は、高解像度の覆工面画像を撮影できるシステムである。交通規制なしでの撮影が可能である。時速40km程度の速度であれば0.2mmのひび割れ幅を認識する能力を有し、撮影した画像を用いて3次元成果品納品マニュアル(案)に準拠した成果品の提出が可能である。民生機を使用することにより、装置全体をコンパクト化し、車両に収めている。			
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 吸音板 天井板 照明 ケーブル類 警報表示板 標識 ジェットファン その他附属物 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所 排水施設 路肩及び路面 監査歩廊			
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 変形 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断 脱落 腐食 欠損			
	物理原理	技術が採用する 画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成		・荷台にカメラとLED照明および制御装置(PC、発電機等)を積載した分離構造としている ・複数台のカメラ及びLED照明を使用し、車内からタブレットPCを用いた遠隔操作にて動画撮影を行う
移動装置	移動原理	【車両型】 ・内燃機関を搭載した車両に搭載して移動する
	外形寸法・重量	【車両】 ・分離構造(移動装置) ・最大外形寸法(長さ4275mm×幅1675mm×高さ1890mm)
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・最大外形寸法(長さ2430mm×幅1585mm×高さ3060mm) ・最大重量(750kg)
	動力	・動力源:内燃機関 ・燃料:無鉛レギュラーガソリン ・定格出力:71kW
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・内燃機関のため対象外
計測装置	設置方法	・分離構造、車両の荷台枠内に設置
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・最大外形寸法(長さ2310mm×幅1555mm×高さ2070mm) ・最大重量(700kg)
	センシングデバイス	【デジタルカメラ】 ・SONY製ミラーレス一眼カメラ ・センサーサイズ 35mmフルサイズ(35.6mm×23.8mm) ・ピクセル数(横2160pixel×縦3840pixel) ・焦点距離(f=28mm-70mm) ・フレーム数(30fps) ・移動方向に垂直な方向の視野:カメラ1台あたり2m ・覆工展開画像形式:オルソモザイク ・覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量:80MB
		- パン・チルト機構 ・鉛直0°～360°
		- 角度記録・制御機構 機能 ・角度は雲台の回転角メモリを目視により調整し、制御する
		- 測位機構 ・画像内情報(型枠の寸法、チョーキングによる周長寸法)
	耐久性	・カメラ:防塵防水等級なし ・LED照明:IP65
	動力	・荷室に搭載された発電機によって発電された電力を用いる ・動力源:内燃機関 ・燃料:無鉛レギュラーガソリン ・定格出力:2.6kVA
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・内燃機関を使用するため対象外
データ収集・通信装置	設置方法	・カメラに内蔵された記録装置を使用
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・カメラに内蔵された記録装置を使用するため外形寸法なし
	データ収集・記録機能	・カメラに挿入したSDカードに保存
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	・通信装置なし
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	・通信装置なし
	動力	・カメラの電源を使用
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	・データの伝送機能なし

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
適用可能なトンネルの最小寸法	・幅3.0m×高さ4.0m程度	断面形状に変化が無いこと。 (断面形状が異なる箇所がある場合は、別設定で改めて撮影が必要)
適用可能なトンネルの最大寸法	・カメラと覆工表面までの距離が5m程度	LED照明の照度を確保する必要がある(5,000lx程度)

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】・50km/h程度 【標準試験値】・40km/h		撮影速度に違いがあると展開画像の画質にばらつき発生可能性があるため、一定の速度で走行する
	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 (2019) 実施年 2019年 ・最小ひび割れ幅:0.1mm (0.1mmのひび割れを画像で視認できる) ・計測精度:0.12mm (0.1～3.0mmのひび割れのみを対象とした検出精度) ・ひび割れ幅の最小単位:0.1mm ・ひび割れ長さの最小単位:1mm		計測性能試験時の条件 / 性能を確保するための条件 【撮影速度】40km/h / 50km/h程度 【被写体との距離】 2.0m / 同左 【補助手段】 LED投光器(200W,32000lm,10灯) / 同左
		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 (2019) 実施年 2019年 ・周方向:0.963% ・進行方向:0.200%		計測性能試験時の条件 / 性能を確保するための条件 【撮影速度】40km/h / 50km/h程度 【被写体との距離】 2.0m / 同左 【補助手段】 LED投光器(200W,32000lm,10灯) / 同左
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	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 (2019) 実施年 2019年 ・周方向:38mm ・進行方向:15mm		計測性能試験時の条件 / 性能を確保するための条件 【撮影速度】40km/h / 50km/h程度 【被写体との距離】 2.0m / 同左 【補助手段】 LED投光器(200W,32000lm,10灯) / 同左
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・モノクロ:グレースケール識別可能 ・カラー:フルカラー(24色)識別可能 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2019年 ・モノクロ:グレースケール識別可能 ・カラー:フルカラー(24色)識別可能		計測性能試験時の条件 / 性能を確保するための条件 【撮影速度】40km/h / 50km/h程度 【被写体との距離】 2.0m / 同左 【補助手段】 LED投光器(200W,32000lm,10灯) / 同左

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①動画からオルソ補正を行い静止画へ変換する。(自動・手動) ②スパン単位で画像の結合を行う。(手動) ・解析作業日数:7日程度(延長500mの場合。画質により変動有り)		
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	・ロードビューワ(自社開発ソフト) 動画静止画変換、オルソ補正、オルソモザイク合成などを行う。 ・ひび割れ検出ソフト(自社開発ソフト) オルソモザイク画像を基にチョーキングの自動検出を行う。		
	検出可能な変状	・【覆工面】ひび割れ(幅および長さ)、はく離、豆板、鋼材腐食、漏水、遊離石灰、土砂流出 ・【内装板】変形、破損、取付部材の腐食、脱落 ・【附属物】腐食、変形、破損		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・技術員の目視により検出 ・AIによるチョーキングの自動検出 ・畳み込みニューラルネットワークによる深層学習 ・640x640pixelのタイル約9000枚分の教師データを用いて チョーキング検出用モデルを構築	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・疑似クラックスケール画像との比較により技術員が計測	
		ひびわれ以外	・技術員の目視により検出	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・ひび割れ検出率:最大70% ※検出率 = AIで検出されたpx数 / 手動で作成した正答画像のpx数 (検出率の向上が課題)	
		変状の描画方法	・ひび割れ(目視):ポリライン ・ひび割れ(自動検出):検出されたチョーキング部の画素塗りつぶし ・ひび割れ以外:変状の形状に応じてポリゴンかポリライン	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	・【展開画像】Jpeg、【動画】XAVC S: MPEG-4 AVC/H.264	
		ファイル容量	・対象外	
		カラー／白黒画像	・カラー	
		画素分解能	・ひび割れ幅0.3mmを検出するためには0.5mm/Pixel以下であることが必要	
		その他留意事項	ー	
出力ファイル形式	・画像、変状展開図:Jpeg ・点検調書:Excel ・変状図:DXF、DWG			
調書作成支援の手順		①変状管理図に変状情報(位置、寸法、種類、判定、近接写真)を入力 ②現地撮影した動画から覆工展開画像を作成 ③変状情報や展開画像から損傷図を作成 ④点検調書出力ソフトにより点検調書を自動出力		
調書作成支援の適用条件		・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が検出精度が低下する ・漏水や結露で覆工面が光っている場合には変状の検出精度が低下する ・覆工面に汚れ、すず等がある場合はひび割れの検出精度が低下する ・ジェットファン、照明、内装板の背面など、撮影車両からの視野が確保できない位置の計測は不可		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・トンネルマネジメントシステム(自社開発ソフト) タッチスケッチ(タブレット端末)を用いた変状管理と現場管理 ロードビューワ(動画撮影と再生および連続展開画像作成) ロードスコープ(疑似3D展開画像の表示) 点検調書作成アプリ(国交省直轄様式、公表用様式ほか) 変状管理アプリ(変状検索、写真帳作成ほか) ※クラウドサービスの提供は、無い		

6. 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	安全面への配慮	・歩行者がいる場合は注意が必要(撮影時間の配慮や一時的な規制が必要となる場合がある)	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	—	・歩行者がいる場合は、撮影のタイミングをずらしたり、一時的な規制が必要となる場合がある
	交通規制の範囲	—	・歩行者がいる場合は、歩道への立ち入り規制を行う場合がある
	現地への運搬方法	・車両による自走	—
	トンネル延長の制約	—	—
	車線数の制約	—	・左右および上面にカメラを設置可能である。よって例えば片側2車線一方通行トンネルの右側撮影時は、右側のスライドドアを開けて撮影を行う
	断面形状の制約	・非常駐車帯により断面寸法変化のある区画では、再計測が必要になる ・矩形断面では詳細計測不可 ※モニタリングでの使用等、用途によっては対応可	—
	その他	・覆工面に汚れ、すす等がある場合は、ひび割れの検出精度が低下する	—

6. 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	・社内基準による	カメラ設置、撮影PC操作、画像結合等
	必要構成人員数	・調査技術者1人、車両運転員1人 合計2人	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・社内研修	—
	操作場所	・作業ヤード不要	撮影準備を行うための、作業ヤードなどは不要。小型乗用車(5ナンバー)であるため一般的な駐車場所などで準備可能
	計測作業日数	・4トンネル/日(2車線、トンネル延長500m程度) ・作業実働日:外業1日、内業7日	立地条件により変動する
	点検費用	[トンネル条件] ・①延長500m×1本 ②延長500m×10本 [点検条件] ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面, 歩道なし ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし [費用(実働日)] ・従来の人力点検による費用(外業実働日) ①約6,500千円(3日) ②約65,000千円(30日) ・新技術活用による費用 ①約4,500千円(8日):外業800千円(1日)内業3,700千円(7日) ②約26,000千円(73日):外業2,500千円(3日)内業23,500千円(70日) ・機械の輸送費 約150千円/回(東京都内への移動の場合) [費用算定上の条件] ・変状はチョーキングの判読可能 ・附属物背面等の不可視部の確認は別途必要	トンネル規模、変状数、立地条件等により大きく変動する。とくに機械の輸送費は、陸送、海上輸送などの移動手段により大きく異なる(単純に距離に比例しないので注意が必要) 新技術活用による費用には、従来点検との併用によって生じる「人力による点検」部分は、含まない 【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・スケッチ作業の代替 ・前回点検時からの変状の進行状況の把握 ・健全性の診断補助(覆工面の再確認、俯瞰的視野) ・調書作成の省力化
	保険の有無、保障範囲、費用	・自動車保険	—
	時間帯(夜間作業の可否)	一(夜間作業は可)	—
	計測時の走行速度条件	・50km/h程度以下	—
	渋滞時の計測可否	・渋滞時計測不可	—
	設備等による死角条件	・ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可	—
	車両から覆工表面までの距離条件	・5m程度	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	—	—
	可搬性(寸法・重量)	—	・自走での移動
	自動制御の有無	—	—
	利用形態:リース等の入手性	自社機材 ・車両のみ、長期リース契約	—
	関係機関への手続きの必要性	—	—
	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(ロードビューワ)を使用	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	—	・自社スタッフが撮影、動画編集を対応(直営対応)
	センシングデバイスの点検	・カメラとLED照明の調整確認	—
	その他	・特許状況:なし ・気象条件:降雨時の計測は、極力避ける ・作業条件:なし	※カメラを変更することで、用途に合わせた画質を選択可能(高画質4K版、中画質2K版、軽画質版等)

7. 図面

外観 1



外観 2



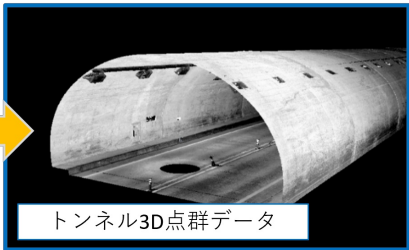
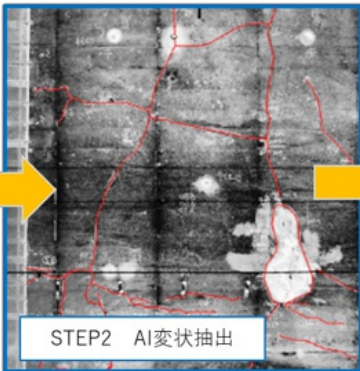
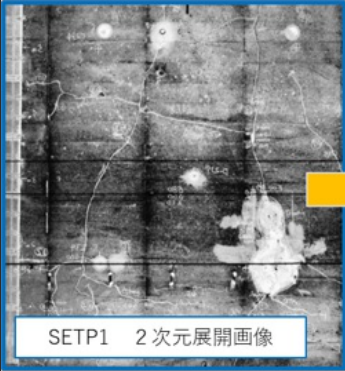
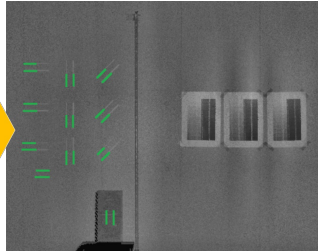
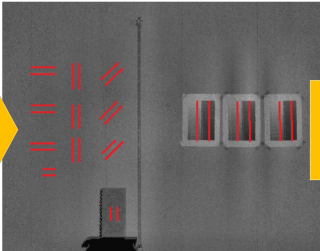
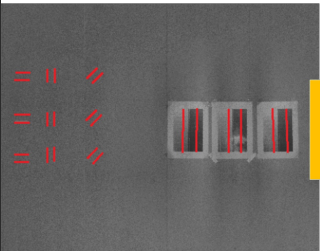
撮影状況



展開画像イメージ



1. 基本事項

技術番号	TN010013-V0424		
技術名	レーザースキャナー計測によるトンネル変状の進行性判別システム		
技術バージョン	1	作成:	2023年 3月
開発者	応用地質株式会社 メンテナンス事業部 株式会社Proxima Technology		
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	1	基地	埼玉県さいたま市北区土呂町2-61-5
技術概要	従来、手作業で実施していた覆工スケッチ作業を、3Dレーザースキャナーによる3次元点群データ計測で実施する。計測所要時間は、2車線道路トンネル10mあたり2～3分である。これにより、覆工の変状（マーキング済み）や、補修対策工の範囲や附属物の位置を把握する。変状抽出をAIで自動的にに行い、その結果をCAD出力し、変状展開図作成や点検調書作成に利用する。 特徴①： マーキングされた変状等を全て記録する。 トンネル点検車に追従して、小型軽量な設置型3Dレーザースキャナーを移動させながら3次元点群データを計測するため、別工程でのデータ計測が不要である。また、覆工面全周の3次元点群データを取得するため、変状の見逃し・記録漏れは生じない。  特徴②： AIで変状を自動抽出し、変状展開図を作成する。 覆工面の全周について、覆工スパン毎に得られた3次元点群データから2次元の展開画像を自動生成する。展開画像※からマーキング箇所をAIで自動抽出し、CADデータに変換する。また補修対策工の範囲や附属物の位置をCADに反映する。 ※走行型画像計測で得た展開画像データにも対応可能である。  特徴③： 2時期の計測データから、2時期差分によって、変状の進行度を定量把握、および可視化する。2時期の展開画像データ※からひび割れをAIでそれぞれ抽出し、ひび割れ長さを差分することによって変状の進行度を数値化する。また、変化箇所をCAD上にて色などで表現し可視化する。 ※走行型画像計測で得た展開画像データにも対応可能である。 		

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 吸音板 天井板
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離
	物理原理	技術が採用する 画像 技術が採用する 赤外線

2. 基本諸元

本計測機器は可搬型「2軸回転型レーザースキャナー」を「三脚」に固定して、徒歩で持ち運びできる軽量な構成である。計測結果はSDカードに記録される。

計測機器の構成



移動装置	移動原理	オペレーターが計測装置を持ち運んで移動・設置して、取得範囲を重複させるように設置箇所を移動して計測する。	
	外形寸法・重量	・移動装置なし(人力)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・移動装置なし(人力)	
	動力	・移動装置なし(人力)	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・移動装置なし(人力)	
計測装置	設置方法	・計測機器は三脚に固定し、トンネル坑内に設置する。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・外形寸法(幅1200mm×奥行き1100mm×高さ1750mm)、総重量7.2kg ・計測機器本体：外形寸法(幅232.5mm×奥行き95.8mm×高さ192.7mm)、重量(5.2kg) ・三脚：最大外形寸法(幅1200mm×奥行き1100mm×高さ1550mm)、重量(2.0kg)	
	センシングデバイス	カメラ	2軸回転型レーザースキャナー(赤外線レーザー) ・照射時の角度情報と反射光の距離測定で3次元点群データを構成する ・赤外線レーザーを対象物に照射して反射輝度を計測する(グレイスケール256階調) ・覆工展開画像1スパンあたりのデータ容量:約300MB ・おおよそ全天球40000×40000画素に相当(機器直下は死角となる)
		パン・チルト機構	・水平0°～360° (チルト機構無し)
		角度記録・制御機構機能	・モーターとロータリーエンコーダーによる回転駆動 2軸 垂直軸:回転鏡をサーボモーターで駆動し、角度情報をロータリーエンコーダーから得る 水平軸:本体をステッピングモーターで駆動し、角度情報を得る ・2軸傾斜計による傾き補正
		測位機構	・なし
	耐久性	・防水・防塵性能なし	
	動力	・計測機器取付けバッテリー(リチウムイオン二次電池・交換可)	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・約3時間(外気温5～40℃、湿度:結露なし)	
データ収集・通信装置	設置方法	・計測機器に内蔵	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	(計測機器に含む)	
	データ収集・記録機能	・SDカードに保存する。	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	(伝送なし)	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	(伝送なし)	
	動力	・計測機器取付けバッテリー(リチウムイオン二次電池・交換可)	

	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	(伝送なし)
--	------------------------------	--------

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
適用可能なトンネルの最小寸法	・トンネル幅5m×高さ5m、作業車両等との離隔を計測器前後に20m程度を確保。	最小寸法を下回る場合は計測不可(計測器設置の物理的限界)。
適用可能なトンネルの最大寸法	・計測機器からの覆工の離隔が15m以上となる場合は不可。	・最大寸法を越える場合、点群密度が低下する。 ・離隔間に存在する粉塵等によるノイズが影響が大きい。

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
計測装置	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	
		【性能値】 ・未検証 【標準試験値】 標準試験方法(2022) 実施年 2022年 ・トンネル延長10mあたり5分		・標準的な道路トンネルの場合(幅員10m、高さ7m程度)
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	無	
		【性能値】 ・該当なし 【標準試験値】 ・該当なし		—
	長さ計測精度(長さの相対誤差)	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) 実施年 2022年 延長方向 0.2%(最大) 周方向 20%(最大)		—
	位置精度	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) 実施年 2022年 延長方向 23mm(最大) 周方向 253mm(最大)		—
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・グレースケール256階調 【標準試験値】 標準試験方法(2022) 実施年 2022年 ・グレースケール256階調		・カラー点群対応可能

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		(1)3Dレーザースキャナーで得られた3次元点群データを解析して2次元展開画像を得る(覆工スパン毎)。 (2)展開画像からチョークでマーキングした変状をAIで抽出し、線分データを得る。 (3)線分データをCAD展開図に変換する。 (4)ひび割れ全長を数値化(区間毎)し、時期変化については差分数値、およびCAD上で複数の色や太さにより表示する。 (5)調書作成(トンネル全体変状展開図) [解析日数] ・3日	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	・3次元点群データ展開ソフトウェア ・変状自動抽出ソフトウェア	
	検出可能な変状	・近接目視により、チョークでマーキングした変状 ・ひび割れが伸展した延長と位置 ・補修箇所の抽出(ひび割れが隠れた状態)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出 ・教師データは覆工面のひび割れに関する写真に、技術者による点検成果を重ね合わせ、寸法等の情報を付与したデータ(約150スパン分)。 ・撮影条件・仕様等: レーザースキャナー計測をもとに解析した展開画像 ・コンクリート部分とマーキング部分の輝度の比(コントラスト)をセマンティック・セグメンテーションを用いることで自動検出する。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅:ひび割れのマーキングと同時に覆工に記録したひび割れ幅を読み取る(手動) ・長さ:CADソフト上で起終点を指定し、CAD上で直線距離を計測(手動)
		ひびわれ以外	・解析した覆工展開画像から目視による検出(手動) 【漏水・うき・はく離、鋼材腐食】 ・変状種別を手動で検出したうえで、チョークでマーキングした変状箇所の画像より、変状範囲の輪郭を目視で検出(手動)
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	(今後の課題)
		変状の描画方法	・マーキング:ポリライン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	・PNG
		ファイル容量	・30Mbyte
		カラー／白黒画像	・グレースケール(256階調)
画素分解能		・マーキング幅3mm以上	
その他留意事項		・覆工面に凹凸がないこと(凹凸の程度は検証中) ・変状の検出精度は検証中	
出力ファイル形式	・DXF		
調書作成支援の手順		①2次元覆工展開画像からAIで抽出した変状情報をもとに、適応条件に記載の条件から変状写真(近接目視・遠望目視で撮影した写真)をラベリングする。 ②点検調書の様式をPCに取り込み、PC上で変状写真の確認、操作が可能となるように調整する。 ③変状写真をPCに取り込み、変状番号を割り当てる。 ④点検調書の様式に従い、覆工スパン番号、変状部位等を入力する。 ⑤変状写真を検索し、最も変状を表しているものを手動で抽出し、点検調書の所定の項目に張り付けるとともに、変状の種類、その状況を旗揚げする。	
調書作成支援の適用条件		ー	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		(自社開発ソフト) ・レーザースキャナー トンネル変状管理システム (市販ソフト) ・Excel (2016 ～ Office365) ・AutoCAD 2014～2021 (クラウドサービス) ・提供無し	

6. 留意事項(その1)

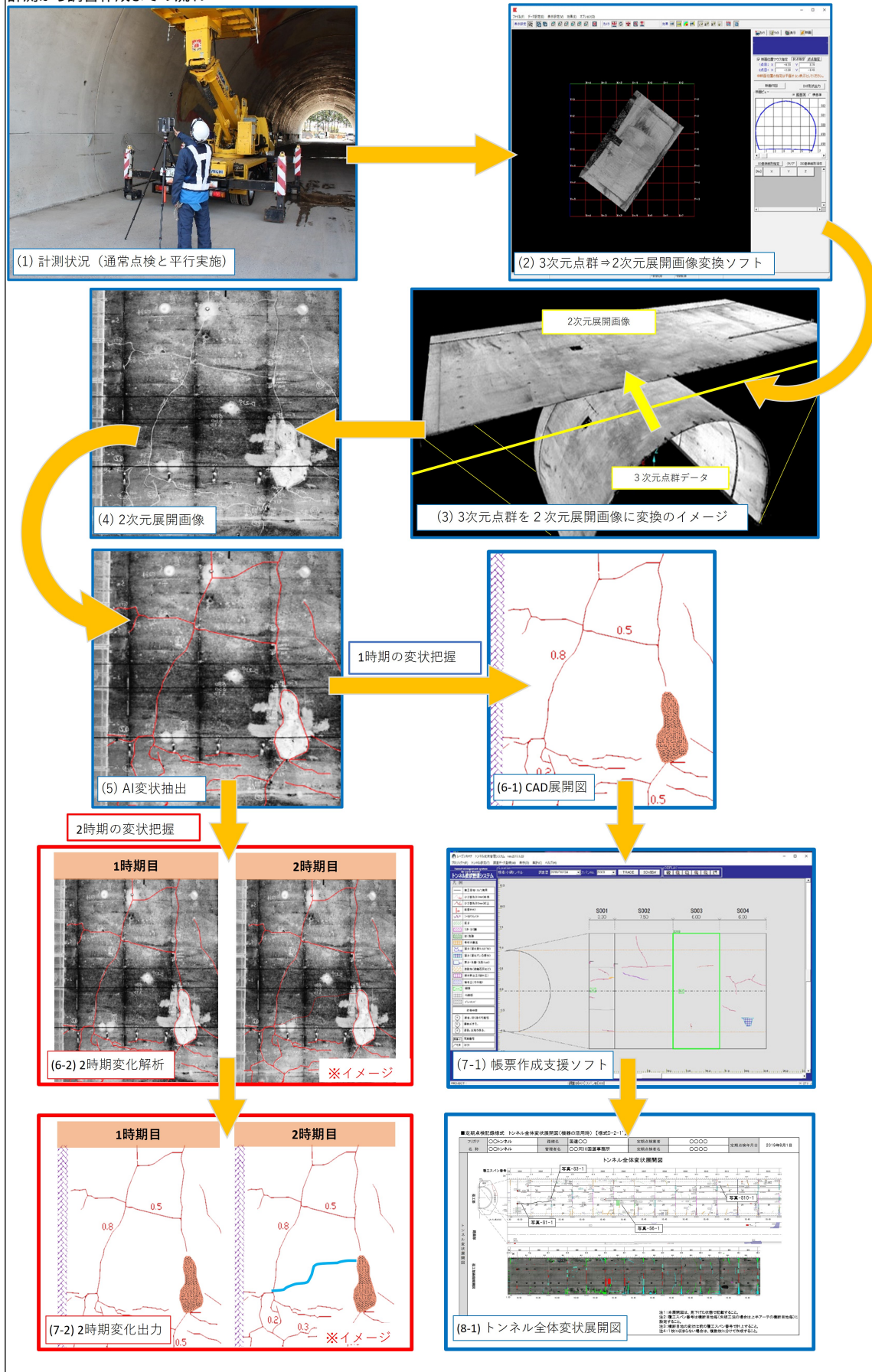
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	安全面への配慮	・特になし - 赤外線レーザー(クラス1)による高速スキャン(976,000点/秒) 	・使用するレーザーは、「直接ビーム内観察を長時間行っても、またそのとき、観察用光学器具(ルーペ又は双眼鏡)を用いても安全であるレーザー製品(クラス1)」であり、このような条件下で使用しているため問題ない。 ・使用している赤外線レーザーは視認できないため、道路利用者(対向車線走行車両、歩行者、自転車等)の妨げにならない。
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の可否	・必要	・点検作業(交通規制を伴う)と並行して実施
	交通規制の範囲	・片側交互通行規制 ・全面通行止め	—
	現地への運搬方法	・車両に搭載して運搬	—
	トンネル延長の制約	・特になし	(参考)バッテリー駆動時間3時間(1個あたり)
	車線数の制約	・特になし	・適用可能なトンネルの最大寸法(計測機器から覆工の離隔が15m)を越えない事。
	断面形状の制約	・トンネル内空幅5m未満または内空高さ5m未満は計測不可。 ・計測装置から覆工面までの隔離が15m以上となる断面形状の箇所では計測不可。	—
	その他	・汚れ、すす等がある場合:作業可能 ・トンネル坑内作業で作業車両等との離隔は20m以上必要。 ・片側交互通行規制の場合、反対車線を走行する車両が写り込むため、往復で計測することが望ましい。	・汚れ等を遊離石灰として誤検出する場合がある。 ・一般的な3Dレーザースキャナーを使用した場合、レーザー光進行方向に±2mm程度の精度がある。

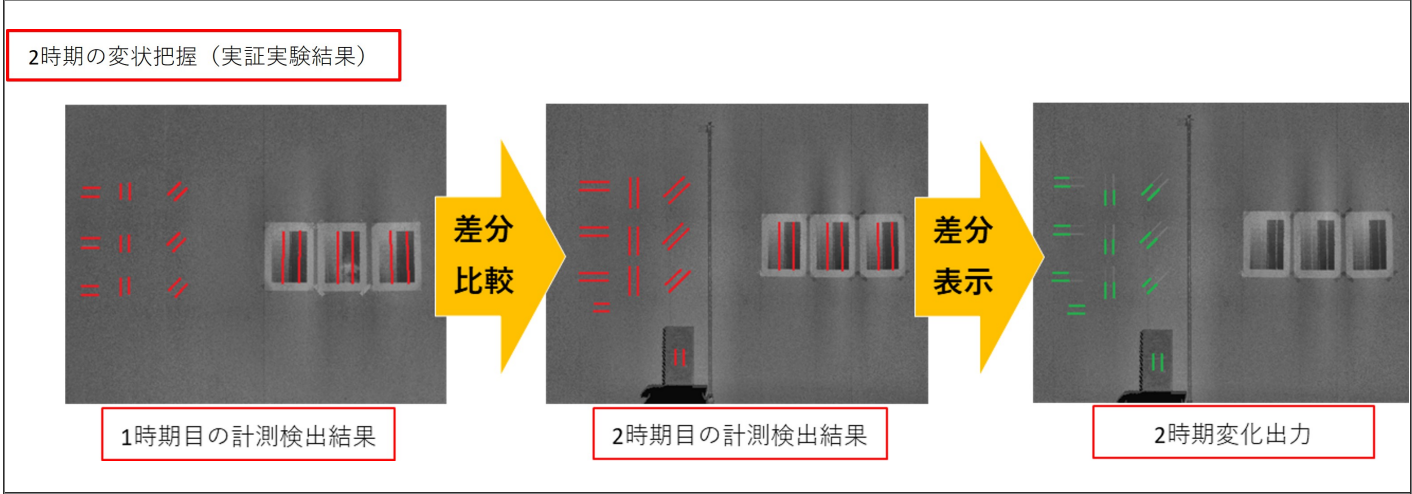
6. 留意事項(その2)

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	・現場計測においてはレーザースキャナーを操作ができること	・事前に講習を行うことで作業可能
	必要構成人員数	・レーザースキャナー計測機器オペレーター 1人 ・助手兼保安員 1人 ・計2人	・最小遂行人数 1人
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・特になし (フライトは対象外)	フライトは対象外
	操作場所	・トンネル坑内 ・作業ヤード不要	・坑口付近を計測する場合、トンネル坑外まで通行規制帯を伸ばし離隔を取る必要がある(標識や車両から20m程度)
	計測作業日数	[トンネル条件] ・延長500mのトンネル1本のみ(上下車線往復1000m計測) ・2車線断面、歩道なし [作業日数] ・計測作業日数: 2日	[計測作業日数算定上の条件] ・通常点検作業と同時に実施すること ・変状がマーキング済みであること ・片側交互通行規制の場合、反対側車線に走行車両が写り込むため、上下線を往復して計測を実施する [トンネル条件補足] ・ひび割れ密度は作業に影響しない ・補修箇所の有無は作業に影響しない ・1回目の点検および2回目以降の点検ともに同じ作業日に影響しない ・照明等、付属設備の有無に影響しない
	点検費用	[現場点検費用] ・外業費用: 30万円 [内業費用] ・解析費用: 25万円	・外業費用には機器損料を含む 【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・スケッチ作業の代替
	保険の有無、保障範囲、費用	・加入済み、保証範囲: 機器損壊	—
	時間帯(夜間作業の可否)	・特になし(夜間作業可能)	—
	計測時の走行速度条件	—	—
	渋滞時の計測可否	・計測可能	・反対側車線を通行する車両の写り込みが著しい
	設備等による死角条件	・照明、ジェットファン、隔壁等の附属物の背面は計測不可	—
	車両から覆工表面までの距離条件	—	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	・消灯の必要なし	—
	可搬性(寸法・重量)	・装置寸法 計測器: 最大外形寸法(長さ232.5mm×幅95.8mm×高さ192.7mm) ・最大重量(5.2kgf)	・最小遂行人数1人で移動、設置可能
	自動制御の有無	—	—
	利用形態: リース等の入手性	・すべて自社機材	—
	関係機関への手続きの必要性	・交通規制が必要となる場合は、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 ・必要作業: 担当者による解析作業	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・なし	—
	センシングデバイスの点検	・日常点検 ・年1回の校正が望ましい	—
	その他	・特許状況: 申請中 ・気象条件: 特になし ・作業条件: 特になし ・適用できない(適用できなかった)条件等: 特になし	・降雨等で作業可能 ただし坑口付近では坑内に吹き込む雨滴がノイズになることがある

7. 図面

計測から調書作成までの流れ





1. 基本事項

技術番号		TN010014－V0122			
技術名		走行型近赤外線撮影によるSfM三次元画像解析システム			
技術バージョン		1		作成:	2021年10月
開発者		国際航業株式会社			
連絡先等		TEL: 042-307-7435	E-mail:	takashi_hirayama@kk-grp.jp	インフラマネジメント部 平山貴司
現有台数・基地		1	基地	東京都府中市	
技術概要		本システムは、煤けたトンネルでも透過性の良い高解像度近赤外線カメラと近赤外線LED照明を自走車両に搭載し、コンクリート覆工の画像を取得する。可視光の照明でないため、交通規制なしで撮影が可能である。取得したRAW画像は、SfM解析（Structure from Motion:複数の画像からカメラの位置・姿勢を推定し対象物を3次元的に復元する写真測量の技術）によりシームレスに接合し、オルソフォトの3Dモデルを作成する。これを平面的な展開画像に加工し、CAD上で変状を抽出し変状展開図を作成する一連のシステムである。			
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 吸音板 天井板 照明 ケーブル類 警報表示板 標識 ジェットファン その他附属物 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所 排水施設 監査歩廊			
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 変形 移動 沈下 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断 脱落 欠損 がたつき			
	物理原理	技術が採用する 画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測機器は、「エリアカメラと近赤外線LED照明」と「各カメラのデータを保存する処理装置(PC)を組み合わせた記録装置」を「移動車両」に一体化させたものである。	
移動装置	移動原理	【車両型】 ・内燃機関を搭載した車両にて移動する。 ・車両にセンシング機器を設置し、交通流にそって走行しながら車道と撮影対象箇所の離隔の範囲内でアプローチするもの。	
	外形寸法・重量	・一体構造(移動装置+計測装置) ・最大外形寸法(長さ5190mm×幅1780mm×高さ3000mm) ・最大重量 3650kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	・3tトラック ・動力源:内燃機関 ・燃料:ディーゼル	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	—	
	設置方法	・移動装置と一体的な構造。	
計測装置	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—	
	センシングデバイス	カメラ	【モノクロエリアカメラ】 ・ピクセル数(縦2048pixel×横2048pixel) 8台 ・フレームレート 90FPS 【照明】 ・近赤外LED照明 8台
		パン・チルト機構	・水平 ±10° ・鉛直 ±10°
		角度記録・制御機構 機能	・カメラの画角は対象トンネルの形状および撮影画像精度に応じて都度設定する可動式
		測位機構	・非接触距離計
	耐久性	・計測機器の防水・防塵等級はなし	
	動力	・移動装置に搭載した発電機の電力を用いる。 ・定格容量:AC100V 10kVA	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・8時間程度(内燃機関によって発電した電力を使用しており、特に制約なく、通常1日使用可能) (外気温:0~40℃)	
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	・カメラから有線接続されたレコーダ(PC)に記録し、データ保存する	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	・移動装置に搭載した発電機の電力を用いる。 ・定格容量:AC100V 10kVA	
	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	・最小所要空間寸法 幅1.8m×高さ3.0mの計測車両が通過できるトンネル	
適用可能なトンネルの最大寸法	・トンネル内空高さ8m程度 (照明との離隔が側方、上方ともに5m以上となる場合は不可)	

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・50km/h 【標準試験値】 ・40km/h		
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・最小ひび割れ幅:0.3mm (0.3mmひび割れを画像で確認できる) 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・最小ひび割れ幅:0.3mm (0.3mmひび割れを画像で確認できる) ・計測精度:0.14mm (0.3mmのひび割れのみを対象とした検出精度) ・ひび割れ幅の最小単位:0.1mm (0.3mm以上のひび割れを0.1mm単位で評価可能) ・ひび割れ長さの最小単位:1.0mm		【走行速度】30km/h～60km/h(検証時: 40km/h) 【路面状態】凹凸や凍結があっても、上記速度で走行可能で あれば撮影可能(検証時:凹凸や凍結無し) 【走行回数】複数回走行可能なこと(検証時:複数回走行) 【天候】雨天時は現場条件により判断が必要(検証時:晴れ)
		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 (2019) 実施年 2020年 ・0.91%		【走行速度】30km/h～60km/h(検証時: 40km/h) 【路面状態】凹凸や凍結があっても、上記速度で走行可能で あれば撮影可能(検証時:凹凸や凍結無し) 【走行回数】複数回走行可能なこと(検証時:複数回走行) 【天候】雨天時は現場条件により判断が必要(検証時:晴れ)
	位置精度	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 (2019) 実施年 2020年 ・進行方向:55.3mm ・周方向:81.9mm		【走行速度】30km/h～60km/h(検証時: 40km/h) 【路面状態】凹凸や凍結があっても、上記速度で走行可能で あれば撮影可能(検証時:凹凸や凍結無し) 【走行回数】複数回走行可能なこと(検証時:複数回走行) 【天候】雨天時は現場条件により判断が必要(検証時:晴れ)
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・グレースケール識別可能 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2020年 ・グレースケール識別可能		【走行速度】30km/h～60km/h(検証時: 40km/h) 【路面状態】凹凸や凍結があっても、上記速度で走行可能で あれば撮影可能(検証時:凹凸や凍結無し) 【走行回数】複数回走行可能なこと(検証時:複数回走行) 【天候】雨天時は現場条件により判断が必要(検証時:晴れ) ※「

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		①撮影した画像を覆工1スパンごとに自動合成ソフトウェアでつなぎ合わせる。(自動) ②ひび割れの自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひび割れを抽出する。(自動) ③抽出したひび割れを目視で確認し、筋状の汚れ等ひび割れ以外の抽出結果を手動で削除する。(手動) ④ひび割れ幅を自動抽出する(下記アルゴリズム参照)。(自動) ⑤抽出したひび割れをDXFに変換し、CADソフトにてひび割れの起終点を指定し、その直線長さをひび割れの長さとする。(手動) ⑥その他変状の自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひび割れ以外の変状を抽出する。うき、はく離、鋼材腐食については、手動により変状種別を判別する。(手動) ※解析作業日数:5日/100m	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	【画像合成】 ・Agisoft社製「Metashape」(市販ソフト) 【変状検出】 ・国際航業社製「CrackReader」	
	検出可能な変状	手法1)ひび割れ(幅、長さ) 手法2)ひび割れ(幅、長さ)、漏水、遊離石灰、はく落跡、その他目視により確認できるもの	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	手法1)ひび割れ(幅、長さ) ひび割れ自動抽出ソフトウェアを使用し、独自の画像処理をしてひび割れを検出する。 手法2)ひび割れ(幅、長さ)、漏水、遊離石灰、はく落跡、その他 手動でトレースする機能があり、画像を見てトレースする
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・画素分解能を算出し(mm/pixel)、1pixelあたりの長さを乗することでひび割れ幅および長さを算出する。
		ひびわれ以外	・ひび割れ(幅、長さ)、漏水、遊離石灰、はく落跡、その他 ・手動でトレースする機能があり、画像を見てトレースする
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—
		変状の描画方法	・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	RAW,BMP
		ファイル容量	約130MB程度
		カラー／白黒画像	白黒画像
		画素分解能	・ひび割れ幅0.3mmを検出するためには1mm/Pixel以下であることが必要
		その他留意事項	・基本的にはトンネル覆工表面全周を対象とし、スパン単位で合成した見下げの展開画像を作成する。 ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・覆工面の漏水、遊離石灰によりひび割れが不可視の場合は、ひび割れの検出が困難 ・SfM解析技術を利用
	出力ファイル形式	JPEG/BMP/DXF等	
調書作成支援の手順		—	
調書作成支援の適用条件		—	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		—	

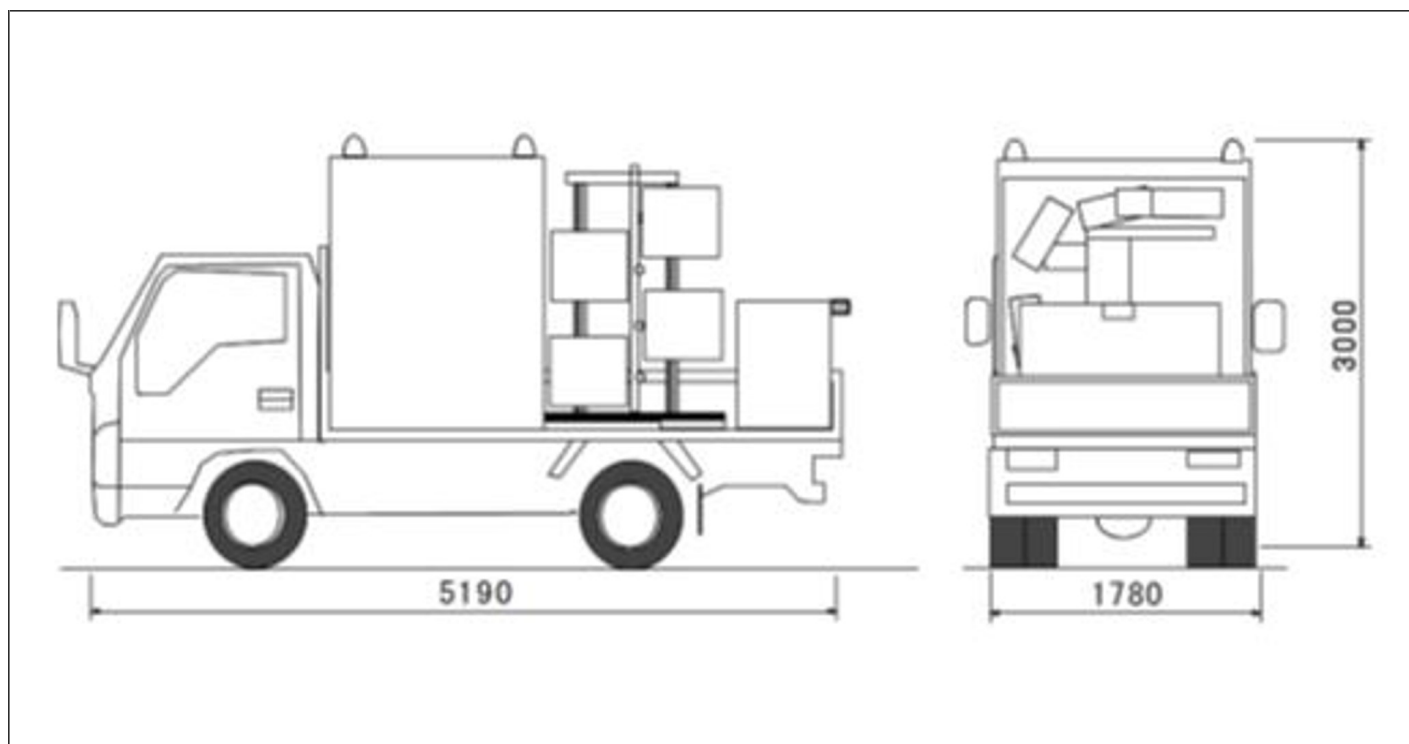
6. 留意事項(その1)

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	安全面への配慮	・特になし	
	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	・不要	・降雨時は、トンネル内で格納箱から計測装置を出し入れするため、片側通行規制が望ましい ・撮影精度を上げるため、歩行者がいない、支障物がない方が望ましい ・撮影位置に白い物体があると白飛びしてしまう
	交通規制の範囲	・不要	・交通規制を行う場合は「片側車線」
	現地への運搬方法	・計測装置を搭載した車両により自走	
	トンネル延長の制約	・特になし	
	車線数の制約	・交通規制をしない場合、カメラの固定位置から2車線対面通行トンネルに特化している。	・走行方向に対して左側のみ撮影可能
	断面形状の制約	・非常駐車帯等により断面寸法変化のある区画では再計測(調整)が必要になる。	
	その他	・煤汚れによる作業の可否:可	

6. 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	・社内の取扱い講習受講者	
	必要構成人員数	・現場責任者1人、点検員1人、車両運転員1人、合計3名	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・社内講習	
	操作場所	・トンネル入り口付近に準備用の作業ヤードが必要(2.5m×5.0m程度)	
	計測作業日数	・計測作業日数:0.5日(トンネル延長500m)	・平均点検量:500m程度のトンネル2～3本 ・平均作業時間:8時間/日
	点検費用	[トンネル条件] ・延長500mのトンネル1本のみ計測の場合、延長500mのトンネル10本を一括して計測する場合の両者について記載 ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面, 歩道なし ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし [費用] ・支援技術による計測作業にかかる費用 ⇒1本:200万円 10本:1000万円 ・支援技術を用いて一連の定期点検作業を実施する場合の費用 ⇒1本:400万円 10本:4000万円 ・支援技術利用における点検作業全体のカバー率:20% ・機械の輸送費 ⇒5,000円(東京都内への移動の場合) 300,000円(離島への運搬のため船舶利用の場合) [費用算定上の条件] ・支援技術では対応できない部分や、従来点検との併用によって生じる、「人力による点検」部分は費用に含めない	
	保険の有無、保障範囲、費用	・自動車保険、保証範囲:人+自転車+車、保証金額:無制限	
	時間帯(夜間作業の可否)	・特になし	
	計測時の走行速度条件	・60km/h以下	
	渋滞時の計測可否	・可能	
	設備等による死角条件	・ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可	
	車両から覆工表面までの距離条件	・距離の条件がある場合は「10m以内」	
	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)	・特になし	
	自動制御の有無	・無	
	利用形態:リース等の入手性	・すべて自社器材	
	関係機関への手続きの必要性	・必要なし	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト:PhotoScanを使用 ・必要作業:担当者による解析作業 ・費用:20万円(500mあたり)	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制なし	
	センシングデバイスの点検	・特になし	
	その他	・特許状況:特願2017-032864 ・気象条件:特になし ・作業条件:特になし	

7. 図面





1. 基本事項

技術番号	TN010015-V0122			
技術名	モービルインスペクションシステムGT-8K			
技術バージョン	GT-8K			作成: 2021年10月
開発者	朝日航洋株式会社			
連絡先等	TEL:	049-244-4155	E-mail:	yuuya-yamaguchi@aeroasahi.co.jp モビリティ空間技術部MMS技術グループ 山口 裕哉
現有台数・基地	1		基地	埼玉県川越市南台3丁目14番地4
技術概要	高精細画像を連続的かつ面的に取得する8Kエリアセンサカメラ、および、高精度レーザ測距装置を車両に搭載し、通常走行でトンネル覆工面や道路周辺等を計測を行う技術 (NETIS KT-220211-A) である。 取得した高精細カメラ画像と、3次元レーザ点群データからトンネル覆工面の展開画像を作成し、変状を検出することで、近接目視点検や打音検査を支援するデータ資料を作成する。			
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 吸音板 天井板 照明 ケーブル類 警報表示板 標識 その他附属物 はく落防止対策工 漏水対策工 排水施設 路肩及び路面		
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 変形 移動 鋼材腐食 巻厚の不足または減少 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断 緩み 脱落 亀裂 腐食 欠損		
	物理原理	技術が採用する 画像 技術が採用する 動画		

2. 基本諸元

計測機器の構成		画像撮影部(8Kエリアセンサカメラ・照明)と、レーザ計測部(高精度レーザ測距装置・GNSS/IMU)を移動車両と一体化させたもの	
移動装置	移動原理	【車両型】 ・内部機関を搭載した車両にて移動する ・交通規制を行うことなく計測可能	
	外形寸法・重量	【一体構造(移動装置+計測装置)】 ・長さ:5.33m ・幅:1.95m ・高さ:2.7m ・車両総重量:3,005kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	・動力源:内燃機関 ・燃料:ディーゼル ・定格出力:0.18kW	
	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	カメラ	【8Kエリアセンサカメラ】 ・センササイズ:スーパー35mm相当 単板CMOSイメージセンサ 24.546mm×13.824mm ・ピクセル数:7,680×4,320(33,177,600画素) ・焦点距離:使用レンズによる ・シャッタースピード:1/24~1/10,000 ・フレームレート:最大120fps
		パン・チルト機構	・水平:360° ・鉛直±60°
		角度記録・制御機構 機能	【可動式】 任意角度に設定可能
		測位機構	GNSS/IMU、オドメータ、レーザ計測
	耐久性	・画像撮影部:IP24(照明、8Kエリアセンサカメラには公式な防塵、防水等級なし) ・レーザ計測部:IP54(高精度レーザ測距装置)	
	動力	計測車両に搭載している発電機とUPSより給電	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	5時間程度(車両に搭載している発電機の定格負荷時・外気温:0℃~40℃)	
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	レーザ計測部:計測装置内部に保存 画像撮影部:車載しているデータ収録PCに保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	レーザ計測部:計測装置内部に保存 画像撮影部:通信方法…有線、通信規格…SDI12G×4本	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	専用記録装置から直接HDDへ保存 HDDはボリューム全体を暗号化	
	動力	発電機とUPSから給電	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	5時間程度(車両に搭載している発電機の定格負荷時・外気温:0℃~40℃)	

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	計測車両(長さ:5.33m、幅:1.95m、高さ:2.7m)が通過できるトンネル	・車線数に応じ複数回の走行が必要 ・道路付帯物が車両の走行に影響がないことを確認する必要がある ・トンネル断面形状が大きく変動する場合には、別途計測が必要 ・要求精度に合わせた車両速度にて計測する必要がある
適用可能なトンネルの最大寸法	車両から覆工表面まで10m程度以下	上記同様

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 65km/h未満 【標準試験値】 65km/h未満		【天候】 ・荒天対応不可、雨天時は現場判断 【トンネル内状態】 ・路面凍結・積雪対応不可 ・トンネル覆工面の凍結、過剰な漏水対応不可 ・走行経路が悪路(不陸が激しい等)などで、車両走行(ハンドル操作)が困難な場合、計測機器の測定値に影響が及ぶ可能性がある ・トンネル覆工面の形状が大きく変動する場合には、適切なレンズの選定・付け替えなどの作業が必要 【GNSS測位】 ・GNSS測位(計測開始・終了時)必須 【日照条件】 ・坑口付近等における日光により、画像の城飛び等が発生した場合、変状検出率が低下する
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 最小ひび割れ幅※:0.2mm、計測精度:未検証 (ひび割れの検出手順は画像処理性能の「検出手順」と同様) ※最小ひび割れ幅とは、技術で見ることができるひび割れの最小幅 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2021年 最小ひび割れ幅※:0.1mm 計測精度:0.297mm (ひび割れの検出手順は画像処理性能の「検出手順」と同様) ※最小ひび割れ幅とは、技術で見ることができるひび割れの最小幅		上記同様
	長さ計測精度(長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 縦断方向:未検証 走行方向:未検証 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2021年 縦断方向:0.39% ※1 走行方向:0.09% ※2 ※1:確認シート「長さ計測精度」 Δ °/05~06、12~13、21~22のL(A-B)、L(C-D)の「誤差率」平均値 ※2:確認シート「長さ計測精度」 Δ °/05~06、12~13、21~22のL(A-C)、L(B-D)の「誤差率」平均値		上記同様
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 縦断方向:未検証 走行方向:未検証 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2021年 縦断方向:0.025mm ※1 走行方向:0.002mm ※2 ※1:確認シート「位置精度」 Δ °/05~06、12~13、21~22のH(A)、H(B)、H(C)、H(D)の「誤差率」平均値 ※2:確認シート「長さ計測精度」 Δ °/05~06、12~13、21~22のW(A)、W(B)、W(C)、W(D)の「誤差率」平均値		上記同様
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 フルカラー識別可能 グレースケール識別可能 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2021年 フルカラー識別可能 グレースケール識別可能		上記同様

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する 2-2-148

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		自社開発ソフトウェアを組み込んだ解析用PCにて、以下の処理を行う。 ① 3次元点群データから覆工面の形状を考慮し、撮影した画像をつなぎ合わせる。(自動) ② 8K画像の色や形状と、3次元点群情報から各変状を抽出する。(自動) ③ 抽出した変状をベクトルデータに変換する。(自動) ④ ベクトルデータを目視にて編集する。(手動) 【トンネル条件】 ・延長500mトンネル ・2車線断面、歩道なし、附属物なし 【作業日数】 ・1次解析 約1日 ・画像合成 約4.5日 ・変状抽出 約6.5日 【算定条件】 ・変状はひび割れ・遊離石灰・漏水・うき・はく離とする ・附属物の背面等の不可視部対象外	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	モービルインスペクションシステムGT-8K オリジナルソフトウェア	
	検出可能な変状	ひび割れ、遊離石灰、漏水、うき・はく離、附属物	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	8K画像の色や形状からひび割れ候補箇所を抽出する。 さらに、検出された候補箇所を目視により編集することで精度を向上する。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	任意の画素分解能に変換した投影画像から、検出したひび割れの画素数×画素分解能により、幅、長さを計測する。
		ひびわれ以外	8K画像、3次元点群データの情報から、遊離石灰・漏水、うき・剥離、附属物を抽出する。 さらに、目視検出により検出精度を向上する。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—
		変状の描画方法	ラスタ、ベクトルデータ
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	TIFF、JPEG
		ファイル容量	1スパン(10mを想定)当たり約10GB※ ※画素分解能:0.1mm、カメラ台数計:6台時(片道3台×往復)
		カラー／白黒画像	カラー
		画素分解能	ひび割れ幅0.1mmを検出するには1mm/Pixel以下であることが必要
		その他留意事項	・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・日光の影響を受ける可能性のある坑口付近等は、場合によって変状検出率が低下する ・画像がぼやけている等、変状が明瞭ではない場合、変状検出率が低下する
	出力ファイル形式	TIFF、JPEG、SHP、DXF	
調書作成支援の手順		車載のカメラ収録PC上で下記の操作を行う。 ① 適応条件に記載の条件により画像データを取得する。 ② 点検調書の様式を自動作成し、覆工スパン番号、変状部位等を手動入力する。 ③ 変状位置に該当する画像を抽出し、点検調書の所定の項目に張り付けると共に、変状の種類、状況を記載する。 ④ 入力したデータを調書として保存する。	
調書作成支援の適用条件		・画像の解像度は0.3mm/Pixel以下となるように撮影する ・ひび割れの計測精度が「4. 計測性能—計測精度」と同等となるように撮影	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・使用する機器:カメラ収録用PC ・自社開発ソフトウェア ・クラウドサービス提供の有無:無	

6. 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	安全面への配慮	特になし	レーザはクラス1のものを使用しており、人体に影響はない。
	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	不要	交通規制は必要ないが、覆工表面に照明を当てながら計測するため、歩行者がいない状態での計測が望ましい。 また、計測途中に歩行者が通る場合は、車内の計測制御装置により照明装置のON／OFFを切り替え、影響が及ばないよう操作する。
	交通規制の範囲	不要	—
	現地への運搬方法	車両に搭載して運搬	—
	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	断面寸法変化のある区画では再計測が必要になる場合がある (非常駐車帯等により)	—
	その他	・カメラやレーザによる計測が不可能な箇所(照明設備やジェットファンの背面等)は点検対象外 ・計測、解析日数・金額はトンネルの状態(断面寸法の変化の有り無し等)や車線数等により変動する ・汚れや、すす等により変状が見えない場合、変状検出精度が低下する。	—

6. 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	社内基準	・社内におけるOJTを実施する
	必要構成人員数	車両運転者1名 作業オペレータ1名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	社内講習5日以上	—
	操作場所	トンネルの近場にGNSS衛星が十分に受信できるエリアが必要 車両内	—
	計測作業日数	■トンネル1本計測:2日 ■トンネル10本計測:6日	【トンネル条件】 ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・延長500mトンネル往復計測 ・2車線断面、歩道なし、附属物なし 【算定条件】 ・変状はひび割れ・遊離石灰・漏水・うき・はく離とする ・附属物の背面等の不可視部は対象外 ・近接目視点検、打音検査は含めない 【その他】 ・トンネル断面が大きく変動する、比較的類似しているトンネルを連続して撮影する等の状況により、計測・解析日数が変動する ・トンネルは関東周辺を想定。長距離移動を伴う場合、移動費(車両費、人件費、船舶による郵送費約20万等)を追加
	点検費用	■トンネル1本点検 ・外業:520,000円 ・内業:780,000円 ・直接経費:350,000円 ・総計:1,650,000円 ■トンネル10本点検 ・外業:3,250,000円 ・内業:10,000,000円 ・直接経費:4,500,000円 ・総計:17,750,000円	上記と同様
	保険の有無、保障範囲、費用	加入済み 保障範囲:対人、対物、車両、計測機器	—
	時間帯(夜間作業の可否)	特になし	—
	計測時の走行速度条件	80km/h以下	—
	渋滞時の計測可否	特になし	—
	設備等による死角条件	ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可	—
	車両から覆工表面までの距離条件	車両から覆工表面まで2m～10m程度	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	必要なし	—
	可搬性(寸法・重量)	自走	—
	自動制御の有無	無	—
	利用形態:リース等の入手性	すべて自社機材 点検サービス、業務請負	—
	関係機関への手続きの必要性	必要なし	—
	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:担当者による解析作業	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有(各センサメーカーによる原状復帰サポート)	—
	センシングデバイスの点検	日常点検、1年に一回のセンサメーカー点検	—
	その他	・トンネル入り口付近がGNSS衛星不感地帯となっている場合は計測困難 ・特許状況:取得中 ・気象条件:強雨、応接時の計測は不可	—

7. 図面



1. 基本事項

技術番号	TN010016-V0225		
技術名	光波測量機「KUMONOS」及びレーザースキャナを用いたトンネル調査技術		
技術バージョン	Ver.1	作成:	2021年10月
開発者	クモノスコーポレーション株式会社		
連絡先等	TEL: 072-749-1188	E-mail: eigyo-01@kumonos.co.jp	KUMONOS技術部 中庭幸太
現有台数・基地	KUMONOS:10台 TLS:10台	基地	大阪府箕面市、神奈川県川崎市、福岡県福岡市
技術概要	①当該技術の特徴 ・本技術は、遠方より対象物の変状の形状・ひび割れの幅を計測できる光波測量機「KUMONOS」(※1)と遠方より形状を計測できる地上型レーザースキャナ(以降TLS)計測を組み合わせることで、従来の目視点検に必要な仮設足場が不要となり、現場における点検とデータ解析が可能な技術である。 ※1. 光波測量機にクラックゲージを内蔵し、対象物及び損傷の形状・幅を遠方より非接触で計測し、自動図化(CAD化)できるシステム。 ・KUMONOS:コンクリート表面の損傷位置・寸法の計測、計測可能なひび割れ幅は0.1mm ・TLS:コンクリート表面の形状位置・寸法の計測、計測可能な形状位置・寸法は3mm ②計測結果の活用 現場ではまず、KUMONOS及びTLSで共通となる基準点を設置する。その後、KUMONOSでは変状箇所を1か所ずつ詳細に計測し、TLSは構造物の形状を計測する。 KUMONOSの計測結果は、専用ソフトで解析することで、トンネルの損傷を2次元及び3次元で自動的に図化することができる。TLSの計測結果は点群処理ソフトを用いることでトンネルの3次元形状が点群データとして取得できる他、点群データを設計値や過去の計測データと比較することで、トンネルの変位などの変状も計測することができる。 それぞれの計測データは同一の基準点をもとに計測していることから、TLSで計測した形状のデータとKUMONOSで計測した変状のデータを、3次元データ及び2次元の展開図として表現することができ、変状と変位を一つの図面として、一元的に把握することができるようになる。		
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 その他補修箇所 路肩及び路面 監査歩廊 坑門	
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ はく離 沈下 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断	
	物理原理	技術が採用する 画像	

2. 基本諸元

計測機器の構成			・本計測機器は、地上部に設置した計測装置のKUMONOS及びTLSを人力で移動し、レーザーで計測したデータを機械本体のSDカードに記録する。 使用しデータ収集装置は本体に行う 計測装置とデータ収集装置が一体化されている。移動は人力にて行うため一体化されていない。	
移動装置	移動原理		【人力】KUMONOS・TLS共に三脚に計測装置を設置し、人力にて計測箇所に移動する。	
	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		対象物及び損傷が直接目視確認できる地上部分に三脚を用いて機器 (KUMONOS及びTLS) を設置する。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・KUMONOS 最大外形寸法(高さ32.5cm×幅22.6cm×奥行20.3cm) 最大重量(4.8kg) ※設置用三脚を除く寸法 ・TLS 最大外形寸法 (高さ10.3cm×幅23cm×奥行18.3cm) 最大重量(4.2kg) ※設置用三脚を除く寸法	
	センシングデバイス	カメラ	[KUMONOS]なし [TLS]内蔵カメラ 約800万画素 によるパノラマ撮影	
		パン・チルト機構	[KUMONOS] ・水平0°～360° ・鉛直-30°～90° [TLS] ・水平0°～360° ・鉛直-60°～240°	
		角度記録・制御機構 機能	[KUMONOS] ・Laser Class 2A光波測量機(5")の性能に準ずる精度。 ・計測者が調整ねじを利用して直接制御をおこなう。 [TLS] ・Laser Class 1の性能に±2°内で精度19秒角。 ・本体プログラムにて計測エリアを指定し、駆動モーターによる自動制御	
		測位機構	[KUMONOS] ・KUMONOSにより基準点観測を行うことで任意の座標系における測位を行う。 [TLS] ・基準点上に基準球を設置し観測を行うことで任意の座標系における測位を行う。	
	耐久性		[KUMONOS] ・IP66 [TLS] ・IP54	
	動力		・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:11.1V、5.9Ah (KUMONOS)、25W(TLS)	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		[KUMONOS] ・連続稼働時間8時間 (外気温:-20度～55度) [TLS] ・連続稼働時間4.5時間 (外気温:-20度～55度)	
	データ収集・通信装置	設置方法		-
		外形寸法・重量 (分離構造の場合)		-
データ収集・記録機能		記録メディア (SDカード) に保存する		
通信規格 (データを伝送し保存する場合)		-		
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		-		
動力		バッテリーより供給		
データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)		-		

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	KUMONOS及びTLSが設置可能な範囲 ・最小所要空間寸法 幅1500mm × 高さ1500mm程度 (上記装置及び必要離隔を含んだ数値) ・道路幅員1500mm×高さ1500mm	機材が三脚にて設置できる高さ。 計測時に歩行者や車両が通行する場合は計測を中断する。 KUMONOSで直接ひび割れ幅を確認する場合は対象面から1500mm程度の離隔が必要。
適用可能なトンネルの最大寸法	KUMONOSとの離隔が45m以上になる場合は不可	0.2mmのひび割れを計測する場合、対象物までの距離が45m未満に設定

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	
		-		
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・最小ひび割れ幅0.007mm(器械から対象物までの距離が1.5mの場合) 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2021年 ・最小ひび割れ幅0.2mm(0.1mmのひび割れ幅をKUMONOSから目視で視認できる) ・誤差0.093mm(0.2mmのひび割れのみを対象とした検出精度) ・ひび割れ長さの最小単位:1mm ・ひび割れ幅の最小単位:0.1mm		【性能値】 デモクラックパネルを使用 【標準試験値】 照明により100ルクス以上を確保(検証時:100ルクス) 計測覆工面の状況:すす等でひび割れがおおわれていると、検出精度が低下する(検証時:汚れなし)
		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(2019) 実施年 2021年 ・周方向:0.14% ・進行方向:0.03%		
	位置精度	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(2019) 実施年 2021年 ・周方向:1mm ・進行方向:5mm		
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 フルカラー識別可能 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2021年 フルカラー識別可能		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		[KUMONOS] 1. KUMONOS及びTLS設置個所に必要な座標点を設置し測量プログラムで計測する。(手動) 2. 損傷及び形状を直視できる箇所にKUMONOSを設置する。(手動) 3. 目視にて形状を確認し、KUMONOS内蔵プログラムを用いて変化点を計測する。(手動) 4. 目視にてひび割れ・損傷を確認し、KUMONOS内蔵プログラムを用いて幅・形状を計測する。(手動) 5. 計測したデータをパソコンに保存し、KUMONOS専用解析ソフトを用いてCAD図化する。(自動) [TLS] 1. 損傷及び形状を直視できる箇所にTLSを設置する。(手動) 2. 基準球を座標点上に設置し、対象物の形状を計測する。(自動) 3. 計測データを点群処理ソフトにて処理し、3次元座標化する。(手動) 4. TLSデータの損傷位置座標を目視で確認し、座標値を抽出する。(手動) 5. KUMONOS専用解析ソフトを用いて図化する。(自動) 解析作業日数 [トンネル条件] ・延長500m ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面 [作業日数] ・画像合成(点群合成・サフリング) 2日 ・変状抽出 KUMONOS 5日 ・変状抽出 TLS 2日 ・CAD図化 2日	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	・自社開発KUMONOS解析図化ソフト ・市販CADソフト ・自社開発数量抽出ソフト ・市販点群処理ソフト	
	検出可能な変状	[KUMONOS] ・ひび割れ(幅および長さ)/はく落/漏水/遊離石灰/鉄筋露出 [TLS] ・段差/圧ざ/はく落/遊離石灰/鉄筋露出	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	-(目視による確認)
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅:KUMONOSで直接計測した幅 ・長さ:CAD上起終点及び変化点を人力で指定する ・長さ:数量抽出ソフトによりひび割れ長さを集計
		ひびわれ以外	-(目視による確認)
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	AI処理は行っていない
		変状の描画方法	・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	KUMONOS:なし TLS:FLS(点群生データ)
		ファイル容量	FLS ファイル1個当たり200MB程度(約4,200万点、分解能1/4、品質4Xの場合)
		カラー／白黒画像	カラー
		画素分解能	カラー点群
		その他留意事項	(TLSデータ確認に関する留意事項) ・PCスペック Windows10 メモリ16GB以上が必要(メモリ32GB以上を推奨) ・専用解析ソフトまたはビューワーが必要
	出力ファイル形式	三次元点群座標(ASC II e57 LAS) 図面情報(DXF DWG)	
調書作成支援の手順		本システムより出力した成果を活用し、調書作成を目的として、調書に貼り付けるために損傷図等を作成することができる。 <手順> ①適応条件に記載の条件により図面データを取得する。 ②調書の様式をパソコンに取り込み、パソコン上でCADデータの確認、操作が可能となるように調整する。 ③図面データをパソコンに取り込み、各編集ソフトを起動する。 ④調書の様式に従い、径間番号、部材名、要素番号を手動入力する。 ⑤損傷が映っている箇所を手動で抽出し、調書の所定の項目に張り付けるとともに、損傷の種類、その状況を旗揚げする。 ⑥調書に使用できる形式(JPEG等)で損傷図を変更し、保存する。	
調書作成支援の適用条件		適応条件に記載の条件により取得した図面データ及び点群データであること。	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・CADデータ編集用パソコン:OS Windows10 Pro ・CADソフト(市販ソフト) ・点群処理ソフト(市販ソフト) クラウドサービス提供の有無:無	

6. 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	安全面への配慮	・光波測量機が発射するレーザーを車・人等に向けない。 ・機材設置場所をカラーコーン等で明示する。	
	無線等使用における混線等対策	-	
	交通規制の要否	・歩行者等の立入禁止措置は不要。	
	交通規制の範囲	-	
	現地への運搬方法	・人による運搬 ・車両に搭載して運搬	
	トンネル延長の制約	特になし	
	車線数の制約	運搬車両で調査場所に乗り込む場合は規制が必要	
	断面形状の制約	機材が設置できるサイズ	
	その他	汚れ、すす等がある場合の作業の可否:可	汚れ、すす等の下にひび割れ等の損傷が確認できる場合は計測可 ノンプリズムレーザーが反射する場合は計測可

6. 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	TLS及びKUMONOSの操作技術 クモノス技術者検定(レベル1)の受講 クモノス技術者検定(レベル2)の受講	
	必要構成人員数	最低必要人員は1名。 KUMONOSとTLSを同時に使用する場合は2名。	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	クモノス技術者検定(レベル1)の受講 クモノス技術者検定(レベル2)の受講	
	操作場所	作業ヤードは不要。車両にて機材を運搬する場合は運搬車両の駐車スペースが必要。	
	計測作業日数	計測作業日数 [トンネル条件] ・延長500m ・ひび割れ密度0.3m/㎡ ・2車線断面, 歩道なし, 照明あり ・2車線断面 [作業日数] ・計測作業8日/本 ・計測作業80日/10本 [日数算定上の条件] ・変状はひび割れのみ ・附属物の背面などの不可視部なし ・本技術を単独で利用した場合 ※現場状況により作業日数が変化します。	【参考】新技術活用による作業日数 1日(延長100mの場合) [トンネル条件] ・延長100m ・ひび割れ密度0.3m/㎡ ・2車線断面, 歩道あり, 照明あり ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし [作業日数] ・計測作業2日/本 [日数算定上の条件] ・変状はひび割れのみ ・附属物の背面などの不可視部なし ・本技術を単独で利用した場合 ※現場状況により作業日数が変化します。
	点検費用	[トンネル条件] ・延長500m ・ひび割れ密度0.3m/㎡ ・2車線断面, 歩道なし, 照明あり ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし [費用] ・新技術活用による費用 外業約120万円 内業130万円 [費用算定上の条件] ・変状はひび割れのみ ・附属物の背面などの不可視部なし ・本技術を単独で利用した場合 ・諸経費・交通費は別途 ※現場状況により費用が変化します。	【参考】新技術活用による作業日数 1日(延長100mの場合) [トンネル条件] ・延長100m ・ひび割れ密度0.3m/㎡ ・2車線断面, 歩道あり, 照明あり ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし [費用] ・新技術活用による費用 外業約26万円 内業19万円 [費用算定上の条件] ・変状はひび割れのみ ・附属物の背面などの不可視部なし ・本技術を単独で利用した場合 ・諸経費・交通費は別途 ※現場状況により費用が変化します。
	保険の有無、保障範囲、費用	・任意で加入する。	
	時間帯(夜間作業の可否)	特になし(夜間作業は可)	
	計測時の走行速度条件	人力のため走行しない。	
	渋滞時の計測可否	車両が計測の妨げになる場合は計測不可	
	設備等による死角条件	ジェットファン、照明等の附属物の背面は計測不可	
	車両から覆工表面までの距離条件	-	
	トンネル内照明の消灯の必要性	照明の強さにより消灯の必要あり	
	可搬性(寸法・重量)	特になし	
	自動制御の有無	無	
	利用形態:リース等の入手性	1. KUMONOS技術者が現地計測 2. 購入 3. レンタル(自社にて対応)	
	関係機関への手続きの必要性	・必要なし ・交通規制を行う場合、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KUMONOS解析・市販点群処理ソフト・市販図化ソフトを使用 ・必要作業: 担当者による解析作業 ・費用: 購入の場合、市販点群処理ソフト約150万円、市販図化ソフト約40万円が必要。 ※年間保守料、技術指導料等を除く	2-2-159

	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制有。 計測サポート・成果作成サポート体制を社内にて構築している。 但し、弊社から購入・レンタルした企業に限る。	
	センシングデバイスの点検	測量機器の校正点検を1回/年実施する	
	その他	特許状況 ・特許第3996946号 気象条件 ・降雨・降雪により対象面が直接目視できない場合は計測不可 ・漏水・湧水等により対象面からレーザーが反射できない場合は計測不可。 作業条件 ・振動のない地面に機材に設置が必要。 ・足場や高所作業車への機材設置は不可。	

7. 図面

KUMONOS機材



TLS機材



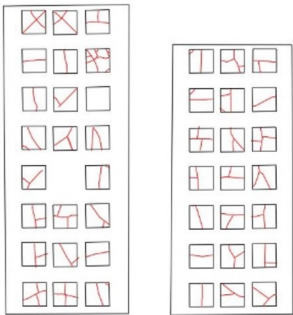
KUMONOS計測状況



TLS計測状況



KUMONOS計測結果



TLS計測結果



1. 基本事項

技術番号		TN010017-V0123			
技術名		軽車両搭載型トンネル点検支援システム(MIMM-S)			
技術バージョン		なし		作成:	2023年 3月
開発者		計測検査株式会社			
連絡先等		TEL:	093-642-8231	E-mail:	kkeigyo@keisokukensa.co.jp 営業部
現有台数・基地		1台		基地	福岡県北九州市八幡西区
技術概要		動画撮影に特化したデジタルカメラ及び高精度レーザー計測システムを軽車両等に搭載し、トンネル覆工表面ひび割れや漏水等の変状とトンネル断面形状を計測する。計測結果により覆工壁面展開画像及び変状展開図を作成することで、チョーキングや変状位置を正確に把握することが出来る。また本計測装置は分解・組換が可能であることから、フィールドに応じて手押し式台車や軽便トロへの搭載も可能となっている。			
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 吸音板 天井板 ケーブル類 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所 排水施設 路肩及び路面 監査歩廊			
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断			
	物理原理	技術が採用する 画像 技術が採用する 動画			

2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測装置は、撮影角度を手動で調整可能なパノラマ雲台、交換式レンズを備えた本体収録式デジタルカメラ、照明用のLEDからなる画像撮影部と、高精度レーザースキャナ・IMU・LDV等で構成される高精度レーザー計測部で構成される。装置一式は分解・組換が可能なことから、用途に応じて軽車両、台車、軽便トロ等に搭載することが可能となっている。また高精度レーザースキャナに関してはPentax S-2100(Z+F PROFILER 9012)を使用し、100万点/秒、回転数最大200回/秒の性能を備える。	
移動装置	移動原理	【車両型】 ・内燃機関を搭載した車両にて移動する。 ・車両に設置し、一般車両に混じって交通規制を行うことなく通常走行しながら計測を行うことが可能。 【人力】 ・台車等に設置し、人力で運用することも可能。	
	外形寸法・重量	・分離構造 【軽車両型】 ・最大外形寸法(長さ3.4m×幅1.5m×高さ1.8m) ・最大重量(1.2t) 【台車型】 ・最大外形寸法(長さ1.0m×幅1.0m×高さ1.0m) ・最大重量(50kg)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	【軽車両型】 ・最大外形寸法(長さ1.9m×幅1.4m×高さ2.0m) ・最大重量(350kg) 【台車型】 ・最大外形寸法(長さ0.9m×幅0.9m×高さ2.0m) ・最大重量(100kg)	
	動力	・動力源:内燃機関(車両搭載時)、人力(台車搭載時) ・燃料:ディーゼル	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	移動装置としては連続稼働時間の制限は特になし	
	設置方法	・分離可能構造 ・車両後方に設置された計測システムは車両本体とラッシングベルトにより締結、分離時はラッシングベルトを取り外し分解作業を行う。	
計測装置	外形寸法・重量(分離構造の場合)		・計測システム(分離可能) ・外形寸法 長さ1.0m×幅1.0m×高さ1.5m ・重量 0.1t
	センシングデバイス	カメラ	【デジタルカメラ】 ・センサーサイズ 4/3型Live MOS センサー(17.2mm×13mm) ・ピクセル数 3840×2160 (1920×1080にも対応可) ・焦点距離 レンズ交換式により広角～望遠まで対応可能 ・シャッタースピード 1/500～1/10,000(走行速度により変動) ・動画フレームレート 60 fps
		パン・チルト機構	・水平(パン方向) 360度 ・鉛直(チルト方向) 使用雲台をパノラマ→自由雲台変換時にのみ±45度程度対応可能
		角度記録・制御機構 機能	・デジタル角度計を使用し、手動にて任意角度に調整可能
		測位機構	レーザー計測、IMU、オドメータ距離計
	耐久性		・デジタルカメラ:防塵防滴機能あり ※レンズ交換式カメラのためIP規格外、LED照明:公式な防塵、防水等級なし ・測位のためのレーザ計測装置:レーザースキャナー部 IP54
	動力		・カメラ計測装置 カメラ用バッテリーを使用する。 ・測位のためのレーザ計測装置 ポータブルバッテリーを使用する。
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		・カメラ計測装置は、2時間程度(外気温:0～40℃) ・測位のためのレーザースキャナーは、バッテリー給電であり連続稼働時間は2時間程度であるが、計測に合わせ断続的に計測するため、通常4時間程度の使用が可能。(外気温:0～40℃)
データ収集・通信装置	設置方法		・分離可能構造 ・車両後方に設置された計測システムは車両本体とラッシングベルトにより締結、分離時はラッシングベルトを取り外し分解作業を行う。
	外形寸法・重量(分離構造の場合)		・計測システム(分離可能) ・外形寸法 長さ1.0m×幅1.0m×高さ1.5m ・重量 0.1t
	データ収集・記録機能		画像撮影部:カメラ本体の記録媒体(SDXC)に収録及び記録 レーザー計測部:計測装置内部に保存
	通信規格(データを伝送し保存する場合)		—
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		—
	動力		・機器に搭載されたバッテリー及びポータブルバッテリーを使用
	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	【軽車両型】 ・幅2.5m 高さ2.5m 以上 【台車型】 ・幅2.0m 高さ2.0m 以上	・複数回走行が必要な場合がある。 ・照明や標識等の付帯物が走行に支障の無い事を確認する必要がある。
適用可能なトンネルの最大寸法	・幅、高さ6.0m以下	・カメラからの直線距離が1.5m～5.0m以内推奨 ・車線数に応じ複数回走行が必要 ・照明や標識等の付帯物が走行に支障の無い事を確認する必要がある。

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・40km/h程度以下 【標準試験値】 ・検証時40km/hで走行		※【条件は下記の各性能も共通】 【天候】 降雨時はレンズに付いた水滴により鮮明な画像が撮影できないため不可。 【路面状態】 舗装状態が望ましい。整地されていれば未舗装でも対応可能(車両揺れが激しい(大きい)場合、覆工壁面に対する被写体距離と角度が大きく変化するため画質が劣る可能性があるため)。 【レーザー計測】 IMUの初期静止及び終了静止が必要 【日照条件】 TN坑口に太陽光が差し込んだ場合、ハレーションによる精度低下の可能性あり
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2019) 実施年 2022年 【性能値】 ・最小ひび割れ幅の検出分解能は0.3mm程度 ・ひび割れ幅の検出は0.5mm刻み程度で運用 【標準試験値】 ・最小ひび割れ幅0.2mm (0.2mmのひび割れを画像で視認出来る) ・計測精度0.327mm		上記同様
	長さ計測精度(長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2019) 実施年 2022年 【性能値】 ・1%以下(補正後50mm程度) 【標準試験値】 ・平均誤差率1.97% ※性能確認シートL(A-B)、L(C-D)、L(A-C)、L(B-D)誤差率の平均値		上記同様 【性能値】 ・画像とレーザ点群を重畳させ変状長さ精度を向上
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2019) 実施年 2022年 【性能値】 ・50mm程度以下(補正後) 【標準試験値】 ・42mm程度以下 ※性能確認シートL(O-A)、L(O-B)、L(O-C)、L(O-D)実測との差の平均値		上記同様 【性能値】 ・画像とレーザ一点群を重畳させ変状長さ精度を向上
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2019) 実施年 2022年 【性能値】 ・フルカラー識別可能 【標準試験値】 ・フルカラー識別可能		上記同様

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		【変状検出手順】 ①撮影した画像を部位ごとに合成する。(自動・調整は一部手動) ②ひび割れ・漏水やはく落跡等の変状を、合成画像から抽出する。(手動) ③ひび割れ幅は、ひび割れ幅自動分類ソフトを使用する。(自動) ④最大ひび割れ幅に変換する。(自動) ⑤変状展開図を作成し、DWG等のCADファイルへ出力する。(手動) 【解析作業日数】 以下の条件の場合の標準的な作業日数 【トンネル条件】 ・延長500m ・ひび割れ密度0.3m/m2 ・2車線断面 【作業日数】 ・画像合成 5～7日 ※覆工状況による ・変状抽出 5～7日 ※覆工状況による	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・ひび割れ幅自動分類ソフトHALCON(ライブラリ使用での自社開発)	
	検出可能な変状	・ひび割れ(幅、長さ)、漏水、遊離石灰、はく落跡、その他目視により確認出来るもの	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・ひび割れ自動抽出ソフト(HALCON)により、コンクリート面とひび割れのピクセルの輝度値から、ひび割れを自動抽出し、ひび割れ幅を検出する。(ひび割れ以外は、手動検出) さらに現地でのひび割れ実測結果及び現地計測時の校正板写真等を参考にすることで精度を向上する。 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ:デジタルカメラ(動画モード) 2) 撮影設定:絞り優先設定 3) ISO感度:ISO6400以下 4) ラップ率:オーバーラップ 30%、サイドラップ 30% 5) 画質:1.5mm/pix以上 6) 画質フォーマット:JPEG、TIFF、PNG、BMPなど
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・ひび割れ幅:HALCONによりピクセルの輝度値から、ひび割れ幅を検出する(1.0mm/pixの分解能であるが、輝度使用により0.3mm程度以上のひび割れ幅の検出が可能) ・ひび割れの検出レイヤ:(0.3mm未満, 0.3～0.5, 0.5～1.0, 1.0～2.0, 2.0～3.0, 3.0以上を基本としたレイヤカスタマイズ可能) ・ひび割れ長さ:ひび割れをポリラインに変換し、長さを確認する。ひび割れ位置、長さはレーザによる位置座標から算出している。
		ひびわれ以外	【漏水、遊離石灰、はく落跡、鉄筋露出、ジャンカ、コールドジョイント、照明、JFなど】 ・画像から手動にて抽出する。うきについては、近接目視、打音検査の結果及びチョーキングを参考にする。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—
		変状の描画方法	検出した変状の描画方法(ポリライン、ポリゴン、点群データ等)を記載する。 (記載例) ・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG、TIFF、PNG、BMPなど
		ファイル容量	50MB～200MB程度/1スパン
		カラー／白黒画像	カラー
		画素分解能	ひび割れ幅0.3mmを検出するためには1.5mm/Pixel以下であることが必要
		その他留意事項	・トンネル覆工表面全周画像を対象とし、スパン単位で合成した見下げの展開画像とする(見上げも可) ・画像の歪み、あおり、台形などを補正し、壁面に正対した画像とする ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・覆工面の煤、漏水、遊離石灰によりひび割れが不可視の場合は、ひび割れの検出が困難
	出力ファイル形式	【汎用ファイル形式の場合】 JPEG／DWG等 【クラウドサービス提供の有無】 無し	
調書作成支援の手順		①MIMM,MIMM-Sにてトンネルを撮影し、画像データを取得する。 ②取得した画像データから、撮影展開画像を作成する。 ③作成した撮影展開画像にて、変状展開図の作成を行う。 ④変状展開図と撮影展開画像の情報をリンクし、撮影展開画像から変状部分の画像を切り取り、変状写真を作成する。 ⑤変状展開図より、各変状の調書入力可能箇所を変状リストに出力する。 ⑥調書に変状写真・変状リストを自動で貼り付けて出力する。 ※【R3年度申請中】MIMMによるトンネル台帳支援「MIMM台帳」	

調書作成支援の適用条件	・MIMM、MIMM-Sでトンネル撮影計測すること(レーザー計測は任意)。 ・MIMM、MIMM-Sがトンネル内を走行できる状態にあること。 ・被写体に対して正対して撮影すること。 ・調書が最新の国交省仕様(yobo6_2)であること。 ※【R3年度申請中】MIMMによるトンネル台帳支援「MIMM台帳」
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・「MIMM台帳 Ver1.00」(自社開発ソフト) ※【R3年度申請中】MIMMによるトンネル台帳支援「MIMM台帳」

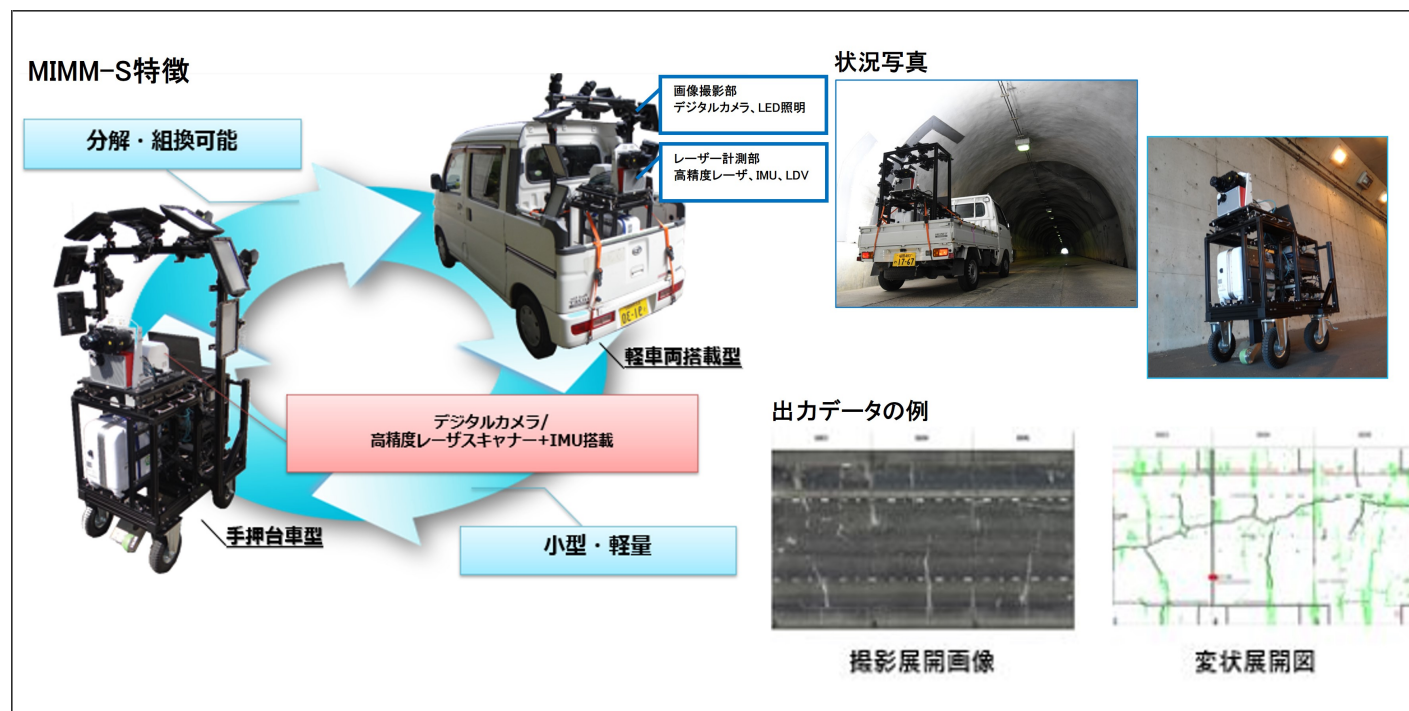
6. 留意事項(その1)

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	安全面への配慮	・特になし ・測位に使用するレーザーはクラス1であり、人体に影響はない。	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	不要	—
	交通規制の範囲	—	—
	現地への運搬方法	・車両に搭載して運搬	—
	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	・断面形状変化区間は別途調整後、再計測が必要な場合あり	—
	その他	【汚れ、すす等がある場合の作業の可否】 ・すすが固着して非透過の場合は撮影不能 ・汚れ及びすす等により変状が見えない場合、変状検出精度が低下する。	【作業条件・運用条件】 ・交通規制が不要であるため、原則として事前の関係機関への申請等手続きは不要。 ・照明設備やジェットファン、内装板の背面など計測車両から物理的に視野が確保できない覆工表面の走行型画像計測はできない。

6. 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	社内基準	—
	必要構成人員数	車両運転者1名 作業オペレータ1～2名	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・社内講習必要	—
	操作場所	・準備用の作業場所が必要(10m×10m程度) ・走行前に車両外にて操作を行う。	—
	計測作業日数	・トンネル(500m)1本計測:1日 ・トンネル(500m)10本計測:2～3日 ※特記事項参照	【トンネル条件】 ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・延長500mトンネル往復計測 ・2車線断面、歩道なし、附属物なし 【算定条件】 ・変状はひび割れ・遊離石灰・漏水・うき・はく離とする ・附属物の背面等の不可視部は対象外 ・近接目視点検、打音検査は含めない 【その他】 ・対象トンネル間の位置関係、断面形状によって作業日数は変動する。 ・同一路線及び同一形状であれば連続的に計測を行うことが可能。
	点検費用	現場計測費用 ・現地までの燃料費、交通費(高速道路、フェリー等) ・車両損料 250,000円/日 ・計測費 100,000円/日+機器レンタル費用 ・解析費 1,100,000円/km ※日数については上記計測作業日数を参照	上記と同様 【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・人力による点検前のスクリーニング ・スケッチ作業の代替 ・人力による近接目視点検の代替
	保険の有無、保障範囲、費用	・加入済み、保証範囲:人+自転車+車、保証金額:無制限	—
	時間帯(夜間作業の可否)	・特になし(夜間作業は可)	—
	計測時の走行速度条件	・40km/h程度以下	—
	渋滞時の計測可否	・特になし	—
	設備等による死角条件	・ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可	—
	車両から覆工表面までの距離条件	・5m程度以内	—
	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)	下記容量へ複数分離し可搬可能 ・寸法 長さ1.0m×幅1.0m×高さ1.0m × 複数個 ・重量15kg × 複数個	—
	自動制御の有無	無	—
	利用形態:リース等の入手性	・業務委託にて対応	—
	関係機関への手続きの必要性	・必要なし	—
	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 ・必要作業:担当者による解析作業 ・上記計測費に含む	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有	—
	センシングデバイスの点検	・日常点検 ・毎年定期調整を実施	—
	その他	【特許状況】 ・特になし 【気象条件】 ・1mm/h以上の降雨時の計測は不可 【作業条件】 ・特になし	—

7. 図面



1. 基本事項

技術番号		TN010018-V0225			
技術名		360度カメラ撮影による定期点検支援技術			
技術バージョン		Ver.01		作成:	2023年 3月
開発者		一般社団法人 先端インフラメンテナンス研究所 京都大学 成長戦略本部 インフラ先端技術産学共同研究部門			
連絡先等		TEL:	06-6367-2310	E-mail:	ogura.nori@atim.or.jp (一社)先端インフラメンテナンス研究所 小椋紀彦
現有台数・基地		5台		基地	大阪府大阪市北区西天満
技術概要		全方位を撮影できる360度カメラで構造物全体を一括で撮影し、撮影データを元に自動で3次元の点群データに変換、かつ任意の位置での撮影写真を自由に確認することができる。また、点群データ上に損傷箇所をマークすることで点検調書の自動作成が可能であり、点検から調書作成までの作業を省力化できる。なお、データベース上では、既往の調査を経年保存できる機能を有している。			
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 天井板 その他附属物 排水施設 路肩及び路面 坑門			
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 変形 移動 沈下 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断 腐食			
	物理原理	技術が採用する 画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成		本手法で計測に使用する機器は、360度カメラのみである。360度カメラで撮影した動画をクラウドサーバーにアップロードし、画像解析はアップロード先のサーバーで行う。 ・360度カメラ ・データ転送用端末(ノートパソコン or タブレット端末)	
移動装置	移動原理	【人力】 ・計測者が360度カメラを保持して撮影する。	
	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	・設置なし(計測者が保持する)	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・最大外形寸法(長さ110mm×幅45mm×高さ30mm)、最大重量(150kgf)	
	センシングデバイス	カメラ	・深圳嵐ビジョン社製カメラ Insta360 ONE X2 ・深圳嵐ビジョン社製カメラ Insta360 ONE X3 ・深圳嵐ビジョン社製カメラ Insta360 ONE X4 ・動画解像度 5.7K@30/25/24fps、4K@50/30fps、3K@100fps ※360度撮影をできるものなら他製品でも適用可能
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構 機能	・6軸ジャイロ
		測位機構	-
	耐久性	・IPX8(防塵等級はメーカー規格ではIP規格適用外、実績値としてはIP4X相当)	
	動力	・カメラに内蔵されたバッテリーを使用	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・最大80分間(5.7K@30fps)	
	設置方法	-	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
データ収集・通信装置	データ収集・記録機能	・動画はmicroSDカードに保存	
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	-	
	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	・最小所要空間寸法 幅500mm × 高さ500mm程度(人が侵入できる広さ)	-
適用可能なトンネルの最大寸法	・360度カメラと構造物(被写体)との距離が1.0m以上になる場合は、計測性能が低下する。	・延長用の棒を使用してカメラと構造物の距離を近づけることで、計測性能を向上させることができる。

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	有	
		・1.0m/s程度		・徒歩による計測を想定
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2019) 実施年 2021年 ・最小ひび割れ幅 0.2mm(0.2mmのひび割れを画像で視認できる) ・計測精度 0.7mm(1.0mm以下のひび割れのみを対象とした検出精度) (ひび割れの検出手順は画像処理性能の「検出手順」と同様) ・吹付けコンクリート面での計測も可		・撮影速度1.0m/s以下(検証時:1.0m/s) ・撮影距離1.5m
		性能確認シートの有無 ※	有	
	長さ計測精度(長さの相対誤差)	標準試験方法(2019) 実施年 2021年 ・縦断方向:1.83% ・進行方向:1.97%		・撮影速度1.0m/s以下(検証時:1.0m/s) ・撮影距離1.5m
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
		-		-
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2019) 実施年 2021年 ・フルカラー識別可能		-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		【手順】 ①撮影した動画をクラウドサーバーにアップロードする。(手動) ②動画を撮影時間、角度毎に分割して静止画像化する。(自動) ③画像を正射変換し、オルソ画像とする。(自動) ④オルソ画像を用いて写真測量法により3次元情報を取得し、3次元点群データを作成する。(自動) ⑤写真測量に使用したオルソ画像は点群データとリンクされ、点群データ上で同位置を指定することで、閲覧が可能となる。(自動) ⑥オルソ画像を確認して損傷をプロットする。(手動) ⑦変状データは、抽出に使用したオルソ画層と同様に点群データとリンクされ、位置情報が付与される。(自動) 【解析作業日数】 【トンネル条件】 ・延長500m ・ひび割れ密度0.3m/m2 【作業日数】 ・点群データ化 1日 ・変状抽出 2日 ・調書様式作成 1日	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	-	
	検出可能な変状	圧ざ、ひび割れ、段差／うき・はく離、はく落／打継ぎ目の目地切れ、段差／変形、移動、沈下／鉄筋の露出／漏水、土砂流出、遊離石灰、つらら、側氷／豆板やコールジョイント部のうき・はく離、はく落／補修材のうき・はく離、はく落、腐食／補強材のうき・はく離、変形、たわみ、はく落、腐食／鋼材の腐食 ※ただし、画像で確認できるものに限る。	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	人力による抽出 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ:360度カメラ 2) 撮影設定:5.7K動画あるいはハイパーラップス撮影
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅:オルソ画像よりひび割れを抽出し、オルソ画像とリンクされた点群データ上でひび割れ幅を計測 ・長さ:オルソ画像よりひび割れを抽出し、オルソ画像とリンクされた点群データ上でひび割れ長さを計測
		ひびわれ以外	・人力による抽出
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	-
		変状の描画方法	・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	INSV
		ファイル容量	制限なし
		カラー／白黒画像	カラー
		画素分解能	・5.7K動画あるいはハイパーラップス撮影
		その他留意事項	・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・覆工面が煤により汚れている場合は、ひび割れの検出が困難
出力ファイル形式	【専用ファイル形式】 クラウドサーバーで管理するため、動画や3次元点群データの出力は行えない。 ※調書様式のエクセルデータは出力可能		
調書作成支援の手順		①変状検出手順に従って、変状を検出する。 ②変状データとリンクされた各データより、自動で3次元点群データを用いた損傷図とオルソ画像を用いた損傷写真帳がエクセルデータとして出力される。 ③それぞれのデータを定期点検記録様式(B、D-2)、様式(そのD-1)に活用することで、調書作成作業を省力化できる。	
調書作成支援の適用条件		・撮影距離1.0m ・撮影速度1.0m/s ・5.7K動画あるいはハイパーラップス撮影 ・動画データをクラウドサーバーにアップロードするため、大容量データを通信できるインターネット環境が整っている方が望ましい。	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・撮影動画データのアップロード:OS Windows10以降、ブラウザ Chrome ・点検調書データのダウンロード:OS Windows10以降、ブラウザ Chrome 【クラウドサービス提供の有無】 撮影動画データアップロード後の作業およびデータ管理は全てクラウドサーバー上で行う。	

6. 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	安全面への配慮	・特になし	-
	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	・不要	-
	交通規制の範囲	・不要	-
	現地への運搬方法	・人による運搬	-
	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	・特になし	-
	その他	・光量が確保できない暗所、夜間の場合は照明が必要	-

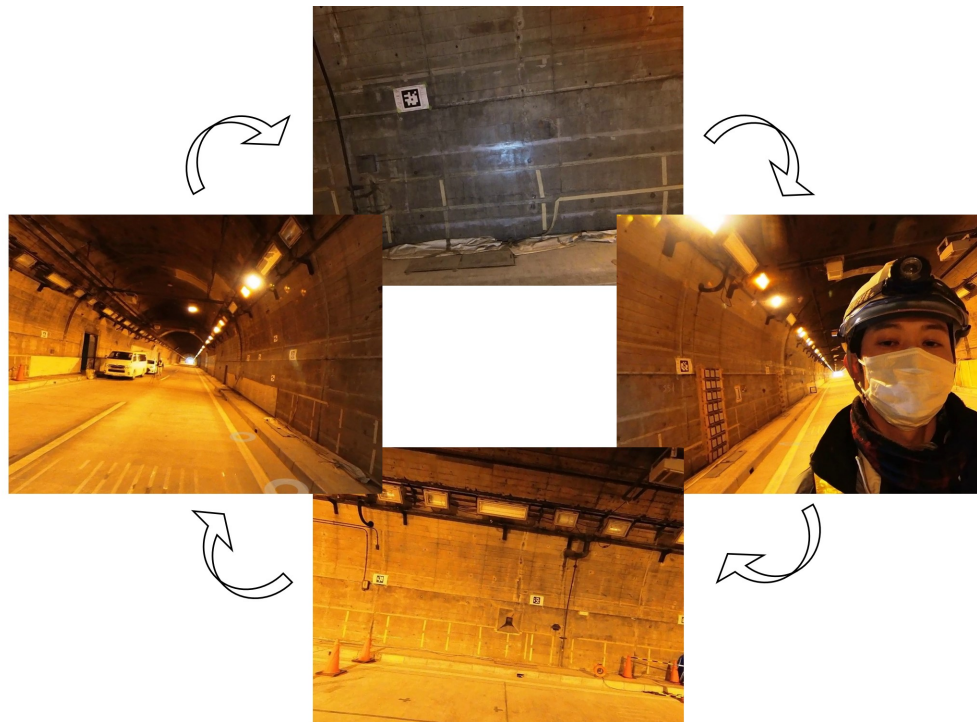
6. 留意事項(その2)

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	・トンネル点検に精通するもの	-
	必要構成人員数	・現場責任者1人、計測者1人、合計2名	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・無	-
	操作場所	・不要	-
	計測作業日数	[トンネル条件] ・延長500mのトンネル1本のみ計測の場合 ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面、歩道なし ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし [作業日数] ・従来の人力点検による作業日数 外業作業4日、内業作業8日 ・新技術活用による作業日数 外業作業1日、内業作業3日	・従来の人力点検は昼間作業、2日間徒歩・規制無し、2日間高所作業車使用・規制有を想定 ・新技術は昼間・夜間作業どちらでも1日間徒歩・規制無しで外業作業を完了可能
	点検費用	[トンネル条件] ・延長500mのトンネル1本のみ計測の場合 ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面、歩道なし ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし [作業日数] ・従来の人力点検による作業費用 外業作業100万円、内業作業30万円 ・新技術活用による作業費用 外業作業20万円、内業作業80万円	・従来の人力点検は高所作業車・規制費用を含む。諸経費は除く 【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・人力点検(徒歩および作業車使用)の代替
	保険の有無、保障範囲、費用	・加入していない	-
	時間帯(夜間作業の可否)	・特になし	-
	計測時の走行速度条件	-	・車両を使用しての計測は想定していない(徒歩による計測を想定) ・計測速度
	渋滞時の計測可否	・特になし	-
	設備等による死角条件	・ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可	-
	車両から覆工表面までの距離条件	-	・車両を使用しての計測は想定していない(徒歩による計測を想定) ・360度カメラと構造物(被写体)との距離が1.0m以上になる場合は、計測性能が低下する。
	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)	・特になし	-
	自動制御の有無	・無	-
	利用形態:リース等の入手性	・購入品のみ	-
	関係機関への手続きの必要性	・必要なし	-
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・無	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・無	-
	センシングデバイスの点検	・特になし	-
	その他	【特許状況】 ・特になし 【気象条件】 ・特になし 【作業条件】 ・特になし 【適用できない(適用できなかった)条件等】 ・特になし	-

7. 図面



360度カメラ



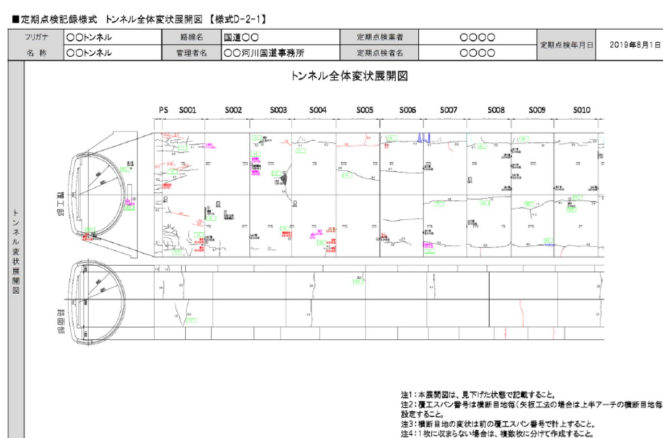
360度画像



3次元点群データ



点検調書



1. 基本事項

技術番号		TN010019-V0225			
技術名		損傷自動検出技術 C2finder(ひび割れ・遊離石灰)			
技術バージョン		Ver.1.0		作成:	2024年 3月
開発者		テクノハイウェイ株式会社			
連絡先等		TEL: 029-879-5401	E-mail: c2finder@technohighway.co.jp	研究開発部 永見武司、小林裕之	
現有台数・基地		無制限	基地	茨城県つくば市	
技術概要		本技術は、対象を撮影した画像からひび割れおよび遊離石灰を同時あるいは個別に検出し、その形状および位置とともに、ひび割れの幅・長さおよび遊離石灰の面積を出力する技術である。撮影に用いるカメラは、市販のデジタルカメラやドローン搭載カメラ等を想定している。 検出結果は、JPEG画像のほか、検出した劣化損傷の形状および数値を収録したCADデータ(DXF、SXF、SVG)、ひび割れ幅ごとの総延長および本数を集計したCSVデータに出力する。 利用は、Webブラウザを用いる方法と、利用者のプログラムから呼び出す方法、タブレットPCに搭載した独自アプリを用いる方法がある。  入力画像 検出結果			
技術区分	対象部位	覆工天端 その他覆工面 天井板 坑門			
	損傷の種類	ひび割れ			
	物理原理	技術が採用する 画像			

2. 基本諸元

計測機器の構成		画像データを対象としたWebサービスであり、主に下記の機器での利用を想定している。 撮影装置: 一般的なデジタルカメラのほか、検査車両、ドローンに搭載されたカメラ。 通信装置: 撮影した画像をクラウドサービスへアップロードし結果をダウンロードするためのノートPCやタブレットPC。	
移動装置	移動原理	-	
	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	-	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-	
	センシングデバイス	カメラ	一般的なデジタルカメラであれば利用可能である。カメラやレンズによって、撮影可能な点検対象の大きさ、検出すべき劣化損傷の細かさ、照明条件、撮影距離を調整する必要がある。ドローンや点検車両等による撮影は、技術マニュアルに記載した適用条件との整合を確認すること。
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	-	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-	
データ収集・通信装置	設置方法	-	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	撮影したJPG画像をインターネットを通じてWebサイト (https://mihari.net) へ伝送する	
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	・通信方法 有線LAN、LTE、WiFi ・通信規格 HTTPS	
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	・プロトコル SSL/TLS ・認証方式 OpenID準拠、一時的発行トークンによるアクセス方式	
	動力	-	
	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	-	-
適用可能なトンネルの最大寸法	-	-

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	
		-	-	-
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2024) 実施年 2024年 '性能確認シートはひび割れのみ。 遊離石灰の検出は、開発者が実橋を対象に撮影したサンプルによる。		【性能値】 1. ひび割れ (1) 標準試験 施工技術総合研究所テストピースによる試験(性能確認シート参照のこと)。 撮影カメラは①高解像度カメラ、②一般的なミラーレスカメラ、③工事監理用コンパクトデジタルカメラ、④アクションカメラからそれぞれ1機種ずつ(下記)を使用した。 ①高解像度カメラ カメラ:SONY ILX-LR1 レンズ:FE 24-70mm F2.8 GM 絞り:f4.0 画像サイズ:9504×6336 ②一般的なミラーレスカメラ カメラ:Olympus OM-D EM-5MarkII レンズ:M.ZUIKO DIGITAL 40-150mm F2.8 絞り:f4.0 画像サイズ:4608×3456 ③工事管理用コンパクトデジタルカメラ カメラ:Olympus TG-4 フルオートモード(iAUTOモード) 画像サイズ:4608×3456 ④アクションカメラ カメラ:GoPro HERO 12 リニアモード 画像サイズ:5568×4872 共通設定: シャッター速度:自動 フォーカス:自動 ISO感度:自動 ホワイトバランス:自動 ○ ひび割れ幅計測精度は下記式を用いて計算したE (mm) $E=\sqrt{((x_1-\alpha)^2+\cdots+(x_n-\alpha)^2)/n}$ 2. 遊離石灰 「7. 図面」に掲載した遊離石灰撮影画像5枚について、技術者が遊離石灰として塗りつぶしたデータ(正解データ)と本技術での検出結果(検出データ)を比較し、面積比で正答率(accuracy)、再現率(recall)、適合率(precision)を算出した。 正解率=(TP+TN)/(TP+FP+TN+FN) 適合率=TP/(TP+FP) 再現率=TP/(TP+FN) TP:真陽性、TN:真陰性、FP:偽陽性、FN:偽陰性
		'【性能値】 ひび割れ (1) 標準試験 ・ ひび割れ幅 0.1mm 計測精度 0.07mm ・ ひび割れ幅 0.2mm 計測精度 0.09mm ・ ひび割れ幅 0.3mm 計測精度 0.06mm ・ ひび割れ幅 0.4mm 計測精度 0.09mm ・ ひび割れ幅 0.5mm 計測精度 0.14mm ・ ひび割れ幅 0.6mm 計測精度 0.10mm ・ ひび割れ幅 0.7mm 計測精度 0.11mm ・ ひび割れ幅 0.8mm 計測精度 0.09mm ・ ひび割れ幅 0.9mm 計測精度 0.21mm ・ ひび割れ幅 1.0mm 計測精度 0.21mm ・ ひび割れ幅 1.1mm 計測精度 0.20mm ・ ひび割れ幅 1.3mm 計測精度 0.27mm ・ ひび割れ幅 1.5mm 計測精度 0.31mm ・ ひび割れ幅 1.6mm 計測精度 0.48mm ・ ひび割れ幅 2.0mm 計測精度 0.25mm ・ ひび割れ幅 2.5mm 計測精度 0.33mm ・ ひび割れ幅 3.0mm 計測精度 0.36mm ・ ひび割れ幅 3.5mm 計測精度 0.43mm ・ ひび割れ幅 4.0mm 計測精度 0.41mm ・ ひび割れ幅 4.5mm 計測精度 0.11mm ・ ひび割れ幅 5.0mm 計測精度 0.96mm		
		遊離石灰 ・ 正答率(accuracy) 98.6% ・ 再現率(recall) 94.8% ・ 適合率(precision) 88.3%		
		遊離石灰		
計測装置	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	
		-	-	-
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2019) 実施年 2021年 ・縦断方向(誤差平均値):3.17% ・進行方向(誤差平均値):1.02%		標準試験 3か所に設置された5枚組マーカーク間を撮影し、実測値と比較 計測箇所S50-S51間 縦断方向:1.51%、5.78% 進行方向: 2.26%、2.50% 計測箇所S53-S54間 縦断方向:3.90%、2.84% 進行方向: 0.45%、0.34% 計測箇所S56-S57間 縦断方向:2.83%、2.15% 進行方向: 0.12%、0.43%

色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	-	-	

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		Webアプリ(自動検出サービス https://mihari.net)を利用する場合: ①撮影画像をJPEG形式で用意する。(手動) ②Webブラウザにより、サイトURLにアクセスして表示された画面上で、検出する損傷種類、検出結果の出力形式等のオプションを指定し、画像をアップロードする。(手動) ③検出結果を画面上で確認し、必要な出力形式でダウンロードする。(手動) APIを利用する場合: ①APIに対応するようシステムやアプリケーションを作成する。(手動) ②撮影画像を入力として検出機能呼び出す。(ユーザープログラム) ③検出結果を受信する。(ユーザープログラム)	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	損傷自動検出技術C2finder (ひび割れ自動検出サービス https://mihari.net)	
	検出可能な変状	・ひび割れ(位置、形状、幅、長さ、幅ごとの総延長)(自動検出) ・遊離石灰(位置、形状、面積)(自動検出)	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・AI(ディープラーニング)によって自動検出 ・AI教師データは、RC床版橋、RCT桁橋の下部構造(橋脚、橋台)、上部構造(主桁、床版)、山岳トンネル側壁・アーチ部におけるひび割れ、床版ひび割れに関する写真と、技術者によるひび割れ、床版ひび割れと判断した部位の情報とを用いて学習させている。 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ:コンパクトデジタルカメラ、デジタルミラーレスカメラ、デジタル一眼レフカメラ、ドローン搭載カメラ 2) 撮影設定:インテリジェントオート、プログラムオート、絞り優先、マニュアル 3) ISO感度:高精細デジタルカメラはISO1600程度、その他はISO400程度 4) 画質:最高(ファイン) 5) 画質フォーマット:JPEG 6) 撮影角度:正対位置から±25° 7) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと。検出範囲内にボケ、ブレが発生していないこと。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・統計解析手法により、ひび割れ境界を特定し、幅および長さを算出。 ・メートル単位への変換は、1画素のサイズが対応する画像中の対象のサイズ(mm)を指定するか、対象とカメラ間の距離(mm)と画角(度)を指定することで自動計算する。画角は、撮影画像中のEXIF情報に35mm換算焦点距離があればそれを自動取得して計算することも可能。
		ひびわれ以外	・遊離石灰の析出範囲をAI(ディープラーニング)によって自動検出 ・AI教師データは、RC床版橋、RCT桁橋の下部構造(橋脚、橋台)、上部構造(主桁、床版)、山岳トンネル側壁・アーチ部における遊離石灰に関する写真と、技術者による遊離石灰と判断した部位の情報とを用いて学習させている。 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ:コンパクトデジタルカメラ、デジタルミラーレスカメラ、デジタル一眼レフカメラ、ドローン搭載カメラ 2) 撮影設定:インテリジェントオート、プログラムオート、絞り優先、マニュアル 3) ISO感度:高精細デジタルカメラはISO1600程度、その他はISO400程度 4) 画質:最高(ファイン) 5) 画質フォーマット:JPEG 6) 撮影角度:正対位置から±25° 7) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと。検出範囲内にボケ、ブレが発生していないこと。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・ひび割れ検出精度:95%(Mean Average Precisionにより算出) ・遊離石灰検出精度:正答率(accuracy)が98.6%、再現率(recall)が94.8%、適合率(precision)が88.3%。 ・性能評価には、当社が保有する画像データのうち、評価用は無作為に選出した画像を用いた。評価用画像は、機械学習のトレーニングデータとしては用いていない。
		変状の描画方法	・ひび割れ:ひび割れ幅ごとに指定した色による画像上範囲塗りつぶし、ポリライン ・ひび割れ以外:指定色による画像上範囲塗りつぶし、ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	無制限(ただし、Webアプリを利用するPC及びブラウザによる制約あり)
		カラー／白黒画像	カラー・白黒
		画素分解能	ひび割れ幅0.1mmを検出するためには対象を1画素当たり0.3mmのサイズで撮影することが必要
		その他留意事項	・画像の撮影は、一般的なデジタルカメラの場合、手持ち撮影を基本とするが、離れた位置から撮影する場合は、望遠レンズを装着し、三脚に固定して撮影することが望ましい。検査車両、ドローン等の移動装置に搭載されたカメラによって撮影する場合は、フォーカス、ブレに注意し、検出対象のサイズに応じて解像度およびコントラストを考慮する。 ・レンズのMTFチャートを確認し、高コントラストかつ高解像となるレンズおよび絞り値を選択することが望ましい ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難
	出力ファイル形式	・検出結果重畳画像:JPEG ・CAD等ベクターデータ:DXF/SVG/STEP/IFC ・ひび割れごとの総長集計表:CSV	

調書作成支援の手順	①劣化損傷自動検出結果を必要なデータ形式でダウンロードする。 ②利用者が使用するCADソフト等を用い、ダウンロードしたファイルを読み込み、損傷図等に張り込み、整形する。	
調書作成支援の適用条件	-	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	-	

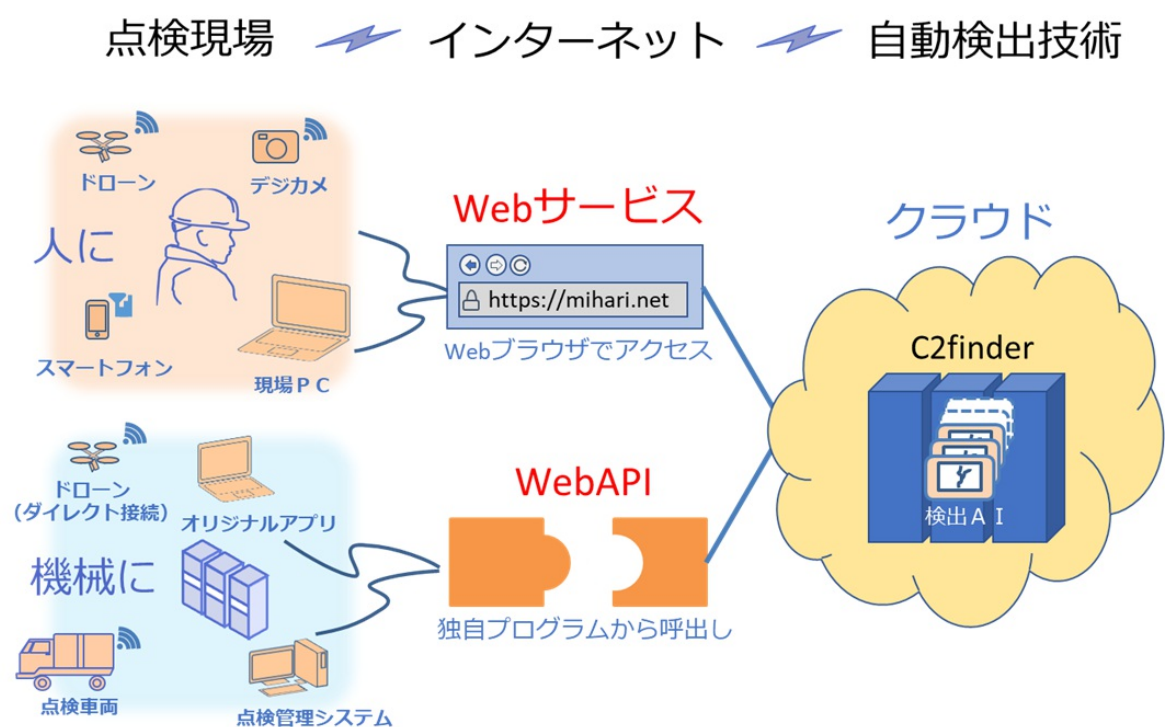
6. 留意事項(その1)

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	安全面への配慮	-	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	交通規制の要否	-	-
	交通規制の範囲	-	-
	現地への運搬方法	-	-
	トンネル延長の制約	-	-
	車線数の制約	-	-
	断面形状の制約	-	-
	その他	-	-

6. 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	不要	・カメラ説明書において、ピント合わせ、露出調整の操作方法を確認する。 ・本技術の技術マニュアルおよびWebアプリを提供するサイト情報を確認する。
	必要構成人員数	撮影者1人	-
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
	操作場所	点検現場／オフィス	-
	計測作業日数	8時間(対象1,000㎡の場合)	-
	点検費用	新技術活用による費用91,667円(1,000㎡の場合)	・入力する画像ファイルのサイズが1MB毎に ひび割れ 33円(税込み) ひび割れ以外(現在遊離石灰のみ) 8円(税込み)
	保険の有無、保障範囲、費用	・保険には加入していない。 ・検出結果・出力ファイルの利用に際していかなる保証していない。	-
	時間帯(夜間作業の可否)	-	-
	計測時の走行速度条件	-	-
	渋滞時の計測可否	-	-
	設備等による死角条件	・対象を撮影出来ない場合は不可	-
	車両から覆工表面までの距離条件	-	-
	トンネル内照明の消灯の必要性	不要	-
	可搬性(寸法・重量)	-	-
	自動制御の有無	-	-
	利用形態:リース等の入手性	インターネットを介して利用する。利用するにはPC・タブレット等のネットワーク接続可能なデバイスが必要。	-
	関係機関への手続きの必要性	-	-
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト:本Webサービス以外は不要 ①クラウドサービスとして利用者端末のWebブラウザから利用可能 ②公開WebAPIにより利用者開発プログラムから利用可能 ・費用:入力画像1MBあたり、ひび割れ33円、遊離石灰8円(税込み)	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	不具合時のサポート:有 サービス提供サイトよりコンタクトフォームに入力 メール連絡 電話連絡。	-
	センシングデバイスの点検	-	-
	その他	-	-

7. 図面



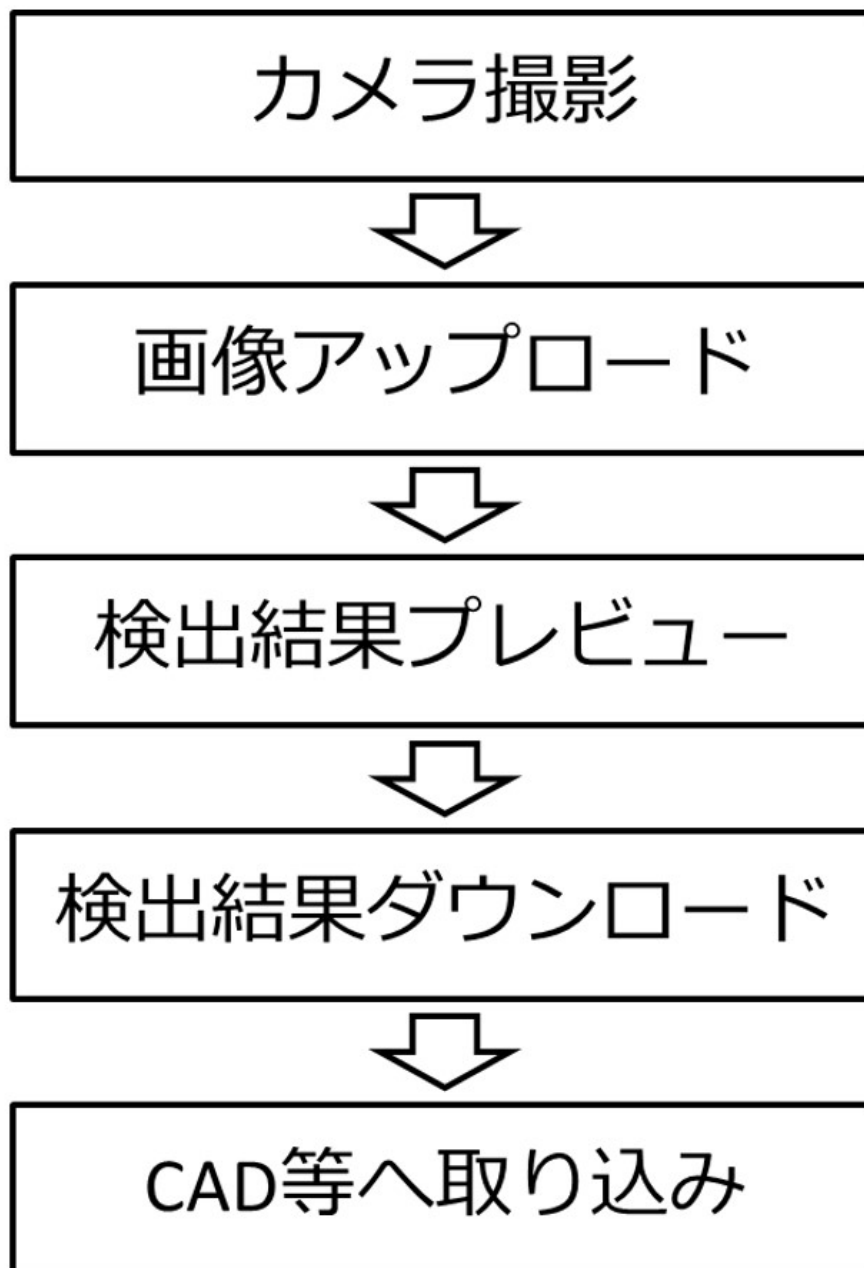


図 2 利用手順

撮影画像



検出結果

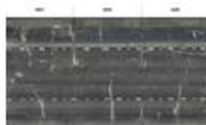
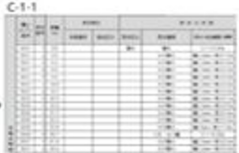


図3 遊離石灰検出例



図 4 ひびわれ・遊離石灰
同時検出例

1. 基本事項

技術番号		TN010020-V0123		
技術名		MIMMによるトンネル台帳支援「MIMM台帳」		
技術バージョン		Ver1.00	作成:	2023年3月
開発者		計測検査株式会社		
連絡先等		TEL: 093-642-8231	E-mail: kkeigyo@keisokukensa.co.jp	営業部
現有台数・基地		—	基地	福岡県北九州市八幡西区陣原
技術概要		MIMM、MIMM-Sで計測したカラー動画・点群データをもとに撮影展開画像を作成し、変状展開図の情報から、点検調書の必要項目を自動入力する技術である。(自動入力対象はC-1-1、D-1-1) 高解像度カメラと高精度レーザー計測器を用いて撮影展開画像を作成し、変状展開図を描く。変状展開図に示された位置情報をもとに、撮影展開画像から変状箇所の画像を切り取り、変状写真を自動作成する。変状写真・変状情報を点検調書に自動入力する。  MIMM2  MIMM3 ①計測  ②撮影展開画像  ③変状展開図  C-1-1  D-1-1 ④台帳自動作成 関連する性能カタログ 【TN010017】軽車両搭載型トンネル点検支援システム(MIMM-S) 【TN010006】走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミー・アール)／MIMM(ミー・ム) 【TN030006】走行型レーザー計測によるトンネル覆工幅と高さの把握 【BR020016】レーザー打音検査装置		
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 吸音板 天井板 ケーブル類 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所 排水施設 路肩及び路面 監査歩廊		
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断		
	物理原理	技術が採用する 画像		

2. 基本諸元

計測機器の構成			—
移動装置	移動原理		—
	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		—
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		—
	センシングデバイス	カメラ	—
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構 機能	—
		測位機構	—
	耐久性		—
	動力		—
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		—
データ収集・通信装置	設置方法		—
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		—
	データ収集・記録機能		—
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)		—
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		—
	動力		—
	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	—	—
適用可能なトンネルの最大寸法	—	—

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	無	
		—		—
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	無	
		—		—
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	無	
		—		—
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	無	
		—		—
	色識別性能	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. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		—		
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	—		
	検出可能な変状	—		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	—	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	—	
		ひびわれ以外	—	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—	
		変状の描画方法	・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG	
		ファイル容量	50MB～200MB程度/1スパン	
		カラー／白黒画像	カラー	
		画素分解能	—	
		その他留意事項	・トンネル覆工表面全周画像を対象とし、スパン単位で合成した見下げの展開画像とする（見上げも可） ・画像の歪み、あおり、台形などを補正し、壁面に正対した画像とする ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・覆工面の煤、漏水、遊離石灰によりひび割れが不可視の場合は、ひび割れの検出が困難	
出力ファイル形式	Microsoft Excel形式			
調書作成支援の手順		※①～③は事前準備 ①MIMM、MIMM-Sにてトンネルを撮影し、画像データを取得する。 ②取得した画像データから、撮影展開画像を作成する。 ③作成した撮影展開画像にて、変状展開図の作成を行う。 ※本技術は④、⑤ ④変状展開図から変状の位置情報を読み取り、撮影展開画像から変状部分の画像を切り取り、変状写真を作成する。 ⑤変状展開図より、調書の任意箇所について変状リストを作成し、調書に変状写真・変状リストを自動で貼り付けて出力する。		
調書作成支援の適用条件		・MIMM、MIMM-Sでトンネル撮影計測すること（レーザー計測は任意）。 ・MIMM、MIMM-Sがトンネル内を走行できる状態にあること。 ・被写体に対して正対して撮影すること。 ・最新の国交省仕様の調書(yobo6_2)であること。		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・「MIMM台帳 Ver1.00」（自社開発ソフト）		

6. 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	安全面への配慮	—	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	—	—
	交通規制の範囲	—	—
	現地への運搬方法	—	—
	トンネル延長の制約	—	—
	車線数の制約	—	—
	断面形状の制約	—	—
	その他	—	—

6. 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	—	—
	必要構成人員数	—	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	操作場所	—	—
	計測作業日数	—	—
	点検費用	—	【想定される活用方法(ユースケース)】 ・点検業務の支援
	保険の有無、保障範囲、費用	—	—
	時間帯(夜間作業の可否)	—	—
	計測時の走行速度条件	—	—
	渋滞時の計測可否	—	—
	設備等による死角条件	・ジェットファン、照明等、附属物背面などの撮影不可箇所	—
	車両から覆工表面までの距離条件	—	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	—	—
	可搬性(寸法・重量)	—	—
	自動制御の有無	—	—
	利用形態:リース等の入手性	—	—
	関係機関への手続きの必要性	—	—
	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(MIMM台帳)を使用 ・必要作業:担当者による解析作業 ・費用:1km=300,000円(税別)	C-1-1、D-1-1についてMIMM台帳対象箇所が自動入力される。 詳細は添付資料を参照。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有 条件:適用条件内の不具合については対応可。	—
	センシングデバイスの点検	—	—
	その他	—	—

7. 図面

■「MIMM台帳」作成の流れ

計測検査株式会社



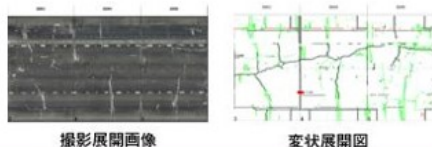
1

MIMM, MIMM-Sにて計測



2

撮影展開画像、変状展開図作成

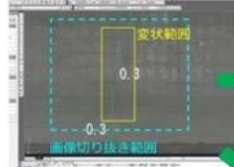


3

MIMM台帳作成

点検調査C-1-1、D-1-1の自動入力

変状展開図+撮影展開画像



- ・変状画像の切り抜き（見下げ画像）
- ・凡例の読み取り
- ・スパン、位置座標の読み取り
- ・変状情報の読み取り
面積、ひび割れ長さ、開口幅

C-1-1

変状区分	変状種類	変状範囲	変状位置	変状長さ	変状幅	変状深さ	変状発生範囲の規模
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10

- 自動入力箇所
- ・スパン番号
 - ・変状番号
 - ・距離
 - ・変状区分
(特定可能な場合)
 - ・変状種類
 - ・変状の発生範囲の規模

D-1-1

変状区分	変状種類	変状範囲	変状位置	変状長さ	変状幅	変状深さ	変状発生範囲の規模
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10

- 自動入力箇所
- ・変状切取写真の貼付
 - ・スパン番号
 - ・変状番号
 - ・変状区分
(特定可能な場合)
 - ・変状種類
 - ・変状の発生範囲の規模

【特記事項】

様式C-1-1

- ・変状区分…「雨水」のみ入力可能
- ・変状種類…「ひび割れ、うき・はく離、雨水」のみ入力可能
- ・変状の発生範囲の規模…ひび割れの場合「幅0mm×長さ0m」と記載。
開口幅は変状展開図凡例の開口幅文字と同じ
(0.3mm未満の場合は「幅0.3mm未満」と記載)
雨水の場合「○×0m」、うき・はく離の場合「○×0m」

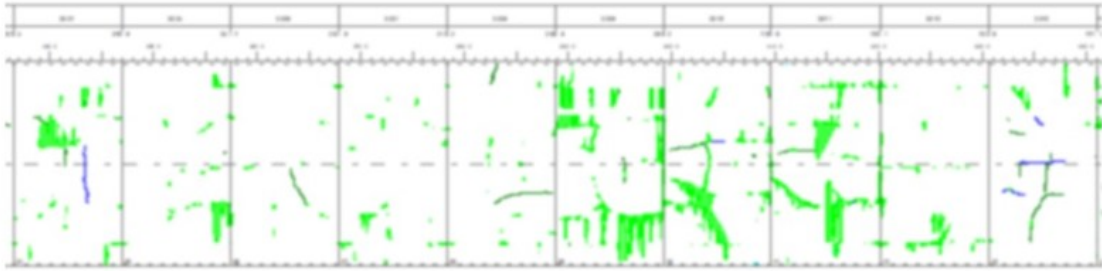
様式D-1-1

- ・写真…変状展開図から、対象の変状を中央に配置。
(坑口、地面際などは展開図を入れ、対象の変状が中央になるよう配置)

■ 手動作成とMIMM台帳を使用した場合の比較

変状図

対象：道路トンネル(竣工から35年経過、矢板工法)、任意の10スパン
対象スパンの損傷量：漏水18箇所、溶脱物79箇所、ひび割れ(0.5mm以上)42本



手動で作成

【様式C-1-1】
覆工スパン番号、変状番号、距離(m)、変状区分、
変状種類、変状の発生範囲の規模の入力
所要時間：3時間
【様式D-1-1】
様式C-1-1と同項目の入力、変状写真貼り付け
所要時間：約9.5時間 合計：12.5時間

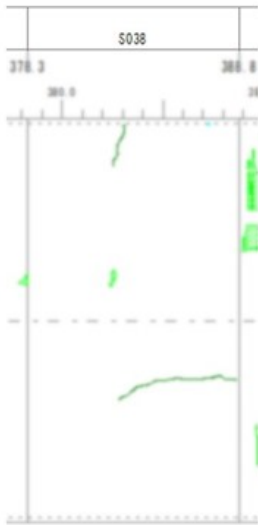


MIMM台帳にて作成

【様式C-1-1、様式D-1-1】
所要時間：15分
(※必要データなどの準備時間含む)

※MIMM台帳対象項目にて比較

MIMM台帳_Sample



C-1-1

覆工 スパン 番号	変状 番号	距離 (m)	変状部位		変 状 の 内 容		
			対象箇所	部位区分	変状区分	変状種類	変状の発生範囲の規模
サンプル-038	1	382.5			漏水	漏水	0.8×0.3m
サンプル-038	2	382.8				ひび割れ	幅0.5mm×長さ2.3m
サンプル-038	3	385.3				ひび割れ	幅0.5mm×長さ5.4m
サンプル-038	4	387.3			漏水	漏水	0.1×0.2m
サンプル-038	5	387.9				ひび割れ	幅0.5mm×長さ0.3m
サンプル-038	6	388.3				ひび割れ	幅0.5mm×長さ0.7m

D-1-1

写真 番号	覆工 スパン 番号	サンプル-038
	変状 番号	6
変状 部位	対象 箇所	
	部位 区分	
変状区分		
変状種類		
対象 区分	応急措置前	
	応急措置後	
健全性		
変状の発生範囲の規模		

※水色で囲った箇所が自動入力される



D-1-1 MIMM台帳イメージ

1. 基本事項

技術番号	TN010021-V0022		
技術名	トンネル撮像システム・損傷抽出支援ソフトウェア「k-trace」		
技術バージョン	ver.20190606	作成:	2022年5月
開発者	株式会社計測リサーチコンサルタント クリエイティブ事業部		
連絡先等	TEL: 082-899-5470	E-mail: kimoto@krcnet.co.jp	クリエイティブ事業部 木本啓介
現有台数・基地	1台	基地	広島県広島市
技術概要	・本技術は、詳細な壁面状態を面的に記録し、トンネルの展開画像を作成する撮像システムと、変状(ひび割れの位置と幅)を抽出する損傷抽出支援ソフトウェア「k-trace」の2つの技術で構成されている。 【トンネル撮像システム】 ・主に、16台のカメラ、LEDライト、収録用PC、2Dレーザスキャナから構成されており、20～50km/h(30km/h推奨)かつ等速で走行しながらトンネル覆工面撮影を行う。 ・鉄道、道路トンネル両者の撮影は可能である。ただし、撮影距離を一定に保つ必要がある。 ・撮影画像のレンズによる歪みの補正処理を施した後接合し、正確な展開画像を生成する。 【損傷抽出支援ソフトウェア「k-trace」】 ・作成した展開画像からひび割れ概形をトレースし、位置と幅を抽出する技術である。 ・ひび割れ幅と[CI] (クラッキングデックス)の相関から、点検者が展開画像上のひび割れ概形をトレースするだけで、指定幅内のひび割れ位置・幅を自動抽出できる。 ※[CI]: ひび割れ近傍の濃淡の「特徴値×分布幅」 ・一般的なCADと同等の機能も有しており、ひび割れの他、画像から判読可能なはく離や鉄筋露出などの図化やDXFへの変換も可能である。		
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	
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ うき はく離 鋼材腐食 漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断	
	物理原理	技術が採用する 画像 技術が採用する 動画	

2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測機器は、移動用車両に16台のカメラ・2Dレーザスキャナ・LEDライト・収録用PCを積載した分離構造である。カメラ・レーザスキャナ・ライトは専用フレームに取り付けることも可能。計測データは収録用PC内のSSDに保存される。	
移動装置	移動原理	-	
	外形寸法・重量	・分離構造 ※計測装置移が載るスペースがあれば車両は限定しない。	
	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	・移動装置と分離可能な構造。 車両後方の荷台に、専用フレームと単管等を用いて計測装置を固定する。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・計測装置: 外形寸法 (長さ 2500mm×幅1615mm×高さ2000mm)	
	センシングデバイス	カメラ	・エリアスキャンカメラ(カラー) センサーサイズ (11.3×7.1mm) ピクセル数 (235万画素、縦1216pixel×横1936pixel) 最大フレームレート(165fps) グローバルシャッター
		パン・チルト機構	・固定(トンネル断面に合わせて撮影角度を検討)
		角度記録・制御機構 機能	・カメラ画角は対象トンネルの形状及び撮影画素分解能に応じて都度設定する。
		測位機構	・2Dレーザスキャナ搭載: 距離計測と撮影画像の歪み補正のため(センサ中心から覆工表面までの距離を所定角度で計測) 検出距離 0.06m～10m、角度分解能 0.125度
	耐久性	・2Dレーザスキャナ IP65	
	動力	・発電機使用	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・発電機使用	
データ収集・通信装置	設置方法	・移動装置と分離可能な構造。 車両後方の荷台に、データ収録用PCを積載する。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・装置寸法 PC格納ボックス: 長さ 1.5m×幅1.5mm×高さ1.5mm	
	データ収集・記録機能	・計測データは収録用PC内のSSD保存される。	
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-	
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-	
	動力	・発電機使用	
	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	・計測装置との離隔が1m以上かつ、車両が走行できること	・断面形状が一定であること(変化する場合、カメラ位置の再調整必要) ・ライトにより光量が確保できる範囲
適用可能なトンネルの最大寸法	・計測装置との離隔が1m～7m程度であること	・断面形状が一定であること(変化する場合、カメラ位置の再調整必要) ・ライトにより光量が確保できる範囲

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	撮影速度	性能確認シートの有無 ※	-	
		【性能値】 ・撮影速度 20～50km/h(30km/h推奨) 【標準試験値】 ・30km/h		【天候】 降雨時は現場判断。 【路面状態】 未舗装などで車体が揺れる場合、画質に影響あり。
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2019) 実施年 2022年 【性能値】 ・0.1mm～1.0mm幅のひび割れに対し、計測誤差±0.2mm以内 【標準試験値】 ・最小ひび割れ幅 0.2mm(0.2mmのひび割れを画像で確認できる) ・計測精度 0.14mm(0.2mmのひび割れのみを対象とした検出精度)		【撮影】 適正露出でブレの無い撮影画像を用いる。 なるべく正対撮影とする。 検証時:走行速度30km/h、シャッタースピード 1/4000画素分解能1.0mm/pixelの画像から計測。 同条件で撮影した模擬ひび割れシートなどを用いて、既知ひび割れ幅から[C]とひび割れ幅の関係式を作成。 【天候】 トンネル内は天候に関わらず計測可能であるが、トンネルまでの移動時にレンズへの水滴付着などにより撮影画像に影響を及ぼす可能性がある。(撮影前にふき取り) 【照度】 ライトを使用し、撮影に必要な光量を確保。 トンネル坑口付近は日光の影響を受ける可能性があるため、坑口付近と中の照度差が安定した天候の日か日没後の計測を推奨。 【覆工状況】 覆工表面に濡れや汚れ等がないこと。
		性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・未検証 【標準試験値】 ・横断方向:-3.99% ・進行方向:-0.27%		・「撮影速度」と「計測精度」の性能を確保するための条件に準拠する。 ・横断方向 ・進行方向 真値 : 計測値 真値 : 計測値 1.390m : 1.346m 9.840m : 9.793m 1.410m : 1.342m 9.840m : 9.810m 1.420m : 1.359m 10.360m : 10.312m 1.410m : 1.366m 10.380m : 10.355m 1.430m : 1.385m 8.950m : 8.946m 1.450m : 1.372m 8.980m : 8.974m
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 ・未検証 【標準試験値】 ・14.6mm(12側線の平均値)		・「撮影速度」と「計測精度」の性能を確保するための条件に準拠する。 ・真値 : 計測値 1.830m:1.861m 11.580m:11.569m 1.920m:1.921m 11.620m:11.605m 2.420m:2.409m 12.700m:12.661m 2.420m:2.407m 12.700m:12.662m 3.210m:3.186m 12.110m:12.089m 3.210m:3.201m 12.130m:12.104m
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
		標準試験方法(2019) 実施年 2022年 【性能値】 ・フルカラー識別可能 【標準試験値】 ・フルカラー識別可能		・「撮影速度」と「計測精度」の性能を確保するための条件に準拠する。

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		・展開画像作成 ①連続画像から目地位置の撮影された画像番号を抽出し、覆工スパンの寸法との関係から画像間距離を定義。 「kSLIDE」(手動) ②2Dレーザスキャナによる断面形状とカメラの配置関係から幾何補正条件を設定し、カメラ毎に歪補正処理を実施。 「kIMAGE」(自動) ③16台カメラの撮影画像から色調が統一されるように、各カメラ毎に補正条件を設定し、連続色調補正を実施。 「kIMAGE」(手動) ④断面方向に配置した16台のカメラのラップ部で同一箇所を指示。それらの点が合わさるように接合条件を設定。横断目地位置による進行方向の接合条件との組合せにより覆工スパン毎の画像を生成。「kIMAGE」(自動) ⑤上り線と下り線それぞれに合成した画像から、天端と下端位置をプロットし、上下線の画像を接合。覆工スパン別の展開画像が生成される。「kIMAGE」(自動) ・変状図作成「k-trace」 ①展開画像上の既知ひび割れ幅から「CI」とひび割れ幅の関係式を作成し、k-traceにパラメータとして挿入する。(手動)※既知ひび割れ幅がない場合は、模擬ひび割れシート等でも代用可 ②目視確認、概形トレース:展開画像を目視確認し、ひび割れ概形をトレースする。(手動) ③一定の探查幅内の各画素に含まれる濃淡レベルから自動で「CI」を算出する。(自動) ④算出した「CI」からひび割れ位置・幅が自動抽出され、画像上のひび割れにライン情報として描画される。描画されたラインは、算出した幅に応じて任意区分ごとに色分けして表示される。(自動) ⑤ひび割れ以外の変状を目視確認し、変状をトレースする。(手動) ⑥ひび割れの延長、幅等を集計する。(自動) ⑦CAD等へ転記するためにDXFへ変換する。(自動)	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・「kIMAGE(20200812)」(自社開発ソフト) ・「kSLIDE(20130719)」(自社開発ソフト) ・「k-trace(20190606)」(自社開発ソフト)	
	検出可能な変状	・ひび割れ(幅および長さ)(自動検出) ・圧さ／鉄筋露出／漏水／遊離石灰／鋼材腐食／はく離うきは、範囲を示すチョーキングがあるものは判読可能。 ※画像から視認が可能な変状	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・トレースによる自動検出:点検者が画像上のひび割れを目視確認し、ひび割れ概形をトレースすることで、ひび割れ近傍の濃淡の「特徴値×分布幅」[CI]からひび割れの幅・位置を自動検出 ・画像の画素分解能に応じたひび割れ幅と「CI」の関係性をパラメータとして挿入
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅:ひび割れ幅と「特徴値×分布幅」[CI]の関係式より算出する。 ・長さ:[CI]により検出し、画像上のひび割れにフィットしたラインの延長を算出する。ピクセル単位で算出されるため、入力画像の画素分解能により換算。
		ひびわれ以外	・一般的なCADと同等の機能により、人が画像を確認して、変状をトレース
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	-
		変状の描画方法	・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	20000pixel×20000pixel
		カラー／白黒画像	カラー
		画素分解能	抽出すべき最小ひび割れ幅の3～5倍 ex. 0.2mm幅のひび割れを抽出する場合、1.0mm/pixelより高画素分解能
		その他留意事項	・画像の縦横比が実際のトンネル周長とスパン長の比率に等しいこと ・覆工表面の色(基調色)と画素分解能に合わせたひび割れ幅算出式の作成が必要 ・精度よく検出するためには、正対撮影が理想 ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・覆工表面の汚れ等で目視でもひび割れが判読できない場合は、検出不可 ・濡れた面のひび割れは検出が困難
	出力ファイル形式	k-traceオリジナル形式:TXT(抽出したひび割れの情報を画像座標として保存、ビューワ無し) 展開画像に変状を重ね合わせる場合:JPEG 抽出した変状をCADへ変換する場合:DXF	
調書作成支援の手順		①上記「変状検出手順」に従い、変状抽出を実施する。 ②変状抽出結果をDXF形式で出力し、任意のCADソフトにより所定の図面に合わせて変状図を作成する。 ③点検調書(変状図)の所定の項目に貼付する。 ④展開画像から変状が映っている箇所を手動でキャプチャし、点検調書の所定の項目に貼り付けるとともに、変状の種類、その状況を旗揚げする。	

調書作成支援の適用条件	・点検対象範囲を網羅した画像を撮影すること。 ・抽出すべき最小ひび割れに応じた画素分解能で撮影すること。 ・目視で変状が認識できる画像を取得すること。 ・雨天の場合、計測不能。(小雨程度であれば続行する場合もある) ・覆工表面に汚れ等がある場合は抽出精度が低下する。 ・ひび割れにチョークが重なって書かれている場合は抽出精度が低下する。 ・トンネル内付属物の背面など、計測車両から物理的に目視不能な覆工表面の画像計測は出来ない。 ・撮影時、適切な光量を確認し、外乱光の影響が少ないこと。(画像に影や白飛びがないよう撮影すること) ・正対撮影を行うこと。(正対になるようカメラ位置を調整) ・走行速度と撮影距離は一定とすること。
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	・画像作成ソフトウェア「kIMAGE(20200812)」(自社開発ソフト) ・画像作成ソフトウェア「kSLIDE(20130719)」(自社開発ソフト) ・損傷抽出支援ソフトウェア「k-trace(20190606)」(自社開発ソフト) ・AutoCAD等の汎用CADソフトウェア

6. 留意事項(その1)

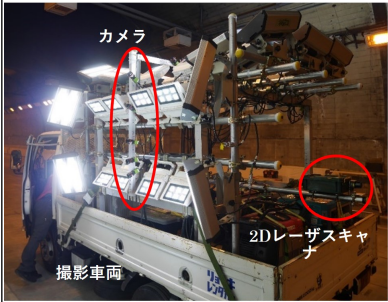
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	安全面への配慮	・使用する2Dレーザはクラス1のため、人体に影響なし	
	無線等使用における混線等対策	-	
	交通規制の要否	・基本的に不要	照明を当てながら覆工面を撮影することから、対向車や歩行者に影響がある場合は規制した方が良い。
	交通規制の範囲	・計測区間(片側)	
	現地への運搬方法	・計測装置を移動車両に取り付け後、自走	
	トンネル延長の制約	・特になし	
	車線数の制約	・特になし	
	断面形状の制約	・断面形状が一定であること。(形状が違う範囲はカメラ位置の再調整必要) ※要相談	
	その他	・すす等の汚れにより、変状が視認できない場合は抽出精度が低下する。 ・現地で人が視認できない変状は抽出不可。	

6. 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	・PC操作員1人、車両運転員1人(軌道トンネル時は依頼要)、合計2名 ※計測装置の機装時は人手を要する	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・車両運転員 準中型自動車免許(5t以下限定免許含む)	
	操作場所	・計測装置設置用の作業ヤードが必要(トラックが駐車できる範囲) ・カメラやライトの最終調整はトンネル内で行う ・計測装置は車両内から操作	
	計測作業日数	[トンネル条件] ・延長500mのトンネル1本のみ計測の場合、延長500mのトンネル10本を一括して計測する場合の両者について記載 ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面, 歩道なし ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし [作業日数] ・新技術活用による作業日数(外業) トンネル1本:1日 トンネル10本:2～3日 (両者とも計測のみで、準備・片付けは除く) [計測作業日数算定上の条件] ・断面形状が一定かつ10本のトンネルの断面形状が同一と仮定	
	点検費用	[トンネル条件] ・延長500mのトンネル1本のみ計測の場合、延長500mのトンネル10本を一括して計測する場合の両者について記載 ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面, 歩道なし ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし [費用] ・新技術活用による費用 トンネル1本の場合 外業 30万円 内業 120万円 トンネル10本の場合 外業 60～150万円 内業 500～700万円 ・機械経費 50万円 [費用算定上の条件] ・支援技術では対応できない部分や、従来点検との併用によって生じる、「人力による点検」部分は、日数、費用に含めない ・トンネルの形状・長さ・周囲の環境により大幅に変動あり ・トンネル延長が短くても、基本料金はかかる(延長≠金額) ・画像の画素分解能によって費用は変動	
	保険の有無、保障範囲、費用	・車両: 計測装置を搭載する車両の保険内容に依存する (当社にて車両を準備する場合は任意保険加入済) ・計測装置: 動産保険加入済	
	時間帯(夜間作業の可否)	・制限なし	
	計測時の走行速度条件	・20～50km/h(30km/h推奨) ※走行速度は一定とする	
	渋滞時の計測可否	・渋滞時は計測不可	撮影は可能だが、可能な限り等速で走行するのが良い
	設備等による死角条件	・ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可	
	車両から覆工表面までの距離条件	・1～7m以内 ※光量が届く範囲と撮影画素分解能による	
	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)	・計測装置を輸送または車両による移動	
	自動制御の有無	・無	
	利用形態: リース等の入手性	・開発者による受託業務 ・撮影時の車両と発電機はレンタルで入手 (現地のレンタル会社から調達する)	
	関係機関への手続きの必要性	・交通規制が必要な場合は、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	・画像作成ソフトウェア:「kIMAGE」,「kSLIDE」(自社開発ソフト) ・損傷抽出支援ソフトウェア:「k-trace」(自社開発ソフト) ・必要作業:担当者による解析作業	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・無	
	センシングデバイスの点検	・なし	
	その他	【特許状況】 <トンネル撮像システム> 走行型トンネル覆工撮影装置、及び走行型トンネル覆工撮影方法 特許第6772425号(2020.10.5登録) <損傷抽出支援ソフトウェア「k-trace」> クラック検出方法、クラック表示装置 特許第5957250号(2016.6.24登録) 【気象条件】 ・特になし 【作業条件】 ・路面が未舗装などで車体が大きく揺れる場合は計測不可。 ・計測区間に障害物がある場合、計測不可。	・雨天時はトンネル外の計測走行は不可。

7. 図面



カメラ

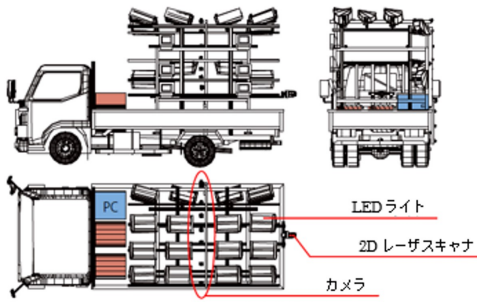
2Dレーザスキャナ

撮影車両

図1 計測装置外観



図2 計測状況

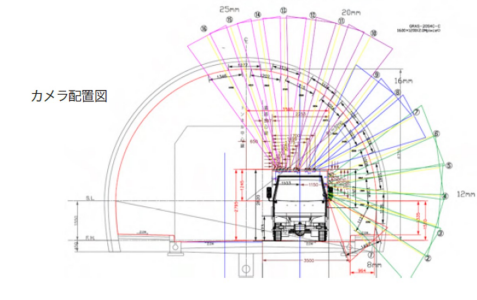


LEDライト

2Dレーザスキャナ

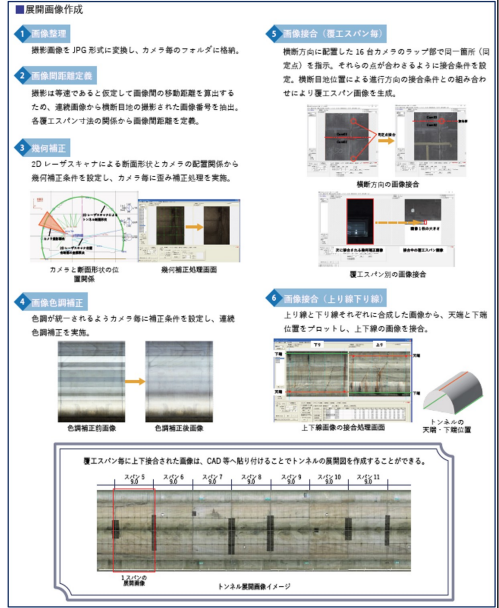
カメラ

図3 計測装置構成イメージ



カメラ配置図

図4 展開画像作成の流れ



展開画像作成

1. 画像取得

2. 画像間距離算出

3. 画像補正

4. 画像色調補正

5. 画像合成 (壁エッジ補正)

トンネルの天端・下壁位置

図5 損傷抽出支援ソフトウェア「k-trace」